

## СОДЕРЖАНИЕ

### Учредитель журнала:

ООО Рекламно-издательская  
фирма «Стройматериалы»

Главный редактор  
издательства  
РУБЛЕВСКАЯ М.Г.

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

Главный редактор  
ЮМАШЕВА Е.И.

### Редакционный совет:

РЕСИН В.И.  
(председатель)

БАРИНОВА Л.С.  
БУТКЕВИЧ Г.Р.  
ВАЙСБЕРГ Л.А.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОРНОСТАЕВ А.В.  
ГУДКОВ Ю.В.  
ЗАВАДСКИЙ В.Ф.  
КОЗИНА В.Л.  
СИВОКОЗОВ В.С.  
УДАЧКИН И.Б.  
ФЕРРОНСКАЯ А.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.  
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

### Авторы

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

### Редакция

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

### Перепечатка

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

Редакция не несет ответственности  
за содержание рекламы и объявлений

### Адрес редакции:

Россия, 117997, Москва,  
ул. Кржижановского, 13  
Тел./факс: (095) 124-3296  
124-0900

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

### НИИЖБ – НАУКА И ПРАКТИКА

А.И. Звездов. Бетон – основной материал современного строительства .....	2
А.М. Подвальный. О концепции обеспечения морозостойкости бетона в конструкциях зданий и сооружений .....	4
А.И. Иванов. Особенности применения высокопрочного бетона в колоннах зданий .....	7
С.А. Подмазова. Обеспечение качества бетона монолитных конструкций .....	8
В.В. Жуков, Г.Н. Хаджишалапов. Жаростойкий шлакопемзобетон на высокоглиноземистом цементе .....	10
И.В. Волков. Проблемы применения фибробетона в отечественном строительстве ...	12
Ю.С. Волков. Евростандарты и Закон РФ «О техническом регулировании» .....	14
Международный союз лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ) .....	16
А.В. Ночный, А.Г. Бублиевский. Рынок товарного бетона и задачи Союза производителей бетона .....	18
Международный строительный форум «Интерстройэкспо-2004» – 10 лет .....	20
Новое поколение защиты бетона на основе лития .....	22

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С.В. Коваль. Бетоны, модифицированные добавками: моделирование и оптимизация .....	23
Е.В. Королев, Н.А. Очкина, Ю.М. Баженов, А.П. Прошин, С.М. Саженко, И.А. Очкин. Усадочные деформации и внутренние напряжения в радиационно- защитных строительных растворах на основе высокоглиноземистого цемента ...	26
М.Н. Кокоев, В.Т. Федоров. Электростатический армированный бетон .....	29
Э.Л. Большаков. Обеспечение герметичности железобетонных и бетонных конструкций без устройства вторичной гидроизоляции .....	32
В.Ю. Мурог, П.Е. Вайтехнович. Влияние домола цемента на прочность бетонных изделий .....	36
Ю.И. Гончаров, Ш.М. Рахимбаев, М.Ю. Малькова, А.С. Иванов, Л.А. Терсенова, А.Ю. Морозова. Коррозионно-стойкие мелкозернистые шлакобетоны .....	38
Л.И. Худякова, К.К. Константинова, Б.Л. Нархинова. Бетоны на основе малоцементных вяжущих с использованием дунитов .....	40
И.В. Руссу. Зависимость адгезии полимерных покрытий от свойств лакокрасочных материалов и особенностей бетонного субстрата .....	42
Моделирование и оптимизация в материаловедении .....	44
«Строительство и ремонт» в Перми – крупнейшая выставка Урала и Поволжья ..	46

### ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

А.К. Абрамов, В.К. Печериченко, С.С. Коляго. Использование промышленных отходов при производстве дешевых высококачественных вяжущих и бетонов ...	50
В.Ф. Черных, О.Н. Макарец, А.Ю. Шибря, Е.В. Шестакова, А.В. Макарец. Пустотелые бетонные блоки для малоэтажных зданий .....	52
Б.А. Евсеев, Г.А. Пикус. Пневматический тракт подачи фибры в бетоносмеситель ...	54
Г.А. Губайдуллин. Новые приборы неразрушающего контроля для строительной индустрии .....	56
Эффективный учет материалов с помощью весов .....	58
Завод «Стройтехника» представляет современное оборудование «Рифей» .....	60
ВолгаСтройЭкспо-2004 .....	61

### МАТЕРИАЛЫ

К.Г. Машенко. Модификаторы – шаг к повышению качества бетонов и растворов .....	62
В.А. Войтович, Г.В. Спириин, Т.Г. Монахова, О.Н. Смирнова. Биодеградация строительных материалов и сооружений. Состояние, тенденции, подавление, профилактика .....	64
Современные технологии ускорения набора прочности бетона на ранних сроках твердения .....	66

УДК 691.328



А.И. ЗВЕЗДОВ, д-р техн. наук, директор ГУП «НИИЖБ» (Москва)

## **Бетон – основной материал современного строительства**

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) – крупнейший в России специализированный институт строительной отрасли с богатыми научными традициями, научными школами и более чем 75-летней историей. Созданный как самостоятельный научный центр в 1956 г. в результате реорганизации Центрального научно-исследовательского института промышленного строительства (ЦНИИПС), ведущего свою историю с 1927 г., НИИЖБ в настоящее время занимает лидирующие позиции в строительной науке.

На протяжении многих лет ученые и инженеры НИИЖБ успешно работают над актуальными научными проблемами теории бетона и железобетона, долговечности и надежности бетонных и железобетонных конструкций, методами их расчета, создают новые виды бетонов и арматуры, материалы для изготовления высококачественных бетонов, разрабатывают отвечающие современным требованиям строительства сборные и монолитные железобетонные конструкции, эффективные архитектурно-строительные системы, компьютерные методы проектирования бетонов, бетонных и железобетонных конструкций, технологии и оборудование для их производства, а также координируют научно-исследовательские работы в этих областях.

В институте трудятся специалисты высочайшей квалификации. В их числе 14 академиков и членов-корреспондентов отраслевых академий, почти 30 докторов и более 100 кандидатов наук.

Большой вклад сотрудники института внесли в решение важнейших задач по созданию базы индустриального строительства, разработке теории бетона и железобетона, нормативной и типовой проектной документации, увязке отечественных норм проектирования и стандартов с международными нормами, а также в укрепление авторитета отечественной строительной науки.

Научные разработки НИИЖБ всегда широко использовались не только при массовом строительстве, но и при возведении уникальных сооружений, таких, как храм Христа Спасителя, монумент Победы на Поклонной горе, подземный комплекс на Манежной площади, развязки МКАД и Третьего транспортного кольца, комплекс Москва-Сити, АЭС в г. Билибино, горная обсерватория в Казахстане, Белорусский металлургический завод и др.

НИИЖБ организует и проводит координационные совещания, семинары и конференции, в том числе с участием зарубежных специалистов, является постоянным участником российских и международных специализированных строительных выставок и салонов инноваций. Разработки института отмечены многочисленными дипломами и медалями.

По влиянию на развитие мировой цивилизации изобретение железобетона – бетона, армированного стальной арматурой, смело можно поставить в один ряд с открытием электричества или появлением авиации. Недаром их практическое применение в странах Европы и Северной Америки началось примерно одновременно. Ежегодное производство бетона на земном шаре превышает 2 млрд м<sup>3</sup>. Никакой другой продукт производственной деятельности не изготавливается в таких объемах.

Комиссия экспертов Европейского союза подготовила доклад о перспективах развития строительства в Европе до 2025 года. Были разработаны критерии, которым должны отвечать наиболее прогрессивные строительные материалы. К основным критериям относятся:

- минимальное изъятие природных ресурсов при производстве строительных материалов и максимальное использование попутных продуктов (отходов) других отраслей;

- высокая прочность и долговечность;
- сочетаемость с другими видами материалов;
- перерабатываемость для строительных или иных нужд;
- экономичность;
- высокие эстетические и архитектурные качества;
- экологическая безопасность при производстве и эксплуатации.

Этим критериям в наибольшей степени соответствует бетон.

Следует указать на основные положительные стороны бетона как строительного материала:

- практически неисчерпаемые запасы исходного сырья для изготовления вяжущих и заполнителей;
- возможность широкого использования промышленных отходов (зол, шлаков) в качестве сырья для бетонов;
- возможность изменения плотности бетона за счет применения природных и искусственных плотных или пористых заполнителей;

- низкая энергоемкость технологического процесса изготовления железобетонных конструкций, а также его сравнительная простота;
- регулирование строительно-технических свойств бетона путем применения различных модификаторов;
- технологическая и конструктивная совместимость со многими другими материалами.

Число модификаций бетонов достигает многих десятков наименований – это плотные, ячеистые, радиоизолирующие и радиопроницаемые, напрягающие, полимерные, кислотостойкие, жаропрочные, полимерные, серные и т. п.

Помимо строительства бетон находит применение в машиностроении, где из него изготавливаются базовые детали станков, прессов и другого оборудования и даже гидравлические цилиндры. Огромный опыт накоплен в области железобетонного судостроения, морских нефтяных платформ.

Помимо высоких строительно-технических качеств бетон выгодно отличается от других строительных материалов низкой энергоемкостью и экологической безопасностью для окружающей среды. А эти факторы при выборе стройматериалов для массового строительства уже в ближайшие годы будут определяющими. Для производства 1 т стали необходимо переработать 20 т первичных ресурсов, 19 из которых в виде отходов возвращаются в окружающую среду. Производство же бетона не дает вредных отходов и в принципе может быть полностью безотходным. Иными словами, затраты на производство 1 т стали в 30 раз выше, чем на производство 1 т бетона.

Эффективно могут использоваться при производстве бетона отходы энергетике, металлургии, камнедобычи, деревообработки и др. Неограниченно могут перерабатываться для производства бетона отходы бетонного лома, образующегося при сносе аварийных и морально устаревших зданий.

Все эти факторы определяют доминирующее применение бетона и железобетона в строительстве.

Значительным потребителем монолитного бетона, а также и строительного раствора, относящегося к типу мелкозернистых бетонов, явилось индивидуальное жилищное строительство. Поэтому, с одной стороны, шло снижение объемов традиционного монолитного строительства (гидротехника, дороги и др.), с другой – шел рост применения монолитного бетона и железобетона при строительстве зданий различного назначения.

В официальных статистических данных объемы производства сборного железобетона до сих пор фигурируют среди основных показателей производства строительных материалов. Данные же по объемам применения монолитного железобетона отсутствуют и сейчас, хотя соотношение по объемам применения изменилось в пользу монолитного.

Споры о применении сборного или монолитного железобетона в отечественной строительной практике ведутся достаточно давно. С конца пятидесятых годов считалось, что сборное строительство – это индустриальное строительство, а курс на индустриализацию был вопросом в значительной мере политическим. В дальнейшем, с появлением высокопроизводительных смесителей, насосов, автомиксеров, крупнощитовой опалубки и др., понятие индустриальности стало применяться и к монолитному строительству. В настоящее время предпочтение сборного или монолитного варианта возведения зданий определяется технико-экономическими, архитектурными и иными требованиями.

Не случайно при разработке программы строительства высотных зданий в Москве выбор был сделан в пользу железобетона. Железобетон обладает рядом преимуществ по сравнению с металлом при использовании в каркасах высотных зданий. Помимо пожаростойкости ему присуща более эффективная диссипация (рассеивание) энер-

гии колебания зданий при ветровых нагрузках. С разработкой высокоподвижных высокопрочных бетонов подача материала на высоту может осуществляться бетононасосами, что намного эффективнее крановых операций, неизбежных при монтаже стальных конструкций.

Наука о бетоне и железобетоне как прикладная стоит перед решением серьезных задач по повышению эффективности работы отрасли, к основным из которых, следует отнести:

- 1) создание бетонов-композитов, отвечающих современным требованиям по эстетике, комфортности, долговечности и эксплуатационной надежности;
- 2) разработку самоуплотняющихся бетонных смесей на базе новых систем добавок и модификаторов;
- 3) расширение применения высокопрочной арматуры;
- 4) модернизацию заводов крупнопанельного домостроения путем перехода на гибкие технологии производства продукции;
- 5) роботизацию и компьютеризацию производства сборных конструкций и изделий;
- 6) индустриализацию монолитного строительства;
- 7) существенное расширение использования зол и шлаков для производства бетона;
- 8) разработку технологий утилизации бетона после демонтажа устаревших зданий и др.

По уровню технических и экономических показателей и по объемам применения бетон и железобетон существенно превосходит другие строительные материалы. Поэтому технико-экономический эффект от практического применения той или иной разработки может быть весьма ощутим. Так, исследования норвежских специалистов, проведенные недавно, показали, что финансирование исследований в области бетонов высоких технологий (было проанализировано 130 проектов, где использован такой бетон) дало прибыль за период 1984–2000 гг., в 19 раз превышающую первоначальные затраты.

Есть все основания полагать, что большинство новых разработок НИИЖБ будет столь же полезно российскому строительному комплексу.

Российское научно-техническое общество строителей, НИИЖБ, РААСН, Российская инженерная академия, МГСУ, ассоциация «Железобетон» и другие организации 5–9 сентября 2005 г. проведут II Всероссийскую конференцию по бетону и железобетону.

На предстоящей конференции намечено обсудить состояние и перспективы применения бетона и железобетона в российском и мировом строительстве.

В числе основных проблем к рассмотрению на конференции намечены следующие:

- бетон в структуре строительных материалов;
- железобетон для уникальных, в том числе высотных, зданий и сооружений;
- бетон в архитектуре;
- долговечность и качество бетонов;
- оборудование и методы монолитного строительства;
- новые технологии для заводского производства;
- методы ускорения твердения бетона;
- новые виды арматуры, в том числе автоматизация арматурных работ;
- теория и методы расчета железобетонных конструкций;
- экология бетона;
- обследование, ремонт, реконструкция железобетонных зданий и сооружений;
- состояние и развитие нормирования и стандартизации в условиях действия закона «О техническом регулировании».

На конференцию приглашены в качестве докладчиков ведущие специалисты ряда зарубежных стран. Параллельно будет работать 59-я Ассамблея Международного союза лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций – РИЛЕМ.

## **О концепции обеспечения морозостойкости бетона в конструкциях зданий и сооружений**

Практически вся территория России находится в климатической зоне, характеризуемой среднемесячной температурой января, равной и более низкой, чем  $-10^{\circ}\text{C}$ . Огромное число бетонных и железобетонных конструкций и сооружений находится на открытом воздухе и подвергается увлажнению атмосферными осадками и циклическому замораживанию и оттаиванию, в результате которого бетон может претерпевать постепенное прогрессирующее разрушение. Поэтому обеспечение морозостойкости бетона, то есть сохранение им расчетных характеристик в течение срока службы, — проблема, имеющая большое практическое значение.

Решение ее возможно двумя различными путями, которые будем называть контрольным и технологическим.

Существо контрольного обеспечения морозостойкости, которое в течение длительного времени реализовывалось в отечественных нормах, заключается в том, что назначается марка бетона по морозостойкости, то есть число циклов стандартного испытания на замораживание и оттаивание, которое должен выдерживать бетонный образец, не снизив прочность ниже нормированного значения. Затем подбирается состав (или несколько составов) бетона, который испытывается на морозостойкость в специальных морозильных камерах. Бетон, удовлетворяющий требованиям по морозостойкости, воспроизводится по составу на производстве, в идеале с применением тех же материалов, и укладывается в конструкцию. При этом предполагается, что бетон в конструкции оказывается идентичным лабораторному, что и обеспечивает заданный проектный срок службы конструкции или сооружения в конкретных эксплуатационных условиях.

Схема представляется на первый взгляд достаточно очевидной и логичной. Вначале она была регламентирована в ГОСТ 4795–49 и 4800–49 (59) [1, 2], а затем закреплена в ГОСТ 10060–62, который пересматривался в 1976, 1985 и 1995 гг. и действует в настоящее время [3].

Технологическая концепция строится на другом основании. Результа-

ты интенсивных научно-исследовательских работ позволили сформулировать требования к составам и технологии бетона, которые обеспечивают получение бетона заданной высокой морозостойкости. Приготовление такого состава на производстве, обеспечение оптимальных условий его укладки и твердения позволяют изготовить конструкцию, бетон которой будет иметь необходимую морозостойкость.

Выбор одной из этих концепций — ответственная задача, от правильного решения которой зависит долговечность многих строительных объектов, возводимых в стране.

Для суждения об обоснованности контрольного обеспечения морозостойкости необходимо рассмотреть три его аспекта. Первый — достоверность оценки морозостойкости при лабораторных испытаниях; второй — вероятность корректного воспроизведения лабораторного состава в производственных условиях; третий — установление идентичности морозного воздействия и повреждения бетона в лабораторном образце и в эксплуатируемой конструкции.

В рамках журнальной статьи ограничимся кратким анализом и изложением этих аспектов.

В качестве конкретного примера будем использовать ГОСТ 10060, являющийся последовательной реализацией контрольного обеспечения морозостойкости.

1. Для суждения о морозостойкости бетона устанавливается критерий, по отношению к которому оценивается испытываемый состав. Этот критерий — фиксированная величина, в частности допустимое 5%-ное снижение прочности [3]. Прочность определяется на относительно малом числе образцов, например шести, что в несколько раз меньше, чем это требуют зависимости математической статистики [4]. В связи с высоким коэффициентом вариации прочности бетона как результаты отдельных определений прочности, так и их среднее значение — независимые случайные величины, подчиняющиеся некоторому распределению.

После прохождения циклов замораживания и оттаивания свойства

бетона меняются — прочность его снижается, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации прочности значительно увеличиваются. Вопрос о том, сохраняется ли при этом закон распределения, не исследован. Но в любом случае бетон, прошедший испытания, характеризуется уже другим распределением прочности. Сравнивая два распределения только по одной числовой характеристике — среднему арифметическому малому числу наблюдений, мы совершаем ошибку, значение которой нам неизвестно.

Поскольку число определений существенно меньше, чем необходимо для достоверной оценки, их среднее арифметическое может оказаться равным математическому ожиданию только случайно. Если оно окажется меньше математического ожидания, то есть мы занижим начальную прочность, возрастет вероятность признания бетона морозостойким. Если зависим — неморозостойким. Подобная же ситуация возникает при определении прочности бетона, прошедшего испытания. Сочетание неточных оценок приводит к результату, который может быть истинным только случайно.

На основании сравнения прочности бетона до и после испытания делается заключение о том, является ли бетон морозостойким или нет, то есть делается браковочный вывод по принципу да — нет. Такой критерий является детерминистическим. Среднее значение коэффициента вариации прочности бетона на различных предприятиях в зависимости от уровня их производственной культуры варьируется от 15 до 30% [5]. Нормами допускается его значение, равное 13,5 и 20% [6]. Следовательно, прочность бетона не детерминированная, а случайная величина. Бетоны одного и того же состава каждый раз будут показывать неодинаковую прочность.

Случайная величина характеризуется вероятностью события, то есть, оценивая морозостойкость по прочности, мы можем сказать, какова вероятность того, что данный бетон окажется морозостойким. Расчеты свидетельствуют о том, что,

применяя в данном случае детерминистический критерий, можно получить абсурдный результат, когда признается морозостойким бетон, вероятность морозостойкости которого меньше 0,5. Заметим, что и марка бетона по морозостойкости, поскольку она является оценкой, функцией независимых случайных величин, то есть результатов определения прочности бетона, также является случайной величиной [7, стр. 452].

Бетон — объект вероятностной природы, и, используя другие характеристики, показатели его морозостойкости, например значение необратимого расширения в результате циклического замораживания, мы, как можно предположить, получим результаты, принципиально не отличающиеся от рассмотренных выше.

2. ГОСТ 10060—95, равно как и все предыдущие издания этого стандарта, никак не определяет и не нормирует условия, обеспечивающие воспроизведение в конструкции бетона, который испытывался на морозостойкость в лабораторных условиях. А возможность такого точного воспроизведения далеко не очевидна. Бетон передается на производство характеристикой его состава, то есть расходом компонентов на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси. Бетонная конструкция изготавливается по последовательной многоэтапной технологии, включающей 10—12 следующих один за другим этапов. Известно, что подобного рода технологические процессы характеризуются низкой надежностью и высокой вероятностью брака [8].

Даже если предположить, что на производстве используются все время те же материалы, что и при приготовлении лабораторных образцов, что само по себе достаточно сомнительно, приемы дозирования, укладки и уплотнения бетона, условия твердения и т. п. имеют явные отличия.

Полагая, что вероятность отличия лабораторных условий от производственных на каждом этапе технологии составляет всего 5%, получаем в соответствии с теоремой умножения вероятностей, что вероятность воспроизведения на производстве лабораторного бетона составляет  $p = 0,95^{10} = 0,6$ . В этом случае для того чтобы получить в конструкции бетон, соответствующий по марке полученному в лаборатории, марка по морозостойкости лабораторного бетона должна быть повышена в 1,7 раза [9]. Нормы подобного требования не содержат. Это свидетельствует о существенных отличиях, имея в виду мороз-

ное сопротивление, лабораторного бетона от производственного, тем более что не известно ни одной экспериментальной работы, которая подтвердила бы их идентичность.

Отметим, что стандарт С666-84 ASTM [10] отрицает наличие какого-либо соответствия или связи между морозостойкостью лабораторных образцов и образцов, вырезанных из конструкции. Там же отмечается, что результаты лабораторных испытаний не могут служить количественной характеристикой ожидаемого срока службы бетона в конструкции или сооружении.

3. Главное отличие бетона в образце и в конструкции заключается в том, что бетон в конструкции находится в нагруженном, напряженном состоянии. Это различие может быть рассмотрено с двух точек зрения. Автором было установлено еще в 60-х годах прошлого века, что напряжения, превышающие  $0,2-0,3R_p$ , значительно снижают морозостойкость, а не превышающие  $0,5-0,6R_0$  — ее повышают. К сожалению, в свое время из этих фактов не были сделаны выводы, относящиеся к методологии обеспечения морозостойкости бетона в конструкциях.

Другой аспект проблемы заключается в следующем. Нагруженная бетонная или железобетонная конструкция характеризуется неоднородным напряженным состоянием. Это могут быть участки заанкеривания преднапряженной арматуры, сжатая и растянутая зона изгибаемых элементов, опорные части и др.

Представим морозное воздействие как однородное скалярное поле, одинаково действующее на все участки конструкции и вызывающее постепенное прогрессирующее снижение прочности бетона, идущее везде с одинаковой скоростью. Очевидно, что исчерпание прочности бетона, наступление предельного состояния по морозостойкости, произойдет быстрее, то есть в результате меньшего числа циклов замораживания в тех участках конструкции, напряженное состояние которых выше. Таким образом, конструкция, изготовленная из одного и того же бетона, будет иметь участки с различной морозостойкостью в зависимости от значения напряженного состояния, в котором находится бетон на этих участках. Испытание в лабораторных условиях не дает никакой информации об этой ситуации, поскольку морозостойкость образцов соответствует морозостойкости бетона тех участков конструкции, где он не нагружен.

Обычно термин «морозостойкость бетона» определяют, имея в

виду его разрушение в образцах или даже безотносительно к условиям разрушения. В конструкции бетон разрушается по-иному. Мы можем определить морозостойкость бетона в конструкции как способность материала сопротивляться действию определенного числа циклов попеременного замораживания и оттаивания без образования видимых трещин и нарушения первоначальных геометрических размеров и формы конструкции.

Введем модель, позволяющую оценить число циклов, которое выдерживает нагруженный бетон до наступления предельного состояния по морозостойкости. Будем считать, что процесс накопления повреждений в зрелом бетоне выражается зависимостью, отражающей прогрессирующее снижение прочности замораживаемого бетона [11]

$$R_n = R_0(1-p)^n,$$

где  $R_n$  и  $R_0$  — прочность бетона после  $n$  циклов и начальная соответственно;  $p$  — вероятность повреждения или доля прочности, теряемой бетоном в каждом цикле.

Отсюда число циклов, которое выдерживает бетон до снижения прочности до  $R_n$ , равно:

$$n = K \frac{\ln \frac{R_n}{R_0}}{\ln(1-p)}, \quad (2)$$

где  $K$  — целая часть числа, стоящего в скобках.

Разложим функцию  $\ln(1-p)$  в ряд [12]

$$\ln(1-p) = - \left( p + \frac{p^2}{2} + \frac{p^3}{3} + \dots + \frac{p^n}{n} + \dots \right).$$

Оценки показывают, что для различных бетонов и условий испытания значение  $p$  меняется в пределах 0,001—0,008. При малых значениях  $p$   $\ln(1-p) \approx -p$  и формула (2) может быть переписана в виде

$$n = K \left[ \frac{\ln \frac{R_n}{R_0}}{-p} \right]. \quad (2a)$$

Предположим, что в некотором элементе конструкции бетон нагружен до относительного напряжения, равного  $\sigma/R_0$ . Когда в результате замораживания прочность бетона понизится до критического значения  $R_{кр}/R_0 = \sigma/R_0$ , наступит предельное состояние по морозостойкости. Этому значению на основании (2) будет соответствовать некоторое число циклов  $n$ . Очевидно, что чем больше значение  $R_{кр}/R_0$ , тем через меньшее число циклов насту-

пит предельное состояние, то есть окажется ниже морозостойкость бетона на этом участке конструкции. В таблице в качестве примера представлены значения  $n$ , вычисленные по формуле (2а).

Следовательно, морозостойкость бетона в конструкции существенным образом зависит от его напряженного состояния, что никак не моделируется при лабораторных испытаниях. Отметим, что аналогичная ситуация наблюдается и при других коррозионных процессах, приводящих к снижению прочности бетона.

Из изложенного выше следует, что основные компоненты, необходимые для корректного контрольного обеспечения морозостойкости, — фиксированный, детерминированный критерий оценки морозостойкости, точное воспроизведение в конструкции лабораторного состава, на котором проверялась морозостойкость, и идентичность условий воздействия неблагоприятной среды на лабораторный образец и на конструкцию — практически не реализуются, что ставит под серьезное сомнение правомерность концепции в целом.

Обратим внимание еще на один — организационный аспект этой проблемы. Получив заключение о том, что данный состав бетона является морозостойким, изготовитель конструкции повторяет, воспроизводит его на производстве. И только за это несет ответственность. Поскольку после того, как бетон уложен, проверить его состав практически невозможно, контроль над ситуацией по существу отсутствует. Результаты проявляются через много лет, когда искать виноватых бессмысленно, а ответственность размыта между испытательной лабораторией и изготовителем конструкции, степень вины которых установить невозможно. Морозное разрушение принимается как факт, который никаких реальных последствий, кроме затрат на ремонт, не имеет.

Отметим также, что при контрольном подходе затруднено применение принципа создания в конструкции запаса долговечности или запаса морозостойкости, которые необходимы в связи с большим числом и случайным характером факторов, действующих на конструкцию, возможными непредсказуемыми нарушениями условий ее изготовления и т. п., которые не поддаются точной оценке и прогнозу.

Альтернативной концепцией является концепция технологического обеспечения морозостойкости.

Вероятность повреждения $p$	$R_{кр}/R_0 = 0,3$	$R_{кр}/R_0 = 0,45$	$R_{кр}/R_0 = 0,6$
0,001	1200	800	510
0,004	300	200	127
0,008	150	100	63

Самое раннее предложение такого подхода, которое нам удалось найти, принадлежит известному исследователю морозостойкости бетона С.В. Шестоперову, который писал: «Для подбора составов бетона различной морозостойкости можно рекомендовать не применение методов лабораторных испытаний на многократное замораживание и оттаивание для каждого частного случая, а применение проверенных составов бетонов, прошедших длительные испытания при их исследовании» [13, с. 339]. Это предложение не имело никаких последствий и было обнаружено нами случайно.

В 1995 г. автор в научно-техническом отчете НИИЖБ «Разработать методы расчета долговечности бетона...» предложил таблицу, в которой для каждого из предложенных четырех классов бетона по морозостойкости были указаны требования к составам бетона, выполнение которых обеспечивает его морозостойкость в конкретных эксплуатационных условиях. Подход этот противоречил установившейся практике и не был реализован. В 2000 г. был утвержден европейский стандарт по бетону EN 206-1 [14], в котором устанавливались четыре класса бетона по морозостойкости и приводились соответствующие им требования к бетону, которые в значительной мере совпадали с требованиями, изложенными в упомянутом отчете. Иначе говоря, в европейских нормах принята не контрольная, а технологическая концепция обеспечения морозостойкости. Обобщающая таблица, комментарий к ней и обоснование требований к бетону, обеспечивающих его морозостойкость, содержатся в публикации [9]. Подход этот был затем поддержан в статье [15].

Из изложенного следует главный вывод. Как по содержательным основаниям, так и из соображений гармонизации отечественных норм с европейскими стандартами целесообразен переход от контрольной, традиционной для нашего строительства концепции обеспечения морозостойкости к ее технологическому обеспечению. Это повысит ответственность изготовителя и подрядчика [16] за качество продукции и, можно надеяться, увеличит

безремонтный срок службы бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях морозной агрессии.

#### Список литературы

- ГОСТ 4795–49. Бетон гидротехнический. Определения, классификация, технические требования.
- ГОСТ 4800–49 (59). Бетон гидротехнический. Методы испытания бетона.
- ГОСТ 10060.0–95. Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования.
- Подвальный А.М. Об испытании бетона на морозостойкость // Бетон и железобетон. 1996. № 4. С. 26–29. № 5. С. 27–29.
- Шнете Г. Надежность несущих строительных конструкций. М., 1994. 288 с.
- ГОСТ 18105–86. Бетоны. Правила контроля прочности.
- Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М., 1988. 480 с.
- Свеишников А.А. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и теории случайных функций. М., 1970, 656 с.
- Подвальный А.М. Об оценке результатов коррозионных испытаний и марках бетона по морозостойкости // Бетон и железобетон. 2002. № 5. С. 26–30.
- ASTM, C666-84 Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing.
- Васильев А.И., Бейвель А.С., Подвальный А.М. О выборе толщины защитного слоя мостовых конструкций // Бетон и железобетон. 2002. № 5. С. 25–27.
- Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М., 1975. 608 с.
- Шестоперов С.В. Долговечность бетона. М., 1955. 398 с.
- EN 206-1. Concrete-Performance, production, conformity. 2000.
- Подмазова С.А. Технологические аспекты обеспечения морозостойкости // Бетон и железобетон. 2003. № 3. С. 28–29.
- Волков Ю.С. Евростандарт на бетон введен в действие // Строительный эксперт. 2004. № 1 (164).

## Особенности применения высокопрочного бетона в колоннах зданий

В настоящее время в нашей стране развивается строительство жилых и общественных зданий повышенной этажности из монолитного железобетона. В связи с этим увеличиваются нагрузки на несущие конструкции таких зданий.

Одними из наиболее нагруженных элементов зданий с каркасно-стеновой конструктивной системой являются колонны, испытывающие продольные сжимающие усилия, достигающие в нижних этажах 2 тыс. т и более в зависимости от этажности здания.

Как показывают расчеты, использование классов бетона на сжатие до В60, на которые распространяются действующие нормы проектирования железобетонных конструкций [1], приводит к необходимости принимать колонны поперечного сечения до 1 м<sup>2</sup> и более либо меньших размеров, но с большим насыщением продольной арматурой.

Для успешного развития отечественного высотного строительства необходимо применение высокопрочных бетонов.

Как и за рубежом, в нашей стране создана технология модифицированных бетонов, которая с помощью специальных модификаторов (полифункциональных добавок) позволяет получить высокопрочные бетоны классов до В100.

Исследования показали, что деформационные характеристики высокопрочных бетонов имеют существенные отличия от обычных бетонов (по характеру работы они приближаются к упругим материалам), что должно учитываться в расчете.

Расчет по прочности колонн из высокопрочных бетонов может производиться с использованием деформационной модели или по предельным усилиям.

Как известно [2], расчет колонн по деформационной модели при действии изгибающих моментов и

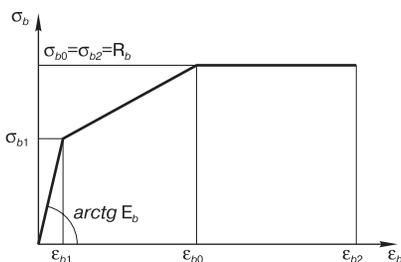


Диаграмма состояния сжатого бетона

продольных сил производится с использованием диаграмм состояния бетона. Поэтому для высокопрочных бетонов следует ввести в базовые точки диаграмм коррективы, учитывающие деформационные свойства таких бетонов (см. рисунок)

На основе анализа деформационных характеристик высокопрочных бетонов можно принять следующие параметры базовых точек:

- первая базовая точка —  $\sigma_{b1} = 0,6R_b$ ;
- $\varepsilon_{b1} = 0,6R_b/E_b$ ;
- вторая (основная) базовая точка  $\sigma_{b0} = R_b$ , а деформации  $\varepsilon_{b0}$ , отвечающие этим напряжениям, изменяются по линейному закону

$$\varepsilon_{b0} = \left( \frac{B - B60}{B100 - B60} \cdot 0,4 + 2 \right) \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где В, В60, В100 — числовые характеристики класса бетона; третья (граничная) базовая точка  $\sigma_{b2} = R_b$ , а деформации  $\varepsilon_{b2}$  принимаются в зависимости от класса бетона по линейному закону

$$\varepsilon_{b2} = \left( \frac{B100 - B}{B100 - B60} \cdot 0,8 + 2,7 \right) \cdot 10^{-3}. \quad (2)$$

Принимая во внимание диаграммы состояния высокопрочного бетона с новыми параметрами базовых точек, расчет колонн из высокопрочного бетона по деформационной модели производится как для колонн из обычного бетона.

Учитывая невысокие пластические свойства высокопрочных бетонов, в расчет колонн из высокопрочного бетона по предельным усилиям на действие изгибающих моментов и продольных сил следует также ввести коррективы.

В первую очередь это относится к определению граничной предельной высоты сжатой зоны бетона, при которой предельное состояние колонны наступает одновременно с достижением в растянутой арматуре расчетных сопротивлений.

Граничную высоту сжатой зоны бетона с учетом деформационных свойств высокопрочных бетонов рекомендуется определять по формуле

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0,8 \cdot k}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b,ult}}}, \quad (3)$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий деформационные свойства высокопрочных бетонов;  $\varepsilon_{s,el} = R_s/E_s$ ;  $\varepsilon_{b,ult}$  — предельная относительная

деформация сжатого бетона, принимаемая в зависимости от класса бетона равной  $\varepsilon_{b2}$  по формуле (2).

Значения коэффициента  $k$  принимаются в зависимости от класса бетона по линейной интерполяции от  $k = 1$  при В60 до  $k = 0,8$  при В100:

$$k = \frac{B100 - B}{B100 - B60} \cdot 0,2 + 0,8. \quad (4)$$

Аналогично в условии для расчета по прочности колонн также вводится коэффициент  $k$ :

$$N \cdot e \leq k \cdot R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'), \quad (5)$$

где  $e$  — расстояние от точки приложения силы до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой (при полностью сжатом сечении элемента) арматуры, равное

$$e = e_0 + \frac{h_0 - a'}{2}; \quad (6)$$

$x$  — высота сжатой зоны, определяемая при  $\xi = x/h_0 \leq \xi_R$  по формуле

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b}; \quad (7)$$

при  $\xi = x/h_0 > \xi_R$  по формуле

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s \cdot \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b + \frac{2R_s \cdot A_s}{h_0(1 - \xi_R)}}. \quad (8)$$

Приведенные данные по основным расчетным характеристикам высокопрочных бетонов и уточнение методики расчета колонн применительно к таким бетонам позволяют проектировать колонны зданий повышенной этажности и определять оптимальные конструктивные параметры колонн (размеры поперечного сечения, класс бетона, количество арматуры) для зданий различной этажности.

### Список литературы

1. Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. Расчет прочности железобетонных конструкций при различных силовых воздействиях по новым нормативным документам // Бетон и железобетон. 2002. № 3. С. 10–13
2. Звездов А.И., Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. Расчет прочности железобетонных конструкций при действии изгибающих моментов и продольных сил по новым нормативным документам // Бетон и железобетон. 2002. № 2. С. 21–25.

## Обеспечение качества бетона монолитных конструкций

В последние годы в Москве и других регионах бурно развивается монолитное строительство, особенно при возведении жилых и общественных зданий и объектов транспортной инфраструктуры.

При монолитном способе ведения работ особое значение приобретает обеспечение необходимых строительных характеристик бетона как на стадии приготовления бетонной смеси, так и в готовой конструкции.

Перед изготовителем бетонной смеси и подрядчиком стоит задача обеспечения требуемых физико-механических характеристик бетона монолитных конструкций, указанных проектировщиком и в технической документации на возведение объекта.

Обычно в проекте указываются требования к бетону по прочности (класс), марка бетона по морозостойкости и марка по водонепроницаемости. Морозостойкость и водонепроницаемость бетона необходимо обеспечить, если конструкция эксплуатируется в условиях переменного замораживания и оттаивания (водонасыщения) или в агрессивной среде.

Кроме того, в проекте производства работ требования к бетону должны быть представлены более развернуто, в том числе следует указывать:

- подвижность бетонной смеси, которая назначается в зависимости от технологии возведения (способы подачи и укладки бетона);
- сохраняемость подвижности во времени, которая зависит от местонахождения бетоносмесительного узла (БСУ) относительно стройплощадки и, следовательно, времени, необходимого для доставки бетонной смеси (должно быть указано в договоре между изготовителем бетонной смеси и подрядчиком);
- время снятия опалубки и величина распалубочной прочности для всех видов конструкций, которая может быть выражена как в процентах от средней прочности, так и абсолютной величиной в МПа.

Бетоносмесительный узел при заключении договора на поставку бетонной смеси должен гарантиро-

вать выполнение следующих условий: обеспечение заданной подвижности бетонной смеси на месте укладки; лимит времени на доставку бетонной смеси; набор бетоном заданной прочности в возрасте 1, 2 или 3 сут и проектной прочности в возрасте 28 сут; обеспечение проектной морозостойкости бетона; обеспечение проектных характеристик по водонепроницаемости бетона.

Лаборатория БСУ при проектировании состава бетона с заданными характеристиками может использовать два пути.

Первый предназначен для БСУ, имеющих опыт производства бетонной смеси с подобными характеристиками. В этом случае путем изучения технической документации и производственных норм выбирается состав бетона, который на основе экспертной оценки может обеспечить все вышеперечисленные показатели. Эти показатели уточняются по данным производственного контроля за предыдущие 6 месяцев, включая характеристики по морозостойкости и водонепроницаемости. При подтверждении необходимых характеристик возможны поставки бетонной смеси выбранного состава на объект.

Второй путь — для предприятий, никогда ранее не выпускавших бетон с характеристиками, определяемыми требованиями проекта производства работ. Он предусматривает проектирование состава бетона заново и прямой подбор составов.

Перед тем как начинать проектировать составы бетона, следует определить качество имеющихся цементов и оценить возможность их использования для производства бетона с заданными характеристиками. Это может быть оценено по прочности производственных составов бетонов аналогичных классов за предыдущий период, если испытания цемента в бетоне проводятся систематически.

При оценке свойств цементов следует иметь в виду, что нередко поставщики предлагают цемент, который имеет высокий темп набора прочности в начальный период, что достигается на стадии произ-

водства варьированием его минералогического состава, повышением содержания трехкальциевого силиката (более 65%), или введением водоредуцирующих добавок разного рода или интенсификаторов помола или иными способами. Такие цементы действительно могут показывать высокие начальные и промежуточные прочности, но не обеспечивать получение марочной прочности в возрасте 28 сут. Бетоны на таких цементах обладают, кроме того, пониженной морозостойкостью.

Подобрав цемент, далее следует испытать песок, определив содержание пылевидных и глинистых частиц и модуль крупности  $M_k$ , а также щебень по показателям содержания пылевидных и глинистых частиц и соотношения фракций 5–10 мм и 10–20 мм. Эти два параметра влияют главным образом на водопотребность бетонной смеси. Следует использовать песок и щебень, отвечающие требованиям соответствующих стандартов.

После оценки качества составляющих бетонной смеси следует выполнить начальные подборы составов бетона в диапазоне водоцементного отношения на 0,3 выше и ниже значения, которое ориентировочно должно обеспечить среднюю прочность для заданного класса бетона. На основании заданной промежуточной и проектной прочности, а также результатов по промежуточной и проектной прочности, полученных при прямом подборе, следует окончательно выбрать производственный состав, который обеспечивает заданные строительные свойства бетона.

