

## 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.  
ВЕДЕРНИКОВ Г.В.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОРИН В.М.  
ГОРНОСТАЕВ А.В.  
ГРИДЧИН А.М.  
ГУДКОВ Ю.В.  
ЖУРАВЛЕВ А.А.  
КОВАЛЬ С.В.  
КОЗИНА В.Л.  
ЛЕСОВИК В.С.  
ПИЧУГИН А.П.  
СИВОКОЗОВ В.С.  
ФЕДОСОВ С.В.  
ФЕРРОНСКАЯ А.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.  
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

**Авторы**

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

**Редакция**

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

**Перепечатка**

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

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

**Адрес редакции:**

Россия, 117997, Москва,  
ул. Кржижановского, 13  
Телефон: (926) 833-48-13  
Тел./факс: (495) 124-3296  
124-0900

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

Научно-техническое периодическое издание журнал  
«Строительные материалы»® – отражение состояния отрасли ..... 4

### Кровельные и гидроизоляционные материалы

А.М. ВОРОНИН, А.А. ШИТОВ, А.В. ПЕШКОВА

**Срок службы битуминозных и полимерных материалов  
в кровельном ковре. Часть I** ..... 5

Проанализированы причины изменения эксплуатационных свойств битуминозных и полимерных кровельных материалов. В I части приведен метод прогнозирования срока службы битуминозных материалов на основе натуральных и лабораторных испытаний, проведенных в ЦНИИПромзданий.

Н.Д. СЕРЕБРЕННИКОВА, В.Ф. КОРОВЯКОВ

**Ускоренные испытания для прогнозирования  
долговечности кровельных и гидроизоляционных  
материалов** ..... 9

Аргументированы методы прогнозирования сроков службы гидроизоляционных и кровельных материалов в соответствии с «Методическими рекомендациями по определению условной долговечности рулонных и мастичных кровельных материалов при воздействии климатических факторов», применяемые при испытаниях ГУП «НИИМосстрой».

И.А. НОВАКОВ, А.В. НИСТРАТОВ, М.А. ВАНИЕВ,  
В.В. ЛУКЪЯНИЧЕВ, В.И. ФРОЛОВА

**Разработка материалов кровельного  
и гидроизоляционного назначения  
на основе полисульфидных олигомеров** ..... 11

Разработаны новые материалы кровельного и гидроизоляционного назначения на основе полисульфидных олигомеров, превосходящие по технико-экономическим показателям имеющиеся аналоги. Выявлены закономерности влияния рецептурных факторов на эксплуатационные свойства материала.

Д.Е. БАРАБАШ, А.В. ШУБИН

**Материал для герметизации деформационных швов  
аэродромных покрытий в Заполярье** ..... 16

Освещены вопросы разработки герметизирующего материала на основе ненасыщенной полиэфирной смолы. Приведены результаты исследований и обобщены данные по оптимизации состава герметизирующей композиции на основе изучения пластозластичных свойств при длительном выдерживании в условиях отрицательных температур. Показана связь между составом разработанных композиций и сохранением эластичных свойств после многократных температурно-деформационных воздействий и выдержки в ряде агрессивных сред.

Г.А. САВЧЕНКОВА, Т.А. АРТАМОНОВА

**Применение герметиков серии Абрис в строительстве** ..... 19

Приведены характеристики и области применения герметиков серии Абрис, выпускаемых Дзержинским заводом герметизирующих материалов. Абрис С – для стыков, кровли и ее элементов, сборных конструкций. Абрис Р – для фундаментов и защиты теплоизоляции. Абрис ВС – для деформационных швов, подверженных гидростатическому давлению. Дан перечень нормативной документации по применению герметиков серии Абрис.

О.А. ЛУКИНСКИЙ

**Гидрозащита подземных конструкций** ..... 22

Проанализированы причины и последствия неправильно выполненной или нарушенной гидроизоляции подземных конструкций. Приведены способы и технология выполнения ремонтных работ по гидроизоляции оснований фундаментов и подземных сооружений.

**Технологии и материалы**

В.А. ФОГЕЛЕВ, А. В. МЕЛЬНИКОВ

**Использование оборудования НП ОДО «ЛАМЕЛ-777» в производстве тонкодисперсного мела . . . . . 25**

Описано технологическое оборудование для физико-механической переработки различных дисперсных материалов: воздушно-центробежные динамические классификаторы производительностью 5–15 т/ч, а также дезинтеграторы и дисмембраторы. Приведен опыт применения оборудования для производства тонкодисперсного мела.

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, А.В. ЛОГИНОВ, Д.Б. ТРОЩЕНКО, В.П. ДОБРОСОЦКИЙ, Г.В. КОЛЬЦОВ,  
И.Н. ДУТОВ, С.В. ЭНТИН, Д.А. ЕРМОЛЫЧЕВ, С.Л. КАБАРГИН, Б.Г. КОЛБЕШКИН,  
М.Н. КУЗНЕЦОВА, О.В. МИТЮКОВА**Оценка надежности и долговечности зернистых фильтров при пылеулавливании в производстве строительных материалов . . . . . 28**

Описана методика оценки надежности и долговечности зернистых фильтров при пылеулавливании в производстве строительных материалов. Методика была апробирована на асфальтосмесительном оборудовании, приводятся результаты промышленной апробации. Установка для пылеулавливания на асфальтосмесительном узле должна быть двухступенчатой: первая ступень содержит группу циклонов с непрерывным принудительным удалением пыли, вторая – зернистый фильтр.

А.Д. КОРНЕЕВ, В.Я. ГУБАРЕВ, Д.С. СИНЕЛЬНИКОВ, В.Г. СОЛОВЬЕВ

**Экспериментальные исследования тепловлажностной обработки бетона продуктами сгорания природного газа . . . . . 30**

В данной статье рассматриваются преимущества и особенности беспарового способа тепловой обработки бетона по сравнению с традиционным в пропарочных камерах. Установлено, что образцы бетона, обработанные в экспериментальной камере обработки продуктами сгорания природного газа, имеют прочность на 15–20% больше по сравнению с образцами после ТВО в безнапорной пропарочной камере.

В.П. ЛУЗИН, Л.П. ЛУЗИНА, Б.Ф. ГОРБАЧЕВ, Д.В. ПЛУГИН,  
А.В. СЕМЕХИН, А.А. ШИЛЬНИКОВ, А.С. ЛИСОВ, Ю.В. КИНАШ**Комплексное использование слюдяных руд Саздинского проявления в Оренбургской области . . . . . 32**

Представлено Саздинское проявление (месторождение) природно-диспергированных слюд (мусковита) высокого качества, открытое в 2000 г., которое является одним из крупнейших в России объектом слюд и при освоении может представлять собой основную сырьевую базу слюдодобывающей промышленности. Приводится химический состав слюды, способы разработки и обогащения. Показано, что при комбинированной схеме переработки можно достичь извлечения мусковита в концентрат до 85–95%, получить из 1 т руды слюдяные продукты в количестве 170–190 кг с содержанием мусковита не менее 90%, а также кварцевые, каолиновые и монтмориллонитовые концентраты. На месторождении перспективно строительство нового горно-обогатительного предприятия с производительностью по руде 300 тыс. т в год и производством товарной продукции (мусковитового концентрата) 50 тыс. т. Срок обеспечения рудой свыше 100 лет.

**Экспоцентр: итоги и перспективы . . . . . 33****Российская неделя сухих строительных смесей – дальнейшее движение вперед . . . . . 34**

Дан обзор Российской недели сухих строительных смесей, которая прошла в Москве в ноябре 2006 г. Описаны все мероприятия в рамках недели, приведены темы наиболее интересных докладов, прозвучавших на научно-технической конференции «Современные технологии сухих смесей в строительстве MixBUILD-2006», на научных чтениях по цементу «Современный цементный завод».

Г.В. СЕКИСОВ, Ю.Н. РЕЗНИК, В.Г. РОМАНОВ, А.А. ЯКИМОВ

**Минерально-сырьевые ресурсы облицовочного камня в Восточном Забайкалье . . . . . 40**

Забайкалье является уникальной минерально-ресурсной провинцией России, что выражается в наличии большого количества разнообразных в геологическом отношении пространственно-временных и минерально-вещественных образований. Представлены проявления облицовочного камня, в первую очередь горные породы гранитно-сиенитовой и габброидно-диоритовых групп, перспективные для создания производств строительных материалов. Приводится классификация горных пород.

С.В. КОРНИЕНКО

**Экспериментальное исследование переноса влаги в материалах ограждающих конструкций зданий . . . . . 42**

Приведены результаты экспериментального исследования характеристик переноса влаги методом сушки влажных материалов от полного водонасыщения до равновесного с воздушной средой влажностного содержания. Полученные характеристики могут быть использованы для моделирования процессов влагопереноса в материалах ограждающих конструкций зданий.

**Результаты научных исследований**

С.М. УСАЧЕВ, В.Т. ПЕРЦЕВ

**Реализация нанотехнологического подхода для вибропрессованных бетонов . . . . . 45**

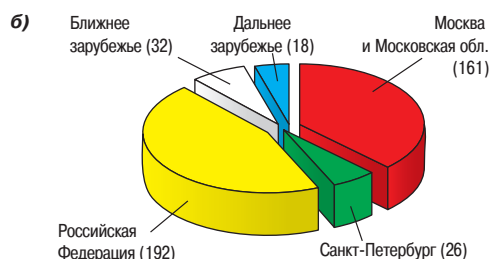
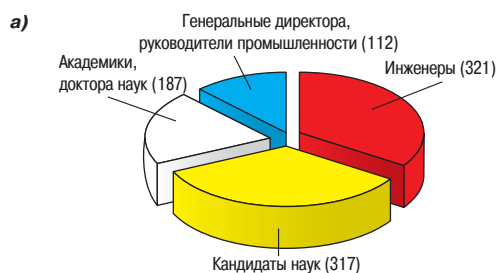
Формирование структуры вибропрессованного бетона рассматривается как совокупность процессов, протекающих на фоне непрерывно изменяющихся энергетических соотношений внешних и внутренних сил. Предложено вести управление процессами раннего структурообразования вибропрессованных бетонов на микро-, мезо- и макроуровнях его структуры с учетом влияния баланса внутренних и внешних сил на каждом масштабном уровне.

- Всероссийская научно-практическая конференция «Строительное материаловедение – теория и практика»** ..... 48  
Приведен обзор некоторых докладов, сделанных на научно-практической конференции, посвященной 80-летию кафедры Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) «Строительные материалы и технологии».
- Исследования и технология цемента и материалов на его основе на наноуровне** ..... 50  
Сокращенный перевод статьи В. Middendorf, N.B. Singh в журнале «Cement International». 2006. № 4.  
В.С. ЛЕСОВИК, М.А. ВЫСОЦКАЯ, В.В. ЯДЫКИНА, Д.А. КУЗНЕЦОВ
- Нанотехнологии в дорожно-строительной индустрии** ..... 52  
По прогнозам специалистов запасы нефти будут исчерпаны через 20–30 лет. Однако в соответствии с наметившейся тенденцией дорожное строительство лишится возможности использовать битум значительно раньше. Очевидно, что основы материаловедения, в том числе дорожно-строительного, с точки зрения новых научных направлений и практических потребностей постепенно устаревают, наблюдается переломный момент в данном направлении науки.  
Е.И. ВТУШЕНКО, И.Ю. МОРЕВА, В.А. ДОРОГАНОВ, М.С. АГЕЕВА, Е.И. ХОДЫКИН
- Искусственные керамические вяжущие суспензии на основе кремнеземсодержащих материалов** ..... 54  
Изучены особенности получения и свойства искусственных керамических вяжущих на кремнеземсодержащем сырье различной активности: кварцевом песке, отходах обогащения железистых кварцитов и кварцитопесчанике (отходе горнорудного производства Курской магнитной аномалии). Показана возможность использования полученных вяжущих в технологии керамобетонов и в составе масс для получения керамической плитки.  
М.Е. ЮДОВИЧ, А.Н. ПОНОМАРЕВ, П.В. ВЕЛИКОРУССОВ, С.В. ЕМЕЛИН
- Регулирование свойств пластичности и прочности бетонов** ..... 56  
С целью снижения расхода суперпластификатора и увеличения его пластифицирующих свойств проведена модификация фуллероидными материалами суперпластификаторов VP 2500, Stachement 2000, Cementol Zeta Super, Sika Visconcrete 5-800. Показано, что введение наномодификатора в количестве 0,001–0,01% массы цемента позволяет увеличить распыл конуса цементно-песчаной смеси до 66%.
- III специализированная выставка нанотехнологий и материалов NTMEX-2006** ..... 58  
Приводится описание основных событий, происходивших на III специализированной выставке по нанотехнологиям и материалам. Нанотехнологии и материалы находят все более широкое применение в строительной индустрии и городском хозяйстве.
- Научно-практическая конференция «Нанотехнологии – производству 2006»** ..... 59  
В статье дан обзор III научно-практической конференции «Нанотехнологии – производству 2006», которая прошла в наукограде Фрязино (Московская обл.) в ноябре 2006 г. В обзоре сделан акцент на темах, которые актуальны для строительного материаловедения.  
Ю.И. КАЛГИН, В.Т. ЕРОФЕЕВ
- Разработка и исследование литого асфальтобетона на битумно-каучуковом вяжущем** ..... 60  
Рассмотрены вопросы повышения качества литого асфальтобетона. Приведены результаты исследований литых асфальтобетонов, приготовленных с применением битумно-каучуковых вяжущих. Показано, что за счет применения модифицированного вяжущего достигаются высокие физико-механические показатели литого асфальтобетона.  
С.С. ГЛАЗКОВ
- Критерии термодинамической устойчивости полимерных и композиционных материалов** ..... 63  
На примере неполярных полиэтилена и полиэтилентерефталата с полярными частицами древесного наполнителя показана и теоретически обоснована возможность целенаправленной модификации древесных наполнителей с целью повышения их термодинамической совместимости в композиционных материалах.  
В.Е. ГОРДИЕНКО, Н.В. ОВЧИННИКОВ, А.О. БАКШЕЕВ
- Структурные изменения в строительных сталях при термическом воздействии** ..... 66  
Исследовано влияние различных факторов на структурные изменения в строительных сталях при термическом воздействии. Показано, что после рекристаллизационного отжига и термоциклической обработки (ТЦО) формируется структура сталей с различным размером зерен. Степень дисперсности получаемых структур зависит от химического состава сталей, исходной микроструктуры, температуры нагрева и числа циклов ТЦО.  
И.А. ГАРЬКИНА
- Формализация оценки структуры и свойств композиционных материалов специального назначения** ..... 70  
С позиций теории систем осуществляется формализация оценки структуры и свойств композиционных материалов на основе моделирования кинетических процессов формирования их физико-механических и эксплуатационных характеристик.

# Научно-техническое периодическое издание журнал «Строительные материалы»® – отражение состояния отрасли



Новинки 2006 г.



Структура публикаций в журнале «Строительные материалы»® за 2006 г.:  
а – авторский состав; б – география



В 2006 г. впервые за годы проведения выставки Tescnargilla (г. Римини, Италия) журнал «Строительные материалы»® стал единственным российским специализированным изданием, приглашенным организаторами



## Уважаемые читатели и авторы!

Завершились многодневные новогодние каникулы, наступил очередной год нашей с вами совместной работы. Мы надеемся, что прошедший год был для вас удачным и хотя бы малую толику ваших успехов составила информация, почерпнутая из группы журналов «Строительные материалы».

Годы работы в новых условиях показали, что журнал был и остается неотъемлемой составляющей материальной базы строительства. Его выписывают и читают работники промышленности, строители и предприниматели, работающие в строительном бизнесе. Наши авторы являются ученые отраслевых научно-исследовательских институтов и вузов, директора и специалисты производственных предприятий, менеджеры и экономисты. Динамика подписных кампаний наглядно иллюстрирует это утверждение.

Прошедший год был для редакции традиционно насыщенным событиями и напряженным трудом. Подготовлено пять тематических номеров и девять тематических подборок статей по наиболее актуальным вопросам современного развития промышленности строительных материалов и отраслевой науки. Своеобразным подарком подписчикам стало превышение объема журнала «Строительные материалы»® на 14% и журналов-приложений «Наука», «Technology», «Бизнес» и «Архитектура» в среднем более чем на 40% по сравнению с заявленным объемом по подписке.

Активная жизненная позиция и высокий профессионализм сотрудников позволяет редакции постоянно быть в курсе событий, происходящих в отрасли, оперативно получать информацию из первых рук. Мы ежегодно участвуем в отраслевых региональных и международных выставках, научных конференциях, симпозиумах и семинарах. В 2006 г. журнал был представлен на 21 выставке в России, городах Астане (Казахстан), Римини (Италия) и др.

В рамках форума «Уралстройиндустрия» в Уфе редакцией при поддержке Министерства строительства, архитектуры и транспорта Республики Башкортостан, строительного факультета УГНТУ и Башкирской выставочной компании был проведен круглый стол «Наука строительному комплексу». В нем участвовали более 40 представителей компаний–производителей строительных материалов, строительных организаций, проектных институтов и вузов из Башкирии, Самарской, Челябинской и Пермской областей. С докладом выступил заместитель министра строительства, архитектуры и транспорта Республики Башкортостан Р.Ш. Сагитов.

Сотрудники редакции работали на 13 крупных научных мероприятиях в различных городах России, а также в Минске (Беларусь) и г. Ольштыне (Польша).

Чрезвычайно актуальным и высоко оцененным читателями стал проект 2006 г. «Начинающему автору». Редакция не случайно обратилась к методическим основам подготовки статей к публикации. Мы вынуждены констатировать, что многие молодые ученые и специалисты в настоящее время не владеют навыками корректного письменного представления своих работ. Это обусловлено многими как объективными, так и субъективными причинами.

С 1 января 2007 г. ВАК ввела в действие новый Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. К сожалению, в нем сокращено число изданий по строительству и архитектуре, что уже вызвало существенное увеличение числа статей аспирантов, докторантов и соискателей, направляемых в редакцию журнала «СМ»®.

Однако, по нашему глубокому убеждению, от этого не должны страдать читатели.

Логическим продолжением проекта «Начинающему автору» станет в 2007 г. конкурс статей молодых ученых. Вся информация о конкурсе опубликована на сайте журнала [www.gifsm.ru](http://www.gifsm.ru).

Тематический план журнала, выпуска дайджестов и специальной литературы на 2007 г. в полной мере отражает задачи строительного комплекса страны.

По данным Росстроя России, в 2006 г. построено 49 млн м<sup>2</sup> жилья, в 2007 г. предстоит ввести более 55 млн м<sup>2</sup>. Высокие темпы строительства повлекут в дальнейшем развитие промышленности строительных материалов и стройиндустрии, транспортной инфраструктуры во всех регионах. Отраслью будут востребованы новые материалы и технологии, инновационные научные разработки, высококвалифицированные кадры, обладающие новым уровнем знаний. А это означает, что и группа журналов «Строительные материалы», как и в прежние годы, будет надежным партнером специалистов.

**Удачи вам в Новом году! Оставайтесь с нами.**

Редакция



УДК 69.024.15

А.М. ВОРОНИН, канд. техн. наук, почетный строитель России, рук. отдела кровель,  
 А.А. ШИТОВ, А.В. ПЕШКОВА, кандидаты техн. наук, ОАО «ЦНИИПромзданий» (Москва)

## Срок службы битуминозных и полимерных материалов в кровельном ковре

### Часть I

Разнообразие воздействий естественной среды, различные сочетания этих воздействий, а также вредные производственные выделения в атмосферу влияют в комплексе на кровельный ковер, вызывая сложную картину разрушения его поверхности, а также в самом ковре. Комплекс этих воздействий при испытании материалов в лабораторных условиях полностью воспроизвести не представляется возможным. В связи с этим, а также учитывая идентичность отдельных факторов, которые существуют в естественных условиях и в искусственной среде, в статье рассмотрено влияние этих факторов на свойства кровельного ковра.

*Понижение температуры* вызывает растягивающие напряжения в кровельном ковре, возникающие из-за разных по величине коэффициентов линейного изменения ковra и основания под кровлю [1]. Эти напряжения могут вызывать появление трещин в приклеиваемых (подплавляемых) слоях.

*Воздействие воды* приводит к увлажнению слоев кровельного ковra. При длительном (или кратковременном, но часто повторяющемся) контакте кровельных материалов с водой изменяется их структура, что обычно отчетливо проявляется в изменении их физико-механических свойств, которые, как правило, ухудшаются [2].

В естественных условиях воздействие воды на кровельный ковер усиливается при отрицательных температурах, особенно при попеременном увлажнении и замораживании.

Наиболее пагубно влияет вода на картонную основу рулонных битуминозных материалов [3].

*Циклическое воздействие воды и мороза*, присущее в основном осеннему и весеннему периодам, в значительной степени влияет на срок службы кровель. При визуальном осмотре наплавляемых рубероидов на картонной основе после 60 циклов испытаний с переходом через 0°C установлено, что у образцов наплавляемых рубероидов с кровельным слоем толщиной 1 мм последний отслаивается от картонной основы в виде битум-



Рис. 1. Трещины в верхнем слое кровельного ковra

ных пластинок, т. е. происходит шелушение кровельного слоя. У наплавляемых рубероидов с толщиной подплавляемого слоя 2 мм в этом слое через 35 циклов испытаний появляются трещины, в то время как наплавляемые рулонные материалы с основой из стеклянных и синтетических волокон, как правило, дефектов на поверхности не имеют [3].

*Воздействие нагрева* ускоряет процессы окисления кровельных материалов. Нагрев кровельного ковra зависит от температуры наружного воздуха, степени воздействия солнечной радиации и теплоотражающей способности поверхности кровли, которая зависит от цвета последней и ее светоотражающей способности.

Воздействие ультрафиолетовой (УФ) части спектра солнечной радиации и нагрева существенно ускоряет процессы старения кровельных материалов, что приводит к значительному повышению температуры размягчения ( $T_p$ ) кровельного слоя рулонного материала и ухудшению его гибкости.

*Ультрафиолетовое воздействие* солнечной радиации влияет в основном на верхний слой кровельного ковra, особенно на кровлях без сплошного защитного слоя, например из мелкого гравия, втопленного в кровельную мастику, либо без специальной посыпки на лицевой поверхности верхнего слоя ковra. Старение такого слоя сопровождается, как правило, образованием на его лицевой поверхности трещин (рис. 1). От воздействия солнечной радиации в летнее время температура на поверхности кровли может быть значительно выше температуры наружного воздуха.

По данным проведенных исследований, температура поверхности кровли без защитного слоя может достигать 83°C при температуре наружного воздуха 36°C. Температура средних слоев кровельного ковra без защитного слоя, не подверженных воздействию УФ-лучей, может достигать 80°C, а при наличии защитного слоя из гравия снижается до 60°C [4].

*Механические воздействия* на кровельный ковер могут быть вызваны различными причинами. Ветер способствует выветриванию крупнозернистой посыпки, и при сочетании неблагоприятных условий порывы ветра могут сорвать отдельные участки кровельного ковra. Ударные воздействия при производстве кровельных работ или работ с предметами, имеющими острые грани и т. п., также могут привести к разрушению кровли, особенно при низких температурах.

*Воздействие химических реагентов* ускоряет процесс деструкции кровельных материалов.

Производственные выделения (пары от растворов щелочей, кислот и др.) выбрасываются над кровлей и могут находиться в различных агрегатных состояниях — в виде аэрозолей, пыли и растворов [5].

Известные методы оценки погодоустойчивости кровельного ковra предусматривают изучение поведения кровельного материала при определенных сочетаниях

**Таблица 1**

Наименование показателей, ед. измерения	Вид материала					
	Битумно-минеральный	Битумно-полимерный, модифицированный				
		СБС			АПП	
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Разрывная сила при растяжении, кгс / 5 см	18,9	38,6	69,9	69,5	74,1	80
Относительное удлинение при разрыве, %	21	47	54	54	51	59
Гибкость на брусе с радиусом закругления 10 мм при температуре, °С	-5	-15	-28	-15	-20	-20
Теплостойкость, °С	70	100	100	100	120	140
Армирующая основа	Стеклохолст	Полиэстер				Полиэстер + стеклохолст

**Таблица 2**

Наименование показателей, ед. измерения	Материалы на основе СКЭПТ (Россия)				Материал на основе EPDM (США)
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Условная прочность при растяжении, МПа	6,6	5,8	8,6	9,3	9,9
Относительное удлинение при разрыве, %	404	580	628	489	662
Гибкость на брусе с радиусом закругления 5 мм при температуре, °С	-65	-65	-65	-65	-70

климатических воздействий в аппаратах искусственной погоды; при этом оценка устойчивости материала к старению производится визуально по изменению их внешнего вида путем фиксирования цвета образцов, вида дефектов на поверхности, размеров этих повреждений, рассчитываемых по сетке из 100 клеток, накладываемой на фотографию образца.

При применении любого ускоренного метода испытаний требуется определить связь (соотношение) его режимов с натурными условиями, т. е. установить корреляцию между лабораторными и натурными условиями испытаний, которая позволит производить количественный перевод циклов лабораторных испытаний в годы атмосферных воздействий. Отсутствие такого соотношения связано, по мнению авторов, с отсутствием конкретного научно обоснованного эксплуатационного показателя, по которому можно оценивать состояние материала и его потенциальный срок службы в конструкции кровельного ковра.

Для оценки свойств кровельных материалов и выявления показателя, в наибольшей степени характеризующего его поведение при эксплуатации, были проведены испытания битумных, битумно-полимерных и полимерных материалов на влияние каждого из вышеуказанных воздействий.

Для исследований были приняты битуминозные рулонные материалы и полимерные пленки, исходные свойства которых приведены соответственно в табл. 1, 2.

При исследовании долговечности *битуминозных рулонных материалов* образцы наплавливаемых рулонных материалов были подвергнуты ускоренным воздействиям в лабораторных условиях и атмосферным воздействиям на крышной станции ЦНИИПромзданий.

При разработке режимов ускоренных испытаний принята близкая к натурным условиям температура нагрева 70°С. Продолжительность условного года по количеству циклических воздействий «замораживание-оттаивание» была принята для условий Москвы в соответствии с данными метеонаблюдений (около 60 переходов в год через 0°С, СНиП 23-01-99).

В табл. 3 приведены изменения (%) показателей физико-механических свойств образцов битуминозных рулонных кровельных материалов за три года натурных испытаний. Показатели прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве образцов после нахождения на крышной станции изменились в значительно меньшей степени, чем их гибкость.

Поэтому прочность и деформативность наплавливаемых рулонных материалов не могут быть приняты в качестве эксплуатационных показателей их работы в кровельном ковре. Это связано с тем, что наплавливаемые рулонные материалы относятся к композиционным слоистым материалам, в которых армирующая основа расположена в средней части слоя битумно-минерального или битумно-полимерного вяжущего и практически не подвергается непосредственному воздействию атмосферных факторов. Поскольку прочность и деформативность таких материалов в значительной степени зависит от армирующей основы, в процессе эксплуатации в кровельном ковре эти показатели изменяются очень медленно и мало, что и подтверждается результатами исследований.

Наибольшему и непосредственному атмосферному воздействию подвергается поверхность покровного битуминозного слоя наплавливаемого рулонного материала. Микродефекты в этом поверхностном слое могут проявиться при его растяжении, что можно выявить только

Таблица 3

Наименование показателя и время нахождения образцов в воде	Образец					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Разрывная сила при растяжении, кгс / 5 см исходная через: 1 г. 2 г. 3 г.	18,9 19,5 19 20,2 (+6,9%)	38,6 39 40,2 39,5 (+2,3%)	69,9 72,8 73 73,3 (+5%)	69,5 73,1 73,6 73,2 (+5,3%)	74,1 78 77,5 76,7 (+3,5%)	80 83,8 84,9 86,1 (+7,6%)
Относительное удлинение, % исходное через: 1 г. 2 г. 3 г.	21 20 19 19 (-9,5%)	47 45 43 42 (-10,6%)	54 52 51 51 (-5,6%)	54 52 51 50 (-7,4%)	51 51 50 48 (-5,9%)	59 58 56 55 (-6,8%)
Гибкость на брусе с радиусом закругления 10 мм при температуре, °С исходная через: 1 г. 2 г. 3 г.	-3 (0%) -2 (-33%) 2 (-167%) 2 (-167%)	-13 (0%) -11 (-15,4%) -9 (-31%) -3 (-31%)	-24 (0%) -20 (-17%) -20 (-17%) -19 (-21%)	-12 (0%) -11 (-8,3%) -10 (-16,7%) -9 (-25%)	-15 (0%) -13 (-13,3%) -12 (-20%) -11 (-26,7%)	-19 (0%) -17 (-10,5%) -17 (-10,5%) -15 (-21,1%)

Примечание. В скобках приведены изменения показателей по сравнению с исходными.

методом изгиба материала на брусе определенного радиуса. Для оценки старения кровельных битуминозных материалов целесообразно принять изменение гибкости материала на брусе с закруглением радиусом 10 мм, т. е. этот показатель может служить в качестве основного эксплуатационного показателя битуминозного кровельного материала при воздействии атмосферных факторов. Причем уровень этого показателя не должен выходить за пределы критического. Исследованиями, проведенными в ЦНИИПромзданий, установлено, что битумные составы, взятые с потерявших работоспособ-

ность кровель, обладали гибкостью в пределах 10–15°С, т. е. при изгибании рулонных материалов при этих температурах одновременно на их поверхности в покровных и приклеивающих слоях появляются трещины.

На крышной станции образцы экспонировали в течение 5 лет, а в лабораторных условиях испытывали по ускоренному режиму до 60–174 циклов (в зависимости от марки материала), что соответствует 10–29 годам эксплуатации в кровельном ковре: 6 циклов испытаний соответствуют одному условному году.

Образцы периодически снимали с крышной станции и изымали после соответствующего этапа искусственного старения. После выдержки при комнатной температуре в течение 2 ч определяли их показатель гибкости в холодильной камере, обеспечивающей понижение температуры до минус 35°С и работающей в полуавтоматическом режиме, позволяющем поддерживать заданную температуру. Камера снабжена набором брусков с различными радиусами закругления. Изгибание образцов вокруг брусков в камере производили при помощи пневматического устройства, работающего от компрессора.

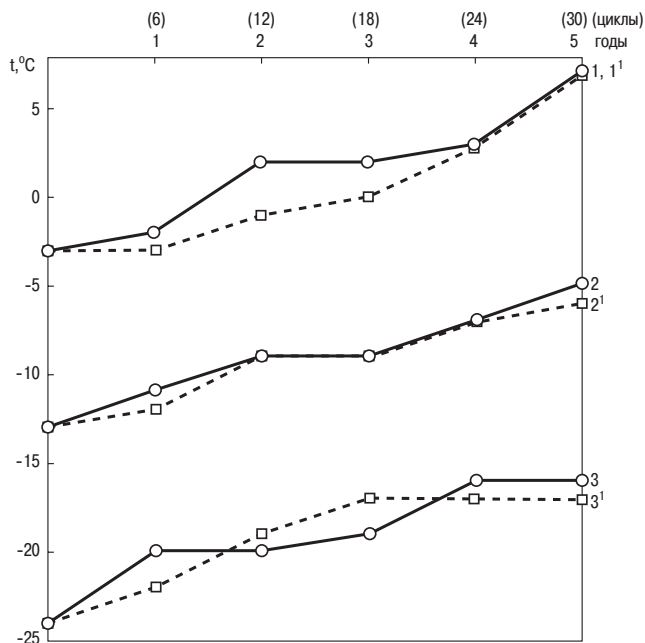


Рис. 2. Изменение показателя гибкости во времени при натуральных (сплошная линия) и лабораторных (пунктирная линия) воздействиях на наплавляемые рулонные материалы на примере образцов №№ 1, 2, 3. Номера образцов в соответствии с табл. 1

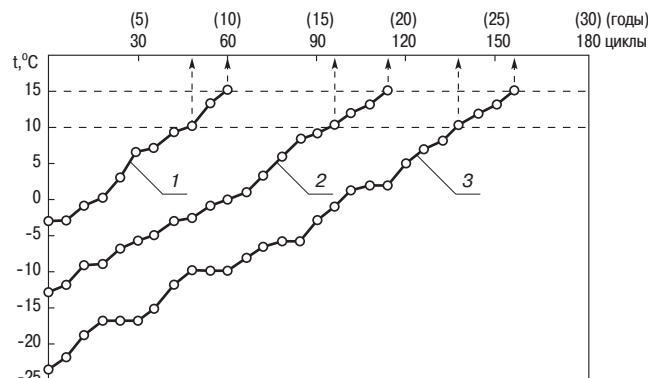


Рис. 3. Изменение показателя гибкости во времени при лабораторных ускоренных испытаниях наплавляемых рулонных материалов на примере образцов №№ 1, 2, 3. Номера образцов в соответствии с табл. 1

По полученным результатам испытаний построены графики зависимости этого показателя от времени воздействия естественных и искусственных климатических факторов (рис. 2, 3).

При сравнении результатов испытаний после лабораторных и пятилетних натуральных воздействий достаточно очевидно их сходимость в течение этого времени, как это следует из графиков. Следовательно, предложенный режим лабораторных испытаний хорошо коррелируется с натурными атмосферными воздействиями.

Графики, построенные по результатам лабораторных испытаний (рис. 3), при пересечении с горизонтальными линиями, соответствующими 10°C и 15°C – предельными значениями основного эксплуатационного показателя, – характеризуют потенциальный срок службы материала в кровельном ковре.

По результатам испытаний получены следующие потенциальные сроки службы наплавляемых рулонных материалов: образец № 1 (битумно-минеральный) – 8–10 лет; образец № 2 (битумно-полимерный модифицированный СБС) – 16–19 лет; образец № 3 (то же) – 23–26 лет; образец № 4 (то же) – 18–22 года; образец № 5 (битумно-полимерный, модифицированный АПП) – 15,5–19 лет; образец № 6 (то же) – 25,5–29 лет.

Для определения оптимального времени испытаний наплавляемого рулонного материала при ускоренном (лабораторном) режиме испытаний были построены графики зависимости показателя гибкости материалов от количества циклов по нескольким точкам, достаточным для определения потенциального срока службы материала в кровельном ковре. Исходя из графиков на рис. 3 можно допустить, что эта зависимость является линейной. Анализ графиков на рис. 4, которые построены по первым 5–6 результатам (точкам) испытаний, показали, что 30–36 циклов испытаний, продолжающихся в течение 1,5–2 мес, достаточно для оценки потенциального срока службы наплавляемых рулонных битуминозных материалов.

Срок службы наплавляемых рулонных материалов в кровельном ковре зависит от исходных физико-механических свойств, в частности от показателя гибкости и скорости изменения этого показателя, характеризующейся углом наклона графика зависимости показателя гибкости от времени воздействия искусственных атмосферных факторов: чем лучше показатель гибкости материала и чем меньше скорость снижения его величины, тем выше потенциальный срок службы материала. Зависимость этих величин можно выразить следующей формулой:

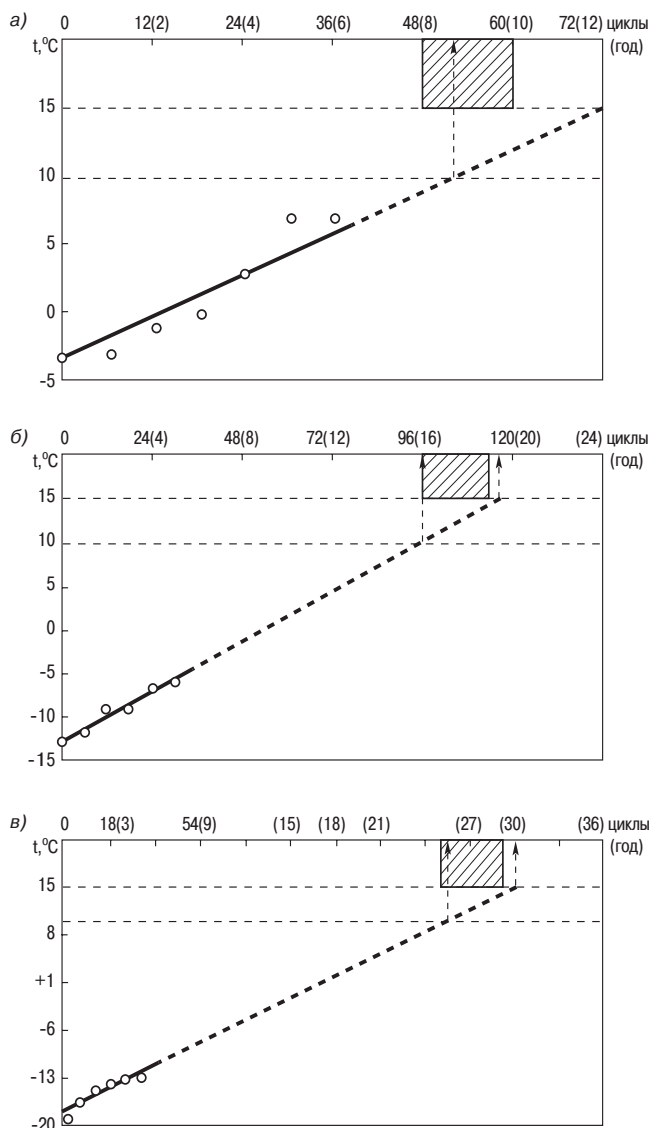
$$P_C^B = \frac{t_{гиб}^{np} - (\Delta t_{ч.ч.} + t_{гиб})}{V}, \quad (1)$$

где  $P_C^B$  – потенциальный срок службы, г.;  $t_{гиб}^{np}$  – предельное значение показателя гибкости (основного эксплуатационного показателя), равное 10–15°C;  $\Delta t_{ч.ч.}$  – изменение показателя гибкости материала после кратковременного воздействия пламени газовой горелки (можно принять для всех наплавляемых рулонных материалов равным в среднем 3°C);  $t_{гиб}$  – исходная гибкость материала, °C;  $V$  – скорость снижения показателя гибкости, °C/г.

Введем величину  $1/V = K$  (коэффициент эксплуатационного потенциала материала). Тогда формула (1) примет вид:

$$P_C^B = t_{гиб}^{np} - (\Delta t_{ч.ч.} + t_{гиб}) \cdot K. \quad (2)$$

Коэффициент  $K$  характеризует потенциал материала, заложенный в его свойства при разработке и изготовлении. Чем больше этот коэффициент, тем больше срок службы материала в кровельном ковре, выполненном из битуминозных материалов.



**Рис. 4.** Графическое определение потенциального срока службы наплавляемых рулонных материалов: а) образец № 1; б) образец № 2; в) образец № 3. Заштрихованные участки – интервалы сроков службы материалов по рис. 3. Номера образцов в соответствии с табл. 1

Методы прогнозирования сроков службы кровельных ковров из эластомерных материалов будут опубликованы во II части статьи в журнале «Строительные материалы» № 3–2007.

**Список литературы**

1. *Поваляев М.И., Воронин А.М.* Кровли, армированные стекломатериалами. М.: Стройиздат. 1974.
2. *Рыбьева Т.Г.* Диффузия воды в чистые битумы и битумно-минеральные материалы // Изв. вуз. Сер. «Строительство и архитектура». 1961. № 5.
3. *Иванов В.В., Воронин А.М.* Исследование некоторых вопросов долговечности наплавляемых рулонных материалов: Сб. научн. трудов ЦНИИПромзданий. М. 1981.
4. *Поваляев М.И., Татаркин Е.Р.* Температурный режим теплоизоляции из пенополистирольных плит в покрытиях промышленных зданий // Тр. ЦНИИПромзданий. Вып. 25. М. 1973.
5. *Шевяков В.П., Жолудов В.С.* Защита от коррозии промышленных зданий // Газета «Архитектура». М. 1995.



Н.Д. СЕРЕБРЕННИКОВА, канд. техн. наук,  
В.Ф. КОРОВЯКОВ, д-р техн. наук, ГУП «НИИМосстрой»

## Ускоренные испытания для прогнозирования долговечности кровельных и гидроизоляционных материалов

Одной из важных характеристик, влияющих на безопасность эксплуатации кровли в целом или отдельных ее элементов, является характеристика их надежности (долговечности). Однако до сих пор не решена задача принятия единой методики определения долговечности кровельных и гидроизоляционных материалов.

В лаборатории долговечности строительных материалов и герметизации ГУП «НИИМосстрой» накоплен большой опыт по оценке эксплуатационных свойств и долговечности данного класса материалов. Проводились испытания практически всех новых разработок. Даны рекомендации по рациональным областям применения этих материалов в строительстве и выполнен прогноз сроков их службы [1]. За основу при определении сроков службы ГУП «НИИМосстрой» приняты «Методические рекомендации» (МР) [2].

В журнале «Строительные материалы» № 5, 2006 г. опубликована статья «Актуальные вопросы технического регулирования отрасли» авторского коллектива ООО «ПОЛИКРОВ». Статья очень актуальная и обстоятельная. В ней затронуты важные вопросы, касающиеся безопасности производства, применения и эксплуатации строительных конструкций и материалов, в частности кровель и кровельных материалов.

Предложенный компанией ПОЛИКРОВ комбинированный метод определения долговечности кровельных и гидроизоляционных материалов является очень длительным и многодельным. Продолжительность испытаний составит около 1,5 лет. Уменьшение времени за счет отбора образцов с эксплуатируемых кровель в течение нескольких лет имеет ряд недостатков:

- как правило, отсутствие исходных показателей по примененному на эксплуатируемой кровле материалу;
- трудность отбора образцов, особенно наплавленных или приклеенных, без нарушения их макроструктуры и целостности;
- несоблюдение требований по применению и эксплуатации может привести к изменению свойств материала, несопоставимых с результатами ускоренных испытаний;
- нарушение фактора совместной работы отдельных слоев кровельного ковра;
- невозможность получения достаточно достоверных результатов из-за существенного колебания климатических условий эксплуатации по годам.

Предложенный метод предполагает получение данных для конкретного материала, в основном при некотором изменении рецептуры или при сравнительных испытаниях отдельных партий материала. Для новых видов материалов, не имеющих опыта эксплуатации, потребуется каждый раз проведение полного комплекса испытаний в натуральных условиях и при ускоренном старении.

Считаем также неправомерным предложение авторов с целью сокращения сроков ускоренных испытаний ста-

рение кровельных материалов проводить только при повышенных температурах. Учитывая свойства битуминозных материалов, которые имеют температуру стеклования  $-10 - -25^{\circ}\text{C}$ , влияние знакопеременных температур, количество которых в холодный период года значительно, может существенно сказываться на снижении эксплуатационных показателей этих материалов.

В статье не совсем правильно дана оценка существующих в настоящее время методик по прогнозированию сроков службы кровельных материалов. МР, разработанные рядом ведущих институтов (МНИИТЭП, ЦНИИпромзданий, ВНИИстройполимер) и принятые в настоящее время в ГУП «НИИМосстрой» за основу при определении сроков службы кровельных материалов, применимы ко многим видам материалов этого класса, а не только к материалам на основе битумов, как отмечено в статье.

Упомянутые МР являются универсальными, так как они разрабатывались на основании результатов лабораторных и натуральных испытаний не только битуминозных, но и полимерных материалов, в том числе мастичных и рулонных. Были испытаны материалы с разной полимерной основой: рулонные – Кармизол (наирит), Бутерол (сшитый бутилкаучук), Гидробутил (невулканизированный бутилкаучук); мастичные – Эгик (битумная), БНК, Вента и БЛЭМ (битумно-полимерные), Кровлелит (хлорсульфополиэтилен) и др.

