

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

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

**Главный редактор**  
ЮМАШЕВА Е.И.

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

БАРИНОВА Л.С.  
БУТКЕВИЧ Г.Р.  
ВАЙСБЕРГ Л.А.  
ВЕДЕРНИКОВ Г.В.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОНЧАРОВ Ю.А.  
ГОРИН В.М.  
ГРИДЧИН А.М.  
ЖУРАВЛЕВ А.А.  
КОВАЛЬ С.В.  
КОЗИНА В.Л.  
КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.  
ЛЕСОВИК В.С.  
ПИЧУГИН А.П.  
РУДЫЧЕВ А.А.  
ФЕДОСОВ С.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.  
ХИХЛУХА Л.В.  
ЧЕРНЫШОВ Е.М.  
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

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

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

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

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

**Адрес редакции:**

Россия, 127434, Москва,  
Дмитровское ш., д. 9, корп. 3  
**Тел./факс: (495) 976-22-08**  
**(495) 976-20-36**  
**Телефон: (926) 833-48-13**  
**E-mail: mail@rifsm.ru**  
**http://www.rifsm.ru**

## Материалы для дорожного строительства

С.П. АРЖАНУХИНА

### Нормативные документы технического регулирования дорожно-строительных материалов ..... 4

Рассматривается новое представление проблематики технического регулирования в сфере дорожно-строительных материалов на примере технического регламента Республики Казахстан. Предлагается в новых нормативных документах дорожного хозяйства учитывать требования государственных стандартов России оценки степени риска и степени причиняемого ущерба.

А.В. СИЛКИН, А.П. ЛУПАНОВ, А.С. СУХАНОВ

### Анализ себестоимости асфальтобетонных смесей и динамика цен на материалы и энергоресурсы для их производства ..... 6

Показано, что себестоимость производства асфальтобетонных смесей, материалоемкость продукции составляет до 82%. Анализ динамических рядов средних цен на материалы позволяет с помощью регрессивных моделей прогнозировать изменение цен в последующие годы, что необходимо для формирования стратегии инвестиционной политики предприятий.

Г.Р. БУТКЕВИЧ, М.И. ЛОПАТНИКОВ

### Щебень, песок: необходимо взаимопонимание нерудников и дорожников .... 8

Показано, что распределение минерально-сырьевой базы производства НСМ по стране неравномерно, что повышает стоимость щебня и песка за счет транспортировки. При этом использование местного сырья, рациональные требования к продукции могут снять остроту вопроса обеспечения дорожного строительства качественными НСМ. Приведены конкретные предложения.

М.И. ЛОПАТНИКОВ

### Новый источник высокопрочного щебня для дорожного строительства ..... 10

Показано, что в ряде регионов, где отсутствуют месторождения прочных изверженных пород, можно производить щебень из гравия и валунов местных песчано-гравийных месторождений. В настоящее время в ГОСТ 8267-93 внесено дополнение об определении марки щебня из валунов по прочности.

А.С. СУХАНОВ, А.П. ЛУПАНОВ, А.В. СИЛКИН, Т.Н. КОНДРАТЬЕВА

### Получение активированного минерального порошка в центробежно-ударной мельнице ..... 12

Разработана технология приготовления минерального порошка для асфальтобетонов в центробежно-ударных мельницах. Показано, что асфальтобетоны с таким порошком отличаются повышенной прочностью, плотностью, пониженной битумоемкостью, а также улучшенной технологичностью.

В.Г. ХОЗИН, Н.М. МОРОЗОВ, И.В. БОРОВСКИХ, С.В. СТЕПАНОВ

### Высокопрочные цементные бетоны для дорожного строительства ..... 15

Рассмотрены пути повышения прочности песчаных бетонов, изготовленных из жестких и подвижных смесей. Показано, что применение наполнителей в песчаных бетонах позволяет уплотнить структуру, снизить трещинообразование и повысить прочность при изгибе. В зависимости от подвижности смеси произведен выбор эффективных пластификаторов для получения высокой прочности. Кроме того, показана эффективность применения базальтовой фибры совместно с микрокремнеземом.

С.О. ЯШИН, М.Н. ШАЛЬНЕВ, Ю.Г. БОРИСЕНКО

### Применение фосфогипса в составе наполнителя асфальтобетонных смесей ... 18

Приведены результаты экспериментальных исследований применения фосфогипса дигидрата в составе наполнителя асфальтобетонных смесей. Результаты исследований позволили установить направление решения вопроса утилизации этого многотоннажного отхода химической промышленности.

А.Ю. ФОМИН, В.Г. ХОЗИН

### Применение серы в производстве дорожно-строительных материалов ..... 20

Показано, что битумполисульфидные дорожные вяжущие обладают рядом существенных технико-экономических и эксплуатационных преимуществ по сравнению с битумными. Проведенные исследования позволяют решить проблему вредных выделений в технологии серосодержащих строительных материалов, а также вопрос утилизации крупнотоннажных отходов органического синтеза.

М.А. ГОНЧАРОВА, Б.А. БОНДАРЕВ, А.Д. КОРНЕЕВ

**Кристаллические металлургические шлаки в дорожном строительстве .....23**

Крупномасштабное наблюдение за транспортно-эксплуатационным состоянием дорог в Липецке показало, что прочность дорожных одежд соответствует нормативным показателям на 65%. Показано, что использование в конструкциях городских дорог металлургических шлаков повышают несущую способность дорожных одежд.

В.С. ПРОКОПЕЦ, В.Д. ГАЛДИНА, Г.А. ПОДРЕЗ

**Асфальтобетоны на основе пористых заполнителей Западной и Восточной Сибири .....26**

Изложены результаты исследования физико-механических свойств асфальтобетонов на пористых заполнителях. Установлены повышенные деформативность и трещиностойкость таких асфальтобетонов.

**К 100-летию со дня рождения Игоря Александровича Рыбьева .....30**

М.А. НУРИЕВ, А.В. МУРАФА, Д.Б. МАКАРОВ, В.Г. ХОЗИН

**Дорожные покрытия из холодного асфальтобетона на анионоактивных битумных эмульсиях .....33**

Исследованы свойства смесового эмульгатора, полученного из отходов переработки хлопкового масла и сахарной свеклы, представляющие фильтрационный осадок-дефекат. Изучены структура и свойства выбранного эмульгатора и битумных эмульсий на его основе. Показана эффективность использования разработанных материалов.