Если кроме прочности заданы требования по морозостойкости и водонепроницаемости бетона, следует испытать выбранный состав бетона на эти воздействия по методикам ГОСТ 10060.0–4–95 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» и ГОСТ 12730.0–5–78 «Бетоны. Методы определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости» и в случае необходимости дополнительно откорректировать состав бетона для обеспечения всего

Таблица 1

Факторы, обеспечивающие водонепроницаемость бетона	Марка по водонепроницаемости, W						
	2	4	6	8	10	12	14
Прочность, МПа	25	30	35	40	45	55	60
Водоцементное отношение (В/Ц)	0,65	0,55	0,5	0,43	0,4	0,38	0,35
Вид цемента	Общестроительного назначения или нормируемый по С <sub>3</sub> A		Общестроительного назначения, или нормируемый по С <sub>3</sub> A, или сульфатостойкий			Нормируемый по С <sub>3</sub> A или сульфатостойкий	
Добавки химические и/или минеральные	Водоредуцирующие				Водоредуцирующие и повышающие плотность бетона (снижающие проницаемость)		

Таблица 2

Факторы, обеспечивающие морозостойкость бетона	Морозостойкость, циклы*			
	75–100	200–300	400–600	700–1000
	–	100	200	300
Прочность, МПа	≥ 25	≥ 30	≥ 35	≥ 40
Вид цемента** ГОСТ 10178	Общестроительного назначения		Общестроительного назначения или нормируемый по С <sub>3</sub> A	
Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	>300	>300	>320	>340
Количество воды, л/м <sup>3</sup>	≤180	≤180	≤180	≤180
Водоцементное отношение	<0,6	<0,55	<0,5	<0,45
Добавки по ГОСТ 24211	Пластифицирующая/водоредуцирующая		Воздухововлекающая или пластифицирующая/водоредуцирующая	
Воздуховлечение, %	2–3	3–4	4–6	5–7

\* Верхняя строка – марка по морозостойкости по I базовому методу, нижняя – по II методу.  
\*\* Вид цемента назначается в зависимости от вида и уровня химической агрессии.

комплекса проектных требований. Подборы производственных составов бетона следует производить после оценки необходимой подвижности и сохраняемости подвижности бетонной смеси во времени.

Бывают случаи, когда проектировщик указывает не сочетаемые друг с другом требования к бетону. Например, задается прочность класса В15, марка по морозостойкости F200 (1 базовый метод) и марка по водонепроницаемости W6. Для выполнения требований по прочности ее среднее значение должно быть 19,2 МПа. Если будущая конструкция будет эксплуатироваться в среде с определенной степенью агрессивности и в зимний период времени с частым переходом через 0°C, то разработанный состав бетона при прочности 19,2 МПа не обеспечит указанную в проекте водонепроницаемость и морозостойкость. В этом случае состав бетона должен проектироваться по-другому. Например, при марке по водонепроницаемости W6 ориентировочно класс бетона по прочности должен быть не ниже В25 (среднее значение прочности 32 МПа при  $V_n = 13,5\%$ ). Для получения марки по морозостойкости F200 (1 базовый метод) следует иметь класс бетона по прочности В25, при этом

бетон должен быть изготовлен с водоредуцирующей, а еще лучше с водоредуцирующей и воздухововлекающей добавкой.

Таким образом, разработанный и испытанный состав бетона, на который при тщательном выполнении всех процедур может потребоваться несколько месяцев, может уверенно поставляться заказчику.

В табл. 1 приведены ориентировочные значения характеристик состава бетона для выполнения проектных требований по водонепроницаемости, а в табл. 2 – по морозостойкости.

Для обеспечения качества бетона в конструкции при поступлении бетона на стройплощадку необходимо определять подвижность смеси практически из каждого автобетоносмесителя. После укладки, уплотнения и затвердевания бетона при надлежащем уходе перед снятием опалубки следует определять прочность бетона в конструкции по образцам-кубам, изготовленным из отобранной пробы бетонной смеси или непосредственно в конструкции, путем применения неразрушающих методов – склерометром или ультразвуковым методом.

Если распалубочная прочность оказывается ниже указанной в проекте производства работ для задан-

ного возраста, следует выяснить причину этого отклонения (например, недостаточное уплотнение, отсутствие ухода за уложенным бетоном). Если никаких технологических нарушений нет, необходимо пересмотреть состав бетона.

Укрытие теплоизолирующим покрытием, а в холодное время года обогрев любыми указанными в проекте производства работ способами должны производиться в обязательном порядке. Невыполнение этих работ ведет к разбросу прочности бетона по зонам конструкции, к возможному замораживанию бетона конструкции и необеспечению проектных характеристик.

Строгое соблюдение технологии на стадии подбора состава бетона, его изготовления и производства работ при возведении монолитных конструкций, инспекция и осуществление процедур контроля являются гарантией обеспечения проектной долговечности здания или сооружения. И как предписывает действующий европейский стандарт EN 206-1 «Бетон. Общие технические требования, производство и контроль качества», при выполнении соответствующих правил эксплуатации здания или сооружения долговечность монолитных конструкций должна быть не менее 50 лет.

## Жаростойкий шлакопемзобетон на высокоглиноземистом цементе

Технический прогресс при изготовлении и ремонте различных тепловых агрегатов неразрывно связан с использованием новых видов эффективных огнеупорных материалов – легких жаростойких бетонов с требуемыми теплофизическими свойствами.

Для футеровки специальных сооружений, например шахт ядерных реакторов атомных электростанций, необходимы жаростойкие бетоны с температурными деформациями, близкими к металлу лайнера шахты реактора и стойкими в расплаве свинца в случае аварии.

Для использования жаростойких бетонов в реакторостроении авторы проанализировали существующие виды жаростойких бетонов и оценили соответствие их свойств при нагреве специфическим требованиям по прочности, деформативности, температурным деформациями, теплопроводности, стойкости в условиях радиационного воздействия, стойкости в теплоносителе, предъявляемым к материалам шахты реактора.

В связи с этим была поставлена задача разработать жаростойкий бетон со следующими физико-механическими и теплофизическими свойствами: средняя плотность порядка 1600 кг/м<sup>3</sup>, класс по прочности при сжатии при температуре 20°C не менее В12,5, теплопроводность не более 0,5 Вт/(м·°C) и коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) не менее (10–11)·10<sup>-6</sup> 1/°C.

Стойкость жаростойких бетонов в расплавленном свинце-теплоносителе характеризуется отсутствием химических реакций и появления легкоплавких эвтектик при нагреве в системах оксидов свинца и оксидов, составляющих жаростойкие бетоны. Чтобы обеспечить бетону эти свойства, необходимо использовать для получения жаростойкого бетона вяжущее с наибольшим содержанием оксида алюминия, то есть высокоглиноземистый цемент (ВГЦ). Для того чтобы получить бетон с требуемыми коэффициентом теплопроводности порядка 0,5 Вт/(м·°C) и коэффициентом линейного температурного расширения (10–11)·10<sup>-6</sup> 1/°C, следует использовать пористый заполнитель, например шлаковую пемзу.

В жаростойком шлакопемзобетоне в качестве вяжущего использован ВГЦ марки 800 «Талюм» Подольского цементного завода (ТУ 8-03-339–78 МПСМ СССР), который имеет следующие физико-механические свойства (табл. 1) и химический состав (табл. 2).

В качестве заполнителя в жаростойком бетоне использован пористый заполнитель из доменных шлаков (шлаковая пемза) Липецкого металлургического комбината (ГОСТ 97-60–86), см. химический состав в табл. 2.

Пробными замесами были подобраны следующие составы жаростойкого шлакопемзобетона (табл. 3).

Таблица 1

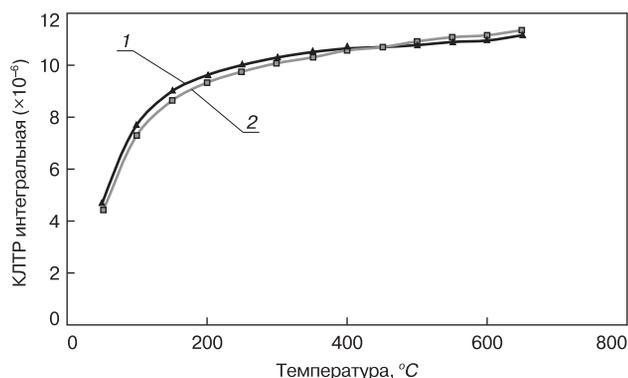
Тонкость помола		Плотность, г/см <sup>3</sup>	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Нормальная плотность теста, %	Время схватывания, ч-мин		Расплав конуса, мм	В/Ц	Предел прочности, МПа			Огнеупорность, °C
Остаток на сите № 008, %	Удельная поверхность см <sup>2</sup> /г				начало	конец			при изгибе 28 сут	при сжатии		
										7 сут	28 сут	
1,6	2239	3	1,095	32	2–25	8-00	109	0,32	15	85,5	79	>1720

Таблица 2

Заполнитель	Химический состав, мас. %											
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	MnO	S <sub>сух</sub>	Mo	П.п.п
ВГЦ	71,87	23,63	0,54	1,9	1,08	0,23	0,01	0,07	–	–	–	0,67
Шлаковая пемза	9–13,3	40,8–45,6	37,4–38,5	0,3–1,09	5,3–8,5	–	–	–	0,4–1,35	0,1–0,48	0,93–1,09	–

Таблица 3

№ состава	Расход материалов в % на 1 м <sup>3</sup> сухой бетонной смеси			В/Ц	Свойства бетонов			
	Цемент	Шлакопемзовый заполнитель фракций, мм			Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	R <sub>сж</sub> , МПа		
		5–10	0–5			после 3 сут	400°C	700°C
1	25,33	35,35	39,32	0,5	1600	15	10	8
2	31,31	34,37	34,32	0,5	1670	28	18,7	14



Экспериментальные данные зависимости КЛТР от температуры для жаростойкого шлакопемзобетона на ВГЦ со средней плотностью 1600 кг/м<sup>3</sup>: 1 – первый нагрев; 2 – второй нагрев

Таблица 4

Наименование показателей				
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	R <sub>сж</sub> , МПа после 28 сут		λ	α
	450°C	600°C		
1600	22	18	0,5	11
1670	41,1	35,2	0,54	10
1720	42,7	36,4	0,57	9,1
1775	43,1	37,7	0,58	10,6–11,7

Коэффициенты линейного температурного расширения и теплопроводности определены авторами в институте физики ДНЦ РАН. Анализ этих данных показывает, что жаростойкий шлакопемзобетон на ВГЦ при средней плотности 1600 кг/м<sup>3</sup> имеет коэффициент теплопроводности не выше 0,5 Вт/(м·°C) при рабочих температурах реактора [1, 2].

КЛТР в температурном интервале 200–600°C изменяется от 8,3·10<sup>-6</sup> до 10,4·10<sup>-6</sup> 1/°C для бетона с меньшим расходом цемента и от 9,1·10<sup>-6</sup> до 11·10<sup>-6</sup> 1/°C для бетона с большим расходом цемента (см. рисунок). Следует

отметить, что рассматривается второй нагрев бетона, дающий истинные значения КЛТР.

Следовательно, жаростойкий бетон на ВГЦ со шлакопемзовым заполнителем имеет КЛТР, близкий к металлическому лайнеру шахты реактора.

Жаростойкий шлакопемзобетон на ВГЦ по своим показателям (прочности, теплопроводности и температурным деформациям), а также по стойкости к воздействию расплава свинца, по нашему мнению, может быть использован в качестве теплоизоляции в шахте реактора.

На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Жаростойкий шлакопемзобетон на ВГЦ при средней плотности в высушенном состоянии 1600 кг/м<sup>3</sup> имеет прочность при сжатии при 450°C не менее 12 МПа и при 600°C не менее 6 МПа, коэффициент теплопроводности не более 0,5 Вт/(м·°C) и КЛТР 11·10<sup>-6</sup> 1/°C при температуре 450°C.

2. Жаростойкий шлакопемзобетон на высокоглиноземистом цементе при средней плотности в высушенном состоянии 1670 кг/м<sup>3</sup> имеет прочность при сжатии при 450°C – не менее 16 МПа и при 600°C – не менее 12 МПа; коэффициент теплопроводности не более 0,58 Вт/(м·°C) и КЛТР 10·10<sup>-6</sup> 1/°C при температуре 450°C.

Физико-механические и теплофизические характеристики разработанного жаростойкого шлакопемзобетона на ВГЦ в течение 28 сут твердения приведены в табл. 4.

Разработанный жаростойкий шлакопемзобетон удовлетворяет требованиям ГОСТ 209010–90 «Бетоны жаростойкие. Технические условия» и может также применяться при изготовлении и ремонте монолитных и сборных футеровок тепловых агрегатов с температурой применения 800–1200°C.

#### Список литературы

1. Жуков В.В., Хаджишалапов Г.Н., Магомедов А.Д. Жаростойкий шлакопемзобетон на высокоглиноземистом цементе. М., 2002. Деп. ФГУП ВНИИТПИ Госстроя России. № 11856. С. 2-10
2. Жуков В.В., Хаджишалапов Г.Н., Магомедов А.Д., Цикунов В.С. Жаростойкий бетон и тяжелый бетон для повышенных температур в реакторостроении. Махачкала: Новый день. 2002. 151 с.

## II Всероссийская конференция по проблемам бетона и железобетона и 59-я Ассамблея RILEM

5–9 сентября 2005 г.

Организаторы конференции

Москва

Российское научно-техническое общество строителей и Госстрой России при участии: Международного союза экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций – RILEM; Международной федерации по железобетону – fib; Комплекса архитектуры, строительства, реконструкции и развития Москвы; Министерства строительства Московской области; Российской инженерной академии; Российской академии архитектуры и строительных наук; Российского общества инженеров строительства; Российского союза строителей; Научно-исследовательского, проектно-конструкторского и технологического института бетона и железобетона (НИИЖБ); Московского государственного строительного университета и др.

**Цель форума:** содействие ученым, специалистам и предпринимателям мировой строительной индустрии в развитии отрасли, обмен научно-технической и коммерческой информацией, установление контактов.

#### Тематика конференции

- Вопросы технологии бетонов
- Вяжущие и добавки для бетонов
- Специальные бетоны и композиты
- Товарный бетон в строительстве
- Сборный железобетон и заводские технологии
- Железобетонные конструкции зданий и сооружений, методы расчета и проектирования
- Металлическая и неметаллическая арматура: тенденции и перспективы
- Железобетон в мостостроении и транспортном строительстве
- Бетон и железобетон в архитектуре
- Железобетон в сейсмостойком строительстве и освоении подземного пространства
- Проблемы долговечности бетона и железобетона
- Восстановление и реконструкция зданий и сооружений из железобетона
- Методы испытания материалов, систем и конструкций
- Стандартизация и сертификация
- Экологические аспекты применения бетона и железобетона
- Применение железобетона как фактор устойчивого развития строительства

Россия, 109428, Москва, Рязанский проспект, д. 61, НИИЖБ; тел./факс: (095) 174-76-77, 174-79-07; e-mail: ysv@niizhb.ru, info@niizhb.ru

И.В. ВОЛКОВ, канд. техн. наук, заведующий лабораторией фибробетонов и фибробетонных конструкций, НИИЖБ

## Проблемы применения фибробетона в отечественном строительстве

Мировая практика строительства выявила фибробетон как один из перспективных строительных материалов XXI века.

Свойства сталефибробетона и стеклофибробетона в сравнении с обычным бетоном приведены соответственно в табл. 1 и 2.

Опыт таких развитых стран, как США, Великобритания, Япония,

Германия, Италия, Франция и Австралия, убедительно показал технико-экономическую эффективность применения фибробетона в строительных конструкциях и сооружениях [1–3].

В настоящее время Европейский союз вводит единую систему стандартов, разрабатываемую специальным комитетом CEN. Эти нормы

будут распространяться и на фибробетоны. Ряд стран уже сейчас имеет стандарты на фибробетоны и их применение.

К сожалению, Россия не входит в ЕС и не включена в CEN. Стандартов по фибробетону мы также не имеем, и в ближайшее время их разработка не предполагается.

В то же время за рубежом от ЮАР до Канады все более широко применяется фибробетон с использованием широкого ассортимента фибры: стальной, стеклянной, углеродной, полипропиленовой и др.

Из зарубежного опыта следует особо выделить применение фибробетонов в дорожном и тоннельном строительстве, строительстве морских платформ и плотин, а также в устройстве полов промышленных зданий, терминалов и т. п. Считается целесообразным применение сталефибробетона в каркасных конструкциях зданий, особенно при возможных сейсмических воздействиях.

Следует отметить, что имеется достаточно широкий опыт применения фибробетона в отечественном строительстве [1]. Были разработаны и применены фибробетоны на стальной, стеклянной, базальтовой и полипропиленовой фибре. В опытном и опытно-промышленном порядке изготавливались и применялись сталефибробетонные сваи, плиты покрытий, кольца смотровых колодцев, лотки, складчатые панели покрытий, плиты пола, монолитные фундаменты, покрытия дорог и др.; стеклофибробетонные облицовочные плиты и панели наружных стен, плиты пола, большепролетные оболочки покрытий (на пневмоопалубке), гидроизоляция емкостей, элементы фасадов зданий, архитектурные изделия, несъемная опалубка и др.

Перечень эффективно апробированных конструкций из фибробетонов приведен в табл. 3.

Исследования и практика строительства показали, что для производства и возведения сталефибробетонных конструкций в основном может быть использовано технологическое оборудование, применяемое для традиционного бетона и железобетона. Дополнительно для некоторых видов фибры нужны механические диспергаторы, которые уже разработаны.

Таблица 1

Характеристики	Обычный бетон	Сталефибробетон
Напряжения трещинообразования при изгибе, МПа	2–5,5	3,5–15,5
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	2–5,5	5,5–26
Прочность при сжатии, МПа	21–35	35–120
Прочность на срез, МПа $\times 10^{-5}$	2–3,5	2,5–5,5
Коэффициент температурного расширения, $^{\circ}\text{C}^{-1}\times 10^{-6}$	9,9–10,8	10,4–11,1
Ударная прочность, см·кг/см <sup>2</sup>	4,8	13,8
Индекс сопротивления истиранию	1	2
Индекс морозостойкости	1	1,9
Индекс усталостной прочности (предельные отношения)	0,5–0,55	0,8–0,95
Индекс сопротивления растрескиванию (по испытаниям на жаропрочность)	1	7

Таблица 2

Характеристики	Возраст	
	28 сут	50 лет
Плотность (сух.), кг/м <sup>3</sup>	1950–2300	1900–2300
Ударная прочность (по Шарпи), см кг/см <sup>2</sup>	9,8–25	3,6–5
Прочность при сжатии, МПа	45–85	70–90
Начальный модуль упругости, МПа	10,5·10 <sup>4</sup> –20·10 <sup>4</sup>	17·10 <sup>4</sup> –25·10 <sup>4</sup>
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	17,5–28	9,5–15
Предел текучести на растяжение при изгибе, МПа	6,3–10,5	7–10,2
Прочность на осевое растяжение, МПа	7–10,2	5,2–8
Предельные деформации при разрушении (осевом), %	0,6–1,2	0,03–0,06
Прочность на срез: вдоль слоев поперек слоев, МПа	2,8–5,6 7–10,2	2,8–5,6 5,0–7,7
Коэффициент температурного расширения (при 77 <sup>o</sup> –115 <sup>o</sup> C), $^{\circ}\text{C}^{-1}\times 10^{-6}$	6–9	6–9

Для производства же стеклофибробетонных конструкций необходимо специальное оборудование зарубежного производства, хотя имеются и отечественные разработки.

Накопленный опыт позволил НИИЖБ, совместно с ЛенЗНИИЭП, МНИИТЭП, ЦНИИПромзданий, ООО «Фибробетон» и другими организациями разработать ряд рекомендательных документов (ВСН 56-97, РТМ-17-01-2002, РТМ-17-02-2003), позволяющих проектировать и применять строительные конструкции из сталефибробетона и стеклофибробетона. Однако прямых норм уровня СНиП и стандартов фибробетон пока нет.

За последние годы удалось организовать отечественное промышленное производство фибры стальной и из щелочестойкого стекла в объемах, позволяющих уже сейчас увеличить в десятки раз применение фибробетона в отечественном строительстве. Однако такого увеличения в ближайшее время нельзя предвидеть из-за особенностей отечественной строительной экономики.

Например, если за рубежом постоянно расширялись инвестиции в исследования, разработку и применение фибробетон, то в отечественной практике финансирование в этом направлении велось по остаточному принципу и бессистемно, независимо от мнения и пожеланий научных организаций. В результате не были разработаны типовые конструкции, которые могли бы применять проектировщики.

Важнейшим фактором невосприимчивости фибробетона в строительстве является его относительно более высокая исходная цена по сравнению с обычным бетоном или железобетоном. Этот фактор действует в первую очередь на уровне отношений между заводом — производителем фибробетона или конструкций из него и подрядной организацией, которая не хочет брать более дорогой материал, не предусмотренный проектировщиками.

При этом не учитывается, что фибробетон дает экономический эффект главным образом за счет более высокой долговечности, износостойкости, эксплуатационной пригодности, увеличения межремонтного ресурса и повышения безопасности сооружений при сейсмических воздействиях и пожарах.

С учетом этих факторов весьма эффективным может оказаться применение фибробетона в узлах и конструкциях многоэтажных и высотных зданий, особенно в зданиях и сооружениях возводимых в сейсмических районах. Это объясняется тем,

Монолитные конструкции и сооружения	Сборные элементы и конструкции
Автомобильные дороги	Железнодорожные шпалы
Перекладка покрытия	Трубопроводы
Промышленные полы	Склепы
Выравнивающие полы	Балки
Мостовые настилы	Ступени
Ирригационные каналы	Стеновые панели
Взрыво- и взломоустойчивые сооружения	Кровельные панели и черепица
Водоотбойные дамбы	Модули плавающих доков
Огнезащитная штукатурка	Морские сооружения
Емкости для воды и др. жидкостей	Взрыво- и взломоустойчивые конструкции
Обделки тоннелей	Плиты аэродромных, дорожных, тротуарных покрытий и креплений каналов
Пространственные покрытия и сооружения	Карнизные элементы мостов
Оборонные сооружения	Сваи, шпунт
Ремонт монолитных конструкций полов, дорог, ВПП и др.	Обогревательные элементы
Возведение и ремонт морских сооружений	Элементы пространственных покрытий и сооружений
	Уличная фурнитура

что дисперсное фибровое армирование обеспечивает диссипацию энергии в объеме конструкции, узла или зоны за счет многократно большей энергии деформирования и разрушения по сравнению с обычным бетоном при дискретном армировании.

Однако названные выше факторы может оценить и использовать только организация, эксплуатирующая готовое здание или сооружение, но не участвующая на первом этапе в выборе конструктивного решения и т. п.

Очевидно, что широкое применение фибробетон в строительстве может быть достигнуто только в результате совместного взаимодействия научных и проектных организаций в согласии с организациями — заказчиками объектов, эксплуатирующими их в дальнейшем. Для этого необходимо разработать соответствующую методику оценки экономической эффективности фибробетонных конструкций, учитывая его более высокие физико-механические свойства, долговечность, технологичность, большой межремонтный ресурс и т. п. по сравнению с железобетоном.

Учитывая, что в новый СНиП 51-02 фибробетон включен как официально разрешенный материал, следует в ближайшее время разработать своды правил по проектированию, изготовлению и применению сталефибробетонных и стеклофибробетонных конструкций.

При этом следует обеспечить соответствующее финансирование указанных разработок правительствами РФ, Москвы или другими заинтересованными инвесторами, предусмотрев необходимый дополнительный объем экспериментальных исследований по некоторым вопросам.

Учитывая необходимость всемерного ускорения решения рассматриваемой проблемы, было бы целесообразно использовать для отечественного применения некоторые существующие нормы развитых стран, участвующих в разработке единых норм CEN, с необходимой корректировкой.

В заключение хочется еще раз обратить внимание организаций — заказчиков строительства и проектировщиков на подтвержденную мировым и отечественным опытом эффективность применения фибробетонных строительных конструкций и имеющиеся отечественные материалы, технологии и техническую документацию.

#### Список литературы

1. Железобетон в XXI веке: состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России. Госстрой РФ, НИИЖБ. М.: Готика. 2001. С. 123–133; 216–223.
2. J. Hannat. Fibre cements and fiber concretes. New York. 1998.
3. A. Magu mdr. Glass fibre reinforced cement. London. 1991.

## Евростандарты и Закон РФ «О техническом регулировании»

Принятие закона РФ «О техническом регулировании» — серьезное испытание для российской нормативной базы в области строительства. В течение семи лет, до 1 июля 2010 г., должны быть разработаны и введены в действие соответствующие технические регламенты и национальные стандарты для всего спектра строительной деятельности.

В настоящее время делаются попытки простой трансформации ГОСТов в национальные стандарты. Но эта процедура может быть правомерной только для стандартов, гармонизированных с международными стандартами. В строительной отрасли таких не более 6%.

Закон действует уже год, а в области строительных материалов не принято ни одного технического регламента. Национальные стандарты и стандарты организаций должны быть разработаны как доказательная база применения технических регламентов. В ходе административной реформы Госстрой и Госстандарт были ликвидированы, поэтому в области технического регулирования наблюдается определенный вакуум.

В сложившейся ситуации наиболее рациональный путь — прямое введение международных стандартов как национальных или в отдельных случаях максимальное использование положений международных стандартов при пересмотре отечественных аналогов, что соответствует требованиям Закона РФ «О техническом регулировании» об использовании международных стандартов как основы для разработки отечественных технических регламентов и стандартов.

EN 196	Методы испытания цемента
EN 197	Цементы, общие технические требования
EN 206-1	Бетон, общие технические требования
EN 450	Зола-унос для бетона. Определение, требования, контроль качества
EN 480	Добавки для бетонов и растворов: Методы испытаний
EN 934	Добавки для бетонов и растворов. Общие технические требования
EN 1008	Вода затворения. Спецификация и методы испытаний
EN 10080	Обычная арматура для железобетонных конструкций
EN 10138	Напрягаемая арматура для железобетонных конструкций
EN 1744	Методы контроля химической активности заполнителя
EN 12350	Испытания бетонной смеси
EN 12390	Испытания затвердевшего бетона
EN 12504	Испытание бетона в конструкции
EN 12620	Плотные заполнители для бетона
EN 13055	Легкие заполнители для раствора и бетона
EN13263	Микрокремнезем
EN 13369	Общие технические требования для сборных железобетонных конструкций
EN 13670	Производство бетонных работ
EN 1504	Методы и средства защиты и ремонта железобетонных конструкций

Термин «международный стандарт» в законе не расшифровывается. Указано лишь, что это стандарт, принятый (даже не разработанный) международной организацией. Необходимо внести ясность и под международным стандартом для строительной отрасли понимать евростандарт — EN.

Важным преимуществом европейской системы стандартизации является то, что евростандарты — это стандарты новые, самые старые из них насчитывают несколько лет. В настоящее время находится в разработке или принято приблизительно 600 стандартов EN на строительную продукцию, а также 1400 сопутствующих стандартов (главным образом на методы испытаний). Для сравнения стандарты ISO в области бетона и железобетона действуют двадцать лет и более, а их тематический перечень существенно уступает EN. Они в основном касаются методов испытаний и не включают стандарты, содержащие технические требования. Стандарты EN включают все аспекты строительства, в том числе на производство работ и контроль качества.

Целью Европейского союза при разработке стандартов было устранение барьеров для перемещения товаров, продукции и услуг между государствами — членами ЕС. Под барьерами подразумевались, в частности, технические инструкции и стандарты европейских стран, содержащие противоречащие друг другу положения. Аналогичную цель ставили, по-видимому, разработчики нашего Закона «О техническом регулировании», правда, с прицелом на ВТО, не особенно учитывая реальную готовность отечественной промышленности конкурировать с западными коллегами.

Разработка всей системы европейских стандартов ведется в рамках специально созданной для этой цели организации — Европейского комитета по стандартизации CEN (Comity European de Normalization). Ее центральный секретариат расположен в Брюсселе. Действительные члены CEN — национальные организации по стандартизации стран Западной и Центральной Европы. В нее входят Австрия, Бельгия, Великобритания, Германия, Греция, Дания, Ирландия, Испания, Исландия, Италия, Люксембург, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Финляндия, Франция, Чешская Республика, Швеция, Швейцария. Европейские стандарты должны приниматься большинством (71% от общего числа) голосов.

В работе CEN участвуют также Албания, Болгария, Хорватия, Египет, Кипр, Эстония, Венгрия, Латвия, Литва, Мальта, Польша, Румыния, Словакия, Словения, Турция, Украина, Югославия, ЮАР. В 2004 г. в CEN в качестве действительных членов войдут Кипр, Латвия, Литва, Польша, Словакия, Турция и Эстония.

Действительные члены могут участвовать во всех мероприятиях CEN и имеют право голоса при принятии европейских стандартов. Остальные члены могут также участвовать в работе CEN, но без права голоса. России ни в действительных, ни в приглашенных членах CEN пока нет.

Разработка стандартов — задача технических комитетов CEN. Например, технический комитет 51 разрабатывает стандарты на цемент и строительную известь,

104 — на бетон, 154 — на заполнители, 250 занимается стандартами для расчета конструкций и т. д. Все перечисленные страны могут участвовать в работе технических комитетов, если ставят своей задачей использование евростандартов. После принятия евростандарта соответствующие национальные стандарты в пределах определенного периода времени должны быть отменены.

Если несколько европейских стандартов касаются одного и того же предмета, например стандарт на продукцию и связанные с ним стандарты на испытания этой продукции, они могут составлять пакет стандартов.

В качестве примера в таблице приводится перечень основных европейских стандартов на железобетонные конструкции, арматуру, бетон и составляющие материалы.

В НИИЖБ некоторые из приведенных стандартов переведены на русский язык, в частности EN 197, EN 206, EN 12620.

В странах — членах ЕС евростандарты являются основой для применения в качестве национальных стандартов. Национальные стандарты полностью должны повторять текст евростандарта со всеми приложениями, но иметь обложку и предисловие национального стандарта. После приложений евростандарта могут идти национальные приложения, содержащие информацию относительно тех положений евростандарта, которые специально оговорены как применяемые с учетом особенностей того или иного государства (климат, география и т. д.). Эти приложения могут существенно дополнять и разъяснять условия применения евростандарта. Таким образом, пользователь национального стандарта, составленного на основе евростандарта, будет вооружен развернутым комментарием по всему спектру требований евростандарта.

Общая концепция требований к строительной продукции, являющейся предметом стандартизации, была изложена в «Директиве Совета ЕС» от 21 декабря 1988 г. (89/106/ЕЕС). Она устанавливает основные требования к строительной продукции, выполнение которых должно обеспечивать:

- механическую прочность и устойчивость;
- безопасность при пожаре;
- безопасность эксплуатации;
- гигиену и санитарию;
- звуко- и теплоизоляцию;
- защиту окружающей среды.

Иными словами, это в основном те же требования, которые должны содержать наши технические регламенты.

Строительный объект должен быть спроектирован таким образом, чтобы нагрузки в стадии строительства и эксплуатации не могли вызывать:

- обрушение всего объекта или его части;
- деформации недопустимой величины;
- разрушение в результате воздействия случайных факторов, непропорционально значительные по сравнению с первопричиной.

Какова текущая практика применения единых стандартов в Европе в настоящее время? Приведем пример применения некоторых евростандартов на бетон и составляющие его материалы в Великобритании. Эта страна, как известно, гордится своим консерватизмом и, будучи членом ЕС, не торопится переходить на единую валюту — евро. Однако приняла систему евростандартов. Основным евростандарт на бетон EN 206-1 принят целиком и имеет индекс BS EN 206-1 (BS — British Standard).

В дополнение к нему издан стандарт BS 8500-1, который так и называется — «Дополняющий» (Complementary BS to BS EN 206-1).

Часть 1. Указания для проектировщика или заказчика по формулированию требований к бетону. Этот стандарт определяет, какие требования к бетону должны быть указаны в проекте или в заказе на бетон и какие могут быть указаны дополнительно.

Часть 2. Требования к составляющим бетон материалам.

Кроме того, от имени научно-производственных ассоциаций — Общества по бетону, ассоциаций производителей цемента, добавок, заполнителей изданы многочисленные пособия, разъясняющие и дополняющие те или иные положения стандарта BS EN 206-1. Эти документы доступны на сайте общества по бетону.

Закон «О техническом регулировании» представляет организациям и прежде всего научно-техническим и отраслевым ассоциациям право нормотворческой деятельности. Любая организация теперь может быть разработчиком технического регламента, национального стандарта или стандарта организации. Это важный позитивный элемент закона, поскольку в профессиональных организациях, научно-технических ассоциациях и обществах концентрируется интеллектуальный потенциал отрасли.

Этим положением закон в определенной мере противоречит сам себе. Если разработчиком технического регламента или национального стандарта может быть любое физическое лицо, то стандарт организации может разрабатывать, естественно, только она сама, то есть лицо юридическое.

Естественно возникает вопрос: уровень какого документа будет выше, разработанного одним лицом или коллективом профессионалов? Утешением может служить лишь то обстоятельство, что технические регламенты и национальные стандарты должны проходить довольно громоздкую и бесплатную процедуру различных экспертиз.

Стандарты организаций наряду с национальными стандартами образуют единый массив документов в области стандартизации (ст. 13.). Именно эта статья постулирует применение международного стандарта как основы разработки национального.

Обязательность или необязательность применения стандарта будет определяться в первую очередь уровнем профессионализма и авторитетом организации, его разработавшей. Здесь все преимущества на стороне профессиональных организаций.

Опыт Европейского союза, где в течение последних 10–15 лет создан огромный массив единых стандартов, в том числе и в строительной отрасли, уникален, и его надо максимально использовать. Плохо только, что наши специалисты не принимают участия в работе технических комитетов CEN. Работа по гармонизации положений отечественных и зарубежных норм и стандартов до начала 90-х годов XX века шла довольно активно. С началом социально-экономических преобразований эта работа, по крайней мере по линии Госстроя, была практически свернута.

В ближайшем будущем, когда в Европе произойдет окончательная замена национальных стандартов на евростандарты, продвижение российской строительной продукции на рынки этих стран будет существенно затруднено из-за отсутствия сертификатов соответствия требованиям этих стандартов.

Значение стандартов огромно. По данным Германского института стандартов (DIN), мировые расходы, исключая США, на проведение стандартизации в 2002 г. составили 4,3 млрд евро, но по оценке того же DIN, вклад от использования стандартов в ВВП только Германии составил 16 млрд евро. Для успеха бизнеса наличие современных стандартов оказывается более важным, чем использование патентов и лицензий.

# Международный союз лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ)

В сентябре 2003 г. в Лиссабоне (Португалия) прошла 57-я Ассамблея Международного союза лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ — по аббревиатуре названия на французском языке), которая приняла решение о проведении 59-й Ассамблеи 2005 г. в Москве. Этим подчеркиваются и большая роль России в развитии строительной науки, и признание успехов, достигнутых строительным комплексом страны за последние годы.

Международное сообщество хорошо помнит роль крупных советских ученых Б.Г. Скрамтаева, С.А. Миროнова, К.Д. Некрасова в становлении этой организации, активную работу Б.А. Крылова и А.В. Лагойды в Комитете по зимнему строительству, Н.А. Мошанского и В.В. Патуроева — в Комитете по полимербетонам, заслуги С.Н. Алексеева и Н.К. Розенталя в развитии методов исследования состояния арматуры в железобетоне, участие Л.А. Малининой, Л.А. Титовой в рабочих группах по новым вяжущим и бетонам.

Российские специалисты подготовили ряд руководящих документов РИЛЕМ по жаростойким бетонам, по зимнему бетонированию, по защите от коррозии; результатами их совместной работы с зарубежными коллегами стали создание единой классификации и терминологии по полимербетонам, а также ряда русско-французско-английских терминологических словарей.

РИЛЕМ — один из старейших международных профессиональных союзов. Он был основан в июне 1947 г. с целью содействия международной кооперации в разработке современных методов исследований строительных материалов. Штаб-квартира РИЛЕМ традиционно находится в Париже.

Главные цели РИЛЕМ:

- поддерживать экологически чистое, безопасное и долговечное строительство, улучшая качество и технологичность;
- стимулировать новые направления исследований и их широкое применение, поддерживая высокое качество и технологичность строительства.

В настоящее время РИЛЕМ активно работает более чем в 70 странах мира. Реализация уставных задач достигается через сотрудничество лидирующих в практике строительства специалистов-экспертов, а также научных, академических, исследовательских, испытательных лабораторий, крупных подрядчиков, инвесторов и официальных организаций.

Технический потенциал РИЛЕМ определяется более чем 1200 экспертами, вовлеченными в его работу. Более 700 членов работают в технических комитетах РИЛЕМ, объединенных по пяти основным направлениям:

- механические характеристики и разрушение материалов, систем и конструкций;
- методы испытаний механических характеристик и поведения;
- надежность и проектирование;
- долговечность и механизмы агрессивных воздействий;
- специальные строительные материалы и компоненты.

Техническими комитетами РИЛЕМ разработано свыше 160 рекомендаций. Многие из них широко применяются в исследованиях, в практике строительства и используются международными организациями по стандартизации. Научно-технические отчеты, подготовленные в технических комитетах, представляют

собой критическую оценку текущих знаний по специфическим предметам исследований. Они часто заполняют пробелы в знаниях, одновременно определяя развитие стратегии и направлений дальнейших исследований.

РИЛЕМ издает журнал «Материалы и конструкции» (M&S), который выходит 10 раз в год на английском и французском языках. В нем публикуются результаты текущих исследований свойств и характеристик строительных материалов и конструкций, стандартизации методов испытаний и применения результатов исследований.

РИЛЕМ состоит из индивидуальных и корпоративных членов, включая ученых и инженеров, исследовательские и испытательные лаборатории и компании.

**Корпоративные члены.**

- Титулярные члены — исследовательские и испытательные организации национального уровня, университеты, международные и национальные организации по стандартизации.
- Индустриальные члены — большие компании и ассоциации, работающие в области строительных материалов и конструкций.
- Ассоциированные члены — небольшие исследовательские, академические и строительные организации или компании.

**Индивидуальные члены.**

- Старшие члены — опытные ученые или инженеры, имеющие признанные позиции экспертов в публичных или частных организациях, связанных с испытаниями или исследованиями строительных материалов и конструкций.
- Аффилированные члены — молодые исследователи или инженеры, пока не имеющие таких признанных позиций.
- Студенческие члены — аспиранты и стажеры в возрасте до 30 лет, продолжающие обучение и подготовку в области строительных материалов и конструкций.

Высшим органом РИЛЕМ является Генеральная ассамблея. В перерыве между заседаниями ассамблеи координацию работы союза осуществляет Бюро.

Технические комитеты РИЛЕМ работают по своим планам под контролем Технического наблюдательного комитета, Бюро и Генерального секретариата. Как правило, срок их функционирования составляет 3–5 лет. Одновременно действует 30–40 технических комитетов.