Универсальность МР также заключается в том, что в основу при разработке режимов ускоренных испытаний положен принцип наиболее полного учета условий эксплуатации кровельных материалов, а именно: конкретный климатический район эксплуатации, способ и место установки материала в конструкции. При изменении тех или иных условий эксплуатации режим испытаний может быть скорректирован.

Интенсификация процесса старения материала производится не за счет интенсификации воздействия отдельных климатических факторов (температуры, дозы облучения, количества переходов температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  и т. д.), что может привести к изменению физического состояния материала и требует дополнительных исследований, а за счет непрерывности приложения эксплуатационных факторов. При этом климатические условия эксплуатации рассчитывали на основании более чем 100 лет наблюдений МГУ. В режим климатические факторы вводили на максимальном или среднем из наиболее высоких уровней.

Достоверность результатов ускоренных испытаний по разработанным МР подтверждена результатами натуральных испытаний и наблюдений за поведением опытных материалов в условиях эксплуатации.

Так, материал Кармизол, срок службы которого оценен по результатам ускоренных испытаний в 2–3 года, после 2 лет эксплуатации на кровле спортивного зала МГИМО начал разрушаться (трещины, усадка, отслоения).

Материал Бутерол является более долговечным. Прогнозируемый срок его службы составляет не менее 12 лет. В условиях эксплуатации на кровле бассейна Олимпийский после 10 лет эксплуатации отмечалось удовлетворительное состояние кровельного покрытия Бутеролом.

Срок службы мастичного покрытия Кровлелит, нанесенного методом безвоздушного напыления и имеющего множество воздушных включений, по результатам ускоренных испытаний составляет 1–2 года, что было подтверждено опытом применения покрытия на совмещенной кровле пристроенного магазина на Керченской улице, 8 (Москва): кровля стала протекать после одного года эксплуатации. Долговечность покрытия Кровлелит, нанесенного методом налива в несколько слоев, по результатам ускоренных испытаний составляет более 15 лет; имеется опыт эксплуатации такого покрытия в течение более 20 лет (Курский вокзал).

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что применяющаяся в настоящее время методика ускоренных испытаний долговечности кровельных материалов вполне себя оправдывает. Переход к более длительным срокам испытаний неприемлем ввиду того, что

показатель долговечности должен входить в номенклатуру показателей, оцениваемых при сертификационных испытаниях, а они не могут длиться годами.


Также при оценке эксплуатационной стойкости кровельных материалов целесообразно выполнять прогноз долговечности этих материалов применительно к конкретным условиям эксплуатации, как это делается во всем мире, а не определять фактический срок службы, так как достаточно полно воспроизвести эксплуатационные воздействия при ускоренных лабораторных испытаниях и при эксплуатации в течение одного года не представляется возможным.

**Список литературы**

1. *Серебренникова Н.Д.* Критерии и методы оценки долговечности герметизирующих материалов // Строит. материалы. 2003. № 12. С. 22–23.
2. Методические рекомендации по определению условной долговечности рулонных и мастичных кровельных материалов при воздействии искусственных климатических факторов. М.: МНИИТЭП. 1987.

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Форма заявки на приобретение специальной литературы, выпущенной в издательстве «Стройматериалы»

 		<p>Просим выставить счет на приобретение изданий:</p>	
<b>ДАЙДЖЕСТЫ</b>	«Ячеистые бетоны – производство и применение» Часть 1 на CD	250 р.	
	Часть 2	440 р.	
	«Кровельные и гидроизоляционные материалы»	440 р.	
	«Керамические строительные материалы»	440 р.	
	«Сухие строительные смеси»	440 р.	
<b>КНИГИ</b>	«Современные бетоны – наука и практика»	440 р.	
	«Практикум по технологии керамики»	450 р.	
	«Производство деревянных клееных конструкций»	250 р.	
<p>н е н у ж н о е з а ч е р к н у т ь (Цена указана без стоимости почтовых услуг)</p>			
<p>Наши реквизиты для оформления счета:</p>			
<p>Название организации с указанием формы собственности: _____</p>			
<p>ИНН <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p>			
<p>Юридический адрес _____</p>			
<p>Телефон/факс: (    ) _____</p>			
<p>Фамилия, имя, отчество получателя: _____</p>			
<p>Почтовый адрес доставки _____</p>			

Отправьте заполненную заявку по тел./факсу (495) 124-32-96, 124-09-00 или e-mail: mail@rifsm.ru  
Счет на оплату будет выслан по факсу или по почте.

И.А. НОВАКОВ, д-р хим. наук, член-корр. РАН, А.В. НИСТРАТОВ, инженер,  
М.А. ВАНИЕВ, В.В. ЛУКЪЯНИЧЕВ, кандидаты техн. наук, В.И. ФРОЛОВА, инженер,  
Волгоградский государственный технический университет

## Разработка материалов кровельного и гидроизоляционного назначения на основе полисульфидных олигомеров

В настоящее время широкое распространение получили рулонные кровельные материалы на основе полимеров [1]. Устройство кровельного ковра с применением таких материалов на хорошо подготовленных ровных поверхностях позволяет обеспечить надежную гидроизоляцию кровли. Однако на участках со сложным рельефом поверхности, особенно с наличием старого покрытия и многочисленными выступающими конструкциями, использование рулонных материалов часто сопряжено с определенными технологическими трудностями [2]. В таких случаях целесообразнее применение мастичных композиций на основе олигомеров, формирующих покрытие на месте укладки с помощью методов свободного литья или напыления.

Среди многообразия мастичных кровельных композиций широкое применение нашли литьевые полиуретаны. Однако чувствительность реакции полимеризации уретанов к влаге воздуха негативно отражается на качестве покрытия из-за вспенивания реакционной массы. Кроме того, к недостаткам как полидиен-, так и полиэфируретанов относится их невысокая стойкость к световому старению.

Альтернативой полиуретановым покрытиям являются материалы на основе полисульфидных олигомеров (ПСО). Вулканизаты ПСО характеризуются широким интервалом температур эксплуатации (-60 – +160°C), высокой стойкостью к действию растворителей, топлив, масел, озона, термоокислительной

стабильностью, что делает их потенциально пригодными для создания материалов кровельного и гидроизоляционного назначения.

Цель исследований – разработка рецептур композиций на основе полисульфидных олигомеров для мастичных кровель и гидроизоляционных покрытий.

Известно [3], что практическое значение в основном имеют наполненные композиции ПСО. Наилучшими прочностными свойствами обладают материалы на основе композиций, где в качестве наполнителя используют сажу. Представителем таких композиций является выпускаемая промышленностью герметизирующая паста У-30, включающая 30–35 мас. ч. технического углерода П-803. Высокая вязкость У-30 обуславливает необходимость применения пластификаторов [4, 5]. Введение пластификаторов дает возможность дальнейшего наполнения композиции с целью оптимизации технико-экономических показателей. Использование для этой цели высокодисперсных наполнителей, таких как технический углерод и коллоидная кремнекислота, нецелесообразно, поскольку приводит к резкому росту вязкости системы. В этой связи актуальным представлялось применение мела. Мел, являясь доступным наполнителем, обладает в составе полисульфидных олигомеров ограниченно усиливающим действием [6]. Двухкомпонентные композиции при промышленном производстве покрытий являются наиболее удобными. Авторами разрабатывались композиции, включающие

Таблица 1

Компоненты и свойства композиции	Состав, мас. ч.						
	1	2	3	4	5	6	7
Герметизирующая паста У-30	100	100	100	100	100	100	100
Вулканизирующая паста № 9	12	12	12	12	12	12	12
ДФГ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Компонент Б1*	–	30	45	60	–	–	–
Компонент Б2**	–	–	–	–	30	45	60
Твердость по Шору А, усл. ед.	64	46	38	34	59	52	48
Относительное удлинение при разрыве, %	200	240	260	230	160	100	90
Условная прочность при разрыве, МПа	2,4	1,93	1,54	1,36	2,05	1,88	0,95
Сопrotивление раздиру, кН/м	7,8	5,6	4,1	3,4	5,4	3,7	3
Прочность сцепления с бетоном, МПа	0,26 А***	0,39 К***	0,42 К	0,39 А	0,35 К	0,37 К	0,32 А
Водопоглощение через 72 ч при 40°C, %	2,7	2	1,8	3	1,8	1,4	2,2

\* Компонент Б1: смесь мела и ПЛ-105 в соотношении 2:1. \*\* Компонент Б2: смесь мела и ХП-470 в соотношении 1:1.

\*\*\* Характер разрушения: А – адгезионный, К – когезионный.

Компоненты и свойства композиции	Состав, мас. ч.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Герметизирующая паста У-30М	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Вулканизирующая паста № 9	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Компонент Б1*	36	36	36	36	36	36	36	36	36
ДФГ	–	–	–	–	–	–	0,2	0,6	1,2
ПЭПА	0,2	0,4	0,6	–	–	–	–	–	–
УП-606/2	–	–	–	0,2	0,4	0,6	–	–	–
Твердость по Шору А, усл. ед.	62	62	62	64	65	65	62	60	62
Относительное удлинение при разрыве, %	230	250	270	240	250	230	150	160	145
Условная прочность при разрыве, МПа	0,9	0,8	0,7	1,3	1,5	1,5	1	0,6	0,8

\* Компонент Б1: смесь мела и ПЛ-105 в соотношении 2:1.

герметизирующую пасту У-30 (компонент А) и смесь вулканизирующей пасты № 9, ускорителя, пластификатора и мела (компонент Б).

Базовый объект исследований – герметизирующая паста У-30, отверждение которой проводили вулканизирующей пастой № 9 (ГОСТ 4470–70) с получением вулканизатов герметика У-30М (ГОСТ 13489–79). В качестве ускорителей применяли дифенилгуанидин (ДФГ) (ГОСТ 40–80), полиэтиленполиамин (ПЭПА) (ТУ 602-594–70) и 2, 4, 6-трис-(диметиламинометил)-фенол (УП-606/2). Для регулирования вязкости композиций использовали пластификаторы: хлорпарафин ХП-470 (ТУ 6-01-16–90), ПЛ-105 (ТУ 2493-001-39334711–2002) и побочный продукт производства изопрена флотореагент-оксаль (ТУ 2452-015-48158319–2000). Пластификатор ПЛ-105 представляет собой смесь олигомеров на основе производных диоксана и их эфиров с добавкой полиолов и термостабилизаторов. В качестве наполнителя использовали мел МТД-2 (ТУ 12.085–88). Для повышения адгезионного взаимодействия с субстратами применяли силилированные амины производства фирмы Сiba.

При изготовлении композиций после смешения мела и пластификатора в шаровой мельнице в течение 3 ч в композицию вводили вулканизирующий агент и ускоритель. Дальнейшее диспергирование проводили в течение 1 ч. Полученную высоконаполненную суспензию (компонент Б) смешивали с герметизирующей пастой У-30 в смесителе с якорной мешалкой.

Установлено, что максимум наполнения, обеспечивающий вязкотекучие свойства компонента Б, позволяющие перерабатывать композиции ручным или механизированным способом (динамическая вязкость при скорости сдвига  $1 \text{ с}^{-1}$  составляет 100–150 Па·с), достигается при массовом соотношении мела и пластификатора для ПЛ-105 и ХП-470 соответственно 2:1 и 1:1. Свойства покрытий можно регулировать варьированием соотношений соответствующих компонентов. В табл. 1 приведены свойства композиций и материалов кровельного и гидроизоляционного назначения. Из результатов испытаний видно, что деформативно-прочностные свойства зависят как от количества компонента Б, так и от применяемого пластификатора. Установлено, что введение в герметизирующую пасту У-30 компонента Б приводит к повышению адгезии композиции к бетону. При этом наибольшую проч-

ность с основанием имеют композиции, включающие 45–60 мас. ч. высоконаполненного компонента. Уровень адгезии композиций к бетону мало зависит от типа используемого пластификатора. При выдержке в воде наименьшей степенью набухания характеризуются вулканизаты, содержащие 30–45 мас. ч. компонента Б. По водостойкости такие материалы превосходят вулканизаты герметика У-30М.

На свойства полисульфидных эластомеров значительное влияние оказывает вулканизирующая система [3].

Установлено, что для высоконаполненных композиций изменение содержания вулканизирующей пасты № 9 в пределах 8–16 мас. ч. существенно не влияет на физико-механические свойства образцов. Вулканизаты, отвержденные 12 мас. ч. вулканизирующей пасты, характеризуются наименьшим набуханием. Превышение содержания пасты № 9 более 12 мас. ч. приводит к наличию в композиции химически несвязанного с эластомерной матрицей вулканизирующего агента, после экстракции которого в материале образуются микропустоты, которые могут заполняться агрессивной средой.

В сравнении с ДФГ материалы, полученные в присутствии ПЭПА, имеют более высокое относительное удлинение. Использование ПЭПА в количестве 0,2 мас. ч. позволяет снизить водопоглощение вулканизатов. Кроме того, данный ускоритель по физическому состоянию является жидкостью и его гомогенное распределение в композиции осуществляется более эффективно, чем ДФГ. Исследованиями показана эффективность практического применения ПЭПА для создания материалов с высоким относительным удлинением, эксплуатируемых в узлах примыкания конструкций и подверженных значительным температурно-деформационным изменениям.

Наиболее универсальным комплексом физико-механических показателей обладают вулканизаты, полученные с УП-606/2, позволяющим осуществлять вулканизацию с большей глубиной превращения функциональных групп и соответственно с большей регулярностью пространственной сетки вулканизатов. Свойства вулканизатов в зависимости от природы и количества ускорителей приведены в табл. 2.

Значительное увеличение относительного удлинения при разрыве вулканизатов (до 350%) может достигаться при использовании в качестве пластификатора флотореагент-оксаль. Близость химической природы



связующего и пластификатора позволяет судить о молекулярном механизме пластификации. Применение флотореагента-оксаль для пластификации высоконаполненных композиций представляется весьма перспективным.

Известным недостатком вулканизатов полисульфидных олигомеров является низкая прочность сцепления с субстратами [5]. Распространенным способом повышения уровня адгезионного взаимодействия является модификация ПСО реакционноспособными олигомерами, в частности эпоксидными смолами и олигоэфиракрилатами. Однако введение таких модификаторов, как правило, приводит к снижению прочности, эластичности и водостойкости вулканизатов [6]. В этой связи актуальным представлялось применение адгезионных добавок. Установлено, что увеличение адгезионной прочности сцепления вулканизатов ПСО с бетоном возрастает при использовании силилированных аминов в следующем ряду: N, N'-бис (триметилсилил)-N, N'-диметилэтилендиамин (СА-1) < 1, 2, 2, 3-тетраметил-1, 3-диаз-2-сила-циклопентан (СА-2) < 1, 2, 3-триметил-2-винил-1,3-диаз-2-сила-циклопентан (СА-3). Наибольшее увеличение уровня адгезионного взаимодействия при использовании СА-3 объясняется наличием винильных групп. При введении СА-3 прочность сцепления материалов на основе ПСО с бетоном возрастает с 0,5 до 1,7 МПа, при этом разрушение носит в основном когезионный или смешанный характер. Применение силилированных аминов существенным образом не влияет на водостойкость вулканизатов.

В результате проведенных исследований выявлены закономерности влияния компонентного состава на свойства материалов. Разработаны и внедрены произ-

водственные рецептуры композиций, нашедших практическое применение при изготовлении кровельных покрытий на ряде объектов промышленного строительства Волгограда и Волгоградской области. Получены материалы, превосходящие по технико-экономическим показателям полимерные мастичные композиты на основе жидких тиоколов, полилиолполиэфиров и олигодендиолов.

**Список литературы**

1. Крыши и кровли: Справочник. М.: Norma. 2001. 260 с.
2. *Огрель А.М., Лукьяничев В.В., Медведев В.П. и др.* Композиции для наливных кровельных покрытий на основе жидких углеводородных каучуков // Строит. материалы. 1995. № 7. С. 14–15.
3. *Минкин В.С. Дебердеев Р.Я., Палютин Ф.М. Хакимуллин Ю.Н.* Промышленные полисульфидные олигомеры: синтез, вулканизация, свойства. Казань: Новое знание. 2004. 176 с.
4. *Новаков И. А., Нистратов А. В., Ваниев М. А. и др.* Влияние природы пластификаторов на реокинетику отверждения и структуру вулканизатов тиоколового герметика // Клеи. Герметики. Технология. 2006. № 3. С. 23–25.
5. *Идиятова А.А., Хакимуллин Ю.Н., Вольфсон С.И.* Регулирование вязкостных и тиксотропных свойств герметиков на основе полисульфидных олигомеров // Журнал прикладной химии. 1999. Т. 72. Вып. 5. С. 849–852.
6. *Валеев Р.Р., Идиятова А.А., Петров О.В., Хакимуллин Ю.Н. и др.* Влияние природного и модифицированного мела на свойства тиоколовых герметиков // Каучук и резина. 2001. № 3. С. 29–32.



## Кровельный и гидроизоляционный материал ЭПИКРОМ-ЕРДМ

**Комплектные поставки от производителя**

- Условная прочность 11 МПа
- Относительное удлинение 400%
- Эластичен при -60°C
- Теплостойкость 120°C
- Устойчив к УФ-лучам и агрессивным средам
- Всесезонная холодная технология
- Долговечность на порядок выше по сравнению с битумно-полимерными материалами
- Модификация с пониженной горючестью Г1, РП1, В2
- Модификация для химзащиты



Телефон/факс: (495) 993-86-70, (49622) 3-55-52, 4-13-58, (916) 173-11-62

[www.epikrom.com](http://www.epikrom.com)

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

[www.polikrom.com](http://www.polikrom.com)

# 15-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ НЕДЕЛЯ

Более 700  
фирм-участниц!



Базовые выставки Федерального агентства  
по строительству и ЖКХ (Росстрой)  
Базовые выставки строительных комплексов стран СНГ

**27 ФЕВРАЛЯ –  
3 МАРТА 2007**

Москва,  
КВЦ «Сокольники»

ДИРЕКЦИЯ ВЫСТАВКИ:  
Тел./факс.: (495) 105-34-97, 268-99-14  
E-mail: info@mvk.ru, sly@mvk.ru, hnr@mvk.ru

ОРГАНИЗАТОРЫ:  
Федеральное агентство по строительству  
и ЖКХ (Росстрой),  
Межрегиональный институт окна,  
Российская ассоциация  
производителей обоев «Рособои»,  
Союз производителей цемента «Союзцемент»,  
выставочный холдинг MVK

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:  
НП «АВОК», НА производителей стальных гнутых  
профилей, Ассоциации производителей  
трубопроводов с ППУ-изоляцией

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР:

**Стройгаз**  
ГРУППА ГАЗЕТ

-  **СТРОЙТЕХ**  
[www.stroytek.ru](http://www.stroytek.ru)  
Оборудование, машины, дорожная техника, материалы для капитального строительства
-  **БЫСТРОВЗВОДИМЫЕ И МОБИЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ**
-  **ИНЖЕНЕРНЫЕ КОММУНИКАЦИИ**
-  **ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНАЯ ТЕХНИКА**
-  **SWE /МИР ОКОН И ДВЕРЕЙ/**  
[www.swexpo.ru](http://www.swexpo.ru)  
Окна, двери, материалы, комплектующие и оборудование для их производства
-  **BAUSTEIN /КЕРАМИКА И КАМЕНЬ/**  
[www.baustein.ru](http://www.baustein.ru)  
Керамика, натуральный и искусственный камень для строительства и отделки
-  **BETONEX /ЦЕМЕНТЫ, БЕТОНЫ/**  
[www.betonexpo.ru](http://www.betonexpo.ru)  
Цементы, бетоны и изделия из бетона для капитального и ландшафтного строительства; цемент, бетон, сухие смеси, изделия из железобетона
-  **RFI /КРОВЛЯ И ИЗОЛЯЦИЯ/**  
[www.roofexpo.ru](http://www.roofexpo.ru)  
Кровельные, тепло- и гидроизоляционные материалы
-  **ФАСАДНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**
-  **WALLDECO /ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ/**  
[www.walldeco.ru](http://www.walldeco.ru)  
Отделочные материалы. Обои, лепнина, расходные материалы и оборудование для их производства, лакокрасочная продукция
-  **ТЕКСТИЛЬ ДЛЯ ДОМА**  
[www.tex-expo.ru](http://www.tex-expo.ru)
-  **CAFLEX /НАПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ/**  
[www.caflex.ru](http://www.caflex.ru)
-  **LIGHTEXPO**  
[www.lightexpo.ru](http://www.lightexpo.ru)



**ПРОМЫШЛЕННАЯ ГРУППА**  
**КРАТА**  
ПИГМЕНТ И ПФ ТЕХНОКИМ

**ДОБАВКИ, пластификаторы для бетонов**

**ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ:** алкидные, акриловые, полиуретановые

**КОЛЕРОВОЧНЫЕ ПАСТЫ на водной основе**

**ПИГМЕНТЫ:** органические, неорганические

**АКРИЛОВЫЕ эмульсии дисперсии**

**СМОЛЫ:** карбамидоформальдегидные, фенолформальдегидные

**ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ ПРОДУКТОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

**ОАО "Пигмент"**  
392681, Россия, г.Тамбов, ул.Монтажников, 1  
(4752) 71-13-98, 72-11-51, т/ф: 71-46-67  
info@krata.ru  
http://www.krata.ru

**ПРИГЛАШАЕМ ПОСЕТИТЬ НАШ СТЕНД №8 764 НА ВЫСТАВКЕ "ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 2007" 5-8 ФЕВРАЛЯ, СК "ОЛИМПИЙСКИЙ"**

Реклама

**3-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**17-18 апреля 2007**

**aQua/STOP**

**ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ И КРОВЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Санкт-Петербург**  
**ЛЕНЭКСПО**  
**6 ПАВИЛЬОН**

Адрес оргкомитета: Россия, 190068 Санкт-Петербург а/я 597  
Тел. в Москве: +7 (095) 580 54 36  
Тел. в СПб: +7 (812) 380 65 72  
703 71 85  
335 09 91  
Факс: +7 (812) 335 09 92

Международный строительный форум

Организаторы: Академический научно-технический центр «АЛИТ», ЗАО «Балтэкспо». При поддержке: Федерального агентства по строительству и ЖКХ, Правительства Санкт-Петербурга, Правительства Ленинградской области

**www.aquastop.ru**

**АЛИТ** **Балтэкспо**

Д.Е. БАРАБАШ, канд. техн. наук, А.В. ШУБИН, инженер, Воронежское высшее военное авиационное училище (военный институт)

## Материал для герметизации деформационных швов аэродромных покрытий в Заполярье

Освоение северных регионов России, связанное с разработкой месторождений нефти и газа, в значительной степени зависит от развития транспортной инфраструктуры. Учитывая удаленность основных добывающих и перерабатывающих центров и климатические особенности Заполярья, там основным видом транспорта является авиация. Высокая интенсивность полетов, рост грузоподъемности крылатой техники не позволяют использовать снеговые и ледовые аэродромы. В основном для совершения взлетно-посадочных операций используют постоянные аэродромы с жесткими цементобетонными покрытиями, выполненными из сборных аэродромных плит. Деформационные швы являются весьма важной составной частью аэродромного покрытия, поскольку воспринимают нагрузки от сжатия-расширения плит и препятствуют проникновению дождевых и талых вод под покрытие. Ширина деформационных швов в среднем составляет 2–2,5 см. При понижении температуры покрытия ширина швов увеличивается, поскольку уменьшаются линейные размеры плит. Причем ширина шва может увеличиваться до 3–3,2 см, что соответствует относительному удлинению герметизирующего материала, заполняющего шов на 150–160%. С повышением температуры происходит обратный процесс.

Герметизацию деформационных швов цементобетонных аэродромных покрытий производят при устойчивых положительных температурах, когда ширина шва достигает минимального размера. В таких условиях герметизирующий материал, заполняющий шов, не испытывает растягивающих напряжений. В условиях Заполярья при отрицательных температурах материал находится в растянутом состоянии длительный период. Такие жесткие условия эксплуатации обуславливают специфические требования к герметикам. В первую очередь это сохранение эластических свойств при отрицательных температурах. Одновременно адгезионная прочность на границе швов должна быть больше когезионной прочности герметика. Поскольку воздействие растягивающих напряжений на герметизирующий материал продолжается до 8 месяцев, в нем накапливаются остаточные неупругие деформации, которые в летний период способствуют выдавливанию герметика из шва.

С наступлением полярного дня на такой материал интенсивно воздействует солнечная радиация, вызывая необратимые процессы старения.

Совокупность воздействий всех указанных выше факторов способствует тому, что сроки надежной работы большинства герметиков составляют не более двух лет [1].

В связи с этим весьма актуальна задача разработки эффективных герметизирующих материалов для аэродромных покрытий, эксплуатирующихся в условиях Заполярья.

Авторами на основе предварительных исследований в качестве связующего была выбрана ненасыщенная полиэфирная смола, содержащая реакционноспособные концевые гидроксильные группы. Традиционно полиэфирные смолы используют для производства полимерных композиций, имеющих высокие прочность на сжатие, модуль упругости и жесткость. При различных способах модификации возможно получение атмосферо- и химически стойких ненасыщенных полиэфирных смол.

Отверждение ненасыщенных полиэфирных смол производят при помощи инициаторов, служащих источником свободных радикалов для запуска цепной реакции полимеризации. Процесс отверждения начинается при наличии активаторов. Кроме того, в состав ненасыщенных полиэфирных смол входит ингибитор, позволяющий продлить время полимеризации до необходимого для введения армирующих компонентов.

Существует большое разнообразие систем инициатор – ингибитор – активатор для использования в производстве полиэфирных смол. Источниками свободных радикалов служат различные пероксиды, перекиси и гидроперекиси. В качестве ингибиторов широко используют гидрохиноны. Активаторы – металлорганические соединения, из которых наиболее эффективны нафтенаты кобальта и марганца [2].

Отличительной особенностью отверждения полиэфирных смол при использовании традиционных систем инициатор – ингибитор – активатор является высокая взрывоопасность при несоблюдении очередности введения компонентов или при их недостаточном перемешивании.

В связи с этим авторами были проведены исследования по возможности отверждения выбранной ненасыщенной полиэфирной смолы способом без указанных недостатков.

Для получения композиций с заданными свойствами использовали ненасыщенную полиэфирную смолу ПЭС-3003 [3].

Основные физико-химические характеристики этой смолы приведены в табл. 1.

Экспериментальными исследованиями была установлена возможность структурирования указанной ненасыщенной полиэфирной смолы с помощью жидкого толуолдиизоцианата (ТДИ) с массовой долей изоцианатных групп не менее 30% при комнатной температуре в присутствии металлорганических сиккативов. Для исследований использовали жидкий масляно-талловый сиккатив СЖП-35 [4].

Частичная полимеризация смеси происходила за счет взаимодействия изоцианатных групп отвердителя и реакционноспособных групп ненасыщенной полиэфирной смолы. Взаимодействие смолы с ТДИ осу-

Таблица 1

Наименование показателей	Величина
Гидроксильное число, мг КОН/г	51–56
pH продукта	6–7,5
Массовая доля воды, %, не более	0,1
Вязкость динамическая при 25°C, Па·с	450–600
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	958,4



шествовали с избытком последнего (30% молярный избыток по отношению к —ОН группам полиэфирной смолы), что обеспечивало в макромолекуле наличие концевых изоцианатных групп. Избыток ТДИ требовался также для обеспечения образования сетчатой структуры полимера на конечной стадии полимеризации.

Устойчивость герметизирующего материала к различным видам деструкции определяется количеством и видом вводимого в его состав антиоксиданта. Универсальных антиоксидантов не существует. Выбор наиболее активного в отношении полиэфирной смолы ПЭС-3003 осуществляли на основании анализа литературных источников и экспериментальных данных. В результате был выбран стабилизатор Агидол-21, представляющий собой смесь алкилфенолов [5].

Для выяснения оптимального сочетания отвердителя — сиккатив — антиоксидант провели трехфакторный трехуровневый эксперимент, в результате которого получили регрессионные уравнения в кодовых переменных вида состав-свойства:

$$R_1 = 0,7 + 0,14X_2 + 0,27X_3 + 0,016X_1^2 - 0,16X_2^2 + 0,16X_3^2; \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \epsilon = & 516,8 + 1,4X_1 - 33,5X_2 - 138,2X_3 + 63,30X_1^2 - \\ & - 104,2X_2^2 - 25,7X_3^2 - 6,25X_1X_2, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $R_1$  — когезионная прочность герметизирующего материала, МПа;  $\epsilon$  — относительное удлинение в момент разрыва, %;  $X_1, X_2, X_3$  — количество антиоксиданта, сиккатива и отвердителя соответственно в долях от количества полиэфирной смолы. Количество полиэфирной смолы ПЭС 3003 принимали за единицу в кодовых переменных.

Проверка адекватности полученных уравнений регрессии по критерию Фишера показала сходимость результатов расчетных и опытных данных.

Уравнения регрессии (1) и (2) получены в результате проведения испытаний при температуре 20°C. Механические испытания проводили в соответствии с требованиями ISO R527 [6]. Максимальные значения исследуемых величин составили: относительное удлинение при разрыве 600–620%, прочность при разрыве 1,1 МПа. Таким значениям исследуемых характеристик соответствовало несколько вариантов соотношений отвердителя — сиккатив — антиоксидант.

Однако по скорости полимеризации оптимальным установлено следующее количество компонентов, мас. %: полиэфирная смола 100; сиккатив 2,5–2,7; отвердитель 12,5–13; антиоксидант 3,3–3,5.

Для придания герметизирующей композиции специальных свойств и снижения расхода полимера в состав рецептуры вводили дополнительно: тиксотропную добавку — природный силикат кальция (волластонит); антипор — негашеную известь; пластификатор — дибутилфталат; наполнитель — стеклянные микросферы.

В целях получения данных о пластоэластичных характеристиках разрабатываемой композиции при различных температурах были изготовлены образцы, моделирующие деформационные швы аэродромных покрытий.

Разрывное устройство с закрепленными образцами помещали в морозильную камеру.

Изучение пластоэластичных свойств производили при различных температурах начиная с 0°C. Температуру проведения испытаний последовательно понижали до минус 20°C с шагом 5°C.

Нагружение образцов производили в течение 5 ч при одновременном понижении температуры от 20°C до заданной. Максимальная величина расчетного относительного удлинения герметика составляла 160%. Образцы герметизирующего материала в этом напряженном состоянии выдерживали 7 сут (вероятное время изменения устойчивой температуры покрытия). Снятие нагрузки производили одновременно с отключением мо-

розильной камеры. После достижения образцами начальной температуры измеряли величину остаточной деформации по разнице между начальной шириной шва и шириной шва, установившейся после проведения испытания в условиях отрицательных температур.

Образцы с проявившимися дефектами отбраковывали и их рецептуры в дальнейшем не исследовали.

Оставшиеся образцы подвергали воздействию ультрафиолетового облучения, создаваемого лампой ПРК-100. Количество ультрафиолетового облучения (УФО) соответствовало средней дозе УФО, поглощаемого герметиком в течение полярного дня.

Затем образцы повторно подвергали нагружению при последовательном снижении температуры. После каждого проведенного цикла образцы с дефектами отбраковывали.

При таких режимах испытаний в герметизирующем материале неизбежно нарастали необратимые пластические деформации, развитие которых усугублялось воздействием УФО.

Пластоэластичные свойства полимерных материалов характеризуются соотношением необратимой (пластической) и обратимой (преимущественно высокоэластичной) составляющими деформации.

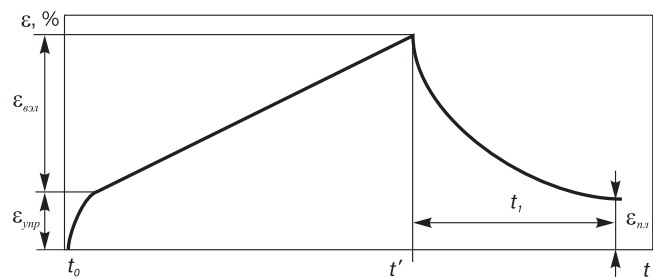
При заданных (постоянных) температуре и напряжении мгновенно устанавливается  $\epsilon_{yup}$ , одновременно развивается во времени  $\epsilon_{вэл}$ , достигая в момент времени  $t'$  предельного (равновесного или стационарного) значения  $\epsilon_{вэл}$  и непрерывно возрастает необратимая деформация  $\epsilon_{nl}$ . Период установления  $\epsilon_{вэл}$  зависит от релаксационных свойств материалов. После снятия нагрузки мгновенно исчезает  $\epsilon_{yup}$ , уменьшается в течение  $t_i$  высокоэластичная составляющая  $\epsilon_{вэл}$  (происходит эластичное восстановление) и полностью сохраняется  $\epsilon_{nl}$ .

Таким образом,  $\epsilon = \epsilon_{yup} + \epsilon_{вэл} + \epsilon_{nl}$ . Соотношение между  $\epsilon_{вэл}$  и  $\epsilon_{nl}$  зависит от режимов нагружения. Для большинства полимерных материалов критическим является  $\epsilon_{вэл} / \epsilon_{nl} = 0,55$ , при достижении которого материал хрупко разрушается.

Характерная кривая, иллюстрирующая поведение герметизирующего материала при последовательном нагружении и разгрузке в условиях постоянной температуры, представлена на рисунке.

Для каждой группы образцов был получен график  $\epsilon_{nl} = f(t, T)$ , по которому оценивали их пластоэластичные свойства.

Кроме указанных испытаний разрабатываемый герметик подвергали воздействию антигололедных реагентов и авиационного топлива. Образцы выдерживали в растворах антигололедных реагентов в течение 5 ч при 0–3°C, что соответствует температуре покрытия в момент их применения. Затем их подвергали температурно-деформационным испытаниям в последовательности, указанной выше. В авиационном топливе образцы выдерживали при температуре 15–20°C, поскольку при положительных температурах диффузия агрессивных сред в полимерный материал протекает наиболее интенсивно.



Развитие деформации во времени при постоянных напряжениях и температуре:  $t_0$  — момент приложения нагрузки;  $t'$  — момент завершения развития высокоэластичной деформации (момент снятия нагрузки);  $t_i$  — время релаксации;  $\epsilon_{yup}$ ,  $\epsilon_{вэл}$ ,  $\epsilon_{nl}$  — соответственно упругая, высокоэластичная и пластическая деформации

**Таблица 2**

Компонент	Количество, мас. %
Полиэфирная смола ПЭС 3003	100
Сиккатив СЖ1П-35	2,5
Отвердитель – толуилендиизоцианат	13
Антиоксидант Агидол-21	3,5
Тиксотропная добавка – волластонит	5
Наполнитель – стеклянные микросферы	40
Антипор – негашеная известь	3
Пластификатор – дибutilфталат	1,5

Оптимальное количество добавок оценивали по отношению  $\epsilon_{вэл} / \epsilon_{пл}$ . Максимальное отношение  $\epsilon_{вэл} / \epsilon_{пл}$  при максимальном количестве выдержанных циклов без видимых нарушений структуры соответствовало оптимальному количеству добавок.

В результате проведенных экспериментов была установлена оптимальная рецептура композиции, представленная в табл. 2.

Герметик, приготовленный по указанной рецептуре, обладает отношением  $\epsilon_{вэл} / \epsilon_{пл} = 0,35$  после 43 циклов указанных воздействий. Разрушение при испытаниях носило смешанный характер, что свидетельствовало о сохранении достаточной адгезионной и когезионной прочности после множественных циклов температурно-деформационных воздействий, причем критическое отношение  $\epsilon_{вэл} / \epsilon_{пл} = 0,55$  достигнуто не было.

В ходе проведения исследований по оптимизации составов композиции было отмечено, что присутствие в составе герметизирующего материала оптимального количества металлоорганического сиккатива заметно снижает его чувствительность к воздействию указанных выше агрессивных сред.

Увеличение концентрации сиккатива сверх оптимальной вызывало преждевременное охрупчивание поверхности герметика, значительно сокращало жизнеспособность смеси и ускоряло процесс фотостарения.

В результате проведенных экспериментальных исследований установили:

- изменение соотношения отвердителя (ТДИ) и катализатора (сиккатива) позволяет регулировать время отверждения;
- увеличение концентрации сиккатива сопровождается ростом скорости отверждения и саморазогревом смолы, что приводит к снижению прочности готового материала и образованию пористой структуры;
- полная полимеризация герметизирующего материала оптимального состава при температуре 20°C достигается в течение 24 ч; с увеличением температуры окружающего воздуха время полимеризации сокращается;
- увеличение концентрации катализатора приводит к уменьшению относительного удлинения, при этом когезионная прочность герметика увеличивается.

Процесс приготовления герметизирующего материала состоял из нескольких этапов. Подготовка основного компонента – полиэфирной смолы ПЭС 3003 – заключается в ее сушке при температуре  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  при интенсивном перемешивании в течение 1,5–2 ч в зависимости от количества содержащейся влаги. Затем полиэфирную смолу охлаждают до 80°C и вводят необходимое количество сиккатива. Смешивание осуществляют в герметичном ротационном смесителе в течение 15–20 мин до равномерного распределения сиккатива, охлаждают до 60°C и добавляют антиоксидант совместно с молотой негашеной известью при постоянном перемешивании в течение 1,5–2 мин. При остывании смеси до 20°C в нее порционно вводят отвердитель – толуилендиизоцианат и перемешивают в течение 5–8 мин. При подаче ТДИ возможно

повышение температуры свыше 80°C и стремительное нарастание вязкости смеси, что свидетельствует о неравномерности распределения отвердителя в смеси.

В полученное связующее вводят дибutilфталат, затем наполнитель – стеклянный порошок, обладающий низкой маслоемкостью и поэтому не вызывающий значительного увеличения вязкости смеси. Затем порционно добавляют волластонит, который благодаря своей кристаллической структуре придает смеси тиксотропные свойства.

Для получения реакционноспособного состава процесс смешения компонентов осуществляли в герметичной емкости в присутствии нейтрального газа (азота).

На первой стадии в соответствии с оптимальной рецептурой получали форполимер – полиэфирдиизоцианат молекулярной массой порядка 5000, имеющий на концах макромолекул изоцианатные группы. На второй стадии осуществляли отверждение форполимера структурирующим агентом – водой, содержащейся в воздухе и в бетоне.

УФО активизирует процесс полимеризации, особенно при высоких температурах окружающего воздуха. Совместное воздействие УФО, влаги и кислорода воздуха способствует ускорению полимеризации. Экспериментально установлено, что минимальная жизнеспособность герметизирующего состава, подготовленного к заливке, колеблется в зависимости от влажности воздуха от 28 до 46 минут. По истечении указанных сроков происходит поверхностная полимеризация «на отлип».

Высокая чувствительность герметика к указанным выше факторам определила необходимость проведения исследований по установлению сроков хранения готового продукта с сохранением гарантированных показателей физико-механических характеристик.

В результате было установлено, что при хранении герметизирующей композиции в закрытом непрозрачном сосуде процесс полимеризации не наблюдается в течение более 3 мес. Температура хранения готового продукта не должна превышать 25°C. Повышение температуры вызывает образование на поверхности смеси пленки.

Некоторые компоненты герметизирующего материала являются веществами умеренно опасными, поэтому при производстве работ необходимо использовать индивидуальные средства защиты – резиновые перчатки и респираторы.

Заливку герметика в швы можно осуществлять устройствами, подающими материал в шов под давлением.

Наличие тиксотропных добавок и низкая вязкость герметика обуславливают его выравнивание в шве под собственным весом.

Высокие показатели физико-механических свойств и длительное сохранение эксплуатационных характеристик позволяют рекомендовать разработанную рецептуру герметизирующего материала для использования в климатических районах с длительным периодом отрицательных температур.

**Список литературы**

1. Канунников О.В. Аэродромный герметик высокого качества по доступной цене // Аэропорты. Прогрессивные технологии. 1999. № 2. С. 13–14.
2. Справочник по композиционным материалам / Под ред. Дж. Любина. Пер. с англ. В 2 кн. Кн. 1. М.: Машиностроение. 1988. С. 33–46.
3. ТУ 2226-008-10488057–94. Смола полиэфирная ПЭС-3003.
4. ТУ-205-2966756-09–93. Сиккатив СЖ1П-35 масляно-талловый.
5. ТУ 2425-452-05742686–2003. Стабилизатор Агидол 21 (алкилфенолы).
6. ISO 527-1: 1993/Cor.1: 1994. Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 1. Общие принципы.

Г. А. САВЧЕНКОВА, директор, Т. А. АРТАМОНОВА, зам. директора по НИР,  
ООО «Завод герметизирующих материалов» (г. Дзержинск Нижегородской обл.)

## Применение герметиков серии Абрис в строительстве

Успешная реализация проекта «Доступное и комфортное жилье — гражданам России», увеличение объемов строительства невозможно без развития промышленности строительных материалов, повышения качества проектирования и производства строительных работ.

Одним из эффективных способов повышения качества и комфортности жилья, защиты зданий и сооружений от воздействия агрессивных факторов внешней среды является применение герметизирующих материалов. Наличие значительного количества строительных элементов в сборных конструкциях предопределяет необходимость и многовариантность как в выборе герметиков, так и в выборе конструктивно-технологических решений. На выбор типа герметика влияет комплекс факторов, начиная от конструктивных особенностей здания и кончая климатическими особенностями конкретной местности. Недостаток или отсутствие информации о свойствах и технических характеристиках материала, некомпетентность, отсутствие информации или невыполнение требований по правилам и условиям применения материалов могут привести к повреждениям и дефектам в строительстве. Например, по данным страховых компаний всего мира, дефекты, возникающие в процессе эксплуатации, на 30–40% связаны с ошибками проектировщиков, на 50–51% — с ошибками производителя работ и только 10% повреждений приходится на низкое качество материала.

Дзержинский завод герметизирующих материалов — предприятие, специализирующееся на разработке и производстве самоклеящихся герметиков неотвер-

даемого типа серии Абрис. В строительство поставляется основная часть выпускаемой продукции. Вся продукция сертифицирована на соответствие требованиям НТД в системе ГОСТ Р, имеет санитарно-эпидемиологические заключения. Система менеджмента качества производства сертифицирована на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001–2001.

Герметики серии Абрис имеют химически стойкую основу, не разрушаются под действием концентрированных щелочей, слабых кислот, морской воды, резких температурных колебаний, обладают широким температурным интервалом эксплуатации:  $-60^{\circ}\text{C}$  —  $+140^{\circ}\text{C}$  (кратковременно до  $+180^{\circ}\text{C}$ ), атмосферостойкостью, биостойкостью, высокими газо-, паро-, водонепроницаемыми свойствами, стабильной адгезией к металлу, бетону, стеклу, дереву и другим материалам, надежностью в эксплуатации, высокой технологичностью, экологической безопасностью и рекомендованы для применения во всех климатических зонах РФ.

Серия Абрис включает более десятка модификаций. Герметик Абрис С (ТУ 2513-003-43008408–99) — это в основном ленты: марка ЛБ (самоклеящаяся лента); ленты на различного вида основах марки ЛТ<sub>нп</sub> (нетканное полотно), ЛТ<sub>ф</sub> (фольга), ЛТ<sub>м</sub> (металлизирующая), ЛТ<sub>физ</sub> (фольгоизолон), ЛТ<sub>пвх</sub> (поливинилхлоридная), ЛТ<sub>диф</sub> (диффузионная), ЛТ<sub>д</sub> (дублированная), а также марка Ш — шнур (покрыт с двух сторон антиадгезионным материалом) и марка Б — брикет (завернут в антиадгезионный материал).