Б.Г. ПЕЧЕНЬИ, Е.А. ДАНИЛЬЯН, В.Д. ГАЛДИНА

**Влияние режимов приготовления асфальтобетонных смесей на свойства асфальтобетонов .....36**

В статье показано, что значительное повышение качества асфальтобетонов, снижение времени перемешивания смеси и расхода битума достигается при введении в смеситель компонентов в следующей последовательности: щебень → песок → битум → минеральный порошок. Это обеспечивает в первую очередь полное покрытие свободным битумом поверхности щебня и песка и последующее объединение оставшейся части свободного битума с поверхностью введенного минерального порошка.

Д.Е. БАРАБАШ, В.В. ЛАЗУКИН

**Проектирование композиционных строительных материалов на основе модифицированных жидких олигодиенов .....40**

На основании выполненных исследований получены теоретические обобщения и разработаны основные положения проектирования материалов, в том числе для герметизации швов аэродромных покрытий и их оперативного ремонта. Установлены основные эксплуатационные параметры материалов, полученных с учетом разработанной методики проектирования составов на основе модифицированных олигомеров.

В.В. ЯДЫКИНА, Е.А. ЛУКАШ

**Органоминеральные композиты для дорожного строительства на основе модифицированных наполнителей ... 46**

Рассмотрена возможность активации ультрафиолетовым облучением минеральных порошков из техногенного сырья КМА. Определено оптимальное время воздействия ультрафиолета для каждого материала, при котором максимально увеличивается концентрация обменных центров, заметно снижается влагопоглощение. Показано, что физико-механические характеристики и долговечность асфальтобетона, приготовленного на модифицированном наполнителе, существенно повышаются.

М.М. ЛАТЫПОВ, И.Б. СТРУГОВЕЦ, В.В. БАБКОВ, И.В. НЕДОСЕКО

**Фибробетон в производстве дорожных плит .....50**

Одним из наиболее эффективных способов увеличения статической прочности и ударной выносливости бетонов является введение металлической и синтетической фибры, которое позволяет в ряде случаев отказаться от стержневого армирования и предварительного напряжения. Дана ориентировочная рецептура фибробетона с металлической фиброй для производства дорожных плит и приведены результаты испытания этих плит. Для повышения плотности, истираемости и морозостойкости внешнего лицевого слоя предложен способ пропитывания поверхности композициями на основе водорастворимой серы. Представлена оригинальная экономичная технология пропитки верхнего слоя изделий.

М.В. ВЬЮГОВ, В.Д. КАЗАРНОВСКИЙ, М.В. СТЕПАНОВ

**Применение геосинтетических материалов в конструкциях дорожных одежд .....52**

Рассматриваются новые конструкции дорожных одежд с применением геосинтетических материалов, рекомендуемые для применения при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог

В.В. ВОЛКОВ, Д.Е. БАРАБАШ, В.В. ЛАЗУКИН

**Перспективы использования СВЧ-излучений при укладке полимермодифицированных асфальтобетонных смесей .....55**

Рассмотрены причины недостаточного использования полимерных модификаторов для асфальтобетонных смесей. Показаны направления развития производства полимермодифицированных битумных вяжущих. Обосновано преимущество применения бутадиев-стирольных термоэластопластов при СВЧ-разогреве асфальтобетонных смесей.

**IV Международный научно-практический семинар «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве» (МИСХОР-2009) (Информация) .....58**

Д.М. АНТОНОВСКИЙ, И.С. ЛАДНЕР

**Прогнозирование расчетной долговременной прочности геосинтетических материалов .....60**

Рассматривается апробированный и максимально близкий к результатам мониторинга метод прогнозирования расчетной долговременной прочности армирующих геосинтетических материалов в процессе их эксплуатации в строительных конструкциях, разработанный в Германии.

А.В. КОРОЧКИН, В.И. КОЛЬЦОВ

**Расчет толщины асфальтобетонных слоев жесткой дорожной одежды .....62**

Представлена методика расчета толщины асфальтобетонных слоев жесткой дорожной одежды, основанная на результатах натурных исследований работы конструкции. Приводится сравнение и анализ предлагаемых расчетов с действующим нормативным документом.

А.Н. ПОПОВ, И.Г. ШАШКОВ, А.В. КОЧЕТКОВ

**Совершенствование методов прогнозирования работоспособности аэродромных покрытий .....69**

Предложена модель развития и накопления повреждений в аэродромном покрытии, основанная на теории надежности, которая позволяет с высокой вероятностью прогнозировать изменение эксплуатационного состояния аэродромного покрытия во времени. Это способствует качественному планированию работ по текущему содержанию, резервированию денежных средств и своевременному проведению работ.

Е.Г. ЛАВРУШИНА, А.А. БОЙКО

**Распределение температурных напряжений в дорожных покрытиях .....74**

Предложен метод расчета, позволяющий оценить эффективность как простых, так и армированных геотекстилем дорожных полотен. В основу метода положена оценка влияния циклического воздействия механических и температурных напряжений на несущую поверхность дорожного полотна.

А.В. КОЧЕТКОВ, А.В. ЧВАНОВ

**Новые антигололедные дорожные покрытия с шероховатой поверхностью в России .....76**

Показаны технология и принцип работы антигололедного дорожного покрытия с шероховатой поверхностью. Производителем специализированной химической продукции в России является ООО «Зиракс». Покрытие разработано в США и направлено на обеспечение безопасности и мобильности на автомобильных дорогах.

Н.Е. КОКОДЕЕВА

**Обеспечение безопасности автомобильных дорог с учетом теории риска .....80**

В соответствии с необходимостью изучения широкого круга вопросов по проектированию и строительству автомобильных дорог в СГТУ целенаправленно с 1930 г. проводили работу в направлении создания научной школы кадров для решения проблем разработки строительных материалов, технологий дорожного строительства. Созданная кафедра «Строительство дорог и организация движения» в числе других вопросов разрабатывает модели оценки риска в различных дорожных условиях.

**Новости .....82**

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® technology

приложение к научно-техническому журналу «Строительные Материалы» № 11-2009 г.

**III научно-практическая конференция СИЛИКАТэкс «Развитие производства силикатного кирпича в России» .....85**

А.А. СЕМЕНОВ, И.Г. ПОНОМАРЕВ

**Российский рынок извести: влияние кризиса и перспективы развития .....89**

Д.В. ТРУФАНОВ

**Совершенствование технологии производства извести по мокрому способу из мела высокой чистоты .....92**

Известно, что известь можно выпускать мокрым способом из природного мелового сырья и конверсионного карбоната кальция. Приведены основные отличия этих видов сырья. При строительстве Россошанского известкового завода в качестве сырья предполагалось использование ККК, который являлся отходом одноименного химкомбината. Однако это сырье оказалось непригодным. В настоящее время завод работает на меловом сырье. Описаны важные особенности технологии производства, даны прогнозы использования сырья на заводе. Представлены основные виды продукции Россошанского известкового завода.