**Технические комитеты РИЛЕМ по направлениям**  
(по состоянию на 1.01.2004)

**Кластер А. Механическое поведение и разрушение**  
(рук. Я. ван Мир)

187-SOC Раскрытие трещин/Бетон  
HFC Гибридный фибробетон

TRC Бетон, армированный текстильными волокнами  
**Кластер В. Методы испытаний, характеристики материалов и процессов** (рук. Р. Торрент)

185-ATC Испытания в процессе усадки

188-CSC Укладка самоуплотняющегося бетона

189-NEC Защитный слой бетона

195-DTD Рекомендации по методам определения собственных деформаций и термического расширения бетона в раннем возрасте

196-ICC Внутреннее твердение бетонов

**Кластер С. Срок службы и проектирование (рук. У. Шнайдер)**

175-SLM Методология срока службы  
178-TMC Определение и моделирование пенетрации хлоридов  
190-SBJ Срок службы. Стыки  
192-EMC Стройматериалы и системы, чувствительные к окружающей среде  
НТС Бетон при высоких температурах: моделирование и применение  
LTP Поведение материалов и конструкций при эксплуатации  
URM Использование рециклированных материалов в строительстве

**Кластер D. Долговечность и механизм разрушения (рук. К. Скривенер)**

183-MIB Воздействие микробов на строительные материалы  
184-IEF Промышленные полы/химическое воздействие  
191-ARP Щелочная реакция заполнителей  
CUA Бетон: применение добавок  
FLM Моделирование срока службы бетона при воздействии различного вида морозных нагрузок и солей-антиобледенителей  
PAE Поведение материалов на базе цемента в агрессивных водных средах  
195-RLS Ремонтные клеевые составы на цементной основе для дорожных покрытий, обделок или для их усиления  
RWD Применение бетона в сооружениях для захоронения радиоактивных отходов

**Кластер E. Специальные стройматериалы и компоненты (рук. Л. Бинда)**

177-MDT Долговечность кладки и построечный контроль  
182-PEB Эксплуатационные испытания и оценка битумных материалов  
FRP Фиброармированные пластики — сцепление с бетоном при конструктивном усилении и восстановлении  
MCW Моделирование трещинообразования в деревянных конструкциях при различных условиях окружающей среды  
197-NCM Нанотехнологии в строительных материалах  
RHM Ремонтные растворы для исторической кладки  
194-TDP Применение фотокатализа диоксида титана к строительным материалам

**ТС 177-MDT** разрабатывает неразрушающие тонкие методы анализа и контроля качества каменной кладки применительно к новым и старым конструкциям, а также руководство по применению этих методов. Поскольку понятно, что каменная кладка представляет собой композитный материал и при этом существует несколько типов кладки (кирпичная, каменная, из простых и сложных листовых материалов, регулярная и нерегулярная и т. д.), приходится одновременно создавать указания по применимости этих методов, их преимуществах применительно к этим различным типам кладочных конструкций. Работа ведется в четырех подгруппах, рассматривающих вопросы неразрушающих методов, мониторинга конструкций, оценки долговечности и определения незначительных повреждений.

Среди методов, работа над которыми завершается, следует отметить метод оценки энергии сверления, метод испытания кернов, оценку прочности адгезии, испытания усилия отрыва от поверхности и эластичности.

Работа комитета завершается в 2004 г. и подкрепляется контрактом Европейского сообщества на разработку аналогичных документов.

**ТС 182-PEB** занимается разработкой современных битумных материалов и методов оценки их качества. В работе комитета принимают участие специалисты 18 стран. Основные направления их работы — новые битумные связующие, проектирование составов, физико-механические испытания смесей и разработка высококачественных покрытий.

**ТС 183-MIB** изучает проблемы микробиологических повреждений строительных материалов. Специалистами подготовлен тематический словарь на четырех языках, выполнен обзор различных видов микроорганизмов, разрушающих строительные материалы, по их воздействиям, сформулированы основные подходы к оценке повреждений, вызываемых микроорганизмами. Одна из основных задач комитета — разработка базы данных по микробиологическим повреждениям.

**ТС 185-ATC** создан для развития методов испытаний цементных материалов во время схватывания и твердения. В качестве основных выбраны ядерный магнитный резонанс, электрические методы, оценка распространения механических волн, акустическая эмиссия и метод выдерживания (вызревания). Основной задачей является проведение сравнительных исследований в различных группах и институтах для выработки обоснованных рекомендаций.

**ТС 189-NEC** ставит своей целью оценку покрытий неразрушающими методами, в связи с чем планирует проведение сравнительных испытаний силами нескольких исследовательских групп из различных стран. Применяемые методы — пороскопия (по воде), измерение электросопротивления и электромагнитных свойств покрытий, диффузии хлоридов и их миграции, сорбционной способности, воздухопроницаемости, водопоглощения, толщины покрытия, прохождения ультразвука.

**ТС 193-RLS** сфокусировал свою работу на ремонте, усилении и облицовке бетонных плит, прежде всего, промышленных полов, бетонных тротуаров и мостовых конструкций путем применения новых составов на основе цементных композиций. Исследования предполагают изучение усадки, ползучести, релаксации и трещинообразования ремонтных слоев, особенно в раннем возрасте, изучение и моделирование процессов нарушения связей, обобщение практического опыта применения. Конечная цель работы — создание норм проектирования и рекомендаций, устраняющих или снижающих риски при применении цементных покрытий.

**ТС 195-DTD** разрабатывает рекомендации по методам определения аутогенных деформаций и термического расширения бетона в раннем возрасте, а **ТС 196-ICC** приступил к изучению проблем саморегулирования цементных систем в процессе твердения. Работа этих комитетов только начинается и предполагает согласование программы исследований и проведения широкого круга сравнительных испытаний.

Вновь созданные комитеты — **LTP, MCW, NCM** охватывают широкий круг вопросов, решение которых позволит в значительной степени расширить области применения различных строительных материалов. Это использование нанотехнологий, моделирование процессов иницирования и развития трещин в деревянных конструкциях при различных воздействиях окружающей среды, качественный жизненный цикл материалов и конструкций.

Национальная группа РИЛЕМ и секции РНТО строителей ведут подготовку к проведению Ассамблеи РИЛЕМ в 2005 г. Дополнительную информацию можно получить по электронной почте [falikman@niizhb.ru](mailto:falikman@niizhb.ru), [vpt@niizhb.ru](mailto:vpt@niizhb.ru) или по телефонам (095)174-77-21, (095)174-75-97. Факсы: (095)171-03-84, (095)170-52-42.

*В.Р. Фаликман, национальный делегат РИЛЕМ, председатель секции «Строительное материаловедение и технологии» РНТО строителей*

А.В. НОЧНЫЙ, д-р техн. наук, президент, А.Г. БУБЛИЕВСКИЙ, д-р техн. наук, вице-президент НП «Союз производителей бетона» (Москва)

## Рынок товарного бетона и задачи Союза производителей бетона

В настоящее время наблюдается тенденция к ухудшению качества товарного бетона, поставляемого на стройки Москвы. Специалисты считают, что немаловажную роль в этом играют новые рыночные отношения между производителями и потребителями бетона.

Современный рынок разделен на корпоративный и свободный. Корпоративный рынок во многом сохранил вертикаль управления и распределительную систему внутри строительных корпораций, имеющих свои бетонные заводы и работающих в основном на внутренний заказ. На этом рынке можно поддерживать директивное влияние на качество продукции.

Большую обеспокоенность вызывает свободный рынок бетона, где отношения строятся на жесткой конкуренции, но, к сожалению, не по критериям качества, а по цене.

Мы видим две причины этой проблемы.

Первая — в порочной системе проведения тендеров на строительство объектов. Их выигрывает чаще всего участник, предложивший наименьшую цену. Поэтому многие строительные фирмы, желая получить контракты, идут на откровенный демпинг, из-за чего страдает качество строительства.

Вторая причина — недобросовестная конкуренция. В последнее время все чаще наблюдаются ситуации, когда отдельные строительные компании, получив товарные кредиты у одного производителя бетона, длительное время не погашают перед ним свой долг и уходят к другому поставщику. Такие взаимоотношения не только противоречат элементарным принципам деловой этики, но и приводят к тому, что производители бетона несут значительные финансовые потери из-за отсутствия оборотных средств. Их недостаток ведет к сбоям в производстве, покупке некачественного, более дешевого сырья и выпуску соответствующего продукта.

Федеральный закон № 128 «Лицензирование отдельных видов деятельности» от 8 августа 2001 г. отменил лицензирование производства строительных материалов. Таким образом, любой предприниматель, даже не обладающий необходимыми

ми профессиональными знаниями, может поставить БСУ и начать выпускать продукт, похожий на бетон.

**Союз производителей бетона** — общественная организация в форме некоммерческого партнерства (НП), призванная защищать интересы производителей товарного бетона высокого качества.

Главной целью союза производителей бетона является борьба за качество продукции с целью вытеснения с рынка производителей, не оснащенных современным оборудованием и не владеющих системами обеспечения качества производства бетона. В настоящее время разрабатывается свод правил, который будет включать новые требования к производителям и технологическому процессу производства с учетом евростандартов.

Союз производителей бетона поставил вопрос о своего рода лицензировании производства товарного бетона — создании реестра предприятий, отвечающих требованиям и критериям, разработанным экспертами союза и ведущими специалистами НИИ отрасли.

Целями ведения негосударственного реестра предприятий — производителей бетона, технологические и профессиональные ресурсы которых свидетельствуют об их возможности производить высококачественную продукцию, являются:

- активизация предпринимательской деятельности на стабильной и взаимовыгодной основе путем предоставления строительным организациям Москвы необходимой информации о поставщиках бетона;
- предупреждение появления на строительном рынке Москвы низкосортного товарного бетона по демпинговым ценам;
- содействие повышению качества бетонных смесей, совершенствование технологии и рецептур, обеспечение гарантированных условий поставки продукции;
- содействие строительным организациям в выборе поставщиков продукции гарантированного качества, обеспечение условий защиты прав потребителей в соответствии с действующим законодательством.

Основные принципы ведения реестра:

- унификация требований к содержанию ведения реестра, в том числе экспертизы профессионально-технологического потенциала заявителей по утвержденной методике оценки надежности производства, в первую очередь технологической обеспеченности качества производства бетона;
- регистрация предприятий по единому методологическому и профессионально-технологическому требованиям;
- добровольная инициатива предприятий — производителей бетона (юридических лиц любого вида собственности) в регистрации в реестре на основании заявления.

Ведение реестра предполагает обязательное проведение контрольных выборок образцов продукции участника реестра с объектов строительства и не ограничивается получением и анализом данных о сертификации продукции.

Реестр будет содержать в электронной и документальной форме:

- информацию о предприятии — производителе бетона, предоставляемую им на добровольной основе;
- списки предприятий, включенных в реестр и получивших свидетельство установленного образца о регистрации.

Союз производителей бетона будет периодически публиковать реестр в открытой печати, на своем интернет-сайте, выпустит его отдельным изданием для распространения в органах исполнительной власти, а также среди заказчиков, инвесторов, специалистов заинтересованных организаций.

Союз будет оказывать содействие предприятиям — участникам реестра в проведении тендеров и заключении договоров на поставку продукции.

Следующим этапом является работа с потребителями бетона по замене критерия оценки только по цене на критерий цена/качество.

Планируется систематически публиковать рейтинг производителей бетона, представленных на мос-

ковском рынке, и формировать позитивное общественное мнение о производителях бетона, входящих в союз. Потребитель должен понимать: отсутствие производителя бетона в рейтинге во многих случаях означает неустойчивость его деятельности или наличие серьезных проблем. Демпинг и качество бетона — вещи несовместимые.

У любого производителя есть те или иные проблемы. И проводимый комплексный анализ надежности все эти недостатки позволяет выявить. Смысл рейтингового отчета — в оценке влияния существующих недостатков на деятельность компании. Высокий рейтинг надежности означает, что эта степень влияния является невысокой.

Уверенность в качестве своей продукции производителю может дать технологическая обеспеченность производства, наличие в составе оборудования специализированных установок для стабилизации зернового состава заполнителей и грамотно построенная система управления качеством, которая начинается с руководства высшего звена.

Современный менеджмент качества исходит из того, что деятельность по управлению качеством не может быть эффективной после того, как продукция произведена. Эта деятельность должна осуществляться в ходе производства продукции. В настоящее время службы управления качеством направляют свои усилия и ресурсы на выявление проблем и исправление ошибок. В результате сформировалась система управления по отклонениям. Эта система реагирует на ошибки и недооценивает роль профилактических мероприятий, а также роль подразделений, не связанных с процессом производства. Отсюда можно сделать вывод, что обеспечение качества зависит от системы управления, регулирующей производственно-хозяйственную деятельность бетонного завода.

Необходимо помнить о том, что качество создается на рабочем месте исполнителя. Оно обеспечивается любым видом производственной деятельности — снабжением подготовки производства, изготовлением, контролем, сбытом и т. д. Поэтому следует рассматривать каж-

дый производственный передел как процесс, имеющий на каждом этапе своих поставщиков (вход) и своих потребителей (выход).

Следующей не менее важной задачей является создание системы подготовки кадров на рабочих местах, административного и инженерно-технического персонала. Необходимо внедрить программу переподготовки персонала для БСУ, администрации и инженерно-технического персонала.

Союз производителей бетона подготовил предложение предприятиям об обучении персонала различным профессиям. Постоянный рост квалификации во всех сферах производственной деятельности и на всех уровнях управления выгоден как для организации, так и для персонала. Руководителям предприятий нужно шире использовать систему обучения, основанную на индивидуальном подходе, и обеспечить условия и мотивацию, которые сделают обучение выгодным для персонала.

Работа, проводимая СПБ по реализации своих программ, позволит оградить стройки Москвы от некачественной продукции.

## XI международная конференция Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов

7–9 сентября 2004 г.

Санкт-Петербург

### Организаторы

Гострой России, Госгортехнадзор России, РНТО строителей, Академия горных наук, Горный совет Северо-Западного федерального округа, НП «Горнопромышленники России», ФГУП «ВНИПИИстромсырье» и научно-производственная корпорация «Механобр-техника».

### Основные темы конференции

- Минеральные и альтернативные сырьевые ресурсы
- Охрана природной среды
- Технология горных работ
- Технология переработки различных видов сырья
- Новое оборудование и приборы
- Экономика и инвестиции
- Требования потребителей к продукции горных предприятий

### Приглашаем принять участие в работе конференции

#### РНТО строителей

Тел.: (095) 917 70 38, факс: (095) 917 29 26

#### ФГУП «ВНИПИИстромсырье»

Тел.: (095) 917 42 15, факс: (095) 916 37 33

#### НПК «Механобр-техника»

Тел.: (812) 331 02 48, факс: (812) 325 62 02

E-mail: [gornyi@peterlink.ru](mailto:gornyi@peterlink.ru)

## Производство кубовидного щебня и строительного песка с использованием вибрационных дробилок

В.А. Арсентьев, Л.А. Вайсберг,  
Л.П. Зарогатский, А.Д. Шуляков  
СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. 2004. 112 с.

Проанализированы существующие технологические схемы и дробилки для производства строительного щебня и песка. Рассмотрены конструктивные и эксплуатационные особенности различных видов дробилок. Показано, что созданные в НПК «Механобр-техника» принципиально новые вибрационные щековые и конусные дробилки позволяют получать строительный и дорожный щебень I категории с кубовидностью до 95% при снижении капитальных и эксплуатационных затрат на 30%. Производимый этими дробилками щебень увеличивает срок службы дорог в 3 раза и на 30% повышает прочность бетона.



Заявки на бесплатное получение книги направляйте в ОАО «Механобр-техника»

Россия, 199106 Санкт-Петербург,  
В.О. 22 линия, д. 3

Телефон: (812) 321-37-32, 331-02-57

Факс: (812) 327-75-15, 325-62-02

E-mail: [gornyi@peterlink.ru](mailto:gornyi@peterlink.ru)

международный  
строительный  
форум  
ИНТЕРСТРОЙЭКСПО 2004

# 10 лет

Десятый международный строительный форум «Интерстройэкспо» состоялся 20–24 апреля 2004 г. в выставочном комплексе «Ленэкспо» в Санкт-Петербурге.

Выставка «Интерстройэкспо» была образована в 1997 г. в результате объединения двух выставок «Интерстрой» и «Стройэкспо», которые проводились в Санкт-Петербурге с 1994 г. Развитие строительства и промышленности строительных материалов отразилось в развитии выставки. В 1999 г. в рамках «Интерстройэкспо» были выделены самостоятельные выставки «Окна. Двери. Кровля», «Строительные и отделочные материалы», «Тепловент».

В 2001 г. выставка переросла в международный строительный форум «Интерстройэкспо», объединив экспозиционную часть и конгресс по строительству ИВС. Тогда же стала проводиться выставка «Российская стройиндустрия».

Большое внимание, уделяемое в настоящее время ЖКХ, нашло свое отражение в работе форума, и с 2003 г. в рамках форума организована выставка «Российская промышленность для ЖКХ».

За минувшие годы мероприятие стало одной из основных информационных структур не только в Севе-

ро-Западном регионе, но и в России. Лучшее подтверждение этому – участие в нем специалистов из различных регионов России, стран СНГ, ближнего и дальнего зарубежья.

Выставочная площадь форума составила в 2004 г. около 17 тыс. м<sup>2</sup>. На ней свои экспозиции расположили более 750 участников из 29 стран. По числу представленных фирм лидирующие позиции занимают Финляндия (29), Республика Беларусь (25), Германия (17).

Анкетирование посетителей показало, что их общее количество составляет около 75 тыс., из них специалистов строительного комплекса – около 79%.

Одним из центральных мероприятий международного строительного форума «Интерстройэкспо-2004» стал IV конгресс по строительству ИВС. Тематика конгресса была посвящена в основном жилищно-коммунальному хозяйству. В работе конгресса приняли участие губернатор Санкт-Петербурга В.И. Матвиенко, президент торгово-промышленной палаты России Е.М. Примаков, руководитель Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству России В.А. Аверченко, руководители территориальных администраций, ведущие специалисты отрасли и др.

В выступлениях были затронуты основные вопросы реформирования и развития ЖКХ. Естественным продолжением темы, поднятой в работе конгресса ИВС, стала выставка «Российская промышленность для ЖКХ». Тематика выставки включала разделы: строительные материалы и технологии ЖКХ; электро-, газо-, водо- и тепло-эффективные технологии; инженерные коммуникации; программное обеспечение ЖКХ; приборы, системы учета и контроля и др. Свои материалы представили в основном российские фирмы, производящие трубы различного на-

значения, котлы, гидроизоляционные материалы и др.

Оригинальную систему подвижных дверей предложил завод **столярных конструкций «ИНКОН» (Санкт-Петербург)**. Такая конструкция предназначена для остекления балконов, устройства зимних садов и др. и имеет эффектный внешний вид. Переплет дверей изготавливается из клееной древесины собственного производства, для остекления используются стеклопакеты.

В последние годы в экспозиции «Интерстройэкспо» наблюдается активизация белорусских строителей и производителей строительных материалов, которые активно предлагают изделия из металла, ячеистого бетона, сухие строительные смеси и др. Свою продукцию представило ПРУП «Кричевцементно-шифер» (Могилевская обл., Республика Беларусь). Предприятие уже более 70 лет выпускает цемент марок М500, М400, шифер, в том числе окрашенный полимерными красками, и др.

Более активные позиции стали занимать российские производители строительных материалов из Северо-Западного региона. Молодое предприятие **«Полилайн» (Великий Новгород)** в 2001 г. запустило производство нетканых материалов. Ассортимент продукции включает иглопробивные (основа для линолеумов, геотекстилы) и объемные (синтепон, синтепух и др.) материалы. Ширина нетканого полотна 3,6 м. Геотекстилы выпускаются средней плотностью 200–600 г/м<sup>2</sup>. Разрывная нагрузка вдоль полотна варьируется от 20 до 650 Н при испытаниях полоски шириной 50 мм и длиной 200 мм. Удлинение при разрыве вдоль полотна составляет 120% для материалов плотностью 200–350 г/м<sup>2</sup>, 110% для материала плотностью 400 г/м<sup>2</sup>, 100% для материалов плотностью 450–550 г/м<sup>2</sup> и 90% для материала плотностью



Участников международного конгресса по строительству ИВС приветствовала губернатор Санкт-Петербурга В.И. Матвиенко



Смеситель для производства неавтоклавного пенобетона компании «АДС Совби»

600 г/м<sup>2</sup>. Применение геотекстилей фирмы «Полилайн», традиционное для материалов этой группы, — фильтрующие, армирующие, дренажные, разделительные функции в дорожном, гидротехническом, жилищном и др. видах строительства.

Раздел теплоизоляционных материалов был представлен практически всеми основными торговыми марками (URSA, Пеноплэкс, ROCKWOOL, Styrodur и др.). Свойства этих материалов хорошо известны потребителям, они широко применяются в различных отраслях строительства. Производители других видов материалов стараются составить им достойную конкуренцию и осваивают выпуск продукции с более высокими характеристиками. Компания «Полимер-Пак СПб» представила на стенде свою новую марку пенополистирола ПСБС-50Д (дорожная). По сведениям, полученным у производителя, материал имеет среднюю плотность 40–55 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии при 10%-ной деформации не менее 0,5 МПа, прочность при изгибе не менее



Балконная дверь завода столярных конструкций «ИНКОН»

0,7 МПа; теплопроводность в сухом состоянии при 20°C составляет 0,03 Вт/(м·К), группа горючести Г1, водопоглощение за 24 ч — 0,3 об. %. По мнению представителей фирмы, материал может быть использован в дорожном строительстве в качестве изоляции на пучинистых грунтах.

Развитие производства строительных материалов в северных регионах России также нашло свое отражение в экспозиции «Интерстройэкспо-2004». В 2003 г. в г. *Когалым Тюменской обл. запущен завод «Оргкровля»* по производству кровельных рулонных материалов на битумной основе. На стенде было представлено три вида продукции: битумный гидроизоляционный наплавляемый материал «Стеклоизол», СБС-модифицированные кровельные и гидроизоляционные материалы «Рубитекс» и «Юграпласт». Материалы выпускаются на стеклотканевой, стеклохолстовой или полиэстеровой основах. Масса 1 м<sup>2</sup> материала «Юграпласт» — 3,5–6 кг, гибкость на брусе —25°C, теплостойкость +100°C.

Одним из наиболее динамично развивающихся направлений строительства и производства строительных материалов является ячеистый бетон. Интерес к этому материалу обусловлен его физико-механическими свойствами. Компания «АДС Совби» (Санкт-Петербург) более пяти лет занимается строительством зданий с использованием неавтоклавного пенобетона. Анализ работы пенобетонных установок различных фирм позволил создать собственное оборудование для производства этого материала плотностью от 200 до 1200 кг/м<sup>3</sup>. Установка позволяет производить пенобетон при температуре —15°C и подавать его на высоту 60 м.

Стремительное развитие производств сэндвич-панелей в последние годы стало отличительной чертой Северо-Запада. Еще одно предприятие начало работу осенью 2003 г. в



Стенд из собственных панелей — лучший способ представления качества продукции завода «ARMAX»

Санкт Петербурге. Завод строительных биоконструкций «ARMAX» (также название предприятия) отличается высокой производительностью: при односменной работе завод может выпускать до 1 млн м<sup>2</sup> сэндвич-панелей в год. Оборудование австралийской фирмы Hillend полностью автоматизировано. Для производства изделий используются минераловатные изделия фирмы Paroc и металл концерна Rautaruukki. Длина панелей может достигать 15 м. Для соединения панелей между собой предусмотрено три вида замков: Z-look — традиционный, Sekret-fix — содержит скрытое крепление внутри, Roof-lock — сложный кровельный замок. Специалисты завода строительных биоконструкций «ARMAX» считают, что качество их панелей должно завоевать покупателей не только Северо-Западного региона, но и всей России.

Программа выставки включала также ряд мероприятий, посвященных различным областям строительства, в том числе круглый стол по проблемам промышленного деревянного строительства, затрагивавший очень важный раздел производства и применения конструкций из древесины, в том числе клееной.

Обширная деловая программа стала естественным продолжением экспозиции. За прошедшие десять лет международный строительный форум «Интерстройэкспо» приобрел высокий авторитет, стал центром плодотворной работы широкого круга руководителей, специалистов, ученых отрасли.

*Редакция отраслевого научно-практического журнала «Строительные материалы»® поздравляет оргкомитет международного строительного форума «Интерстройэкспо» — ЗАО «Балтэкспо» — с юбилеем и желает успешного продолжения организации мероприятия на столь же высоком профессиональном уровне.*

## Новое поколение защиты бетона на основе лития

Бетонные полы широко применяются на различных объектах — в торговых центрах, производственных цехах, на станциях техобслуживания, причалах, парковках и др. Бетон в таких конструкциях подвергается значительным химическим, механическим и атмосферным воздействиям. Полы без специальной обработки под воздействием нагрузок разрушаются достаточно быстро.

Для предотвращения преждевременного разрушения бетона могут использоваться специальные вещества — пропитки, позволяющие упрочнить его поверхность, сократить истираемость, уменьшить пыление и др. Пропитка для бетона Pentra разработана американскими учеными и в настоящее время производится по лицензии компанией Convergent Group S.A. (Бельгия). В результате нанесения пропитки внутри бетона образуется поверхностный слой (3–6 мм) с улучшенными свойствами:

- повышается твердость до 7–8 баллов по Моосу (на 40 %);
- увеличивается устойчивость к истиранию и исключается пыление поверхности;
- повышается водонепроницаемость;
- повышается прочность при изгибе;
- повышается устойчивость к загрязнению;
- уменьшается проникновение хлоридов на 90%.

В своем составе пропитка содержит литиевый компонент, который предотвращает разрушительные реакции оснований с силикатами в бетоне. Пропитка проникает внутрь бетона, где реагирует с гидроксидом кальция и образует более прочные и устойчивые соединения, нерасстворимые в воде, стойкие к химическому воздействию.

Pentra представляет собой жидкость и применяется на новый бетон (после затирания) или практически на любой стадии эксплуатации набравшего прочность бетона. При нанесении состава в период набора прочности материал обеспечивает дополнительную защиту бетона от испарения влаги, что предотвращает образование трещин на поверхности.

Нанесение состава производится обычным способом — кистью, валиком, распылением. Достаточно 1 л готового состава для обработки 10–15 м<sup>2</sup> бетонной поверхности.

Pentra не содержит вредных и ядовитых соединений, канцерогенных веществ, поэтому в странах Америки и Западной Европы разрешена к применению на различных промышленных и общественных объектах, в том числе и на объектах пищевой промышленности (склады

компании Pepsi Cola (США), торговые залы магазинов Икеа (Нидерланды). В России материал в настоящее время проходит испытания для получения гигиенического сертификата.

После нанесения состава поверхность готова к эксплуатации уже через 1–2 ч. Обработанная поверхность имеет характерный атласный блеск, который со временем усиливается. Полностью водоотталкивающие свойства и прочность проявляются через 7 сут после обработки. Состав Pentra наносится на поверхность однократно.

Сейчас для российского строительства поставляется несколько видов материалов:

- Pentra-Sil — для бетонов, эксплуатирующихся в промышленных помещениях;
- Pentra-244+ — для бетонов, подвергающихся воздействию солей (автомобильные стоянки, причалы, мосты и др.);
- Pentra-Hard — для бетонов, подвергающихся внешнему воздействию;
- Pentra-Protect — содержит добавку для защиты от воздействия автомобильных и других видов масел;
- Pentra-Color — для внутренних помещений, позволяет дополнить защитную функцию возможностью художественного оформления; для бетона и асфальта выпускается зеленого, голубого, коричневого, красного и серого цветов.

По материалам компании «Пентра»



# Pentra

[www.pentra.ru](http://www.pentra.ru)

Эффективен на свежесделанном и старом бетоне

Широко применяется в странах Западной Европы и Америки

**Долговечная и экономичная защита бетонных поверхностей на основе лития**

- упрочняет поверхность бетона
- увеличивает износостойкость
- уменьшает водопоглощение
- противостоит загрязнению поверхности

Любую информацию о защитных составах **PENTRA** можно получить по:

телефон/факсу: (095) 705-88-88, e-mail: [info@pentra.ru](mailto:info@pentra.ru)

С.В. КОВАЛЬ, канд. техн. наук, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (Украина)

## Бетоны, модифицированные добавками: моделирование и оптимизация

Материалы международных симпозиумов последнего десятилетия показывают, что магистральным направлением в технологии бетона является использование полифункциональных добавок — модификаторов. Теоретические знания в области модифицированного бетона формируются благодаря исследованиям в области твердения и гидратации цемента, физико-химической механики и других направлений строительного материаловедения и отражают специфику механизмов структурообразования и деструкции бетона в присутствии добавок. Однако, несмотря на успехи в создании теоретической базы и накопленный практический опыт, проблема рационального модифицирования бетона является актуальной для строительного материаловедения и технологии. К причинам ее усложнения относятся:

- множественность критериев оценки модифицированных бетонов, что приводит к необходимости принятия компромиссных инженерных решений;
- многокомпонентность рецептуры добавок, что ведет к необходимости учета как индивидуального, так и совместного влияния компонентов;
- комплексный характер процессов модификации, что затрудняет анализ воздействий добавок исходя из теоретических положений и т. д.

При этом многие важные физико-химические аспекты воздействия добавок до настоящего времени неизвестны, а существующий уровень исследований не позволяет выразить их эффект в строгой аналитической форме для количественного прогнозирования тех или иных характеристик цементных систем. Следовательно, получение оптимальных результатов, наиболее соответствующих реальным технологическим задачам модификации, требует количественного анализа взаимосвязи между характеристиками добавок (вид, состав, концентрация и т. д.) и функциональными свойствами бетона.

Из общего множества феноменологических моделей строительного материаловедения с позиций решения конкретных инженерных задач эффективны экспериментально-статистические модели (ЭС-модели), количественно связывающие параметры состава и технологии с показателями свойств материалов [1, 2]. Имеется значительный опыт ЭС-моделирования и статистической оптимизации технологии бетона, однако этот опыт при управлении свойствами бетона с помощью добавок не систематизирован, а использование традиционного подхода к моделированию не позволяет обеспечить получения такого уровня информации, который бы способствовал углублению как технологического, так и материаловедческого знания о путях модификации бетона.

Схема на рис. 1 показывает место и роль ЭС-моделей в задачах компьютерного поиска и анализа модификаторов. Получение содержательных результатов о влиянии добавок определяется соответствующей технологией применения ЭСМ [3], которая обеспечивает согласованность различных этапов — от выработки содержательных физико-химических гипотез и их математической формализации до выявления эффективной инженерной информации, а в ряде случаев и нового материаловедческого знания. Эффективность исследования определяет блок прогнозируемости системы, который формируется по принципу полноты и достоверности априорной информации о свойствах бетона с добавками; он используется для выбора критериев оценки и отбора наиболее значимых факторов, определения центра эксперимента и границ факторного пространства, для предвидения характера поверхностей отклика и возможных эффектов межкомпонентных взаимодействий в системах комплексных добавок. Одним из важных элементов этого блока является классификация добавок по степени их изученности и освоения [3]. Ряд добавок настолько хорошо изучен тра-

диционными методами, что получение в дополнительных исследованиях принципиально новой научной информации или еще лучшей привязки их к конкретной технологии практически не зависит от методологической основы дополнительных исследований.

В ходе компьютерного анализа по ЭСМ определяются области исследуемого многофакторного пространства, в которых та или иная добавка обеспечивает заданные показатели качества, наиболее эффективна по одному или группе критериев, а также по относительным показателям — приростам свойств по отношению к переменному эталону (моделируемому бездобавочному бетону, бетону с эталонной добавкой) [5–9]. Совместимость добавок учитывается в ЭСМ коэффициентами взаимодействий высоких порядков, а также специальными блоками структурированных моделей типа смесь — технология — свойства, отражающими влияние дисперсности и состава минеральных компонентов, их взаимодействия с добавками иных типов [2, 5].

В блок методического обеспечения компьютерного поиска добавок входят типовые методики решения более 20 инженерных задач по ЭСМ [1], в том числе анализ добавок при различных сочетаниях рецептурно-технологических факторов (РТ-факторов), расчет оптимальных переменных дозировок, выделение моделей эталонного бетона и моделей прироста свойств, изопараметрический анализ этих свойств, оценка возможной экономии ресурсов, а также многокритериальный выбор технологических решений. Важными элементами оценки интенсивности модифицирующих воздействий являются обобщающие показатели полей свойств — перепады, градиенты, экстремальные точки полей свойств [2], которые используются для сопоставления результатов как внутри отдельных экспериментов, так и групп добавок между собой.



Схема использования ЭС-моделей в задачах анализа добавок

Теоретические и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что инженерные решения, направленные на увеличение средних оценок свойств материалов, могут отличаться от решений, направленных на увеличение параметров  $R_{\alpha}$ , определяющих обеспеченность (надежность) этих свойств, причем тем больше, чем значительнее закон распределения  $f(R)$  отличается от нормального. Повышение надежности бетона (обеспеченности свойств, долговечности, снижения риска отказа) основывается на информации о влиянии добавок не только на средние оценки свойств, но и на характеристики распределения этих свойств. Так как информация о законах распределения в большинстве случаев отсутствует, для принятия решений используются вероятностные показатели, определяемые по результатам многократно повторяемых физических экспериментов или с использованием методов компьютерной статистики при генерировании оценок свойств [2, 4].

Предложенный подход, реализующий общее знание процессов структурообразования и модифицирования бетона и экспериментально-статистическое моделирование воздействий добавок, реализован в основных задачах модификации (управление свойствами смесей, обеспечение технических показателей, повышение однородности бетона в конструкциях и долговечности в условиях агрессивных сред, ресурсосбережение). Ниже рассматривается ряд новых методических приемов и установленных закономерностей влияния добавок.

При рациональном совмещении суперпластификаторов (СП) с модификаторами других классов (анализировались модели со сменяемыми относительно С-3 химическими добавками) возможен синергетический эффект; для системы СП + электролит установлено понижение в 1,5 раза эффективной вязкости смеси  $\eta$  по сравнению с расчетной (аддитивной) от суммарного воздействия каждой из этих добавок. Равнопластичные (по расплыву конуса) модифицированные смеси имеют широкий набор упруговязких характеристик. Предельное напряжение сдвига возрастает в 15 раз, а модуль упругости – вдвое при введении микрокремнезема (МК), но уменьшается в 2–3 раза при его совмещении с СП, который, в свою очередь, весьма эффективно регулирует модуль эластичности смесей.

Совместное влияние СП и ультрадисперсной добавки МК учитывает специальный план в виде усеченного квадрата, исключаяющий из анализа нетехнологичные смеси при повышении концентраций этих добавок без изменения В/Ц [4]. По результатам моделирования вероятностных показателей, полученных на основе оценок вязкости и пластической прочности многократно воспроизводимых идентичных по составу смесей, показано, что модификаторы изменяют не только средние оценки реологических свойств, но и форму распределения этих свойств. Повышение концентраций СП сопровождается ухудшением коэффициента вариации  $\eta$  при трансформации кривых  $r(\eta)$  в асимметричные. Однако при оптимальном совмещении с МК ва-

риация снижается до 4%, отклонения опасных хвостовых значений  $\eta_{\alpha}$  (риск  $\alpha = 0,05$ ) уменьшаются, кривая стремится к нормальной. Вероятностные показатели  $P_{m\alpha}$  более чувствительны к структурным изменениям, чем средние  $P_m$ ; они указали на непрерывное изменение однородности системы в процессе структурообразования. Так как влияние добавок на средние и вероятностные показатели различно, области рецептурных решений при разработке композиций с повышенной обеспеченностью реологических свойств, в частности торкретрастворов для ремонта градилен [5], значительно сокращаются.

Ускорение твердения обеспечивает добавка ПАВ в сочетании с техногенными продуктами – солями тиосульфата и роданида натрия за счет активизации ранних стадий твердения цемента [6]. Введение комплексной добавки оптимального состава на стадии помола цемента позволяет интенсифицировать химические реакции. Особенностью исследования является анализ по одной модели широкой гаммы цемента – от бездобавочных до шлакопортландцемента. Для них определены условия улучшения фракционного состава, минимизации времени структурообразования, параметры тепловыделения, максимизации прочности и т. д. Оптимизированные цементы с 10–30% шлака по прочности в ранние сроки сравнимы со стандартным цементом без минеральных добавок [6]. Эффект модификации выражается и в компенсации потери прочности при замене части клинкера шлаком. При моделировании технологических ситуаций установлено, что прочность бетонов с 0,5% добавки, введенной при помоле, на 20% выше, чем для бетонов с аналогичной добавкой, введенной с водой затворения смеси, или при постоянной прочности может быть уменьшена в 1,3–1,5 раза ее концентрация, что подтверждает эффективность механохимической активации.

Значительные изменения в структуре и свойствах бетона достигаются при совмещении СП и микрокремнезема, положительное действие которых связано с высокой дисперсностью S и содержанием реакционноспособного  $SiO_2$ . Для количественной оценки влияния S и  $SiO_2$  по плану смесь – технология – свойства варьировались доли четырех МК в смеси микрокремнеземов ( $v_1-v_4$ ) и два независимых фактора – общее содержание МК и концентрация С-3 [5]. Смесь четырех микрокремнеземов образует смесевую систему с линейно связанными элементами (их доли связаны равенством  $v_1 + v_2 + v_3 + v_4 = 1$ ). Анализ диа-

грамм тетраэдры на квадрате позволил определить пределы изменения свойств бетонов при изменении характеристик МК и выявил синергетически активные бинарные и тройные смеси. Траектория изменения координат  $R_{\max}$  указала на определяющую роль дисперсности микрокремнезема в начальный период твердения, в дальнейшем резко возрастает роль  $SiO_2$  [5]. Для оценки возможности усиления совместного действия МК и СП смоделирован ряд ситуаций, связанных с изменением факторов рецептуры и технологии бетона. При изменении параметров тепловлажностной обработки условия синергизма (превышение фактического эффекта над аддитивным) достигаются при нефорсированных и мягких режимах ТВО, что обеспечивает наиболее высокую прочность бетона при дальнейшем его твердении [7].

Экспериментальная информация о распределении свойств бетона по высоте столбчатых элементов позволила оценить влияние пластифицирующе-стабилизирующих добавок на три группы обобщающих показателей пространственного поля, основанных на анализе поля как случайного множества, на анализе эпюры свойств по высоте столба, на разделении систематической и случайной составляющих поля [8, 9]. Разделение критериев по этому признаку целесообразно при разработке новых способов повышения однородности бетона в конструкциях, в первую очередь при оптимизации составов антисептицирующих добавок. Комплексы ЭС-моделей показателей однородности полей позволили выявить новые стороны влияния суперпластификатора и эфира целлюлозы при изменении состава бетона, способа бетонирования, количества и вида заполнителя и т. д. [8, 9]. Для рациональной гранулометрии заполнителя в керамзитобетоне оптимизация состава комплексной добавки позволила уменьшить систематическую составляющую с 13 до 1%, а случайную — с 10–23 до 1% и получить практически равномерное линейное поле свойств бетона [8]. Рациональное соотношение ингредиентов при выборе добавки зависит от инженерного обоснования уменьшения случайной и/или систематической составляющих линейного поля свойств в конкретном изделии или его элементе.

Анализ стойкости бетона проведен по многофакторным моделям со сменяемыми жидкими агрессивными средами [4, 10], в которые включены как сами среды, так и рецептура бетона, подверженного их воз-

действию (при многократном увлажнении и высушивании). Вид и концентрация моделируемых растворов охватывают возможный химический состав более 20 природных и производственных сред. По ЭСМ выявлены составы бетона повышенной стойкости при контактировании с морской водой, стоками черной и цветной металлургии, жидкостями сельскохозяйственных зданий и др. [4]. Индивидуальное воздействие компонентов среды (сульфат-ионов, хлорид-ионов и др.) в ряде случаев может быть более опасным, чем совместное влияние.

Под влиянием среды происходит увеличение разброса оценок свойств, что может свидетельствовать о повышении расшатываемости структуры. Оптимальные полифункциональные добавки влияют положительно не только на коэффициент вариации, но и улучшают распределение прочности в сторону уменьшения опасных хвостовых значений, нивелируя негативное воздействие среды. Статистическая обобщающая характеристика — «относительная граница»  $\gamma_{95}\{W\} = W_{95}/W$ , использована для оценки однородности структуры в силу существенного отклонения распределения  $W$  от нормального [10]. Резкий рост  $\gamma_{95}$  (от 3 до 9 раз) в ходе циклических испытаний говорит об увеличении длины опасных положительных хвостов распределений  $W$  и, следовательно, о расшатывании структуры и повышении вероятности возникновения локальных отказов материалов в конструкции. При оптимальном управлении составом комплексного модификатора С-3+СНВ относительная граница уменьшается, что обеспечило получение цементно-песчаной матрицы сталефибробетона с гарантированным уровнем эксплуатационного качества [10].

Для оптимизации составов модифицированных бетонов специального назначения проводятся специальные опыты для получения ЭСМ, так как экспериментальные затраты на реализацию планов оправданы необходимостью обеспечения повышенной надежности принимаемых решений. В случае оптимизации бетонов общестроительного назначения используются информационные возможности накопленных ЭСМ с целью создания экспертных систем, позволяющих учитывать конкретные технико-экономические условия изготовления бетона [11].

#### Список литературы

1. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Коваль С.В. и др. Современные методы оптимизации композиционных материалов. Киев: Будивельник. 1983. 144 с.

2. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Иванов Я.П., Николов И.И. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов. Киев: Будивельник. 1989. 240 с.
3. Коваль С.В. Повышение эффективности использования добавок в технологии бетона на основе моделирования и компьютерного поиска оптимальных рецептур // Строительные материалы и изделия. 2003. № 6. С. 26–28.
4. Вознесенский В.А., Коваль С.В., Ляшенко Т.В., Феофанов В.А. Экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация вероятностных показателей качества строительных композитов. Киев: Знание, 1991. 24 с.
5. Kowal S. Zur Auswahl optimaler Rezepturen bei der Steuerung rheologischer Eigenschaften von Morteln / 13 Int. Baustofftagung (Ibausil). Band 2. Weimar: Bauhaus-Universität. 1997. S. 489–494.
6. Usherov-Marshak A., Koval S., Babayevskaya T. Concretes on the basis of portland cement, modified by chemical admixtures / 15 Int. Baustofftagung (Ibausil). Weimar: Bauhaus-Universität. 2003.
7. Коваль С.В. Анализ синергетических взаимодействий в системе комплексной добавки под влиянием технологических факторов // Моделирование и оптимизация в материаловедении. Одесса: Астропринт. 2001. С. 58–60.
8. Voznesensky V., Koval S., Liashenko T., Kushneruk V. The Application of Experimental Statistical Models to Multicriterion Design of Cladite Concrete // Structural Lightweight Aggregate Concrete: Proc. Int. Symp. Oslo. 1995. S. 260–272.
9. Коваль С.В., Кушнерук В.И. Управление однородностью бетона в вертикальноформируемых сборных и монолитных конструкциях // Матлы I Всеукр. научно-практ. конф. «Научно-практические проблемы современного железобетона». Киев: НИИСК. 2000. С. 235–237.
10. Вознесенский В.А., Коваль С.В., Ляшенко Т.В. и др. Изопараметрический анализ кинетики изменения вероятностных показателей водопоглощения мелкозернистого бетона с полифункциональной добавкой // Работоспособность строительных материалов при воздействии различных эксплуатационных факторов: Межвуз. сб. Казань. 1990. С. 54–60.
11. Коваль С.В., Савченко С.В. Версия компьютерной системы выбора добавок для изготовления модифицированного бетона // Моделирование и оптимизация в материаловедении. Одесса: Астропринт. 2003. С. 60.

Е.В. КОРОЛЕВ, канд. техн. наук, Н.А. ОЧКИНА, канд. техн. наук,  
Ю.М. БАЖЕНОВ, академик РААСН, д-р техн. наук,  
А.П. ПРОШИН, член-кор. РААСН, д-р техн. наук,  
С.М. САДЕНКО, канд. техн. наук, И.А. ОЧКИН  
(Пензенский государственный университет архитектуры и строительства)

## Усадочные деформации и внутренние напряжения в радиационно-защитных строительных растворах на основе высокоглиноземистого цемента

Процесс твердения цементных композиций сопровождается объемными изменениями, в результате которых возникают деформации усадки, обусловленные характером физико-химических процессов, протекающих в сложной гетерогенной капиллярно-пористой структуре цементного камня. Известно, что деформации усадки зависят от влагопотерь материала, но эта зависимость носит достаточно сложный характер. В неблагоприятных условиях твердения в результате развития усадочных напряжений происходит образование микротрещин, которые снижают прочность бетона (особенно при растяжении), водонепроницаемость, стойкость в агрессивных средах, морозостойкость и др.

Величина усадки зависит от многих факторов: минералогического состава и тонкости помола цемента, водоцементного соотношения, вида заполнителей и их объемного содержания, условий и продолжительности твердения бетона. При разработке особо тяжелых бетонов и растворов с плотной структурой интерес представляет исследование зависимости величины усадки от степени наполнения, определение которой в данной работе проводили на строительных растворах, изготовленных на высокоглиноземистом цементе. Образцы-призмы размерами 20×30×180 мм распалубивали на второй день после формирования и в течение 2 сут хранили в нормальных условиях, затем в воздушно-сухой среде с относительной влажностью 60±5% и температу-

рой 20±2°С. Разработанные особо тяжелые растворы имели среднюю плотность 3900–4200 кг/м<sup>3</sup>.

Величины усадки (%) радиационно-защитных растворов через 28 сут твердения при различных объемных долях заполнителя и водоцементном отношении приведены в табл. 1. Из приведенных в табл. 1 данных следует, что в исследуемом диапазоне изменения В/Ц увеличение степени наполнения растворов приводит к снижению усадочных деформаций. Увеличение содержания высокомодульного заполнителя, особенно если наблюдается аутогезионный контакт, сопровождается ухудшением удобоукладываемости и, следовательно, уменьшением средней плотности и прочности материала. Кроме того, при эксплуатации таких материалов в сухой среде даже небольшая усадка может вызвать напряженное состояние, способное привести к образованию трещин в материале.

Исследование кинетики усадки немодифицированных растворов с различной степенью наполнения показало, что начальный период гидратации сопровождается расширением, которое при В/Ц=0,5 начинается непосредственно после затворения. В процессе гидратации это увеличение объема через некоторое время (~3 ч) прекращается и начинается усадка, продолжающаяся до образования прочной структуры цементного камня. Подобное изменение объемных деформаций в процессе гидратации цементов вызывается

возникновением и развитием осмотического давления: начальное расширение цементного теста объясняется образованием и набуханием гелеобразных оболочек вокруг частиц цемента, а последующая усадка – с прекращением действия осмотического давления вследствие разрыва гелевидных оболочек в период формирования кристаллической структуры, способной зафиксировать начальное расширение, вызванное набуханием контактирующих фаз [1]. Наиболее интенсивно усадка протекает в первые 8–10 сут, а после 14 сут твердения наблюдается ее стабилизация (рис. 1).

На рис. 2 и 3 приведены зависимости усадки и потери массы в результате испарения влаги из образцов, изготовленных на основе высокоглиноземистого цемента (ВГЦ) и портландцемента (ПЦ) при В/Ц = 0,5 и  $\vartheta_f = 0,66$ .

Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 2 и 3, показывает, что усадка растворов на основе ВГЦ, определенная в первые 28 сут, больше и протекает с большей скоростью, чем у растворов на ПЦ. По влагопотерям наблюдается обратная зависимость (рис. 3).

Величину усадочных деформаций можно регулировать с помощью модифицирующих добавок. Экспериментальные исследования проводили на растворных смесях одинаковой подвижности. Добавки вводили в оптимальных дозировках: суперпластификатор С-3 – 0,5%, лигносульфонат кальция (ЛСТ) – 0,15%, карбамидная смола (КС) – 1%, лимонная кислота (ЛК) – 0,1% и сульфосалициловая кислота (ССК) – 0,2% от массы цемента. Объемное содержание заполнителя составляло  $\vartheta_f = 0,66$ . Величины начального расширения и усадки растворов с добавками через 28 сут представлены в табл. 2 и 3 соответственно. Кинетика усадки показана на рис. 4 и 5.

Таблица 1

Объемное содержание заполнителя $\vartheta_f$	Водоцементное отношение		
	0,5	0,55	0,6
0,59	0,131	0,157	0,18
0,66	0,097	0,117	0,129
0,7	0,074	0,106	0,113

Таблица 2

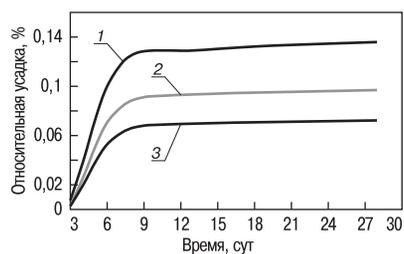


Рис. 1. Влияние степени наполнения на усадку растворов, твердевших в воздушно-сухих условиях (при В/Ц = 0,5): 1 –  $\vartheta_f = 0,59$ ; 2 –  $\vartheta_f = 0,66$ ; 3 –  $\vartheta_f = 0,7$

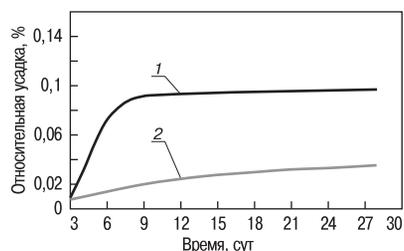


Рис. 2. Усадка особо тяжелых растворов: 1 – на основе ВГЦ; 2 – на основе ПЦ

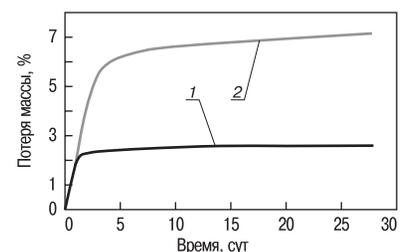


Рис. 3. Влагопотери особо тяжелых растворов: 1 – на основе ВГЦ; 2 – на основе ПЦ

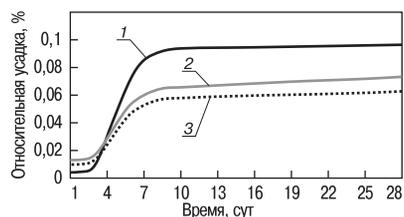


Рис. 4. Усадка радиационно-защитных строительных растворов: 1 – без добавки; 2 – ЛСТ (0,15%); 3 – ЛК (0,1%)

Модифицирующие добавки стабилизируют начальное расширение (табл. 2), значительно снижая его величину. Через 28 сут растворы с этими добавками имеют меньшую усадку, чем растворы без добавки, тогда как в возрасте 1 и 3 сут усадка растворов с добавками ЛСТ и ЛК была несколько выше, чем у образца раствора без добавки (рис. 4). КС (1%) вызывает значительное увеличение начального расширения до 0,082%, которое постепенно уменьшается по величине и фиксируется в возрасте 5 сут (рис. 5). Затем наблюдается усадка, которая практически стабилизируется к 14 сут, достигая 84% максимального значения. Растворы с добавкой карбамидной смолы имеют наименьшую усадку.

Вид и дозировка добавки (% от массы цемента)	Продолжительность твердения					
	3 ч	6 ч	12 ч	1 сут	2 сут	3 сут
Без добавки	0,026	0,0015	–	–	–	–
ЛСТ – 0,15%	0,0074	0,0083	0,0046	–	–	–
ЛК – 0,1%	0,0012	0,0008	–	–	–	–
ССК – 0,2%	0,0017	0,0026	0,002	–	–	–
С-3 – 0,5%	0,0009	0,00013	–	–	–	–
КС – 1%	0,082	0,076	0,065	0,058	0,046	0,038

Таблица 3

Вид добавки	Дозировка добавки (в % от массы цемента)	В/Ц	Усадка раствора в возрасте 28 сут, %
Без добавки	–	0,5	0,097
ССК	0,2	0,45	0,072
КС	1	0,47	0,038
ЛСТ	0,15	0,45	0,062
С-3	0,5	0,43	0,067
ЛК	0,1	0,45	0,07

Таблица 4

Напряжения, МПа	Объемное содержание заполнителя			
	$\vartheta_f = 0,55$	$\vartheta_f = 0,6$	$\vartheta_f = 0,65$	$\vartheta_f = 0,7$
В/Ц = 0,5				
$\sigma_r$	4,7	3,8	2,48	1,63
$\sigma_t$	–27,6	–24,14	–18,1	–13,83
В/Ц = 0,55				
$\sigma_r$	5,66	4,58	2,99	1,96
$\sigma_t$	–33,39	–29,21	–21,9	–16,73
В/Ц = 0,6				
$\sigma_r$	6,34	5,13	3,35	2,2
$\sigma_t$	–36,87	–32,25	–24,19	–18,48

Примечание:  $\sigma_r$ ,  $\sigma_t$  – соответственно напряжения (МПа) в оболочке цементного камня в радиальном и тангенциальном направлениях.

Усадочные деформации являются основным источником возникновения внутренних напряжений, которые, суммируясь с напряжениями от внешних воздействий, приводят к нежелательному растрескиванию материала, что недопустимо для радиационно-защитных материалов. В данной работе был применен расчетный метод определения внутренних напряжений. С целью приближения расчета к реальному материалу раствор моделировался упругим телом, структурная ячейка которого представляет собой сферическое зерно включения (частица заполнителя), окруженное слоем цементного камня постоянной толщины.

Результаты расчетов влияния объемного содержания заполнителя

и водоцементного отношения на усадочные внутренние напряжения в оболочке цементного камня представлены в табл. 4.

Анализ данных табл. 4 показывает, что величины напряжений от усадки имеют достаточно высокие значения. Однако при увеличении объемной степени наполнения усадочные напряжения уменьшаются. Тангенциальные растягивающие напряжения при объемной степени наполнения  $\vartheta_f = 0,7$  больше соответствующих сжимающих напряжений в 8,48 раза, а при степени наполнения  $\vartheta_f = 0,6$  – только в 6,35 раза. Наоборот, радиальные сжимающие напряжения, возникающие в заполнителе вследствие усадки цементного камня, с увели-

Таблица 5

Вид добавки	Дозировка добавки (% от массы цемента)	В/Ц	$\epsilon$ , %	$(\sigma_r)_{\max}$ , МПа	$(\sigma_r)_{\max}$ , МПа	$(\sigma_r)_{\max}/(\sigma_r)_{\max}$
Без добавки	–	0,5	0,097	–18,1	2,48	7,3
КС	1	0,47	0,038	–7,09	0,9	7,88
ЛСТ	0,15	0,45	0,062	–11,57	1,48	7,82
ССК	0,2	0,45	0,072	–13,44	1,72	7,81
С-3	0,5	0,43	0,067	–12,5	1,56	8,01
ЛК	0,1	0,45	0,07	–13,06	1,68	7,78

**Примечание.**  $\epsilon$  – относительная деформация,  $\vartheta_r = 0,66$ .

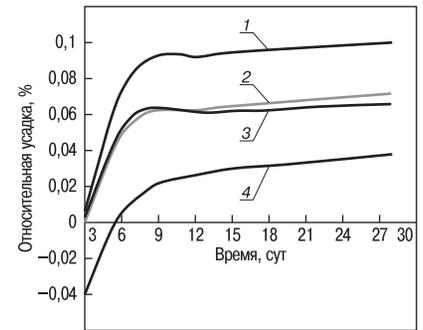


Рис. 5. Усадка радиационно-защитных строительных растворов с добавками: 1 – ССК (0,2%); 2 – С-3 (0,5%); 3 – КС (1%)

Таблица 6

№ состава	В/Ц	Вид добавки	Дозировка добавки, % от массы цемента	Заполнитель
1	0,5	Без добавки	–	Высокоплотный заполнитель
2	0,47	КС	1	То же
3	0,45	ЛСТ	0,2	То же
4	0,43	С-3	0,5	То же
5	0,45	ССК	0,2	То же
6	0,45	ЛК	0,1	То же
7	0,5	Без добавки	–	Кварцевый песок

**Примечание.** Во всех составах расход цемента 418 кг на 1 м<sup>3</sup> раствора, объемная доля заполнителя  $\vartheta_r = 0,66$ .

Таблица 7

Показатели	Номера составов						
	1	2	3	4	5	6	7
Предел прочности при изгибе образцов $R'$ (МПа) в водонасыщенном состоянии	7,89	9,72	6,73	8,68	7,8	8,09	6,88
Предел прочности при изгибе образцов $R''$ (МПа), хранившихся в воздушно-сухих условиях	6,24	8,46	6,34	8,29	6,17	6,47	5,3
Критерий трещиностойкости $K = R''/R'$	0,79	0,87	0,94	0,96	0,79	0,8	0,77

чением содержания цемента в растворе увеличиваются. Из табл. 4 видно также, что с увеличением В/Ц наблюдается рост внутренних напряжений, так как при больших В/Ц усадка растворов значительно больше.

Как показывают расчетные значения внутренних напряжений раствора с добавками (табл. 5), пластификаторы вызывают уменьшение усадочных напряжений. В присутствии ЛСТ радиальные сжимающие напряжения уменьшаются на 40,3%, а тангенциальные растягивающие – на 36%. Карбамидная смола снижает внутренние напряжения в 2,55–2,76 раза. Добавки ССК и С-3 уменьшают усадочные напряжения в среднем на 31%.

Уменьшение величины усадочных напряжений при введении добавок можно объяснить снижением водоцементного отношения, необходимого для получения подвижного раствора, и соответственно усадки.

Высокие внутренние напряжения приводят к снижению трещиностойкости материала. Для определения трещиностойкости радиационно-защитных строительных растворов на основе высокоглиноземистого цемента был использован метод МИИТ [2].

Составы исследуемых растворов приведены в табл. 6. Расход модификатора выбирали из условия получения высокопрочного материала. Были изготовлены две серии об-

разцов-близнецов. В возрасте 28 сут все образцы выдерживали в воде до полного водонасыщения. Первая серия образцов была испытана в водонасыщенном состоянии. Были определены пределы прочности при сжатии и изгибе ( $R'$ ). Вторую серию образцов испытывали на сжатие после выдерживания в воздушно-сухих условиях при относительной влажности воздуха 40–60% ( $R''$ ).

Оценку трещиностойкости радиационно-защитных строительных растворов проводили по результатам испытаний образцов на изгиб по величине  $K = R''/R'$ , так как относительное снижение прочности под действием усадки и других факторов связано с образованием различного рода локальных трещин. Испытание на сжатие оказалось нечувствительным к дефектам, которые возникают при высыхании образцов вследствие усадки. Результаты испытаний приведены в табл. 7.

Как видно из табл. 7, наибольшую трещиностойкость имеют растворы с добавками ЛСТ, С-3 и КС. Эти составы имеют наименьшие значения усадки и внутренних напряжений. Несмотря на большие по величине внутренние напряжения, критерий трещиностойкости растворов на высокоплотном заполнителе достаточно высок и появления трещин в образцах не наблюдалось. Это можно объяснить тем, что в образцах на высокоглиноземистом цементе наряду с развитием деформаций усадки интенсивно увеличивается прочность при растяжении. Динамика этих двух противоположно направленных процессов такова, что создаются неблагоприятные условия для образования трещин.

#### Список литературы

1. Verfahren zum Herstellen eines neutronensicheren Betons. [Compernas J.] пат. ФРГ кл. G 21 F 1/4 № 2749059.
2. *Лещинский Ю.М.* Испытание бетона: Справочное пособие. М.: Стройиздат. 1980. 360 с.

## Электростатический армированный бетон

Армированный бетон продолжает занимать прочные позиции в ряду важнейших строительных материалов. Этому способствует постоянная работа, направленная на улучшение служебных и технологических свойств, а также технико-экономических показателей этого материала.

В специальной литературе, посвященной промышленным электрофильтрам, можно найти замечания о нарушениях нормального режима работы этих устройств [1]. Так, в электрофильтрах цементных заводов на проволочных электродах иногда образуется не рыхлый осадок из цементной пыли, а прочные цилиндрические бетонные стержни с сердечником в виде проволочного электрода. Такое явление наблюдается в том случае, когда влажность проходящих через электрофильтр газов, содержащих цементную пыль, превышает определенную величину. Такой же эффект имеет место в электрофильтрах электростанций, сжигающих уголь. Здесь плотные стержни образуются из золы-уноса при повышенной влажности отходящих газов. Эти отклонения от нормы в работе электрофильтров стали физико-технической основой для разработки нового перспективного способа формования изделий из бетона [2, 3].

С целью экономии цемента содержание воды в бетонной смеси стремятся уменьшить до минимума. Обычно для достижения максимальной прочности бетона количество воды в смеси должно быть от 12 до 20 % от массы вяжущего. Однако это требование на практике не достигается, так как бетонная смесь с малым содержанием воды очень жесткая. Поэтому для удобства укладки бетона водоцементное отношение (В/Ц) увеличивают до 0,45–0,6. Это снижает прочность бетона. Отрицательное влияние избыточного количества воды на прочность бетона общеизвестно. Для сохранения прочности бетона при большом В/Ц увеличивают удельный расход цемента.

Если все же применяют малое В/Ц, то жесткость бетонной смеси уменьшают с помощью различных пластификаторов. Укладку жестких бетонных смесей в форму проводят с использованием интенсивного вибрирования и других методов. Таким образом, широко применяемые бетонные смеси на основе обычных портландцементов редко имеют В/Ц меньше 0,35–0,4.

Принцип уменьшения массы изделий из железобетона за счет применения ребер жесткости и оптимальной формы поперечного сечения детали ограничивается технологическими трудностями. Для изготовления таких деталей необходимо применение форм сложной геометрии. Такие формы, да еще с арматурой, трудно заполнять жесткой бетонной смесью.

Новый метод формования тонкостенных изделий из армированного бетона с величиной В/Ц, близкой к теоретической, основан на использовании электростатических эффектов и капиллярных явлений. В новой технологии для изготовления тонкостенных изделий и оболочек используют электростатическое нанесение сухих компонентов бетонной смеси на арматурно-сеточный каркас изделия.

В перечень оборудования для электростатического нанесения компонентов бетона на сеточный каркас входят: источник высокого напряжения на 50–100 кВ, пистолет-распылитель или рампа с несколькими большими распылителями, высоковольтный кабель, подключенный к распылителю, шланги, воздушный насос для пневматической подачи к пистолету сухих компонентов бетонной смеси, емкости для цемента, песка и упрочняющих волокон, а также насосы и форсунки для тонкого распыления воды.

Сеточный каркас изделия и один из полюсов источника тока заземляют. Второй полюс источника подключают к центральному электроду пистолета-распылителя. Таким образом, между каркасом и распылителем создают электростатическое поле. Частицы сухого цемента, тонкого песка и волокон подаются на сеточный каркас изделия по шлангу воздушным потоком. При этом порошки и волокна проходят через канал электростатического пистолета. Здесь частицы получают электрический заряд. Под действием электрического поля и воздушного потока заряженные частицы цемента и песка летят к заземленному сеточному каркасу и оседают на нем, образуя слой сухой бетонной смеси. Известная особенность электростатического осаждения заключается в том, что порошок покрывает и тыльную сторону металлической сетки. С тыльной стороны сетки слой порошка имеет меньшую толщину.

Электрическое сопротивление частиц цемента и кварцевого песка хорошо соответствует электростатической технологии. Это подтверждается тем, что частицы цемента эффективно задерживаются в электрофильтрах цементного завода, оседая на проволочных электродах фильтра. Осаждение сухой бетонной смеси происходит до тех пор, пока проводимость слоя еще достаточна для стекания заряда на заземленный каркас. Смачивание нанесенного слоя распыленной водой восстанавливает электропроводность системы и позволяет многократно повторять процесс с целью наращивания слоя бетона на каркасе до необходимой толщины.

В одном цикле осаждения толщина слоя смеси может быть равна нескольким миллиметрам. Нанесенные слои сухой смеси увлажняют тонкораспыленной водой. Дозированное увлажнение бетонной смеси делают периодически или непрерывно. Однако в любом случае увлажнение проводят с задержкой в несколько секунд после прохождения распылителя с сухими компонентами. Процесс многократно повторяют.

При увлажнении сухого цемента происходит уменьшение его объема. Это известное явление контрактации. В результате уменьшения объема во влажном слое могут появиться трещины. Поэтому толщину каждого слоя регулируют так, чтобы исключить образование трещин. При больших перерывах между циклами нанесения бетонной смеси необходимо увлажнить старый слой бетона водой. Влажный бетон имеет хорошую ионную электропроводимость, что благоприятно для ведения электростатического процесса.

- Новая технология состоит из следующих процессов:
- изготовление формообразующего арматурно-сеточного каркаса изделия или сооружения из электропроводящего материала; при этом арматурно-сеточный каркас может быть предварительно напряжен;
  - электростатическое нанесение на сеточный каркас нескольких слоев из смеси сухого цемента, песка, упрочняющих волокон и других материалов; состав и свойства каждого слоя бетона можно изменять в соответствии с назначением изделия;
  - периодическое или непрерывное дозированное увлажнение компонентов бетона, наносимых на каркас изделия, тонкораспыленной водой или влажным паром; вода может содержать специальные добавки;
  - циклы нанесения на сеточный каркас сухой бетонной смеси и воды повторяют с целью достижения необходимой толщины слоя бетона на каркасе.

Вода смачивает частицы цемента и заполняет пространство между ними. При появлении тонких пленок воды между частицами образуются искривленные поверхности жидкости – мениски. На мениски действуют капиллярные силы, стремящиеся сблизить частицы. В результате частицы бетонной смеси находятся под равномерным сжимающим давлением капиллярных сил. В капиллярах диаметром несколько микрометров давление, сближающее частицы, может достигать 0,5–1 МПа. В результате происходит уплотнение частиц бетонной смеси. При стекании электрического заряда и частичном испарении воды уплотнение консолидированных минеральных частиц не нарушается, так как этому препятствуют силы адгезии и процесс образования цементного камня.

Основное преимущество нового метода формования изделий из бетона – относительное количество воды в бетоне можно точно регулировать в соответствии с маркой цемента и назначением сооружения. Второе преимущество – даже для изделий сложной геометрии процесс ведут без применения опалубки или формы. При этом процесс осаждения происходит спокойно, без ударов и динамических нагрузок на сеточный каркас, как это бывает при торкретировании. Третье существенное отличие – можно получать бетон, состоящий из нескольких слоев различного состава. При этом каждый слой может иметь заданные свойства. Например, слой, близкий к арматуре, делают такого состава, чтобы обеспечить максимальную величину рН. Это необходимо для хорошей защиты стальной сетки от коррозии.

Специальный слой бетона может содержать углеродные волокна. Такой слой способен выделять тепло при пропускании через него электрического тока низкого напряжения и, например, нагревать пол и стены помещения. Внешний слой бетона делают высокой плотности для снижения его водопроницаемости. Для получения водонепроницаемого слоя бетона можно также добавлять в распыляемую воду растворимые полимерные добавки. При необходимости тонкий внешний слой может быть сделан из бетона белого или иного цвета.

Таким образом, в технологии бетона появилась возможность заменить трудность работы с жесткой бетонной смесью на более простую задачу. Она заключается в точном дозировании оптимального количества воды для выбранной марки цемента. Далее нужно ввести это количество воды в распыленном виде в сухую бетонную смесь при электростатическом формовании изделия. При этом делают поправку на то количество воды, которое будет потеряно при распылении и испарении.

Вышеописанные изделия из бетона для простоты условно будем называть **электростатическим бетоном**.

В качестве формообразующей основы для изготовления изделия или сооружения используют металлический сеточный каркас заданной конфигурации. Основой сеточного каркаса является стальная арматура. Для изготовления сетки могут быть использованы различные материалы: стальная проволока, металлизированные базальтовые волокна, волокна из щелочестойкого стекла с электропроводящим покрытием, углеродные волокна и др.

При серийном изготовлении из бетона тонкостенных деталей сложной формы в качестве каркаса может быть использована стальная сетка или перфорированная тонколистовая сталь. Такие каркасы для серийного производства рационально делать штамповкой.

Технология электростатического бетона может быть весьма производительной. Для этого используют источники тока высокого напряжения соответствующей мощности и пневматические устройства для подачи большого количества сухой бетонной смеси к сооружению. При строительстве больших оболочек из армированного бетона используют рампу с несколькими электростатическими распылителями большой производительности. Рампу перемещает телескопическая рука, устанавливаемая на автомобильное шасси.

Применение нового способа особенно выгодно при изготовлении больших тонкостенных конструкций сложной формы из армированного бетона. Это могут быть оболочки и перекрытия различной формы, тонкостенные резервуары, опоры линий электропередачи, водоводные трубы большого диаметра, перфорированные многослойные звукопоглощающие панели для ограждения автомобильных дорог, а также различные объекты малой архитектуры – остановки городского транспорта, крытые автостоянки, торговые павильоны и т. д.

Возможная область применения технологии электростатического бетона – это изготовление бетонных мембран двойной кривизны с предварительно напряженным арматурно-сеточным каркасом. Площадь таких мембран может превышать 100 м<sup>2</sup>. Способы натяжения мембран двойной кривизны проверены практикой при строительстве архитектурных объектов различного назначения с использованием современных технических тканей и конструкционных полимерных пленок в Германии, Англии, США, странах Ближнего Востока [4].

С целью изготовления мембран из электростатического бетона используют натянутую металлическую сетку. С помощью системы мачт и канатов сетку нагружают так, чтобы получить мембрану нужной геометрической формы. На натянутую сетку наносят электростатический бетон необходимой толщины. После набора бетоном заданной прочности мембрану разгружают. Один комплект стоек, блоков и натяжных систем используют для изготовления большого числа однотипных мембран из армобетона.

Из таких мембран можно сооружать перекрытия большой площади. Сочетание мембран из электростатического бетона и прозрачных или полупрозрачных современных технических тканей и полимерных пленок открывает новые возможности для современной архитектуры. Указанные материалы обладают хорошей светостойкостью, прочностью и пожарной безопасностью. Срок их службы достигает 25–30 лет [5].

Изготовление большого количества однотипных изделий из электростатического армированного бетона может производиться на заводской линии, состоящей из ряда однотипных технологических камер. В камерах проводят последовательно электростатическое нанесение сухой бетонной смеси на каркас, увлажнение смеси распыленной водой или паром. Далее наносят последующие слои и производят выдержку изделий.

Технология электростатического бетона напоминает торкретирование. Однако новая технология имеет принципиальные отличия. При электростатическом процессе осаждение сухой смеси на формообразующий каркас происходит без удара, спокойно и равномерно. Поэтому в новой технологии опалубка не нужна. Это позволяет использовать для электростатического бетона тонкий сетчатый каркас или пространственную модель из тонкого электропроводного материала. Как указано выше, электростатический бетон может иметь минимальную величину В/Ц, что при торкретировании получить сложно. Однако в некоторых случаях торкретирование может применяться вместе с технологией электростатического бетона. Для этого сначала сооружают тонкую оболочку с помощью электростатической технологии. Далее после набора бетоном необходимой прочности толщину оболочки увеличивают методом торкретирования.

Представляет интерес исследование возможности применения технологии электростатического бетона для наружной отделки и ремонта стен зданий. Такое покрытие возможно с применением армирующей электропроводной сетки или без нее. Здесь привлекает возможность наносить на стены здания ровный тонкий слой бетона или штукатурной смеси заданного состава. Преимущество способа заключается в том, что электростатическое покрытие может точно копировать рельеф стены, что важно при ремонте и реставрации старинных зданий с богатым рельефным декором. Толщина покрытия из электростатического бетона для таких случаев может быть от 2 до 20 мм.

Реализация технологии электростатического бетона дает возможность получить следующий технико-экономический эффект:

- снизить удельный расход цемента в изделиях и сооружениях из армированного бетона за счет применения минимального В/Ц, так как технология позволяет в плотную приблизить величину В/Ц бетона к теоретическому пределу;
- изготавливать облегченные изделия из армированного бетона с тонкими стенками и развитыми ребрами жесткости;
- электростатический бетон может быть многослойным, при этом каждый слой бетона может иметь заданные служебные свойства;
- новая технология не требует применения опалубки и форм, поэтому она экономически особенно эффективна при строительстве больших оболочек сложной формы;
- электростатическая технология бетона может дать существенный положительный экологический эффект в строительстве в результате снижения расхода цемента, металла и энергии на их производство.

Авторы будут благодарны за предложения, направленные на выполнение совместных исследований технологии и свойств электростатического бетона.

#### Список литературы

1. *Тэнэсэку Ф., Крамарюк Р.* Электростатика в технике. М.: Энергия. 1980. 296 с.
2. *Кокоев М.Н., Федоров В.Т.* Электростатическое формирование изделий из армированного бетона // Бетон и железобетон. 1997. № 6. С. 17–19.
3. *Кокоев М.Н.* Способ формирования изделий и сооружений из бетона. Патент РФ № 2142443 на изобретение. 1997.
4. *Frei Otto, Bodo Rasch.* Gestalt Finder. Muenchen. 2001. S. 239.
5. *K. Moritz.* Membranwerkstoffe im Hochbau, in: Detail 6/2000. S. 1050–1058.

**СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО**  
**СКБ СТРОЙПРИБОР**  
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ  
Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №000110-ИР

**Измерители прочности бетона**

**ИПС-МГ4.01** Метод ударного импульса по ГОСТ 22690. Оснащен функциями ввода коэффициента совпадения K<sub>c</sub> типа контролируемого изделия и вычисления класса бетона В.

**ИПС-МГ4.03** Расширенный режим измерений с возможностью выбора вида заполнителя, возраста и условий твердения бетона. Диапазон 3...100 МПа.

**ПОС-50МГ4** Метод отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.

**ПОС-50МГ4 «Сколь»** Метод скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690. Электронный силоизмеритель, индикация цифровая, время подготовки к работе не более 5 мин. Оснащен электронным силоизмерителем. Индикация скорости нагружения, автоматическая обработка измерений. Диапазон 5...100 МПа.

**Измерители адгезии**

Предназначены для контроля прочности сцепления керамической плитки, штукатурки, защитных и др. покрытий с основанием методом нормального отрыва по ГОСТ 28089, 28574. Максимальное усилие отрыва:

<b>ПСО-2.5МГ4</b> .....	2,45 кН (250кгС)
<b>ПСО-5МГ4</b> .....	4,90 кН (500кгС)
<b>ПСО-10МГ4</b> .....	9,80 кН (1000кгС)

**Измерители параметров армирования**

**ИПА-МГ4** Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом по ГОСТ 22904. Диапазон измерения защитного слоя 3...100 мм при диаметре арматуры 3...40 мм

**ЗИН-МГ4** Измеритель напряжений в арматуре ж/б изделий частотным методом по ГОСТ 22362.

**ДО-40МГ4** Измеритель силы натяжения арматуры методом поперечной оттяжки по ГОСТ 22362.

**Приборы для теплофизических измерений**

**ИТП-МГ4 «100/250»** Измеритель теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.

**ИТП-МГ4.03 «Поток»** Обеспечивается определение плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции зданий и теплоизоляцию энергообъектов. Имеет режим самосцисы (до 15 суток). Диапазон.....2...500 Вт/м<sup>2</sup>; -30...+100°С.

**Измерители параметров вибрации**

**Вибротест-МГ4** Измеритель виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты колебаний виброустановки и др. объектов.

**Вибротест-МГ4+** Имеет режим самосцисы (до 25 часов).

**Измерители влажности и температуры**

**Влагомер-МГ4** Измерители влажности стройматериалов по ГОСТ 16588, 21718.

**МГ4Д** Измеритель влажности древесины.

**МГ4Б** Измеритель влажности бетона, кирпича, древесины.

**МГ4У** Универсальный измеритель влажности стройматериалов, включая сыпучие.

**ТГЦ-МГ4.01** Измеритель влажности и температуры воздуха с режимом самосцисы (до 5 суток). Диапазон 0...100%, -20...+85°С.

**ТЗЦ-МГ4.01** Термометр цифровой зондовый. Одно- и двухканальный, с режимом самосцисы (до 15 суток). Диапазон -30...+250°С.

**Анемометр ИСП-МГ4** Измеритель скорости воздушных потоков и их температуры в вентиляционных системах, средней скорости ветра с режимом самосцисы (до 24 часов). Диапазон 0,4...30м/с, -20...+100°С.

Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.

454084, г. Челябинск, а/я 8538, ул. Калинина, 11г,  
Тел./факс (3512) 90-16-85, 90-16-13,  
г. Москва, тел. (095) 174-78-01, 174-72-05  
E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru http://www.stroypribor.ru

## Обеспечение герметичности железобетонных и бетонных конструкций без устройства вторичной гидроизоляции

Согласно классификации, разработанной в АНТЦ «Алит», существующие методы герметизации бетонных и железобетонных сооружений и конструкций можно разделить на две группы: **первичные** и **вторичные**. Для первичной защиты в качестве гидроизоляции используются непосредственно ограждающие бетонные и железобетонные конструкции. При использовании вторичной защиты производится дополнительная гидроизоляция ограждающих конструкций (пропиточная, штукатурная, рулонная, обмазочная и др.).

Применение вторичных методов герметизации обособовано при ремонте и реконструкции зданий и сооружений, а при новом строительстве наиболее эффективным способом герметизации является первичная гидроизоляция, за исключением случаев строительства особо ответственных сооружений или когда невозможно обеспечить требуемую водонепроницаемость ограждающих бетонных и железобетонных конструкций.

### Водонепроницаемость бетона и герметичность конструкций

Наиболее часто в качестве критерия герметичности бетона используется параметр **марка по водонепроницаемости**, которая согласно ГОСТ 12730.5–84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости» представляет собой значение давления воды, при котором еще не произошло проникания воды через образец.

Параметр «водонепроницаемость» характеризует эффективную пористость бетона по отношению к фильтрации воды, которая, в свою очередь, определяется составом бетонной смеси и качеством применяемых исходных материалов.

Среди основных факторов, определяющих водонепроницаемость бетона, можно выделить вид, качество и содержание вяжущих веществ и заполнителей, а также величину водоцементного отношения.

Наиболее эффективными вяжущими для обеспечения высокой водонепроницаемости являются безусадочные, расширяющиеся и напрягающие цементы, которые позволяют получать бетоны с маркой водонепроницаемости не менее W12. При этом за счет компенсации усадочных деформаций в бетоне не происходит образования трещин при твердении.

Эффект от введения заполнителей и наполнителей зависит от их гранулометрического состава. При оптимальном подборе фракционного состава мелкого и крупного заполнителей можно получать тяжелые бетоны и растворы с маркой водонепроницаемости W12–W30, при этом образуется плотная структура упаковки заполнителей и значительно снижается водоцементное отношение.

В этой связи необходимо отметить высокую эффективность применения технологии сухих смесей для получения бетонов и растворов с высокой водонепроницаемостью. Технология сухих смесей в отличие от обычной технологии приготовления бетона позволяет тщательно подбирать гранулометрический состав заполнителей и наполнителей, что в совокупности с рациональным подбором вяжущего обеспечивает получение бетонов с высокой водонепроницаемостью.

Кроме оптимизации состава и подбора компонентов эффективным способом повышения водонепроницае-

мости бетона является модификация химическими добавками различного действия (пластифицирующие, расширяющиеся, уплотняющие, гидрофобизирующие и др.). Введение добавок позволяет в несколько раз повысить водонепроницаемость составов.

Таким образом, показатель водонепроницаемости бетона определяется составом бетонной смеси и подбором его составляющих. Поэтому марка по водонепроницаемости не может служить оценочным показателем герметичности бетона в конструкции.

### Влияние технологических параметров на герметичность конструкций

Среди технологических факторов, влияющих на герметичность конструкций, можно выделить две группы: условия твердения бетона и условия формирования конструкций.

Бетоны, используемые для первичной гидроизоляции, готовятся на гидравлических вяжущих. Поэтому большое влияние на проницаемость бетона оказывают условия твердения, так как наличие влажной среды способствует интенсивной гидратации и заполнению порового пространства цементного камня новообразованиями. Наименьшая водонепроницаемость бетона наблюдается при водном хранении. В этом случае через 1 месяц проницаемость бетона при воздушно-сухом хранении или становится в несколько раз меньше по сравнению с твердением в воздушно-влажностных условиях (95–100%).

В настоящее время разработан ряд эффективных методов обеспечения влажностного режима твердения бетона в конструкции, основанный на применении империрующих составов. Эти составы после нанесения образуют на поверхности влагонепроницаемую пленку, которая позволяет длительное время удерживать влагу в бетоне и обеспечивать оптимальные условия твердения.

Для получения непроницаемых конструкций необходимо обеспечить тщательное уплотнение бетонной смеси для предотвращения образования технологических фильтрующих дефектов. При этом нельзя допустить расслоения и водоотделения бетонной смеси, что также резко повышает его проницаемость.

В качестве примера влияния условий формирования бетонных и железобетонных конструкций приведем результаты натурных исследований железобетонных конструкций пожарных резервуаров Петербургского нефтяного терминала, проведенных автором совместно с А.Н. Полтавченко. Вертикальные стенки пожарных резервуаров были выполнены как в сборном, так и монолитном варианте, а днище – из монолитного железобетона. Исследование прочности с использованием ультразвукового метода неразрушающего контроля прочности показало, что прочность бетона монолитных конструкций днища и прочность бетона вертикальных стен имеют близкие значения, соответственно 25 и 25,2 МПа с близкими значениями коэффициентов вариации, что свидетельствует об идентичности составов бетонов. Эксплуатация в течение 20 лет во влажных условиях полностью нивелировала влияние условий твердения бетона. То есть бетоны исследуемых монолитных конструкций отличаются друг от друга способом уплотнения.



Водонепроницаемость бетона пожарных бассейнов

Водонепроницаемость бетона определяли по ГОСТ 12730.5—84 с использованием прибора для определения водонепроницаемости АГАМА-2Р. Испытания проводили непосредственно на поверхности ограждающих конструкций в направлении фильтрации воды. Для этого поверхность перед испытанием тщательно шлифовали.