Герметики серии Абрис С предназначены для герметизации: температурно-деформационных стыков зда-

Таблица 1

Показатели	Абрис С
Цвет	От белого до черного
Пенетрация, 0,1 мм при 25 °С	30–400
Прочность связи с металлом при отслаивании, Н/м	500–1500
Прочность связи с бетоном при отрыве, МПа, не более	0,1
Водопоглощение, %, не более	0,3
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1200–1600
Сопrotивление текучести при 70°С, 24 ч, мм, не более	2
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), не более	0,01
Относительное удлинение, %, не менее	35
Условный срок годности, лет	20
Размер лент, ширина, мм; толщина, мм	2–250; 0,5–5
Диаметр шнура, мм	1,7–40

**Таблица 2**

Показатели	Абрис Р <sub>у</sub>	Абрис Р <sub>с</sub>	Абрис Р <sub>п</sub>
Внешний вид	Однородная пастообразная масса		
Цвет	черный	по требованию заказчика	по требованию заказчика
Пенетрация, 0,1 мм при 25 °С	250–400	200–380	400–450
Массовая доля сухого вещества, %	50	60	–
Сопrotивление текучести, мм, не более	2	2	–
Водопоглощение, %, не более	0,2	0,2	–
Условный срок годности, лет	20	20	20
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	900–1100	1200–1300	900–1100
Время высыхания при температуре 20°С, ч	24	24	12

**Таблица 3**

Показатели	Гидроизоляционный материал Абрис ВС
Внешний вид	Однородная пластичная масса в виде шнуров и лент
Цвет	серый
Пенетрация, 0,1 мм при 25°С	30–60
Прочность связи с бетоном при отрыве, МПа, не менее	0,1
Набухание в воде за 24 ч, %	200
Коэффициент фильтрации, см/с	10 <sup>-4</sup> –10 <sup>-9</sup>
Сопrotивление текучести при 70°С, 24 ч, мм, не более	2
Размер лент, ширина, мм; толщина, мм	10–250; 5–20
Диаметр шнура, мм	5–40

ний; кровли и ее элементов; сборных конструкций (сэндвич-панелей, сооружений ангарного типа, конструкций из сотового поликарбоната); стеклопакетов, остекления; монтажных швов узлов примыканий; воздуховодов при устройстве вентиляции; а также для защиты инженерных коммуникаций, теплоизоляционных материалов и для гидроизоляции фундаментов, подземных сооружений.

Мастика Абрис Р (ТУ 5775-004-52471462–2003): пастообразные массы марок Р<sub>у</sub>, Р<sub>с</sub>, Р<sub>п</sub>. Предназначены для герметизации элементов кровли, гидроизоляции фундаментов, защиты теплоизоляционных материалов.

Гидроизоляционный материал Абрис ВС (ТУ 5772-008-52471462–2006): марка ВС<sub>лт</sub> – самоклеящаяся лента с двумя рабочими сторонами, покрытыми антиадгезионным материалом; марка ВС<sub>ш</sub> – шнур, покрытый антиадгезионным материалом.

Материал Абрис ВС предназначен для гидроизоляции деформационных швов, подверженных воздействию гидростатического давления воды подземных бетонных конструкций и мест прохождения инженерных коммуникаций.

Основные технические характеристики герметиков серии Абрис представлены в таблицах 1, 2, 3.

Принцип действия гидроизоляционного материала Абрис ВС основан на его низкой водопроницаемости и свойстве при гидратации набухать и значительно увеличиваться в объеме. В ограниченном для свободного разбухания пространстве образуется плотный водонепроницаемый гель, создающий надежный барьер для поступающей влаги.

Надежность герметизации конструкций зависит не только от качества применяемого герметика, но и от

конструктивного решения соединения. Для выбора оптимальных конструктивно-технологических решений герметизации герметиками серии Абрис ООО «Завод герметизирующих материалов» совместно с ведущими научно-исследовательскими и проектными организациями выпустил ряд нормативных документов, имеющих характер руководств, указаний по применению, материалов для проектирования:

- «Руководство по применению герметизирующих материалов Абрис С, Абрис Р в конструкциях зданий и сооружений». Шифр М 27.07/05. ОАО «ЦНИИПромзданий». Москва. 2005;
- «Герметизация конструкций зданий и сооружений материалами Абрис С и Абрис Р. Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов». Шифр М 24.39/05. ОАО «ЦНИИПромзданий». Москва. 2005.
- «Указания по герметизации кровельных остеклений герметизирующим материалом марки Абрис С и Абрис Р. ГОУ ДПО «ГАСИС». Москва. 2005;
- «Указания по технической эксплуатации скатных крыш и технологиям антикоррозионной защиты и герметизации сопряжений металлических кровельных покрытий при устройстве и ремонте герметизирующими материалами марки Абрис С и Абрис Р». ГОУ ДПО ГАСИС. Москва. 2005;
- «Технические указания по герметизации стыков полносборных зданий полимерами». ГОУ ДПО ГАСИС. Москва. 2006;
- «Рекомендации по применению герметизирующих материалов Абрис С и Абрис Р в жилых и общественных зданиях (пособие проектировщикам)». ЦНИИЭП жилища. Москва. 2006.



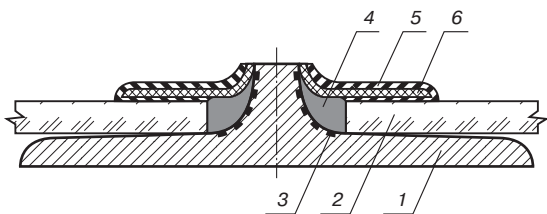


Рис. 1. Ремонтная герметизация остекления: 1 – опорная деталь; 2 – стекло; 3 – зона очистки; 4 – пакля; 5 – герметизирующий слой Абрис Р; 6 – Абрис С-ЛТ, ЛТ<sub>ф</sub>, ЛТ<sub>м</sub>, ЛТ<sub>баз</sub>, ЛТ<sub>ст</sub>

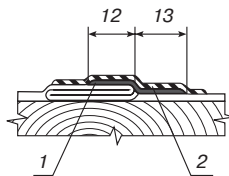


Рис. 3. Герметизация фальцевых соединений: 1 – лента, уложенная на очищенную и обезжиренную поверхность; 2 – фольга или нетканое полотно

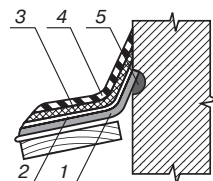


Рис. 4. Герметизация примыкания кровли к выступающим над крышей вентилятам и выходам: 1 – кровельное покрытие; 2 – зона очистки; 3 – лента Абрис С-ЛТ<sub>м</sub>; 4 – лента Абрис С-ЛТ<sub>м</sub>; 5 – полимерраствор

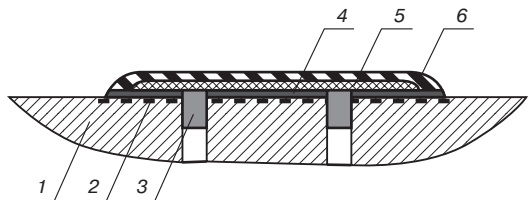



Рис. 2. Герметизация опорных металлоконструкций: 1 – стыкуемые элементы; 2 – зоны очистки; 3 – пористая прокладка; 4 – приклеивающий слой мастики; 5 – герметизирующий слой Абрис Р; 6 – Абрис С-ЛТ<sub>м</sub> (ЛТ<sub>ф</sub>, ЛТ<sub>м</sub>, ЛТ<sub>баз</sub>, ЛТ<sub>ст</sub>)

Примеры конструктивных решений герметизации с помощью герметиков серии Абрис различных по назначению узлов, применяемых в строительстве, приведены на рис. 1–4.

Разработанные документы составлены в соответствии с требованиями строительных норм и правил и предназначены для проектировщиков, инженерно-технического персонала строительных организаций.

Опыт успешного применения герметиков серии Абрис имеется на строительных объектах в различных регионах страны и ближнего зарубежья. Среди задач развития предприятия не только реализация герметиков, но и техническое сопровождение заказчика, обучение специалистов, проведение конференций, семинаров, участие в выставках и презентациях.


21–22 марта 2007 г. в г. Дзержинске Нижегородской обл. планируется проведение III Всероссийской научно-технической конференции «Стройгерметик-2007» по теме: «Новейшие технологии герметизации. Актуальные вопросы защиты конструкций зданий и сооружений от влияния неблагоприятных факторов окружающей среды». Организаторы конференции: ООО «Завод герметизирующих материалов», Российский союз строителей, Федеральное агентство по строительству и ЖКХ. Организаторы приглашают к участию в конференции всех, кому небезразличны проблемы повышения качества герметизации.



# Завод герметизирующих материалов

- Абсолютная герметизация
- Уникальные российские герметики
- Материалы Абрис®
- Выполнение работ
- Проектные решения
- Технологии

Россия, 606008, г. Дзержинск Нижегородской обл., а/я 97  
Тел.: (8312) 16-63-16, тел./факс: (8313) 27-50-78, 27-52-95  
<http://www.zgm.ru>, E-mail: [abris@sinn.ru](mailto:abris@sinn.ru)



## Гидрозащита подземных конструкций

Значительной части жилых и общественных зданий и сооружений периодически или постоянно угрожает затопление. Вода в подвале — это не только дискомфорт проживания, но и медленное разрушение здания.

Исследования, проведенные автором в течение 40 лет, убедительно показали, что движение жидкости через массив фундамента вызывает не только коррозионное разрушение материалов кладки и швов, но и деформацию отмокотки, тротуаров, полов цокольного и нижнего этажей и в конечном счете приводит к необратимым деформациям и разрушению здания.

При обследовании подвальных помещений зданий привлекают внимание солевые отложения белого или желтоватого цвета — типичное проявление выщелачивания бетона. Желтые подтеки — свидетельство того, что разрушение протекает в зоне расположения арматуры. Корродирующая арматура увеличивается в объеме в несколько раз, следовательно, и она вызывает дополнительные напряжения в массиве фундамента, подтачивая его изнутри. Диффундирующая через фундамент влага, даже неагрессивная, опасна. Затопление подвала интенсифицирует процессы коррозии трубопроводов горячего и холодного водоснабжения и систем канализации. Застоявшаяся жидкость вызывает дискомфорт и создает благоприятные условия для размножения комаров, появления плесени (грибов) в подвалах и других помещениях, ухудшается санитарно-гигиеническое состояние здания и примыкающей территории.

Угрозу представляет также восходящая влажность — капиллярный подсос стеновыми материалами поверхностных и подземных вод, тем более что в городах эти воды зачастую агрессивны по отношению ко всем строительным материалам.

Традиционные технологии и материалы позволяют обеспечить надежную гидроизоляцию зданий при возведении, но часто при строительстве о наружной гидрозащите не очень заботятся и нерадивость строителей приходится расхлебывать эксплуатационным службам.

Как правило, небрежно выполняют гидрозащиту, когда в котловане под фундаментом здания нет воды. Однако затопляться подвальные помещения могут и поверхностными водами, а уровень грунтовых вод неизбежно поднимется со временем при увеличении плотности застройки. Поэтому наружная гидроизоляция необходима и при глубоком залегании грунтовых вод. Дренаж не обеспечивает гидрозащиты, а лишь снижает напор грунтовых вод, отводя их в пониженные участки местности или специальные колодцы.

Ограждающие конструкции подвальных помещений зданий с нарушенной или недоброкачественно выполненной наружной и горизонтальной гидроизоляцией подвергаются интенсифицирующемуся во времени воздействию влаги. Увлажняясь, конструкции теряют свои эксплуатационные свойства: увеличивается теплопроводность, на поверхности появляются мокрые пятна, отсыревшие участки быстро загрязняются, покрываясь черной плесенью, и, наконец, помещения периодически или постоянно затопляются.

При высокой относительной влажности воздуха в подвальном помещении, даже если теплозащитные свойства перекрытий отвечают нормативным требованиям, на стенах и потолке образуется обильный конденсат.

Обследования зданий показали, что устройство традиционной гидроизоляции (обмазка или оклейка битуминозными материалами и герметиками) не исключает последующего увлажнения конструкций фундамента и преждевременного разрушения ограждающих конструкций. До того как подвергнуться необратимым деформациям и разрушениям, здание частично утрачивает свое предназначение из-за нарушения температурно-влажностного режима не только в подземной части, но и в остальных помещениях.

При доброкачественно выполненной гидроизоляции основания фундамента здания, а также при отсутствии грунтовых вод и незначительном воздействии поверхностных вод зачастую снижение эксплуатационных качеств зданий и их надежности происходит при увлажнении нижней части стен из-за утраты водозащитных свойств горизонтальной гидроизоляцией, выполняемой из цементно-песчаных растворов или битуминозных материалов, которые стареют к 6–8 годам.

Также вследствие неравномерной осадки частей зданий даже качественно выполненная гидроизоляция зачастую не является надежной.

Часто затопление вызвано неудовлетворительным состоянием проходящих вблизи здания водопроводящих коммуникаций. В таких случаях проведение ремонтных работ коммунальных сетей позволяет осушить расположенный близко от поврежденных коммуникаций подвал здания.

Нередко в здании, построенном в плотных водонепроницаемых глинах при очень низком уровне грунтовых вод, неожиданно затопляются подвальные помещения. Причина — обратная засыпка котлована была выполнена без должного уплотнения с использованием строительного мусора, поверхностный сток не организован и атмосферные осадки попадают в котлован, в котором «плавает» здание. В таком случае необходимо устройство пристенного кольцевого дренажа в сочетании с водоотводом.

Зачастую в подвал поступает вода в результате повреждений наружной гидроизоляции, например при прокладке или замене трубопроводов. В этом случае следует очистить зону повреждения и с помощью мастики и стеклоткани отремонтировать повреждение.

Во всех случаях для защиты заглубленной части здания от затопления необходимы простейшие, но достаточно эффективные меры, направленные на оперативный отвод дождевых и талых вод от здания для предупреждения просачивания их в грунт, — устройство отмостки по периметру здания, водоотводных лотков и герметизация примыканий отмостки к цоколю здания. Эти простейшие мероприятия если и не решают полностью проблему герметичности подвала, то обязательны во всех случаях, а иногда только ими можно защитить подвал от затопления.

Высота подвальных помещений после устройства внутренней гидроизоляции должна быть не менее 1,7 м в хозяйственных подвалах, а в убежищах ГО — не менее 1,8 м.

Особенностью подвальных помещений в жилых домах является, как правило, отсутствие бетонного пола, что определяет принципиально особую последовательность технологических операций по устройству гидрозащиты [1].

К выполнению внутренней гидрозащиты, «работающей на отрыв» под действием гидростатического давления грунтовых и поверхностных вод, можно приступать только после отвода поверхностных вод, прочистки ливневой канализации, герметизации неуплотненных отверстий в фундаментах и цоколях, примыканий отмоксти к цоколю.

Опыт и натурные обследования показали, что фундаменты из бетонных блоков со швами, омоноличеными цементно-песчаным раствором, являются основным источником поступления поверхностной влаги.

В подвалах зданий гидроизоляционное покрытие необходимо заводить на стены на высоту не менее 25 см от горизонтального конструктивного шва между блоками фундамента и на 50 см выше максимально возможного уровня воды в подвале, а на перегородках — на 20 см выше максимального уровня воды при затоплении подвала.

Поверхность пола, нижний слой которого выполняют из бетона толщиной порядка 12 см, должна обеспечивать уклоны не менее 1% в сторону прямков-зумпфов, необходимых для сбора жидкости из внутренних коммуникаций. Один зумпф 40×40×30 см (выполняется из листовой стали с двухслойным антикоррозионным покрытием) обеспечивает сбор жидкости с пола площадью до 175 м<sup>2</sup>.

Подготовка поверхности бетона — основной технологический процесс, от качества выполнения которого зависит адгезионная прочность последующей грунтовки и, следовательно, гидрозащиты в целом.

Бетонные поверхности продувают, используя, например, передвижной компрессор, и подсушивают мобильными калориферами, инфракрасными обогревателями, а при небольших площадях — газопламенными горелками.

После выполнения антисептирования швы между блоками фундамента расчищают на глубину 5 см.

Перед устройством гидроизоляции на подготовленную поверхность наносят грунтовку из эпоксидной диановой смолы ЭД-20 (ГОСТ 10.577-84), на 100 мас. ч. которой добавляют 30 мас. ч. этилсиликата-32 (ТУ 6-02-895-78), 50 мас. ч. полиизоцианатного связующего (ПС) (ТУ 5772-002-58275026-02) и 13-16 мас. ч. отвердителя полиэтиленполиамиона (ПЭПА).

Покрытие по грунтовке выполняют мастикой, а приклеивающие слои — под предварительно раскроенную стеклоткань.

Мастика состоит из 100 мас. ч. эпоксидной смолы ЭД-20, 50 мас. ч. ПС, 20 мас. ч. жидкого каучука и 14 мас. ч. ПЭПА. Вместо ПЭПА можно, а иногда и рационально применять отвердители АЭ-4, АФ-2 или ДТБ-2.

Для уплотнения поверхностных трещин и каверн и для выполнения защитного слоя по мастике или стеклоткани, приклеенной на мастике, используют полимерраствор. Полимерраствор состоит из 100 мас. ч. ЭД-20, 50 мас. ч. ПС и 14 мас. ч. ПЭПА (или 40 мас. ч. АФ-2). Наполняют эту массу сухой цементно-песчаной смесью и 10-15 об. % мелкодисперсного мела до рабочей вязкости для нанесения мастерком. При повышенной влажности бетонной поверхности используют другой состав полимерраствора, который готовят, перемешивая эпоксидную смолу с 50 мас. ч. ПС, затем добавляют 50 мас. ч. жидкого стекла и 3,5 мас. ч. кремнефторида натрия. В полученную композицию вводят отвердитель и сухую цементно-песчаную смесь на портландцементе М400.

Вязкость полимерраствора должна обеспечить удобоукладываемость, но он не должен вытекать из полосей стыков блоков фундамента, трещин и каверн в теле бетона, а также оплывать в местах сопряжений. Стыки покрывают полимерраствором, на который наклеивают стеклоткань, на нее наносят грунтовку, а затем мастикой (рис. 1).

Если через стену подвала проходят трубопроводы, то места сопряжений следует в два слоя оклеить стеклотканью марок Т-12-41, АСТТ (6) С<sub>2</sub>.

Устройство пола начинают со снятия верхнего слоя грунта с таким расчетом, чтобы обеспечить уклон в сторону водосборных прямков — зумпфов.

Бетон укладывают слоем 12 см, затем выполняют гидроизоляцию, покрывая грунтовкой, полимерраствором и мастикой всю поверхность пола и сопряжений.

В качестве декоративно-защитного покрытия пола и стен можно использовать облицовочную плитку (рис. 1в).

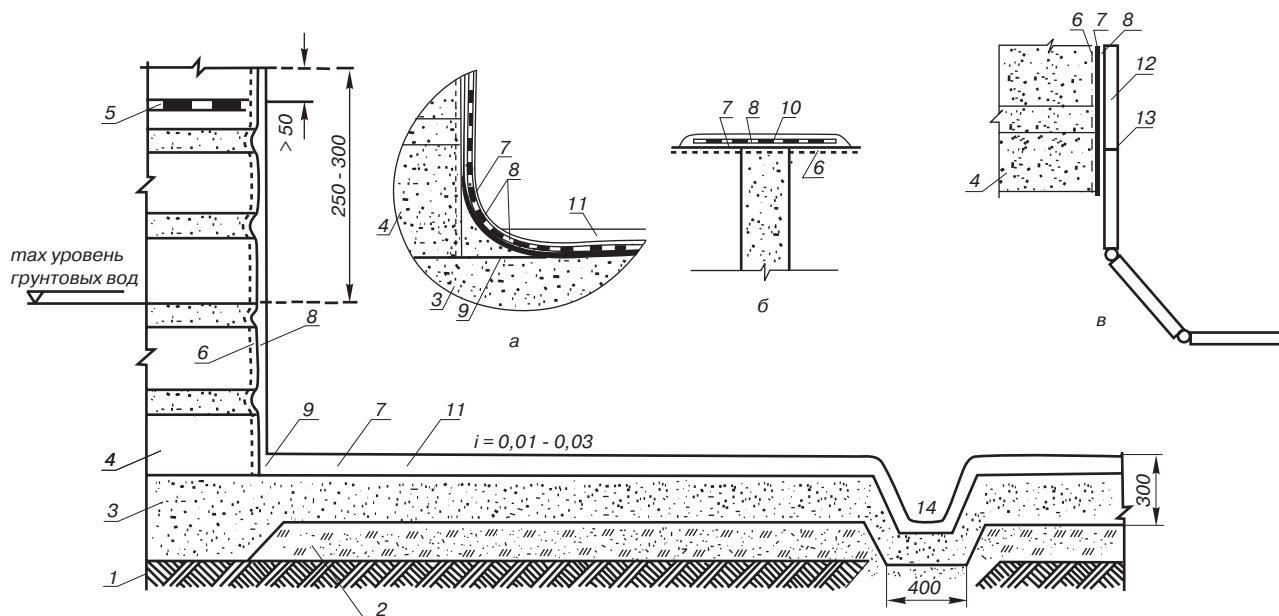
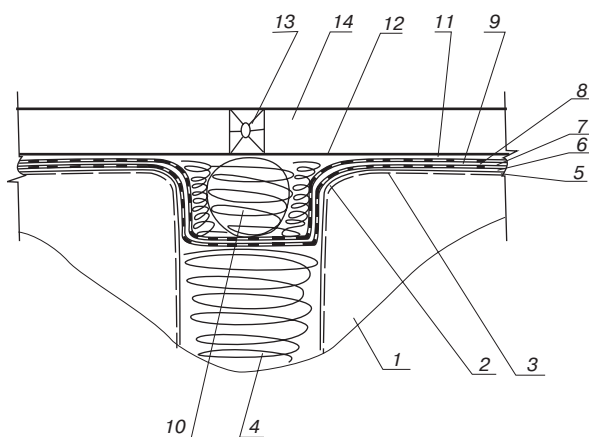


Рис. 1. Схема конструктивного решения внутренней гидроизоляции подвального помещения: а — узел сопряжения стены с полом; б — узел герметизации стыка блоков; в — вариант дополнительной облицовки; 1 — материковый грунт; 2 — уплотненный грунт; 3 — бетонный пол; 4 — бетонные блоки фундамента; 5 — горизонтальная гидроизоляция; 6 — зона пропитки грунтовкой; 7 и 8 — гидроизоляционная мастика; 9 — сопряжение, выполненное полимерраствором; 10 — стеклоткань; 11 — полимерраствор — наполняющая гидроизоляция и защитные покрытия; 12 — облицовочная плитка; 13 — затирка верхней полости стыков; 14 — прямок-зумпф



**Рис. 2.** Конструктивное решение деформационного шва: 1 – бетонное основание; 2 – закругление кромок; 3 – зона очистки и протравки; 4 – уплотнение полости паклей, пропитанной грунтовойкой; 5 – грунтовка; 6, 8 – мастика; 7, 9 – стеклоткань; 10 – пористая прокладка; 11 – полимерраствор; 12 – медный лист или полоса из нержавеющей стали шириной, в два раза превышающей ширину шва; 13 – деревянная рейка, пропитанная полиизоцианатом; 14 – стяжка

При наличии старого бетонного пола с целью его защиты в швах от плесени и грибов выполняют химическую обработку смесью 13% соляной и 2% серной кислот, затем в нем делают прямки, устанавливают зумпфы, выполняют гидроизоляционное покрытие (грунтовку и один слой мастики), а затем укладывают полимерраствор, армируя его сеткой рабица.

Деформационные швы следует расчистить и загерметизировать, как показано на рис. 2.

Для решения проблемы герметизации подвалов частным застройщикам необходимо отрыть вокруг дома траншею и заложить на уровне дна фундамента кольцевой дренаж с отводом грунтовой воды в пониженный участок местности. Но дренаж – это не гидроизоляция; он только отводит поступающую грунтовую и поверхностную воду. Если фундамент не будет защищен надежной гидроизоляцией, то вода будет и в подвале.

Проблему нельзя решить подсушкой пола и стен, оклейкой их гидростеклоизолом и устройством прижимной стенки из кирпича или бетона. Адгезия битуминозных материалов к материалу фундамента не более 0,05 МПа и, следовательно, при высоте столба воды за стеной подвала более полуметра оклейку оторвет, а прижимная стенка неизбежно отвалится. При этом необходимо учесть, что наклеить битуминозный материал на поверхность влажностью 2–3% не всегда удастся.

В таких случаях на поверхность пола и стен необходимо наносить, втирая, пенетрон, кальматрон или их аналоги. Работа трудоемкая, дорогая и не всегда эффективная. Часто некомпетентный владелец насосом откачивает из приемки поступающую воду. При этом следует ожидать деформаций конструкций, так как откачивается не только вода, а также пульпа (вода со взвешенными частицами грунта основания), то есть постепенно отбирается то, на чем стоит дом. Надежнее всего обратиться к независимому эксперту для получения компетентной рекомендации.

#### Литература

1. Технические указания по устройству внутренней гидрозащиты подвальных помещений зданий. ГАСИС Минобрнауки России. М. 1995. 75 с.



## III Всероссийская научно-техническая конференция «СТРОЙГЕРМЕТИК – 2007»



**Тема  
конференции:**

**«Новейшие технологии герметизации.  
Актуальные вопросы защиты конструкций  
зданий и сооружений от влияния  
неблагоприятных факторов окружающей среды».**

**21–22 марта  
2007 г.**

**Организаторы:**  
Федеральное агентство по строительству и ЖКХ,  
Российский союз строителей,  
ООО «Завод герметизирующих материалов»

**г. Дзержинск  
Нижегородской обл.**

**Оргкомитет:**  
ООО «Завод герметизирующих материалов»,  
тел./факс: (8313) 275-078, 275-406, 275-295.



В.А. ФОГЕЛЕВ, технический директор, А.В. МЕЛЬНИКОВ, директор,  
НП ОДО «Ламел-777» (Минск, Республика Беларусь)

## Использование оборудования НП ОДО «Ламел-777» в производстве тонкодисперсного мела

Тонкодисперсный мел широко используют в качестве наполнителя для композиционных материалов: при производстве пластмасс, резины, бумаги, кабельной продукции, лакокрасочных материалов, сухих строительных смесей, строительных отделочных материалов и пр.

Несмотря на то что мел является мягким материалом, производство тонкодисперсного мела осложняется высокой агрегируемостью его частиц. При сухой переработке мела это может вызвать залипание технологического оборудования, что затрудняет измельчение и классификацию.

Предприятие НП ОДО «Ламел-777» занимается разработкой технологического оборудования и линий для физико-механической переработки различных дисперсных материалов, в том числе измельчительно-классифицирующего оборудования для производства тонкодисперсного мела.

Первый опыт использования своего оборудования в производстве тонкодисперсного мела НП ОДО «Ламел-777» приобрело в ОАО «Мелстром» (Белгородская область РФ), где вместо воздушно-центробежного классификатора ЖГ-25 (производства «НИПСИ силикатобетон») в 2001 г. был установлен воздушно-центробежный динамический классификатор КЦД-20. Использование КЦД-20 предусматривает насыпной режим работы – механическую подачу измельченного мела в классификатор. Использование КЦД-20 позволило из измельченного мела выделять до 40–50% высокодисперсного мела типа ВД (остаток на сите 45 мкм менее 0,8%). Модернизация технологической обвязки классификатора, проводимая специалистами обоев предприятий при поддержке и стремлении руководства ОАО «Мелстром» наращивать выпуск тонкодисперсного мела, позволила в настоящий момент производить тонкодисперсный мел приведенных в табл. 1 марок.

Постоянное совершенствование технологической цепочки, режима эксплуатации оборудования и растущий спрос позволили ОАО «Мелстром» наращивать

объем производства высокодисперсного мела. В первом полугодии 2006 г. по сравнению с тем же периодом 2005 г. выпуск мела СТМ и ВД вырос с 48% и 21% до 56% и 25% соответственно и составил 81% в объеме производства мела предприятия [1].

С 2001 по 2006 гг. НП ОДО «Ламел-777» поставило на предприятия России, Украины и Азербайджана 10 воздушно-центробежных классификаторов для производства тонкодисперсного мела, которые в настоящий момент все находятся в эксплуатации. Часть классификаторов была использована в существующих и вновь спроектированных технологических линиях, а часть поставлена НП ОДО «Ламел-777» в составе измельчительно-классифицирующих комплексов. При этом классификаторы производительностью по загрузке от 5 до 15 т/ч устанавливали в контуре с различным измельчительным оборудованием: дезинтеграторами различных производителей, тангенциальной молотковой мельницей. Технологическая обвязка классификаторов и используемое вспомогательное оборудование были выполнены с учетом специфики производств и представляли частично-замкнутые и открытые воздушные контуры, подачу измельченного материала в классификатор в насыпном (механическая) и проходном (в виде аэродисперсного потока) режимах, использование существующего и поставку нового пылеулавливающего и вентиляционного оборудования. Во всех случаях классификаторы обеспечили надежную работу и возможность широкой регулировки крупности продуктов разделения.

Выбор различных технологий был обусловлен не только имеющимся на предприятиях оборудованием, но и качеством перерабатываемого мела. При содержании в меле трудноизмельчаемых кварцсодержащих пород затруднительно получать тонкодисперсный мел в замкнутом контуре измельчения. Поэтому, используя эффект селективного измельчения и как минимум двухстадийную классификацию измельченного мела, из измельчительного контура следует удалять грубый продукт разделения (содержит основную массу кварцсодержащих частиц). При этом происходит обогащение более тонкодисперсного мела.

Примером реализации такого подхода явилась модернизация технологической линии на ЗАО «Новгород-Северский ЗСМ» (Украина). В существующий измельчительно-классифицирующий комплекс, включающий тангенциальную молотковую мельницу со встроенным центробежным классификатором, был установлен классификатор КЦД-5. После встроенного классификатора мельницы средний крупный продукт разделения подавали в классификатор КЦД-5, после которого тонкий продукт разделения поступал в готовый продукт, а крупный выводился из контура измельчения. Дисперсность тонкого продукта разделения после классификатора КЦД-5 легко регулировалась, он характеризовался остатком менее 1% на сите с ячейкой 45 мкм. Суммарный тонкий продукт после двух классификато-

Таблица 1

Показатели	Характеристика дисперсности мела по маркам					
	СТМ-10	СТМ-20	СТМ-40	СТМ-60	СТМ-90	ВД
Остаток на сите (с ячейкой), не более, % № 014 (140 мкм) № 0045 (45 мкм)	0 0,05	0,02 0,1	0,02 0,5	0,15 0,8	0,5 1,5	0,1 0,8
Счетное содержание частиц (%) *						
99%, менее, мкм	6	8	10	11	12	11
90%, менее, мкм	4	5	7	8	7	6,5
50%, менее, мкм	2	3	4	4	4	2,5

\* Анализ крупности выполнен на микроскопическом анализаторе «Микон».

Таблица 2

ров характеризовался остатками менее 0,2%, менее 1% и менее 5% соответственно на ситах 140 мкм, 90 мкм и 45 мкм; его медианный размер составляет менее 3 мкм. Таким образом, было улучшено качество тонкодисперсного мела за счет уменьшения и стабилизации крупности, уменьшения с 3% до 1,5% содержания нерастворимого в HCl остатка и почти вдвое увеличена производительность линии по тонкодисперсному мелу.

На ряде существующих и новых предприятий по производству тонкодисперсных мягких (мел, гипс) материалов отсутствует не только эффективное классифицирующее, но и измельчительное оборудование. Поэтому НП ОДО «Ламел-777» разработало и изготовило дисмембраторы и дезинтеграторы производительностью 5–15 т/ч для переработки неабразивных материалов, которые поставляло заказчикам комплексов и технологий на базе своего основного измельчительно-классифицирующего оборудования. Конструкция дезинтеграторов и дисмембраторов предусматривает подачу измельченного материала в виде аэродисперсного потока непосредственно в центробежный классификатор, что уменьшает количество вспомогательного транспортирующего оборудования и положительно сказывается на эффективности классификации за счет уменьшения процессов агломерации измельченного материала.

В 2006 г. предприятие поставило заказчику и ввело в эксплуатацию два измельчительно-классифицирующих комплекса для производства тонкодисперсного мела, причем один из них с технологией обогащения. Один из комплексов производительностью по загрузке до 10 т/ч включает дезинтегратор ДЗ-10, центробежные классификаторы КЦС-10, КЦД-20, КЦД-5, групповые циклоны СЦН-40-1000×4 и СЦН-40-800×2. Он был поставлен на вновь образованное ООО «ППК «Мелпром». Реализуемая на представленном оборудовании технология переработки мела предусматривает два этапа. На первом осуществляются тонкий помол предварительного высушенного и дробленого мела и две стадии классификации с эффектом обогащения тонких продуктов разделения и получением тонкодисперсного мела требуемой марки. На втором предусматривается дополнительная классификация с целью получения более тонкодисперсного мела и в перспективе реализации процесса гидрофобизации мела. Классифицирующее оборудование второго этапа находится в стадии монтажа, а измельчительно-классифицирующее оборудование первого введено в эксплуатацию.

В технологической линии первого этапа наряду с классификацией происходит обогащение тонких продуктов разделения: среднее содержание в них нерастворимых в HCl остатков составляет:

- в крупном продукте разделения после 1-го классификатора – 1,8%;
- в крупном продукте разделения после 2-го классификатора – 1,5%;
- в тонком продукте разделения после 2-го классификатора – 1,2%.

В настоящий момент ООО «ППК «Мелпром» начало производство мела с приведенной в табл. 2 крупностью.

Второй измельчительно-классифицирующий комплекс производительностью по загрузке до 5 т/ч в составе дезинтегратора ДЗ-5 и центробежного классификатора КЦД-5 совмещен на действующем предприятии ОАО «Сумгаитбытхим» (Азербайджан) с имеющимся необходимым вспомогательным оборудованием. В декабре 2006 г. комплекс введен в эксплуатацию.

При его наладке возникли следующие трудности. Классификатор был установлен в открытый воздушный контур: весь воздушный поток, прошедший через классификатор, групповые циклоны и рукавный фильтр, выбрасывался в атмосферу. Система регенерации существ-

Показатели	Характеристика дисперсности мела по маркам					
	МГНБ-2	МТД-2	ММС-2	М-60	М-40	М-20
Остаток на сите (с ячейкой), не более %						
№ 02 (200 мкм)	0,05	–	–	–	–	–
№ 014 (140 мкм)	–	0,8	0,4	0,15	–	–
№ 0045 (45 мкм)	–	–	–	0,8	0,4	0,1
Массовое содержание частиц (%) *						
99%, менее, мкм	–	–	–	–	40	20
90%, менее, мкм	–	–	–	–	15	10
50%, менее, мкм	–	–	–	–	5	5

\* Анализ крупности выполнен на микроскопическом анализаторе «Micro Sizer 201».

Таблица 3

Параметры	ДМ-5	ДМ-10	ДЗ-5	ДЗ-10
Производительность, т/ч	5	10–15	5	10–15
Крупность исходного материала, мм	0–5	0–5	0–5	0–5(10)
Установленная мощность, кВт	45–55	55–75	45–55×2	90–132×2
Габариты (длина×ширина×высота), м	2,2×1,3×1,3	2,4×1,7×1,6	2,7×1,7×1,3	3,9×2,4×1,6
Масса, кг	1500	2500	2000	4700

Таблица 4

Параметры	КЦС-1	КЦС-5	КЦС-10	КЦС-20
Производительность, т/ч	1	5	10–12	20
Граничная крупность разделения, мкм	60–200	60–200	70–200	90–200
Расход воздуха, м³/ч	1800	7000	15000	26000
Габариты (длина×ширина×высота), м	1×1×2,5	1,3×1,3×3,5	2×2×5	2,4×2,4×6,7
Масса, кг	500	1000	2000	2500

ующего рукавного фильтра не справлялась с газопылевой нагрузкой, это приводило к забиванию фильтровальных рукавов, росту аэродинамического сопротивления воздушного контура, падению расхода воздуха через классификатор, и в результате снижалась производительность и ухудшалось качество работы. Приходилось эксплуатировать линию с меньшей производительностью или несколько раз в смену останавливать ее для очистки рукавов; это снижало рентабельность линии и нарушало стабильность качества классифицированного мела. Поэтому с целью снижения газопылевой нагрузки на рукавный фильтр было принято решение о переходе с открытого воздушного контура на частично замкнутый, т. е. часть воздушного потока после технологического вентилятора возвращать в классификатор, а часть через рукавный фильтр сбрасывать в атмосферу. Кроме того, принято решение о модернизации или замене рукавного фильтра. Для обеспечения удовлетворительной очистки фильтровальных рукавов конструкция фильтра должна как минимум обеспечивать эффективную ударную пневматическую, а не механическую регенерацию. В настоящее время эти мероприятия реализуются.

Опыт эксплуатации воздушных классификаторов различных конструкций показывает, что эффективная работа воздушных классификаторов невозможна без

Таблица 5

Параметры	КЦД-1	КЦД-2	КЦД-5	КЦД-10	КЦД-20	КЦД-25
Производительность, т/ч	1	2	5	10	20	25
Установленная мощность, кВт	1,1–2,2	3	3–7,5	7,5–15	7,5–15	15–18,5
Граничная крупность разделения, мкм	3–70	3–70	5–100	7–100	7–100	10–100
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	1100	2200	5500	10000	18000	27000
Габариты (длина×ширина×высота), м	0,8×0,7×1,5	0,8×0,7×1,7	1,6×1×2,3	2,2×1,4×2,7	2,0×1,5×3,5	3,4×2,1×3,1
Масса, кг	300	370	750	1200	1500	2200

правильного выбора параметров вспомогательного оборудования и конфигурации воздушного контура, обеспечивающих требуемые воздушные потоки через классификатор, эффективную систему пылеосаждения тонкого продукта разделения, герметичную эвакуацию продуктов разделения из технологического контура, надежно работающий воздушный фильтр. Поэтому перед поставкой воздушных классификаторов необходимо обязательное согласование конфигурации воздушного контура и параметров существующего вспомогательного оборудования, рекомендуются требуемые параметры нового вспомогательного оборудования, которое собирается приобретать заказчик.

Ниже приведены основные технологические параметры дезинтеграторов ДЗ и дисмембраторов ДМ (табл. 3), воздушно-центробежных статических КЦС и динамических КЦД классификаторов, (табл. 4 и 5 соответственно), т. е. параметры измельчительно-классифицирующего оборудования НП ОДО «Ламел-777», которое может быть использовано в производстве тонкодисперсных материалов, в частности мела, гипса, извести и др.

Все представленное в табл. 3–5 оборудование изготавливается по технической документации, разработанной НП ОДО «Ламел-777», и имеет свои конструктивные и технологические особенности. Конструкция динамических классификаторов КЦД защищена действующими патентами Республики Беларусь и РФ.

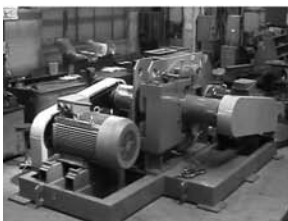
В настоящий момент наше предприятие ведет работы по поиску партнеров, разрабатывающих и изготавливающих эффективное сушильное оборудование, с целью комплексной разработки технологических линий и поставки оборудования для производства тонкодисперсных карбонатных наполнителей.

Накопленный опыт предприятия по разработке технологий и оборудования позволяет предлагать свои услуги для комплексного решения различных технологических задач по переработке дисперсных материалов с использованием как собственного, так и традиционного измельчительно-классифицирующего оборудования.

#### Литература

1. ОАО «Мелстром» // Хим-Курьер. 2006. №18(217). С. 70–71.

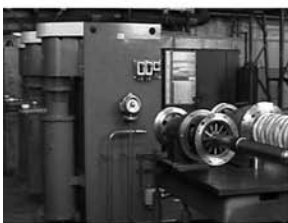
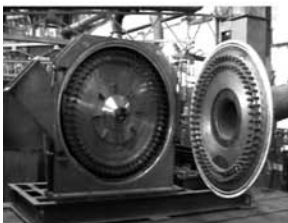
### ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНО-КЛАССИФИЦИРУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ



- для производства тонкодисперсных материалов
- для переработки отсевов
- для переработки техногенных отходов
- для воздушной классификации
- для пневматического обогащения рудных и нерудных материалов

- дезинтеграторы
- дисмембраторы
- виброцентробежные мельницы
- центробежно-ударные дробилки
- воздушно-центробежные классификаторы
- каскадно-гравитационные многопродуктовые классификаторы
- циклоны, рукавные фильтры

- мел
- гипс
- мрамор
- доломит
- шунгит
- волластонит
- вермикулит
- гематит
- песок
- отсева дробильно-сортировочных производств
- техногенные отходы и др.



- для тонкого и сверхтонкого измельчения, диспергирования, смешения различных суспензий

- бисерные мельницы
- погружные бисерные мельницы
- диссольтверы
- смесители

- лакокрасочные материалы
- пасты
- пестициды
- пищевые суспензии



### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СУСПЕНЗИЙ

**НП ОДО «Ламел-777»**

Республика Беларусь, г. Минск

Тел./факс: (+375 17) 286-17-64, 286-17-63

<http://lamel-777.narod.ru> E-mail: lamel777@mail.ru



Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, д-р техн. наук, А.В. ЛОГИНОВ, канд. техн. наук, Д.Б. ТРОШЕНКО, инженер, Воронежская государственная технологическая академия; В.П. ДОБРОСОЦКИЙ, Г.В. КОЛЬЦОВ, И.Н. ДУТОВ, инженеры, ПКФ «Воронежский керамический завод»; С.В. ЭНТИН, канд. техн. наук, Д.А. ЕРМОЛЫЧЕВ, С.Л. КАБАРГИН, инженеры, ОАО «Семилукский огнеупорный завод»; Б.Г. КОЛБЕШКИН, М.Н. КУЗНЕЦОВА, О.В. МИТЮКОВА, инженеры, ОАО «РЖД» Воронежский вагоноремонтный завод им. Тельмана

## Оценка надежности и долговечности зернистых фильтров при пылеулавливании в производстве строительных материалов

Надежность и долговечность газоочистного оборудования, в частности зернистых фильтров, позволяют прогнозировать эффективность и безотказность пылеуловителей [1–3].

Надежность – комплексное свойство работы зернистого фильтра характеризуется безотказной наработкой, ремонтпригодностью, сохраняемостью.

Безотказность – свойство фильтра непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Наработка – временное понятие, служащее для количественной оценки надежности фильтра и характеризующее продолжительность или объем его работы, измеряют в часах или в циклах фильтрования.

Ремонтпригодность – свойство фильтра, состоящее в приспособленности конструкции к предупреждению и обнаружению предотказовых состояний, отказов и повреждений, поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость – свойство фильтра сохранять безотказность, долговечность и ремонтпригодность в течение хранения и транспортировки.

Долговечность – свойство фильтра сохранять свое работоспособное состояние до предельного состояния, определяемого эксплуатационными параметрами технологического процесса.

Показатели надежности приведены ниже.

Свойство	Показатель
Долговечность	Средний срок службы до капитального ремонта $T_{сл.р.}$ , годы
Ремонтпригодность	Средняя продолжительность восстановления $T_{в.}$ , ч Удельная трудоемкость технического обслуживания $S_{уд.}$ , чел.-ч/ч
Надежность	Коэффициент готовности $K_r$
Безотказность	Средняя наработка на отказ $T_o$ , ч

Коэффициент  $K_r$  определяют по формуле:

$$K_r \geq (\Theta_T - \Theta_{ост}) / (\Theta_{max} - \Theta_{ост}), \quad (1)$$

где  $\Theta_T$  – требуемая средняя эксплуатационная степень очистки, не превышающая заданный ПДВ;  $\Theta_{ост}$  – средняя остаточная степень очистки при возникновении отказов;  $\Theta_{max}$  – максимальная паспортная степень очистки при полностью исправном фильтре.