В.В. БЕЛЯКОВ

**Резервы карбонатного сырья для силикатной промышленности .....95**

Рассмотрены вопросы рационального использования карбонатного сырья в силикатной промышленности РФ. Дан анализ процесса добычи и переработки сырья в карьерах в связи с наличием там значительных отвалов щебня мелких фракций. Представлен резерв сырья в виде доломитизированных известняков. Предложена конструкция печи кольцевого типа, позволяющая получать доломитовую известь.

Г.В. КУЗНЕЦОВА, В.И. САННИКОВА

**Некоторые аспекты применения методики определения сырцової прочности силикатного кирпича .....98**

Освещена проблема испытания сырцової прочности силикатного кирпича на постель и на ложок. Предложен способ испытания сырцової прочности силикатного кирпича для прессов РА 550 при формовании в положении на ложок, который хорошо согласуется как со способом формования, так и со способом укладки сырца на запарочную вагонетку и позволяет получить прочностные показатели, соизмеримые с другими видами формования.

И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, В.В. НЕЛЮБОВА, А.В. ЧЕРЕВАТОВА, В.В. СТРОКОВА

**Особенности фазообразования в системе CaO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O в присутствии наноструктурированного модификатора ...100**

На основе результатов экспериментального изучения установлено положительное влияние наноструктурированных систем кремнеземистого состава на скорость образования высокотемпературных гидросиликатов кальция и увеличение прочности композитов.

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

**70886** каталог «Пресса России»

**79809** каталог агентства «Роспечать»

**Не забудьте оформить подписку своевременно!**

С.П. АРЖАНУХИНА, инженер (soni.81@mail.ru),  
Саратовский государственный технический университет

## **Нормативные документы технического регулирования дорожно-строительных материалов**

В настоящее время в РФ действует Федеральный закон № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации», по которому вопросы безопасности автомобильных дорог и оценка их технико-эксплуатационных характеристик относятся к Федеральному закону № 184-ФЗ «О техническом регулировании». В соответствии с ними должны быть разработаны технические регламенты с оценкой степени риска и степени причиняемого ущерба.

При реализации техникой регламент требует не количественного определения риска, а лишь оценки его степени, что значительно проще, однако представляется достаточно сложной и сильно формализованной процедурой этой оценки.

Развитие принципов технического регулирования от идеи всеобщей надежности и всеобщей минимизации дисперсии, в том числе в системе менеджмента качества, к методам теории риска не случайно. Произошел переход от технического регулирования в пользу собственника объекта, например автомобильной дороги, моста, тоннеля, объекта дорожной инфраструктуры, к техническому регулированию в пользу конечного потребителя (водителя, пешехода, владельца груза или транспортного средства). При этом риск в отличие от интегральных параметров надежности стал определяться отдельно по независимым опасностям с отдельным нормированием по каждой.

Федеральным законом «Об автомобильных дорогах...» разделены понятия надежности и безопасности автомобильных дорог и безопасности дорожного движения. Понятие надежности продолжает нести важную практическую нагрузку, например, оно имеет значительную информативность для назначения планово-предупредительных ремонтов.

В руководстве ИСО/МЭК 51:1999 «Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты» установлены для разработчиков правила включения в стандарты аспектов безопасности, которые могут быть применены к ее любым аспектам, относящимся к людям или имуществу, или к окружающей среде, или к сочетанию этих сторон. Правила основаны на уменьшении риска при использовании продукции, процессов или услуг. Рассматривается полный жизненный цикл продукции, процесса или услуги, включая как предназначенное, так и возможное непредсказуемое неправильное использование.

Это отражено и в ГОСТ Р 51898–2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты». В нем устанавливается, что слова «безопасность» и «безопасный» следует применять только для выражения уверенности и гарантий риска. Не следует употреблять слова «безопасность» и «безопасный» в качестве описательного прилагательного предмета, так как они не передают

никакой полезной информации. Рекомендуется всюду, где возможно, эти слова заменять признаками предмета, например «нескользящее покрытие для пола» вместо «безопасное покрытие».

Безопасности достигают путем снижения уровня риска до допустимого, определенного в стандарте как допустимый риск, представляющий собой оптимальный баланс между безопасностью и требованиями, которыми должны удовлетворять продукция, процесс или услуга, а также такими факторами, как выгода для пользователя, эффективность затрат, обычаи и др. Важно отметить, что понятия ремонтпригодности и долговечности согласно ГОСТ Р 51898–2002 относятся к показателям безопасности.

В связи с этим интересен опыт Республики Казахстан по созданию цикла технических регламентов в области дорожного хозяйства. Там разработан и уже принят технический регламент по безопасности автомобильных дорог.

Интерес для дорожников и специалистов в области дорожно-строительных материалов должен представлять технический регламент «Требования к безопасности дорожно-строительных материалов», утвержденный Постановлением Правительства Республики Казахстан от 31 декабря 2008 г. № 1331. Он разработан в соответствии с законами Республики Казахстан «Об автомобильных дорогах», «О техническом регулировании», «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности», «О безопасности дорожного движения». Разработчик АО «КазДОРНИИ», Алматы.

Данный технический регламент может служить примером учета степени риска в технических регламентах дорожного хозяйства, а также основой для разработки аналогичного отечественного нормативно-технического документа.

Объектами технического регламента являются дорожно-строительные материалы, импортируемые и производимые в Республике Казахстан, применяемые в сфере строительства, ремонта, реконструкции, эксплуатации автомобильных дорог общего пользования всех технических категорий и сооружений на них в зависимости от климатических условий, а также повторно используемые, эксплуатация которых допускается в ограниченном количестве; процессы жизненного цикла дорожно-строительных материалов – производство, транспортирование и хранение, применение, в том числе повторное, утилизация и захоронение.

Положения технического регламента устанавливают основные требования безопасности, предъявляемые к дорожно-строительным материалам, предназначенным для устройства земляного полотна, конструктивных слоев дорожных одежд, инженерных сооружений, обустройства дороги и разметки на этапах разработки сырья,

производства, хранения, транспортирования, реализации и применения дорожно-строительных материалов, утилизации и (или) ликвидации отходов.

Разработан перечень дорожно-строительных материалов, в отношении которых устанавливаются требования безопасности.

В техническом регламенте используются понятия, как предусмотренные Законом Республики Казахстан от 17 июля 2001 г. «Об автомобильных дорогах», так и другие: асфальтобетонная смесь; краска (эмаль) для дорожной разметки автомобильных дорог; термопластик; битуминозные породы (киры); порошок минеральный активированный; битумы нефтяные дорожные вязкие и жидкие; дорожная бетонная смесь, рационально подобранная и тщательно перемешанная; эмульсии битумные дорожные; гравий; добавки (сухие и жидкие); песок; щебень; полимерно-битумное вяжущее; грунт; технологический регламент; цемент; предельно допустимая концентрация и пр.