В результате испытаний установлено, что максимальная марка по водонепроницаемости W12 у бетона днища резервуаров; водонепроницаемость бетона сборных вертикальных панелей — W10, а бетон монолитных вертикальных стен полностью пропускаем (см. рисунок).

Обращают на себя внимание значительные (на порядок) различия в водонепроницаемости бетона монолитных конструкций, которые сооружались непосредственно на строительной площадке. Днище пожарных бассейнов устраивалось с использованием уплотнения бетона виброрейками. При этом обеспечивается равномерное уплотнение бетонной смеси с минимальным расслоением.

Стенки бассейна формировались путем уплотнения бетонной смеси глубинными вибраторами. В этом случае происходят интенсивные процессы водоотделения и седиментации смеси за счет большой высоты уплотняемого слоя и наличия зоны интенсивных вибрационных воздействий вблизи булавы. Кроме того, при использовании глубинных вибраторов формируются зоны с различной степенью уплотнения, которая зависит от шага погружений булавы.

Опыт внедрения сухой бетонной смеси повышенной водонепроницаемости АЛИТ СБВ-11, разработанной в АНТЦ «Алит», показал, что уплотнение вертикальных конструкций с использованием навесных вибраторов, которые устанавливаются непосредственно на опалубке, обеспечивают более высокую проницаемость бетона в конструкции, чем при применении глубинных вибраторов. Однако при этом способе также формируются значительные градиенты амплитуды вибрации бетонной смеси, что приводит к формированию неуплотненных зон и участков бетона, имеющих дефекты, обусловленные расслоением и водоотделением бетонной смеси.

Таким образом, основным фактором обеспечения герметичности конструкции является обеспечение качествен-

ного уплотнения бетонной смеси и оптимальных условий твердения бетона. Поэтому высокая водонепроницаемость бетона является необходимым условием, но недостаточным для обеспечения герметичности конструкций.

В связи с этим требуется разработка новых технологий формирования конструкций, обеспечивающих получение бетона с однородными параметрами по плотности по всему объему.

### Самоуплотняемые бетонные смеси для герметизации конструкций

Благодаря развитию химии вяжущих веществ, эффективных видов химических добавок и совершенствованию производства разработана большая номенклатура составов сухих смесей на основе минеральных вяжущих веществ, обладающих эффектом самоуплотнения. К ним относятся напольные — для выравнивания основания пола, монтажные — для подливки под опорные части и оборудование, конструкционные бетонные — для бетонирования густоармированных железобетонных конструкций и изделий сложной формы и др.

Эффект самоуплотнения обусловлен удалением воздушных пор из бетонной смеси. В результате этого происходит снижение вязкости и повышение текучести смеси, что позволяет укладывать ее без приложения вибрационного воздействия, по литевой технологии. Снижение содержания воздуха позволяет формировать более плотную структуру бетона и повышать водонепроницаемость бетона. С другой стороны, удаление воздушных пор снижает связанность бетонной смеси, что, в свою очередь, приводит к увеличению водоотделения и расслоения смеси и негативно сказывается на герметичности бетона. Для предотвращения этих эффектов необходима модификация ее стабилизирующими добавками. Оптимальный выбор такой добавки позволяет не только стабилизировать смесь, но и повысить марку по водонепроницаемости бетона.

На основе проведенных испытаний и практики применения в АНТЦ «Алит» разработана сухая смесь бетонная цементная гидроизоляционная самоуплотняющаяся АЛИТ СБВ-22.

#### Техническая характеристика АЛИТ СБВ-22

Класс бетона, не менее	B30
Марка водонепроницаемости, не менее	W12
Осадка конуса, см	25
Марка морозостойкости	F300
Допустимая высота рабочего слоя, мм	1000

Практика применения этих смесей показала, что наибольшая эффективность достигается при разработке составов гидроизоляционных смесей под конкретные объекты строительства. В этом случае удается учесть дополнительные требования, обусловленные конструктивными особенностями, условиями производства работ и эксплуатации, а также оптимизировать стоимость смесей.

## ДАЙДЖЕСТЫ

«Ячеистые бетоны – производство и применение»  
«Кровельные и гидроизоляционные материалы»



«Керамические строительные материалы»

Готовится к изданию новый дайджест –  
«Сухие строительные смеси»

С содержание дайджестов можно ознакомиться на сайте: [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)

По вопросам приобретения дайджестов обращайтесь в редакцию журнала «Строительные материалы»

Телефон/факс: (095) 124-32-96, 124-09-00

E-mail: [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru)

## КОЛЛЕГИ



### Признание заслуг ученого

Редакция поздравляет **Степанову Валентину Федоровну** с присвоением ученой степени доктора технических наук и присуждением ей в коллективе авторов Премии Правительства Российской Федерации по науке и технике за создание эффективных материалов и технологий для защиты бетона и железобетона от коррозии.

Валентина Федоровна является руководителем лаборатории коррозии и долговечности железобетонных конструкций НИИЖБ. Тема ее диссертационной работы «Теоретические основы и практическое обеспечение сохранности арматуры в бетонах на пористых заполнителях». Вопросы долговечности в современном бетоно-

ведении приобретают особую значимость из-за применения в производстве строительных материалов отходов производства (зол, золошлаковых смесей, шлаков и др.), применения при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций бесцементных вяжущих или вяжущих с пониженным содержанием клинкера.

Обобщение результатов многолетних научных исследований и наблюдений за техническим состоянием железобетонных конструкций позволили В.Ф. Степановой разработать теоретические основы создания долговечных конструкций. Этот обобщенный опыт лег в основу отечественных нормативных документов, в том числе СНиП 2.03.11–85 «Защита строительных конструкций от коррозии», МГСН 2.08–01 «Защита бетонных и железобетонных конструкций жилых и общественных зданий», МГСН 2.09–03 «Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений».

Соб. информация

## СОБЫТИЯ

### Семинар по гипсу

2–4 июня 2004 г. в Уфе (Башкортостан) состоялся семинар с международным участием «**Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий**», который собрал ученых, производителей, проектировщиков, строителей.

Было заслушано около 23 докладов, затронувших вопросы перспектив развития гипсовой отрасли, повышения эффективности производства и качества получаемых изделий, экологичности гипсовых материалов, модернизация оборудования, применения различных модифицирующих добавок, маркетинга.

Большой интерес вызвали доклады топ-менеджеров фирмы КНАУФ Б. Гофмана, В.Д. Ивашенко (КНАУФ-Сервис), Л.В. Поповой (Кубань-КНАУФ), Е.С. Назарова (Уралгипс-КНАУФ). В докладах были подробно освещены итоги и перспективы инвестиционной деятельности фирмы КНАУФ на территории РФ, принципы осуществления маркетинговой политики фирмы, особенности продуктового маркетинга, технологии производства ГВЛ, возможности проектирования и производства сейсмоустойчивых конструкций из материалов и по технологии фирмы.

О состоянии и перспективах развития строительного комплекса Республики Башкортостан подробно рассказал Р.Ш. Сагитов (Госкомитет Республики Башкортостан по строительству, архитектуре и транспорту). Разви-

вая затронутые в докладе Р.Ш. Сагитова вопросы применения гипсовых материалов, профессор В.В. Бабков (Уфимский государственный нефтяной технологический университет) рассказал историю организации производства и опыта использования гипса. За период 1942–1950 гг. изделия и конструкции из демпфируемого гипса, производство которого было организовано в 1942 г. в г. Стерлитамаке, и материалов на его основе были использованы при сооружении более 115 малоэтажных жилых домов; около 30 из них эксплуатируются до настоящего времени. Как показали проведенные БашНИИстрой (доклад Г.В. Тэненбаума) в 80-е годы натурные обследования этих домов, ограждающие и большинство несущих конструкций находились в хорошем состоянии и не потеряли своих эксплуатационных качеств. Дальнейшее развитие производства изделий из гипса и гипсобетона в Башкортостане предопределено прежде всего наличием хорошей местной сырьевой базы.

В ряде выступлений была высказана необходимость создания гипсовой ассоциации, которая взяла бы на себя решение таких серьезных задач, как формирование единой политики в промышленности производства гипса, материалов и изделий из него, гармонизация стандартов и др. Это пожелание нашло свое отражение в решении семинара.

Соб. информация

## НОВЫЕ КНИГИ

*Мирсаев Р.Н., Юнусова С.С., Бабков В.В. и др.*

**Фосфогипсовые отходы химической промышленности в производстве стеновых изделий.**

М.: Химия. 2004. 176 с.

Рассмотрены результаты теоретических и экспериментальных исследований по получению гипсовых материалов и изделий на основе фосфогипса-дигидрата способом полусухого прессования. Предложен механизм твердения гипсовых систем на основе дигидрата сульфата кальция, полученных способом полусухого прессования и на его основе разработана технология получения мелкоштучных стеновых изделий. Предназначена технологам, проектировщикам и студентам.

*Сажнев Н.П., Гончарик В.Н., Гарнашевич Г.С. и др.*

**Производство ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика. 2-е издание, дополненное.**

Минск: Стринко. 2004. 384 с.

Во втором дополненном издании авторами проанализирована технология производства ячеистого бетона, даны характеристики сырьевых материалов, основные закономерности ударной технологии изготовления ячеисто-бетонных изделий. Представлен зарубежный опыт производства ячеистого бетона, описаны свойства и приведены примеры его применения в строительстве. Предназначена специалистам, технологам и студентам.

**«Евроцемент» продолжает скупать российские заводы**

В конце 2003 г. аффилированные с «Евроцементом» структуры приобрели два уральских завода — «Катавцемент» (Челябинская обл.) и «Невьянский цементник» (Свердловская обл.).

С октября 2003 г. завод простаивал. В настоящее время работают все четыре печи. Погашены долги по зарплате, деньги выплачиваются работникам завода полностью и в срок. Реструктурирована и частично погашена задолженность перед бюджетом, поставщиками топлива и электроэнергии. За прошедшее время выпущено более 191 тыс. т цемента. Это в 5,5 раз больше, чем за аналогичный период 2003 г. (за весь прошлый год на «Катавцементе» было изготовлено всего 142 тыс. т). Тарированной продукции за 5 месяцев сделано 14,6 тыс. т, что почти в три раза больше, чем за январь—май 2003 г.

«Невьянский цементник» с начала года выпустил 392 тыс. т цемента, в том числе тарированного — около 53 тыс. т. Это почти на 79% больше, чем за 5 месяцев 2003 г.

В минувшем году завод изготовил более 930 тыс. т цемента, что на 24,4% больше, чем в 2002 г. Тарированной продукции выпущено 114,5 тыс. т, что составляет рост на 44%. В 2004 г. планируется довести объем производства до 1,1 млн т.

В состав холдинга теперь входит шесть цементных заводов («Липецкцемент», «Мальцовский портландцемент», «Михайловцемент» (Рязанская обл.), Савинский цементный завод (Архангельская обл.), «Катавский цемент» (Челябинская обл.) и «Невьянский цементник» (Свердловская обл.), а также предприятия по производству бетона, асфальтобетона, минерального порошка, элеваторы и автотранспортная компания; поставки продукции осуществляются через 17 сбытовых филиалов более чем в 50 регионов России и на экспорт.

По материалам пресс-службы компании «Евроцемент»

**Новые материалы Pinotex**

ЗАО «Акзо Нобель Декор» вывело на российский рынок новую серию водорастворимых материалов широко известной торговой марки Pinotex.

Бесцветная водорастворимая деревозащитная грунтовка **Pinotex Aqua Base** предназначена для грунтования деревянной поверхности перед отделкой краской или защитным средством.

Декоративное водорастворимое защитное средство с УФ-фильтром **Pinotex Aqua Ultra** увеличивает устойчивость окрашенной поверхности к выгоранию. Особенно

рекомендуется для отделки строганой деревянной поверхности. Выпускается традиционных цветов Pinotex.

Впервые разработан продукт для отделки деревянных поверхностей внутри помещений — прозрачное водорастворимое средство **Pinotex Interior**. Средство быстро сохнет (от пыли — 2 ч, для повторного окрашивания — 12 ч), не имеет запаха. Выпускается традиционных цветов Pinotex.

Новые водорастворимые материалы производят на заводе ES Sadolin АО в Таллине (Эстония).

По материалам ЗАО «Акзо Нобель Декор»

**Виртуальный «Главербель»**

В рамках выставки «Мир стекла-2004» (Москва, Экспоцентр, 7–11 июня) ООО «Главербель Восток» — представительство «Главербель» в России, основными целями которого является повышение уровня обслуживания клиентов и увеличение присутствия продуктов группы «Главербель» на российском рынке, — провело презентацию русскоязычной версии интернет-сайта группы «Главербель» — **MyGlaverbel.com**. Его представили гостям выставки генеральный директор ООО «Главербель Восток» Владимир Шигаев и менеджер проекта Кирилл Зуевский.

Сайт предназначен в первую очередь для архитекторов и проектировщиков, но будет полезен частным застройщикам, преподавателям вузов, студентам. На нем представлена подробная информация по видам и ассортименту продукции, приведены ее характеристики и технические решения различных конструкций с применением стекла. После регистрации посетитель получает привилегированный доступ к расширенной информации по четырем направлениям: марки, способы применения, функции и типы стекла. Многочисленные функции и возможности сайта дополняет фотоархив с иллюстрациями об использовании продукции компании «Главербель».

Соб. информация

**Азбука сухих строительных смесей**

СП ССС выпустил новое издание — словарь «Что есть что в сухих строительных смесях», авторами которого являются ведущие ученые кафедры строительных и специальных вяжущих веществ Санкт-Петербургского технологического института (технического университета) д-р техн. наук В.И. Корнеев и канд. техн. наук П.В. Зозуля.

Издание (объем 300 страниц, формат А5, тираж 2000 шт.) включает более 280 очерков по основным технологическим проблемам производства и применения сухих строительных смесей. Тематика очерков: сырьевые материалы для производства ССС; вяжущие вещества для ССС; функциональные добавки; ССС различного назначения; свойства ССС и методы их определения.

Словарь включает также тематический указатель терминов и пять приложений:

- перечень стандартов «Отечественные нормативные документы, регламентирующие требования к материалам для ССС и к строительным растворам» (по состоянию на начало 2004 г.);
- торговые марки функциональных добавок для ССС некоторых зарубежных производителей;
- русско-английский словарь терминов, использованных в словаре;
- англо-русский словарь терминов, использованных в словаре;
- сокращения, единицы измерений, используемые в словаре.

Словарь предназначен для технологов предприятий—производителей ССС, менеджеров по продажам, строителей, а также студентов и слушателей учебных центров, вузов и училищ, специализирующихся в этой области.

Информация СП ССС

В.Ю. МУРОГ, инженер, П.Е. ВАЙТЕХОВИЧ, канд. техн. наук,  
Белорусский государственный технологический университет (Минск)

## Влияние домола цемента на прочность бетонных изделий

Одним из перспективных направлений практического повышения полезных свойств вяжущих веществ является их активация. Она ведет к увеличению удельной поверхности вяжущих, изменению поверхностной структуры частиц, возникновению физических дефектов в подрешетках и решетках минералов, ускоряющих элементарные взаимодействия поверхностного слоя с водой [1–2].

Увеличение дисперсности цемента является одним из основных направлений повышения его качества. Быстротвердеющие высокопрочные цементы должны иметь удельную поверхность порядка 4000–5000 см<sup>2</sup>/г [3–6]. Однако с увеличением удельной поверхности свыше 3000 см<sup>2</sup>/г при измельчении строительных материалов в обычных традиционных помольных системах сухим способом резко снижается производительность мельниц, а рост удельных энергозатрат пропорционален удельной поверхности в степени 1,5–2. Поэтому жизнеспособной является такая технология механоактивации, которая определяется не столько возможностью создания новых, пусть даже с уникальными свойствами, материалов, сколько условием экономической целесообразности их получения.

Для изучения возможности использования активированного цемента в промышленных условиях опытные образцы на основе исходного и активированного вяжущих формовались двумя способами: виброуплотнением (из бетонной смеси, используемой для производства объемных железобетонных изделий) и прессованием (из бетонной смеси, используемой при производстве тротуарных плит). Для формования лабораторных образцов моделировали заводские условия.

В качестве исходного вяжущего был принят промышленный цемент марки М 400 ГОСТ 30515–97. Активированный цемент получали путем однократной обработки в пятирядном дисмембраторе при частоте вращения ротора 6000 мин<sup>-1</sup>. Линейная скорость ротора при этом составляла 50 м/с.

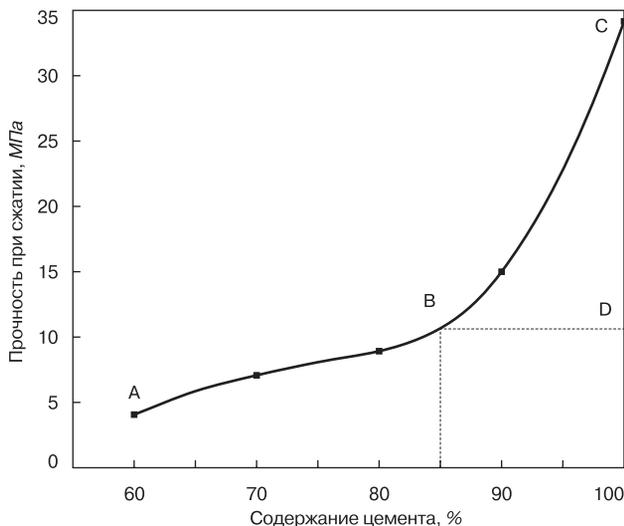


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии виброуплотненных бетонных образцов от содержания активированного цемента

Экспериментальный дисмембратор представляет собой аппарат с подвижным ротором, на котором смонтировано три концентрических ряда цилиндрических пальцев. Диаметр расположения наружного ряда пальцев составляет 150 мм. На крышке смонтировано два концентрических ряда неподвижных пальцев, входящих в пространство между рядами подвижных пальцев ротора.

Частица, попавшая в дисмембратор, сначала сталкивается с одним из пальцев первого (внутреннего) ряда и разрушается при этом на несколько частей. Осколки отбрасываются по касательной к окружности вращения этого ряда пальцев и сталкиваются с неподвижными пальцами второго ряда. После вторичного разрушения осколки отбрасываются в зону вращения третьего ряда подвижных пальцев, где вновь разрушаются. После прохождения всех рядов пальцев измельченный материал выбрасывается в кожух дисмембратора и опускается вниз к выходному отверстию.

В результате домола цемента происходит увеличение его удельной поверхности от 2500 см<sup>2</sup>/г (исходного цемента) до 4900 см<sup>2</sup>/г (активированного). Определение удельной поверхности цемента проводилось на ПСХ-8А.

Опытные образцы изготавливались из пластичного песчано-цементного раствора (состав по массе: одна часть цемента к трем частям песка фракции 0,25–2,5 мм, В/Ц 0,6). При формовании образцов на основе активированного цемента данное соотношение изменялось в сторону уменьшения содержания вяжущего (рис. 1).

Приготовленный раствор нормальной густоты укладывался в гнезда металлической формы, а затем уплотнялся на виброплощадке с горизонтальными колебаниями (амплитуда 12 мм, частота 120 мин<sup>-1</sup>). После одноминутной вибрации площадку выключали. Смоченным ножом срезался излишек раствора вровень с краями формы. Полученные образцы в формах хранили в ванне с гидравлическим затвором в течение 24±2 ч. После этого образцы извлекались из форм и укладывались в ванну

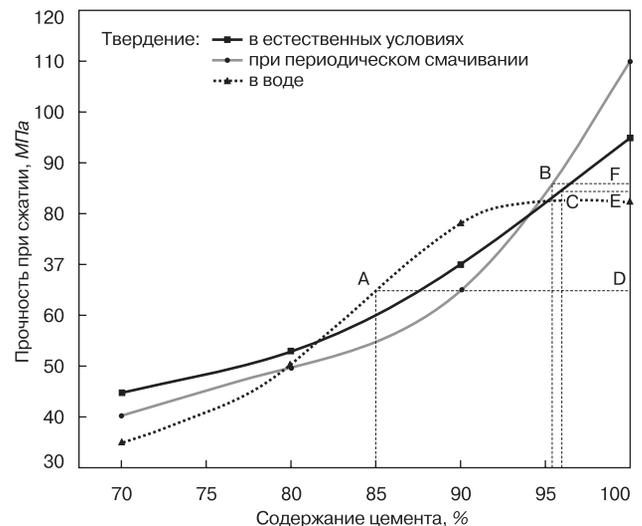


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии от содержания активированного цемента прессованных бетонных образцов

с водой, где хранились до момента испытаний. Количество воды в ванне было в четыре раза больше объема образцов. Температура воды в ванне поддерживалась  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Испытание образцов на сжатие проводилось после 7-суточного твердения по стандартной методике на гидравлической измерительной системе СИ-2-100-УХЛ 4.2. Скорость нагружения составляла 5 кН/с. Предел прочности при сжатии вычислялся как среднее арифметическое результатов испытаний семи образцов.

Опытные образцы из массы, используемой при производстве плит для тротуаров (состав по массе: одна часть цемента к трем с половиной частям песка при В/Ц 0,37), изготавливались путем прессования в металлических формах. Прессование проводилось на гидравлическом прессе при удельном давлении прессования 19,6 МПа.

Для получения более полной информации о процессах, протекающих при твердении бетона в различных условиях, прессованные образцы были разбиты на три группы.

1. Образцы, твердевшие в ванне с гидравлическим затвором в естественных условиях (без соприкосновения с водой).
2. Образцы, твердевшие в ванне с гидравлическим затвором при периодическом (через каждые два часа в течение всего времени твердения) смачивании водой ( $0,5 \pm 0,1$  мл воды на  $1 \text{ см}^2$  поверхности образца).
3. Образцы, твердевшие в ванне с гидравлическим затвором под слоем воды (объем воды в четыре раза превосходил объем образцов). Температура воды в ванне поддерживалась  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Испытание образцов на сжатие проводилось после 7-суточного твердения. Определение прочности при сжатии проводилось аналогично, как и для виброформованных образцов.

Зависимость прочности опытных образцов от содержания активированного цемента в смеси при различных способах формирования и твердения приведена на рис. 1 и 2.

На графике зависимости прочности виброуплотненных образцов от содержания цемента в смеси (рис. 1) прямой ВD обозначена прочность образцов на основе неактивированного цемента. Содержание исходного цемента в этом случае составляет 100%. Точка С соответствует содержанию в смеси 100% активированного цемента. Как видно из графика, прочность виброуплотненных образцов на основе активированного цемента почти в три раза выше, чем прочность образцов на основе исходного цемента при одинаковом содержании вяжущего в бетонной смеси. Однако основной экономический эффект от использования активированного цемента достигается не за счет повышения прочности получаемых изделий, а за счет снижения расхода цемента при получении равнопрочных изделий. Для данного случая, как это видно из графика, экономия цемента за счет активации составляет 15% (точка В).

На графике зависимости прочности прессованных образцов от содержания активированного цемента (рис. 2) точка С показывает равную прочность образцов, сформованных на основе активированного цемента и твердевших в естественных условиях, с образцами на основе исходного цемента (их прочность показана отрезком СЕ); точка В — аналогично для образцов, твердевших при периодическом смачивании (прочность образцов на основе исходного цемента показана отрезком ВF); точка А — для образцов, твердевших под слоем воды (прочность образцов на основе исходного цемента показана отрезком AD).

Как видно из графика, в первом случае (естественное твердение образцов) при одинаковом содержании исходного и активированного цемента в бетонной смеси наблюдается увеличение прочности образцов на основе активированного цемента на 16% либо снижение

расхода активированного цемента на 5–6% при получении равнопрочных образцов; во втором случае (твердение при периодическом смачивании) — увеличение прочности на 35% либо снижение расхода цемента на 7%; в третьем (твердение под слоем воды) — увеличение прочности на 27% либо снижение расхода активированного цемента на 16%.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что оптимальным методом получения виброуплотненных изделий на основе активированного цемента с точки зрения уменьшения расхода вяжущего является их твердение в воде, что, однако, не всегда удобно с практической точки зрения.

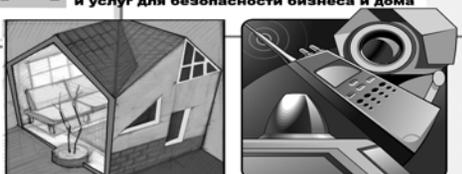
Как видно из полученных результатов, использование активированного цемента позволяет повысить прочность бетонных изделий при одинаковом содержании цемента в смеси на 16–35% (в зависимости от способа формирования и условий твердения изделий) либо снизить расход цемента на 5–15% при получении равнопрочных изделий.

#### Список литературы

1. *Авакумов Е.Г.* Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука. 1986. 305 с.
2. *Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н.* Активация минералов при измельчении. М.: Недра. 1988. 208 с.
3. *Дмитриева В.А., Акунов В.И.* Механохимическая активация многокомпонентных цементов // Цемент. 1981. № 10. С. 18–19.
4. *Кузнецова Т.В.* Новые составы и способы получения специальных цементов // Цемент. 1980. № 12. С. 17–19.
5. *Кузнецова Т.В., Кравченко И.В.* Теоретические основы получения специальных цементов // Цемент. 1982. № 9. С. 17–19.
6. *Полак А.Ф., Бабков А.В.* Влияние дисперсности цемента на прочность его гидрата // Цемент. 1980. № 9. С. 15–17.

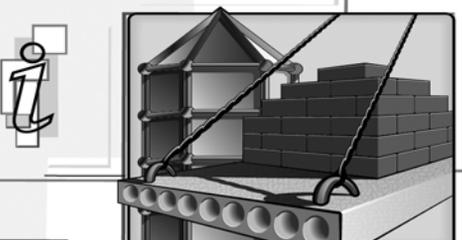
**МИР НЕДВИЖИМОСТИ**  
3-й салон недвижимости и дизайна интерьеров

**МИР БЕЗОПАСНОСТИ**  
5-я специализированная выставка оборудования и услуг для безопасности бизнеса и дома



**16-18**  
СЕНТЯБРЯ  
**2004**

**Тверь**  
Дворец спорта  
**“ЮБИЛЕЙНЫЙ”**



**Стройэкспо**  
8-я специализированная строительная выставка

**(0822) 33-52-07, 49-08-09 WWW.MAXINFORM.RU**

Ю.И. ГОНЧАРОВ, д-р техн. наук, Ш.М. РАХИМБАЕВ, д-р техн. наук,  
М.Ю. МАЛЬКОВА, канд. тех. наук, А.С. ИВАНОВ, Л.А. ТЕРСЕНОВА, А.Ю. МОРОЗОВА  
(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

## Коррозионно-стойкие мелкозернистые шлакобетоны

Отечественными и зарубежными специалистами достигнуты значительные успехи в разработке и внедрении в практику эффективных строительных материалов, содержащих доменные гранулированные шлаки. Пик этих исследований приходится на 60-е годы и начало 70-х [1]. В настоящее время после некоторого спада интерес к доменным шлакам как сырьевому компоненту разнообразных строительных материалов значительно возрос [2–7].

Известно, что при твердении цементных бетонов в нормальных условиях поверхность таких заполнителей, как кварцевый песок, гранит, базальт, кварцит в очень незначительной степени вступает в химическое взаимодействие с гидроксидом кальция, содержащимся в водной оболочке контактного слоя, в порах и капиллярах бетонного камня, поэтому сцепление цементной составляющей с заполнителем обусловлено в основном физическими силами, вызванными собственными деформациями. При воздействии перепада температур, агрессивных сред в таких бетонах разрушение структуры начинается именно с контактной зоны вяжущее – заполнитель, и чем крупнее заполнитель, тем этот процесс происходит интенсивнее. Поэтому в настоящее время предпочтение отдается мелкозернистым бетонам на шлаковом заполнителе [2, 3].

В предлагаемой работе представлены результаты разработки технологии мелкозернистых шлакобетонов на основе доменных шлаков Центрального региона России (АО «Новолипецкий МК», ОАО «Тулачермет»), которые практически не используются в широкомасштабном производстве строительных материалов.

По химическому составу исследуемые шлаки относятся к низкоосновным  $M_{осн} = 1,09–1,13$  (табл. 1). Содержание стеклофазы в шлаках составляет от 100% (для тульских) до 85% для новолипецких. Кристаллические фазы представлены микролитами мелилита и мервинита.

Образцы готовились двумя способами: виброуплотнением и полусухим формованием. Использовались следующие активаторы твердения: портландцемент, жидкое стекло, гидратная известь и смесь гидратной извести с полугидратом сульфата кальция. Твердение осуществлялось при комнатной температуре в водной среде и при пропаривании 90°C.

Коррозионная стойкость определялась в 1%-ном растворе  $MgSO_4$  и в растворе морской соли с солесностью 34‰. Кроме того, определялись влагостойкость, водостойкость, водопоглощение, механическая прочность при сжатии и изгибе, истираемость, морозостойкость.

Оптимальное соотношение шлакового вяжущего и заполнителя в ви-

де доменного гранулированного шлака ( $M_k = 2,5$ ) определялось с учетом качественного и количественного состава активатора и технологических свойств бетонной смеси: водоцементное отношение для полусухого формования 0,12, для виброуплотнения 0,3–0,33; сроки схватывания: начало – 1 ч 35 мин, конец – 3 ч 20 мин; осадка конуса для метода виброуплотнения 1–2 см, для полусухого формования жесткость 150–200 с.

Полученные шлакобетоны мало восприимчивы к действию ЛСТ, С-3, реотана, что обусловлено низкой адсорбцией указанных ПАВ на частицах шлака, поверхность которых содержит много отрицательно заряженных активных центров, вызывающих отталкивание анионов ПАВ. В то же время шлакобетонные смеси отличаются повышенным распылением при достаточно низких водотвердых отношениях, так как низкоосновные шлаковые вяжущие вызывают эффект разжижения бетонной смеси благодаря взаимному отталкиванию содержащих одноименно заряженных центров вяжущего и заполнителя. Поэтому отпадает необходимость использования неэкологических добавок С-3 и сходных с ним пластификаторов.

Физико-механические свойства мелкозернистых шлакобетонов оптимального состава приведены в табл. 2.

Высокие показатели долговечности (приведены ниже) обусловлены образованием низкоосновных гидросиликатов кальция при твердении шлакобетонов, растворимость которых составляет 0,1–0,3 г/л, тогда как в структуре традиционных бетонов на клинкерных цементах преобладают высокоосновные гидросиликаты, растворимость которых 1,1 г/л и более.

Коэффициент влагостойкости после 12 мес переменного водонасыщения и высушивания . . . 1,05  
Коэффициент коррозионной стойкости после 12 мес нахождения в 1%-ном растворе  $MgSO_4$  . . . . . 1,05  
Коэффициент морозостойкости после 40 циклов замораживания-оттаивания в 5% растворе NaCl . . . . . 1,1  
Истираемость,  $г/см^2$  . . . . . 1,1

Коэффициент стойкости шлакобетонов в растворе морской соли с солесностью 34‰ при переменном водо-

Таблица 1

Наименование предприятия	Химический состав, мас. %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	S
АО «Новолипецкий МК»	40,08	7,5	0,51	41,66	9,35	0,45	0,63	0,41
ОАО «Тулачермет»	40,27	6,67	0,41	45,63	5,32	0,21	0,03	0,73

Таблица 2

Метод формования	Объемная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение*, %	Коэффициент размягчения
Виброуплотнение	2150	9–12	20–30	1,35	0,98
Полусухое формование	2000	6,5–7	45–50	2	0,97

\* После 40 циклов замораживания-оттаивания в 5%-ном растворе NaCl.

насыщении и высушивании составляет в возрасте 3 мес 1,05, а в возрасте 6 мес — 0,74. Поэтому для вышеуказанного вида коррозии рекомендуются составы шлакобетонов с вяжущим на основе глиноземистого цемента.

Шлакобетоны имеют значительное преимущество перед бетонами на традиционных заполнителях, так как шлаковый заполнитель обладает высокой реакционной способностью. Активирующее действие таких разнородных добавок, как портландцемент, жидкое стекло, оксиды и гидроксиды кальция, магния, калия, натрия, обусловлено тем, что все они при взаимодействии с водой выделяют в раствор гидроксильные группы, которые, реагируя с полимерной кремнекислородной сеткой шлакового стекла, вызывают ее распад на более короткие фрагменты вплоть до ортосиликат-ионов. Последние легко переходят в раствор, обнажая новые поверхности частиц шлака для гидратации. Основными гидратными новообразованиями в исследованных составах являются низкоосновные гидросиликаты кальция тоберморитовой группы, обладающие высокой связующей способностью.

Поверхность шлакового заполнителя, подвергаясь щелочной активации вяжущим, покрывается контактными слоями из гидросиликатов кальция, создающих прочное сцепление с

заполнителем. Это приводит к полной коагуляции капиллярных и крупных пор, которые являются основными каналами проникновения агрессивной среды внутрь бетонного изделия. Такая особенность структуры шлакобетонов обуславливает их низкую усадку и ползучесть, повышенную стойкость к динамическим нагрузкам. Тепловыделение при гидратации шлакобетонов в кратное число раз ниже, чем у бетонов на портландцементе, что позволяет использовать их при строительстве наиболее массивных бетонных сооружений, не применяя дорогостоящих методов охлаждения.

В результате проведенных исследований разработаны коррозионно-стойкие, водостойкие составы мелкозернистых шлакобетонов с маркой по прочности М200—М500, по морозостойкости F400, что позволяет рекомендовать полученные материалы при строительстве фундаментов жилых и промышленных зданий, различных подземных сооружений, в том числе тоннелей, использовать при строительстве в районах вечной мерзлоты в условиях экстремальных климатических факторов.

#### Список литературы

1. Волженский А.В., Буров Ю.С., Виноградов Б.Н., Гладких К.В. Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов. М.: Стройиздат. 1969. 391 с.

2. Гончаров Ю.И., Гончарова М.Ю., Клименко В.Г., Иванов А.С. Современные проблемы строительного материаловедения. Сб. материалов Пяťых академических чтений РААСН. Воронеж: ВГАСА. 1999. С. 94—104.
3. Федькин Н.И., Диамант М.И. Высокопрочный мелкозернистый шлакобетон // Бетон и железобетон. 1999. № 4. С. 24—26.
4. Гончаров Ю.И., Рахмбаев Ш.М., Гончарова М.Ю. Шлакобетоны с активным заполнителем // Бетон и железобетон в третьем тысячелетии: Сб. научных трудов научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2000. С. 128—133.
5. Гончаров Ю.И., Иванов А.С., Гончарова М.Ю. Исследование процессов спекания металлургических шлаков // Изв. вузов. Строительство. 2003. № 7. С. 51—55.
6. Каушанский В.Е., Трубицын А.С., Казаков С.Б. Влияние термообработки доменного гранулированного шлака на его размалываемость и активность // Изв. вузов. Строительство. 2003. № 7. С. 58—62.
7. Класен В.К., Борисов И.Н., Класен А.Н., Мануйлов В.Е. Изменение структуры и фазового состава доменных шлаков при нагревании // Изв. вузов. Строительство. 2002. № 4. С. 56—60.

## ДОБАВКИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ БЕТОНОВ И ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

# БЕНО ТЕХ

БЕТОН  
НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ

[www.benotech.ru](http://www.benotech.ru)

- ☞ КОМПЛЕКСНЫЕ
- ☞ ПРОТИВОМОРОЗНЫЕ
- ☞ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИЕ
- ☞ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИЕ
- ☞ ВОЗДУХОВОВЛЕКАЮЩИЕ
- ☞ СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ
- ☞ ПЛАСТИКОВЫЕ ФОРМЫ ДЛЯ ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ

Подробнее на стр. 62

Россия, 630024 Новосибирск, а/я 28, ул. Социалистическая, 67  
Телефон: (383-2) 46-13-16, 46-58-94, факс: (383-2) 19-49-22, 52-49-39, e-mail: [benotech@benotech.ru](mailto:benotech@benotech.ru)

## Бетоны на основе малоцементных вяжущих с использованием дунитов

Оживление российской экономики и развитие строительного комплекса страны ведет к увеличению потребности в строительных материалах. Это обуславливает поиск путей снижения их стоимости, а также расширение минерально-сырьевой базы за счет использования местных сырьевых ресурсов.

Целью данной работы явилось получение тяжелых бетонов с использованием магнезио-силикатного сырья – дунитов. Химический состав дунитов:  $\text{SiO}_2$  – 36,5;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,05;  $\text{MgO}$  – 43,7;  $\text{CaO}$  – 7,01;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 10,3; п.п.п. – 0,6. Общие запасы дунитов Йоко-Довыренского массива (север Бурятии) оцениваются во многие миллиарды тонн. Благоприятный состав дунита позволяет использовать его без предварительного обжига, что упрощает технологию и снижает себестоимость продукции. Поэтому представляло интерес получить тяжелые бетоны, используя дуниты в качестве компонента в малоклинкерном вяжущем.

Предварительно проведенные исследования позволили разработать малоклинкерное вяжущее на основе дунита. Установлен оптимальный состав данного вяжущего, мас. %: 60 – портландцемент, 40 – дунит. Рациональным является помол дунита до величины удельной поверхности  $S_{уд} = 3300 \text{ см}^2/\text{г}$  [1, 2].

Бетон с использованием дунита представляет собой искусственный строительный материал, получаемый в процессе тепловлажностной обработки гомогенной и рационально составленной смеси из вяжущего, заполнителя и воды. Прочность бетона зависит от тех же основных факторов, от которых зависит прочность бетона на основе цементов, т. е. от активности исходного вяжущего, водотвердого отношения, вида и прочности заполнителя, способа уплотнения бетонной смеси, а также от условий твердения.

На основе оптимального состава вяжущего с использованием дунита разрабатывался тяжелый бетон. При определении оптимального состава такого бетона исследовалось влияние технологических факторов, которые оказывают решающее влияние на его качество: дисперсность вяжущего, водотвердое отно-

шение, режим тепловой обработки. Для исследования влияния перечисленных факторов были изготовлены бетонные образцы размером  $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$  при водотвердом отношении 0,6 и наибольшей крупности зерен заполнителей 20 мм из смеси песка ( $M_{кр} = 2,08-2,5$ ) Вольского месторождения, гранитного щебня месторождения Вахмистрово. В качестве вяжущего компонента был принят разработанный портландцемент на основе дунита (патент на изобретение № 2168472. Бюл. № 16 от 10.06.2001).

При изучении зависимости прочности цементных образцов на основе дунита от величины удельной поверхности вяжущего установлено, что оптимальной тонкостью помола вяжущего является область величины удельной поверхности от 2400 до 3300  $\text{см}^2/\text{г}$ . Максимальная прочность при сжатии достигается при удельной поверхности вяжущего 3300  $\text{см}^2/\text{г}$ , дальнейшее увеличение тонкости помола приводит к постепенному снижению прочности. Таким образом, при определении оптимального состава тяжелого бетона дисперсность вяжущего составляет 3300  $\text{см}^2/\text{г}$ .

Исследованиями установлено, что для получения максимальной прочности после твердения в течение 28 сут и после тепловлажностной обработки оптимальным является водотвердое отношение 60%.

Нами изучалось влияние режимов тепловлажностной обработки на прочность получаемого материала. Изготовленные по ранее изложенной методике образцы бетонов пропаривали в пропарочной камере при разных режимах 6, 8, 10 ч, скорость подъема температуры внутри камеры 20°C/ч, охлаждение 2 ч. Было отмечено, что время пропаривания оказывает существенное влияние на прочность при сжатии. Установлено оптимальное время тепловой обработки 8 ч при  $V/C = 0,6$ .

Таким образом, можно рекомендовать изготовление бетонов на основе малоцементного вяжущего с использованием дунитов по сокращенному режиму пропаривания 1+5+2 ч при  $V/C = 0,6$ . Данные параметры также были определены методом математического планирования эксперимента. Был принят ли-

нейный план эксперимента при числе факторов, равных 2, где  $X_1$  – продолжительность тепловой обработки,  $X_2$  – водовяжущее отношение. Определено, что тяжелый бетон на основе дунита должен иметь  $V/C = 0,6$  при 8-часовой продолжительности тепловой обработки.