Требуемое значение  $T_o$  определяют из соотношения:

$$T_o \geq K_r T_{в.} / (1 - K_r). \quad (2)$$

В свою очередь:

$$T_{в.} = T_{он} + T_{пн} + T_{ор}, \quad (3)$$

где  $T_{он}$  – средняя продолжительность обнаружения неисправности;  $T_{пн}$  – средняя продолжительность поиска неисправности;  $T_{ор}$  – средняя продолжительность ремонта.

Значения  $T_{он}$ ,  $T_{пн}$  и  $T_{ор}$  устанавливают в ходе испытаний фильтра на ремонтпригодность или сбора и обработки информации о надежности фильтра согласно РД-21-0283122-8–87 «Система сбора и обработки информации о надежности пылегазоулавливающего оборудования».

Средний срок службы до капитального ремонта устанавливают кратным среднему сроку службы до капитального ремонта основного технологического оборудования, причем он не должен быть меньше максимального срока службы до капитального ремонта технологического оборудования, совместно с которым эксплуатируется фильтр.

В качестве ориентировочных ниже приведены показатели надежности для зернистых фильтров:  $K_r \geq 0,99$ ;  $T_o \geq 1500$  ч;  $T_{в.} \leq 8$  ч;  $T_{ср.р.} \geq 4$  годам.

В последнее время все большее распространение получает такой обобщенный показатель, как коэффициент сохранения эффективности  $K_3$ , равный отношению реальной эффективности  $\Theta$  к расчетной  $\Theta_p$ :

$$K_3 = \Theta / \Theta_p. \quad (4)$$

При этом  $\Theta_p$  не зависит от характера надежности и определяется только основными техническими параметрами системы. Значение пылеулавливания  $\Theta$  рассчитывают по формуле [1]:

$$\Theta = K_r P_o \eta_l \Theta_p, \quad (5)$$

где  $P_o$  – условная вероятность безотказного функционирования;  $\eta_l$  – показатель ухудшения основных технических данных фильтра в процессе эксплуатации по сравнению с расчетными к моменту оценки.

Особый интерес представляет методика [4] расчета надежности на стадиях конструкторской разработки и технологического проектирования систем пылеулавливания. В ней содержится контрольный пример расчета надежности роторного зернистого фильтра ФЗРИ-100. Фильтр состоит из семи блоков, являющихся элементами расчета надежности: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – система регенерации; 4 – роликовые опоры из двух элементов; 5 – стойка из двух элементов; 6 – система пыле-



Показатели надежности блоков фильтра ФЗРИ-100 с учетом условий обслуживания

Блок	Длительность, ч		Средняя продолжительность работы аппарата в состоянии ожидания восстановления, ч	Годовая потребность в элементах, ед.			Общая годовая трудоемкость ремонтов, чел.-ч.
	диагностических осмотров	профилактических ремонтов		для восстановления	для планового ремонта	для текущих ремонтов	
1	77000	77000	0	0,02	0,02	0	34,94
2	100	35000	44,1	0,05	0	0,05	16574,45
3	7000	35000	2243,6	0,06	0,01	0,05	528,87
4	7000	35000	0	0,16	0,16	0	57,66
5	2000	3500	0	17,34	9,78	7,56	340,69
6	7000	21000	0	0,48	0,37	0,11	40,84
7	7000	77000	0	0,08	0,01	0,07	503,01

уборки; 7 – привод. Расчет безотказности этих блоков позволил получить их показатели надежности с учетом условий обслуживания (см. таблицу).

Полученные показатели надежности вполне достаточны для разработки системы автоматического управления движением ротора зернистого фильтра [5]. Единичные и комплексные показатели надежности этого фильтра приведены ниже:

Средняя наработка на отказ, ч	
аварийный	3141,6
частичный	284,9
Средняя продолжительность восстановления, ч	134,6
Коэффициент использования	
заданный планируемым применением	0,8
достижимый	0,983
технического использования	0,488
неэффективного	0,01
Коэффициент сохранения эффективности	0,478
то же за плановый период применения	0,597
то же в работоспособном состоянии	0,979
Годовой аварийный простой, ч	2186,4
Плановая годовая деятельность применения фильтра, ч	7008

Предлагаемая методика использована при прогнозировании работы пылеулавливающих устройств в асфальтосмесительном оборудовании.

В этом случае, как показали эксперименты, установка для пылеулавливания должна состоять из двух ступеней. Первая ступень содержит группу циклонов с непрерывным принудительным удалением пыли из бункеров и направлением ее в технологический цикл; вторая ступень – зернистый фильтр с параллельно работающими секциями, вертикальным расположением зернистого слоя и не-

прерывным удалением загрязненного фильтрующего материала из аппарата в технологический процесс. В качестве зернистого слоя целесообразно применить песок или гравий с диаметром зерен (3–5)·10<sup>-3</sup> м, толщиной слоя 0,06–0,15 м при удельной газовой нагрузке 1000–1800 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч). Перепад давлений, лимитируемый тяговыми возможностями дымососа, не должен превышать 2,45 КПа. На установке необходимо предусмотреть регулировку скорости вертикального перемещения слоя (от 10 до 40 мм/мин) в зависимости от массовой концентрации пыли на входе и обогрев аппаратов и коммуникаций во избежание десорбции влаги из уловленной пыли.

#### Список литературы

1. Дуров В.В. Проблема надежности пылеулавливающего оборудования // Цемент. 1985. № 9. С. 4–5, 16.
2. Дуров В.В., Доценко А.А., Чартий П.В. Задача автоматизированного исследования эксплуатационной надежности пылеулавливающего оборудования // Тр. НИПИОТСТРОМ. Новороссийск. 1987. С. 3–7.
3. Дуров В.В., Доценко А.А., Чартий П.В. Метод автоматического исследования эксплуатационной надежности пылеулавливающего оборудования // Тезисы докл. VI Всесоюзного совещ. «Техническая диагностика». Ростов н/Д. 1987. С. 185.
4. Система вариантного проектирования газоочистных установок промышленности строительных материалов: Методика анализа проектной надежности РД-21-0283123-1–87. Новороссийск. 1988. 75 с.
5. Добробаба Ю.П., Нестеров А.В., Дуров В.В. и др. Система автоматического управления движением зернистого фильтра: Аналитич. обзор. НПО «СОЮЗСТРОМЭКОЛОГИЯ». 1990. 66 с.

• Международная инженерная академия • Академия строительства Украины  
• Луганский национальный аграрный университет

## 2-я Международная научно-техническая конференция «Математические модели процессов в строительстве» (железобетонные конструкции и материалы)

29–30 марта 2007 г., Луганск, Украина

#### Секции:

- математическое моделирование процессов деформации и разрушения железобетонных конструкций и сооружений;
- компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния конструкций;
- экспериментально-статистические модели и оптимизация композитов;
- математические модели долговечности бетона и железобетона;
- математическое моделирование технологических процессов;
- физико-химические процессы в строительном материаловедении

Секретарь конференции: Светлана Ивановна Левадная. Тел. +380 (642) 95-75-18, +380 (50) 367-51-79, факс +380 (642) 96-71-13 e-mail: matveeva@lnau.lg.ua

А.Д. КОРНЕЕВ, д-р техн. наук, В.Я. ГУБАРЕВ, канд. техн. наук, Д.С. СИНЕЛЬНИКОВ, В.Г. СОЛОВЬЕВ, инженеры, Липецкий государственный технический университет

## Экспериментальные исследования тепловлажностной обработки бетона продуктами сгорания природного газа

Тепловая обработка играет важную роль в производстве многих строительных материалов. Основным теплоносителем в технологическом процессе тепловлажностной обработки (ТВО) строительных материалов в настоящее время является насыщенный водяной пар. Технический уровень его использования достаточно низок, а удельные расходы на производство велики. Поэтому важным является совершенствование систем и оборудования, использующих водяной пар для тепловой обработки изделий, либо переход на беспаровые методы тепловой обработки.

Способ тепловой обработки продуктами сгорания природного газа имеет определенные преимущества перед традиционными паровыми, такие как отказ от громоздкого парового хозяйства и снижение теплотребления в 2–3 раза, однако одновременно требует решения вопроса обеспечения достаточного содержания влаги в твердеющем бетоне. Уровень относительной влажности газообразных продуктов сгорания, поступающих в камеру тепловой обработки, не превышает 10–15% при температуре 100°C. Указанные значения параметров среды твердения приводят к быстрому обезвоживанию бетона и, следовательно, к трещинообразованию. Для поддержания необходимых требований к влажности среды при беспаровом способе тепловой обработки необходимо использовать дополнительные доувлажняющие устройства.

За основу разработки экспериментальной камеры тепловой обработки бетона продуктами сгорания природного газа была взята стандартная лабораторная безнапорная пропарочная камера с электронагревателя-

ми. Экспериментальная камера отличалась от своего аналога установкой вместо ТЭНов газовой горелки и резервуара с открытой водной поверхностью, расположенной над ней.

Для экспериментального сравнения прочностных характеристик бетона в традиционной пропарочной камере и камере тепловой обработки продуктами сгорания природного газа были изготовлены 54 образца бетона марки М300 и размером 100×100×100 мм и выбран пятичасовой общий цикл тепловлажностной обработки для двух камер, соответствующий следующим режимам: 5 ч = (0,5)+1,5+2+1: где 0,5 ч – предварительная выдержка в окружающей среде; 1,5 ч – подъем температуры среды камеры до 85°C; 2 ч – изотермический прогрев и 1 ч – охлаждение.

Рассмотрим отличительные характеристики при тепловлажностной обработке бетона в безнапорной пропарочной камере и камере тепловой обработки продуктами сгорания природного газа. На рис. 1–3 приведены соответственно изменение температуры среды, температуры на поверхности бетона и влажности в двух экспериментальных камерах.

Из анализа кривых температуры среды (рис. 1) отчетливо видно, что в камере тепловой обработки продуктами сгорания природного газа температура среды в период подъема заметно опережает температуру в безнапорной пропарочной камере. В безнапорной пропарочной камере необходимо большее время для начала парообразования, заполнения свободного пространства камеры паром и плавного подъема температуры.

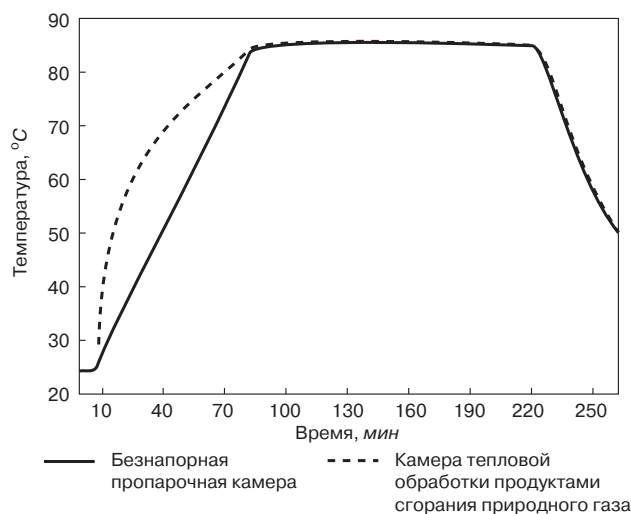


Рис. 1. Изменение температуры среды в камере при 5-часовой тепловой обработке в двух экспериментальных камерах

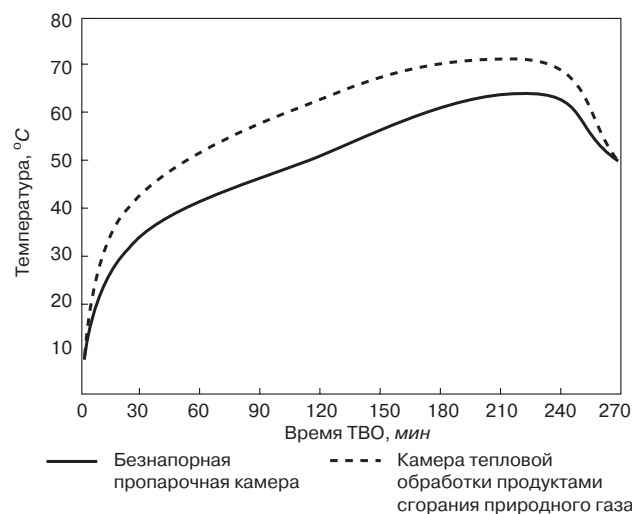


Рис. 2. Изменение температуры поверхности бетона при 5-часовой тепловой обработке в двух экспериментальных камерах

Температура поверхности бетона (рис. 2) при одинаковой температуре изотермического выдерживания 85°C в камере тепловой обработки продуктами сгорания природного газа достигает 72°C, в безнапорной пропарочной камере максимальное значение температуры составляет около 64°C. Это можно объяснить тем, что пространство безнапорной пропарочной камеры заполнено насыщенным паром, который покрывает образцы бетона толстой пленкой конденсата и препятствует более полному массо- и теплообмену между средой и образцами бетона. В свою очередь, камера тепловой обработки продуктами сгорания природного газа заполнена парогазовой смесью с влажностью около 55% в период подъема температуры и позволяет лучше прогреть бетон; в период изотермического выдерживания влажность в камере составляет порядка 90–95%. Из-за оптимальной влажности среды в камере тепловой обработки продуктами сгорания природного газа образцы бетона забирают столько влаги, сколько им требуется и когда требуется, поэтому пленка конденсата на образцах минимальна, что позволяет при температуре среды 85°C поднять температуру поверхности бетона до больших значений и, следовательно, увеличить температуру всего образца бетона. Высокая температура образца бетона при одинаковой температуре среды приводит к увеличению скорости гидратации цемента и к скорости твердения бетона.

По кривым влажности (рис. 3) видно, что в безнапорной пропарочной камере в период подъема температуры влажность среды в среднем составляет 85%. Данный факт является причиной значительного перерасхода пара и тепловой энергии при ТВО бетона. Электрические ТЭНы являются тем инструментом, которые за достаточно короткое время заполняют пространство камеры насыщенным паром, являясь аналогом традиционных пропарочных камер, поэтому уже в конце периода нагрева температуры среды до 85°C влажность достигает 100%. В камере тепловой обработки продуктами сгорания природного газа влажность парогазовой среды никогда не достигает 100%.

В ВСН 2-93-77 «Инструкция по тепловой обработке изделий из бетонов в продуктах сгорания природного газа» отмечено, что оптимальными режимами тепловой обработки тяжелых, мелкозернистых и конструкционных легких бетонов являются комбинированные режимы с переменной относительной влажностью среды, заключающиеся в подъеме температуры среды продуктов сгорания природного газа с относительной влажностью 20–60% с последующим их увлажнением на стадии изотермического прогрева до 80–100%.

В экспериментальной камере тепловой обработки продуктами сгорания природного газа за счет использования резервуара с открытой водной поверхностью, расположенной над горелками, удалось отдельно регулировать влажность и температуру среды при ТВО. В период подъема температуры среды влажность составила около 55%, этого оказалось достаточно, так как величина влаги в образцах к началу тепловлажностной обработки определяется количеством воды затворения, исходным объемом межзерновых пор, величиной водоотделения цемента и затратами воды на гидратацию цемента. К периоду изотермического выдерживания влажность среды уже составляет 90–95%.

Прочностные данные образцов бетона, полученные в двух камерах тепловлажностной обработки после 0,5, 4 и 12-часового выдерживания, приведены на рис. 4.

В результате проведения опытов в экспериментальных тепловых камерах оказалось, что прочностные свойства бетона в камере тепловой обработки продуктами сгорания природного газа на 15–20% выше, чем в безнапорной пропарочной камере, которая, в свою

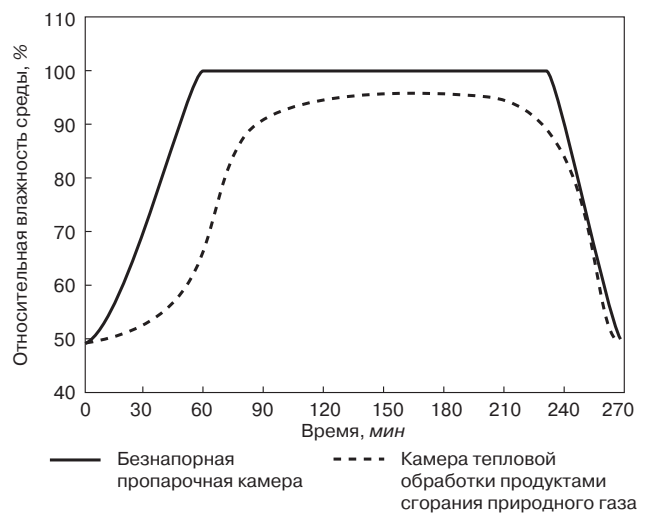


Рис. 3. Изменение влажности среды в камере при 5-часовой тепловой обработке в двух экспериментальных камерах

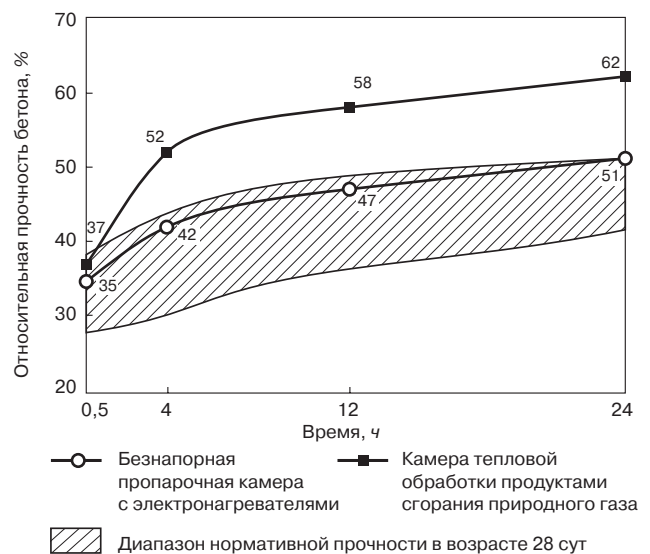


Рис. 4. Нарастание прочности бетона в камере после тепловлажностной обработки в двух экспериментальных камерах

очередь, эффективнее традиционных. В то же время при сравнении прочностных характеристик образцов бетона, полученных в экспериментальных камерах, с нормативными данными для 5-часовой тепловлажностной обработки оказалось, что прочность образцов бетона в безнапорной пропарочной камере соответствует нормативным границам прочности, а в камере тепловой обработки продуктами сгорания природного газа оказалась выше.

Результаты проведенной 5-часовой обработки бетона продуктами сгорания природного газа в экспериментальной камере показали, что полученная прочность бетона соответствует 7-часовому циклу обработки бетона в традиционных пропарочных камерах.

Таким образом, производство бетона в камерах тепловой обработки продуктами сгорания природного топлива выгодно не только с энергетической точки зрения, но и с технической, так как прочностные свойства образцов бетона в камере тепловой обработки продуктами сгорания имеют более высокие показатели по сравнению с традиционными пропарочными камерами.

В.П. ЛУЗИН, канд. геол.-мин. наук, Л.П. ЛУЗИНА, вед. инженер, Б.Ф. ГОРБАЧЕВ, канд. геол.-мин. наук, ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» (Казань); Д.В. ПЛУГИН, зам. руководителя Регионального агентства по недропользованию по Приволжскому ФО; А.В. СЕМЕХИН, ген. директор, А.А. ШИЛЬНИКОВ, гл. геолог, А.С. ЛИСОВ, вед. геолог, Ю.В. КИНАШ, нач. партии ОАО «Компания вотемиро» (Оренбург)

## Комплексное использование слюдяных руд Саздинского проявления в Оренбургской области

**Описание месторождения.** Саздинское проявление слюд в Оренбургской области, открытое в 2000 г., является одним из крупнейших в России и при освоении может стать основной сырьевой базой слюдодобывающей промышленности. Общая площадь проявления составляет примерно 9,7 км<sup>2</sup>, его протяженность 6,4 км, ширина от 1,1 до 1,9 км. Установлено пять пластообразных залежей полезного ископаемого, максимальные размеры залежей по простиранию от 1,2 до 3 км. Максимальная горизонтальная мощность от 110 до 900 м. Залегание пологое. Слюда данного месторождения природно-диспергированная, высокого качества, пригодна к применению без дополнительного измельчения.

Среднее содержание мусковита составляет от 15 до 19,7%. Характерным обликом мусковита являются таблитчатые, пластинчатые и чешуйчатые агрегаты светло-серого, беловато-серого, серебристого, кремового, бежевого, желтоватого цвета. В проходящем свете слюда бесцветна или имеет сероватый оттенок, прозрачна в тонких пластинках и полупрозрачна в толстых таблитчатых агрегатах. Массовая доля компонентов слюды в %: SiO<sub>2</sub> – 48,21, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 30,21, TiO<sub>2</sub> – 0,91, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,89, MnO – 0,04, CaO – 0,11, MgO – 1,36, Na<sub>2</sub>O – 0,45, K<sub>2</sub>O – 7,5, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,11, ППП – 6,3. Искусственных радионуклидов в составе мусковита не обнаружено, он может быть использован во всех видах строительства без ограничений. Кристаллы мусковита не превышают 15 мм.

Ресурсы слюды, подсчитанные по категориям P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub> и до глубины прогноза 30 м, составляют 11,25 млн т, их отработка возможна открытым способом.

Для руд Саздинского объекта могут применяться следующие способы обогащения: по форме частиц, флотация, электромагнитная сепарация. Доля обогащенной слюды методом флотации может составить 89%, электромагнитной сепарацией – около 10%, а по форме частиц – до 1%. Комбинированная схема переработки руды позволяет достичь извлечения мусковита в концентрат до 85–95%, получить из 1 т руды слюдяные продукты в количестве 170–190 кг с содержанием мусковита не менее 90%, обеспечить степень обогащения до 4,9, степень сокращения около 6. По способности к обогащению саздинские мусковитовые руды являются легкообогатимыми и относятся к одному технологическому типу. Производство концентратов из природно-диспергированной мелкозернистой слюды обходится в десятки раз дешевле, чем производство техногенной мелкозернистой слюды, получаемой путем дробления и помола техногенного продукта – отходов, получаемых на горнообогатительных предприятиях при обработке забойного сырца (крупнокристаллической слюды) до промышленного или обогащенного сырца, а также при обработке крупнокристаллической слюды на фабриках (рудничных и фабричных скрап).

**Комплексное применение основного полезного ископаемого.** Получаемые при обогащении мусковитовые концентраты отвечают мелкозернистой слюде промышлен-

ного типа «слюда дробленая» – чешуйки размером в перечнике от 0,16 до 15 мм, и типа «слюда молотая» – порошкообразный продукт с размером частиц в перечнике меньше 0,315 мм (ГОСТ 10698–80 «Слюда. Типы, марки и основные параметры»). Возможные направления применения слюды: изоляция магистральных трубопроводов; производство буровых растворов, бетонов, сварочных электродов, химически устойчивых, водостойких, жаро- и морозостойких покрытий, кровельных, противопожарных, электроизоляционных материалов, строительных растворов, наполнителей для пластмасс, линолеума, лакокрасочных материалов и т. д.

Выявленные прогнозные ресурсы позволяют обеспечить экономическую эффективность строительства нового горно-обогатительного предприятия с производительностью по руде 300 тыс. т в год и производством 50 тыс. т мусковитового концентрата. Срок обеспечения рудой свыше 100 лет. Цена за 1 т мелкозернистой слюды на мировом рынке составляет от 200 до 430 USD/т. Для открытия нового горно-обогатительного предприятия необходимо провести оценочные работы по переводу прогнозных ресурсов в запасы категорий C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub>.

### Комплексное использование попутных компонентов.

Кроме основного полезного ископаемого в слюдяных рудах содержатся кварц, каолинит и монтмориллонит, которые имеют промышленный интерес. Применение безотходной технологии переработки руд дает возможность производить различные концентраты.

**Кварцевые концентраты** фракции –15+0,05 мм получают как отходы в технологическом процессе обогащения мусковит-кварц-каолиновых или мусковит-кварц-монтмориллонитовых руд и дополнительных затрат на производство не требуют. Представлены они в основном зернистым кварцем дымчато-серой окраски. Модуль крупности 1,86.

**Каолиновые концентраты** фракции –0,05+0,0 мм представляют собой отходы флотационного обогащения руд мусковит-кварц-каолинового состава. Черепок, изготовленный из техногенного каолина при температуре спекания 1350°C, имеет остеклованную структуру. Макро- и микроскопические трещины отсутствуют.

**Монтмориллонитовые концентраты** фракции –0,05+0,0 мм также представляют собой отходы флотационного обогащения мусковита и не требуют целенаправленных затрат на производство. Полученные продукты имеют белую или желтовато-белую окраску. Их используют главным образом в нефтяной промышленности. Плитки, отформованные из монтмориллонитового продукта при температуре обжига 1350°C, приобрели стекловатую структуру и высокую прочность. Макро- и микроскопические трещины в черепке отсутствуют.

Стоимость попутных компонентов составляет около 82% от стоимости извлекаемого основного компонента – мусковита. Приведенные данные показывают, что Саздинское месторождение слюдяных руд перспективно для разработки и комплексного освоения.



# Экспоцентр: итоги и перспективы

12 января 2007 г. в Центральном выставочном комплексе Экспоцентр состоялась пресс-конференция, на которой были подведены итоги деятельности за 2006 г. и представлены планы работы на 2007 г.

Экспоцентр многие годы является лидером среди выставочных организаций России и стран СНГ. Этот факт еще раз подтвердили итоги деятельности за 2006 г. Всего было проведено 94 выставочных мероприятия, совокупная выставочная и конгрессная площадь которых составила 665 тыс. м<sup>2</sup>. Наряду с известными выставочными мероприятиями появилось около 15 новых проектов. Новый импульс получила конгрессная деятельность.

Из 94 выставочных мероприятий 28 составляли собственную выставочную программу Экспоцентра, остальные – гостевые выставки, проводимые российскими и зарубежными операторами. В выставках приняли участие 26,6 тыс. экспонентов из 107 стран мира.

Сумма общего объема реализации выполненных работ и услуг составила 3,5 млрд р., что еще раз подтвердило статус Экспоцентра как одного из крупнейших налогоплательщиков Москвы в сфере оказания услуг.

При формировании собственной выставочной программы Экспоцентра учитывались приоритетные национальные проекты, нужды отечественной экономики, мнения министерств и ведомств. Хорошие результаты показали выставки «Продэкспо» и «Мебель», входящие в число крупнейших европейских смотров. Значительно выросли в сравнении с 2005 г. выставки «Электро», «Мир стекла», «Нефтегаз», «Мир детства», «Агропродмаш», «Международный салон очковой оптики», «Склад, транспорт, логистика», «Обувь. Мир кожи». Рекордный рост продемонстрировала выставка «Металлообработка», выставочные площади которой увеличились почти на 7 тыс. м<sup>2</sup> (на 27%), и на 20% возросло число участников.

Выставки Экспоцентра нацелены на содействие решению государственной задачи перевода российской экономики на инновационный путь развития. Впервые в 2006 г. организован смотр «Фотоника». Выбор тематики связан с тем, что в России сложилась одна из сильнейших мировых научных школ в области оптики и лазерной теории. Выставка дала хорошие результаты, и этот проект будет продолжен в 2007 г.

Кроме того, в минувшем году стартовали еще две новые выставки – «Весенний мебельный салон-2006» и «Международная химическая ассамблея – ICA-2006», которая дополнила традиционную выставку «Химия», проводимую Экспоцентром один раз в два года.

В 2007 г. Экспоцентр планирует ряд крупных выставочных проектов. Это уникальный форум «5pEXPO», который соберет крупнейших выставочных операторов со всего мира; выставка «Электронное управление финансами «E-FINANCE RUSSIA» и др.

Не менее успешно Экспоцентр продолжил работу по организации российских экспозиций за рубежом, например в рамках Российской национальной выставки в Пекине, приуроченной к Году Российской Федерации в Китайской Народной Республике: была развернута экспозиция «Российская наука сегодня», которая получила самую высокую оценку.

Более 400 конгрессных мероприятий, в том числе 113 вневыставочных, проведено в Экспоцентре в 2006 г.: конференция «Электроэнергетика России», 4-й Российский нефтегазовый конгресс, Германо-Российская конференция по медицине, международные конференции «Кредит-Россия 2006», «Торговые центры», «Сетевые бренды» и др.

В октябре 2006 г. на заседании 45-й Генеральной ассамблеи Международной ассоциации конгрессов и конференций (ICCA) Экспоцентр был принят в эту организацию.

В прошедшем году Экспоцентр принимал активное участие в деятельности Всемирной ассоциации выставочной индустрии UFI и Российского союза выставок и ярмарок. По инициативе Экспоцентра в России впервые состоялся очередной 72-й Конгресс UFI. В ноябре 2006 г. на заседании UFI в Пекине выставкам Экспоцентра «Реклама» и «Московский салон очковой оптики» присвоены знаки UFI. Теперь 17 выставок Экспоцентра удостоены этого почетного знака.

Знаменательным событием прошедшего года стало введение в строй еще одного выставочного павильона (№ 8). Его площадь составляет более 20 тыс. м<sup>2</sup>, из них 12 тыс. м<sup>2</sup> выставочные. По своим техническим параметрам он удовлетворяет самым передовым требованиям выставочной индустрии и станет узловым, связав между собой пять павильонов комплекса.

Увеличение выставочных площадей мирового уровня, расширение выставочной тематики и конгрессной деятельности позволят ЦВК Экспоцентр и дальше сохранять лидирующие позиции в своей области, способствуя развитию промышленности и торговли в России.

*С.Ю. Горегляд*



# Российская неделя сухих - дальнейшее



Ю.В. Пухаренко (СПбГАСУ)



В.И. Коломиец (ДальНИИИСМ)



Теплоизоляционные материалы компании УРСА Евразия в системе навесных фасадов ДИАТ на демонстрационном стенде



Фильтры с картриджными фильтрующими элементами представила на стенде ТПК «Лимпекс»

21–23 ноября 2006 г. АНТЦ «АЛИТ» при поддержке Федерального агентства по строительству и ЖКХ, Правительства Москвы и Правительства Московской области провел в Москве Российскую неделю сухих строительных смесей.

Российская неделя сухих строительных смесей включает комплекс мероприятий, тематика которых связана не только с производством и применением ССС, но и с технологиями бетонов и ведением строительных работ. Это ставшие уже традиционными 8-я Международная научно-техническая конференция «Современные технологии сухих смесей в строительстве MixBUILD» и 7-я специализированная выставка «Сухие смеси. Бетоны. Растворы EXROMix», 3-й Московский фестиваль строительных технологий «Отделка зданий и сооружений ТехноСтрой», 3-и научные чтения по цементу «Современный цементный завод», 2-я Международная специализированная выставка «Бетонные заводы, оборудование, опалубка ConTech».

Всего в выставках приняли участие 100 фирм, которые представляли Россию (64 экспонента), СНГ и страны Западной Европы и Азии. По сравнению с 2005 г. выставочная площадь увеличилась на 42,6%, а общее количество компаний-участниц возросло на 35%. Удельный вес иностранных экспонентов увеличился на 10%.

Расширение тематики мероприятия внесло качественные изменения как в состав, так и в число участников выставки. Значительно увеличилось число посетителей мероприятия, которые могли познакомиться с оборудованием и технологиями для ССС, различными видами технологий и оборудования для производства бетонов и растворов, химическим и минеральным сырьем.

На заседаниях 8-й Международной научно-технической конференции «Современные технологии сухих смесей в строительстве MixBUILD-2006» было представлено 26 докладов по технологиям ССС, растворов и бетонов. Одной из наиболее популярных тем в последнее время стали нанотехнологии, наноматериалы, наноструктуры в различных областях промышленности. Наука промышленности строительных материалов также пытается быть сопричастной к этому явлению. Д-р техн. наук Ю.В. Пухаренко (СПбГАСУ) в докладе привел теоретическое обоснование и результаты экспериментальных исследований эффективности использования фуллереноидных наноструктур для модификации цементных композитов.

Теплоизоляционные сухие смеси находят все более широкое применение в малоэтажном строительстве в качестве наружной штукатурки стеновых ограждающих конструкций из газо- и керамзитобетонных блоков. Исследования инженера Н.В. Шириной и канд. техн. наук Л.Х. Загороднюк (БГТУ) касались подбора составов сухих смесей для штукатурных работ на основе вспученного перлитового песка. С помощью метода математического планирования проведена оптимизация составляющих штукатурных растворов и предложен наиболее эффективный состав ССС.

Новый формат выступления организовала на конференции компания «МетаПро» (Москва). Выступление технического директора компании «МетаПро» С.А. Захарова было посвящено основным возможностям применения высокоактивного метаксаолина в бетонах. Рассмотрена роль извести в составе бетонов и способы снижения ее активности с помощью пуццолановых добавок, среди которых особенно эффективны микрокремнезем и метаксаолин. После доклада состоялась дискуссия по применению высокоактивного метаксаолина при производстве ССС, в ходе которой выявился значительный интерес специалистов к этой теме.

Проблемы формирования долговечной структуры цементного камня были темой выступления В.И. Коломийца (ДальНИИИСМ, Владивосток). Специалистам был представлен алгоритм расчета необходимого объема воды затворения, позволяющий достигнуть однородной и долговечной структуры цементного камня по объемной удельной плотности исходного цемента в момент начала структурообразования и истинной его плотности.

Большой информационной насыщенностью и высокой активностью отличалось заседание фестиваля строительных технологий «ТехноСтрой» по актуальной в настоящее время теме «Доступное и комфортное жилье». За три дня более 130 специалистов служб заказчика, строительных и проектных организаций ознакомились с современными технологиями и материалами для устройства монолитных бетонных и железобетонных несущих конструкций, кровли и изоляции, отделочных работ, устройства полов и наружных стен высотных зданий и др.

Зам. начальника отдела строительства и жилищной политики Правительства РФ А.Г. Седов проанализировал современное состояние строительного комплекса России. Вопросы ресурсного обеспечения жилищного строитель-



# строительных смесей движение вперед

ства в РФ осветил зам. начальника отдела Управления строительных программ Росстроя С.В. Коляда.

Технологию монтажа навесных фасадов ДИАТ с теплоизоляцией УРСА Фасад представил руководитель отдела технической поддержки продаж компании УРСА Евразия И.А. Мехнецов.

Технический эксперт фирмы Кнауф А.П. Лукоянов сделал доклад об оптимизации расхода сырья при производстве сухих смесей и позиционировании сухих смесей в зависимости от вида обрабатываемых строительных оснований. Доклад сопровождался натурным показом производства штукатурных работ механизированным способом.

Группа компаний БИРСС представила технологию устройства долговечных износостойких напольных покрытий материалами БИРСС, которая сопровождалась демонстрацией технологии проведения ремонтных работ.

В рамках мероприятия состоялось мастер-шоу «Попробуй сделать сам», на котором специалисты компании Кнауф давали уроки мастерства по работе со своими материалами всем желающим и предлагали на практике – своими руками – здесь же закрепить полученные знания.

Высокая активность и бурные дискуссии сопровождали выступления специалистов на научных чтениях по цементу «Современный цементный завод». Перед представителями цементных заводов России и стран ближнего зарубежья выступили ведущие специалисты отрасли В.И. Жарко (компания «Интеко», Москва) – о районировании зон дефицитности цемента; В.В. Бушихин (НИЦ «Гипроцемент-Наука») – о состоянии и перспективах развития производства цемента в РФ; Б.Э. Юдович (НТЦ «Интелцем», Москва) – о технологических требованиях к производству цемента в свете обеспечения высоких строительно-технических свойств материалов на его основе.

Международная специализированная выставка «Сухие смеси. Бетоны. Растворы EXPOMix» – один из крупнейших европейских проектов в этой области. Основной целью проведения стало представление достижений в производстве сухих строительных смесей, товарного бетона и раствора и содействие развитию их производства в России. При анализе динамики экспонентов по виду их деятельности, наглядным становится тот факт, что наибольший прирост участников (14%) произошел за счет увеличения производителей и поставщиков оборудования.

Более 50% участников представили оборудование для производства ССС, бетона и бетонных изделий. Среди экспонентов были как постоянные участники – компании «Вселуг» (Москва), «Строммашкомплект» (Самара), так и дебютанты мероприятия – «345 механический завод» (Москва), «Розмысел» (Санкт-Петербург), «Седин-Техмашстрой» (Краснодар). Эти предприятия производят полный спектр оборудования для бетонных заводов. Импортное оборудование представили фирмы-производители – «m-tec» (Германия), «Rafiz» (Польша), «Schlosser-Pfeiffer» (Германия) и дилеры зарубежных машиностроителей – «Вилмикс» (Москва), «Восточно-индустриальная корпорация» (Санкт-Петербург), «СитиПром» (Москва).

Среди компаний, предлагающих различные добавки для производства ССС и бетонов, появились представители Китая – фирма «Йил-Лонг Кемикал Груп», которая производит пигменты (диоксид титана, железистый оксидный пигмент), органическую глину, диспергируемый полимерный порошок, эфир целлюлозы, гексаметафосфат натрия и др. Всего в мероприятии приняли участие 17 фирм, производящих и предлагающих добавки и сырье для производства ССС, из них только четыре российские: «Интеркروشка» (Москва), «Колгамрамор» (Челябинская обл.), «Химпартнеры» (Москва), «Себряковцемент» (Волгоградская обл.).

Дозирующее, контрольно-измерительное и весовое оборудование было представлено фирмами «Franz Ludvig» (Германия), «Аврора» (Москва), «Wuerschum» (Германия), «Метра» (Калужская обл.), «ПЭЛ» и «РВС» (Санкт-Петербург), «Тензо-М» (Московская обл.).

В этом году мероприятия посетили 5 300 российских и зарубежных специалистов, среди которых подавляющее большинство – руководители организаций и ведущие технические специалисты.

Проведение такого специализированного мероприятия позволяет наладить новые взаимовыгодные деловые контакты, обменяться мнениями участникам конференций, получить консультации у зарубежных специалистов на выставке, обсудить возможность повышения мощности производства с разработчиками оборудования.

**С.Ю. Горегляд  
И.В. Рыльцова**



В.И. Жарко (компания «Интеко»)



На стенде инвестиционно-строительного холдинга «Центргаз» представлена только часть производимой продукции – ССС



Компания «Хавер и Беккер» (Германия) представила технику для рассева, транспортирования, фасовки, упаковки сыпучих материалов



Хорошее лабораторное оборудование всегда вызывает интерес специалистов

**СОБЫТИЯ**

**В Бурятии создано три предприятия по производству керамического кирпича**

Заводы укомплектованы китайским оборудованием. Производительность ООО «ТТД Дылача» составляет 20 млн шт. усл. кирпича в год, двух других — ООО «СМИР» и ООО «Симпекс» — по 10 млн шт. усл. кирпича в год. Первое из них круглогодичного действия, два других — сезонного. Китайские специалисты и рабочие провели строительно-монтажные и пусконаладочные работы и участвуют в производственном процессе.

Объем производимого керамического кирпича на заводах составляет 68% от общего объема производства кирпича в республике. За 11 месяцев 2006 г. на ООО «ТТД Дылача» выпущено 4,2 млн шт. усл. кирпича, на ООО «Симпекс» — 3,8 млн шт. усл. кирпича, на ООО «СМИР» — 2 млн шт. усл. кирпича за сезон.

В 2006 г. на этих предприятиях работало 197 работников из КНР.

Всего в Бурятии за 9 месяцев 2006 г. общий объем работ, выполненный рабочими из КНР, составил более 300 млн р. При их участии введены в эксплуатацию жилые дома общей площадью 5903 м<sup>2</sup>; строительные компании сотрудничали с китайскими строительными компаниями, привлекая специалистов для строительства, реконструкции и реставрации объектов жилья и соцкультбыта. Необходимость привлечения иностранных рабочих в промышленность стройматериалов из КНР обусловлена применением китайских технологий и опытом работы китайских рабочих и специалистов по сооружению аналогичных предприятий.

*По материалам Министерства экономического развития и внешних связей Республики Бурятия*

**В Санкт-Петербурге названы имена победителей ежегодного VII общегородского конкурса «Лучший прораб-2006»**

В течение двух месяцев независимые эксперты проводили оценку квалификации производителей работ (прорабов) на строительных объектах Санкт-Петербурга и Ленинградской обл., выявляя среди них специалистов, достигших наивысших профессиональных результатов в организации строительных работ. Работа прорабов оценивалась экспертами конкурса по таким критериям, как качество строительно-монтажных работ, организация строительной площадки, состояние техники безопасности, порядок ведения объектной документации, бытовые условия рабочих и др.

Главный приз получил Юрий Федоров, прораб ЗАО «Корпорация «Строймонтаж», набравший макси-

мальное количество баллов по результатам экспертной оценки. Прорабы-призеры получили дипломы и денежные сертификаты на приобретение бытовой техники. Помимо этого руководителям компаний-участника выданы письма от Центра качества строительства с конкретными рекомендациями по улучшению организации работы на объектах, выдвинутых на конкурс.

Идея проведения конкурса принадлежит ведущим производителям керамического кирпича в Северо-Западном регионе — ОАО «Ленстройкерамика» и ЗАО НПО «Керамика», ныне входящих в объединение «Победа ЛСР». Впервые конкурс прошел в 2000 г.

*По материалам компании ЗАО «Победа ЛСР»*

**НОВОСТИ КОМПАНИЙ**

**ООО «Хенкель Баутехник» стало первым...**

...разработавшим и зарегистрировавшим в государственных органах Стандарт организации для систем теплоизоляции. ООО «Хенкель Баутехник» входит в компанию «Хенкель» и специализируется на производстве профессиональных строительных смесей под маркой CERESIT. Стандарт организации СТО 58239148-001-2006 «Системы наружной теплоизоляции стен зданий с отделочным слоем из тонкослойной штукатурки CERESIT» разработан группой специалистов ООО «Хенкель Баутехник», ООО «Энлаком», ОАО «ЦНИИПромзданий», ЛПИСИЭС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании». Стандарт организации содержит требования к системе качества, необходимые для оценки вы-

полненных проектов, поставляемой продукции, строительно-монтажных работ. Правила и характеристики, изложенные в стандарте в целях их добровольного многократного использования, направлены на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг.

Стандарты организации относятся к документам — прототипам национальных стандартов, поэтому в соответствии с предварительным планом от имени организаций-разработчиков в Технический комитет Ростехрегулирования по стандартизации в строительстве направлено предложение о разработке национального стандарта на базе СТО 58239148-001-2006.

*По сообщению пресс-службы ООО «Хенкель Баутехник»*

**ПРОПЛЕКС делает шаг к расширению производства**

В декабре 2006 г. группа компаний ПРОПЛЕКС, одна из крупнейших среди производителей ПВХ-профиля в России, заключила договор о приобретении семи экструзионных линий у австрийской компании Technoplast.

Новые двухлучевые экструдеры обладают производительностью 500–540 кг/ч и способны выпускать одновременно сразу два профиля. Планируется, что приобретение нового оборудования позволит увеличить производ-

ство оконного профиля PROPLEX на 40–50%. Такой шаг вызван результатами работы оконного сегмента рынка в 2006 г., когда в России наблюдался дефицит профиля и стеклопакетов.