При производстве и применении дорожно-строительных материалов должны учитываться источники опасности и факторы риска. К источникам опасности относятся: сырье и материалы; технологический процесс; транспортирование, хранение, применение, в том числе повторное; утилизация и захоронение. Факторами риска являются физическая и химическая опасность перечисленного. К физическим факторам относятся прочность; износостойкость; морозостойкость; теплостойкость; гранулометрический и фракционный составы; вязкость; адгезия; пожароопасность (огнестойкость); срок пригодности и др. К химическим факторам относятся: радиоактивность (удельная эффективная активность естественных радионуклидов); класс токсичности; выделение вредных химических веществ в воздух рабочей зоны, в атмосферу в черте населенных мест и пр.

На этапах жизненного цикла дорожно-строительных материалов должны учитываться условия, направленные на устранение или снижение риска возникновения опасности для человека и окружающей среды в результате неблагоприятного воздействия одного из материалов или их смесей, а также на обеспечение доступности информации о возможном остаточном риске при производстве материалов и их применении на отдельных участках автомобильных дорог и при возникновении чрезвычайных ситуаций. Защиту от риска при изготовлении, транспортировании, применении и хранении материалов невозможно исключить в связи с технологическими особенностями конкретных материалов, разнообразием природно-климатических условий и других факторов и ситуаций, в которых они применяются.

Дорожно-строительные материалы должны быть устойчивыми к воздействию природных факторов. Они подразделяются на материалы: полученные из сырья и других материалов путем переработки или обработки; являющиеся одновременно и сырьем и готовой продукцией (грунты, гравийно-песчаные смеси, природный песок, битуминозные породы).

Установлены общие требования к сырью и готовым дорожно-строительным материалам на всех этапах жизненного цикла. Суммарная эффективная удельная активность естественных радионуклидов готовой продукции не должна превышать 740 Бк/кг при строительстве дорог и аэродромов в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки (II класс радиационной опасности материалов) и 1500 Бк/кг при строительстве дорог вне населенных пунктов (III класс радиационной опасности материалов). Взрывоопасность и пожарная безопасность дорожно-строительных материалов обусловлена физико-

химическими свойствами и показателями химических веществ, входящих в их состав, способных вызывать возникновение взрыва и (или) развитие пожара и должна обеспечиваться мерами, предотвращающими условия возникновения взрыва и (или) пожара на всех этапах жизненного цикла дорожно-строительных материалов. Предельно допустимая концентрация вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны и населенных пунктов не должна превышать требований, установленных в приложении к регламенту. Сумма концентраций вредных веществ при их совместном присутствии с эффектом суммирования не должна превышать единицы в группах, включающих фенол, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, пентаксид ванадия. Если при получении минеральных порошков и других минеральных вяжущих из разных горных пород и техногенных отходов промышленности возможно одновременное выделение пыли с разным содержанием предельно допустимых концентраций вредных химических веществ, то они также образуют группу суммирования, так как токсичное действие одной пыли усиливается в присутствии других разновидностей. Грунты, используемые в дорожном строительстве, по происхождению, составу, состоянию в природном залегании, набуханию, просадочности и другим параметрам должны подразделяться в соответствии с действующей классификацией грунтов, установленной гармонизированными нормативными документами.

Разработаны специальные требования к сырью и дорожно-строительным материалам, а также требования безопасности технологических процессов.

К потенциально опасным и вредным производственным факторам при выполнении работ по изготовлению дорожно-строительных материалов относятся: воздействие паров химических веществ, пыли; вибрация; шум; вращающиеся механизмы; термические ожоги кожи от контакта с горячими битумами и смесями.

Для сведения к минимуму риска травмирования загрузочные площадки камнедробилок, битумохранилища ямного типа, площадки и лестницы на битумных котлах, битумоплавильных и смесительных установках ограждаются перилами, зев камнедробилок ограждаются бортами и устраивают над загрузочным отверстием козырек.

Установлены требования безопасности при маркировке, а также при хранении и транспортировании.

В техническом регламенте также установлены требования безопасности при утилизации, захоронении и к оформлению подтверждения соответствия.

Обязательное подтверждение соответствия дорожно-строительных материалов осуществляется с учетом требований постановления Правительства Республики Казахстан от 4 февраля 2008 г. № 90 «Об утверждении технического регламента «Процедуры подтверждения соответствия» в двух формах: 1) в форме обязательной сертификации; 2) в форме принятия декларации о соответствии.

Принятие в РФ законов «Об автомобильных дорогах...» и «О техническом регулировании» вызывает необходимость перехода от оценок надежности к показателям безопасности автомобильных дорог в терминах теории риска.

В качестве образца разработки подобных нормативно-технических документов можно рассматривать технический регламент Республики Казахстан «Требования к безопасности дорожно-строительных материалов».

Для дорожного хозяйства РФ необходима разработка цикла технических регламентов с учетом степени риска и степени причиняемого ущерба, в том числе по строительно-дорожным материалам.

А.В. СИЛКИН, гл. экономист, ОАО АБЗ № 4 «Капотня»;  
 А.П. ЛУПАНОВ, канд. техн. наук, генеральный директор,  
 А.С. СУХАНОВ, зам. генерального директора, ООО «Дорэксперт» (Москва)

## Анализ себестоимости асфальтобетонных смесей и динамика цен на материалы и энергоресурсы для их производства

Асфальтобетон является основным материалом для покрытий автомобильных дорог. Их протяженность более 330 тыс. км. Фактические межремонтные сроки асфальтобетонных покрытий в климатических условиях России составляют не более 5 лет, что требует проведения частых ремонтов [1]. Основными строительными материалами для ремонта дорог являются асфальтобетонные смеси, стоимость которых в последние годы постоянно увеличивается. Составляющие материалы для их приготовления являются нефтебитум, щебень, песок и минеральный порошок. На основании фактических данных для Москвы ООО «Дорэксперт» был проведен анализ затрат на производство асфальтобетонных смесей в 2006–2009 гг. Эти годы за исключением последнего характеризовались устойчивым ростом спроса на асфальтобетонные смеси и, как следствие, роста инвестиций в строительство и ремонт дорожно-уличной сети Москвы и Московской области.

Основные затраты (82%) приходятся на составляющие материалы (рис. 1). В условиях намечившегося в начале 2009 г. сокращения финансирования инвестиций в строительство и ремонт дорог появилась тенденция к снижению объема выпускаемых асфальтобетонных смесей (рис. 1). Распределение, построенное на данных первой половины 2009 г., свидетельствует о возросшей доли условно-постоянных затрат (рис. 2).