Для обеспечения оптимальности состава бетона его подбор должен базироваться на основных закономерностях технологии бетона – зависимости прочности бетона от  $V/C$  и зависимости подвижности смеси от расхода воды. За оптимальный состав тяжелого бетона можно принять следующий состав основных компонентов, мас. %: вяжущее на основе дунита – 14, кварц-полевощпатовый песок – 24, гранитный щебень – 56, вода – остальное.

Технологическими параметрами, обеспечивающими получение тяжелого бетона с оптимальными характеристиками, являются: формирование образцов вибрированием в течение 20 с; хранение образцов в формах 1 сут при температуре 20°C; пропаривание по режиму 1+5+2 ч при температуре 90°C; охлаждение пропаренных образцов – 2 ч.

Нами были исследованы следующие свойства тяжелого бетона: предел прочности при сжатии, плотность, водостойкость, морозостойкость.

Предел прочности при сжатии измерялся после 28 сут нормального твердения и после тепловлажностной обработки в пропарочной камере. Испытания проводились по стандартной методике. Для сравнения использовали показания прочности образцов, изготовленных из обычного тяжелого бетона на основе портландцемента марки М400 Тимлюйского цементного завода. При этом все образцы были стандартных размеров  $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$  и хранились в нормально-влажностных условиях в течение 28 сут при температуре помещения 22°C, а также подвергались тепловлажностной обработке по мягкому режиму твердения. Основные физико-механические свойства тяжелых бетонов приведены в таблице.

По результатам испытаний у тяжелого бетона наблюдался наибольший рост прочности после 28 сут

нормального твердения — 26,4 МПа, а при тепловлажностной обработке — 25,1 МПа. Для контрольных образцов характерен незначительный прирост прочности при сжатии после 28 сут нормального твердения по сравнению с испытываемыми бетонами на основе малоцементного вяжущего. При хранении образцов в нормальных условиях в течение года прочность бетонов на основе дунита на 26,5% выше, чем у контрольного образца.

Плотность тяжелого бетона практически не отличается от показателей обычных бетонов и составляет 1,99–2,03 т/м<sup>3</sup>.

Определение водостойкости проводили по ГОСТ 7025–81. Испытания показали, что бетон на основе малоцементного вяжущего обладает достаточной водостойкостью, которая оценивается коэффициентом размягчения, равным 0,82–0,85. У контрольных образцов из обычного бетона водостойкость на вторые сутки составила 0,8–0,82, при дальнейшем хранении в воде прочность снижается.

При определении морозостойкости изготовленные бетонные образцы размером 10×10×10 см подвергались испытанию после 28-суточного твердения в нормально-влажностных условиях и после тепловлажностной обработки. Основ-

Свойство	Тяжелый бетон на основе дунита М 250–300	Обычный бетон М 250
Предел прочности при сжатии после ТВО (режим обработки 1+5+2 ч), МПа через 28 сут через 1 год	25,1	24,7
	26,4	26,9
	29,6	23,4
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1990–2030	2250–2310
Водоцементное отношение, %	60	60
Морозостойкость, цикл	25	50
Водостойкость, К <sub>разм</sub>	0,85–0,87	0,8–0,82
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,76	0,91

ные и контрольные образцы за четыре дня до начала испытания на морозостойкость помещали в ванну с водой при температуре 15–20°С. Насыщенные водой образцы помещали в морозильную камеру с температурой ниже (–15)°С. Продолжительность одного замораживания образцов составляла 4 ч, после чего испытываемые образцы погружали на 4 ч в воду. Результаты испытаний указывают на потерю прочности бетонов на основе малоцементного вяжущего в пределах 10–13% в интервале 25–50 циклов. Установлено, что морозостойкость бетонов составляет F 25.

Таким образом, на оптимальных составах вяжущего получены тяжелые бетоны со следующими физико-

техническими свойствами: средняя плотность 1990–2030 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии 25–27 МПа, коэффициент водостойкости 0,85–0,87, теплопроводность 0,76 Вт/(м<sup>2</sup>·°С), морозостойкость — 25 циклов. Бетоны можно использовать при производстве фундаментных блоков, внутренних стеновых панелей.

#### Список литературы

1. Худякова Л.И., Константинова К.К., Нархинова Б.Л. Вяжущие материалы на основе дунита // Строит. материалы. 2000. № 8. С. 33–34.
2. Худякова Л.И., Константинова К.К., Нархинова Б.Л. Малоэнергоемкие вяжущие с использованием дунитов // Строит. материалы. 2002. № 2. С. 11–12.



# ЖКХ

## РОССИИ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# ЖКХ РОССИИ

## 9-12 ноября 2004 г.

Санкт-Петербург, ВК «Ленэкспо», Гавань, павильон № 5

**Тематика:**

- инженерные системы
- приборы коммерческого учета энергоносителей
- строительные материалы и оборудование
- промышленное и гражданское строительство
- альтернативные ремонтно-жилищные службы
- коммунальная техника, лифтовое оборудование и спец-транспорт
- современные информационные технологии для организационно-финансовой деятельности ЖКК

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ:



ОРГКОМИТЕТ

Россия, 199106, Санкт-Петербург, В.О., Большой пр., 103.  
Тел: +7 (812) 321-28-95, 321-27-60, 321-28-23  
факс: +7 (812) 321-28-95, 321-28-23  
E-mail: expocity@mail.wplus.net; www.gkh-russia.ru

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР



## Зависимость адгезии полимерных покрытий от свойств лакокрасочных материалов и особенностей бетонного субстрата

Научно-технический прогресс способствует изменению физических, химических и биотических характеристик окружающей среды. В результате в строительных материалах зданий, конструкций и сооружений более интенсивно происходят качественные и количественные изменения. Происходящие изменения зависят от характеристик этих материалов и особенностей воздействующей на них среды.

Большинство строительных материалов имеет пористую структуру (бетон, керамические, природные каменные и другие материалы), поэтому их взаимодействие с агрессивной средой и разрушение происходит как на поверхности, так и на глубине проникания окружающей среды.

В результате комплексного химического, физико-химического и биотического воздействия среды на строительные материалы происходит частичное растворение и вымывание самих материалов и продуктов их взаимодействия. Такие изменения химического состава строительных материалов являются причиной изменения их структуры и, следовательно, изменения их функциональных свойств.

Выполненные до настоящего времени наблюдения показывают, что от 6 до 9% строительных конструкций промышленных зданий и сооружений ежегодно выходит из

эксплуатации или требует ремонта и восстановления из-за коррозионных разрушений.

Результаты исследований и опыт производственной эксплуатации показали, что наиболее надежной защитой бетона от воздействия окружающей среды является изоляция его поверхности полимерными покрытиями. Но в процессе эксплуатации адгезия полимерных покрытий зачастую резко уменьшается, что приводит к их отслоению.

Начальная величина адгезии полимерных покрытий и ее стабильность в процессе эксплуатации зависит от многих факторов. Величина адгезии покрытий зависит как от свойств его полимерной основы и особенностей воздействующей среды, так и от особенностей бетонной поверхности. Бетонная поверхность характеризуется специфическими свойствами: шероховатостью, пористостью, влажностью, определенной щелочностью, наличием и возможностью образования и раскрытия кратковременно и длительно действующих трещин и др. [1].

Согласно существующей молекулярной теории наибольшая адгезия между адгезивом и субстратом достигается при образовании химических связей – ковалентных, ионных, координационных [2].

Химические силы могут быть весьма значительны. Их энергия

может составлять от нескольких десятков до сотен кДж/моль, что обеспечивает высокую начальную адгезию между взаимодействующими материалами.

Однако при изоляции бетона редко удается подобрать полимерные покрытия, обеспечивающие химическое взаимодействие между ними. Сложность вызвана многими причинами, и в первую очередь особенностями бетона: многокомпонентностью его состава, первоначально высоким и постепенно уменьшающимся значением pH, легко изменяющейся влажностью, постепенным появлением на поверхности прокорродированного слоя и др.

Существенное значение при выборе полимерного покрытия имеют условия эксплуатации железобетонных конструкций. Покрытия выбираются, как правило, в зависимости от характера воздействующей на бетон среды [3, 4]. Однако рекомендуемые покрытия для данных условий эксплуатации конструкций редко могут образовывать химические связи с бетоном. Отсюда и следует низкая адгезия лакокрасочных покрытий к бетону и часто быстрое их отслоение (1–3 года) от его поверхности в процессе эксплуатации.

Другие формы межмолекулярного взаимодействия (водородная, донорно-акцепторная, дисперсионная и др.), которые могли бы обес-

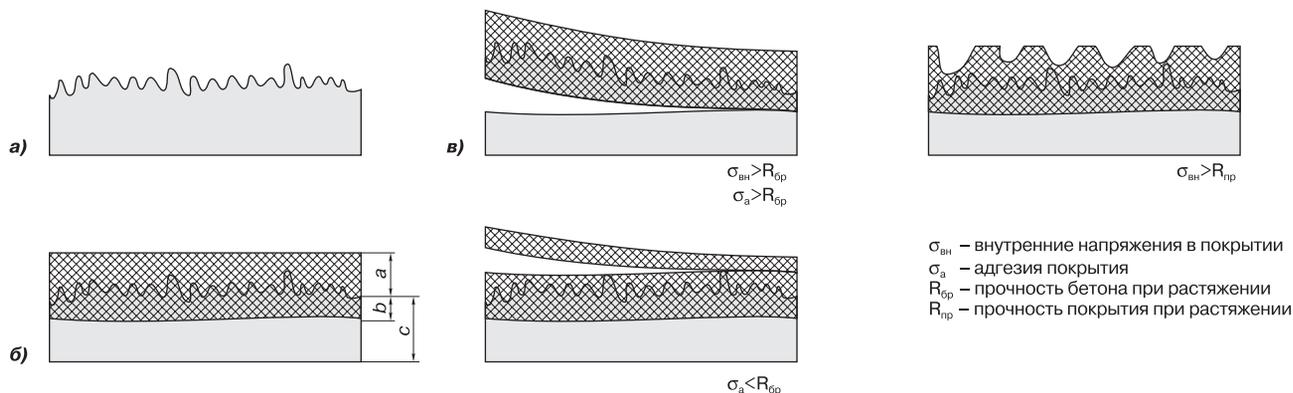


Рис. 1. Виды взаимодействия лакокрасочных материалов с поверхностным слоем бетона: а – пористая структура бетона; б – пропитанный бетон; а – толщина полимерного покрытия; б – толщина пропитанного слоя бетона; с – толщина бетонного изделия; в – характерные случаи отслоения и разрушения полимерного покрытия

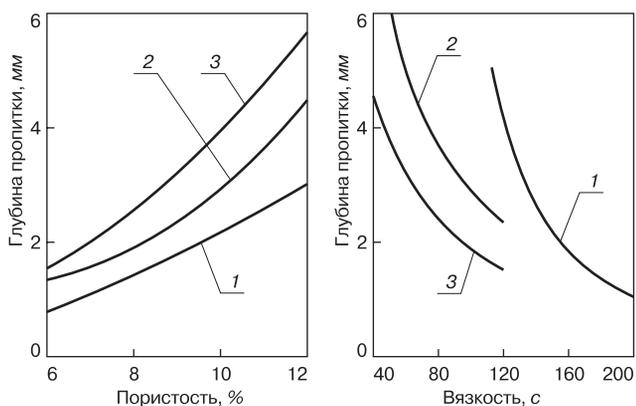


Рис. 2. Зависимость глубины пропитки бетонного подслоя от пористости бетона и вязкости полимера

печивать высокую адгезию, тоже не всегда возможны ввиду различных свойств полимера и бетона.

В случае неполярности субстрата или полимера адгезия между ними вообще не может существовать. Но даже в случае межмолекулярного взаимодействия между полимером и бетонным субстратом и образования сильных связей высокая адгезия между ними не может сохраниться достаточно долго. Еще на стадии формирования адгезионного соединения возникают различные дефекты – потенциальные очаги будущего разрушения. Ими могут быть различные загрязнения, оставшиеся на поверхности субстрата; не заполненные адгезивом углубления; воздушные включения; продукты, выделившиеся в процессе склеивания и скопившиеся на границе раздела; поры, оставшиеся после улетучивания растворителей; трещины, возникшие в процессе усадки; различные коэффициенты линейного и объемного расширения адгезива и субстрата.

В процессе эксплуатации адгезионные соединения подвергаются также воздействиям механических нагрузок, внутренних напряжений, повышенных температур, растворителей, влаги и т. д. В этих условиях зачастую дисперсионных сил недостаточно для обеспечения работоспособности адгезионного соединения. Теоретически любое вещество, способное хорошо смачивать подложку, а затем затвердевать, может служить клеем. На практике же к адгезивам предъявляют множество требований, что приводит к необходимости поиска и создания специальных веществ и составов, способных удовлетворять комплексу разнообразных, противоречивых требований [5].

Выполненные исследования позволили установить, что для обеспечения длительной высокой адгезии полимерных лакокрасочных покрытий к бетонному субстрату оп-

ределяющее значение имеют как структура, свойства и состояние последнего, так и свойства грунтового состава и его пленкообразующего полимерного вещества.

Основными особенностями бетонной поверхности (при заданной прочности, щелочности и полного отсутствия на ней загрязнений), которые влияют на величину адгезии полимерных покрытий, являются влажность, шероховатость и открытая поверхностная пористость.

Основными свойствами лакокрасочных полимерных составов, которые влияют на величину адгезии покрытий, являются вязкость, глубина максимально возможной пропитки и свойства пленкообразующего полимера. Исходя из вышеперечисленных особенностей бетонного субстрата и полимерных лакокрасочных покрытий были выполнены исследования по выбору оптимальных условий, обеспечивающих максимальную адгезию между ними.

Характерные случаи взаимодействия лакокрасочных материалов с поверхностным слоем бетона и отслоения лакокрасочных покрытий от его поверхности показаны на рис. 1.

Результаты исследований также свидетельствуют о существенной зависимости адгезии полимерных лакокрасочных покрытий как от их свойств, так и от особенностей и свойств бетонного субстрата.

Анализ полученных результатов показывает (рис. 2), что глубина пропитки ( $h$ , мм) слоя бетонного субстрата (при влажности  $V = 0$ ) в значительной степени зависит от его пористости ( $P$ , %), а также от вязкости ( $\eta$ , с) и типа полимера лакокрасочного грунта (1 – грунт на основе хлорсульфированного полиэтилена, 2 – полиуретановый грунт, 3 – эпоксидный грунт).

Но от величины пористости в значительной степени зависят прочностные свойства бетона и его проницаемость, поэтому она лимитируется определенными предельными.

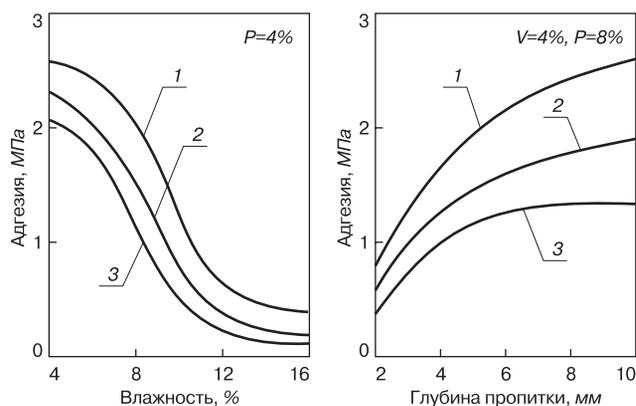


Рис. 3. Зависимость адгезии лакокрасочного покрытия от влажности бетонного субстрата и глубиной пропитки бетонного подслоя

тируется определенными предельными. Пределы вязкости лакокрасочных материалов, в том числе грунтов, также лимитированы их технологическими свойствами (тиксотропностью, особенностями оборудования для нанесения, требованиями к равномерности нанесения и др.), поэтому глубина пропитки бетонного субстрата не может быть изменена в широких пределах.

Зависимость связи между величиной адгезии ( $\sigma_a$ , МПа) лакокрасочного покрытия, влажностью бетонного субстрата ( $V$ , %), глубиной его пропитки ( $h$ , см) и типа полимера показаны на (рис. 3). Выявленная взаимосвязь свидетельствует о том, что независимо от типа полимера лакокрасочного грунта максимальная адгезия последнего обеспечивается при влажности бетонного субстрата менее 4% и при глубине его пропитки в пределах 4–8 мм.

Выявленные зависимости достоверны для лакокрасочных покрытий на синтетических связующих и позволяют выбрать условия, обеспечивающие максимальную их адгезию к бетонному субстрату.

#### Список литературы

1. СНиП 04.03–85. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. М., 1986. 28 с.
2. Руссу И.В. Повышение адгезии лакокрасочных покрытий к бетону // Промышленное и гражданское строительство. 2003. № 1. С. 44–46.
3. Степанова В.Ф., Соколова С.Е., Полушкин А.Л. Выбор критериев оценки и основных показателей качества антикоррозионных покрытий бетона // Строит. материалы. 2000. № 10. С. 12–13.
4. СНиП 2.03.11–85. Защита строительных конструкций от коррозии. М., 1986. 45 с.
5. Солтамбеков К.Т. и др. Когезионные свойства полимерцементной клеевой композиции // Строит. материалы. 2001. № 4. С. 6–7.

## Моделирование и оптимизация в материаловедении

22–23 апреля 2004 года в г. Одессе (Украина) состоялся очередной 43-й Международный семинар по моделированию и оптимизации композитов (МОК'43). Эти семинары традиционны и проводятся по решению президента Международной инженерной академии (МИА) Научным советом по компьютерному материаловедению МИА совместно с кафедрой процессов и аппаратов Одесской государственной академии строительства и архитектуры (ОГАСА) и Центром научно-технического творчества молодежи ОГАСА. Материалы МОК'43 охватывают проблемы компьютерного материаловедения, моделирования и оптимизации в строительном материаловедении и металлургии, строительных конструкций и систем. Многие годы научным руководителем и вдохновителем семинаров является заслуженный деятель науки и техники Украины, профессор, доктор технических наук, академик **Виталий Анатольевич Вознесенский**.

На заседаниях МОК'43 были рассмотрены следующие темы:

- элементы компьютерного материаловедения;
- моделирование и оптимизация в строительном материаловедении;
- моделирование, прогнозирование и оптимизация в металлургии;
- строительные конструкции и системы.

Во вступительном слове председатель оргкомитета и Научного совета по компьютерному моделированию МИА **В.А. Вознесенский** сделал краткий обзор достигнутый в области моделирования за последний год и отметил успехи, сделанные молодыми слушателями семинаров, – защиты кандидатских и докторских диссертаций.

Теме повышения эффективности бетона за счет рациональной модификации добавками на основе знания закономерностей структурообразования цементных систем и многофакторного моделирования составов и режимов его получения и эксплуатации был посвящен доклад канд. техн. наук **С.В. Коваля** (ОГАСА). Докладчиком предложена основанная на экспериментально-статистической модели (ЭСМ) технология управления сроками твердения, физико-химическими характеристиками, однородностью в конструкциях и надежностью при эксплуатации в агрессивных средах, модифицированных добавками бетонов.

Декан строительного-технологического факультета ОГАСА канд. техн. наук **И.В. Барабаш** сделал доклад «Бетоны на механоактивированных минеральных вяжущих». Несмотря на большое число исследований на эту тему, автору удалось предложить неординарную схему механоактивации полиминеральных и полидисперсных вяжущих, связанную с обработкой их поверхности без разрушения частиц. В разработанном аппарате за счет совместного действия диффузорного характера течения в расширяющейся вертикальной трубе с принудительным горизонтальным перемещением слоев жидкости с образованием вихревых зон создаются условия сложного и пересекающегося движения частиц. В этом случае

при каждом последующем соударении активируются новые участки поверхности частиц. Проведенные исследования на различных вяжущих показали, что активация приводит к повышению прочностных характеристик получаемых изделий, сокращению времени и температуры изотермической выдержки. Применение трибоактиваторов позволит экономить энергетические ресурсы. Большую дискуссию и неоднозначную оценку участников семинара вызвал механизм механоактивации, предложенный докладчиком, что не снижает практической ценности работы.

О разработке нового оборудования для механического торкретирования рассказал профессор кафедры механизации строительных процессов Харьковской государственной академии городского хозяйства **М.Г. Дюженко**. Данная разработка запатентована в Украине и России. Оригинальность предложенного безвихревого двухроторного метателя состоит в том, что каждый ротор для переработки смеси снабжен эластичными трубчатыми элементами, взаимодействующими между собой подобно колесам зубчатой передачи. Поэтому в любом положении на валах относительно друг друга роторы контактируют между собой так, что зазор между ними всегда перекрыт. Такое техническое решение, при котором не происходит захват и перемещение воздушных масс с образованием вихрей, исключает потери материала и нарушение экологии в окружающем пространстве. Простота исполнения и возможность быстро приспособить безвихревой роторный метатель для конкретной строительной площадки обусловит его широкое применение.

Профессор, доктор наук **Збигнев Сикора** из Гданьского технологического университета (Польша) представил новый экспериментальный стенд, позволяющий решать задачи механики грунтов при смещении и вращении Т-S (Taylor-Schneebeli) зерен. Данный стенд позволяет решать три основные задачи. Во-первых, проводить испытания для больших ансамблей Т-S зерен (микроанализ) при равномерном напряжении (изменяемые размеры 80×100 см по высоте и ширине



Все доклады широко обсуждались участниками семинара. На снимке: слева выступает д-р техн. наук Т.В. Ляшенко; справа – д-р техн. наук Л.Г. Филатов



С докладом «Оптимизация бетонов, модифицированных полифункциональными добавками» выступает С.В. Коваль

соответственно). Во-вторых, регистрировать и измерять данные при основных граничных условиях (макроанализ). В-третьих, проводить эксперименты при двусложном сжатии.

О работах, проводимых в национальном университете «Львовская политехника» (Украина) и в Варминско-Мазурском университете в Ольштыне (Польша), рассказал профессор, доктор техн. наук **Ю.И. Орловский**. Это разработка новых методов прогнозирования технических ресурсов строительных материалов и конструкций, создание специальных видов бетонов, серных и дренажных бетонов. Как отметил докладчик, в последнее время при пожарах чаще наблюдается хрупкое взрывоопасное разрушение бетона. Характерным примером может быть пожар в тоннеле под Ла-Маншем в 1999 г., который продолжался 10 часов. Эффективным способом защиты бетонов при огневом воздействии, по мнению докладчика, является их дисперсное армирова-

ние волокнами со стороны нагреваемой поверхности на глубину 1–2 см. Другим успешно развиваемым направлением является модификация серного вяжущего и оптимизация свойств серных цементов и бетонов. Третьим направлением является разработка огнезащитных вспучивающихся покрытий из термопластов на основе полимерной серы.

О работах, проводимых в Новосибирском аграрном университете, рассказал декан факультета государственного и муниципального управления, заведующий кафедрой теоретической и прикладной физики доктор технических наук **Пичугин А.П.** Особенно актуальной в настоящее время в Сибирском регионе является проблема сохранения тепла, решение которой зависит от правильного устройства ограждающих элементов зданий. В докладе была предложена математическая модель теплопередачи бетона с интегральной структурой.

Одесским семинарам присущ высокий научный и практический уровень докладов и сообщений. Большой интерес участников вызвали работа О.Л. Дворкина из Ровно «Многопараметрическое проектирование составов бетонов», презентация книги А.В. и Н.В. Мишутиных «Повышение долговечности бетонов тонкостенных конструкций плавучих и портовых гидротехнических сооружений» и др.

Семинары МОК, по мнению участников, являются хорошей школой повышения квалификации для научных работников и преподавателей, местом для обмена результатами исследований и новыми разработками, рождения новых идей и научных направлений. В ходе дискуссий были выработаны рекомендации по дальнейшему расширению работ в области компьютерного моделирования и оптимизации в материаловедении, а также определена дата проведения следующего семинара МОК'44.

	<p><b>Ведущие региональные строительные выставки</b></p>	
<p><b>21-24 сентября 2004</b></p>		
<p>3-я Специализированная Выставка <b>СТРОИТЕЛЬСТВО УРАЛ</b></p>		
<p><b>Екатеринбург, ВЦ КОСК "РОССИЯ"</b></p>		<p><b>2004</b></p>
<p>Организаторы:</p> <p>RTE - Moscow Тел.: +7 (095) 101-4407 Факс: +7 (095) 105-7504 E-mail: build@rte-expo.ru http:// www.rte-expo.ru</p> <p>RTE - Ural г. Екатеринбург Тел.: +7 (3432) 179-069 Факс: +7 (3432) 179-067 E-mail: build@rte-ural.ru</p>	<p>При поддержке:</p>	<p>Информационные спонсоры:</p>

# «Строительство и ремонт» в Перми – крупнейшая выставка Урала и Поволжья



11–15 мая 2004 г. в Перми прошла **10-я юбилейная выставка «Строительство и ремонт-2004»** – заметное событие в строительном комплексе Прикамья. Ее традиционно проводит выставочный центр «Пермская ярмарка» под патронажем Торгово-промышленной палаты Российской Федерации и при поддержке Комитета строительства, архитектуры и градостроительства Пермской области, ассоциации «Пермские строители», администрации Перми, Пермского филиала ФГУ «Лицензионный центр при Госстрое России», Пермского областного отделения общероссийского общественного фонда «Центр качества строительства».

В 2003 г. была утверждена «Стратегия социально-экономического развития Пермской области». При решении стратегических задач в развитии области ведущее место отведено строительному комплексу. Проходящая в Перми выставка «Строительство и ремонт» является не только отражением ситуации на строительном рынке, но и важным инструментом продвижения прогрессивных строительных технологий в регион.

В выставке приняли участие 370 компаний из Перми и десяти городов Пермской обл., Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Челябинска, Красноярска, Новосибирска, Самары, Ростова-на-Дону, других регионов России, а также стран СНГ и дальнего зарубежья. Увеличилось в этом году и общее количество посетителей – выставку посетило

около 20 тыс. человек. Был представлен практически весь спектр материалов и услуг в строительстве.

Значительный раздел выставки был посвящен чрезвычайно актуальной теме – быстровозводимым и модульным зданиям и сооружениям. ООО «Модульстрой» (г. Чайковский Пермской обл.) специализируется на разработке, производстве и поставке мобильных зданий контейнерного типа. Их изготавливают из профилированного металлического листа с полимерным покрытием, утепляют высококачественными изоляционными материалами URSA и отделывают изнутри ДСП, ДВП, ГКЛ, ГВЛ, МДФ и др. Здания комплектуются системами жизнеобеспечения (электрооборудование, отопление, водоснабжение, канализация, вентиляция) и полностью готовы к эксплуатации при тем-

пературе до  $-55^{\circ}\text{C}$ . Сейсмостойкость таких зданий до 7 баллов, расчетный срок службы 25 лет.

Современные технологии скоростного строительства – одно из направлений деятельности ПСФ «Стройинвест» (Пермь). Фирма предлагает проектирование и строительство быстровозводимых бескаркасных зданий с шириной пролета 8–18 м для V района по снеговой нагрузке ( $320 \text{ кг/м}^2$ ). В таких зданиях конструктивные элементы (арки из оцинкованной стали) являются одновременно несущими и ограждающими. Все арочные элементы в процессе монтажа соединяются в монолитную конструкцию двойным фальцем. Здания могут быть не утепленными или утепленными.

Бескаркасные арочные конструкции можно применять как для строительства зданий различного назначения, так и для надстройки мансардных этажей на зданиях с плоской кровлей, устройства кровли.

Сухие строительные смеси – один из наиболее популярных разделов строительных выставок последних лет. Не стала исключением и выставка «Строительство и ремонт». Успешно конкурирует с производителями известных торговых марок пермская фирма «Аванта», которая производит ССС более пяти лет. За это время специалистами компании разработано более 20 базовых составов на основе цемента и гипса. Это составы для устройства пола, штукатурные смеси для ручного и машинного нанесения, шпаклевки. Развивая свой бизнес, компания создала консультационный центр по применению материалов торговой марки «Аванта», проводит семинары.

В двух конференц-залах на протяжении всей выставки проходили мероприятия деловой программы.

На конференции, посвященной открытию нового завода «Кнауф Кунгур», заместитель губернатора Пермской области О.М. Жданов отметил, что продукция Кнауф нашла



В коротком интервью журналу «Строительные материалы»® председатель Комитета строительства, архитектуры и градостроительства Пермской обл. А.Ю. Черепанов отметил, что в областной строительный комплекс входят почти 1,5 тыс. строительного-монтажных организаций и фирм, около 40 крупных и средних предприятий стройиндустрии и промышленности строительных материалов, более 130 проектно-изы-

кательских организаций. В 2003 г. темпы роста ввода жилья составили 115% по отношению к 2002 г., а в I квартале 2004 г. по объему введенного жилья (92 тыс. м<sup>2</sup>) Пермская область вышла на третье место в Уральском экономическом районе после Башкортостана и Тюменской области. Строительный комплекс дает 8% валового продукта области. Говоря о выставке, Александр Юрьевич отметил, что в этом году впервые сформирована столь обширная деловая и обучающая программа. Ряд семинаров организован Комитетом строительства, архитектуры и градостроительства. Это «Современные методы контроля качества и безопасности строящихся объектов», «Градостроительство и генеральные планы застройки городов и населенных пунктов Пермской области», «О применении неметаллических труб при строительстве и ремонте внутренних и наружных инженерных систем на объектах ЖКХ Пермской области» и др.



В президиуме конференции КНАУФ слева направо: мэр г. Кунгур А.Н. Махмудов, заместитель губернатора Пермской обл. О.М. Жданов, генеральный директор КНАУФ по России и СНГ Х.Юркович, директор фирмы «Кнауф Пермь» И.А. Попов, директор завода «Кнауф Кунгур» В.М. Филатов

широкий спрос в Прикамье во многом благодаря выставкам «Пермской ярмарки». Администрация области на всех этапах поддерживала строительство завода в г. Кунгур, так как высоко оценивала социальную значимость этого проекта. Директор маркетинговой фирмы «Кнауф Пермь» И.А. Попов рассказал, что за два предыдущих года в регионах деятельности строящегося завода «Кнауф Кунгур» сбыт Кнауф листов (ГКЛ) увеличился с 13 до 28 млн м<sup>2</sup>, Кнауф профилей – с 4,2 до 8,7 млн п.м. В Пермской обл. потребление Кнауф листов в настоящее время составляет 1,2 млн м<sup>2</sup>. Кроме Кнауф листов и металлических профилей на заводе выпускаются Кнауф плиты (пазогребневые), сухие строительные смеси.

Строительный факультет Пермского государственного технического университета организовал научно-практическую конференцию

«СТФ – строительному бизнесу». На ней были представлены наиболее ликвидные разработки ученых и преподавателей ПГТУ.

Уже не первый год многие фирмы остаются на «листе ожидания» выставки «Строительство и ремонт». Чтобы решить проблему нехватки выставочных площадей «Пермская ярмарка» возводит второй стационарный павильон, ввод в эксплуатацию которого намечен на сентябрь 2004 г. Однако, как отметил директор выставки С.А. Казук, число уже поданных заявок на участие в выставке 2005 г. показывает, что для экспозиции «Строительства и ремонта» вновь потребуются быстровозводимый временный павильон.

*Редакция научно-технического журнала «Строительные материалы»® приглашает своих читателей и коллег на новую встречу на выставке «Строительство и ремонт-2005» в Перми.*



«На строительном факультете ПГТУ работают специалисты, которые оперативно и на высоком уровне могут решать широкий спектр научно-инженерных задач» – утверждает декан факультета В.А. Голубев



Молодое пермское предприятие «Пластик-профиль» производит широкий ассортимент современных отделочных материалов – ПВХ-профилей различных цветов и размеров. Кроме основных видов продукции выпускаются доборные элементы – стартовая и соединительная планка, потолочный плинтус, внутренний и внешний угол



Летать по плотно застроенному павильону паровозу пермских товарищей «Теплова и Сухова» было неудобно, но пытел он исправно, привлекая посетителей на остановки «Устройство и ремонт кровель», «Теплоизоляционные работы», «Материалы». А там уж начальник станции не терялся...



Стенд пермской фирмы «КУБ-Стройкомплекс», являющейся эксклюзивным дистрибьютором технологии КУБ-2,5 по Пермской обл. и Республике Удмуртия, красноречиво говорит о том, что на выставке фирма обосновалась надолго



До боли знакомая аббревиатура и цветовая гамма, а также эффектно приклеенные к зеркальному потолку «кирпичи-носители» торговой марки выпускаемой серии сухих строительных смесей обеспечили небольшому стенду ООО «Аванта» повышенную посещаемость

УДК 691.5.004.8

А.К. АБРАМОВ, директор, В.К. ПЕЧЕРИЧЕНКО, главный технолог,  
С.С. КОЛЯГО, ведущий технолог, ООО НПП «Крона-СМ» (Новосибирск)

## Использование промышленных отходов при производстве дешевых высококачественных вяжущих и бетонов

В связи с приоритетными программами по жилищному, дорожному и другим видам строительства требуется большое количество разнообразных дешевых высококачественных строительных материалов, в том числе вяжущих и бетонов [1].

Для выполнения некоторых работ в строительстве технически возможно и экономически целесообразно использование бесклинкерных вяжущих и бетонов на их основе. Одним из распространенных видов сырья для производства таких материалов являются многотоннажные отходы металлургической, теплоэнергетической, горнодобывающей, химической и других отраслей промышленности.

Разработка строительных материалов на основе комплексного использования таких материалов

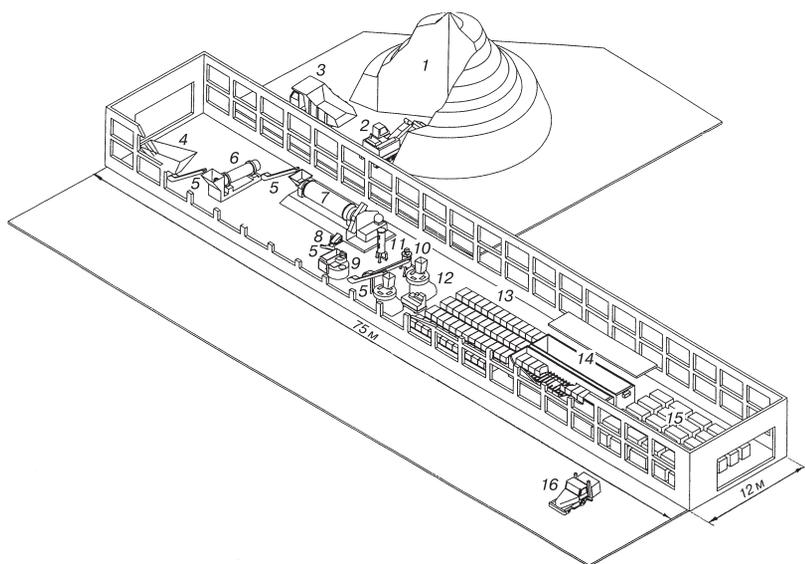
обусловлена эколого-экономическими факторами: во-первых, значительным ростом цен на цемент, природные заполнители, энергоносители и, во-вторых, ухудшением экологической ситуации в результате образования и накопления промышленных отходов. При этом на производство вяжущих из зольных отходов ТЭС затрачивается в 4–5 раз меньше электроэнергии и они в 2–3 раза дешевле цемента [2].

Минимизировать экологические последствия от воздействия промышленных отходов можно путем их полной утилизации. Поэтому многие развитые страны используют в качестве минерального сырья не природные, а техногенные материалы и изготавливают из них принципиально новые виды высококачественной

продукции. Россия в этом плане значительно уступает. Так, например, золошлаковые отходы ТЭС используются только на 8%, сталелитейные и ферросплавные шлаки – на 50%, ультрадисперсный кремнезем – на 10%, побочные продукты горнодобывающей промышленности – на 27% [3]. Исследования показывают, что широкое применение промышленных отходов позволило бы на 15–20% расширить минерально-сырьевую базу промышленности строительных материалов [4].

Химический и минералогический состав перечисленных материалов в основном прекрасно подходит для производства бесклинкерных вяжущих и бетонов. Их отличительная особенность – способность к химической активации веществами,

Промышленные отходы и побочные продукты	Заполнители	Водопоглощение, %	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Морозостойкость, циклов	Марка
Зола-унос Аксуйской ГРЭС, Казахстан (Экибастузские угли)	Зола	6–8	2100	18,5	3,2	более 50	180
Золошлаковые смеси гидроудаления ТЭЦ «Алтайлюминофор» (Кузбасские угли)	Золошлаковая смесь	6–8	1700	35	3,2	35	175
Конверторные шлаки Западно-Сибирского металлургического комбината, Новокузнецк	Шлак	6	2000	51	8,5	более 50	500
Мартеновские шлаки Гурьевского металлургического завода, Кузбасс	Шлак	6	2000	58	9,7	более 50	580
Шлак электросталеплавильного производства Оскольского электрометаллургического комбината	Шлак	7–8	1900	45	9	более 50	450
Отходы производства щебня из металлургических шлаков Южно-Уральского горно-перерабатывающего комбината	Шлак Песок рядовой Зола-унос ТЭЦ	12	2190	20	6,77	более 50	200
		14	1820	36	6,3	более 50	360
Шлак ваграночный завода «Универсал», Новокузнецк	Шлак	14	2300	36	6	более 50	360
Отходы производства щебня из диабаз, п. Горный Новосибирской обл.	Диабаз	8–10	1700	19	3,5	более 50	190



Технологическая схема производства бетонных блоков (базовый вариант): 1 – отвал; 2 – экскаватор; 3 – самосвал; 4 – приемный бункер; 5 – транспортер; 6 – сушилка; 7 – шаровая мельница; 8 – грохот; 9 – смеситель; 10 – реактор; 11 – дозатор; 12 – пресс; 13 – накопительная площадка; 14 – пропарочная камера; 15 – площадка готовой продукции; 16 – автопогрузчик

которые также являются побочными продуктами производств.

Сотрудники НПП «Корна-СМ» уже более двадцати лет занимаются технологиями дисперсных минеральных систем, из них около пяти лет – строительными материалами. За это время накоплен опыт разработки новых технологий, создана лаборатория по изучению физико-механических и химических свойств исследуемых материалов. Имеется большой парк технологического оборудования.

Результатом исследований по использованию промышленных отходов в производстве строительных материалов с применением собственных оригинальных разработок в области химической и механохимической активации стали новые технологии производства высококачественных строительных материалов. В таблице приведены свойства бетонов, которые производятся по технологии, разработанной НПП «Крона-СМ».

Технология производства вяжущего и бетона на предприятии «Алтайлюминофор» полностью основана на использовании отходов. Минеральным сырьем служит золошлаковая смесь, химическим активатором – фосфатный щелочной сток (отходы производства лампового люминофора), заполнителем является также золошлаковая смесь. Процесс твердения безавтоклавный. Пропаривание производится при температуре 95–100°C с использованием выбросов пара ТЭЦ.

На рисунке приведена базовая технологическая схема производства бетонных блоков. Промышленные минеральные отходы из отвала экскаватором грузятся на автосамосвалы и доставляются на завод. Отходы поступают в приемный бункер и при необходимости, если влажность превышает допустимую, сушат в барабанной сушилке. После сушки материал поступает в шаровую мельницу,

где достигается необходимый фракционный состав. Туда же можно вводить добавки и готовить смеси.

Из мельницы порошок поступает на грохот, на котором отделяется крупная фракция. Далее порошок дозируется и подается в смеситель.

В реакторе приготавливается раствор химического активатора. Через дозатор химический активатор подается также в смеситель, где готовится формовочная смесь. Формование блоков производится прессом. Отформованные блоки укладываются на накопительной площадке. Затем блоки мостовым краном загружаются в пропарочную камеру, где происходит обработка паром. После тепловлажностной обработки блоки укладываются на площадке готовой продукции.

Технология простая и малоэнергоёмкая. При этом используется в основном отечественное оборудование. Нестандартным оборудованием является только пропарочная камера.

НПП «Крона-СМ» разрабатывает технологии, рекомендует необходимое оборудование, разрабатывает техническую документацию на изготовление пропарочной камеры, обеспечивает инженерное сопровождение запуска производства.

#### Список литературы

1. Жилищная политика: основные направления, стратегия, перспективы – тема Всероссийского совещания в Кремле // Строит. материалы. 2000. № 6.
2. Мусин В.Г. Шлакозольные вяжущие // Строит. материалы. 1994. № 9.
3. Шеблыкина Т.П., Малинина Л.А., Ляшенко А.В. Применение крупнотоннажных отходов. Экологические аспекты и законодательные акты // Строит. материалы. 1994. № 9.
4. Бикбау М.Я. Экология и строительная индустрия // Строит. материалы. 1994. № 9.