Группа компаний ПРОПЛЕКС открыла производство профиля торговой марки PROPLEX™ в г. Подольске Московской обл. в 2000 г. и имеет собственную сеть региональных складов по всей России.

*По материалам группы компаний ПРОПЛЕКС*



НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**На ОАО «Тизол» запущена линия по производству базальтовых теплоизоляционных изделий**

Запуск новой производственной линии, приобретенной у фирмы «EUROVEK» (Словения), стал первым этапом реконструкции завода в г. Нижняя Тура Свердловской обл. Новое оборудование позволяет выпускать широкую номенклатуру теплоизоляционных изделий, применяемых для утепления фасадов, крыш, трубопроводов, изготовления сэндвич-панелей и др., толщиной 20–250 мм и средней плотностью 40–200 кг/м<sup>3</sup>. Плановая мощность линии 30 тыс. т материалов в год.

По материалам  
ОАО «Тизол»

**Группа «Магнезит» подвела итоги 2006 г.**

Основное предприятие холдинга — комбинат «Магнезит» (г. Сатка Челябинской обл.) увеличил производство огнеупорных изделий на 7,3 % (387,4 тыс. т), производство товарных порошков — на 11,7 % (805,9 тыс. т). Объем реализации огнеупорных изделий вырос по сравнению с 2005 г. на 10,5 % и составил 3,7 млрд р., товарных порошков — на 11,5 %, или на 1,9 млрд р.

Объем реализации огнеупорной продукции Группы «Магнезит» в 2006 г. по предварительным оценкам составил около 1,58 млн т, что почти на 15% превышает уровень прошлого года. Завод «Инкоу Далмонд» (Китай) увеличил объем производства огнеупорных изделий на 54% — до 56 тыс. т. Отгрузка щебня предприятиями «Неруд Инвест» возросла вдвое и достигла 2 млн т. К концу года набрали хорошие темпы новые заводы Группы «Магнезит» — «Магнезит Интокаст Сатка», «Наньфань Далмонд» (Китай) и «Файерфёст Зигбург» (Германия).

2006 г. отмечен высокой инвестиционной активностью. В целом по Группе «Магнезит» объем инвестиций по предварительным оценкам составил около 1,52 млрд р. В том числе проекты комбината «Магнезит» были профинансированы на сумму 1,25 млрд р. Крупные инвестиции осуществлялись и на других предприятиях холдинга. В развитие производства строительного щебня было направлено около 190 млн р. Объектами инвестиций стали также предприятие «Сибирский магнезит» в Красноярском крае и заводы в Китае — «Наньфань Далмонд» и «Инкоу Далмонд». Проекты этих бизнес-единиц потребовали финансирования в объеме 48, 25 и 15 млн р. соответственно. Более 100 млн р. в 2006 г. было инвестировано в социальные проекты.

По материалам  
Группы «Магнезит»

**Качеству продукции Диатомового комбината можно доверять**

Это в конце декабря 2006 г. подтвердили аудиторы «TUV Management Service» во время проведения надзорного аудита на соответствие системы менеджмента качества компании международным стандартам.

В ходе аудита проверены отделы качества и метрологии, технологическая линия, а также дирекция по персоналу. Особое внимание уделено анализу документации, непосредственному наблюдению за деятельностью на рабочих местах, беседам с руководителями

подразделений и персоналом. Итогом аудита явилось подтверждение полного соответствия системы менеджмента качества компании «Диатомовый комбинат» стандарту ISO 9001:2000.

«Диатомовый комбинат» демонстрирует постоянное улучшение в управлении системой качества, эффективную систему планирования внутренних аудитов, высокую степень компетентности и вовлеченности персонала в процесс поддержания и улучшения системы менеджмента качества.

По материалам  
ООО «Диатомовый комбинат»

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Каздым А.А.  
**Техногенные отложения и техногенное минералообразование**  
М.: Наука. I полугодие 2007 г.

В монографии рассмотрены проблемы классификации техногенных отложений и образований, техногенных грунтов, основные процессы техногенного минералообразования. Представлены различные классификации техногенных отложений и культурных слоев, дана их критическая оценка. Отмечены различные процессы техногенного минералообразования: в «горельниках» угольных отвалов, клинкерах, нефтепромысловом оборудовании, культурном слое, курганах и могильниках. Дана условная классификация техногенных минералов. Выделены понятия «техногенная формация» и «техногенная фация».

Русанов А.И.  
**Термодинамические основы механохимии**  
М.: Наука. I полугодие 2007 г.

Монография знакомит с современным состоянием химической термодинамики твердых тел и ее приложением к механохимии. Объяснена тензорная природа химического потенциала и химического сродства, их роль в физических и химических процессах, протекающих в условиях сложных механически анизотропных состояниях вещества. Анализируются механические состояния и материальный обмен в наночастицах. Объяснены хемомеханические эффекты в нанопористых телах.

Книга предназначена для научных, инженерно-технических работников, аспирантов и студентов химических, материаловедческих специальностей.



**СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ®**

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ»

# КЕРАМТЭКС

**15–16 марта 2007 г.**

Центр Международной Торговли, Москва

## **Развитие керамической промышленности России Development of the ceramic industry of Russia**

### **Тематические разделы конференции Thematic sections of conference**

**Совершенствование производства керамических строительных материалов  
Perfection of manufacture of ceramic building materials**

**Отраслевая наука керамическому производству  
Branch science to ceramic manufacture**

**Рынок технологического оборудования для производства керамических строительных материалов  
The market of the process equipment for manufacture of ceramic building materials**

**Финансовые механизмы развития предприятий отрасли  
Financial mechanisms of development of the enterprises of branch**

**Применение керамических строительных материалов в современном строительстве  
Application of ceramic building materials in modern construction**

Традиционно к проведению конференции будет выпущен тематический номер журнала «Строительные материалы»® №2–2007 г., в котором будут опубликованы пленарные доклады.

С обзором предыдущих конференций можно ознакомиться на сайте: [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)  
(раздел «Подшивка», №4–2003, №4–2004, №4–2005, №4–2006 г.)

Для участия в конференции необходимо получить договор-заявку лично, по почте, факсу, электронной почте или через internet.

**Спонсор конференции:**



**Организатор конференции: журнал «Строительные материалы»®**

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ®**

Россия, 117997, Москва, ул. Кржижановского, 13, оф. 5076  
Телефон/факс: (495) 124-32-96, 124-09-00, Лескова Елена Львовна





С.Петербург  
**Ленэкспо**



**РЕСТЭК**  
ВЫСТАВОЧНОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ



**Балтэкспо**

# Крупнейшие строительные выставки России

# 2007



международный

строительный

## форум

интерстройэкспо

# 17-21 апреля

## Санкт-Петербург «Ленэкспо»

Павильоны - 3,4,5,6,7,8

- ИНТЕРСТРОЙЭКСПО**
- ТЕПЛОВЕНТ**
- ВОДОСНАБЖЕНИЕ**
- ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
- СТРОИТЕЛЬСТВО И СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
- ИНСТРУМЕНТ И ОБОРУДОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
- АВТОСПЕЦТЕХНИКА**
- КРОВЛЯ И ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
- ОКНА, ДВЕРИ, ВОРОТА.**
- САНТЕХНИКА**
- УМНЫЙ ДОМ**
- ИНТЕРЬЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
- ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
- РОССИЙСКАЯ СТРОЙИНДУСТРИЯ**  
ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
- ЗАГОРОДНОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ**
- МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ**



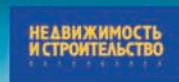
Деловой партнер



Генеральный информационный спонсор



Генеральный информационный партнер



Информационный партнер



Креативный партнер



Погъежики®

[WWW.INTERSTROYEXPO.COM](http://WWW.INTERSTROYEXPO.COM)

Оргкомитет:

тел.: +7 (812) 325 7570,  
факс: +7 (812) 325 7572

e-mail: [baltexpo@baltexpo.spb.su](mailto:baltexpo@baltexpo.spb.su)



Г.В. СЕКИСОВ, д-р техн. наук, Институт горного дела Дальневосточного отделения РАН,  
Ю.Н. РЕЗНИК, д-р техн. наук, В.Г. РОМАНОВ, канд. геол.-минер. наук,  
А.А. ЯКИМОВ, канд. техн. наук, Читинский государственный университет

## Минерально-сырьевые ресурсы облицовочного камня в Восточном Забайкалье

Будучи богатейшим минерально-сырьевым регионом страны, Забайкалье оказалось почти на последнем месте по объемам строительства и обеспеченности строительными материалами.

В последние годы в данной сфере наметилась положительная тенденция. В частности, в Читинской области объемы жилищного строительства увеличились с 2002 по 2005 гг. с 76 до 113–115 тыс. м<sup>2</sup>.

В настоящее время ведутся работы по подготовке площадок для жилищного строительства в Восточном Забайкалье общей площадью 960 тыс. м<sup>2</sup>. Завершается разработка областной целевой программы «Обеспечение земельных участков коммунальной инфраструктурой в целях жилищного строительства», которая будет выполняться с 2006 по 2010 гг.

Областным бюджетом предусматривается вложить в реализацию данной программы 152,5 млн р.; 305 млн р. выделено на субсидирование процентной ставки по кредиту за счет средств федерального бюджета. Основным итогом ее реализации должен стать ввод жилья в объеме 1,05 млн м<sup>2</sup>.

Все это предопределяет необходимость интенсивного развития добычи строительных горных пород.

Забайкалье, и особенно Восточное Забайкалье, — уникальная минерально-ресурсная провинция не только в России, но и на планете. Уникальность ее заключается в наличии большого количества разнообразных в геологическом отношении пространственно-временных и минерально-вещественных образований (см. рисунок).

Исходя из особенностей минерально-вещественного состава, физических, механических, технических и химических свойств и данных работы [1] выделяются

основные группы, классы и типы облицовочных камней (см. таблицу).

Значительное распространение имеют строительные горные породы *гранитно-сиенитовой группы*. К сожалению, количество разведанных и изученных и даже выявленных для разведки месторождений ограничено (всего 8–10).

Среди минеральных образований данной группы следует выделить две наиболее характерные подгруппы горных пород: *гранитовые*; *преимущественно сиенитовые*. Они сформировались в среде интрузивных комплексов (свыше 40) различного геологического возраста — от архея до мезозоя включительно. Данные минеральные образования как источник облицовочного камня изучены весьма слабо.

Строительные горные породы *габбро-диоритовой группы* характеризуются наличием широкой цветовой гаммы — от черных до светло-серых тонов. Их можно использовать при создании фундаментов и цоколей зданий и сооружений, изготовлении облицовочных плит, ступеней, подоконников, тротуарных плит и камней и др.

В пределах данной группы минеральных образований также целесообразно выделить три характерные подгруппы горных пород: *габбровые*; *диорито-габбровые*; *базальтовые*.

Область применения пород гранитно-сиенитовой группы и *габбро-диоритовых* пород весьма обширна.

Исключительно широкое распространение в Забайкалье получили *карбонатные горные породы*, большинство которых может быть использовано для производства облицовочных материалов. В генетическом отношении карбонатные горные породы характеризуются преобладанием осадочных и осадочно-метаморфических типов. В большинстве своем карбонатные породы по своим основным свойствам — блочности, прочности, декоративности, окраске, блеску, полируемости и т. д. — отвечают требованиям государственных стандартов. Геолого-структурные, гидрогеологические и горно-технические особенности месторождений этих горных пород в основном благоприятны для разработки открытым способом [1].

Специфическую группу строительных горных пород составляют облицовочные породы различного состава: эффузивы, родониты, флюориты, кварциты, листвениты, яшмовиды, серпентиниты и др. Наибольшее распространение в Восточном Забайкалье получили флюоритовые минеральные образования — порядка 10 месторождений и более 500 флюорито-минеральных проявлений, а наименьшее — тулиты (пока выявлено лишь одно тулито-минеральное проявление — Кодарское — в Каларском районе).

Приведенные данные показывают, что регион может обеспечить себя широким спектром строительных материалов, облицовочный камень может стать предметом импорта в другие регионы России и дальше зарубежье, обеспечивая приток финансовых ресурсов. Задача государства и инвесторов — рачительно использовать уникальные природные ресурсы.

### Литература

1. Наркелюк Л.Ф., Трубочев А.И., Яшкин А.З. Облицовочные камни Восточного Забайкалья: геология и технология добычи. Чита: Из-во ЧитГУ. 1997. 131 с.

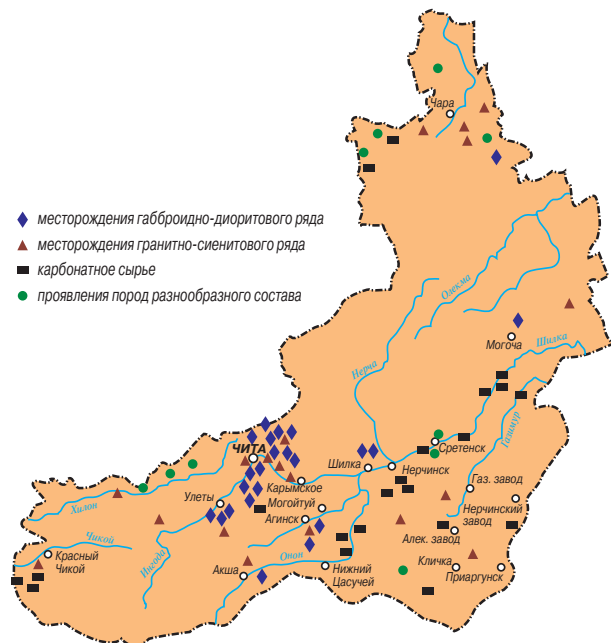


Схема размещения месторождений и проявлений облицовочного камня в Читинской области

Классификация облицовочных камней Забайкальской минеральной провинции

Группа	Подгруппа	Класс	Тип
I-I. Гранитно-сиенитовые	I-Ia. Гранитовые	А. Граниты	I. Авгит-рогово-обманковые граниты
			II. Амазонитовые
			III. Амфиболо-биотитовые
			IV. Биотитовые («нормальные» граниты)
			V. Лейкократовы
			VI. Турмалиновые
		Б. Гранитоиды	I. Гранодиориты
			II. Лабродориты
			III. Аплит-граниты
			IV. Алискит-граниты
			V-N. Различные по составу гранитоиды
	I-Iб. Сиенитовые	В. Сиениты	I. Собственно сиениты
			II. Эгирин-авгитовые
III. Лейкократовые			
IV. Роговообманковые			
Г. Сиенитоиды		I. Грано-сиениты	
		II. Сиенит-диориты	
	III. Нефелиновые сиениты		
	IV-N. Разнообразные по составу сиенитоиды		
II-II. Габбро-диоритовые	II-IIa. Габбровые	А. Габбро	I. Лабрадорское габбро
			II. «Чистые», или собственно габбро
			III. Роговообманковое
			IV. Оливиновое
			V. Амфиболовое
		Б. Габброиды	I. Габбро-сиениты
			II. Габбро-диабазы
			III. Габбро-диабазовые порфириды
			IV. Кварцевые моноциты
			V. Габбровые диориты
			VI. Габбровые перидотиты и пироксениты
		В. Нориты	I. «Чистый», или собственно норит
	II. Бронзитовый		
	III. Гиперстеновый		
	IV. Оливиновый		
	II-IIб. Диорито-габбровые	Г. Диориты	I. Метасамотитовые диориты
			II. Авгит-амфибиоловые
			III. Пироксин-амфиболовые
			IV. Монцо-диориты
		Д. Габбровые диориты	I. Собственно габбровые диориты
			II. Сложного состава габбровые диориты
	II-IIв. Базальтовые	Е. Базальты	I. Базальт (собственно базальт)
II. Оливиновый базальт			
III. Диабазо-базальт			
IV. Мелафировый базальт			
Ж. Базальтоиды		I. Долериты	
		II. Гамониты	
		III. Нефелиниты	
		IV. Мелинит-базальт	
III-III. Карбонатные	III-IIIa. Осадочные	А. Известняки	I. Чистые (или собственно) известняки
			II. Песчаники
			III. Глинистые
			IV. Доломитистые
			V. Доломитовые
			VI. Известковистые песчаники
			VII. Известняки битуминозные массивные
		Б. Доломиты	I. Чистые (или собственно) доломиты – первичные
			II-N. Доломиты вторичные
		В. Мергели	I. Собственно (или «чистые») мергели
			II. Доломитизированные
			III. Глинистые
	IV. Известковистые		
	III-IIIб. Метаморфические горные породы	Г. Мраморы	I. Чистые мраморы (белого цвета) – «скульптурные» мраморы
			II. Мраморы ахроматического ряда – «архитектурные» мраморы
		Д. Магнезиты	I. Кристаллические магнезиты
			II. Аморфные
		Е. Офиокальциты	I. Собственно офиокальциты
II-N. Разновещественные			

## Экспериментальное исследование переноса влаги в материалах ограждающих конструкций зданий

Аналитическая теория тепло- и влагопереноса в материалах ограждающих конструкций зданий разработана достаточно глубоко, получен ряд решений для полей температуры и влажности [1, 2]. Однако применение этой теории в практических расчетах затруднено в связи с отсутствием экспериментальных данных по характеристикам переноса влаги.

Существующие методы определения характеристик влагопереноса основаны на измерении распределения влагосодержания внутри и на поверхности тела при увлажнении или сушке материалов. Методы, основанные на увлажнении образцов, сложны, так как требуют использования образцов достаточно большой длины и продолжительны по времени. При использовании методов, основанных на сушке влажных образцов, продолжительность опытов значительно сокращается. Однако произвольный выбор начального влагосодержания материалов не позволяет получить характеристики влагопереноса в полном диапазоне влажности материалов.

В настоящей работе проведено экспериментальное исследование характеристик переноса влаги методом сушки влажных материалов от полного водонасыщения до равновесного влагосодержания с воздушной средой.

Рассмотрим одномерную задачу, причем образец исследуемого материала имеет форму неограниченной пластины толщиной  $2R$ . Так как температурный перепад внутри образца незначителен, переносом влаги за счет температурного градиента можно пренебречь. В этом случае изменение влагосодержания тела  $w(x, \tau)$  по координате  $x$  с течением времени  $\tau$  можно определить из соотношения [3]:

$$\frac{\bar{w}_0 - w(x, \tau)}{\bar{w}_0} = \int_0^\tau \frac{q_m(\vartheta) d\vartheta}{R\rho_0\bar{w}_0} - \frac{q_m(\tau)}{a_m\rho_0\bar{w}_0} \left( \frac{R^2 - 3x^2}{6R} \right) + \varepsilon(x, \tau), \quad (1)$$

где  $\bar{w}_0$  – начальное влагосодержание;  $q_m(\tau)$  – плотность потока влаги в материале;  $\rho_0$  – плотность материала в сухом состоянии;  $a_m$  – коэффициент потенциалопродности, характеризующий диффузию водяного пара и перенос капиллярной влаги в материале;  $\varepsilon(x, \tau)$  – остаточный член, отображаемый в виде суммы экспоненциальных функций, которым можно пренебречь спустя определенный промежуток времени.

Среднее влагосодержание  $\bar{w}(\tau)$  определяем из соотношения:

$$\frac{\bar{w}_0 - \bar{w}(\tau)}{\bar{w}_0} = \int_0^\tau \frac{q_m(\vartheta) d\vartheta}{R\rho_0\bar{w}_0}. \quad (2)$$

Из (1) и (2) получаем выражение для определения влагосодержания:

$$w(x, \tau) = \bar{w}(\tau) + \frac{q_m(\tau)}{a_m\rho_0} \left( \frac{R^2 - 3x^2}{6R} \right). \quad (3)$$

Среднее влагосодержание слоя толщиной  $R_1 < R$  равно:

$$\bar{w}_1(\tau) = \frac{1}{R_1} \int_0^{R_1} w(x, \tau) dx = \bar{w}(\tau) + \frac{q_m(\tau)}{6a_m\rho_0R} (R^2 - R_1^2). \quad (4)$$

Среднее влагосодержание слоя толщиной  $l = R - R_1$  равно:

$$\bar{w}_2(\tau) = \frac{1}{R - R_1} \int_{R_1}^R w(x, \tau) dx = \bar{w}(\tau) - \frac{q_m(\tau)R_1}{6a_m\rho_0R} (R + R_1). \quad (5)$$

Из (4) и (5) находим следующее выражение для коэффициента потенциалопродности:

$$a_m = \frac{q_m(\tau)(R + R_1)}{6\rho_0[\bar{w}_1(\tau) - \bar{w}_2(\tau)]}. \quad (6)$$

Таким образом, для определения коэффициента  $a_m$  необходимо знать разность между средним влагосодержанием  $\bar{w}_1(\tau)$  слоя  $R_1$  и средним влагосодержанием  $\bar{w}_2(\tau)$  слоя  $l$ , а также интенсивность сушки  $q_m(\tau)$ . Величина  $q_m(\tau)$  определяется из кривой сушки по величине скорости сушки  $d\bar{w}/d\tau$ :

$$q_m(\tau) = -R\rho_0 \frac{d\bar{w}}{d\tau}. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (6), получим расчетную формулу для определения коэффициента потенциалопродности:

$$a_m = -\frac{R(R + R_1)}{6[\bar{w}_1(\tau) - \bar{w}_2(\tau)]} \frac{d\bar{w}}{d\tau}. \quad (8)$$

Коэффициент влагопродности  $\lambda_m$  определяется по формуле:

$$\lambda_m = a_m c_{\Theta p} \rho_0, \quad (9)$$

где  $c_{\Theta p}$  – абсолютная удельная влагоемкость материала, определяемая формулой:

$$c_{\Theta p} = \frac{\partial w}{\partial \Theta_p}, \quad (10)$$

где  $\Theta_p$  – абсолютный потенциал влажности [4].

Коэффициент влагообмена  $\alpha_m$ , отнесенный к разности влагосодержания  $\bar{w}(\tau)$  и равновесного влагосодержания с воздушной средой  $w_e$ , определяется из условия баланса влаги на поверхности тела:

$$\alpha_m = \frac{q_m(\tau)}{\rho_0[\bar{w}(\tau) - w_e]}. \quad (11)$$

С учетом (7) получим расчетную формулу для определения коэффициента влагообмена:

$$\alpha_m = -\frac{R}{\bar{w}(\tau) - w_e} \frac{d\bar{w}}{d\tau}. \quad (12)$$



Коэффициент влагообмена  $\beta_m$ , отнесенный к разности абсолютного потенциала влажности на поверхности тела и воздушной среды, определяется по формуле:

$$\beta_m = \alpha_m c_{\text{в}} \rho_0 \quad (13)$$

Полученные зависимости (8), (9), (12) и (13) могут быть использованы для экспериментального определения характеристик влагопереноса.

Разработана методика для экспериментального определения характеристик переноса влаги. Суть методики заключается в определении нестационарного поля влагосодержания  $w(x, \tau)$  в колонке из исследуемого материала путем сушки влажного образца от полного водонасыщения до влагосодержания равновесного с окружающей средой. Далее по известному полю влагосодержания определяют искомые характеристики переноса влаги.

Влагоизолированную с торцов колонку, состоящую из предварительно увлажненных образцов материала, помещают в термостат и подвергают двусторонней сушке. В процессе сушки под влиянием перепада влагосодержания по толщине колонки происходит перераспределение влаги. Поле влагосодержания  $w(x, \tau)$  в колонке определяют измерением влагосодержания в различных слоях с течением времени. В результате эксперимента определяют характеристики влагопереноса  $a_m, \lambda_m, \alpha_m$  и  $\beta_m$ .

По указанной методике проведены экспериментальные исследования характеристик влагопереноса для газосиликата ( $\rho_0 = 390 \text{ кг/м}^3$ ) и силикатного кирпича ( $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$ ). На рис. 1 представлен график распределения влагосодержания  $w(x, \tau)$  по толщине колонки в различные моменты времени для газосиликата. По графику рис. 1 видно, что спустя  $\tau = 20 \text{ ч}$  среднее влагосодержание внутреннего слоя образца толщиной  $R_1 = 2,5 \text{ мм}$  равно  $\bar{w}_1 = 1,63 \text{ кг/кг}$ , а среднее влагосодержание внешнего слоя образца толщиной  $l = 5 \text{ мм}$  равно  $\bar{w}_2 = 1,22 \text{ кг/кг}$ . Скорость сушки  $d\bar{w}/d\tau = -2,14 \cdot 10^{-5} \text{ кг/(кг}\cdot\text{с)}$ . По формуле (8) получим численное значение коэффициента потенциалопроводности:  $a_m = 6,52 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$  при среднем влагосодержании всего образца  $\bar{w} = 1,38 \text{ кг/кг}$ . Для того же момента времени коэффициент потенциалопроводности силикатного кирпича  $a_m = 4,43 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$  при  $\bar{w} = 0,081 \text{ кг/кг}$ .

Исследуя влагосодержание от полного водонасыщения до равновесного с окружающей средой, можно получить зависимость коэффициента потенциалопроводности от влагосодержания в полном диапазоне влажности материалов при разных температурах, то есть  $a_m = f(w, t)$ .

Статистическая обработка экспериментальных данных для газосиликата (при  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ ) по малому объему выборки ( $n = 15$ ) позволила получить математическую модель в виде уравнения регрессии  $a'_m(w) = -3,059 \cdot 10^{-10} + 9,027 \cdot 10^{-10} w$ , которая оказалась адекватной. Полученный коэффициент корреляции  $r = 0,901$  свидетельствует о весьма тесной связи между факторной и результирующей переменной по шкале Чеддока. Кроме того, методом наименьших квадратов получена эмпирическая зависимость  $a_m(w) = 5,084 \cdot 10^{-11} \exp(1,837 \cdot w)$ . При этом относительные ошибки на узлах колеблются от 1,1 до 20,1%.

Аналогично получена адекватная модель для силикатного кирпича: уравнение регрессии  $a'_m(w) = -1,257 \cdot 10^{-10} + 9,126 \cdot 10^{-10} w$ ; коэффициент корреляции  $r = 0,949$ ; эмпирическая формула  $a_m(w) = 1,098 \cdot 10^{-10} \exp(17,161 \cdot w)$ ; колебания ошибки на узлах составляют от 0,7 до 14,7%.

Таким образом, построенные математические модели в целом адекватны и выводы, полученные по результатам малой выборки, можно с вероятностью 0,99 распространить на всю гипотетическую генеральную совокупность.

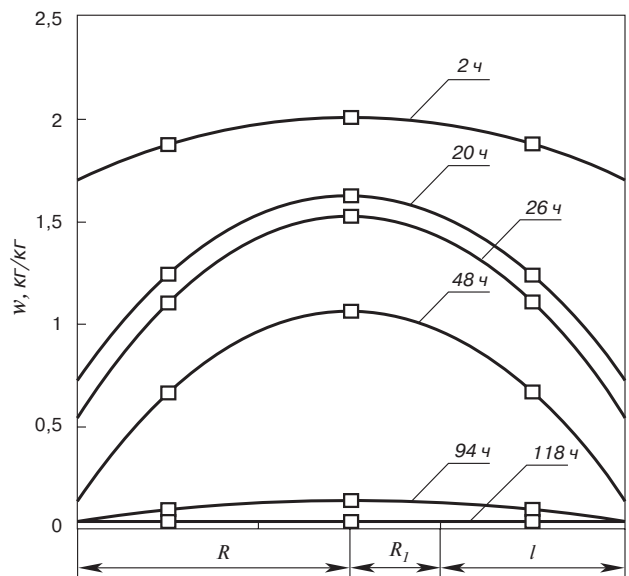


Рис. 1. Распределение влагосодержания  $w(x, \tau)$  по толщине колонки в различные моменты времени для газосиликата ( $\rho_0 = 390 \text{ кг/м}^3$ )

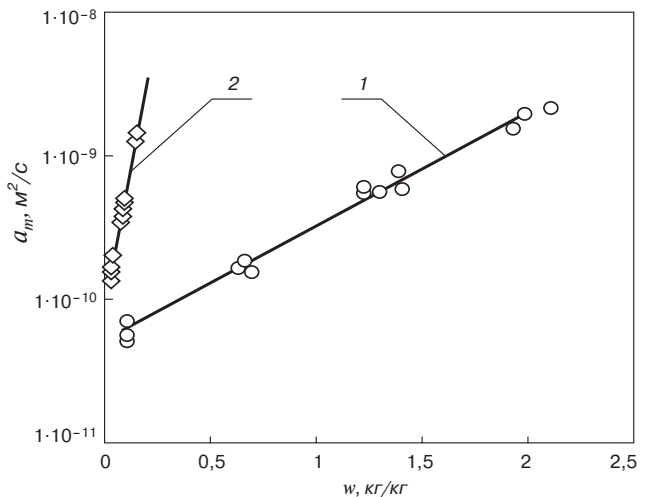


Рис. 2. Зависимость  $a_m(w)$  при  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  для материалов: 1 — газосиликат ( $\rho_0 = 390 \text{ кг/м}^3$ ); 2 — силикатный кирпич ( $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$ )

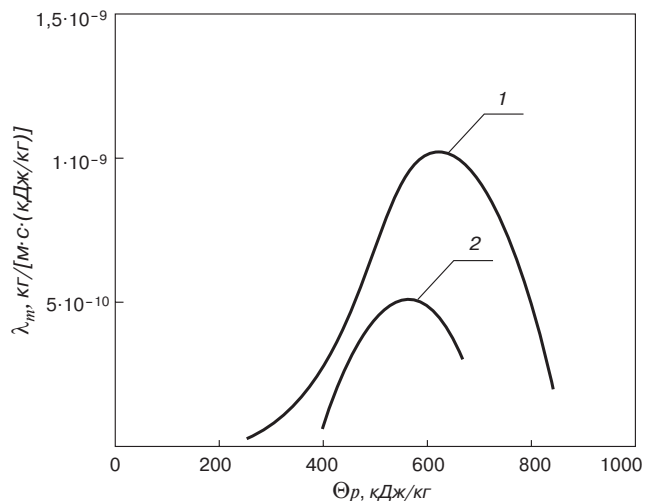


Рис. 3. Зависимость  $\lambda_m(\Theta_p)$  при  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  для материалов: 1 — газосиликат ( $\rho_0 = 390 \text{ кг/м}^3$ ); 2 — силикатный кирпич ( $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$ )

Полученные эмпирические зависимости между влажностью  $w$  и коэффициентом потенциалопроводности  $a_m$  могут быть представлены формулой:

$$a_m(w) = a \exp(bw). \quad (14)$$

Зависимость, определяемая формулой (14), имеет физический смысл. С ростом влагосодержания коэффициент потенциалопроводности увеличивается (рис. 2). При максимальном сорбционном влагосодержании материала  $w^{m.s}$  коэффициент  $a_m$  равен коэффициенту потенциалопроводности парообразной влаги: для газосиликата  $a_m(w^{m.s}) = 7,168 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$  при  $w^{m.s} = 0,187 \text{ кг/кг}$ ; для силикатного кирпича  $a_m(w^{m.s}) = 1,281 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$  при  $w^{m.s} = 0,009 \text{ кг/кг}$ . Показатель  $b$  определяет приращение коэффициента потенциалопроводности капиллярно-связанной влаги. При полном водонасыщении материала  $w^{\max}$  значение  $a_m$  близко к значению коэффициента потенциалопроводности свободной влаги.

На основании полученных значений  $a_m$  по формуле (9) определен коэффициент теплопроводности  $\lambda_m$ . На рис. 3 представлены графики зависимости  $\lambda_m(\Theta_p)$  для указанных материалов. По графикам рис. 3 видно, что при значениях абсолютного потенциала влажности  $\Theta_p < 300 \text{ кДж/кг}$  основной вклад в процесс влагопереноса дает перенос парообразной влаги, поэтому значения коэффициента  $\lambda_m$  практически постоянны. По мере увеличения потенциала влажности ( $300 \leq \Theta_p \leq 600$ ) возрастает подвижность пленочной и капиллярно-связанной влаги, что приводит к резкому увеличению коэффициента теплопроводности. Вместе с тем дальнейший

рост  $\Theta_p$  означает переход от капиллярно-связанной к свободной влаге, при этом коэффициент теплопроводности уменьшается.

На основании эксперимента по формуле (12) получены следующие значения коэффициента теплообмена для газосиликата —  $\alpha_{m1} = 8,69 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}$ , силикатного кирпича —  $\alpha_{m2} = 5,12 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}$ . Среднее значение коэффициента теплообмена  $\bar{\alpha}_m = 6,9 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}$ .

В условии помещения можно принять абсолютную объемную влагоемкость материалов  $c_{\Theta p} \approx 75 \cdot 10^{-3} \text{ кг/[м}^3(\text{кДж/кг})]$ . Тогда коэффициент теплообмена, отнесенный к разности потенциалов влажности, по формуле (13) получим равным  $\beta_{\Theta p} = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{ кг/[м}^2\text{с(кДж/кг)]}$ . Это численное значение  $\beta_{\Theta p}$  можно использовать в практике инженерных расчетов теплообмена в помещении.

Полученные экспериментальным путем характеристики переноса влаги могут быть использованы для моделирования процессов влагопереноса в материалах ограждающих конструкций зданий.

#### Список литературы

1. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массообмена. М.—Л.: Госэнергоиздат. 1963. 536 с.
2. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. М.: Стройиздат. 1979. 248 с.
3. Лыков А.В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. М.: Госэнергоиздат. 1956. 472 с.
4. Корниенко С.В. Потенциал влажности для определения влажностного состояния материалов наружных ограждений в неизотермических условиях // Строит. материалы. 2006. № 4. С. 88—89.



### ООО «НПК «СПЕЦПОЛИМЕР»

125009, г. Москва, ул. Тверская, д. 12, стр. 1, оф. 24  
 тел.: (495) 629-94-18, тел./факс: (495) 629-91-28  
 E-mail: info@spolymer.ru www.spolymer.ru

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ОТ РАЗРАБОТЧИКА И ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

НПК «СпецПолимер» наладила серийный выпуск полимерных материалов КАРБОФЛЕКС и УНИКОУТ-101, представляющих собой толстослойные бесшовные покрытия в виде пленки, которые образуются в результате напыления двухкомпонентной высокорективной системы на различные поверхности, для:

- обустройства новых и реконструкции старых кровель;
- защиты от коррозии труб и сложнопольных изделий для трубопроводов, емкостей и резервуаров, мостов и металлоконструкций различного назначения;
- защиты от абразивного износа технологического оборудования и конструкций;
- гидроизоляции производственных и складских помещений, бассейнов и очистительных сооружений.

НПК «СпецПолимер» отработала технологические процессы нанесения полимерных материалов на различные поверхности с применением собственного оборудования.

НПК «СпецПолимер» осуществляет поставку исходных систем полимерных покрытий КАРБОФЛЕКС и УНИКОУТ-101 для нанесения их заказчиком.

**ВЫБИРАЯ НАШИ ПОКРЫТИЯ, ВЫ ОБЕСПЕЧИТЕ НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ И ОБЪЕКТОВ НА ДЕСЯТКИ ЛЕТ**

С.М. УСАЧЕВ, инженер, В.Т. ПЕРЦЕВ, д-р техн. наук,  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

## Реализация нанотехнологического подхода для вибропрессованных бетонов

Получившая в последнее время широкое развитие технология вибропрессования обеспечивает потенциальную возможность получения изделий, отвечающих современным экономическим и экологическим критериям. Вибропрессованные изделия работают, как правило, в жестких условиях эксплуатации и поэтому должны обладать повышенной прочностью, морозостойкостью, истираемостью, водонепроницаемостью, т. е. теми свойствами, которые определяют надежность изделий и конструкций в целом [1]. Для решения столь важной задачи строительного материаловедения необходима реализация новых научных подходов. Одним из таких подходов является нанотехнологический подход [2, 3]. Общие принципы нанотехнологии, наноматериалы уже применяются в строительном материаловедении. Например, успешно осуществляется модифицирование структуры и свойств полимербетонов глинистыми частицами, а бетонов – тонкодисперсными наполнителями [4]. Реализуется и структурный подход, предусматривающий масштабное рассмотрение взаимодействий и процессов, обеспечивающих формирование структуры материалов.

Интенсивно развиваются методы управления структурообразованием наноматериалов. Управление структурообразованием через процессы самоорганизации рассматриваются как перспективные, так как они реализуются при относительно слабых взаимодействиях, определяемых электрическими, водородными и другими типами связей, а также коллоидными эффектами и явлениями, проявление которых характерно для дисперсных систем, в том числе бетонных смесей. Высокая стоимость, отсутствие ясных и четких методик в настоящее время ограничивают применение нанотехнологий в строительном материаловедении.

В данной работе решается задача совершенствования технологии вибропрессованных мелкозернистых бетонов с привлечением элементов нанотехнологии. Для изучения факторов управления вибропрессованными бетонами исследовались процессы, протекающие на различных масштабных уровнях. Исследования проводились с помощью сканирующего микроскопа «Jcol jsm-6380LV» с разрешающей способностью 5 нм, дериватографе «Паулик и Паулик» и рентгеновском спектрометре ДРОН-10. Для оценки энергетических взаимодействий при вибропрессовании использовалась виброустановка, реализующая управляемый резонансный режим гармонических колебаний [5]. Основное внимание уделялось формированию ранней структуры бетона до начала схватывания, так как при этом закладываются основные свойства бетонов.

Исследуемые бетонные смеси содержат частицы, отличающиеся большим диапазоном по дисперсности – от коллоидных и микрогетерогенных, свойства которых определяются поверхностными явлениями, до грубодисперсных, в которых основную роль играют инерционные свойства.

Вклад дисперсности в формирование ранней структуры бетона до начала схватывания исследовался на модельных системах при отсутствии внешних силовых воздействий. Подтверждено, что главная роль в структурообразовании принадлежит тонкодисперсной составляющей бетонной смеси. Частицы цемента и микрокремнезема под действием молекулярных и ионно-электростатических сил, сил поверхностного натяжения и капиллярно-пленочного взаимодействия формируют фрактально-кластерные структуры, самоподобные на различных масштабных уровнях [6]. Фрактальный вид

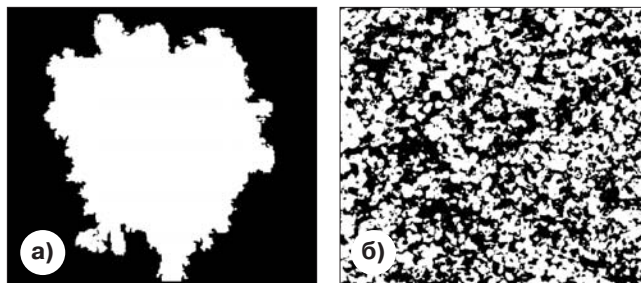
Тип дисперсной системы	Удельная поверхность твердой фазы, м <sup>2</sup> /кг	Показатели структуры	Водотвердое отношение						
			0	0,01	0,05	0,1	0,15	0,25	0,6
Песок–вода	3,1	Фрактальная размерность	1,86	1,80	1,42	1,56	1,67	1,89	–
		Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1470	1291	837	800	894	1624	–
Цемент–вода	300	Фрактальная размерность	1,66	1,64	1,38	1,41	1,52	1,54	–
		Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1190	975	820	850	895	1110	–
Микрокремнезем–вода	12000	Фрактальная размерность	1,51	1,47	1,47	1,31	1,3	1,31	1,17
		Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	490	490	480	490	510	540	510
Песок–цемент–микрокремнезем–вода	600	Фрактальная размерность	1,67	1,6	1,41	1,21	1,14	1,42	–
		Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	890	850	777	673	621	830	–



имеют как отдельные кластеры (агрегаты) и частицы, так и агрегированная структура (рис. 1). Основной количественной характеристикой фрактально-кластерных структур является показатель фрактальной размерности –  $D$ , который коррелируется с плотностью, геометрическим построением и др. свойствами агрегированных систем [6, 7]. Результаты испытания модельных систем показали, что независимо от природы происхождения тонкодисперсных составляющих с ростом дисперсности частиц плотность структур свободно уложенных систем снижается. Особенно значительное разуплотнение наблюдается при введении в системы микронаполнителя (см. табл.). Так, с увеличением удельной поверхности твердой фазы от  $3,1 \text{ м}^2/\text{кг}$  (кварцевый песок) до  $12 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$  (микрокремнезем) насыпная плотность системы уменьшается в 3 раза, а показатель фрактальности снижается в  $\sim 1,25$  раза. При этом, согласно результатам оптических исследований, происходит увеличение размеров кластеров при снижении их средней плотности.

Водотвердое отношение ( $V/T$ ) наряду с дисперсностью является одним из определяющих в процессах самоорганизации дисперсно-зернистых систем и формирования их ранней структуры. Взаимодействие жидкой и твердой фаз сопровождается формированием межфазных границ через явления адсорбции, смачивания, образование двойного электрического слоя (ДЭС). Именно в межфазных границах аккумулируется большое количество энергии, которая при незначительных воздействиях способна коренным образом преобразовывать структуру и изменять свойства материала на наномасштабном уровне. Показатель фрактальности обводненной частицы по сравнению с сухой незначительно возрастает вследствие сглаживания поверхности межчастичного и межагрегатного пространства (рис. 2). Более того, при одинаковой степени обводнения структуры образующихся агрегатов система с большей шероховатостью частиц (с меньшим показателем фрактальности) должна отличаться меньшей плотностью. Это утверждение подтверждено результатами испытаний, представленными в таблице. Так, при одинаковом водотвердом отношении в системе цемент–вода показатели фрактальной размерности выше, чем в системе микрокремнезем–вода с более развитой поверхностью твердой фазы. Это свидетельствует скорее всего о том, что в системах с невысоким показателем дисперсности формируются агрегаты с меньшей шероховатостью поверхности и обладающие большей плотностью, чем в тонкодисперсных системах. Наличие фрактальной поверхности частиц твердой фазы изменяет энергетическое состояние межфазных границ. Нерегулярное заполнение поверхности твердой фазы водой при ее первичном увлажнении приводит к образованию разрывов в двойном электрическом слое и соответственно к снижению общей величины энергии взаимодействия твердой и жидкой фаз по сравнению с классическим дебаевским слоем в несколько раз [7]. Полученные результаты позволяют дать оценку роли геометрии поверхности в межфазных взаимодействиях, формированию поверхностных слоев и самоорганизации дисперсных систем на нанометрическом масштабе.

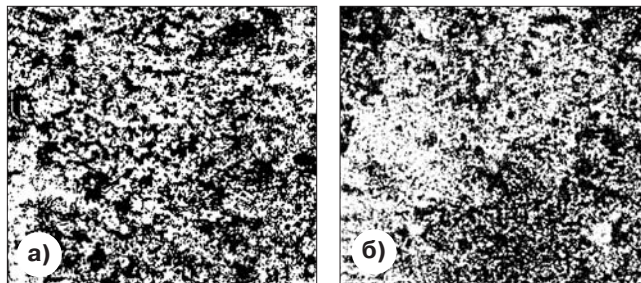
В процессах агрегирования дисперсных частиц важным является конкурирующее взаимодействие пленочной и капиллярной влаги. В малообводненных системах в результате действия поверхностного натяжения и определенного расположения центров кривизны поверхностей порового пространства формируется результирующее давление, развиваемое тонкой пленкой, которое наряду с эффектом пленочного расклинивания по Дерягину вызывает разуплотнение системы. При относительно раздвинутых пленками воды частицах доминирует стягивающий капиллярный эффект. Капиллярно-



**Рис. 1.** Фрактальный вид структуры: а) частицы песка ( $\times 1250$ ), фрактальная размерность  $D=1,78$ ; б) свободно уложенного песка ( $\times 4$ ),  $S_{уд}=120 \text{ м}^2/\text{кг}$ ,  $D=1,66$



**Рис. 2.** Фрактальный вид обводненной частицы цемента ( $\times 2000$ ). Фрактальная размерность  $D=1,84$



**Рис. 3.** Изменение структуры системы песок–цемент–микрокремнезем–вода при введении С-3: а) без добавки; б) с добавкой С-3, 0,4% от массы цемента

плечные эффекты особенно сильно проявляются в межагрегатном взаимодействии. Выбор водотвердого отношения позволяет регулировать как вид формирующихся структур, так и их плотность. Так, в системах цемент–вода при изменении водоцементного отношения от 0 до 0,25 плотность изменяется в диапазоне  $820\text{--}1190 \text{ кг}/\text{м}^3$ , а показатель фрактальности  $1,38\text{--}1,66$ . В системах микрокремнезем–вода в том же диапазоне водотвердого отношения плотность изменяется в пределах  $480\text{--}540 \text{ кг}/\text{м}^3$ , а показатель фрактальности в интервале  $1,31\text{--}1,51$ . Аналогичные изменения наблюдаются в системе песок–цемент–микрокремнезем–вода.