Увеличение доли условно-постоянных затрат в данном случае не являлось следствием увеличения затрат на заработную плату, или доли лизинговых платежей, а в большей степени вызвано именно снижением объемов производства. Вместе с тем доля затрат на материалы по-прежнему является наиболее значимой при производстве асфальта и является предметом дальнейшего анализа. На рис. 3 приведен график, отражающий в процентах изменение удельного веса каждого материала за 2006–2009 гг. Изменение влияния отдельно взятого материала в себестоимости зависит не только от текущих цен поставщиков, реализующих данный материал, но и

от типа применяемых смесей. Теплые периоды года характеризуются увеличенным расходом щебня, так как в этот период производят смеси для верхних слоев покрытий с повышенным содержанием щебня.

Из рис. 3 видно, что самым затратным материалом при производстве асфальтобетонных смесей является нефтебитум, цена на который, как показывает практика последних лет, нестабильна. Частые колебания цены нефтебитума, ограниченное количество поставщиков, спорадически возникающий дефицит ведут к желанию у предприятия принятия мер по созданию некоторых запасов материала в тот момент, когда цена ниже. Как правило, это происходит в зимний период, но хранение нефтебитума в этот период сопряжено с рядом технических трудностей, особенно с необходимостью поддержания определенной температуры. Открытые хранилища способствуют обводнению и существенному росту затрат на обезвоживание.

При оценке затрат на нефтебитум целесообразно учитывать и затраты на его транспортировку специализированным транспортом (битумовозами), а также затраты по поддержанию его рабочей температуры (рис. 4).

Как видно из рис. 4, поставщики в зимний период, как правило, предлагают нефтебитум по значительно более низким ценам, что обусловлено снижением потребности в нем. В зимний период стоимость битума может понижаться в 2–3 раза. На асфальтобетонных заводах в этот период обычно производят горячие литые смеси, выпуск которых в больших объемах не требуется, а реальные затраты на нефтебитум существенно выше, что обусловлено большой долей расходов на разогрев нефтебитума с учетом зимней температуры.

На рис. 5 показано, как менялись за последние годы средние цены поставщиков на щебень, минеральный порошок и песок. Как видно, возникший дефицит минерального порошка в 2008 г. способствовал тому, что поставщики резко и порой необоснованно поднимали цены в два раза. В этих условиях некоторые предприятия

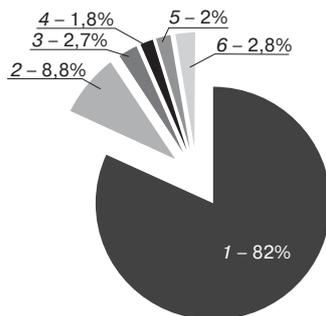


Рис. 1. Распределение затрат на приготовление асфальта в 2006–2008 гг.: 1 – материалы; 2 – заработная плата и единый социальный налог ЕСН; 3 – текущий ремонт основных средств, включая запчасти; 4 – лизинговые платежи, амортизационные начисления и арендная плата; 5 – газ и электроэнергия; 6 – прочие затраты

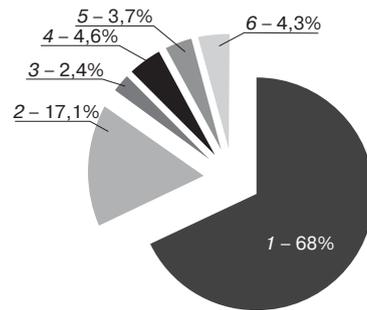


Рис. 2. Распределение затрат на приготовление асфальта в первом полугодии 2009 г.: 1 – материалы; 2 – заработная плата и единый социальный налог ЕСН; 3 – текущий ремонт основных средств, включая запчасти; 4 – лизинговые платежи, амортизационные начисления и арендная плата; 5 – газ и электроэнергия; 6 – прочие затраты

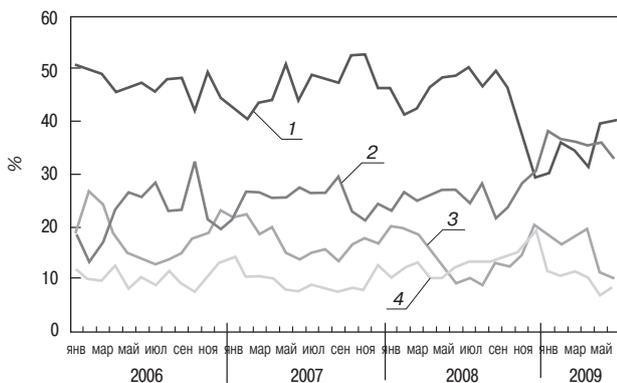


Рис. 3. Изменение удельного веса каждого материала в себестоимости материалов за 2006–2009 гг.,%: 1 – нефтесбитум; 2 – щебень; 3 – песок; 4 – минеральный порошок

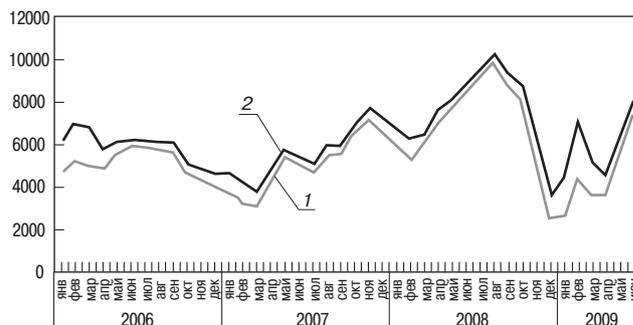


Рис. 4. Динамика затрат (р.) на 1 т нефтесбитума 2006–2009 гг.: 1 – оплата поставщику; 2 – оплата поставщику + транспортировка + газ

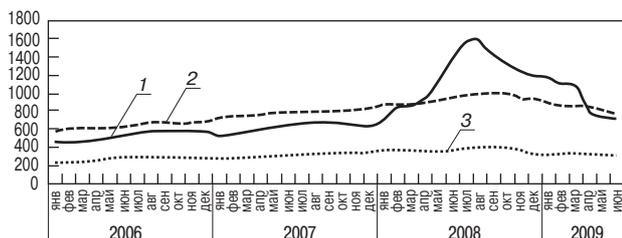


Рис. 5. Динамика изменения цен (р.) на: 1 – минеральный порошок; 2 – гранитный щебень; 3 – песок

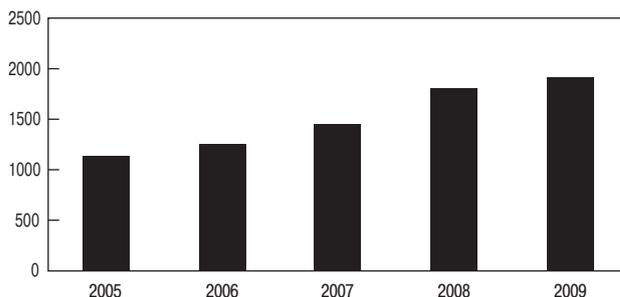


Рис. 6. Изменение тарифов (р.) на 1000 м³ природного газа за 2005–2009 гг.