## Научно-производственное предприятие КРОНА-СМ

Предлагает для регионов с многотоннажными промышленными отходами

**Технологии производства бесцементных, безобжиговых строительных материалов из песка и отходов:**

- анализ пригодности материалов (зол, шлаков, шламов, горных пород) в качестве сырья для производства строительных материалов;
- разработка технологий производств вяжущих, бетонов и изделий на их основе.

**Технология обеспечивает: снижение стоимости изделий в 2–3 раза по сравнению с традиционными материалами, высокие эксплуатационные свойства материалов, снижение экологической напряженности в регионе.**

А также технологию и оборудование для производства глазурованного керамического кирпича.

Рецептуру и технологию производства низкотемпературных глазурей различных цветов.

**НПП КРОНА-СМ** продает лицензии на технологии производства, подбирает необходимое оборудование, осуществляет инженерное сопровождение запуска производства.

630058 Новосибирск, ул. Тихая, 1, тел.: (3832) 34-57-30, 33-75-03; факс (3832) 33-75-65, e-mail: kirpichi@ngs.ru, www.kirpich.sibinfo.net

В.Ф. ЧЕРНЫХ, канд. техн. наук, О.Н. МАКАРЕЦ, канд. техн. наук, А.Ю. ЩИБРЯ, канд. техн. наук, Е.В. ШЕСТАКОВА, инженер, Кубанский государственный технологический университет, А.В. МАКАРЕЦ, канд. техн. наук, НПФ «Блок-93» (Краснодар)

## Пустотелые бетонные блоки для малоэтажных зданий

Научно-производственной фирмой «Блок-93» совместно с сотрудниками Кубанского государственного технологического университета разработано несколько вариантов неармированных бетонных блоков и камней новой конструкции. При содействии АО «Содружество-92» организовано производство изделий и установок для их формования. Рядовые, угловые и половинные блоки (рис. 1) имеют пустотность 55–62%, причем высота перегородок меньше высоты стенок. Поэтому внутри конструкций образуются сообщающиеся вертикальные колодцы и горизонтальные каналы, в которые можно при необходимости укладывать горизонтальную и вертикальную арматуру (для районов с повышенной сейсмичностью), а также заливать бетонную смесь.

Блоки формируются на стационарной установке УФУ-03М новой конструкции, позволяющей формировать пустотелые блоки высокого качества методом вибротрамбования с немедленной выпрессовкой свежотформованных изделий на плоские поддоны. Габаритные размеры установки 1100×1750×1950 мм, масса 1500 кг, производительность 50–110 шт./ч или 2,4–3,5 млн шт. в год в пересчете на условный кирпич (в зависимости от конструкции формируемых изделий).

Поддоны с изделиями снимаются с площадки установки и помещаются в стеллажи при помощи тележки, затем изделия подвергаются тепловой обработке при 25–60°C в течение соответственно 18–8 ч.

Блоки можно изготавливать из плотного бетона, преимущественно мелкозернистого, классов В 7,5–В 15, марки по плотности – от Д 1000 до Д 2000 (в зависимости от применяемых заполнителей), марки по морозостойкости не менее F 75. Размеры рядовых и угловых блоков 600×190×300 мм; объем блока с пустотами составляет 0,035 м<sup>3</sup>, что соответствует объему 17,5 шт. стандартных кирпичей; объем бетона в блоке – 0,014 м<sup>3</sup>; масса блока в зависимости от вида бетона не более 15–28 кг, число блоков, используемых для возведения 1 м<sup>2</sup> стены, – 8,3 шт. Блоки имеют гладкие поверхности, требующие минимальных затрат на отделку. Откло-

нения размеров блоков не превышают 1–1,5 мм; цвет – серый, розовый и др. В зависимости от применяемых заполнителей фактура похожа на природный камень.

Кроме пустотелых блоков шириной 300 мм изготавливаются блоки шириной 200 мм, а также сплошные стеновые камни. Размеры рядовых и половинных камней составляют соответственно 590×190×95 мм и 290×190×95 мм. Размеры доборных камней 190×190×95 мм и 90×190×95 мм. Выпускаются также камни размерами 390×190×70 мм и 190×190×70 мм.

При производстве керамзитобетонных блоков весьма эффективно применять новую комплексную добавку, включающую ПАВ – ОП10 или ОП7, спиртовую бражку и уксусно-кислый натрий или сульфат натрия. Исследование водопоглощения керамзита в бетонной смеси показало, что комплексная добавка, содержащая ПАВ, уменьшает и замедляет водопоглощение как в водном растворе, так и в бетонной смеси. Замедление водопоглощения, по нашему мнению, связано с тем, что сразу после затворения жидкостью твердых компонентов смеси в крупных порах керамзита при участии ПАВ образуются устойчивые пузырьки воздуха, препятствующие на первой стадии проникновению жидкой фазы из крупных пор в капилляры.

В дальнейшем часть пузырьков разрушается, особенно при виброуплотнении смеси. Поскольку ПАВ увеличивают меру смачиваемости цементного камня, они частично диффундируют к накапливающимся продуктам гидролиза и гидратации и адсорбируются на них. При этом концентрация ПАВ в крупных и мелких

порах керамзита уменьшается, часть пузырьков в крупных порах разрушается и возрастают капиллярные силы, которые повышают эффект самовакуумирования в уплотненной смеси. Комплексная добавка способствует уменьшению влагопоглощения керамзитобетонной смеси на 35–45 л/м<sup>3</sup> при сохранении заданной удобоукладываемости. После уплотнения керамзитовый заполнитель отсасывает из растворной составляющей смеси в течение 90–105 мин воды на 15–30 л/м<sup>3</sup> больше, чем из смеси без добавок. Эффект торможения водопоглощения в период формирования, а интенсификации – после уплотнения смеси усиливается с увеличением удобоукладываемости, времени виброуплотнения смеси и с уменьшением крупности зерен.

Проведенные нами физико-химические исследования позволили установить, что предложенная комплексная добавка не оказывает заметного влияния на состав новообразований цементного камня, но весьма существенно влияет на капиллярно-пористую структуру: уплотняется зона контакта керамзита с цементным камнем, уменьшаются размеры пор и их количество в межпоровом пространстве, улучшаются показатели пористости керамзитобетона. Это обеспечивает экономию цемента до 20% при сохранении заданных показателей удобоукладываемости смеси и прочности керамзитобетона. При неизменном расходе цемента подвижность смеси может быть увеличена с 1 до 12 см.

Блоки укладывают на растворе или даже насухо с последующим омоноличиванием бетонными смесями. Можно также укладывать блоки на растворе, а затем заполнять пу-

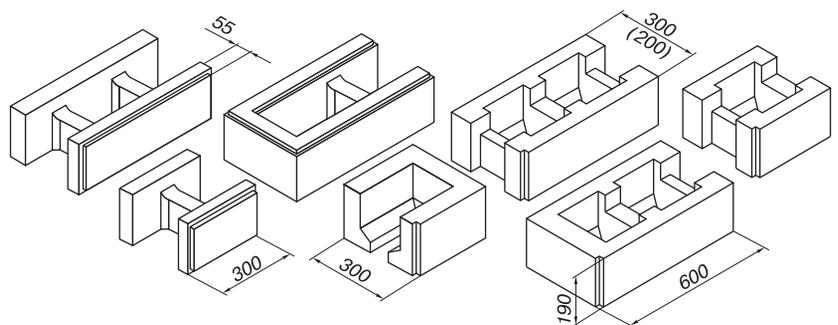


Рис. 1. Рядовые, угловые и половинные блоки

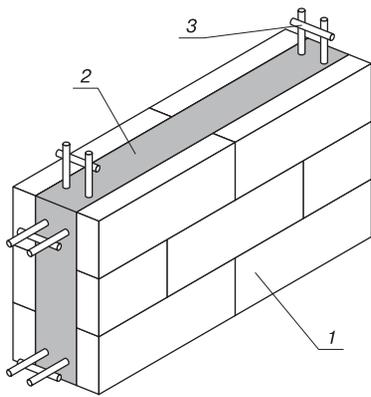


Рис. 2. Кладка в два камня колодцем:  
1 – камни; 2 – монолит; 3 – арматура

стоты засыпными утеплителями или оставлять пустоты в стенах незаполненными. Способ кладки зависит от конструкции и назначения зданий и других конкретных условий. Кладка из блоков в 3–4 раза быстрее, чем из кирпича. Строгие геометрические размеры блоков обеспечивают высокое качество кладки даже при невысокой квалификации каменщиков.

При возведении наружных стен тонкостенные блоки из конструкционного бетона выполняют роль несъемной опалубки, обеспечивающей требуемые конструктивные характе-

ристики стен, обеспечивают дополнительную теплоизоляцию и создают архитектурную выразительность фасадов зданий, так как блоки имеют гладкую поверхность, а также горизонтальный и вертикальный русты.

Заливочный утеплитель обеспечивает омоноличивание пустотелых блоков и требуемые теплозащитные характеристики стен. Рациональное сочетание элементов из пустотелых блоков и эффективного омоноличивающего утеплителя позволяет получить стены толщиной не более 300 мм, которые по своим теплозащитным свойствам не уступают стенам из кирпича толщиной 640 мм, что является главным фактором, определяющим высокую технико-экономическую эффективность пустотелых блоков и штучно-монолитного метода строительства. Кроме того, сокращаются транспортные расходы, материало- и трудозатраты, сроки строительства. По сравнению с кирпичными стенами толщина стен из блоков уменьшается в 1,3–2,1 раза, а стоимость 1 м<sup>2</sup> стены – в 1,5–2,2 раза, при этом теплопотери через стены уменьшаются на 10–40%. По сравнению с шлакоблочными стенами толщина стен из пустотелых блоков уменьшается в 1,3–2 раза, стоимость 1 м<sup>2</sup> стены – в

1,4–1,9 раза, теплопотери уменьшаются на 10–30%.

При кладке в два камня с колодцем (рис. 2) можно возводить стены фундамента, подвала, наружные и внутренние несущие стены 1–3-этажных зданий. Толщина кладки может быть от 200 до 600 мм, вид материала для омоноличивания или засыпки колодцев в кладке зависит от конструкции и назначения зданий. Можно вставлять в колодцы кладки плиты из эффективных утеплителей. При этом в швы кладки можно укладывать арматурную сетку, если это необходимо.

Изготавливаются фундаментные блоки размерами 590×400×135 мм и 290×400×135 мм. Блоки применяются для бескранового возведения основания под стены фундамента или подвала, которые возводятся из выше-рассмотренных пустотелых блоков или сплошных камней. Блоки применяются также для возведения основания, стен и цоколя фундаментного и цокольного этажей здания (вместо блоков ФС, для монтажа которых обязательно требуется кран).

Производятся пустотелые блоки перекрытия, из которых возводятся сборные или сборно-монолитные перекрытия и покрытия. Размеры блоков 590×190×200 мм, толщина стенок 35–40 мм, масса одного блока 12–20 кг.

## ИНФОРМАЦИЯ

### Разработка скальных пород безвзрывными способами

В Московском государственном горном университете состоялся семинар «Безвзрывные технологии разработки скальных горных пород». Организаторами семинара выступили Госстрой России, Госгортехнадзор России, РНТО строителей, Московский государственный горный университет, ФГУП «ВНИПИИстромсырье».

С докладами, осветившими основные направления заявленной темы, выступили представители МГГУ, НТЦ ГО ИГД им. А.А. Скочинского, ФГУП «ВНИПИИстромсырье», фирмы «Либхерр», «Комацу», «Гран», «НТ Парк ГМ», «ВОТУС» и др.

Среди полезных ископаемых, используемых для производства строительных материалов, преобладают скальные, выемка которых требует предварительного рыхления. Традиционный способ разрушения скальных пород – взрывной, который в настоящее время является основным и останется таким на десятилетия вследствие своей сравнительной дешевизны. Однако он небезопасен и сравнительно трудоемок. Его недостатком также является перемешивание пород в развале при массовых взрывах.

Успехи машиностроительной промышленности и результаты некоторых научных исследований позволяют расширить область применения технологий разрушения массива скальных пород без взрывной подготовки. К таким способам относятся не только механическое рыхление, но и электрофизический, физико-химический, гидравлический методы. В докладах были оценены возможности различных способов рыхления пород, сообщалось о производственном опыте.

В последние годы начали использовать мощные гидромолоты не только для разрушения негабарита, но и в качестве основного оборудования для подготовки к выемке прочных изверженных пород. Их применение оправдывает себя благодаря увеличению срока эксплуатации промышленного комплекса при отработке участков месторождений, в пределах которых применение буровзрывных работ запрещено. Другая область применения гидромолотов – их совмещение с зубьями тракторных рыхлителей и экскаваторов, что позволяет разрушать породы большей прочности. Хотя длительной промышленной апробации такое оборудование еще не имеет.

Создание экскаваторов с гидроприводом значительной мощности позволяет разрабатывать породы прочностью до 70–90 МПа без взрывной подготовки к выемке. В этом случае на экскаваторы с оборудованием прямой или обратной лопаты навешивают ковши, емкость которых на 1/3 меньше стандартной.

Применение электрофизических методов разрушения горных пород прошло только опытно-промышленную проверку. Имеются успехи в использовании высоконапорных струй воды для разрушения прочных пород, а также применения ПАВ для ослабления прочностных свойств массива.

Семинар вызвал интерес, о чем свидетельствовало участие в нем большого числа производственников, а также многочисленные вопросы к докладчикам.

*Г.Р. Буткевич, канд. техн. наук, РНТО строителей*

Б.А. ЕВСЕЕВ, канд. техн. наук, Г.А. ПИКУС, канд. техн. наук,  
Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)

## Пневматический тракт подачи фибры в бетоносмеситель

Одним из способов производства сталефибробетонной смеси в промышленных масштабах является ее приготовление на бетоносмесительных узлах (БСУ) заводов сборного железобетона.

Опыт и производственная практика показали, что при правильной организации технологического процесса операция приготовления сталефибробетонных смесей в условиях стандартных БСУ не вызывает особых трудностей. Однако в этом случае не решена задача комплексной конструкции тракта подачи фибры в бетоносмесители БСУ, которая включала бы в себя узел дозирования фибры, транспортную магистраль и устройство для введения фибры непосредственно в смеситель на этапе приготовления бетонной смеси.

Одним из путей решения этой технологической задачи является использование пневмотранспорта, хорошо зарекомендовавшего себя во многих отраслях промышленности.

Расчет любой пневмотранспортной системы заключается в определении потерь давления на конечном участке воздуховодной магистрали. Определение потерь давления производится по общеизвестным методикам, но с учетом конкретных параметров, определяемых экспериментальным путем и зависящих от физико-механических свойств транспортируемого материала — формы, размеров, удельного веса, состояния поверхности, а также скорости витания и критической скорости воздушного потока [1, 2].

Для решения поставленной задачи в ЮУрГУ был проведен цикл целенаправленных исследований. В исследованиях использовалось три типа фибр: из стального листа (типы I и II) и из проволоки метизного

производства (тип III). Физико-механические и аэродинамические свойства фибр исследуемых типов приведены в таблице.

С учетом полученных экспериментально-теоретических данных был разработан проект пневматического тракта подачи фибры в БСУ, показанный на схеме. Основные показатели тракта подачи следующие:

- диаметры материалопровода приняты 200 мм для горизонтального участка тракта и 180 мм для вертикального;
- концентрация смеси транспортируемого материала с воздухом —  $0,8 \text{ кг/м}^3$ ;

- объемный расход воздуха в установке —  $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

- по суммарным потерям давления в тракте подачи принят вентилятор высокого давления ВВД-8;

- для дозирования и введения фибры в транспортную магистраль используется дозатор колосникового типа с максимальной производительностью  $100 \text{ кг}$  фибры в минуту, разработанный в ЮУрГУ на кафедре технологии строительного производства.

Подача фибры осуществляется в два бетоносмесителя емкостью  $1 \text{ м}^3$  каждый, находящихся на отметке

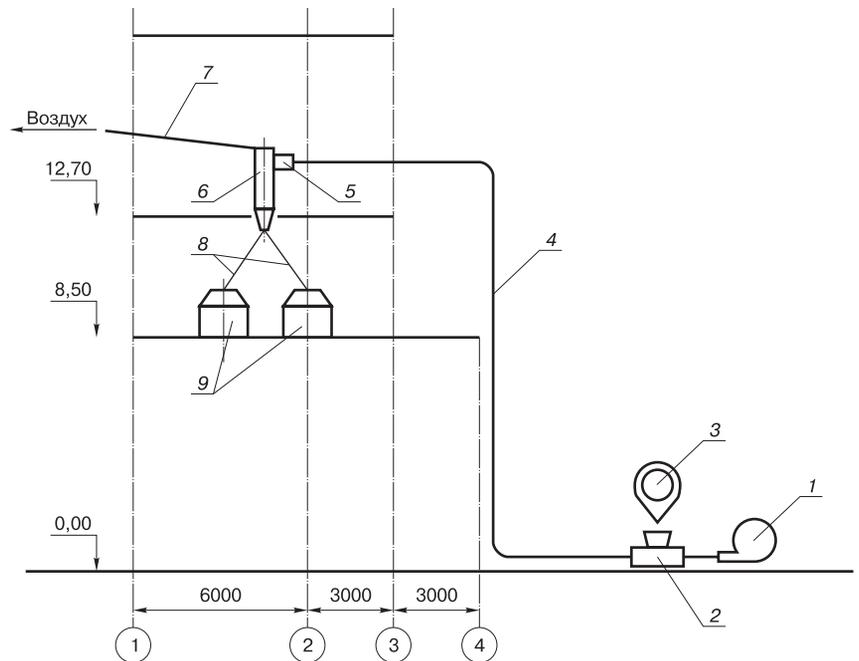


Схема системы пневмотранспорта (тракта подачи): 1 — вентилятор высокого давления; 2 — питатель; 3 — дозатор фибры; 4 — материалопровод; 5 — диффузор; 6 — циклон-отделитель; 7 — коллектор отвода воздуха; 8 — лотки подачи фибры к бетоносмесителям; 9 — бетоносмесители

Тип фибры	Геометрические размеры фибры, мм	Боковая площадь фибры, мм <sup>2</sup>	Масса элемента фибры, мг	Насыпная плотность фибры, кг/м <sup>3</sup>	Скорость витания фибры, м/с		Критическая скорость транспортирования фибры, м/с
					экспериментальная	теоретическая	
I	0,5×0,5×30	60	70	760	9–11	12,9	21
II	0,5×0,5×40	80	78	540	12–13	15,8	23
III	∅0,5×50	78,5	77	265	15–18	18,7	26

8,5 м. Дозировка фибры и введение ее в транспортную магистраль выполняется вне БСУ, и уже отдозированное количество фибры подается в работающие смесители.

Тракт подачи фибры к смесителям работает следующим образом. Вентилятор высокого давления 1 в процессе работы обеспечивает требуемое давление и скоростной напор в системе материалопровода 4. Из дозатора 3 фибра плавным, равномерным потоком подается в питатель 2, где подхватывается воздушным потоком от вентилятора 1 и транспортируется к циклону-отделителю 6. Циклон-отделитель принимает транспортируемую смесь воздух-фибра, в нем происходит резкое гашение давления и скоростей воздуха и фибры. В результате такого изменения давления и скоростей фибра осаждается в циклоне и через выгрузочное отверстие по

лоткам 8 самотеком скатывается в работающий бетоносмеситель, где в этот же момент происходит приготовление бетонной смеси, а выброс воздуха в атмосферу осуществляется коллектором 7 через окно БСУ.

С точки зрения традиционной технологии приготовления бетонных смесей в типовых смесителях заводов стройиндустрии время дозирования, загрузки и перемешивания компонентов не превышает 3–4 мин. Следовательно, при приготовлении сталефибробетонных смесей существует ограничение времени введения фибры в бетоносмеситель исходя из стандартного цикла приготовления бетонной смеси и объемов замеса.

В разработанном проекте пневматического тракта подачи фибры объемный расход воздуха составляет 3000 м<sup>3</sup>/ч, или 50 м<sup>3</sup>/мин. При концентрации транспортируемого

материала 0,8 кг/м<sup>3</sup> минутная масса транспортируемой фибры к бетоносмесителю составляет  $P = 0,8 \cdot 50 = 40$  кг/мин. Учитывая, что содержание фибры в 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, как правило, не превышает 120 кг, время введения фибры в смеситель составит не более 3 мин, что укладывается в стандартный цикл приготовления смеси.

#### Список литературы

1. Внутренние санитарно-технические устройства. Справочник проектировщика в 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др. / Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат. 1992. 416 с.
2. *Рябов В.В.* Отвод металлической стружки пневмотранспортом. М.: Машиностроение. 1988. 144 с.

## МОСКОВСКИЕ НОВОСТИ



### Москва будет реконструировать нежилой фонд

В Москве разработана программа реновации (восстановления с последующим увеличением площадей и качества) объектов нежилого фонда на 2004–2006 гг. Как и во всей стране, в столице значительное число зданий, особенно в центральных районах и районах, активно застраиваемых в 30–60-е годы прошлого века, не первый год нуждается в капитальном ремонте и реконструкции. Немало среди них жилых помещений, принадлежащих городу и сдаваемых в аренду.

Доходы от аренды жилых помещений до недавнего времени были стабильным источником пополнения городского бюджета. Однако приватизация предыдущих трех лет вывела из городской собственности свыше 3 млн м<sup>2</sup> жилых помещений. Усугубило ситуацию и то, что в результате налоговой реформы городской бюджет лишился значительных финансовых ресурсов. С начала проведения реформы потери составили около 340 млрд р. Поэтому Правительством Москвы было принято решение оптимизировать управление имуществом Москвы, в том числе офисными и административными зданиями, которые сдаются в аренду.

Принципиальной позицией Правительства Москвы является решение не повышать арендные ставки, а увеличить доходы за счет реновации незадействованных или мало задействованных помещений и улучшения их качества. О новой программе Правительства Москвы рассказал на пресс-конференции руководитель столичного Департамента имущества В.Н. Силкин.

Восстановление арендного фонда планируется проводить несколькими способами: возведение надстроек и пристроек, переоборудование чердачных помещений под мансарды. Здания, реконструкция которых нецелесообразна, будут снесены и отстроены заново. Таких помещений в Москве более 3,2 млн м<sup>2</sup>.

Вложенные в программу средства окупятся через 2–3 года. В.Н. Силкин подчеркнул, что все объекты, отставшие от бюджета, останутся в собственности города, поскольку запрещена приватизация восстановленных офисных помещений в течение 10 лет или на срок окупаемости. Новые площади будут сдаваться в аренду на основе аукциона.

Реконструированные помещения не будут сдаваться в аренду

льготным категориям арендаторов, а таких в Москве 43%, поскольку в этом случае реновация окупится не раньше, чем через 10–15 лет. Такое решение практически не заденет интересы малого бизнеса, так как лишь 6% малых предприятий арендует муниципальные помещения. Остальные берут недвижимость в аренду на рыночных условиях.

В.Н. Силкин отметил, что в настоящее время принимается ряд мер, направленных на запрет субаренды льготным категориям арендаторов. Это также позволит привести занимаемые площади в соответствие с уставными задачами организаций-льготников.

Чтобы интенсифицировать реализацию программы, предусматривается упрощенный порядок оформления проектной документации. Подряды на проведение работ, а также поставку строительных материалов будут распределяться только на конкурсной основе, что позволит минимизировать стоимость и сроки реконструкции. Именно поэтому московские власти надеются, что к 2005 г. она уже даст положительные результаты.

## Новые приборы неразрушающего контроля для строительной индустрии

Современные тенденции развития строительной индустрии неразрывно связаны с ростом значимости неразрушающего контроля качества материалов, изделий, конструкций, строительно-монтажных работ. Вопросы контроля качества приобретают особую актуальность при решении задач обеспечения безопасности эксплуатации зданий и сооружений, а своевременно полученная информация о снижении прочности и несущей способности, перегрузках и деформациях позволяет принять эффективные меры по предотвращению аварийных ситуаций. При этом ужесточаются требования к средствам неразрушающего контроля в части повышения достоверности, оперативности получения и анализа результатов измерений, возможности непрерывного мониторинга.

Для решения задач обследования и мониторинга строительных объектов предприятием «Интерприбор» создан универсальный многоканальный регистратор «ТЕРЕМ-4» и ряд приборов неразрушающего контроля (ультразвуковых, ударно-импульсных, магнитных, диэлектрических).

Прибор «ТЕРЕМ-4» состоит из центрального блока, адаптеров, датчиков различных видов, устройства переноса данных «Термотрансфер» и сервисной компьютерной программы (рис. 1).

### Технические характеристики «ТЕРЕМ-4»

Количество каналов . . . . .	8–256
Количество адаптеров . . . . .	2–32
Время регистрации . . . . .	не ограничено
Аппаратная погрешность, %, не более . . . . .	0,1
Питание аккумуляторное, В . . . . .	2,5
Габаритные размеры, мм	
центральный блок . . . . .	145×70×25
адаптер . . . . .	85×55×25

Особенностью регистратора (рис. 2) является его *полная автономность, малогабаритность и простота* установки на объект контроля, достигаемая применением единой четырехпроводной линии связи центрального блока с адаптерами, на базе которых реализуются локальные зоны контроля.

Центральный блок считывает информацию с адаптеров и регистрирует их в реальном времени, хранит результаты в памяти (при полной загрузке памяти старый результат автоматически заменяется новым), обеспечивает просмотр результатов в графическом и табличном виде на любой стадии контроля.

Адаптеры – интеллектуальные устройства сбора, преобразования, накопления и передачи на центральный блок информации, поступающей от различных датчиков. К каждому адаптеру могут подключаться от 4 до 48 датчиков одного или нескольких видов, например:

- датчики линейных перемещений для измерения ширины раскрытия трещин, прогибов и механических напряжений;
- тензодатчики для определения усилий, деформаций и механических напряжений;
- вибродатчики для оценки вибрационной нагрузки, собственных колебаний конструкций и фундаментов;
- датчики влажности и температуры для контроля сырьевого предела и климатических воздействий;
- датчики теплового потока и температуры для оценки теплозащитных свойств ограждающих конструкций, окон и др.

Необходимая конфигурация регистратора определяется видом контролируемого объекта и задачами мониторинга. Число и виды датчиков для каждой контролируемой зоны определяют вид адаптера. Для связи центрального блока с адаптерами используется общая линия длиной до 200 м, возможно создание нескольких радиальных направлений. Каждый датчик подключается непосредственно к адаптеру кабелем длиной до 10 м.

«ТЕРЕМ-4» работает автономно от аккумулятора, при необходимости может подключаться к сети 220В, 50Гц. Имеется интерфейс RS232 и специализированная компьютерная программа, позволяющая считывать, просматривать и архивировать информацию. Анализ и обработка информации выполняется на основании известных ГОСТов и соответствующих методик.

Для получения более полных данных о состоянии объекта выявленные мониторингом проблемные зоны следует дополнительно обследовать посредством приборов неразрушающего контроля. Например, информацию о динамике раскрытия трещин следует дополнить данными о глубине трещин и внутренних дефектах. Эти данные могут быть получены с помощью ультразвукового прибора «ПУЛЬСАР-1.1», в котором заложены *русский и английский методы измерения глубины трещин*. Прибор комплектуется датчиками для сквозного и поверхностного исследования ультразвуком с напряжением возбуждения 600В, работает на час-

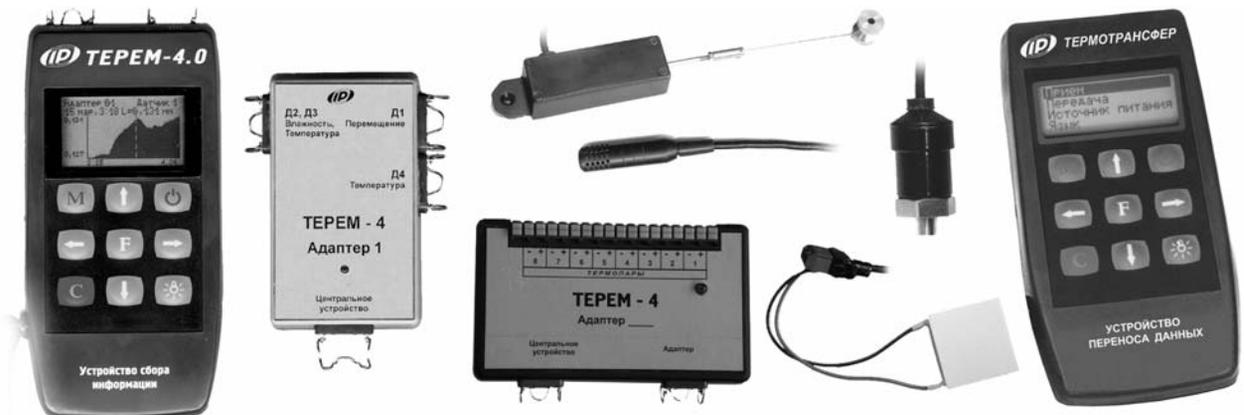


Рис. 1. Прибор «ТЕРЕМ-4»

тогах 50–100кГц, измеряет время и скорость распространения ультразвука, вычисляет прочность.

Неравномерность прочности конструкций и зоны пониженной прочности можно оперативно выявить прибором «ОНИКС-2.5», который в отличие от аналогов работает одновременно по ударному импульсу и отскоку. Наиболее ответственные участки целесообразно дополнительно обследовать прибором «ПУЛЬСАР-1.1» и испытывать методом отрыва со скалыванием прибором «ОНИКС-ОС».

Прибор «ОНИКС-2.5» – самый компактный, легкий, удобный и быстродействующий из известных ударно-импульсных приборов. Датчик-склерометр позволяет работать одной рукой, последовательно осуществляя взвод и спуск ударника большим пальцем при высокой скорости и точности нанесения ударов.

Прибор «ОНИКС-ОС» имеет гидропресс, выполненный в виде оригинальной двухцилиндровой конструкции. Впервые примененное кольцевое крепление анкера в шпуре исключает его проскальзывание, стабилизирует условие вырыва фрагмента бетона и существенно повышает достоверность результатов. Микропроцессорное устройство обеспечивает полный контроль процессов нагружения и измерения прочности бетона.

С помощью прибора «ПОИСК-2.5» определяют фактическую толщину защитного слоя бетона, расположение верхнего ряда арматуры и закладных, диаметр стержней. Это дает возможность оценить взаимное расположение арматуры и трещин, уточнить схему испытаний методом отрыва со скалыванием, наметить трассы прозвучивания. Прибор имеет режим акустического поиска стержней и режим настройки на сталь, позволяющий учесть влияние параллельных стержней и магнитные свойства сталей.

Универсальный влагомер «ВИМС-1.У.3» дает возможность определить влажность на поверхности и в глу-

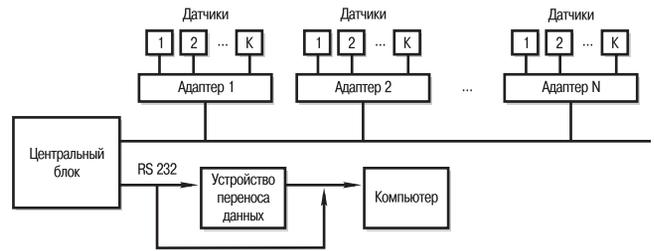


Рис. 2. Схема установки регистратора «ТЕРЕМ-4» на объекте контроля и взаимодействия с другими приборами

бине материала (бетон, цемент и др.), оценить состояние гидроизоляции конструкций, скорректировать результаты, полученные с помощью механических и ультразвуковых методов. Прибор впервые комплектуется тремя видами датчиков: планарным – для контроля влажности поверхностных слоев, объемным – для сыпучих материалов и зондовым – для контроля влажности в глубине сыпучих материалов и в скважинах твердых материалов.

Применение прибора «ТЕРЕМ-4» в сочетании с известными методами и рассмотренными приборами неразрушающего контроля позволяет оперативно и достоверно оценивать состояние строительных объектов.

Приборы «ТЕРЕМ-4», «ОНИКС-2.5», «ОНИКС-ОС», «ПОИСК-2.5», «ВИМС-1.У.3» в настоящее время успешно эксплуатируются на ряде объектов при мониторинге трещин зданий и сооружений, контроле твердения монолитного бетона, определении теплозащитных свойств конструкций зданий, слежении за микроклиматом различных производств, обследовании зданий и конструкций, технологическом контроле.

Приборы сертифицированы Госстандартом России с утверждением типа средства измерений.

# ИНТЕРПРИБОР

**НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ**

---

**ИТС-1** - измеритель теплопроводности стационарный, 0,02...1,5 Вт/мК

**ПУЛЬСАР-1.1** - прибор ультразвуковой (измерение прочности строительных материалов, дефектоскопия)

**ОНИКС-2.5** - измеритель прочности бетона по ударному импульсу и отскоку, 1...100 МПа

**ОНИКС-ОС** - измеритель прочности бетона отрывом со скалыванием, 5...100 МПа

**ПОИСК-2.5** - измеритель параметров армирования

**ТЕРЕМ-4** - многоканальный регистратор для мониторинга трещин сооружений, измерения сопротивления теплопередаче зданий и др. применений, до 256 каналов

**МТП-1** - измеритель толщины теплоизоляции на стальных трубах

**МИТ-1** - измеритель теплопроводности зондовый, 0,025...2 Вт/мК

**ВИБРАН-1.1** - виброанализатор, 1...1000 Гц

**ВИСТ-2.3** - виброметр, 2...500 Гц

**ИНК-2.3** - измеритель напряжений в арматуре

**ВИМС-1У** - влагомер универсальный, более 20 материалов

**ВИМС-1Д** - влагомер древесины

**ВДЛ-5М** - вихретоковый дефектоскоп

**ТЕМП-3** термометры и термогигрометры

**ТЕРЕМ-3, РТВ-2, РТ-2** регистраторы и регуляторы температуры

**РТМ-5** - система управления термообработкой бетона, 8 каналов

---

454080, Челябинск-80, а/я 12771  
E-mail: carat@chel.surnet.ru

т./ф: (3512) 655-638, 608-742  
http://www.interpribor.ru

г.Москва НИИЖБ тел.: (095) 174-75-13  
г.Санкт-Петербург тел. (812) 998-45-86  
(812) 318-64-96

## Эффективный учет материалов с помощью весов

Динамичное расширение масштабов строительства в России диктует применение новых технологий, способных оптимизировать производственные затраты. Одна из таких технологий — комплексный весовой учет материальных ресурсов — успешно внедряется фирмой «МЕТРА» в различных отраслях промышленности.

НПП «МЕТРА» было основано в 1991 г. в первом российском наукограде — г. Обнинске и в настоящее время занимает одну из первых строчек в рейтинге российских предприятий — разработчиков электронной весоизмерительной техники. Его продукция имеет устойчивый спрос не только в России, но и за рубежом. В активе фирмы более 150 собственных проектных разработок, а производственные мощности позволяют ежегодно производить до 200 автомобильных и вагонных весов.

Вся выпускаемая весоизмерительная техника прошла государственные испытания и занесена в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и сертифицирована в странах СНГ — Белоруссии, Украине, Казахстане и Узбекистане.

За время работы на рынке весоизмерительной техники НПП «МЕТРА» наладило серийное производство большегрузных, специальных, автомобильных, вагонных, монорельсовых, паллетных, конвейерных и платформенных весов и дозаторов, а также тензометрических индикаторов и специального программного обеспечения для автоматизации весового учета на предприятиях. Широкая номенклатура продукции, применяющаяся в различных отраслях промышленности, позволяет констатировать универсальность разработок фирмы «МЕТРА». Это дает возможность каждому конкретному заказчику выбрать для себя оптимальную конфигурацию весового оборудования и на его базе наладить систему весового учета и контроля, полностью отвечающую технологическим задачам.

Для систем весового учета в промышленности строительных материалов и стройиндустрии может использоваться оборудование различных типов и назначения:

— **автомобильные** электронные тензометрические весы для статического взвешивания автомобилей, а также для поосного взвешивания

в движении автомобилей и автопоездов;

— **вагонные** электронные тензометрические весы для статического взвешивания вагонов и цистерн с расцепкой;

— **конвейерные** тензометрические весы для непрерывного взвешивания различных сыпучих материалов, определения расхода материала, перемещаемого по конвейерной ленте, и производительности конвейера;

— **дозаторы** весовые дискретного (бункерные) и непрерывного (конвейерные) действия, предназначенные для управления технологическими процессами, связанными с непрерывной подачей сыпучих материалов в технологические установки, а также для автоматизации непрерывных и циклических процессов дозирования;

— **платформенные** весы для нагрузки от 6 кг до 3 т, предназначенные для учетных и технологических операций при приемке сырья, отпуске, дозировании, расфасовке и упаковке продукции, в том числе для работы в тяжелых условиях (агрессивные среды, запыленность, большой перепад температур, высокая влажность);

— **индикаторы** тензометрические серии МИКРОСИМ (одноканальные и многоканальные, для статического взвешивания и взвешивания в движении, для непрерывного и дискретного дозирования) предназначены для работы с тензометрическими датчиками различных типов в составе весоизмерительных устройств.

Вся весоизмерительная техника «МЕТРА» комплектуется компьютерным программным обеспечением, что позволяет контролировать расход материальных ресурсов, и в любой момент времени позволяет получать точную информацию о ходе производственного процесса.

Весоизмерительная система, обслуживающая производство, — это одно из основных звеньев, влияющих на точность выполнения технологического процесса. Поэтому использование на предприятии централизованной высокоточной тензоизмерительной системы позволяет установить оперативный контроль, осуществлять централизованный учет при приемке сырья, смешива-

нии компонентов, учете и отгрузке готовой продукции.

При производстве строительных материалов достаточно широко применяются автомобильные и вагонные весы. Их разработку и производство фирма «МЕТРА» считает одним из основных направлений своей деятельности, поскольку системы весового учета на их основе одинаково эффективно используются в самых различных отраслях — от тяжелой металлургии до производства продуктов питания.

Для учета материалов на малых и средних предприятиях ПСМ производятся автомобильные весы типа М8200А двух модификаций — низкопрофильные и низкомостовые. Предназначенные для взвешивания в статике автомобилей и автопоездов, эти весы имеют диапазон взвешивания 30–60 т с дискретностью индикации от 10 до 20 кг.

Обе конструкции (всего выпускается 9 базовых моделей) разборные, для их транспортировки не требуется специальный транспорт. Для перевозки самой длинной серийно выпускаемой платформы достаточно одного длинномерного полуприцепа.

Автомобильные весы имеют также еще и монтажные преимущества. Для их установки требуется относительно малый объем земляных и бетонных работ. Сами весы не занимают много места — это особенно удобно на небольшой территории предприятия и при наличии ограничений по высоте.

Низкопрофильные весы могут устанавливаться как в приямок, так и над уровнем земли. Конструкция низкомостовых весов предназначена для установки над уровнем земли. Оба модельных ряда автомобильных весов снабжены повышенной защитой от рывков при остановке и в начале движения автомобиля. Они неприхотливы в работе (герметичные тензодатчики из нержавеющей стали производства Германии), удобны в обслуживании и рассчитаны на длительную эксплуатацию при температуре –30 — +40°С. Весы могут обеспечиваться повышенной защитой от воздействий внешней среды за счет покрытия платформы цинком.

Для учетных операций при приемке и отпуске продукции, перемещаемой железнодорожным транспортом на крупных предприятиях,

«МЕТРА» рекомендует специально разработанные вагонные весы марки М8300 с диапазоном взвешивания 2–200 т. Их конструктивные особенности позволяют производить повагонное или потележное взвешивание вагонов и цистерн всех типов с расцепкой или без нее. В зависимости от варианта конструкции вагонные весы могут быть установлены как в бетонированную яму, так и на бетонное основание, располагаемое на насыпи. Монтаж весов М8300 не требует большого объема бетонных работ, поскольку их конструкция предусматривает экономичный и быстровозводимый фундамент. Транспортировка весов также не связана с особыми сложностями: весы имеют компактные размеры и могут перевозиться без специального разрешения на перевозку негабаритных грузов.

Все модели автомобильных и вагонных весов комплектуются программным обеспечением (ASNet и ASNet Pro — для автомобильных, WNet и WNet Pro — для вагонных), предназначенным для организации эффективного весового учета. Оно позволяет вести непрерывный учет грузопотока и полностью исключить несанкционированный провоз груза через весы. В

числе функций программного обеспечения такие как ввод информации о взвешивании и сопроводительной информации в базу данных, поиск информации в базе данных, отображение процесса загрузки/выгрузки, регистрация и контроль доступа операторов, управление процессом взвешивания, трансляция показаний, конструирование отчетной документации с ее последующей распечаткой. Немаловажно, что программное обеспечение адаптировано к существующим компьютерным системам бухгалтерского учета, в частности к «1С: Бухгалтерия».