Для изменения сложившегося баланса внутренних сил, уменьшения агрегации частиц, повышения плотности в систему вводился суперпластификатор С-3. Выполненные оптические исследования позволили уточнить роль С-3 в структурных перестройках дисперсных систем. Сформировавшаяся в статических условиях связанная агрегированная структура в виде бесконечного кластера сохраняется и при введении суперпластификатора (рис. 3). Вместе с тем первоначальная фрактально-кластерная структура перестраивается с образованием более мелких агрегатов или отдельных

частиц, из которых и формируется новая, более плотная структура. Например, введение оптимального количества суперпластификатора в систему песок–цемент–микрокремнезем–вода способствует изменению ее структурных свойств: увеличение плотности с 670 до 1040 кг/м<sup>3</sup> и показателя фрактальной размерности с 1,43 до 1,51.

Для получения высококачественных бетонов при формировании ранней структуры необходимо обеспечить максимальную плотность упаковки твердой фазы при требуемых реологических характеристиках бетонной смеси. Для получения плотных упаковок на масштабном уровне зерен заполнителя осуществлена оптимизация его гранулометрического состава по изложенному в [8] методу. Достигнутое повышение плотности упаковки заполнителей на 20–30% позволило повысить прочность бетона при сжатии на 15–20%.

Внешние вибрационные и прессующие воздействия существенным образом меняют сложившийся баланс внутренних сил. Происходящая при этом перестройка структуры, затрагивающая все масштабные уровни структуры бетона, зависит от количества энергии, расходуемой на вибропрессование. Эти процессы характеризуются наличием потоков, происходящих в стесненных условиях, вызванных ограниченными размерами формируемого изделия, конструктивными особенностями и режимом работы вибропрессов. Последние факторы определяют способ передачи вибрационных воздействий; вид и направленность вибрации; величину и длительность приложения прессующего давления; геометрию формируемого изделия и связанное с ней распределение полей напряжений и деформаций; количество энергии, необходимое для максимального уплотнения системы, сопровождающееся относительным перемещением и перупаковкой компонентов; величину диссипации энергии.

Исследования динамики структурных перестроек при вибрационных воздействиях дисперсных систем затруднено из-за невозможности получения прямых результатов наблюдения. Поэтому нами была разработана теоретическая модель уплотнения дисперсных систем, построенная на основе теории фрактальной кинетики иерархически соподчиненных систем [9]:

$$\rho(t) = \rho - \frac{\Delta\rho}{1 + \ln\left[1 + \frac{t}{\tau}\right]}, \quad (1)$$

где  $\rho(t)$  – текущее значение плотности;  $\rho$  – конечная плотность;  $\Delta\rho$  – полный прирост прочности;  $t$  – текущее время;  $\tau$  – характерная временная постоянная изменения плотности. Полученные экспериментальные кривые изменения плотности систем в условиях вибрации совпадают с теоретическими кривыми и полностью подтверждают положения принятой фрактальной модели увеличения плотности в дисперсных системах [9], что нашло подтверждение и в результатах оптических исследований. Установлено, что из первоначальных агрегатов формируются неоднородные фрактальные кластеры, состоящие из плотных сводов и находящихся под ними менее плотных зон (рис. 4). С увеличением времени вибрирования увеличивается интегральная плотность системы, а в структурных изменениях сохраняется тенденция к увеличению концентрации плотных зон. Вместе с тем даже при достижении интегральной плотности, близкой к предельной, четко прослеживается наличие локальной неоднородности системы за счет ее неравномерного уплотнения. Применение прессующего давления позволяет повысить интегральную плотность, но принципиального вида формирующийся структуры не меняет.

Оценка совокупности действия внутренних и внешних сил по величинам энергозатрат на формирование заданной структуры материала позволила оптимизиро-

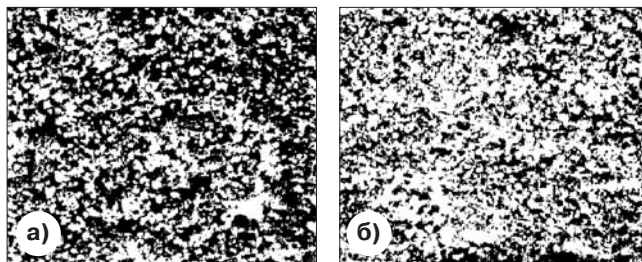


Рис. 4. Изменение структуры системы песок–цемент–микрокремнезем–вода при вибропрессовании: а) вибрированная; б) вибропрессованная

вать величины ускорений колебаний и прессующего давления, продолжительность и время его приложения. Установлено, что при определенных величинах вибропрессующих воздействий формируются устойчивые сводчатые структуры, препятствующие уплотнению смеси. Эффект сводообразования проявляется как у частиц заполнителя, так и в микрогетерогенных системах. Выполненные исследования позволили оптимизировать баланс вибрационного воздействия и прессующего давления, обеспечивающих разжижение смеси и создание условия дополнительного сжатия системы. При этом удалось сократить энергозатраты на вибропрессование в 5 раз, снизить величину прессующего давления более чем в 2 раза по сравнению с рекомендуемой на заводах.

Выполненные исследования позволили создать базу данных для получения качественных вибропрессованных бетонов с широким спектром свойств. Так, например, на основе цементов марки ПЦ500, фракционированных заполнителей, добавок микрокремнезема и суперпластификатора удалось получить экономичный бетон с прочностью в диапазоне 40–60 МПа, истираемостью менее 0,6 г/см<sup>2</sup>, водопоглощением менее 5% и морозостойкостью более F300. Разработанные составы бетона и режимы вибропрессования внедрены на ОАО «Воронежский завод ЖБИ».

#### Список литературы

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ. 2002. 500 с.
2. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2005. 134 с.
3. Уайтсайдс Д., Эйглер Д., Андерс Р. и др. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований М.: Мир. 2002. 294 с.
4. Перцев В.Т., Битюцкая Л.А. и др. Особенности морфологии наномодифицированного бетона // Сб. трудов конференции «Нанотехнологии – производству». Фрязино. 2005. С. 100–101.
5. Перцев В.Т., Пыльнев В.Г. Автоматизированная лабораторная виброустановка для испытания свойств бетонных смесей // Вестник БГТУ. 2003. № 6. С. 344–347.
6. Смирнов Б.М. Физика фрактальных кластеров. М.: Наука. 1991. 136 с.
7. Перцев В.Т., Шмитько Е.И., Головинский П.А. Роль дисперсности и влажности в процессах структурообразования дисперсно-зернистых систем // Изв. вузов. Строительство. 1998. № 6. С. 45–50.
8. Перцев, В.Т., Крылова А.В., Усачев С.М. и др. Исследование влияния плотных упаковок заполнителей и добавок модификаторов на свойства мелкозернистых бетонов // Сб. трудов конф. «Бетон и железобетон в третьем тысячелетии». Ростов н/Д. Т. 2. 2004. С. 471–480.
9. Головинский П.А., Перцев В.Т., Кузьменко Р.В., Алексеева Е.В. Релаксация плотности гранулированных систем при вибрации // Конденсированные среды и межфазные границы. 2001. Т. 3. №1. С. 18–21.





## Всероссийская научно-практическая конференция «Строительное материаловедение – теория и практика»



22–24 ноября 2006 г. в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ) прошла Всероссийская научно-практическая конференция «Строительное материаловедение – теория и практика», посвященная 80-летию кафедры МИИТ «Строительные материалы и технологии». В конференции приняли участие более 250 ученых и специалистов в области строительного материаловедения из Москвы, Санкт-Петербурга, Белгорода, Воронежа, Казани, Липецка, Новокузнецка, Пензы, Саранска, Твери и других городов России, а также ученые Украины и Грузии.

В докладах конференции «Строительное материаловедение – теория и практика» основное внимание было уделено одной из главных составляющих строительства – получению новых или модифицированных материалов, технологиям их изготовления, изучению свойств. Как отметил в пленарном докладе ведущий кафедрой «Строительные материалы и технологии» МИИТ член-корр. РАН, д-р техн. наук **Б.В. Гусев** (Москва), важнейшим рычагом технического прогресса является творческое использование опыта из различных областей научной и инженерной деятельности для повышения эффективности новых материалов и технологий, обеспечения экологической безопасности и комфортности помещений.

По-прежнему одним из основных строительных материалов является бетон, а вяжущим для его производства – цемент. Однако, как доложила д-р техн. наук **Т.В. Кузнецова** (РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва), в результате экономических преобразований, происходивших в стране последние 15 лет, производство цемента сократилось в два раза по сравнению с 1990 г. В настоящее время цементная промышленность представлена 58 заводами, большая часть из которых принадлежит крупным корпорациям. Высокая энерго-, материало- и трудоемкость производства

цемента требуют поиска других направлений снижения затрат. Одним из таких направлений, по мнению специалистов, для нашей страны является расширение использования активных минеральных добавок. Позитивные изменения, наметившиеся в 2005 г., привели к началу осуществления капиталовложений в отрасль. Тем не менее, как отметила Т.В. Кузнецова, необходима государственная программа, которая предусматривала бы кроме планов по техническому перевооружению и развитию отрасли также возрождение науки о цементе, подготовку кадров, в том числе и высшей квалификации.

Современной технологии бетона был посвящен доклад академика РААСН, д-ра техн. наук **Ю.М. Баженова** (МГСУ, Москва). Как отметил докладчик, в XX в. технология бетона прошла длинный путь от материала с ограниченными возможностями к многокомпонентным структурам с самыми разными свойствами, намного расширившими области применения бетонов, их номенклатуру, достигаемый технический и экономический эффект. Особенно заметный шаг был сделан в последние десятилетия, когда появились возможности управлять не только свойствами бетонной смеси, но и активно влиять на структурообразование бетона на всех этапах технологии. Значительный прогресс

в технологии бетона обусловлен появлением и широким применением различных высокоэффективных химических и минеральных добавок. В настоящее время производится около 1500 видов бетона. Дальнейшее развитие технологии бетона будет происходить, по мнению докладчика, в направлении применения все более тонких компонентов бетона и перехода к строительным композициям гидратационного твердения на основе ультрадисперсных компонентов и специальной технологии.

Современная технология и наука о бетоне, по мнению д-ра техн. наук **А.В. Ушерова-Маршака** (ХГТУСА, Харьков, Украина), невозможна без получения и использования корrekтной информации в виде компьютерных банков и баз данных о показателях свойств компонентов бетона, протекании гидратации и структурообразования в реальных производственных и эксплуатационных условиях. С целью получения необходимой информации методология бетона адаптирует фундаментальные исследовательские способы и средства для обоснования рецептурно-технологических решений. Например, адаптированные применительно к задачам бетоноведения методы калориметрии и получаемая информация были успешно применены в технологии сборного и монолитного железобетона. Один из



С докладом «Взаимодействие науки и техники различных областей – важнейший рычаг в создании новых материалов» выступает член-корр. РАН, д-р техн. наук Б.В. Гусев



О развитии технологии бетона на современном этапе и перспективных направлениях бетоноведения рассказал академик РААСН, д-р техн. наук Ю.М. Баженов



С современным состоянием и перспективами развития цементной промышленности России участников конференции познакомил д-р техн. наук Т.В. Кузнецова



ярких примеров — это создание информационной технологии «Термобет» изготовления массивных вентилируемых железобетонных контейнеров для хранения отработанного ядерного топлива системы «СХОЯТ», которая была применена на Запорожской атомной станции.

На секции «Теоретические основы строительного материаловедения» были заслушаны доклады по математическому моделированию структуры, изучению напряженно-деформированного состояния бетонов и слоистых материалов, проблемам прочности в предельном напряженном состоянии при зарождении и развитии трещин.

В своем докладе д-р техн. наук **Т.В. Ляшенко** (ОГАСА, Одесса, Украина) отметила, что эффективность материала на всех этапах его жизни, от рождения до утилизации, определяется обеспеченностью качества, которое должно быть заложено на этапе его разработки. Решить эту задачу без математической модели, связывающей свойства материала (его структурные, технологические и эксплуатационные характеристики, экологические, экономические и иные критерии) с множеством технологических факторов и условиями эксплуатации, невозможно. Многофакторные экспериментально-статистические (ЭС-) модели, получаемые по результатам оптимально планируемого эксперимента, получили широкое распространение в строительном материаловедении благодаря способности при относительной простоте построения охарактеризовать сложные многокомпонентные рецептурно-технологические системы. Достоинство полиномиальной формы ЭС-моделей — это и ее недостаток, потому что она затрудняет интерпретацию модели, зачастую не может вскрыть физическую сущность явлений. Этот недостаток смягчен в структурированных ЭС-моделях. Включение этих моделей в компьютерное строительное материаловедение как описание рецептурно-технологических полей свойств открывает новые возможности в этой области.

С историей кафедры и вкладе ученых кафедры в развитие строительного материаловедения позначкомил участников конференции д-р техн. наук **Л.М. Добшиц** (МИИТ, Москва). В 1926 г. в Московском институте инженеров транспорта (МИИТ) была образована кафедра «Строительные материалы». Первым заведующим кафедрой стал известный ученый П.В. Сахаров. Создание такой кафедры было обусловлено необходимостью подготовки строительных инженерных



О важности и необходимости информационного обеспечения современного бетоноведения и технологии бетона рассказал д-р техн. наук А.В. Ушеров-Маршак

кадров для обеспечения возрастающих объемов восстановления разрушенных в годы гражданской войны железных дорог и строительства новых магистралей. Несмотря на все трудности начального периода становления и реорганизации вуза, совпавшего с началом бурного развития промышленности в СССР, периода Великой Отечественной войны и восстановления народного хозяйства в послевоенные годы, кафедра «Строительные материалы» продолжала на высоком уровне готовить специалистов и вести научно-исследовательские работы. В эти годы кафедрой заведовали крупнейшие ученые страны в области строительных материалов — Б.Г. Скрамтаев, П.Н. Григорьев, А.Я. Тихонов. С 1962 по 1988 г. заведующим кафедрой был А.Е. Шейкин, который был основателем научной школы, занимающейся теорией прочности, упругости и пластичности бетона. В 1988 г. произошло объединение кафедр «Строительные материалы» и «Технология строительства зданий и сооружений на железнодорожном транспорте» в единую кафедру «Строительные материалы и технологии», которую возглавил В.И. Соломатов. Он внес существенный вклад в создание и развитие ряда научных направлений; им разработаны основы технологии полимербетонов на фурановых, эпоксидных, полиэфирных и других связующих; сформулирована полиструктурная теория композиционных строительных материалов на базе физико-химических, термодинамических, фрактальных представлений о строении вещества; положено начало строительной биотехнологии и т. д. Эти научные направления и в настоящее время развиваются учеными кафедры. В настоящее время кафедрой руководит член-корр. РАН, д-р техн. наук Б.В. Гусев, который дал импульс развитию новых научных направлений — исследования коррозии строительных материалов, разработки новых композиционных



Вопросы нанозифики и механики строительных композиционных материалов затронул член-корр. РААСН, д-р техн. наук А.Н. Бобрышев

строительных материалов, создания герметиков нового поколения. Свое 80-летие кафедра «Строительные материалы и технологии» встречает крепким, работоспособным научно-педагогическим коллективом, способным решать стоящие перед ним задачи.

На секциях «Вяжущие материалы и добавки» и «Бетоны на неорганическом и органическом вяжущем» были заслушаны доклады, посвященные различным модификаторам и добавкам в бетон; способам механоактивации вяжущих; получению цементов специального назначения; вяжущих для огнеупорных бетонов; минерально-шлаковым вяжущим и т. д. Традиционно значительное внимание уделяется вопросам проектирования составов и свойств бетонов для современного монолитного строительства, ремонтных составов и пр.

Большое количество докладов было посвящено теме, которая является наиболее актуальной и главной при строительстве, — стойкости и долговечности строительных материалов и изделий. По прогнозам экспертов 5–10% конструкций под действием коррозии ежегодно выходит из строя или требует ремонта. Поэтому комплексное изучение коррозии с использованием физических и математических методов остается актуальным направлением исследования. Другими направлениями исследований в этой области являются модификация свойств бетонов с целью увеличения их долговечности и стойкости, в том числе биостойкости; создание эффективных материалов вторичной защиты железобетонных конструкций и др.

Участники конференции вели живой диалог, активно обсуждали доклады, спорили. Все это, несомненно, доказывает важность и полезность проведения таких встреч.

**И.В. Козлова,**  
канд. физ.-мат. наук

# Исследования и технология цемента и материалов на его основе на наноуровне\*

Middendorf B., Singh N.B. Nanoscience and nanotechnology in cementitious materials // Cement International. 2006. № 4. Pp. 80–86.

Наука, изучающая наноструктуру и технологию, является широкой областью исследований, в которой контактируют различные области знания и которая в последние годы интенсивно развивается во всем мире.

Уникальность структурных характеристик, энергетики, чувствительности, динамики и химии наноструктур является неизведанной и представляет экспериментальный и концептуальный уровень для нового поля приложения нанонауки. Разработка соответствующих методов контроля свойств и реакций наноструктур может привести к созданию новых устройств и технологий. В таблице перечислены размеры типичных наноматериалов.

Строительство, и в том числе производство строительных материалов, может получить большую выгоду от применения нанотехнологии в автоматизации и роботизации производства и использования строительных материалов, при разработке смесителей, не имеющих движущихся частей, и самоуплотняющихся бетонов.

Идеальными кандидатами для применения нанопрограммируемого использования химических добавок в бетон может обеспечить максимальную эффективность на стройплощадке, а армирование цементного вяжущего трубками и стержнями с нанодиаментом может повысить эффективность используемого вяжущего с точки зрения предотвращения возникновения трещин и обеспечения роста прочности.

Применение исследований на наноуровне и нанотехнологии можно осуществлять тремя путями:

- приготовление и обеспечение определенных свойств наноматериалов;
- характеристика наноматериалов;
- объяснение известных процессов на наноуровне.

Уже изучено влияние на гидратацию портландцемента размера частиц доменного шлака и других минеральных добавок; установлено, что более мелкие частицы минеральных добавок реагируют быстрее и способствуют достижению большей прочности. Различные протекающие в цементе и бетоне процессы, как, например, кинетика гидратации, образование трещин и пор, взаимодействие цемента с минеральными добавками, образование C-S-H структуры, взаимодействие щелочи с кремнеземом и т. п., были подробно изучены, причем протекающие процессы трактовали, используя понятия макро- и микропереноса.

Однако в настоящее время эти процессы изучают на наноуровне с помощью растровой электронной микроскопии и других подобных методов. Благодаря использованию растровой электронной микроскопии стало возможным получить изображение большинства систем в естественном состоянии, что обеспечивает более достоверную информацию об их структуре на наноуровне.

Цементное тесто, являющееся вяжущим в бетоне и других материалах, состоит в основном из смешанного с водой портландцемента общего назначения. Гидратация цемента является экзотермическим процессом, который состоит из ряда сложных, определяющих его кинетику химических реакций. Минеральные и химические добавки также влияют на гидратацию. В цементном тесте доминируют гидросиликаты кальция (C-S-H), но также содержатся гидроксид кальция (CH), эттрингит (AFt), моносульфат (AFm) и небольшие количества других составляющих, таких как гидрогранат и т. п. В ходе гидратации содержание различных гидратных новообразований меняется, а структура переходит с наноуровня (гелевая структура гидратных новообразований) на микроуровень, соответствующий размеру цементных частиц и даже на миллиметровый уровень, соответствующий размеру заполнителя бетона. Поэтому возможность рассмотрения на наноуровне очень важна для понимания процесса гидратации.

Наноструктуры	Размер, нм	Материал
Кластеры Нанокристаллы Кванты	Радиус 1–10	Изоляторы Полупроводники Магнитные материалы
Другие наночастицы	Радиус 1–100	Керамические оксиды
Нанобиоматериалы Центры реакций фотосинтеза	Радиус 5–10	Белковые мембраны
Нанопроволока	Диаметр 1–100	Металлы, полупроводники, оксиды, сульфиды, нитриды
Нанотрубки	Диаметр 1–100	Углерод, молекулярные слои известкового налета
Нанобиостержни	Диаметр 5	ДНК
20 рядов из наночастиц	Площадь от нм <sup>2</sup> до мкм <sup>2</sup>	Металлы, полупроводники, магнитные материалы
Поверхности и тонкие пленки	Толщина 1–1000	Изоляторы, полупроводники, металлы, ДНК

\* Предлагаемая статья является сокращенным переводом публикации из журнала «Cement International».

Нанотехнология может предоставить возможность рассмотреть гидратацию частиц цемента и понять его наноструктуру. С помощью ядерного магнитного резонанса, используя пучок атомов азота, можно проследить взаимодействие частиц цемента вплоть до расположения атомов. Можно зафиксировать образовавшиеся в ходе реакции различные поверхностные слои. Так, поверхностный слой толщиной в 20 нм работает как полупроницаемая перегородка, которая позволяет воде проникать внутрь частицы цемента и выщелачивать ионы кальция.

Однако более крупные силикатные ионы цемента улавливаются за этим слоем. В ходе реакции под поверхностным слоем образуется силикагель (полимеризованные силикатные тетраэдры в виде геля, при отсутствии ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ), который вызывает набухание цементных частиц и приводит к разрушению поверхностного слоя. Это разрушение позволяет поглощать силикатные ионы и формировать C-S-H-гель, который связывает частицы цемента вместе и отвечает за прочность бетона.

Ричардсон детально рассмотрел наноструктуру C-S-H, образовавшуюся при восьмилетней гидратации  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  или порландцемента общего назначения при В/Ц = 0,4 при 20 и 80°C. Методом просвечивающей электронной микроскопии исследован C-S-H как в наружном, так и во внутреннем продуктах гидратации. Оказалось, что C-S-H внутреннего продукта, образованный из больших частиц  $\text{C}_3\text{S}$ , характеризуется морфологией, сложенной плотными мелкими частицами, а также скоплением мелких круглых частиц размером 4–6 нм. Волокна C-S-H внешнего продукта, по-видимому, состоят из большого числа длинных тонких частиц, расположенных вдоль одной линии. Минимальный диаметр этих частиц, так же как частиц внутреннего продукта, составляет около 3 нм, их длина может составить от нескольких до многих десятков нанометров.

Атомная микроскопия гладкой поверхности гидратированного алита показывает, что элементы дисперсной фазы (насыщенный известковый раствор является дисперсионной средой) существуют в виде агрегированных наночастиц C-S-H. Однако такая картина наблюдается, когда поверхность реального цементного теста контактирует с одним кристаллом кальцита. Гель C-S-H гидратированного цементного теста состоит из сети пластинок наночастиц, размер которых по результатам атомной микроскопии составляет  $60 \times 30 \text{ нм}^2$ , а толщина 5 нм.

C-S-H можно рассматривать как гель, но не обязательно аморфный. В пользу его кристаллического состояния свидетельствует наличие дифрактограммы, которая всегда наблюдается, если C-S-H получен из водной суспензии в системе  $\text{CaO-SiO}_2$  при гидратации  $\text{C}_3\text{S}$ . Все рефлексы на дифрактограмме широкие, уширение дифракционных линий связано с малым размером связанных участков или с наличием микродефектов либо с действием обоих факторов. Частицы C-S-H очень малы, и даже если они представляют собой один кристалл толщиной 5 нм, этот размер соответствует двум кристаллическим ячейкам. Практически все частицы C-S-H имеют наноразмер.

Установлено, что ввод в бетонную смесь наноразмерных частиц (обычно диаметром 100 нм) микрокремнезема оказывает существенное влияние на долговечность бетонной структуры. Установлено, что коллоидный кремнезем — микрочастицы диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), диспергированные в воде и стабилизированные диспергирующей добавкой из частиц еще меньшего размера, взаимодействует с гидроксидом кальция быстрее, чем микрокремнезем.

Добавка микрокремнезема действует на наноразмерные и по имеющимся данным повышает прочность материала при сжатии. Увеличение прочности можно объяснить заполнением пор мелкими частицами микро-

кремнезема и образованием дополнительных количеств C-S-H при пуццолановой реакции микрокремнезема с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Кроме того, введение в бетон микрокремнезема снижает величину усадки бетона, повышает его износостойкость и сцепление со стальной арматурой, также снижает проницаемость. В результате бетоны с добавкой микрокремнезема все больше используются в гражданском строительстве.

Интенсивно исследовалась эффективность добавки золы-уноса. В целом зола-унос не является однородным материалом: морфология, гранулометрия, содержание стеклофазы, а также вид кристаллической составляющей — муллита, кварца, гематита, магнетита и пр. могут изменяться в широком диапазоне. Обычно размер частиц золы-уноса в десять раз больше, чем частиц микрокремнезема. Ввиду того, что размер частиц микрокремнезема мельче, влияние ввода микрокремнезема как наполнителя и его пуццолановая активность при одинаковой дозировке выше, чем золы-уноса.

Углеродные нанотрубки можно рассматривать как модифицированный вид графита. Графит состоит из многих слоев углеродных атомов, связанных в листы из гексагональных пластин; связь между этими листами слабая, а внутри листов между атомами сильная.

При введении таких нанотрубок с диаметром, близким к толщине слоев C-S-H, в цемент наблюдается изменение его свойств. Установлено, что присутствие углеродных нанотрубок в количестве 1% массы цемента вызывает рост прочности при сжатии в 14 сут возрасте. Углеродные нанотрубки могут представлять собой либо однослойную трубку, либо многослойную из свернутых в трубку листов. Увеличение прочности при введении многослойных трубок выше, чем отдельных углеродных нанотрубок. Такой эффект объясняется тем, что многослойные углеродные трубки имеют по длине довольно большое количество дефектов. Однако отмечено, что введение небольшого количества отдельных углеродных трубок вызывает рост прочности высокоэффективного бетона. Таким образом, углеродные нанотрубки обладают способностью увеличивать прочность, но это увеличение не так существенно, если принять во внимание высокую стоимость нанотрубок.

Применение сложных материалов, которые становятся компонентом бетона в качестве носителя для суперпластификатора, широко используется в настоящее время. Для контроля скорости выделения суперпластификатора в бетон сделана попытка изготовить слоистые органические добавки, материал которых подобен слоистым гидроксидам в качестве основы. Из химии цемента известно, что гидраты трехкальциевого алюмината и четырехкальциевого алюмоферрита представляют собой слоистые материалы, сложенные гексагональными кристаллами. Эти гидраты, а также AFm-фаза относятся к семейству слоистых гидроксидов. Чередование слоев алюмината кальция позволяет совместно с нитробензолной и нафталинсульфоновой кислотами получить слоистую структуру. Такие исследования открывают новый путь синтеза нанокomпозитов, использующих полимерные частицы и слоистые материалы, при котором возможно контролировать влияние добавок на кинетику гидратации программированием времени их выделения из слоистых структур.

Таким образом, нанотехнология является необходимым инструментом для понимания различных процессов, протекающих при гидратации цементосодержащих материалов, — развития микроструктуры, взаимодействия минеральных и химических добавок с цементосодержащими материалами и гидратными новообразованиями и т. д. Формирование материалов нанокomпозитным включением (интеркалированием) может обеспечить возможность для разработки химических добавок, выделяющихся в бетон на строительной площадке.



В.С. ЛЕСОВИК, д-р техн. наук, М.А. ВЫСОЦКАЯ, канд. техн. наук,  
В.В. ЯДЫКИНА, д-р техн. наук, Д.А. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## **Нанотехнологии в дорожно-строительной индустрии**

подавляющая часть покрытий проезжей части автомобильных дорог общего пользования в России построена с использованием органических вяжущих материалов. В подобных конструкциях дорожной одежды битум является одним из важнейших компонентов, определяющих работоспособность и долговечность композита. В силу определенных особенностей развития экономики страны, связанных с бурными темпами гражданского и промышленного строительства, цементобетонные покрытия автомобильных дорог составляют чуть более 3%, что на наш взгляд является недопустимым.

Общеизвестно, что Россия занимает лидирующие позиции по объемам добычи и экспорта нефти. Это совершенно закономерно, так как в недрах страны находится, по разным данным, от 6 до 13% нефти. Однако нефть относится к невозполнимым ресурсным запасам, а снижение объемов их прироста во многих нефтедобывающих регионах мира, в том числе на территории России, вызывает необходимость интенсивной разработки технологий, сокращающих расход битума в процессе приготовления композита, а также вовлечения в хозяйственный оборот альтернативных источников вяжущего сырья. Особенно эта проблема актуальна в свете ведущихся разработок в области нефтехимии.

По самым смелым прогнозам специалистов запасы нефти будут исчерпаны через 20–30 лет. Однако в соответствии с наметившейся тенденцией дорожное строительство лишится возможности использовать битум в качестве основного вяжущего материала значительно раньше.

В соответствии с Транспортной стратегией РФ на период до 2020 г. к наиболее поощряемым и перспективным направлениям исследований относятся разработки транспортных энергетических установок, ориентированных на применение альтернативных видов топлива, а также гибридных энергетических установок. Действительно, есть о чем задуматься, особенно если учесть ажиотаж, периодически возникающий в странах Европы в связи с повышением цен на нефтепродукты. Очевидно, что в сложившихся обстоятельствах получение битумов для дорожного строительства из нефти не самый острый вопрос, назревший в мировом сообществе.

Сложившуюся нерадостную картину можно дополнить несколькими штрихами экологического характера. В настоящее время производство материалов на основе битума в развитых странах значительно сокращается и по возможности переводится в третьи страны. Это связано с тем, что для работы с битумом необходим его разогрев до технологических температур, в результате чего выделяются пары ядовитых веществ. Очевидно, с этим связаны особенности в организации труда дорожных фирм Новой Зеландии, экологически чистого региона, на территории которого недопустимо приготовление горячих асфальтобетонных смесей. Все дорожно-строительные операции базируются на использовании битумной эмульсии.

Достижения в области техники позволяют создавать новые виды углеводородных, арамидных и других волокон, по прочности и деформативным показателям превышающих свойства стали. Использование этих нитей в композиционных материалах позволит обеспечить новый уровень технологии. В ближайшем будущем следует ожидать развитие нанотехнологий в строительстве.

Совершенно очевидно, что существующие основы материаловедения, в том числе дорожно-строительного, в свете новых научных направлений и практических потребностей постепенно устаревают. В истории разработки составов, технологий производства и эксплуатации асфальто- и цементобетонных конструкций наблюдается переломный момент. Эти композиты еще имеют право на жизнь, но они рудимент материаловедения. Уже разрабатывается уникальная технология [2], позволяющая создавать материалы с уникальными свойствами – листы полимера, гибкие и упругие, как резина, и проводящие ток как металл; нанотрубки, прочные как сталь.

Ученые настолько увлечены открывающимися перспективами, что даже в технологии приготовления асфальтобетона имеются попытки управлять структурой композита за счет варьирования дисперсностью частиц в битумных эмульсиях [3]. Полученные результаты обнадеживают: прослеживается позитивное изменение физико-механических свойств асфальтобетона с уменьшением размеров частиц дисперсной фазы битумных эмульсий.

Другим, не менее перспективным направлением на пути экономии битума и, возможно, создания альтернативного вида вяжущего является использование отработанной резины. Разработанный метод высокотемпературного сдвигового измельчения [4] позволяет получать из резины тонкий полимерный порошок, выступающий не в качестве наполнителя, а как компонент химического процесса структурообразования композита.

Вероятно, на ближайшую перспективу идеальной конструкцией покрытия автомобильной дороги будет представлять собой двухъярусную систему. Нижний ярус – композит на основе неорганических вяжущих материалов или мелкозернистый бетон, обеспечивающий высокую несущую способность и прочность системы. Верхний тонкий или ультратонкий слой из эластичных деформативных материалов на основе нетрадиционных в настоящее время композиционных вяжущих с использованием нанопорошковых модификаторов будет обеспечивать комфортабельность и безопасность передвижений по автомобильной дороге.

Для поиска модификатора, который позволил бы уменьшить толщину слоя органоминерального покрытия с сохранением всех его свойств и признаков, была предпринята попытка замены минерального порошка для асфальтобетона известковокальциевым микронаполнителем с содержанием оксида кальция в количестве 30–40% от массы наполнителя [5]. Было установлено, что основным отличием межмолекулярного

взаимодействия в асфальтовых системах, содержащих оксид кальция, является формирование коагуляционно-конденсационной структуры композита, связывающей отдельные зерна порошка или их агрегаты в каркас. В результате межпоровое пространство органиноминерального композита оказывалось как бы армированным новообразованиями, за счет чего стало возможным снизить толщину слоя, увеличить прочность, тепло- и сдвигоустойчивость, деформативную способность, а также долговечность и коррозионную стойкость подобного композита.

Опыт строительства дорог с использованием органического вяжущего насчитывает не один десяток лет, поэтому моментальный отказ от сложившихся технологий и технологических приемов невозможен. Однако стремления авторов использовать мелкие и ультрамелкие модификаторы для регулирования свойств строительных материалов на молекулярном уровне являются теми небольшими шагами, которые должны вывести строительное материаловедение на качественно иной уровень.

Приведенные выше работы не имеют отношения к нанотехнологиям, однако их существование свидетельствует о назревающем поворотном моменте в материаловедении и разработке новых материалов, обладающих заданными показателями свойств, на основе эффективных вяжущих, синтезированных при помощи нанотехнологий.

Действительно, нанотехнологии позволяют придать конструкционным материалам весьма разнообразные свойства. Один из основных законов развития техники приводит к тому, что все больше функций, обычно возлагаемых на устройство, будут выполнять сами материалы. Область материаловедения существенно изменится — появятся так называемые умные материалы, сверхпрочные, сверхлегкие и негорючие (на основе алмазоида) материалы. По предварительным прогнозам [2] нанотехнологии произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую произвели компьютеры в манипулировании информацией.

Сейчас сложно что-то прогнозировать. Для внедрения в дорожно-строительную индустрию сверхтонких технологий необходимо значительно повысить уровень производства и качество выполнения работ. Однако хочется верить, что нанотехнологии найдут развитие и применение в дорожно-строительном материаловедении и станут отправным пунктом в новую эпоху человечества.

**Список литературы**

1. Документ. Транспортная стратегия РФ на период до 2020 года // Дороги России XXI века. 2005. № 1. С. 4–23.
2. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2005. 134 с.
3. Тыртышов Ю.П., Скориков С.В., Печеный Б.Г. Влияние гранулометрического состава дисперсной фазы на свойства битумных эмульсий и асфальтобетонов // Строит. материалы. 2005. № 8. С. 42–43.
4. Руденский А.В., Хромов А.С., Марьев В.А. Применение резиновой крошки для повышения качества дорожных битумов и асфальтобетонов. // Дороги России XXI века. 2005. №1. С. 72–77.
5. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Лесовик В.С., Высоцкая М.А. Влияние известьсодержащего минерального порошка на коррозионную устойчивость асфальтобетона. // Потенциал науки – развитию промышленности, экономики, культуры, личности: Материалы межд. научн.-техн. конференции. В 2 т. Т. 2. Мн.: УП «Технопринт». 2002. С. 70–74.

**Компания "ВНИИР"**

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



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

**СТРОИТЕЛЬНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

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



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

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



Комплексные передвижные лаборатории



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

Реклама

Е.И. ЕВТУШЕНКО, д-р техн. наук, И.Ю. МОРЕВА, инженер,  
В.А. ДОРОГАНОВ, М.С. АГЕЕВА, Е.И. ХОДЫКИН, кандидаты техн. наук,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Искусственные керамические вяжущие суспензии на основе кремнеземсодержащих материалов

Одним из путей совершенствования производства керамических изделий может стать применение сырья, подготовленного геологическими или техногенными процессами, т.е. материалов, обладающих большим запасом внутренней энергии, которая может быть эффективно использована на стадиях подготовки и обжига [1]. При создании малоотходных ресурсосберегающих технологий учет структурной и фазовой нестабильности подобного природного и техногенного сырья позволяет осуществлять выбор оптимальной технологии их переработки и использования, сокращать затраты энергии на измельчение материалов и синтез готовых композитов [2].

Достаточно распространенным способом подготовки сырьевых материалов является механическая активация, в частности мокрый помол. По интенсивности воздействия на материал в наибольшей степени этот процесс реализуется в технологии высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС) [3]. Водные условия помола вследствие эффекта Ребиндера приводят к тому, что изменение активности и повышение суммарной энергии материала происходит за счет увеличения удельной поверхности. При этом внутренняя энергия частиц снижается. При значительном измельчении материала его реакционная способность будет определяться наличием частиц менее 0,1 мкм (коллоидные частицы).

Известно получение ВКВС на основе стабилизированных кристаллических материалов и метастабильного стекла [3, 4]. В качестве сырья при помоле традиционно

используются кварц и кварцевое стекло, корунд, шамот различного состава. Такие материалы нашли применение в технологии огнеупоров, технической и тонкой керамики. Однако процессы формирования ВКВС из структурно-нестабильных кристаллических материалов до настоящего времени детально не исследовались.

В данной работе исследовалась возможность получения ВКВС из генетически и термоактивированных кварцсодержащих материалов. Можно предположить, что измельчение таких материалов по технологии ВКВС позволит увеличить скорость помола.

В работе использованы стабильный кристаллический хорошо изученный материал – кварцевый песок, а также активированные отходы обогащения железистых кварцитов и кварцитопесчаник (отходы горнорудного производства Курской магнитной аномалии).

Отходы обогащения железистых кварцитов (ОЖК) представляют собой тонкодисперсный техногенный песок, образующийся при обогащении железных руд в результате их дробления и мокрой магнитной сепарации. Кроме кварца (60–70%) они содержат примеси магнетита, гематита, иллита, полевого шпата, роговой обманки. Непосредственная активация ОЖК по технологии ВКВС невозможна из-за присутствия в них глинистых примесей, поэтому материал подвергался предварительной термической обработке. По данным РФА при обжиге в интервале температур 1050–1150°C происходят существенные структурные изменения: разложение иллита, роговой обманки, начинается образование β-кристаллита, происходит усиление интенсивности пиков, характерных для гематита и магнетита. Имеет место внедрение оксидов железа в структуру кварца. После термообработки основные компоненты ОЖК находятся в активированном состоянии.

Кварцитопесчаники представляют собой мелкозернистую породу метаморфического происхождения, которая формируется в условиях высоких температур и давления. Породообразующий минерал кварц имеет ряд особенностей, в частности обладает серией структурных дефектов. По данным химического анализа, содержание кварца составляет 75–95%. Остальные минералы представлены мусковитом, биотитом, реже хлоритом [1]. Исследуемый кварцитопесчаник является генетически активированным материалом и обладает большим запасом внутренней энергии, поэтому предположительно может быть достаточно активен без предварительной термообработки.

Помол материалов производился по технологии ВКВС в шаровой мельнице объемом 50 л. Как и предполагалось, помол активированных материалов происходил быстрее традиционно используемого в керамической промышленности кварцевого песка.

Характеристики	Исследуемые суспензии		
	ВКВС кварцевого песка	ВКВС ОЖК	ВКВС кварцитопесчаника
Время помола, ч	18	12	11
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2130	2120	2040
Время истечения через 30 с, с	313	210	167
Коэффициент загустевания	1,08	–	1,7
Остаток на сите 0063, %	1,5	0,12	0,17
Влажность, %	13	22	19
Объемная концентрация твердой фазы	0,68	0,67	0,63



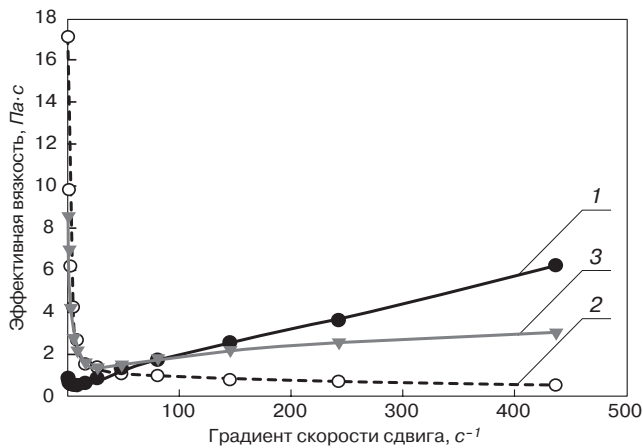


Рис. 1. Реологические характеристики ВКВС на основе кварцсодержащих материалов: 1 – кварцевый песок; 2 – ООЖК; 3 – кварцитопесчаник

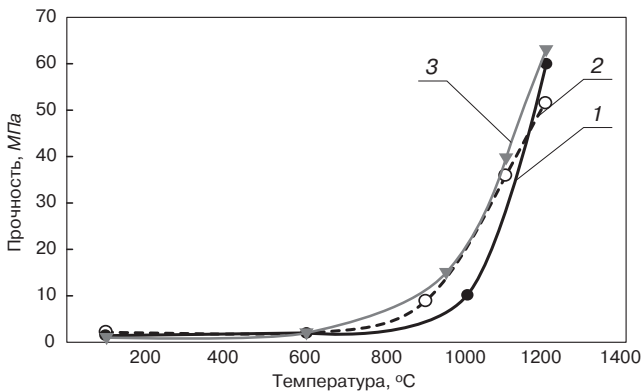


Рис. 2. Прочностные характеристики образцов керамики на основе ВКВС из кварцсодержащих материалов: 1 – кварцевый песок; 2 – ООЖК; 3 – кварцитопесчаник

Установлено, что в отличие от ВКВС кварцевого песка, которая проявляет типичные дилатантные свойства, ВКВС кварцитопесчаника имеет тиксотропно-дилатантный, а ВКВС ООЖК – тиксотропный характер течения (рис. 1) и быстро загустевает. Сравнительные характеристики суспензий представлены в таблице.

По данным лазерной гранулометрии, исследуемые суспензии имеют полифракционный состав. Характер активирования ООЖК (термообработка) и кварцитопесчаников (генезис) связан преимущественно с полиморфными переходами кварца, что приводит при помолу к увеличению содержания фракции 1–4 мкм.

Важно отметить, что концентрация твердой фазы, характер взаимодействия между частицами и течения суспензии может регулироваться изменением количества и времени дозгрузки материала, особенностями ввода электролитов. При этом формируется более оптимальный гранулометрический состав, а также высокая плотность и улучшенные реологические характеристики суспензии.