тия организовали производство минерального порошка своими силами.

Анализ динамических рядов средних цен на материалы позволяет с помощью регрессионных моделей прогнозировать изменение цен в последующие годы. Использование этих данных необходимо при формировании стратегии инвестиционной политики предприятий, производящих асфальтобетонные смеси.

Затраты на энергоресурсы при производстве асфальтобетонных смесей включают затраты на газ и электроэнергию. Тарифы для потребителей газа имеют устойчивую тенденцию к ежегодному росту (рис. 6). Среднегодовой рост тарифов за 2005–2009 гг. составил 14,2%. Лимиты потребления газа ограничены, и в случае их превышения организация выплачивает их с коэффициентом 1,1 в период с 15 апреля по 15 октября и с коэффициентом 1,5 в период с 15 октября по 15 апреля. Таким образом, увеличение выпуска асфальтобетонных смесей не всегда может приводить к снижению затрат на 1 т выпускаемой смеси в связи с увеличением тарифов на газ. Особенно это ощущается в период низкой зимней температуры при производстве литого асфальта, используемого для срочного аварийного ремонта. При небольших объемах выпуска асфальта затраты на газ в расчете на 1 т асфальта составляют до 25% от стоимости материалов.

Динамика тарифов на потребляемую электрическую энергию и электрическую мощность приведена на рис. 7.

Среднегодовой рост тарифов за 2005–2009 гг. на электроэнергию составил 12,9%, на электрическую мощность 25,1%. В целом средние затраты на электроэнергию за период 2005–2009 гг. увеличились на 98%, то есть практически в два раза.

Выводы:

- В себестоимости производства асфальтобетонных смесей материалоемкость продукции составляет наибольшую часть (до 82%).

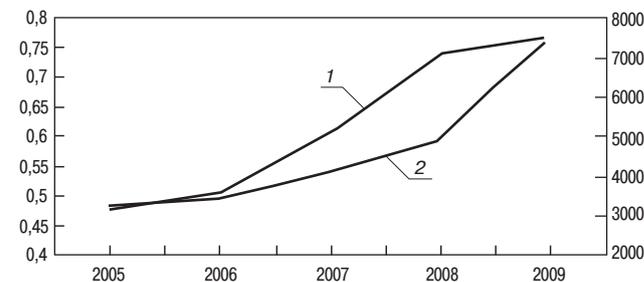


Рис. 7. Изменение регулируемых тарифов (р.) на: 1 – электрическую энергию, кВт·ч; 2 – электрическую мощность, кВт

- Некоторое снижение цен на основные материалы для приготовления асфальтобетонных смесей, как правило, происходит в зимний период, в остальные периоды наблюдается их устойчивый рост в среднем на 17% на нерудные материалы и минеральный порошок и на 36% на нефтесбитум.
- Рост стоимости материалов и энергоресурсов приводит к росту себестоимости асфальтобетонных смесей в среднем на 25,2% ежегодно.
- Необоснованное резкое повышение цен на минеральный порошок требует создания альтернативных производств. Такие производства можно создавать на действующих АБЗ для обеспечения собственных потребностей в минеральном порошке.

Литература:

1. Шумейко А.И., Юровский И.М., Немчинов М.В. Автомобильные дороги России. Состояние и перспективы. М.: Мин. образования и науки РФ, 2007. 268 с.

Г.Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук, М.И. ЛОПАТНИКОВ, канд. геогр. наук,  
ФГУП «ВНИПИИСтромсырье» (Москва)

## **Щебень, песок: необходимо взаимопонимание нерудников и дорожников**

Нерудные строительные материалы (НСМ) используются в различных видах строительства, включая строительство автомобильных дорог и балластировку железнодорожных путей. Требования к характеристикам НСМ у различных потребителей не совпадают. Основные различия – предельное содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы и, для некоторых видов работ, – вид исходного минерального сырья.

Промышленность НСМ – одна из крупнейших горнодобывающих отраслей. В 2008 г. в РФ произведено 428 млн. м<sup>3</sup> НСМ, что составляет 58% от объема производства в 1989 г. Выпуск НСМ за 9 месяцев 2009 г. по сравнению с тем же периодом прошлого года снизился не менее, чем в 2 раза.

Промышленность НСМ имеет определенные отличия от других горных отраслей.

1. Низкая стоимость продукции, предопределяющая экономически оправданные расстояния перевозок. Для автомобильного транспорта во всем мире признаются допустимыми расстояния в пределах 60–80 км, поскольку при большем радиусе перевозок стоимость продукции удваивается. Для железнодорожного и водного транспорта они значительно выше: например, отдельные виды НСМ железнодорожным транспортом доставляют в Москву из Карелии и Урала, щебень с западного побережья Шотландии (карьер Гленсанда) водным транспортом доставляется в Германию.

2. Огромное количество карьеров, измеряемое в крупных странах тысячами.

3. Разброс производственных мощностей от десятков тысяч кубометров до 10 млн м<sup>3</sup>. В развитых странах предприятия малой мощности способны выпускать продукцию высокого качества. Поэтому в состав крупнейших фирм входят наряду с мощными предприятиями малые.

4. Разброс свойств минерального сырья. От песков до прочнейших изверженных пород.

5. В отличие от большинства предприятий других отраслей горнодобывающей промышленности, горнодобывающие предприятия промышленности НСМ реализуют не добываемое минеральное сырье, а полученную из добытого сырья продукцию.

Минерально-сырьевой базой производства НСМ являются месторождения строительного камня, песчано-гравийных материалов и строительных песков. Все они относятся к группе общераспространенных полезных ископаемых. В настоящее время на государственном учете находится не менее 6,5–7 тысяч месторождений этих видов сырья, из которых не менее 50–60% учитываются в качестве распределенного фонда недр, то есть на право их разработки получены государственные лицензии.

Хотя месторождения сырья для производства НСМ и являются общераспространенными, но распространены они неравномерно. На территории ряда субъектов Федерации количество этих месторождений невелико или они полностью отсутствуют. Только месторождения строительных песков в разном количестве имеются в каждом из субъектов федерации. Месторождения песчано-гравийных материалов отсутствуют в 15 регионах,

в 18 – имеются в очень ограниченном количестве. Месторождений строительного камня нет в 8 субъектах Федерации, на территории 27 – их единицы.