Ключевым элементом большинства весов «МЕТРА» является прецизионный тензоизмеритель МИКРОСИМ (зарегистрированная торговая марка предприятия) — первый и единственный прибор российского производства, удовлетворяющий требованиям ГОСТа и имеющий международную сертификацию International Organization of Legal Metrology (Франция). Соединенный с компьютерами в единую сеть и в сочетании с различными грузоприемными платформами, прибор обеспечивает широкие возможности по автоматизации, учету и регистрации производимых взвешиваний:

позволяет организовать на предприятии систему весового учета и контроля. Эта система будет отвечать требованиям метрологического обеспечения производства, соответствовать утвержденным методикам выполнения измерений и обеспечивать передачу информации о весе в базу данных управления самим предприятием. В условиях жесткой конкуренции система весового учета может служить залогом не только стабильной работы предприятия, но и его успешного динамичного развития.

Очевидно, что для создания системы весового учета на конкретном предприятии прежде всего необходимо изучить технологическую задачу клиента, его реальные и потенциальные потребности в весовом учете и контроле. Однако практический опыт, приобретенный фирмой «МЕТРА» за долгое время сотрудничества с различными промышленными предприятиями, позволяет ей предлагать своим заказчикам не только типовые решения весовых систем, но и разрабатывать и поставлять специальное программное обеспечение по эффективному учету взвешиваемых грузов.

*По материалам НИИ «МЕТРА»*



весоизмерительная техника мирового уровня

---

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕСЫ:**



- **весы автомобильные**
- **весы вагонные**
- **программное обеспечение по весовому учету**

ООО НИИ «МЕТРА» Россия, 249038, Калужская обл., Обнинск, а/я 8128  
Тел.: (08439) 44310, 41003 (095) 7774184 Факс: (08439) 40191 E-mail: info@metra.ru

www.metra.ru

## Завод «Стройтехника» представляет современное оборудование «Рифей»

С 1990 г. завод «Стройтехника» производит компактные установки «Рифей-04», «Рифей-05», «Рифей-Универсал», с помощью которых из местного доступного сырья (песка, отсевов, щебня, котельного шлака, золы, опилок), а также керамзита, гранулированного шлака и др., цемента и красителей можно изготавливать недорогие строительные изделия.

В работе установок используется метод полусухого вибропрессования смесей, который позволяет изготавливать высококачественные камни различных форм и расцветок для строительства жилых и производственных помещений, реконструкции фасадов домов и благоустройства и др.

В апреле 2004 г. запущено серийное производство новой более производительной линии «Рифей-Варяг».

На линиях «Рифей» можно производить около 100 видов строительных изделий. В их числе камни различных форм, тротуарная плитка (брусчатка), бордюры, лотки, газонные решетки, облицовочные камни, вазоны, небольшие фундаментные блоки, столбы для ограждений, элементы заборов и др.

Завод «Стройтехника» стал лидером среди российских предприятий, выпускающих компактное оборудование для изготовления строительных материалов.

Оборудование отличается простотой управления и обслуживания, высокой ремонтпригодностью и неприхотливостью. Для эффективной работы линии необходима только подача электроэнергии и воды, при этом в качестве исходных компонентов пригодно практически любое местное сырье. Быстрый переход на другой вид продукции производится в результате смены матрицы.

Монтаж оборудования производится с высокой скоростью: срок ввода линии в эксплуатацию составляет 3–5 дней; окупаемость линии менее 9 месяцев при производстве тротуарной плитки в одну смену.



Фигурные элементы мощения, изготовленные на линии «Рифей»

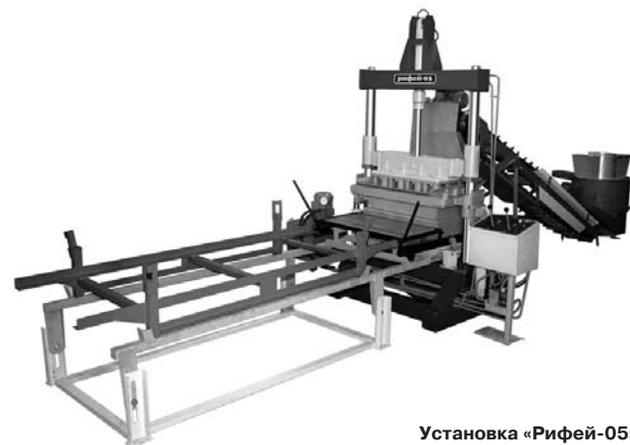
Линию «Рифей» можно приобрести в любой комплектации, так же как и любой узел из ее состава. Завод «Стройтехника» осуществляет доставку оборудования, его монтаж, изготовление пробных изделий, обучение персонала, гарантийное и постгарантийное обслуживание. При необходимости поставляется дополнительное оборудование: шнековый транспортер цемента, пневмозахват, специальный пресс для раскола камней («Рифей-Колун»).

### Завод «Стройтехника»

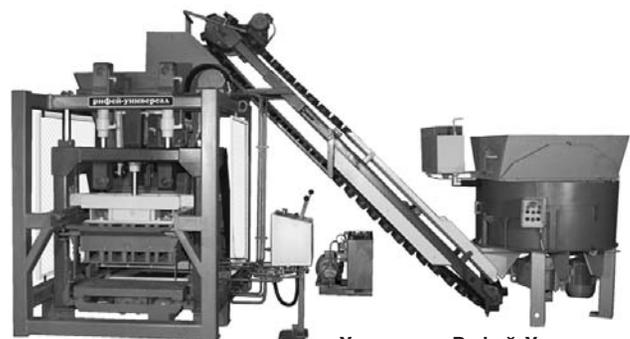
Россия, 456200 Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Аникиеева, 2  
Телефон/факс: (35136) 7-01-94, 7-00-55  
E-mail: v-press@chel.surnet.ru      www.v-press.ru



Установка «Рифей-04»



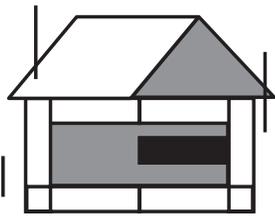
Установка «Рифей-05»



Установка «Рифей-Универсал»



На установке «Рифей-Варяг» можно производить бордюрные камни длиной 1 м



ВолгаСтройЭкспо  
Казань - 2004

# ВОЛГАСТРОЙЭКСПО-2004

Одна из крупнейших строительных выставок России в девятый раз прошла в столице Республики Татарстан 26–29 апреля 2004 г. Ее организаторами традиционно выступают Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства, Государственный жилищный фонд при Президенте РТ, Союз строителей Республики Татарстан, администрация г. Казани и ОАО «Казанская ярмарка» при поддержке Госстроя России. Выставка продемонстрировала достижения строительного комплекса республики в преддверии 1000-летнего юбилея Казани.

Татарстан занимает одно из ведущих мест в Поволжском регионе по объему строительства, освоению капитальных вложений, выполнению подрядных работ и вводу жилья. Республика имеет одну из наиболее мощных в Российской Федерации базу строительной индустрии. Это более 60 заводов и цехов по производству бетонных и железобетонных изделий, 7 заводов КПД, 50 заводов по выпуску керамического кирпича и 2 по выпуску силикатного кирпича, 7 предприятий по производству керамзита, 26 предприятий нерудных строительных материалов, 3 завода мягких кровельных материалов.

Развитие строительства и промышленности строительных материалов как в зеркале отражается в экспозиции выставки. За прошедшие годы она завоевала высокий авторитет специалистов и стала привлекать предприятия и фирмы из других регионов России, из ближнего и дальнего зарубежья. По сравнению с 2003 г. экспозиционная площадь выставки увеличилась на 23%, более 65% участников – производители продукции и услуг. За четыре дня работы выставки ее посетили 15,5 тыс. человек.

Это в значительной степени обусловлено тем, что за последние годы в строительном секторе Республики Татарстан активно проводится экономическая реформа, развиваются рыночные отношения, формируется реальная конкурентная среда. Основные объемы капиталовложений направляются на строительство объектов жилищно-коммунального хозяйства, здравоохранения, образования и культуры. Продолжается строительство крупных объектов – Казанского метрополитена, международного аэропорта «Казань», реконструируется историческая часть города.

На выставке «ВолгаСтройЭкспо-2004» свои разработки, продукцию и услуги демонстрировало более 316 предприятий и фирм из Татарстана и России, Беларуси и Украины. В выставке участвовали представительства фирм из Англии, Бельгии, Кипра, Финляндии, Франции и других стран.

Был представлен широкий ассортимент керамических строительных материалов. ОАО «АСПК» (п.г.т Арск, РТ) выпускает полнотелый и пустотелый керамический кирпич оранжево-коричневых оттенков. ООО НГДУ НЗКК «Арланнефть» (г. Нефтекамск) производит керамический лицевой кирпич и камни высокого качества красного цвета различной конфигурации. Доминантой экспозиции южно-уральского производителя ЗАО «Строительный комплекс» (г. Магнитогорск Челябинской обл.) была продукция редкого для стеновой керамики желтого тона – кирпич, камни и архитектурные элементы высокой прочности (М125-175). Большой выбор керамического гранита и плитки предлагали торговые представительства предприятий-производителей и специализированные оптовые фирмы.

Особый интерес посетителей выставки привлекла экспозиция ООО «Казанский завод силикатных строительных материалов», представившего силикатный лицевой объемно-окрашенный кирпич желтого, красного, коричневого, серого и зеленого цветов и широкий выбор рельефных, колотых и фасонных изделий.

ГУП «Комбинат строительных материалов» (г. Набережные Челны) также специализируется на выпуске силикатного облицовочного кирпича широкой цветовой гаммы – серого, зеленого, розового, желтого, фиолетового и различных оттенков основных цветов. Для повышения водоотталкивающих свойств кирпич покрывается специальным гидрофобизатором.

Не ослабевает интерес архитекторов, проектировщиков и строителей к вентилируемым фасадам. На выставке были представлены системы с различной наружной отделкой – плиты с покрытием из каменной крошки и специальными атмосферостойкими красками, природный камень, керамический гранит, металлический сайдинг, которые производят и поставляют ООО «Архелон» (Казань), ЗАО «ЛАЭС» (Самара), ООО «Профист-Комплект» (г. Первоуральск Свердловской обл.) и др.

Большие объемы строительства в республике привлекают на выставку производителей изделий из тяжелого бетона, керамзитобетона, ячеистого бетона. Это ОАО «КПД-3 КДСК», ЗАО «КУЛОНСТРОЙ» (Казань), ООО «Завод ЖБК-1» (Белгород), ООО «Новочебоксарский домостроительный комбинат» (г. Новочебоксарск Республики Чувашия). Оборудование для производства пенобетона представили ООО НПП «Стандартбетонресурс» (Екатеринбург), ЗАО «Стройдом» (Казань) и др.

Большой раздел выставки был посвящен теплоизоляционным материалам. ОАО «Тизол» из г. Нижняя Тура Свердловской обл. представило теплоизоляционные материалы для строительства и специальные термоизоляционные изделия для промышленного оборудования и систем вентиляции. Ижевское предприятие «ФТТ-Пластик» демонстрировало изделия из пенополистирола различных марок собственного производства.

ООО «Таттеплоизоляция» (Казань) производит предварительно изолированные трубы стальные с пенополимербетонным покрытием. Оно представляет собой слой пенополиуретана с минеральным наполнителем с переменной плотностью. Прочность внешнего механогазозащитного слоя не менее 1,2 МПа. Это позволяет вести укладку труб бесканальным способом. Для изоляции существующих трубопроводов выпускаются специальные теплоизоляционные ППУ-скорлупы. Они могут быть изготовлены с облицовкой из металла, ПВХ, алюминиевой фольги, огнестойкого ламината. Кроме этого, предприятие выполняет работы по напылению жесткого ППУ на различные конструкции.

В рамках выставки традиционно проводится обширная деловая программа. Был проведен круглый стол Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан «Потребности республики в новых эффективных строительных материалах»; предприятиями и фирмами были проведены семинары по актуальным темам, презентации техники и оборудования.

Анкетирование участников и посетителей выставки показывает, что более 80% из них уже приняли решение об участии в 10-й выставке «ВолгаСтройЭкспо-2005», которая пройдет в Казани 26–29 апреля 2005 г.

К.Г. МАЩЕНКО, директор ООО «Компания «Бенотех» (Новосибирск)

## **Модификаторы – шаг к повышению качества бетонов и растворов**

Современное строительство немислимо без бетона. Более 2 млрд м<sup>3</sup> в год – таков в настоящее время мировой объем его применения.

Последние десятилетия XX в. ознаменовались значительными достижениями в технологии бетона. В эти годы появились и получили широкое распространение новые эффективные вяжущие, модификаторы для вяжущих и бетонов, активные минеральные добавки и наполнители, армирующие волокна, новые технологические приемы и методы получения строительных композитов. Все это позволило не только создать и освоить производство новых видов бетона, но и значительно расширить номенклатуру применяемых в строительстве материалов – от очень легких теплоизоляционных (с объемной массой менее 100 кг/м<sup>3</sup>) до высокопрочных конструкционных (с прочностью при сжатии свыше 200 МПа).

Наибольшее развитие получили высококачественные высокотехнологичные бетоны (High Performance Concrete, НРС). Под этим термином объединены многокомпонентные бетоны с высокими эксплуатационными свойствами, прочностью, долговечностью, низкими коэффициентами диффузии и истираемости, надежными защитными свойствами по отношению к стальной арматуре, высокой химической стойкостью. Высококачественные бетоны, приготавливаемые из высокоподвижных и литевых бетонных смесей с ограниченным водосодержанием, имеют прочность при сжатии в возрасте 2 сут 30–50 МПа, в возрасте 28 сут 60–150 МПа, морозостойкость F600 и выше, водонепроницаемость W16 и выше, водопоглощение менее 1–2 мас. %, истираемость не более 0,3–0,4 г/см<sup>2</sup>. В реальных условиях прогнозируемый срок службы такого бетона превышает 200 лет. Возможно получение и супердолговечных бетонов со сроками службы до 500 лет.

Одним из наиболее перспективных направлений технического прогресса в технологии бетона является формирование структуры цемент-

ного камня, позволяющей значительно повысить комплекс физико-технических свойств бетона. Эти задачи во многих случаях могут быть успешно решены с помощью различных химических модификаторов, которые при введении в малых количествах существенно влияют на физико-химические процессы твердения вяжущих и в результате на технологические свойства бетонных смесей.

Уже в начале 80-х годов во многих промышленно развитых странах доля бетона, содержащего химические добавки – модификаторы, составляла более 50% от общего объема, а в ряде стран с добавками выпускалось 60–80% от общего объема бетона. За прошедшие годы эти цифры выросли и к настоящему времени в развитых странах мира составляют 90–100 %.

В нашей стране номенклатура модификаторов, предложенных к применению, весьма обширна (количество модификаторов, только входящих в перечень строительного каталога СК-4 «Химические добавки для бетонов и строительных растворов», превышает 80 наименований), но, к сожалению, широкого применения они не находят. Отдельные группы модификаторов придают бетону и конструкциям на его основе совершенно новые свойства.

Наиболее широко в бетонах применяются модификаторы структурирующего, пластифицирующего действия, регуляторы твердения бетона, а также комплексные модификаторы полифункционального действия.

Среди модификаторов структурообразующего действия особая роль принадлежит кремнийорганическим соединениям различных классов, применение которых позволило разработать группу бетонов высокой морозо- и коррозионной стойкости.

Модифицирование бетонов олигомерами гидрофобно-газовыделяющего действия типа полигидросилоксанов (олигомер ГКЖ-94, 136-41) позволяет получать бетоны как нор-

мального твердения, так и пропарочные на цементах разного минералогического и вещественного состава марок F1000, F1500 и выше в соответствии с действующим ГОСТом и морозостойкостью более 300 циклов.

Бетоны, модифицированные соединениями класса полигидросилоксанов, применены в широких масштабах при строительстве ответственных сооружений в районах Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока. Особо следует отметить крупнейший гидроэнергетический комплекс на дальнем Востоке – Зейскую ГЭС, расположенную в районе с особо суровыми климатическими условиями, где был уложен высокоморозостойкий и кавитационностойкий бетон с добавкой ГКЖ-94.

Образцы и керны, выбуренные из тела плотины, успешно прошли испытания на морозостойкость, выдержав более 1500 циклов замораживания-оттаивания. В Новосибирске накоплен большой опыт по применению ГКЖ на заводах ЖБИ-4 и НССК.

Важное место среди химических модификаторов занимают пластификаторы и суперпластификаторы бетонных смесей.

Суперпластификаторы позволяют резко снизить продолжительность виброобработки, как правило, в 3–4 раза. Это позволяет исключить высокочастотную вибрацию или заменить ее непродолжительным низкочастотным воздействием для улучшения распределения бетонной смеси в форме, снизить энергозатраты и трудоемкость, а также повысить качество конструкций. При этом коренным образом улучшаются условия труда при укладке и уплотнении бетонных смесей.

Возможность регулирования водопотребности бетонной смеси при применении суперпластификаторов и значительного (до 20–25%) снижения водоцементного отношения обеспечивает получение высокопрочных бетонов классов В45 и выше, производство конструкций из высокопрочного бетона без нара-

щивания объемов выпуска энергоемких цементов марок 550 и 600.

Компанией «Бенотех» разработан и производится пластификатор «Бенотех Сипласт», который обладает высокими потребительскими качествами и низкой ценой.

В состав комплексных модификаторов могут входить активные и малоактивные компоненты типа высокодисперсного микрокремнезема, золы-уноса и др., существенно улучшающие технологические свойства бетонных смесей и физико-технические свойства бетонов. Это в еще большей степени повышает актуальность применения модификаторов, позволяющих утилизировать многотоннажные неорганические отходы производства.

Особая роль в этом принадлежит микрокремнезему, на основе которого получены комплексные порошкообразные модификаторы полифункционального действия насыпной плотностью 750–800 кг/м<sup>3</sup>.

Получение бетона класса прочности до В55, водонепроницаемости до W 20 и морозостойкости до F 400 (II базовый метод) достигается за счет физико-химических свойств вводимой добавки.

ООО «Компания «Бенотех» разработала свою комплексную добавку «Бенотех Уником», которая применяется как многофункциональная в основном при монолитном способе ведения работ и в дорожном строительстве. Использование комплексных модификаторов в бетонах и строительных растворах позволяет:

- обеспечить подвижность бетонной смеси до марки П5 включительно и получить литьевые смеси без расслоения;
- при той же подвижности смеси за счет введения добавки повысить прочность бетона в возрасте от 3 до 28 сут соответственно на 40–85%;
- обеспечить марку бетона по водонепроницаемости на 5–7 ступеней выше, чем марка по водонепроницаемости бетона без добавок;
- обеспечить марку бетона по морозостойкости P200–P400 (II базовый метод).

В ближайшее время стоит задача создания высокоэффективных регуляторов схватывания и твердения бетонов. Применяемые в настоящее время ускорители твердения на основе хлоридов имеют ряд ограничений, связанных с понижением защитных свойств бетона по отношению к арматуре.

Намечены основные направления создания бесхлоридных ускорителей твердения на основе солей органических кислот и модифицированных

олигомеров. Решение этой задачи позволит разработать высокоэффективные комплексные модификаторы полифункционального действия для беспропарочных технологий ускоренного твердения бетона. Применение таких ПФМ позволит, вероятно, более эффективно и экономично использовать экзотермические процессы гидратации цемента в герметичной опалубке с целью самотермообработки бетона без подачи дополнительного тепла извне.

Разработка компании «Бенотех» в этой области – противоморозная добавка «Бенотех ПМП-1» – позволяет производить работы в зимних условиях при температуре от 0 до –25°C. И хотя в основе этой добавки лежит CaCl<sub>2</sub>, с помощью введения ингибиторов удалось решить проблему коррозии. При введении не более 5% от массы цемента коррозии арматуры не происходит. Эта добавка также является ускорителем твердения и позволяет через сутки получить до 80% прочности 28-суточного бетона. Ведутся дальнейшие разработки по усовершенствованию добавки, целью которых является:

- уменьшение количества CaCl<sub>2</sub> без потери эффективности;
- возможность производства работ при более низкой температуре (–30 – –35°C).

Наиболее эффективным и распространенным способом ускорения твердения бетона на рядовых цементах является прогрев изделий.

В заводских условиях пропаривание производится в безнапорных камерах или автоклавах при давлении 8–12 атм. В российской стройиндустрии лидирует производство сборного бетона и железобетона с прогревом в технологическом цикле, что в недавние времена стабильно низких цен на все виды энергии было экономически вполне приемлемо. Однако в настоящее время при непрерывном росте цен на энергоносители доля энергозатрат в структуре себестоимости изделий и конструкций из бетона и железобетона соответственно увеличивается.

На предприятиях стройиндустрии для тепловой обработки 1 м<sup>3</sup> железобетонных изделий затрачивается около 0,6 Гкал тепловой энергии, а это 202 м<sup>3</sup> природного газа, или 73 кг условного топлива. Доля технологического пара в себестоимости железобетонных изделий достигает 10–15%. Поэтому ее снижение путем сокращения продолжительности ТВО бетона или полное устранение прогрева является актуальной технологической задачей. Кроме того, прогрев бетона по сравнению с естественным твердением вызывает неизбежное

увеличение дефектности его структуры, рост внутренних напряжений, что в конечном итоге снижает морозостойкость и долговечность бетона в изделиях и конструкциях.

В рамках решения проблемы сокращения энергоемкости производства сборного железобетона интересны разработки белорусских ученых и компании «Бенотех» (добавка «Бенотех Модус»), которые позволяют в осенне-весенний период значительно сократить время пропаривания (в 3–4 раза), а в летний период применять беспропарочную технологию. Применение добавки «Бенотех Модус» при нормальных условиях твердения бетона через 48 ч обеспечивает до 80% марочной прочности изделий.

Широкое применение химических модификаторов позволяет решить многие задачи, стоящие перед строительным комплексом. Теперь можно и необходимо получать высококачественные и высокотехнологичные бетоны и растворы, которые имеют увеличенный срок эксплуатации материала до 100 лет и более. Но к сожалению, наши нормативные документы устарели и не учитывают возможности современных модификаторов. Более того, стандарты позволяют производить и использовать низкокачественные бетоны и растворы. В данной ситуации есть только два пути решения этой проблемы:

- принятие нормативных документов и требований европейских стандартов;
- создание мер, исключающих незаинтересованность заказчиков и строителей в качественном строительстве.

Для обеспечения строительства новым поколением композитов и бетонов необходимо интенсифицировать развитие сопряженных отраслей промышленности: цементной – для создания и производства новых композиционных вяжущих, в том числе с уменьшенным содержанием клинкера, на бесклинкерной основе, с применением гипса, извести, зол, шлака и других видов сырья; строительной химии – для создания и производства химических модификаторов различного назначения и расширяющих добавок, в том числе из техногенных отходов, ультрадисперсных активных минеральных наполнителей, ультрадисперсных волоконистых наполнителей, пигментов, смазок, клеев и других материалов; нерудной промышленности – для создания и производства новых видов заполнителей, в том числе суперлегких.

[www.benotech.ru](http://www.benotech.ru)

В.А. ВОЙТОВИЧ, канд. техн. наук, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Г.В. СПИРИН, инженер, Т.Г. МОНАХОВА, гл. технолог ООО НПО «Полимерстройсервис», О.Н.СМИРНОВА, канд. биол. наук, НИИХимии Нижегородского государственного университета (Нижний Новгород)

## **Биодеградация строительных материалов и сооружений. Состояние, тенденции, подавление, профилактика**

В последней четверти ушедшего века во всем мире происходило резкое увеличение видового разнообразия и численности вредных для человека и техногенных изделий существ — вирусов, микробов, микроскопических грибов.

Критерием значимости проблемы может быть то, что в Академии наук России уже давно функционирует Научный совет по биоповреждениям, а с прошлого года приступил к работе аналогичный совет при Российской академии архитектуры и строительных наук.

Разрушение материалов и изделий, происходящее в результате воздействия на них живых существ, называется биодеградацией. Если это воздействие еще в начальной стадии и не вывело материал или изделие из строя, то его называют биоповреждением; если же произошла потеря товарных качеств, то биоразрушением. Организмы, вызывающие деградацию, называют биоразрушителями, биодеструкторами.

В принципе неживую природу поражают все те же виды микроорганизмов, что и живую. Но для неживой природы самыми опасными разрушителями являются микроскопические грибы — сапрофиты.

Работами отечественных и зарубежных ученых доказано, что практически все материалы, как минеральные, так и, особенно, органические, могут подвергаться биоразрушениям, вызываемым микроорганизмами.

Из инженерных сооружений особенно быстро могут разрушаться коллекторы, по которым канализуют бытовые сточные воды. Ранее было показано [1–2], что в канализационных коллекторах, которые большей частью изготавливают из железобетонных труб, вследствие жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий образуется сероводород. Это вещество уже само по себе агрессивно по отношению к цементной матрице в железобетоне и к стальной арматуре. Но еще более агрессивна серная кислота, которая продуцируется тионовыми бактериями, питающимися сероводородом. Под воздействием обоих факторов коррозия бетона развивается со скоростью 2–3 мм в год. Вследствие этого вместо нормативного срока службы 50 лет коллектор может выйти из строя уже через 15–20 лет.

В первую очередь в трубе разрушается верхняя часть (свод). Сероводород, продолжая образовываться, через грунт поступает в атмосферу, отравляя население. ПДК для сероводорода ниже, чем порог обоняния, так что человек, отравляясь, может и не почувствовать его запаха.

Такие разрушения канализационных коллекторов авторы неоднократно наблюдали в Нижнем Новгороде и других городах РФ.

Предотвратить эти биоразрушения можно достаточно простым и дешевым способом — подщелачивать сточную воду до pH 8,5–9 известью. Однако нигде такой способ борьбы с биоповреждением коллекторов до сих пор не используют.

В настоящее время множество исследовательских групп во всем мире пытается найти действенные средства защиты от биодеградации.

В 1970 г. в Научно-исследовательском институте химии Горьковского государственного университета был создан отдел биологических исследований. В нем были развернуты обширные исследования биодеградации самых разнообразных материалов и изучение влияния на этот процесс биоцидов — веществ, убивающих биоразрушителей.

В настоящее время в Нижнем Новгороде работает коллектив исследователей, решающих следующие задачи:

- обследование объектов, на которых замечены биоповреждения, установление их причин, идентификация видов биоразрушителей и выдача рекомендаций по подавлению этого процесса;
- изучение биоцидных свойств различных веществ;
- разработка биостойких материалов;
- синтез новых биоцидов.

К настоящему времени обследовано много десятков объектов. Приведем некоторые примеры.

Так, в помещениях одного из банков было проведено количественное определение колониеобразующих единиц (КОЕ). Так обобщенно называют споры, частицы плесени, другие зародышевые структуры — все то, попав на материал, может начать развиваться.

Критерием выбора помещений для обследования было наличие видимой плесени или ее запаха, отслаивание лакокрасочных покрытий (ЛКП).

Известно, что величина КОЕ в 1 м<sup>3</sup> воздуха является интегральным критерием, позволяющим давать наиболее объективную оценку возможной глубины и скорости процесса биоразрушения материалов, эксплуатируемых в обследуемых помещениях.

Измерение КОЕ осуществляли методом седиментации на поверхность агаризованной среды Чапека — Докса, находящейся в чашках Петри, с помощью пробоотборного устройства ПУ-1Б. Эксперимент проведен в двух повторностях.

Установлено, что КОЕ превышало норму в 22 из 27 обследованных помещений, причем в некоторых из них, например в архиве, в 4–5 раз. А в туалетных комнатах это превышение составило 31 раз.

Согласно рекомендациям ученых в воздухе помещений, где находятся люди, должно быть не более 800 КОЕ в 1 м<sup>3</sup>.

Органолептическое обследование объектов, подвергшихся видимым биоповреждениям (ЛКМ, бетон, побелка, штукатурка), показало, что все они разрушены плесневыми грибами, причем в ряде мест повреждения распространились вплоть до кирпичной кладки здания.

Следует напомнить, что некоторые микроскопические грибы опасны и для людей. Они могут вызвать серьезные заболевания, которые трудно поддаются диагно-

стике и лечению. Представители родов микромицетов — *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Alternaria* обладают аллергенным действием, проявляющимся в виде кожных реакций, воспалений и отеков слизистых оболочек, першения в горле, кашля. Известно, что некоторые представители актиномицетов могут выделять микотоксины, действие которых приводит к поражению печени и даже заболеванию раком.

В другом здании, построенном еще в начале прошлого века и отремонтированном, сотрудники стали испытывать через некоторое время недомогания — головные боли, приступы аллергии.

Оказалось, что остов здания был поражен микроскопическими грибами и при ремонте их не уничтожили, а лишь прикрыли отделочными материалами. Грибы, попав в более теплое пространство, стали развиваться интенсивнее, а их споры, попадая в дыхательные органы человека, вызвали заболевания.

Было установлено, что количество КОЕ, содержащееся в 1 м<sup>3</sup> воздуха, составляло от 160 до 1070, причем наибольшая их концентрация была в помещениях, где воздух был очень влажным. В ряде помещений из-за плесени начали разрушаться ЛКП, побелка, известково-песчаная штукатурка.

Для подавления дальнейшего развития биоповреждений было рекомендовано устранить причины, вызывающие излишнюю влажность воздуха и ограждающих конструкций, удалить пораженные части отделочных материалов, а также кирпичной кладки, причем на всю глубину поражения, и обработать обнажившуюся поверхность биоцидом.

Однако необходимо учитывать, что такая мера может и не дать желаемых результатов, если концентрация биоцида недостаточна для подавления или он вообще не действует на данный вид микроорганизмов. Последний феномен может появляться и вследствие привыкания микроорганизмов к биоциду. Для предотвращения этого необходимо использовать биоциды различных видов. Однако и в этом случае, если нет продуманной стратегии применения, может возникнуть устойчивость микроорганизмов сразу ко многим биоцидам.

Действенным приемом, позволяющим заметно повысить эффективность обработки биоцидами, является предварительное высушивание обрабатываемых изделий, поскольку почти все виды грибов погибают при отсутствии воды. До недавнего времени эта рекомендация была мало приемлемой из-за сложности просушивания.

В настоящее время эта задача упростилась благодаря появлению микроволновых установок, специально сконструированных для таких целей. Известно, что электромагнитные волны сверхвысокой частоты проникают на всю толщину увлажненного тела и нагревают сразу всю воду. Следует отметить, что микроволны не только высушивают изделие, но и убивают находящиеся в нем микроорганизмы.

Из числа разработанных в отделе биоцидных строительных материалов можно выделить поливинилацетатную дисперсию, не загнивающую в условиях влажных тропиков [3]. Такая дисперсия была использована в тропических странах в качестве клея для фотографий. На основе такой дисперсии была разработана [4] грунтовка — преобразователь продуктов коррозии черного металла.

Некоторые материалы и ныне производятся в промышленных объемах. Например, средство «Демос» предназначено для биоцидной обработки различных материалов и изделий. Биоцидным компонентом в нем является синергетическая смесь двух четвертичных аммониевых солей. К таким материалам относятся антисептирующий и огнезащитный лак «Вупротек-1», представляющий двухупаковочную систему, состоящую из водного раствора смеси

биоцидов с антипиренами и пленкообразователя на основе акриловой дисперсии; антисептическое средство «Румас», предназначенное для защиты древесины от синевы, грибов и древоточцев; акриловая водно-дисперсионная краска «Прима-3» различных цветов. В этих материалах биоцидами являются изотиазолон в сочетании с бор- и фторсодержащими веществами.

Сочетание таких веществ в качестве биоцидов использовано впервые, поэтому были проведены испытания защищаемых ими материалов ко воздействию наиболее часто встречающихся микроорганизмов.

Грибостойкость определена в соответствии с ГОСТ 9.050–75 по методу 1 на устойчивость к грибам и по методу 2 на наличие фунгицидных свойств. В качестве тест-культур использовались грибы видов: *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Alternaria alternata*, *Fisarium moniliforme*, *Penicillium martensii*, *Penicillium brevicompactum*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium ochrochloron*, *Penicillium funiculosum*, *Trichoderma viride*, *Aspergillus ustus*, *Gliocladium virens*.

Испытания показали, что степень обрастания микромицетами для всех трех материалов равнялась нулю баллов. Это означает, что материалы грибостойки.

Степень токсичности испытываемых материалов определяли по величине зоны ингибирования роста бактерий на образцах ЛКП. В качестве тест-бактерий использовались культуры: *Streptococcus salivarius*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus megaterium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Результаты показали, что радиус зоны ингибирования был не менее 5 мм, что позволяет отнести эти материалы к бактерицидным.

Еще одним материалом, разработанным [5] авторами и исследованным на устойчивость к биоповреждениям, был «Древолит®» — композиция из магниезольного цемента и древесного наполнителя.

Испытания по определению устойчивости «Древолита®» к действию грибов были проведены по ГОСТ 9.048–89, фунгицидность — по ГОСТ 9.049–91 (метод 3). Выбор тест-грибов осуществляли в соответствии с этими же ГОСТами.

Устойчивость к действию бактерий определена по стандартным методикам, основанным на интенсивности роста микроорганизмов на строительных материалах. В качестве тест-бактерий использовались, указанные выше.

Испытаниями установлено, что «Древолит®» обладает грибо- и бактериостойкостью, то есть не может быть использован этими микроорганизмами в качестве источника питания. Наряду с этим материал обладает, хотя и слабым, бактерицидным действием, то есть способностью убивать бактерии.

#### Список литературы

1. *Войтович В.А., Мокеева Л.Н.* Биологическая коррозия. М.: Знание, 1988. 90 с.
2. *Крыленков В.А., Власов Д.Ю., Дашко Р.Э., Старцев С.А.* Проблемы сохранения жилой и производственной инфраструктуры городов от биоразрушения // Инфрастрой. 2003. № 5 (II). С. 3–13.
3. *Анисимов А.А., Любавина Н.П., Смирнов В.Ф.* Биологическая коррозия поливинилацетатной дисперсии // Микроорганизмы и низшие растения — разрушители материалов и изделий. М.: Наука. 1979. С. 57–59.
4. *Анисимов А.А., Войтович В.А., Смирнов В.Ф. и др.* А.с. № 593476 «Состав грунта для преобразования продуктов коррозии».
5. *Войтович В.А., Спиринов Г.В.* Полы на основе магниезольных вяжущих веществ // Строит. материалы. 2003. № 9. С. 8–9.

## Современные технологии ускорения набора прочности бетона на ранних сроках твердения

Сокращение сроков строительства при условии обеспечения высокого качества в настоящее время является одной из основных задач. Учитывая тот факт, что основным строительным материалом остается бетон, скорость набора прочности последнего во многом является определяющим фактором темпов возведения зданий и сооружений.

Компания «Полипласт», известная многим специалистам своими новаторскими решениями, разработала новую добавку для бетона — пластификатор-ускоритель «Реламикс», позволяющий значительно сократить сроки твердения бетона, а значит, и строительства в целом.

«Реламикс» может применяться в технологиях производства железобетонных изделий с тепловлажностной обработкой (ТВО). Добавка позволяет снизить затраты на ТВО в 1,5–2 раза или вовсе отказаться от нее.

По классификации ГОСТ 24211–03 «Добавки для бетонов и растворов строительных. Классификация и общие технические требования» добавка «Реламикс» соответствует требо-

ваниям к суперпластификаторам и ускорителям твердения.

При введении добавки в количестве 0,6–1% от массы цемента подвижность бетонной смеси увеличивается с 3 до 21 см при одновременном увеличении прочности бетона за 2 сут нормального твердения на 20–45%.

При водоредуцировании (снижении расхода воды на 20%) в равноподвижных смесях (ОК = 3 см) увеличение прочности бетона на третьи сутки нормального твердения достигает 100%, а в возрасте 28 сут 20–30%. В равноподвижных и равнопрочных бетонах при применении добавки возможно снижение расхода цемента до 20%.

В таблице представлены данные о влиянии добавки на удобоукладываемость бетонной смеси и прочность бетона с расходом цемента 350 кг/м<sup>3</sup> марки ПЦ М500 Д0.

На рис. 1 представлен график набора прочности равноподвижных смесей (ОК = 3 см) с добавками С-3 (0,6% — кривая 1) и «Реламикс» (0,6% — кривая 2 и 1% — кривая 3).

На рис. 2 представлен график набора прочности равноподвижных

смесей (ОК = 21 см) с добавками С-3 (0,6% — кривая 1) и «Реламикс» (0,6% — кривая 2 и 1% — кривая 3).

Применение добавки «Реламикс» в количестве от 0,6 до 1% от массы цемента обеспечивает:

- раннюю распалубочную прочность при производстве монолитных бетонных работ;
- изготовление изделий и конструкций по беспробочной технологии;
- сокращение продолжительности или температуры термовлажностной обработки в 1,5–2 раза;
- требуемую прочность бетона при использовании заполнителей невысокого качества (известнякового щебня и мелкого песка).

Добавка «Реламикс» уплотняет структуру бетона и обеспечивает повышение его морозостойкости и водонепроницаемости, не оказывает коррозионного воздействия на арматуру. Бетон с добавкой не следует применять в железобетонных изделиях и конструкциях:

- при наличии в заполнителе реакционноспособного кремнезема (халцедон, опал и др.);
- на предприятиях, потребляющих постоянный электрический ток.

Перед применением добавку необходимо растворять в воде до концентрации 30–35% (плотность 1,18–1,2 г/см<sup>3</sup>). Раствор дозируют в расчете на сухое вещество и вводят в бетоносмеситель через дозатор химических добавок или через дозатор воды.

В каждом конкретном случае количество добавки «Реламикс» зависит от типа цемента, состава бетона и его назначения. Для определения точного количества добавки рекомендуется производить пробные замесы или получить консультацию у технического специалиста ОАО «Полипласт».

Добавка «Реламикс» производится на предприятиях компании «Полипласт» в гг. Новомосковске (Тульская обл.), Первоуральске (Свердловская обл.) и Кингисеппе (Ленинградская обл.). Отгрузка осуществляется в полипропиленовых мешках по 25–30 кг и мягких контейнерах биг-бэг по 600–800 кг в автотранспорт потребителя или железнодорожные контейнеры.

По материалам ОАО «Полипласт»

www.polyplast-un.ru

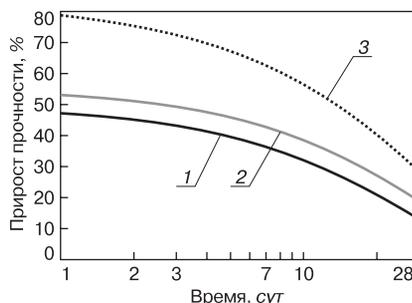


Рис. 1. Изменение относительной прочности бетона с добавками С-3 и «Реламикс» из жестких смесей (П1)

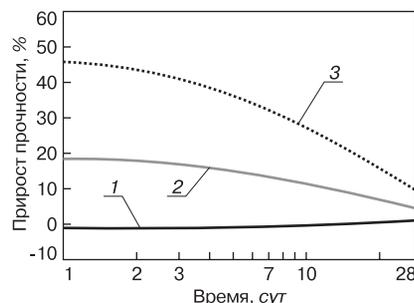


Рис. 2. Изменение относительной прочности бетона с добавками С-3 и «Реламикс» из высокоподвижных смесей (П5)

### Влияние добавки «Реламикс» на темпы твердения бетона в нормальных условиях (бетон стандартного состава (С) по ГОСТ 30459–96)

Дозировка, % от массы цемента	Расход воды, л/м <sup>3</sup>	Осадка конуса бетонной смеси, см	Прочность бетона при сжатии, МПа/%*, в возрасте, сут			
			1	2	7	28
0	185	3	12/100	25/100	42,1/100	57,1/100
0,6	185	21	14,4/120	28,7/115	48,4/115	60/105
1	171	21	17,4/145	35/140	54,7/130	62,8/110
0,6	164	3	18,6/155	37,5/150	61/145	68,5/120
1	148	3	21,6/180	43,7/175	69,5/165	74,2/130

\* За 100% принят бетон без добавок.