Для оценки способности к спеканию полученных суспензий были изготовлены отливки в гипсовые формы 3×3×3 см, которые подвергались обжигу при температурах 600–1200°С. Установлено, что интервал спекания суспензий на основе активированных материалов существенно шире (рис. 2), чем ВКВС кварцевого песка, и составляет около 500°С (700–1200°С). Полученные искусственные вяжущие могут быть использованы в сочетании с заполнителем при получении изделий по керамобетонным технологиям, а также в составе традиционных керамических масс. В последнем случае суспензии на активированных кварцсодержащих материалах могут вводиться в плиточные массы в количестве 15–30% при полной замене кварцевого песка, а также при сокраще-

нии расхода плавней и глинистого сырья. Искусственные вяжущие обеспечивают достаточную прочность сырца на стадии формования и сушки, а при обжиге – равномерное спекание до водопоглощения менее 1%.

Таким образом, на основе активированных, структурно нестабильных материалов возможно получение искусственных керамических вяжущих, обладающих спекаемостью в широком интервале температур (700–1200°С). Синтезированные вяжущие могут быть использованы для совершенствования технологии производства разнообразных керамических изделий, в частности плитки для внутренней облицовки стен, плитки для пола, в том числе получаемой из разноцветных пресс-порошков, при сокращении расхода плавней и глинистого сырья.

#### Список литературы

1. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов. 2006. 526 с.
2. Евтушенко Е.И. Активационные процессы в технологии строительных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. 209 с.
3. Пивинский Ю.Е. Керамические вяжущие и керамобетоны. М.: Металлургия. 1990. 269 с.
4. Пивинский Ю.Е. Теоретические аспекты технологии керамики и огнеупоров. СПб: Стройиздат. 2003. Т. 1. 544 с.
5. Кравцов Е.И., Плехотина Ю.Н., Дороганов В.А., Евтушенко Е.И. Исследование влияния процессов активации на свойства борно-циркониевых глазурей // Современные проблемы строительного материаловедения: Материалы III Междунар. науч.-практич. конф.-шк.-сем. молод. учен., аспирант. и докторантов. Белгород: Изд-во БелГТАСМ. 2001. С. 207–210.

14-17 МАРТА 2007  
РОСТОВ-НА-ДОНУ

СТИМЭкспо

## СТРОИТЕЛЬНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ ФОРУМ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ:

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА  
ВОДА. ТЕПЛО  
ГОРОД-ЖКХ



ВЦ «ВЕРТОЛЭКСПО», 344068, РОССИЯ,  
Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ, ПР. М. НАГИБИНА, 30  
ТЕЛ./ФАКС: (863) 237-25-63, 292-40-85, 268-77-20,  
E-MAIL: STROYEXPO@VERTOLEXPO.RU

Генеральный информационный спонсор:  
Информационная поддержка:

Стройка  
ГРУППА ГАЗЕТ  
www.nov.ru

М.Е. ЮДОВИЧ, канд. хим. наук, А.Н. ПОНОМАРЕВ, канд. техн. наук, П.В. ВЕЛИКОРУССОВ, С.В. ЕМЕЛИН, инженеры, ООО «НТЦ Прикладных нанотехнологий» (Санкт-Петербург)

## Регулирование свойств пластичности и прочности бетонов

В последние десятилетия в строительной химии появились новые виды пластифицирующих добавок в бетоны, основанные на использовании поликарбосилатов и их производных, отличающихся чрезвычайно высокой пластифицирующей способностью [2]. Однако их широкое применение сдерживается весьма значительной стоимостью – более 3–8 амер. долларов за килограмм. В этих условиях актуальной задачей является поиск и исследование путей снижения концентраций пластификаторов, вводимых в бетонные смеси. Данная работа посвящена изучению возможности улучшения потребительских свойств пластификаторов за счет их модификации [1] фуллероидными нанодобавками.

В работе исследовались свойства пластификаторов VP 2500, VP 2453 (Германия), FK-48, FK-63 (Россия – Германия), С-3 (Россия), Stachement 2000 (Австрия), Cementol Zeta Super-5 (Чехия), Sika Visconcrete 5-800 (Словакия), модифицированных несколькими типами фуллероидных наномодификаторов [3]. В качестве фуллероидных наномодификаторов использованы полностью синтетический наномодификатор – Астралены™, обозначаемый далее как NTC [4]; наномодификатор на минеральной углеродсодержащей основе – NTD (NTD0); наномодификатор на минеральной основе, допированный Астраленами – NTD1 (1% Астраленов) производства ООО «НТЦ Прикладных нанотехнологий».

Во всех случаях при введении наномодификаторов было зафиксировано улучшение свойств пластификаторов рассмотренных марок.

Модификация состава VP 2500 проводилась с помощью микроколичества фуллероидного наномодификатора марки NTC.

В основном изучались пластифицирующие свойства модифицированного VP 2500, прочность конт-

ролировалась на образцах-балочках 40×40×160 мм. Твердение цементно-песчаной смеси происходило на воздухе при относительной влажности около 90% и комнатной температуре в течение 14 сут. Пластифицирующие свойства измерялись по величине расплыва конуса и прочности при сжатии и изгибе до разрушения по ГОСТ 310.4–81. В качестве модельной была выбрана смесь состава цемент : песок = 1 : 2 при постоянном водоцементном соотношении, равном 0,37. Модуль крупности песка составил  $M_k=2,7$ . Для изготовления образцов использовался цемент ПЦ400Д0.

Углеродный наномодификатор вводился в объем суперпластификатора VP 2500 и диспергировался с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-А, при этом были получены устойчивые суспензии. В табл. 1 приведены измеренные показатели пластичности и прочности.

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что при введении в пластификатор VP 2500 микроколичества фуллероидного модификатора наблюдается увеличение его пластифицирующих свойств.

Далее основное внимание было уделено исследованию наномодификаторов NTD1 и NTD0. Это связано с тем, что эти наноматериалы значительно дешевле и доступны в больших количествах, хотя и требуют большей дозировки.

Был исследован широкий интервал концентраций наномодификаторов от 0,001 до 0,03% массы цемента. Проведенные эксперименты позволили установить, что при введении наномодификаторов в количестве 0,01 (табл. 2) и 0,013% массы цемента наблюдается максимальный эффект действия фуллероидных наномодификаторов.

Аналогичные результаты влияния наномодификаторов на пластифицирующие свойства суперпластификаторов были получены для VP 2453, FK-48, FK-63, С-3.

Таблица 1

Добавки в цементно-песчаную смесь		Расплав конуса, мм	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа
VP 2500, % массы цемента	NTC, % массы цемента			
0	0	110	7,52	37,4
0,25	0	157	7,81	47
0,75	0	191	7,6	45,8
0,75	0,005	210	8,1	54,2
0,75	0,001	221	7,56	51,8
0,75	0,0005	209,5	8,14	41,7
0,4	0,0005	204	7,89	56
0,25	0,001	197	8,09	51,5
1,05	0,005	208,5	7,95	34,9

Таблица 2

Пластификатор, % массы цемента	Увеличение распыла конуса / увеличение распыла в %*	
	NTD0	NTD1
Stachement 2000, 0,5%	43/102	–
Cementol Zeta Super-5, 0,5%	–	–
Sika Visconcrete 5-800, 0,5%	22/55 (37,1 МПа)**	–
Sika Visconcrete 5-800, 1%	30/35 (35,4 МПа)**	37/66 (36,8 МПа)**
Sika Visconcrete 5-800, 1,5%	17/44	–

\* Разность распылов конуса при использовании наномодификатора и без него/та же величина, отнесенная к величине распыла конуса при использовании только суперпластификатора.  
 \*\* Среднее значение прочности при сжатии для образца с немодифицированным пластификатором составляет 30,3 МПа.

На производстве использование настоящего эффекта может сводиться к следующему. На растворном узле с помощью небольшой ультразвуковой ванны приготавливается суспензия углеродсодержащего порошка в смеси 1:1 пластификатора с водой. Суспензия содержит 1% мас. углеродсодержащего нанопорошка и является по сути концентратом, который в рассчитанном количестве добавляется в воду затворения. Время жизни суспензии составляет 5–8 ч.

Направление практического применения исследованного эффекта может быть в снижении расхода пластификатора на 50–60% без ущерба для показателей удобоукладываемости цементной смеси; в увеличении прочности за счет снижения В/Ц на 15–20%.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 06-08-00246а.

**Список литературы**

1. Пономарев А.Н. Технологии микромодификации полимерных и неорганических композиционных материалов с использованием наномодификаторов фуллероидного типа // Тр. Международной конференции ТПКММ, Москва, 27–30 августа 2003. С. 508–518.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат. 1990. С. 132.
3. Гунаев Г.М., Ильченко С.И., Алексахин В.М. и др. Фуллероидные наноматериалы – активные структурные модификаторы полимеров и полимерных композитов // Пластмассы. №10. 2003. С. 15–18.
4. Пономарев А.Н., Никитин В.А. Полиэдральные многослойные углеродные наноструктуры фуллероидного типа. Патент РФ на изобретение № 2196731 // Оpubл. 20.01.2003.



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

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

**ПГМ-100 / ПГМ-500 / ПГМ-1000**

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



**ПОС-30(50)МГ4 "Отрыв"**

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



**ИПС-МГ4.03**

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



**ПСО-МГ4**

Измерители прочности сцепления защитных и облицовочных покрытий с основанием по ГОСТ 28089, ГОСТ 28574, а также усилия вырыва анкерных болтов и тарельчатых дюбелей.  
Максимальное усилие отрыва:  
ПСО-2,5МГ4.....2,45кН (250кгс)  
ПСО-5МГ4.....4,9кН (500кгс)  
ПСО-10МГ4.....9,8кН (1000кгс)



**ПОС-50МГ4 "Скол"**

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



**Влагомер-МГ4У**

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



**ПОС-2МГ4П**

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



**ИПА-МГ4**

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



**ИТП-МГ4 «100/250»**

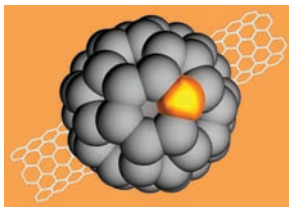
Измерители теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.  
Диапазон.....0,02...1,5 Вт/м·К



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

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





### III специализированная выставка нано- технологий и материалов NTMEX-2006

5–7 декабря 2006 г. в Москве в Универсальном выставочном зале здания Правительства Москвы проходила III специализированная выставка нано- технологий и материалов NTMEX-2006. Организатором выставки выступила компания МКМ ПРОФ при поддержке Департамента науки и промышленной политики города Москвы, Московского комитета по науке и технологиям. Выставка занимала площадь 800 м<sup>2</sup>, и в ней приняли участие более 60 организаций, предприятий и учреждений. За время работы выставку посетили около 2500 специалистов из разных регионов России, а также из Китая, Северной Кореи, Чехии, Голландии, Италии, Литвы.



Открытие конференции

ных средах, комплексных и знакопеременных нагрузках и т. п.), является одной из важнейших проблем современной науки, одинаково актуальной для любой гражданской отрасли народного хозяйства.

ЗАО НПКФ «МаВР» представило на выставке новые виды огнеупорных и теплозащитных материалов и покрытий, обладающих более высокими эксплуатационными свойствами и характеристиками по сравнению с традиционными. На базе технологии холодного вспучивания (СВС) неорганических композиций ЗАО НПКФ «МаВР» создало гамму новых неформованных огнеупорных и теплозащитных материалов и покрытий: сухих технологических смесей для получения тонких керамических СВС-покрытий; сухих технологических смесей для формирования на рабочих поверхностях штучных изделий и огнеупорных бетонов толстостенных (4–10 мм) керамических обмазок; сухих технологических смесей для приготовления ремонтно-восстановительных растворов; сухих технологических смесей для приготовления методом холодного вспучивания огнеупорных легких (плотностью 500–1200 кг/м<sup>3</sup>) и особо легких (200–500 кг/м<sup>3</sup>) ячеистых бетонов; сухих технологических смесей для приготовления клеевых составов и мастик для склейки теплозащитных пористых жесткоформованных и волокнистых материалов.

На стенде Нижегородского центра наноиндустрии были представлены направления развития наноиндустрии на базе научно-промышленного комплекса региона: технология производства новых лакокрасочных материалов и клеев на основе нанотехнологий; золь-гель-технология для ликвидации карстовых полостей; модифицирование реологических и физико-механических свойств композиций на основе олигомеров и полимеров с применением



На круглых столах, проходивших в рамках выставки, активно обсуждались аспекты применения достижений нанотехнологий в городском хозяйстве

Специализированная выставка нано- технологий и материалов NTMEX охватила широкий спектр тематических разделов: наноматериалы и технологии; технология и оборудование для производства наноматериалов; модули и оригинальные компоненты на основе наноматериалов; услуги в области нанотехнологий; наноматериалы для компонентов и микросистем; применение нанотехнологий в областях городского хозяйства; готовая продукция с использованием нанотехнологий и наноматериалов.

Уникальные нанотехнологии наряду с информационными и биотехнологиями являются фундаментом происходящей на наших глазах научно-технологической революции, сравнимой и, возможно, превосходящей по своим масштабам преобразования в технике и обществе, вызванные крупнейшими научно-техническими открытиями XX в.

Создание новых огнеупорных и теплозащитных материалов и покрытий, работающих в экстремальных условиях (при высоких температурах и скоростях обдува двухфазных потоков, в агрессив-



Стенд Нижегородского регионального центра наноиндустрии пользовался популярностью у посетителей

золь-гель-технологии и создание органо-неорганических материалов; улучшение физико-механических свойств бетонных изделий с помощью наноматериалов, а также разработки для электроники, металлургии и других отраслей.

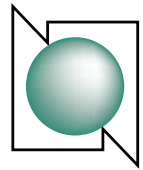
На выставке были представлены компании, разрабатывающие приборы для проведения исследований в нанометровом диапазоне, – это ЗАО «НТ-МТД» (Зеленоград, Москва), ООО «НПП Центр перспективных технологий», ООО «СИАМС» (Екатеринбург) и другие.

Не осталась в стороне вузовская наука. Свои разработки в области нанотехнологий представили 14 классических и технических университетов из Москвы, Санкт-Петербурга, Таганрога, Твери и Томска.

В рамках насыщенной деловой программы прошли круглые столы, презентации по вопросам применения нанотехнологий и наноматериалов в медицине, биологии, электронике, строительстве и городском хозяйстве.

**И.В. Козлова,**  
канд. физ.-мат. наук

# Научно-практическая конференция «Нанотехнологии – производству 2006»



29–30 ноября 2006 г. в наукограде Фрязино (Московская обл.) состоялась III Научно-практическая конференция «Нанотехнологии – производству 2006». В работе конференции приняли участие более 320 участников из 53 городов России, а также из Белоруссии, Украины и Азербайджана – ученые и специалисты 45 институтов РАН и отраслевых институтов, 34 университетов, 60 предприятий различных отраслей промышленности. Вниманию участников было представлено 57 устных и 75 стендовых докладов по различным направлениям прикладной нанотехнологии. Организаторами конференции выступили Федеральное агентство по промышленности, Торгово-промышленная палата РФ, Министерство промышленности и науки Московской области, администрация г. Фрязино, ЗАО «Концерн НАНОИНДУСТРИЯ».

На открытии конференции выступил министр промышленности и науки Московской области **В.И. Козырев**, который рассказал о развитии работ по использованию нанотехнологии в различных отраслях промышленности и медицине в регионе.

С докладом «Регионы: шаги наноиндустрии» выступил главный конструктор Роспрома по направлению «Наноиндустрия», генеральный директор ЗАО «Концерн НАНОИНДУСТРИЯ» **М.А. Ананян**, в котором он отразил состояние работы по практическому внедрению нанотехнологий в различные сферы экономики России, сообщил о формировании региональных центров наноиндустрии, призванных содействовать внедрению разработок на предприятиях регионов. В настоящее время в 19 городах России завершается создание таких центров и есть примеры промышленных и полупромышленных реализаций разработок в области нанотехнологии. Например, в Тамбове введена в строй первая в России промышленная установка по производству 3 тонн углеродных нанотрубок в год. Главный замысел создания региональных центров заключается в том, каждый региональный центр на основе анализа проблем промышленных предприятий региона может активно участвовать в инновационных процессах для их решения, опираясь на весь потенциал созданной сетевой структуры.

Разработка промышленных способов получения наноструктурированных углеродных материалов активизирует исследования по их применению в различных отраслях. Так, сообщил канд. техн. наук **А.Г. Ткачев** (Тамбов), уже ведутся работы по исследованию возможности применения углеродного наноструктурированного материала «Таунит» в качестве носителя для катализатора, адсорбентов, фильтров, для создания электропроводящих красок и композитов на основе латекса, модификаторов бетона.

В докладе д-ра техн. наук **С.Б. Нестерова** (Москва) «Криогенная техника, вакуумная техника и нанотехнология – три кита, на которых держится мир высоких технологий» был дан анализ тенденций развития криогенной, вакуумной техники и нанотехнологий и на основе проведенного анализа показано, что современный этап развития технологий опирается на криогенную технику, вакуумную технику и нанотехнологию.

Несмотря на кажущуюся большую дистанцию между тонкими технологиями, применяющимися в электронной промышленности, медицине, биологии, металлургии, и многотоннажными и порой несовершенными технологиями производства строительных материалов, все больше внимание уделяется разработчиками наноматериалов и наносистем промышленности строительных материалов. Это нашло отражение в докладах, прозвучавших на конференции.

В ряде докладов были представлены разработки оборудования для измельчения. Измельчение широко применяется во многих отраслях промышленности, в том числе строительной. В результате применения измельчительного оборудования нового поколения, по мнению канд. хим. наук **Г.Г. Черник** (Санкт-Петербург), можно достичь не только уменьшения размера частиц, но и получить механически активированные наноструктурированные порошки. Свойства порошков, полученных в высокоэнергонапряженных мельницах, будут отличаться от свойств порошков такой же дисперсности, полученных другими способами. Однако при выборе измельчителя в первую очередь надо учитывать не столько возможность максимально тонкой степени измельчения, сколько экономическую целесообразность высокой степени измельчения в зависимости от достигаемого технологического или технического эффекта.

С перспективными разработками малотоннажных технологических модулей для комплексной переработки природных и техногенных материалов познакомил слушателей д-р техн. наук **В.С. Севостьянов** (Белгород).

В докладах, прозвучавших на конференции, были представлены технологии и оборудование для получения различных наноматериалов, приборы для исследования наноразмерных объектов, обсуждались вопросы коммерциализации разработок ученых. Участники конференции продемонстрировали большую готовность конкурировать в области качества с зарубежными разработчиками. Однако было отмечено, что одной из сдерживающих развитие наноиндустрии проблем является недостаточная производительность оборудования и отсутствие квалифицированных кадров. В этих условиях необходима единая государственная программа, объединяющая усилия ученых и специалистов в этой области, подготовки кадров.

**И.В. Козлова,**  
канд. физ.-мат. наук



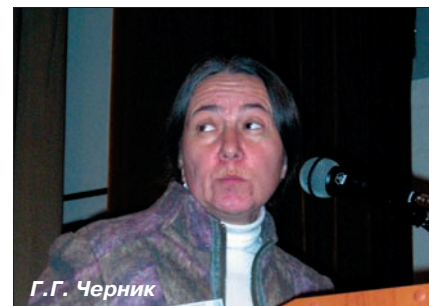
В.И. Козырев



М.А. Ананян



А.Г. Ткачев



Г.Г. Черник



В.С. Севостьянов



Ю.И. КАЛГИН, канд. техн. наук, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет; В.Т. ЕРОФЕЕВ, д-р техн. наук, чл.-корр. РААСН, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева (г. Саранск)

## Разработка и исследование литого асфальтобетона на битумно-каучуковом вяжущем

Литой асфальтобетон представляет собой смесь щебня, песка, минерального порошка и вязкого битума марок БНД 40/60 или БНД 60/90. У литых асфальтобетонов в отличие от других горячих асфальтобетонов все межзерновые поры заполнены асфальтовым вяжущим. Соотношение битум/минеральный порошок в литом асфальтобетоне несколько больше, чем в асфальтовом вяжущем обычного плотного асфальтобетона. Укладывается смесь в покрытие при температуре 220–240°C. После укладки литой асфальтобетонной смеси в материале почти отсутствуют поры и пустоты, поэтому покрытия из него водонепроницаемые [1,2].

Традиционный литой асфальтобетон имеет ряд недостатков. Для него характерна податливость к сдвиговым деформациям в летнее время года, склонность к трещинообразованию. Поэтому актуальным является вопрос повышения качества литого асфальтобетона в первую

очередь за счет улучшения свойств применяемых связующих.

Радикально изменить свойства битума можно только посредством изменения его структуры. Известно, что коренное изменение структуры и свойств битумов достигается введением в их состав добавок синтетических каучуков [3]. В таких битумах каучук выступает в роли структурирующего компонента. Присутствие каучука в битуме приводит к увеличению интервала пластичности композиции с 60–65 до 70–90°C.

Для уточнения состава литой смеси на основе битумно-каучукового связующего необходимо решить следующие задачи:

- определить оптимальную температуру приготовления литой смеси, при которой не происходит термического разрушения полимера;
- подобрать оптимальный гранулометрический состав жесткой литой смеси, обеспечивающий минимальную ее пустотность;

– определить необходимое количество битумно-каучукового связующего, а также содержание каучуковой добавки в нем для получения повышенных физико-механических показателей литого асфальтобетона и высокого коэффициента сцепления колеса с покрытием [2].

В связи с необходимостью комплексного решения перечисленных задач исследования проводили, применяя математическое планирование эксперимента. В качестве варьируемых параметров были выбраны:  $Z_1$  – соотношение щебень/песок в 100 % минеральной части литой смеси, интервал варьирования [55/40; 65/20];  $Z_2$  – количество связующего марки 40/60 в литой смеси, % на 100 % минеральной части, интервал варьирования [7;9];  $Z_3$  – температура приготовления литой смеси, °C, интервал варьирования [170; 200]. Верхний предел температуры приготовления литой смеси 200 °C соответствует максимальному нагреву

Таблица

Нормализованные переменные			Натуральные переменные			Показатели оптимизируемых параметров								
$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водонасыщение, %	Набухание, %	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °C			Предел прочности при сжатии при длит. водонасыщении, МПа	Коэфф. температурной чувствительности ( $R_0/R_{50}$ )	Глубина погружения штампа, мм
									0	50	20			
-1	-1	-1	35/40	7	170	2370	0,28	0,1	6,58	1,61	4,31	4,45	4,1	1,47
+1	-1	-1	65/20	7	170	2350	0,2	0	5,48	1,14	4,05	3,23	4,8	2,19
-1	+1	-1	35/40	9	170	2330	0,35	0,4	5,67	1,37	3,19	4,25	4,1	2,45
+1	+1	-1	65/20	9	170	2330	0,27	0	4,30	1,01	2,67	2,92	4,2	1,94
-1	-1	+1	35/40	7	200	2350	0,89	0	5,88	1,7	4,52	5	3,5	0,67
+1	-1	+1	65/20	9	200	2410	0,85	0	7,38	2,23	5,42	4,7	3,3	0,81
-1	+1	+1	35/40	9	200	2330	0,4	0	6,9	2	4	4,53	3,5	0,82
+1	+1	+1	65/20	9	200	2340	1,28	0	5,34	1,37	3,13	3,66	3,9	1,55
0	0	0	50/30	8	185	2380	0,02	0	6,64	1,44	3,91	3,59	4,5	1,58



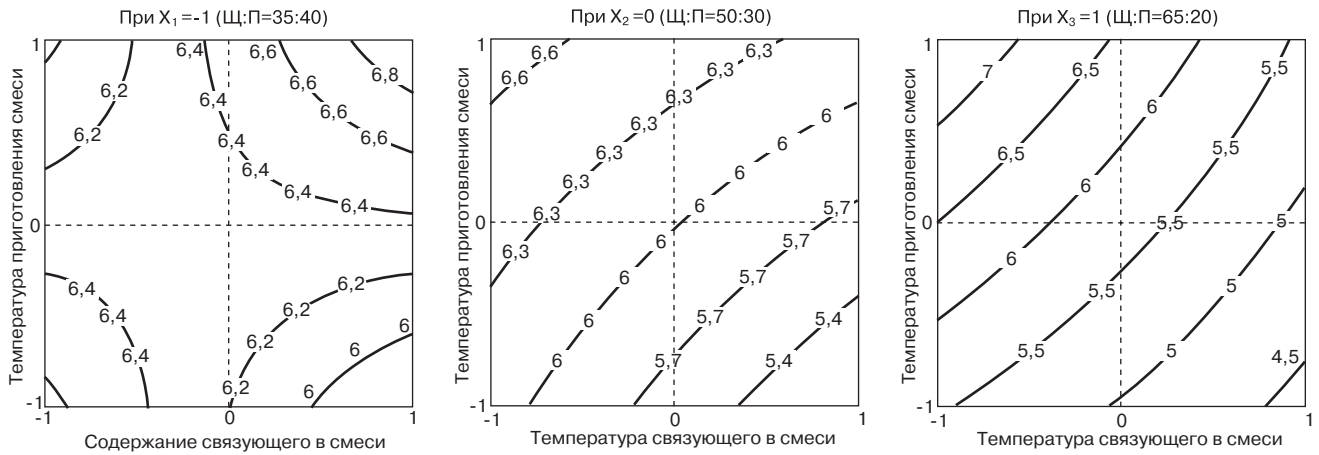


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии при 0°C от температуры приготовления и содержания вяжущего в литой смеси

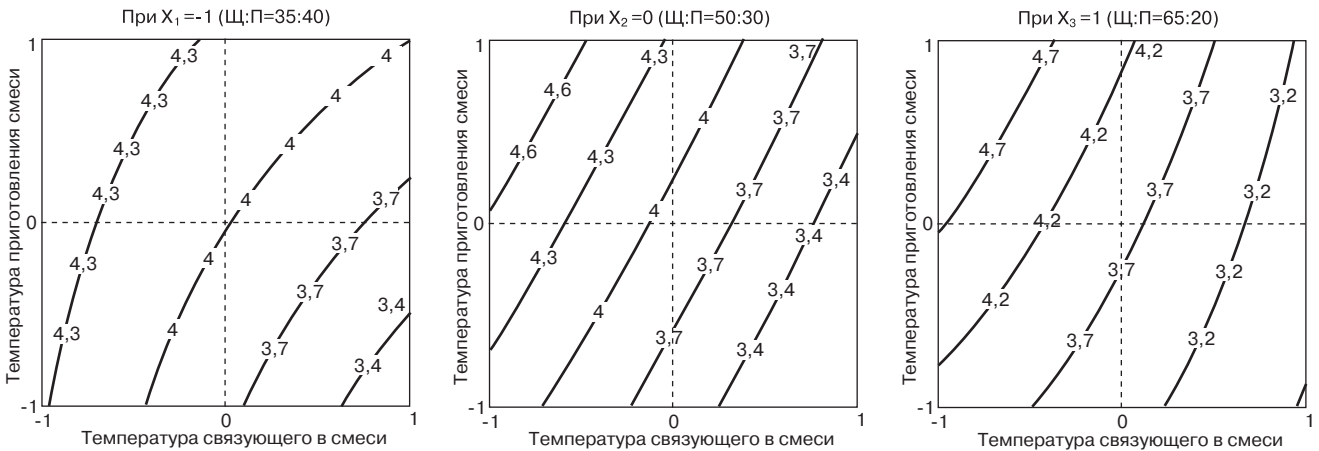


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии при 20°C от температуры приготовления и содержания вяжущего в литой смеси

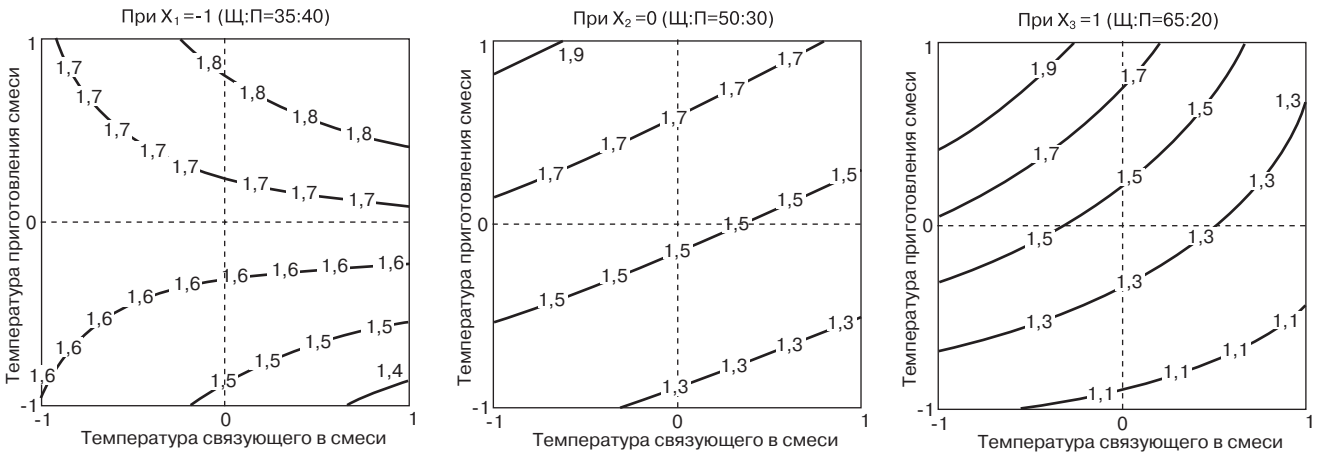


Рис. 3. Зависимость предела прочности при сжатии при 50°C от температуры приготовления и содержания вяжущего в литой смеси

битумно-каучукового связующего, при котором не наблюдается термодеструкции каучука, входящего в состав связующего.

Минеральная часть литой смеси состояла из гранитного щебня М1000, искусственного песка из отсева дробления гранита Павловского ГОК Воронежской области и неактивированного известнякового минерального порошка. В качестве модификатора, содержащегося в количестве 3 мас. % в связующем, использован синтетический каучук СКС 30 АРКМ-15.

Матрица планирования трехфакторного эксперимента и результаты испытаний представлены в таблице.

На рис. 1–4 показаны зависимости предела прочности при сжатии при температурах 0, 20, 50 °С и глубины погружения штампа для литого асфальтобетона от температуры приготовления литой смеси и содержания в ней битумно-каучукового связующего при различной степени каркасности минеральной части.

Как видно из данных, приведенных в таблице и на рис. 1–4, для ис-

следованных составов литого асфальтобетона на основе битумно-каучукового связующего характерна высокая плотность, малое водонасыщение и набухание, высокая прочность при 20 °С при длительном водонасыщении, повышенная теплостойкость и деформативность. Последнее свойство следует подчеркнуть особо: несмотря на применение связующего с повышенной вязкостью (40/60), прочность исследованных составов литого асфальтобетона при 0°C не превышает

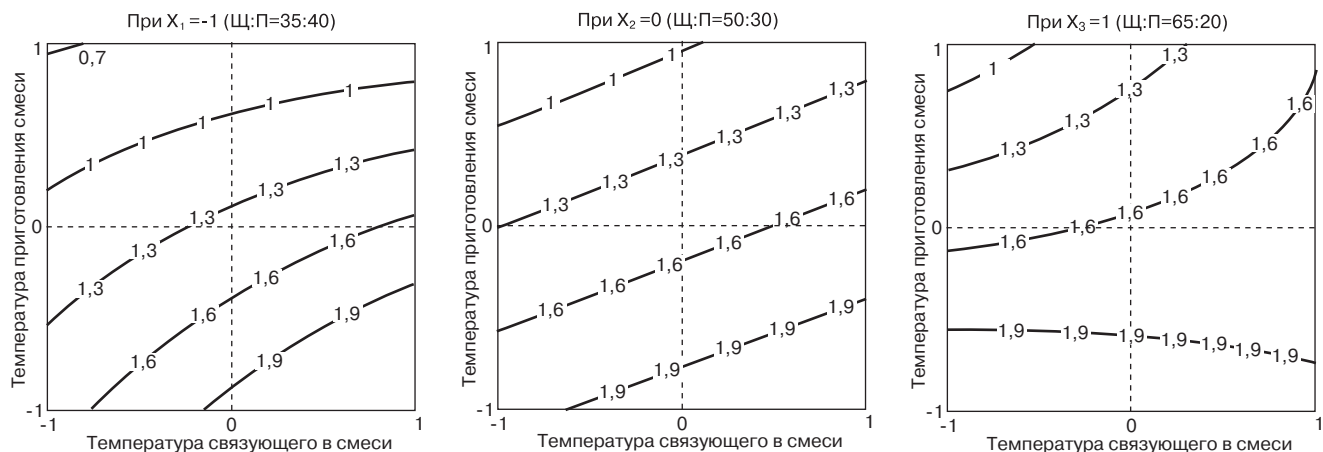


Рис. 4. Зависимость глубины вдавливания штампа от температуры приготовления и содержания связующего в литой смеси

7,5 МПа. Это характеризует повышенную трещиностойкость покрытий из литого асфальтобетона на основе битумно-каучукового связующего. Наилучшими значениями прочности при 0°C (4,5–5 МПа, рис. 1) отличаются жесткие литые асфальтобетоны, содержащие 8–9% битумно-каучукового связующего, которые были приготовлены при температуре 170–185°C.

Разработанный литой асфальтобетон обладает высокой прочностью и теплоустойчивостью. У жестких литых смесей предел прочности при 50°C достигает значения 1,9, а при 20°C – до 4,7 МПа (рис. 2–3). За счет

применения каучука в вяжущем достигается требуемая пластичность жесткой литой смеси с каркасной структурой при содержании в ней до 65% щебня (рис. 4).

Таким образом, модификация синтетическим каучуком литого асфальтобетона позволяет уменьшить его деформации при сдвиге в летнее время года и повысить устойчивость к трещинообразованию в холодный период. Высокие прочностные и деформативные характеристики жесткого литого асфальтобетона машинной укладки с применением битумно-каучукового связующего обеспечивают повышенные транс-

портно-эксплуатационные показатели покрытий автомобильных дорог с продлением срока их службы.

Список литературы

1. Мелик-Богдасаров М.С. Литой асфальтобетон в дорожном городском строительстве// Труды СоюздорНИИ. Вып. 79. 1975.
2. Мелик-Богдасаров М.С. Как избавиться от заплат// Автомобильные дороги. № 6. 2002. С.14–15.
3. Калгин Ю.И., Чересельский В.В. Как продлить дорожный век // Автомобильные дороги. № 1. 2003. С. 86–87.

**XII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
ВСЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА  
И РЕМОНТА**

**XI СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ  
ОТОПЛЕНИЕ. ВОДОСНАБЖЕНИЕ**

**II СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
ИНТЕРЬЕР. ДИЗАЙН. ЛАНДШАФТ**

**20-23  
МАРТА  
2007**

**г. УФА**

**АДРЕС ОРГКОМИТЕТА:**  
**Башкирская выставочная компания**  
 450080, Башкортостан, г. Уфа,  
 ул. Менделеева, 158, 3 павильон  
 для писем: 450022, г. Уфа, а/я 52  
**Тел./факс: (347) 2531413, 2533800, 2531433**

Генеральный информационный спонсор

Информационная поддержка

Интернет-партнер

Генеральный партнер **БашИнвестБанк**

## Критерии термодинамической устойчивости полимерных и композиционных материалов

В настоящее время оценка совместимости полимерных материалов, в том числе ингредиентов композитов, носит преимущественно качественно-эмпирический характер. Подобный подход не позволяет в должной мере раскрыть природу межфазных взаимодействий между основными компонентами композиционных материалов (КМ) — связующим и наполнителем. Между тем главным источником дефектов в КМ является поверхность раздела фаз [1].

Связующее в композите обеспечивает одновременность работы под нагрузкой всех частиц наполнителя, соединяя их в единый конгломерат. Поэтому в усилении полимеров играют большую роль процессы адгезии на границе раздела фаз полимер — наполнитель. Однако характер взаимодействия полимера с наполнителем в композитах очень сложен и до конца не выяснен [2].

При определении критериальных условий термодинамической совместимости компонентов композиционных материалов исходят из основного положения термодинамики — условия возможности самопроизвольного протекания процесса, который выражается отрицательной величиной изменения свободной энергии Гиббса или изобарно-изотермического потенциала [3].

Рассмотрим выражение для энергии адгезии  $\Delta G_{ij}^a$ , равной работе адгезии  $W_{ij}^a$  с противоположным знаком,  $i$  и  $j$  компонентов, образующих композиционный материал, по методу тестовых жидкостей ван Осса, адаптированному авторами к полимерным и композиционным материалам [3] (1):

$$\Delta G_{ij}^a = \gamma_{ij} - \gamma_i - \gamma_j = -2 \left( \sqrt{\gamma_i^{LW} \gamma_j^{LW}} + \sqrt{\gamma_i^+ \gamma_j^-} + \sqrt{\gamma_i^- \gamma_j^+} \right), \quad (1)$$

где  $\gamma_{ij}$  — величина межфазной поверхностной энергии (межфазного натяжения);  $\gamma_i, \gamma_j$  — величины свободной поверхностной энергии (поверхностного натяжения)  $i$ - и  $j$ -фазы соответственно;  $\gamma^{LW}$  — неполярные составляющие Лившица — Ван-дер-Ваальса.

При этом величина свободной поверхностной энергии (СПЭ), т. е. поверхностного натяжения  $\gamma$  рассматриваемых ингредиентов КМ, определяется уравнением:

$$\gamma = \gamma^{LW} + \gamma^{ab} = \gamma^{LW} + 2\sqrt{\gamma^+ \gamma^-}, \quad (2)$$

где  $\gamma^{ab}$  — параметры кислотно-основного взаимодействия ( $\gamma^+$  — кислоты Льюиса,  $\gamma^-$  — основания Льюиса) [3].

Анализ уравнений (1) и (2) для случая высокой совместимости ингредиентов КМ позволил получить выражение, определяющее стремление системы к максимальной убыли свободной межфазной энергии адгезии:

$$\Delta G_{ij}^a \rightarrow -2\sqrt{\gamma_i \gamma_j}. \quad (3)$$

Рассматривая полученное соотношение с учетом выражений (1) и (2), можно сформулировать граничные условия, которые обеспечивают стремление системы к максимальной термодинамической устойчивости.

I.  $\Delta G_{ij}^a < 0$ , если  $\gamma_{ij} < \gamma_i + \gamma_j$  и  $|\gamma_{ij}| \rightarrow 0$ . Стремление системы к максимальной термодинамической устойчивости будет определяться уменьшением межфазной границы вплоть до ее исчезновения при максимальном снижении межфазной поверхностной энергии, и чем в большей степени указанная тенденция проявляется при межфазном взаимодействии, тем композит устойчивее.

II.  $\gamma_{ij}^{LW} \gg \gamma_{ij}^{ab}$ . Это соответствует случаю, когда поверхности взаимодействующих фаз имеют преимущественно гидрофобный характер, т. е. неполярные поверхности хорошо совмещаются друг с другом по принципу «подобное растворяется в подобном». Данный принцип справедлив в большей мере только в случае гидрофобной неполярной поверхности фаз. При этом ингредиенты хорошо совместимы и образуют устойчивый композит.

III.  $\gamma_i^{LW} \gg \gamma_j^{ab}; \gamma_i^{ab} \ll \gamma_j^{ab}$ . Случай, когда гидрофобность фазовой поверхности одного компонента плохо совместима с гидрофильностью другого. Термодинамическая устойчивость таких материалов крайне низка, и во время эксплуатации происходит миграция на поверхность изделия компонента, содержащегося в композите в меньшем количестве. Происходит выпотевание плохо совместимых ингредиентов на поверхность композиционного материала с ухудшением свойств композита и изделия на его основе.

IV.  $\gamma_i^{LW} \ll \gamma_j^{ab}; \gamma_i^{ab} \approx \gamma_j^{ab}$ . Вариант, при котором ингредиенты гидрофильные, совместимы и устойчивость композита повышается, когда кислотная составляющая одной взаимодействующей фазы по величине соответствует основной компоненте другой контактирующей фазы и наоборот, т. е.

$$\gamma_i^+ \approx \gamma_j^- \text{ и } \gamma_i^- \approx \gamma_j^+.$$

Таким образом, наилучшая совместимость ингредиентов композиционного материала возможна в двух случаях, когда обе поверхности гидрофильны или гидрофобны при соблюдении I.

Для твердых тел метод измерения свободной поверхностной энергии в настоящее время отсутствует. Существует несколько методов косвенной оценки величин поверхностного натяжения для твердого тела. Методы, основанные на измерении краевого угла смачивания твердого тела рядом тестовых жидкостей, базируются на представлении об аддитивном вкладе дисперсионной и полярной компонент [4]. Согласно [5] полярная компонента обусловлена донорно-акцепторными взаимодействиями.

Для определения кислотно-основных параметров и неполярного фактора материалов измеряли смачиваемость поверхностей тестовыми жидкостями со справочными термодинамическими величинами СПЭ (неполярной пробной — диодметан и двумя полярными — вода и формамид). Путем измерения краевых углов смачивания на исследуемой поверхности твердого тела и



Таблица 1

Жидкости	$\gamma$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\gamma^{LW}$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\gamma^{ab}$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\gamma^+$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\gamma^-$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\gamma^{ab}/\gamma$ , %
Вода	72,8	21,8	51	25,5	25,5	70,06
Диодметан	50,8	50,8	0	0	0	0
Формамид	58	39	19	2,28	39,6	32,76

Таблица 2

Материалы	Энергетические характеристики, мДж/м <sup>2</sup>							
	По методу [4]			По методу [5]				
	$\gamma$	$\gamma^{d*}$	$\gamma^{h**}$	$\gamma$	$\gamma^{LW}$	$\gamma^{ab}$	$\gamma^+$	$\gamma^-$
Натуральная древесина (сосна)	40,2	28,8	11,4	49,8	41,2	8,6	0,91	20,3
Вторичный полиэтилен	34	30,5	0,2	32,1	30,2	1,81	1,2	0,68
Древесина, модифицированная сополимером ОБМА-6	–	–	–	58	50,8	2,5	0,04	39,6
Древесина, модифицированная сополимером СКЭПТ	45,4	41,6	3,8	–	–	–	–	–

\* Дисперсионная составляющая СПЭ (по методу Оуэнса и Вендта) [4]. \*\* Водородная составляющая СПЭ.

подстановкой их значений в систему уравнений (4, 5, 6) [3] с тремя неизвестными можно получить значения кислотно-основного ( $\gamma^+$  и  $\gamma^-$ ) и неполярного ( $\gamma_s^{LW}$ ) факторов СПЭ данного твердого тела:

$$\gamma_s^{LW} = \frac{1}{4} \gamma_{пробная} (1 + \cos \theta_{пробная})^2 = \frac{1}{4} \gamma_{пробная}^{LW} (1 + \cos \theta_{пробная})^2; \quad (4)$$

$$\gamma_{l1} = (1 + \cos \theta_1)^2 = (\gamma_s^{LW} \gamma_{l1}^{LW})^{1/2} + 2 (\gamma_s^+ \gamma_{l1}^-)^{1/2} + 2 (\gamma_s^- \gamma_{l1}^+)^{1/2}; \quad (5)$$

$$\gamma_{l2} = (1 + \cos \theta_2)^2 = (\gamma_s^{LW} \gamma_{l2}^{LW})^{1/2} + 2 (\gamma_s^+ \gamma_{l2}^-)^{1/2} + 2 (\gamma_s^- \gamma_{l2}^+)^{1/2}, \quad (6)$$

где  $\gamma$  – СПЭ (для жидкостей – их поверхностное натяжение), мДж/м<sup>2</sup>;  $\theta$  – краевой угол смачивания поверхности твердого тела тестовой жидкостью, градус; индекс «пробная» характеризует тестовую жидкость диодметан; индексы  $s$  и  $l$  в формулах указывают на принадлежность параметров твердому телу или жидкости соответственно; индексы 1 и 2 – на принадлежность параметров двум полярным тестовым жидкостям.