Важно отметить, что далеко не во всех регионах, где есть месторождения строительного камня, встречаются месторождения изверженных пород. При этом доля щебня из изверженных пород в общем объеме потребляемого щебня на протяжении последних лет постоянно увеличивается. Например, доля щебня из изверженных пород в общем объеме щебня, потребляемого строительным комплексом Москвы, в настоящее время составляет около 60%, в то время как в прежние годы она составляла не более 20–25%.

Из 46 субъектов РФ, находящихся в Европейской части России, на территории 32 нет месторождений изверженных пород, поэтому такой щебень завозится из других регионов, иногда на очень большие расстояния.

Вместе с тем в ряде районов, в особенности в ЦФО (Московская, Тверская области и др.), в которых месторождения изверженных пород отсутствуют, *часть дальнепривозного щебня из изверженных пород может быть заменена прочным щебнем, полученным из валунов местных песчано-гравийных месторождений*. Щебень из валунов часто имеет большую прочность, чем щебень, полученный дроблением всего валунно-гравийного материала. Однако до последнего времени этому препятствовал тот факт, что в ГОСТ 8267–93 не было указаний, как определять марку по прочности щебня из валунов. В настоящее время в этот стандарт внесено соответствующее дополнение.

Также очень остро стоит вопрос об обеспечении сырьем производства песков, которые могли бы использоваться в качестве мелкого заполнителя бетонов, поскольку пески более половины разведанных месторождений в естественном виде для этих целей не пригодны.

Следует отметить, что среди месторождений, пополнивших балансы запасов полезных ископаемых за последние годы, преобладают месторождения с малыми запасами.

Дорожное строительство является одним из трех основных потребителей НСМ. В РФ и мире существуют несовпадающие оценки распределения НСМ между различными потребителями. Доля дорожного строительства в таких оценках обычно колеблется в диапазоне 40–60% от общего объема выпуска НСМ. Вот мнение недавно избранной президентом Национальной ассоциации камня, песка и гравия Джой Вилсон: продажи НСМ для производства асфальтобетона и готовых смесей и бетона находятся в соотношении 50:50. В составе бетона объем НСМ составляет 80%, а асфальтобетона 94% [1].

Поскольку требования к характеристикам продукции у различных потребителей различаются, представление о том, как распределяются объемы НСМ между потребителями, становится важным фактором, влияющим на формирование представлений о направлениях развития отрасли. Например, на какое количество и каких фракций по размеру зерен следует ориентироваться производителям?

Большинство предприятий НСМ сдано в эксплуатацию 30 и более лет назад. Они были запроектированы для выпуска 3–4 видов продукции. Чтобы расширить номенклатуру, нужно не только вписать в действующую технологическую линию дополнительное оборудование, что само по себе не просто, но и реконструировать складское хозяйство, увеличив площадь склада и изменив систему выгрузки продукции.

В связи с внедрением новых, в том числе зарубежных строительных технологий и оборудования, ужесточением требований к надежности и экологической безопасности возводимых объектов изменилась структура спроса на продукцию. Так, доля щебня в общем объеме производства НСМ за последние 15 лет колебалась в пределах от 40 до 56% (в настоящее время – 44,7%). Возник повышенный спрос на щебень из прочных изверженных пород, а также щебень 1 и 2 групп по ГОСТ 8267–93. Эти виды дорогого щебня используется не всегда обосновано, не по назначению, что удорожает строительство. Неоправданное увлечение щебнем 1 и 2 групп увеличивает нагрузку на окружающую среду, поскольку для того, чтобы получить щебень с минимальным содержанием зерен пластинчатой и игловатой формы, как правило, требуется увеличить количество стадий дробления. Из-за этого значительно, до 40–45% возрастает выход отсевов дробления, объем реализации которых составляет не более 10–15% от объема их выхода. Остальная часть отсевов направляется в отвалы. В итоге увеличиваются затраты на производство продукции.

Многие зарубежные предприятия в течение последних лет освоили выпуск значительного количества новых фракций НСМ. Отдельные предприятия при переработке песчано-гравийных пород выпускают нескольких фракций песков, четыре и более фракции гравия, при переработке скальных пород выпускают до десяти и более фракций щебня. Отдельные отечественные предприятия также расширили номенклатуру продукции. Так, ОАО «Гранит-Кузнецкое», Орское и Пятовское карьероуправления выпускают более 8 фракций щебня, а ЗАО «Мансуровское карьероуправление» 12 видов песка и щебень из гравия.

Практика последних лет доказала эффективность и перспективность ряда технических решений.

Достижения машиностроительной промышленности мира дали возможность кардинально изменить технологию горных работ и переработки горной массы. Серийно выпускается и внедрено горное оборудование, способное подготавливать к выемке (мощные гидромолоты и тракторные рыхлители) и разрабатывать (фрезерные комбайны и экскаваторы с активными зубьями) скальные породы. Применение безвзрывных технологий дает возможность обрабатывать участки месторождений, находящихся во взрывоопасной зоне, снизить потери полезных ископаемых и их разубоживание. Фрезерные комбайны, например, обладая высокой селективной способностью, способны разделять вынимать слои разнородных пород толщиной несколько сантиметров.

Второе решение – внедрение самоходных и передвижных, модульных, дробильно-сортировочных комплексов. Их достоинство – высокая степень заводской готовности, то есть возможность быстро начать производство продукции. Часто такие комплексы устанавливаются на действующем карьере как дополнительная независимая линия. Созданы самоходные дробильные агрегаты производительностью до 1000 т/ч. Одно из достоинств технологии с применением самоходных агрегатов – сокращение расстояния перемещения горной массы или полное исключение этого дорогостоящего и трудоемкого процесса.

При дорожном строительстве фронт работ непрерывно перемещается. Из-за этого постоянно изменяется рас-

стояние доставки материалов. Упомянутые выше виды оборудования создают принципиально новые условия строительства и эксплуатации притрассовых карьеров. Такие предприятия могут комплектоваться не только самоходным горным оборудованием, но и самоходными или быстромонтируемыми дробильно-сортировочными комплексами. Более того, один комплекс оборудования может обслуживать несколько карьеров. Имеются зарубежные примеры, когда один комплекс оборудования (экскаватор или погрузчик, бульдозер, дробильные и сортировочные агрегаты) часть года эксплуатировались на карьере, а часть на полигоне-свалке строительного лома. Например, компания «Мидвест Минералз» (США) пятью комплексами оборудования в течение ряда лет обслуживает 17 карьеров, разрабатывающих месторождения известняков в различных штатах [2].

В настоящее время очень важно определить приоритеты развития стройиндустрии, перспективы внедрения новых строительных технологий, которые потребуют использования НСМ со свойствами, отличающимися от традиционных.