Компоненты поверхностной энергии тестовых жидкостей известны и приведены в табл. 1.

Для совмещения отходов неполярного полиэтилена с полярными частицами древесного наполнителя и для повышения физико-механических показателей при производстве древесно-полимерных композиционных материалов (ДПКМ) предлагается обработка поверхности наполнителя модификаторами на основе синтетического этиленпропиленового каучука (СКЭПТ – 40ТН ТУ 2294-022-05766-801-014) и раствором сополимера 4-винилциклогексена-1 с малеиновым ангидридом (ОБМА-6). Древесные опилки использовали с частицами толщиной 1–1,5 мм, шириной 1–2 мм и длиной 5 мм, вторичный полиэтилен с фракционным составом 3 мм.

Определения СПЭ вторичных полимеров проводили на изготовленных из них пластинах. Для этого агло-

мерат вторичных полимеров нагревали на 10–20°С выше температуры плавления в форме под давлением и охлаждали. С целью определения СПЭ опилок древесины сосны, из которой их получали, при 20°С и 65% влажности нарезали на планки размерами 1000×100×15 мм, с тангенциальных поверхностей которых снимали стружку. После обработки вырезали десять образцов меньшего размера: 180×12×6 мм. Во избежание физико-химического изменения поверхности древесины применяли свежеприготовленные образцы, для которых проводили измерение краевого угла смачивания тестовой жидкости. В целях определения СПЭ модифицированных опилок планки сосны той же формы подвергали обработке ОБМА-6, пропитывая их 80% водным раствором сополимера в количестве 4 мас. % от массы древесных образцов, далее термокаливали по программе последовательного подъема температур от комнатной до 170°С.

Рассчитанные значения свободной поверхностной энергии твердых тел (абсолютная ошибка стандартна и составляет не более 1%, коэффициент корреляции при графическом определении СПЭ не менее 0,995) и ее три составляющие, определяющие взаимодействие за счет сил Лившица – Ван-дер-Ваальса ( $\gamma^{LW}$ ), кислотного ( $\gamma^+$ ) и основного ( $\gamma^-$ ) взаимодействия, а также доля полярной составляющей СПЭ ( $\gamma^{ab}/\gamma$ ) приведены в табл. 2.

Сравнительный анализ подходов к оценке компонентов поверхностной энергии как по методу Оуэнса и Вендта [4], так и по методу ван Осса (табл. 2) показал, что метод ван Осса имеет ряд преимуществ. В частности, он дает лучшую сходимость как экспериментальных значений компонентов поверхностной энергии, так и рассчитанных по найденным величинам углов смачивания. Данный метод оценки кислотно-основных составляющих полярной компоненты свободной энергии позволяет углубить понимание природы физико-химического взаимодействия на границе раздела фаз.

Согласно вышеприведенным критериям для совместимости компонентов КМ необходимо, чтобы компоненты были либо гидрофобны, либо монополярны, причем один компонент – кислота Льюиса, другой – основание. Для совмещения гидрофильных опилок с гидрофобными пластиками древесину обработали сополимером ОБМА-6, содержащим структурные единицы 4-винилциклогексена-1 и малеинового ангидрида в количестве 6 мас. % соответственно [6]. При этом произошло снижение доли кислотно-основной составляющей СПЭ древесины с 17 до 3,6%.

Таким образом, полимерный модификатор со структурой поверхностно-активного вещества не просто снижает по определению межфазное натяжение, но изменяет природу поверхности, уменьшает ее кислотную составляющую. Наблюдаемое незначительное усиление основности можно объяснить увеличением количества кислородных атомов в древесине за счет сложноэфирных связей между гидроксильными древесиной и карбоксильными группами и введения двойных связей сополимера. Так, например, полимерный сложный эфир полиметилметакрилат имеет в структурном звене неподеленную пару электронов у кислорода и является основанием Льюиса:  $\gamma = 43,7$ ;  $\gamma^{LW} = 42,9$ ;  $\gamma^+ = 0$ ;  $\gamma^- = 12,4$  [5]. Повышение составляющей Лившица – Ван-дер-Ваальса происходит как за счет уменьшения кислотно-основной, так и появления на поверхности древесины неполярного углеводородного радикала сополимера.

Расчетно-аналитическая обработка полученных величин позволила дать предварительную оценку термодинамической совместимости наполнителя как из немодифицированных сосновых опилок, так и об-

работанных сополимером 4-винилциклогексена с малеиновым ангидридом со связующим на основе вторичного полиэтилена и вторичного полиэтилентерефталата. Показана возможность целенаправленной модификации древесного наполнителя низкомолекулярным полиэлектролитом. Последнее удовлетворительно согласуется с расчетно-статистическими данными составляющих свободной поверхностной энергии, предложенными на их основе критериями совместимости и особенностями структурно-функционального состава ингредиентов композиционных материалов.

Список литературы

1. Соломатов В.И. Синергетика композиционных материалов. Липецк: Ориус. 1994. 153 с.
2. Бормотов А.Н., Прошин А.П., Баженев Ю.М., Данилов А.М., Соколова Ю.А. Полимерные композиционные материалы для защиты от радиации. М: Палеотип. 2006. 272 с.
3. Good R.J., van Oss C.J. The modern theory of contact angles and the hydrogen bond components of surface energies // Modern Approaches to Wettability: Theory and Applications (Schrader M., Loeb G., Eds.) N.Y.: Plenum, 1992. P. 1–27.
4. Owens D.K., Wendt R.C. The two – liquid method // J. Appl. Polym. Sci. 1969. V. 13. P. 1741.7.
5. Van Oss C.J., Chaudhury M.K., Good R.J. Monopolar surfaces // Chem. Rev. 1988. V. 88. P. 927–941.
6. Снычева Е.В. Синтез и исследование свойств сополимера на основе 4-винилциклогексена-1 и малеинового ангидрида // Вестник Воронежского государственного университета. 2005. № 2. С. 88–94.

# 21-23 МАРТА 2007




## ЯРОСЛАВСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

третья специализированная выставка  
«СИНТЭС-ехро: Строительство. Новые технологии. Энергоэффективность»

**Конференция:** Современные тенденции развития малоэтажного жилья

**Конференция:** Актуальные вопросы реализации национальной жилищной программы на региональном уровне

**Круглый стол:** Новые технологии малоэтажного строительства с позиций современного бизнеса

**WWW.YCFEXPO.YAROSLAVL.RU**  
Оргкомитет: (4852) 733-181, 951-980 • E-mail: ycf@yarinfo.com

Организатор



www.yarinfo.com

При содействии



Информационная поддержка



EXPONET I-STROY.RU



СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



В.Е. ГОРДИЕНКО, канд. техн. наук, Н.В. ОВЧИННИКОВ, А.О. БАКШЕЕВ, инженеры, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

## Структурные изменения в строительных сталях при термическом воздействии

Одной из важных характеристик строительных сталей, работающих при низких температурах, является температура перехода из вязкого в хрупкое состояние, которая существенно зависит от исходной структуры металла: чем меньше размер зерен, тем выше ударная вязкость и пластичность стали при низких температурах. В некоторых случаях сталь, выбранная в соответствии с требованиями нормативных документов, не обеспечивает надежную с точки зрения хрупких разрушений работу строительных конструкций [1]. Так, например, 1 января 2003 г. в здании электросталеплавильного цеха ОМЗ «Спецсталь» (бывший мартеновский цех Ижорского завода, г. Колпино Ленинградской обл.) при температуре наружного воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  произошло обрушение 30-метровой подстропильной фермы и опирающихся на нее 8 стропильных ферм шихтового и печного пролетов (рис. 1).

В различных частях металлоконструкции могут иметь разную микроструктуру в отдельных элементах, в частности в сварных швах, которая в процессе эксплуатации может претерпевать существенные изменения. Микроструктура определяет механические свойства сталей, и они могут отличаться в различных зонах металлоконструкции.

Поэтому представляет интерес проследить процесс формирования структуры с различной степенью дисперсности в зависимости от воздействия различных факторов в малоуглеродистых и низколегированных строительных сталях. Анализ литературных данных показал, что наиболее приемлемыми способами получения мелкозернистой структуры в строительных сталях являются рекристаллизационный отжиг и термоциклическая обработка (ТЦО).

Для исследований были взяты малоуглеродистая сталь 08пс и низ-

колегированные стали 09Г2С и 10ХСНД. Процесс получения мелкозернистой структуры в сталях при рекристаллизационном отжиге включал предварительную холодную пластическую деформацию (прокатку) сталей на степень деформации  $\epsilon=50\%$  с последующим отжигом при температурах 20–800 $^{\circ}\text{C}$ .

ТЦО сталей проводилась в следующих состояниях: состояние поставки; поставка + отжиг при 900 $^{\circ}\text{C}$  и поставка + холодная прокатка на степень деформации  $\epsilon=50\%$ . ТЦО состояла из 5 циклов нагрева стали до 770 $^{\circ}\text{C}$  с последующим охлаждением в печи до 690 $^{\circ}\text{C}$  и в конце 5-го цикла – с 690 $^{\circ}\text{C}$  на воздухе. Процесс формирования мелкозернистой структуры при проведении рекристаллизационного отжига и ТЦО контролировался методом магнитной памяти металла и с помощью микроструктурного анализа. Структуры сталей 08пс и 09Г2С в исходном состоянии, после дробной прокатки и после завершения первичной рекристаллизации приведены на рис. 2.

По данным металлографического исследования, начало рекристаллизации у стали 08пс наблюдается при 550 $^{\circ}\text{C}$ , а у сталей 09Г2С и 10ХСНД – при 600 $^{\circ}\text{C}$ . Температура конца рекристаллизации составляет у стали 08пс 700 $^{\circ}\text{C}$  и у 09Г2С и 10ХСНД 725 $^{\circ}\text{C}$ . В процессе первичной рекристаллизации у сталей формируется мелкозернистая структура с размером зерен: 08пс – 8 мкм, 09Г2С – 6 мкм и 10ХСНД – 5 мкм. Дальнейшее повышение температуры отжига приводит к увеличению размера зерен. При магнитном контроле за счет измерения напряженности магнитного поля фиксируется не только начало рекристаллизации, но и процессы возврата, что свидетельствует о более высокой чув-



Рис. 1. Подстропильная ферма, упавшая на подкрановые пути



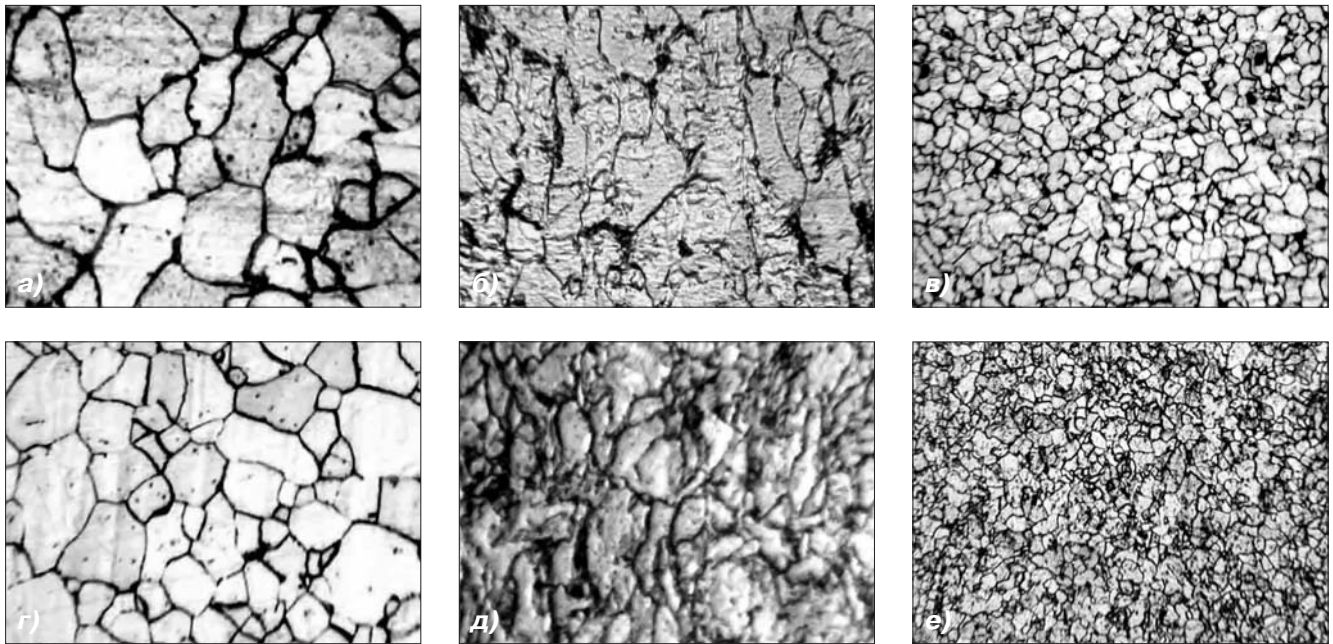


Рис. 2. Изменение структуры сталей при рекристаллизационном отжиге,  $\times 400$ : а, г – состояние поставки; б, д – после прокатки на  $\epsilon=50\%$ ; в, е – после отжига при 700 и 725°C для сталей 08пс и 09Г2С соответственно

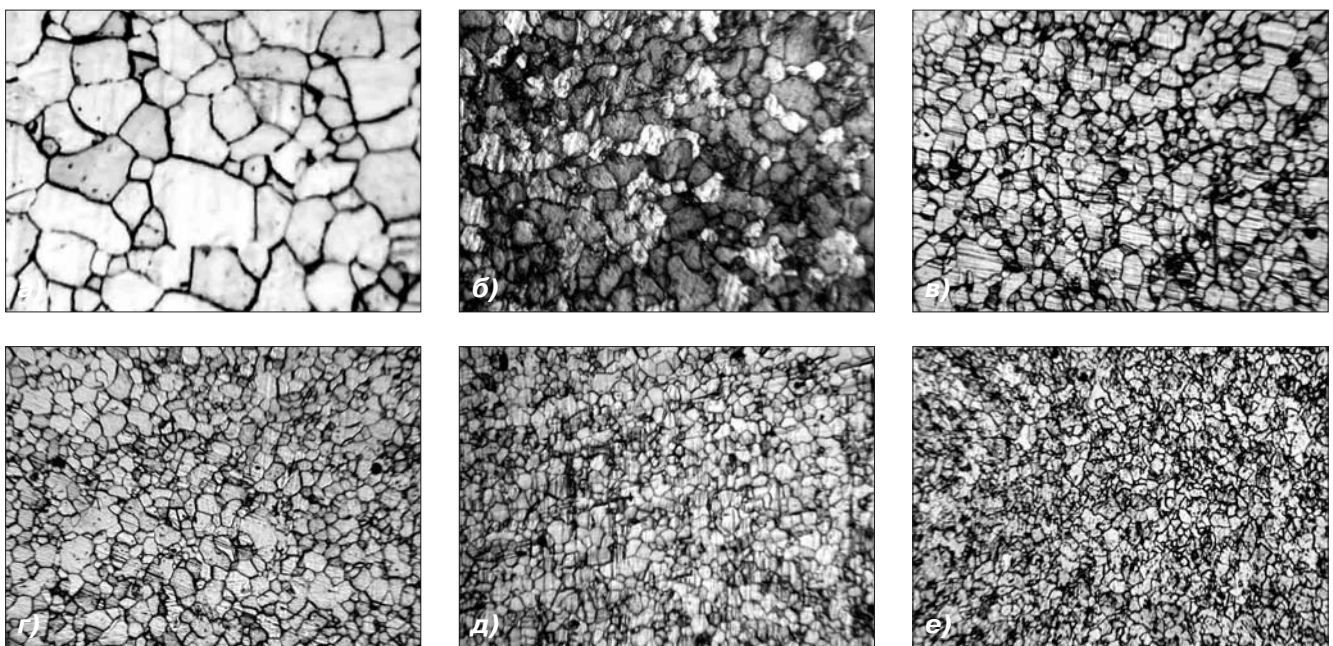


Рис. 3. Изменение структуры стали 09Г2С в состоянии поставки при ТЦО,  $\times 400$ : а – состояние поставки, б–е – после 1–5-го циклов соответственно

ствительности магнитного метода [2]. При ТЦО наибольшее изменение значений напряженности магнитного поля рассеяния  $H_p$  наблюдается в процессе первых циклов нагрев – охлаждение. Дальнейшее увеличение числа циклов уменьшает магнитную амплитуду, что, вероятно, связано с менее значительным измельчением структуры при последующих циклах.

Металлографические исследования показали, что независимо от исходного состояния после 2-го цикла ТЦО во всех исследуемых

сталях формируется мелкозернистая структура. Дальнейший рост числа циклов менее существенно повышает степень мелкозернистости (рис. 3, 4). На рис. 3 видно, что после первого цикла формируется микроструктура с различным размером зерен. При этом даже в соседних областях наблюдается существенная разнородность. С ростом числа циклов наблюдается измельчение зерен в областях, где они были крупнее; в областях с мелким зерном, полученным после первого цикла нагрева, отмечается дальней-

шее измельчение. Аналогичная картина наблюдается для сталей и с другими исходными структурными состояниями.

Значительное влияние на формирование структуры в процессе ТЦО оказывает химический состав сталей. Так, если у стали 08пс разнородность значительно уменьшается после 2-го цикла, то у стали 09Г2С, в которой феррит упрочнен марганцем и кремнием, – после 3-го цикла, а у стали 10ХСНД, имеющей более высокую степень легирования, – после 4-го цикла,



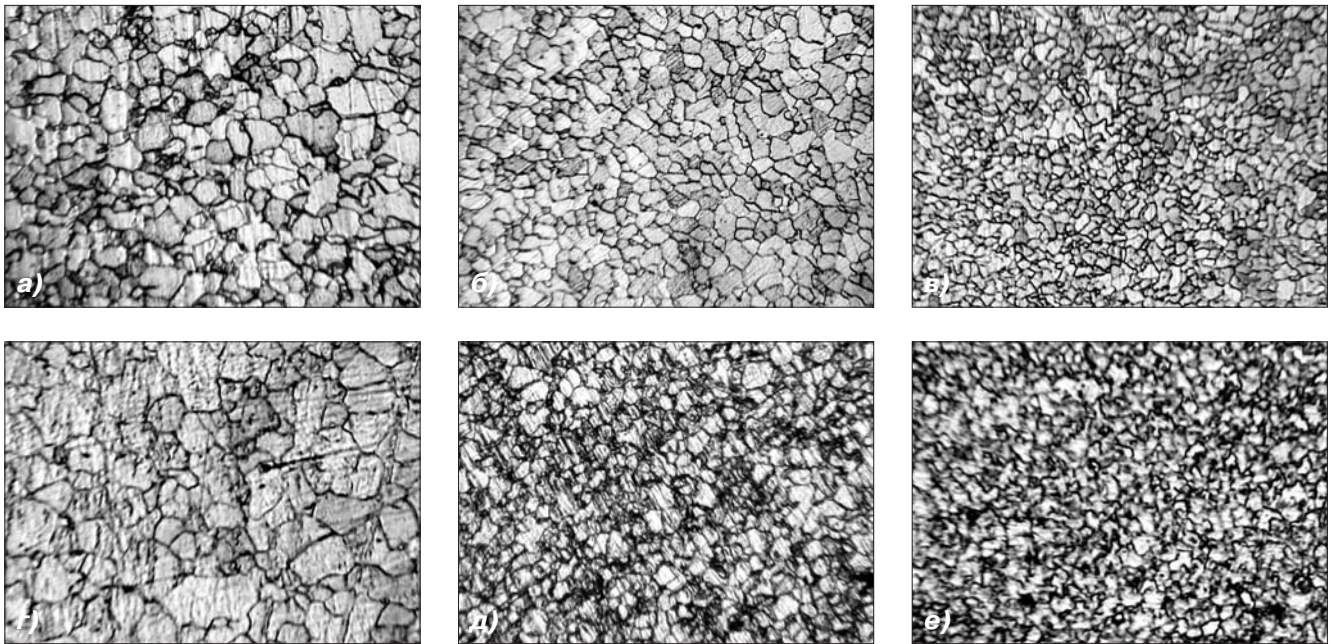


Рис. 4. Изменение структуры сталей 08пс в состоянии (поставка + прокатка на  $\epsilon=50\%$ ) и 10ХСНД в состоянии (поставка + отжиг при  $900^{\circ}\text{C}$ ) при ТЦО,  $\times 400$ : а–в, г–е – 1-й, 3-й, 5-й циклы соответственно

что, вероятно, связано со спецификой ТЦО.

Следует отметить, что у низколегированных сталей 09Г2С и 10ХСНД по сравнению с малоуглеродистой 08пс процесс уменьшения разности зернистости смещается в сторону большего числа циклов. Это объясняется тем, что у легированных сталей термодинамическая активность углерода ниже, чем в углеродистых сталях и, следовательно, структурные изменения при ТЦО в них происходят медленнее. Поэтому при увеличении процентного содержания в стали легирующих элементов для получения равноосной мелкозернистой структуры требуется увеличение числа циклов ТЦО.

Существенное влияние на конечный размер зерен оказывает микроструктура сталей перед ТЦО. Более крупнозернистой исходной структуре сталей (поставка + отжиг при  $900^{\circ}\text{C}$ ) по сравнению со структурой в состоянии поставки соответствует и более крупнозернистая структура после ТЦО. Следует отметить, что с увеличением степени легированности сталей (в ряду 08пс, 09Г2С и 10ХСНД) в них формируется более мелкозернистая структура как в состоянии поставки + отжиг при  $900^{\circ}\text{C}$ , так и в состоянии поставки.

Предварительная деформация перед ТЦО вносит значительные коррективы как для малоуглеродистой стали 08пс, так и для низколегированных 09Г2С и 10ХСНД. Существенным отличием ТЦО предварительно деформированных образцов

является получение более мелкозернистой структуры, чем у образцов в состоянии поставки и в состоянии поставки + отжиг при  $900^{\circ}\text{C}$ , что, вероятно, связано с активизацией структурных изменений, происходящих при нагреве и охлаждении. Так, значительное измельчение структуры при ТЦО после холодной пластической деформации авторы [3] объясняют тем, что холодная деформация перераспределяет и повышает плотность несовершенств кристаллического строения – дислокаций, вакансий, дефектов упаковки и, кроме того, способствует образованию и развитию мало- и высокоугловых границ. Так как дефекты кристаллической решетки сильно влияют на формирование структуры сплавов при фазовых и структурных переходах, пластическую деформацию перед ними, а также в период их прохождения можно эффективно использовать для создания оптимальной структуры при ТЦО сталей.

Получение более мелкозернистой структуры при ТЦО в отличие от рекристаллизационного отжига связано с воздействием на структуру дополнительных источников, присущих процессу непрерывного изменения температуры – фазовых превращений, градиентов температуры, термических (объемных) и межфазных напряжений, обусловленных разницей теплофизических характеристик составляющих структур фаз. В процессе рекристаллизационного отжига и ТЦО строительных сталей удается получить мелкозернистую

структуру с разной степенью дисперсности, которая зависит от температуры отжига, исходной микроструктуры, химического состава сталей и количества циклов ТЦО.

Таким образом, на ранней стадии завершения первичной рекристаллизации сталей 08пс, 09Г2С и 10ХСНД удается получить равноосную структуру, мелкозернистость которой с увеличением степени легирования стали возрастает. При этом при контроле качества малоуглеродистых и низколегированных сталей в процессе отжига можно использовать достаточно высокую чувствительность напряженности магнитного поля рассеяния к температуре рекристаллизационного отжига.

#### Список литературы

1. *Горицкий В.М., Хромов Д.П.* Тенденции и проблемы оценки качества сталей для строительных металлоконструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2005. № 9. С. 38–40.
2. *Гордиенко В.Е., Овчинников Н.В., Бакиев А.О.* Влияние температуры нагрева на структуру и магнитные свойства малоуглеродистых и низколегированных сталей при рекристаллизационном отжиге // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 10. С. 42–43.
3. *Федюкин В.К., Смагоринский М.Е.* Термоциклическая обработка металлов и деталей машин. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд. 1989. 255 с.

И.А. ГАРЬКИНА, канд. техн. наук,  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

## Формализация оценки структуры и свойств композиционных материалов специального назначения

В [1] рассматривался подход к синтезу материалов с точки зрения теории систем на основе иерархической структуры их критериев качества на примере разработки композиционных материалов. В данной работе осуществляется формализация оценки структуры и свойств композиционных материалов на основе моделирования кинетики формирования их физико-механических и эксплуатационных характеристик с использованием специально разработанных функционалов качества.

На основе классификации наиболее распространенных видов кинетических процессов формирования физико-механических характеристик композиционных материалов построим их обобщенную модель.

**Кинетическая модель набора прочности.** Управление прочностью имеет первостепенное значение при создании материалов с заданными свойствами. Прочность строительных композитов зависит от ряда факторов: степени наполнения, дисперсности и физико-химической активности поверхности наполнителя, адгезионной связи в зоне контакта связующего (вяжущего) и наполнителя, концентрации полимеризующего вещества (для полимеров) или водотвердого отношения для гидравлических вяжущих, пористости композиции, температуры исходных компонентов, технологии приготовления и др. Например, регулирование прочности эпоксидных композитов возможно за счет использования комбинированных наполнителей, изменения режимов отверждения, обработки аппретами, механической очистки поверхности наполнителя, введения минеральных и химических модифицирующих добавок.

Обычно кинетика набора прочности эпоксидных композитов представляется в виде функции  $x(t) = x_m(1 - e^{-\lambda t})$ , где  $x_m$  – максимальная прочность;  $t$  – время твердения;  $\lambda$  – показатель, характеризующий скорость твердения;  $x$  – прочность композита.

Эту функцию можно рассматривать как частный случай решения задачи Коши:

$$\begin{aligned} \ddot{z} + 2n\dot{z} + \omega_0^2 z &= 0; \\ z &= x - x_m, \quad x(0) = 0, \quad \dot{x}(0) = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

вида:

$$x(t) = x_m \left( \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{-\lambda_1 t} - \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + 1 \right) \text{ при } \frac{r}{r-1} \approx 1, \quad r = \frac{\lambda_1}{\lambda_2},$$

где  $\lambda_{1,2}$  – корни характеристического полинома.

Многие кинетические процессы носят аperiodический характер. Тогда  $n^2 - \omega_0^2 > 0$ ,  $z(0) = -x_m$ ,  $\dot{z}(0) = 0$ :

$$(\lambda_1 = n + \sqrt{n^2 - \omega_0^2}; \lambda_2 = n - \sqrt{n^2 - \omega_0^2}; \lambda_1 > \lambda_2 > 0),$$

получим:

$$x = \frac{x_m}{\lambda_1 - \lambda_2} \left( \lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t} \right) + x_m.$$

Для дисперсных систем, к которым относятся и композиционные материалы, характерно наличие точки перегиба функции  $x(t)$ . Координата точки перегиба:

$$t_n = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \ln \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{1}{2\sqrt{n^2 - \omega_0^2}} \ln \frac{n + \sqrt{n^2 - \omega_0^2}}{n - \sqrt{n^2 - \omega_0^2}}, \quad n \neq \omega_0,$$

определяется изменением структуры, физико-механических и эксплуатационных свойств материала; здесь  $\omega_0$  определяет упругость системы, а  $n$  – рассеяние (демпфирование) энергии. С ростом  $n$  и  $\omega_0$  ( $n > \omega_0 > 0$ ,  $\xi = (n/\omega_0) > 1$ ) значение  $t_n$  убывает. При  $n = \omega_0$  точка перегиба функции  $x(t)$  есть точка:

$$M_n \left( \frac{1}{n}; x_m \left( 1 - \frac{2}{e} \right) \right).$$

Из  $\lambda_2 < \lambda_1$  следует возможность определения значения  $\lambda_2$  по значениям  $x(t)$  при  $t \gg t_n$ .

Без ограничения общности рассуждений можно принять  $x_m = 1$  (равносильно масштабированию  $x(t)$ ).

**Кинетика изменения модуля упругости.** Другим из основных показателей свойств дисперсно-наполненных композитов является модуль упругости. Для его эффективного повышения особенно часто применяются модульные порошки, хорошо смачивающиеся связующим.

Наиболее полная кинетическая модель изменения модуля упругости, учитывающая случаи как фрактальности, так и нефрактальности композита имеет вид:

$$E(t) = E_n (1 - e^{-qt^n}), \quad n = 1 - 1/d,$$

где  $d$  – фрактальная размерность композиционной системы), которая легко аппроксимируется линейной комбинацией функций вида:

$$\sum_{i=1}^n c_i e^{-\lambda_i t},$$

при этом часто можно ограничиться  $n=2$ , и кинетика изменения модуля упругости будет описываться моделью (1).

**Кинетика усадки.** Формирование структуры композита зависит не столько от величины энергии, аккумулированной или сообщенной системе, сколько от скорости расхода этой энергии. При медленном отверждении получают образования с плотной упаковкой, которая требует минимальной свободной поверхностной энергии, т. е. возникают упорядоченные структуры. При быстром отверждении, когда к системе подводится избыточная энергия, макромолекулы не успевают ориентироваться, располагаются хаотично, образуя неплотную структуру. Для регули-



рования скорости отверждения используются ПАВ в количестве 0,25–4% от массы смолы.

Существующие модели кинетики усадки имеют вид:

$$K(t) = K_m(1 - e^{-\alpha t^{1/n}})$$

и аппроксимируются в виде:

$$\sum_{i=1}^n c_i e^{-\lambda_i t},$$

где  $K_m$  – максимальная усадка для данного композита;  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности, характеризующий скорость отверждения. Для полиэфирных смол  $n=1$ ; при  $n=2$  кинетика усадки определяется как решение задачи Коши (1).

**Кинетика изменения внутренних напряжений.** Внутренние напряжения связаны с неравномерно протекающими и незавершенными усадочными процессами. Знание механизма возникновения внутренних напряжений дает возможность направленно изменять их величину путем регулирования глубины полимеризации; повышением гибкости макромолекул с увеличением за счет этого скорости релаксационных процессов; изменением характера надмолекулярных структур за счет влияния на скорость структурообразования и т. д. Скорость протекания структурообразования регулируется, например, введением модифицирующих добавок (как правило, ПАВ). Уменьшение внутренних напряжений в полимерном растворе с добавками ПАВ происходит вследствие изменения надмолекулярной структуры связующего.

Внутренние напряжения в структуре композита зависят и от вида наполнителя. Молотый кварцевый песок и карбонат кальция дают высокие значения внутренних напряжений; при использовании в качестве наполнителя молотого угля и фторида кальция внутренние напряжения значительно снижаются [2]. Кинетические кривые изменения внутренних напряжений приведены на рис. 1. Кривые 1 и 2 являются соответственно решениями задач Коши:

$$\ddot{z} + 2n\dot{z} + \omega_0^2 z = 0, \\ z = x - x_m, x(0) = 0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0,$$

или

$$\ddot{z} + 2n\dot{z} + \omega_0^2 z = 0, \\ z = x - x_m, x(0) = x_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0. \quad (2)$$

**Кинетика тепловыделения.** Структурообразование эпиксидного полимера происходит за счет присоединения к полимерной цепи каждого нового звена олигомера. Образование каждой новой связи при полимеризации сопровождается выделением определенного количества тепла (при отверждении ненаполненных термореактивных смол 250–580 кДж/кг), что приводит к значительному саморазогреву изделий. Из-за разности температур на поверхности изделия и в объеме в конструкциях большого размера возможно появление микро- и макротрещин. Поэтому снижение тепловыделения при полимеризации является важным условием получения бездефектной структуры композита.

Максимальная температура отверждения зависит от вида полимера и типа отвердителя; от соотношения их объемных долей в системе; от вида, дисперсности и объемной доли наполнителя; от наличия и количества модифицирующих добавок; от технологии приготовления и отверждения смесей и т. д. Кинетика тепловыделения имеет вид кривой 2 на рис. 1 и является решением задачи Коши (2).

**Химическая стойкость композиций.** Повышение химической стойкости композита в агрессивных средах достигается правильным выбором вяжущих и наполнителей, созданием плотной структуры материала, а также введением в материал активных добавок. Используемая обычно экспоненциальная модель химической стойко-

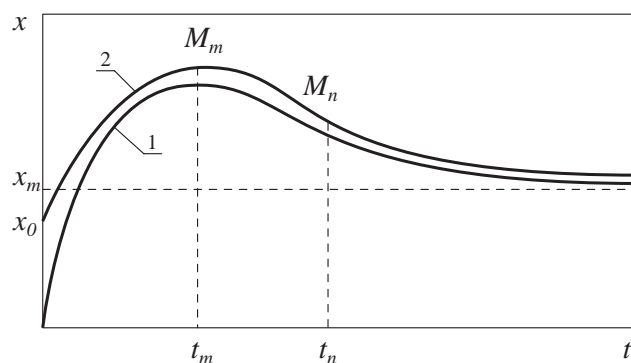


Рис. 1. Вид кинетики изменения внутренних напряжений

сти также является лишь частным случаем модели (2) и определяется решением задачи Коши:

$$\ddot{z} + 2n\dot{z} + \omega_0^2 z = 0, \\ z = x - x_m, x(0) = x_m, \dot{x}(0) = 0. \quad (3)$$

**Водопоглощение и водостойкость.** Вода оказывает разное воздействие на композиционные строительные материалы: ускоряет процессы деструкции, изменяет свойства композитов. Поэтому сопротивление действию воды является одной из важных характеристик композиционного материала. Диффузия воды в композит во многом определяется проницаемостью граничного слоя полимер–наполнитель, которая и оказывает влияние на водопоглощение и водостойкость композита. Водопоглощение и водостойкость эпиксидных композитов носят соответственно экспоненциально возрастающий или убывающий характер; более точно они описываются линейной комбинацией экспоненциальных функций. В частности, при  $n=2$  они являются решением задачи Коши (3).

Полученные результаты рассмотрения кинетических закономерностей формирования основных физико-механических характеристик композиционных материалов позволяют предложить для их описания *обобщенную динамическую модель*, а именно кинетический процесс представить как решение задачи Коши:

$$\ddot{z} + 2n\dot{z} + \omega_0^2 z = 0, \\ z = x - x_m, x(0) = x_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0; \\ n^2 - \omega_0^2 \geq 0 \quad (4)$$

( $x_0, \dot{x}_0, x_m$  определяются видом исследуемого кинетического процесса).

Приведенная модель легко обобщается для полидисперсных и некоторых других систем, кинетические процессы в которых имеют более высокий порядок.

При оценке качества композиционных материалов исходят из желаемых параметров кинетических процессов. Здесь возникает ряд задач однокритериальной оптимизации, решением которых определяется точка абсолютного максимума [3] в пространстве критериев.

Заметим, что в случае только одной точки перегиба увеличение  $\lambda_2$  ведет к уменьшению абсциссы  $t_n$  точки перегиба функции  $x(t)$  при значениях  $\xi$ , близких к 1. При  $t \gg t_n$  функция  $x(t)$  определяется значением  $\lambda_2$ . Таким образом, значение  $\lambda_2$  должно находиться в некотором интервале: большие значения  $\lambda_2$  могут привести к чрезмерно быстрому увеличению контролируемого параметра в начале процесса; малые значения  $\lambda_2$  – к чрезмерно длительному времени его выхода на эксплуатационное значение. Отметим, что увеличение  $\lambda_2$  (уменьшение  $t_n$ ) соответствует увеличению  $\omega_0$ . Отсюда следует, что увеличение  $\lambda_2$  ведет к постепенному переходу гетерогенной системы в гомогенную ( $t_n=0$ ), возможно, и с потерей необходимых свойств. Как и следовало

ожидать, гомогенная система является предельной для гетерогенной при  $t_n \rightarrow 0$ . Легко усматривается, что значением  $\lambda_2$  определяется макроструктура материала как одно из интегративных свойств системы. Качество композиционного материала определяется и значением  $\lambda_1$  (или  $\gamma = \lambda_1 / \lambda_2$ ), которое также должно лежать в определенном диапазоне; им определяется микроструктура материала.

Указанное выше естественным образом приводит к возможности использования для оценки качества композиционного материала функционала качества:

$$\Phi(S) = f \cdot \lambda_2 + a \cdot \frac{1}{\lambda_2} + b \cdot r + c \cdot \frac{1}{r},$$

где  $f, a, b, c$  – весовые константы (без ограничения общности можно принять  $f=1$ , что равносильно масштабированию  $\Phi(S)$ ) легко определяются по корреляционным зависимостям между  $\Phi(S), \lambda_1, \lambda_2, \gamma$ .

Из предыдущего следует, что для рассматриваемых процессов:

$$\Phi(S) = \left( \xi - \sqrt{\xi^2 - 1} \right) \cdot \omega_0 + \frac{a}{\left( \xi - \sqrt{\xi^2 - 1} \right) \cdot \omega_0} + b \cdot \frac{\xi + \sqrt{\xi^2 - 1}}{\xi - \sqrt{\xi^2 - 1}} + c \cdot \frac{\xi - \sqrt{\xi^2 - 1}}{\xi + \sqrt{\xi^2 - 1}}.$$

При выбранной балльности  $N$  шкалы оценок  $k$ -й класс композиционного материала в баллах определяется из условия  $d_{k-1} \leq \Phi(S) < d_k, k = 1, 2, 3 \dots N$ .

Параметр  $d_k$  определяется в результате сравнения расчетных значений с экспериментальными [4]. Класс системы улучшается при движении в направлении:

$$-\text{grad}(\xi, \omega_0) = \left( \frac{\partial \Phi}{\partial \xi}, \frac{\partial \Phi}{\partial \omega_0} \right).$$

В случае полидисперсных систем достаточно по аналогии с предыдущим использовать функционал качества вида:

$$\Phi(S) = f \lambda_m + a \frac{1}{\lambda_m} + br + c \frac{1}{r}, \lambda_m = \min_i \{ \lambda_i \}, r = \max_i \left\{ \frac{\lambda_i}{\lambda_m} \right\},$$

где  $(-\lambda_i)$  – корни характеристического полинома,  $\lambda_i > 0, i = \overline{1, k}; f, a, b, c$  – весовые константы.

Результаты исследований использовались и оказались эффективными при разработке сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации, эпоксидных композитов повышенной плотности и серных композиционных материалов для защиты от радиации и стойких в растворах плавиковой кислоты [5].

#### Список литературы

1. Данилов А.М., Королев Е.В., Гарькина И.А. Строительные материалы как системы // Строит. материалы. 2006. №7. С. 55–57.
2. Прошин А.П., Данилов А.М., Соломатов В.И. и др. Математические методы в строительном материаловедении (монография). Саратов: Изд-во Саратовского университета. 2001. 188 с.
3. Гарькина И.А., Королев Е.В., Смирнов В.А. Преодоление неопределенностей целей в задачах многокритериальной оптимизации на примере разработки сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации // Строит. материалы. 2006. № 8. С. 23–26.
4. Данилов А.М., Прошин А.П., Гарькина И.А. Синтез материалов на основе объективизации субъективных шкал оценок качества // Параллельные вычисления и задачи управления: Труды III Международной конференции РАСО' 2004. Москва: ИПУ РАН. 2004. С. 329–337.
5. Баженов Ю.М., Данилов А.М., Гарькина И.А. и др. Системный подход к разработке и управлению качеством строительных материалов. М.: Палеотип. 2006. 186 с.



XII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# ВОЛГАСТРОЙЭКСПО

24-27 апреля 2007



КАЗАНЬ

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР



Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8, ОАО "Казанская ярмарка"  
тел./ факс: (843) 570-51-27, 570-51-11, e-mail: d1@vico.bancorp.ru, www.volgastroeyexpo.ru

## **Требования к материалам, направляемым в группу журналов «Строительные материалы» для опубликования**

В группе журналов «Строительные материалы» публикуются оригинальные статьи, нигде ранее не опубликованные и не предназначенные для одновременной публикации в других изданиях.

Научные статьи рецензируются специалистами.

*Библиографические списки* цитируемой, использованной литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003. Цитируемая литература приводится общим списком в конце статьи в порядке упоминания. Порядковый номер в тексте заключается в квадратные скобки.

В начале статьи указывается УДК.

Статьи, направляемые в редакцию группы журналов «Строительные материалы» для опубликования, должны оформляться в соответствии с *техническими требованиями*.

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word (рекомендуемый объем 10 страниц машинописного текста или 10 тыс. знаков, включая таблицы и рисунки; размер шрифта 14, печать через 1,5 интервала, поля 3–4 см) и сохранен в формате \*.doc или \*.rtf и **не должен содержать иллюстраций**;
- **единицы физических величин должны быть приведены в Международной системе единиц (СИ)**;
- **для названий химических соединений необходимо придерживаться терминологии, рекомендуемой ИЮПАК**;
- графический материал (*графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.*) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw (версии не выше v.12), Adobe Illustrator (версии не выше CS2) и

сохранен в форматах \*.cdr, \*.ai, \*.eps соответственно. **Сканирование графического материала и импортирование его в перечисленные выше редакторы недопустимо**;

– иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате \*.tif, \*.psd, \*.jpg (качество «8 – максимальное») или \*.eps (Adobe PhotoShop) с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

*Весь материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться:*

- рекомендательным письмом руководителя предприятия (института) с указанием, является ли работа диссертационной;
- распечаткой статьи, лично подписанной авторами;
- рефератом на русском и английском языках;
- подтверждением, что статья предназначена для публикации в группе журналов «Строительные материалы», ранее нигде не публиковалась, и в настоящее время не передана в другие издания;
- сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени и ученого звания (звания в негосударственных академиях наук не указывать), должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов.
- иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте группы журналов [www.rifsm.ru/avtoram.php](http://www.rifsm.ru/avtoram.php).

## **Как оформить подписку на журнал «Строительные материалы»®**

### **На почте:**

**Индексы 70886, 87723 – по объединенному каталогу «Пресса России»  
79809, 36108, 20461, 36109 – по каталогу агентства «Роспечать»  
61970 – по каталогу «Издания органов научно-технической информации»**

### **В редакции:**

**Заявки на подписку принимаются по факсу (495) 124-32-96, 124-09-00 или по электронной почте [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru)**

### **Через Интернет:**

**На сайте журнала «Строительные материалы»® [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru) разделе «Подписка» ([www.rifsm.ru/podpiska.php](http://www.rifsm.ru/podpiska.php))**

### **Альтернативная подписка:**

<b>«Агентство Артос-Гал»</b>	<b>(495) 160 58 47 504 13 45</b>	<b>«Экс-Пресс»</b>	<b>(495) 234 23 80</b>
<b>«Вся пресса»</b>	<b>(495) 787 34 47</b>	<b>«Урал-Пресс»</b>	<b>(495) 257 86 36</b>
<b>«Информ Наука»</b>	<b>(495) 787 38 73</b>		<b>(343) 375 80 71</b>
<b>«Интер-почта»</b>	<b>(495) 500 00 60</b>	<b>«Агентство «Коммерсант-Курьер»</b>	<b>(495) 614 25 05</b>
<b>«Красносельское агентство «Союзпечать»</b>	<b>(495) 707 12 88 707 16 58</b>	<b>РУП «Белпочта», Минск, Беларусь</b>	<b>(843) 291 09 82</b>
			<b>(375-17) 227 20 31</b>