Горное производство консервативно и фондемоко. Существующие предприятия десятки лет работают без реконструкций, которые требуют больших затрат средств и времени. Поэтому крайне важно еще на стадии проектирования предприятия иметь представление о направлениях технического развития, чтобы предусмотреть возможность внесения изменений в технологию горных работ и переработки сырья. Для этого нужны сведения об оптимальных для каждой группы потребителей характеристиках НСМ, требований к материалам будущего. Однако коллеги-потребители до сих пор таких требований не сформулировали.

Отсутствие данных о перспективных видах продукции тормозит и развитие горного машиностроения, поскольку перед машиностроителями не ставятся задачи по выпуску оборудования с новыми характеристиками. В результате отечественное горное машиностроение хронически отстает от передовых зарубежных фирм.

Положение рынка НСМ останется неустойчивым вероятно до середины 2010 г. Но кризисы кризисы неизменно заканчиваются и возникает платежеспособный спрос на продукцию. Тогда возрастет потребность и в НСМ, возникнет необходимость в наращивании производственных мощностей. Для этого нужно знать: на какие виды продукции следует ожидать наибольший спрос и какова вероятная потребность в них.

В нашей стране сохраняется отставание в производительности труда от передовых стран в несколько раз, а заработная плата составляет не менее 30% в эксплуатационных затратах, велика ресурсоемкость, особенно энергоемкость. Для сравнения в США в 2005 г. средняя стоимость щебня из скальных пород составляла 7,2 USD, из лома бетона и железобетона – 7,6 USD, из асфальтобетона – 9,1 USD. Отечественным производителям щебня трудно конкурировать с украинскими предприятиями. Поэтому импорт щебня постоянно растет и достиг в 2008 г. 16 млн т.

Нужны новые решения. Одно из них – создание притрассовых карьеров, которые обслуживаются комплексами самоходного и быстромонтируемого оборудования.

Кроме того, следует прекратить практику производства так называемого «кубовидного» щебня, то есть щебня 1 и 2 групп, не на карьерах, а на асфальтовых заводах путем передрабывания привозного щебня. Это дорого и не экологично.

#### Список литературы

1. One on one // Pit & Quarry. 2009. May. P. 6–9.
2. Rock Products. 2008. October. P. 16.

М.И. ЛОПАТНИКОВ, канд. геогр. наук, вед. научн. сотр.  
ФГУП «ВНИПИИстромсырье» (Москва)

## **Новый источник высокопрочного щебня для дорожного строительства**

Требования к качеству дорог все время возрастают. Соответственно с этим возрастают требования к качеству используемого для их строительства щебня, в том числе и к его прочности. Федеральное дорожное агентство (ФДА) значительно повысило требования к прочности щебня, применяемого при строительстве и ремонте автомобильных дорог, по сравнению с требованиями, предъявляемыми ГОСТ 9128–97. В частности, ФДА установлено, что при строительстве и ремонте федеральных автомобильных дорог в горячих смесях типа Б марки I и в горячих смесях типа А и Б марки II может применяться только щебень, имеющий марку по дробимости не ниже 1200.

Следует сказать, что щебень марки 1200 в подавляющей своей части производится только из изверженных и частично из метаморфических пород. Из осадочных пород щебень такой марки на предприятиях России практически не производится, а из гравийно-песчаных производится не мог, так как такой марки щебня из гравия в соответствии с ГОСТ 8267–93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» вообще не было.

В связи с этим на протяжении последних лет наблюдается постоянное увеличение доли прочного щебня из изверженных пород в общем объеме потребляемого щебня. Например, его доля в общем объеме щебня, потребляемого строительным комплексом Москвы, значительная часть которого идет на строительство автомобильных дорог, составляет около 60%, в то время как в прежние годы она не превышала 20–25%.

Месторождения прочных изверженных пород имеются только в 14 из 46 субъектов Федерации, находящихся в Европейской части России. Для удовлетворения потребностей в прочном щебне строительной индустрии остальных 32 субъектов Федерации щебень из изверженных пород завозится из других регионов, иногда на очень большие расстояния.

Вместе с тем в ряде регионов часть дальнепривозного щебня из изверженных пород могла бы быть заменена прочным щебнем, полученным из гравия и валунов местных песчано-гравийных месторождений. При этом довольно часто отмечается тот факт, что валуны характеризуются большей прочностью, чем гравийная составляющая валунно-гравийной смеси. Соответственно и щебень, полученный дроблением валунных фракций, часто имеет большую прочность, чем щебень, полученный дроблением всего валунно-гравийного материала.

Однако до последнего времени применению щебня из валунов препятствовала существовавшая в ГОСТ 8267–93 норма определения марки щебня по прочности. ГОСТ предусматривает возможность получения такого продукта, как щебень из валунов. Но в отличие от других типов щебня никаких указаний о том, как определять марку по дробимости этого щебня, стандарт до последнего времени не содержал. На практике марка по дробимости щебня из валунов в тех очень редких случаях, когда он производится, определялась по таблице № 5 из ГОСТ 8267–93, предназначенной для определения марки щебня из гравия. В соответствии с

этой таблицей какой бы высокой прочностью этот щебень не обладал, т. е. какими бы малыми ни были его потери массы после испытания на дробимость, марка по дробимости более высокая, чем 1000, ему присвоена быть не могла.

При таком подходе к определению марки по дробимости щебня из валунов значительно сокращается область возможного его применения по сравнению с аналогичным или даже худшим по качеству щебнем из других типов пород.

Показательным в этом отношении является пример Алагирского песчано-гравийного месторождения Республика Северная Осетия – Алания). Валуны этого месторождения по основной характеристике, определяющей качество пород как сырья для производства щебня по прочности на сжатие, характеризуются очень высокими показателями: прочность их колеблется от 663 до 3515 кг/см<sup>2</sup>, в среднем составляя 1766 кг/см<sup>2</sup>, что превосходит прочность изверженных пород всех месторождений Северного Кавказа и большинства месторождений Европейской части России [1].

Предприятием, разрабатывающим месторождение, была организована специальная линия по производству щебня из валунов. Этот щебень по объективным показателям качества превосходит щебень из изверженных пород. Например, средняя потеря массы при испытании этого щебня на дробимость составляет 8,8%, в то время как для щебня из изверженных пород Дарьяльского месторождения, породы которого являются наиболее прочными по сравнению с породами других месторождений изверженных пород Северной Осетии, она составляет 9,6%.

Несмотря на это, дорожно-строительные организации не могли использовать этот высококачественный щебень при строительстве и ремонте федеральных автомобильных дорог по указанной в начале статьи причине, так как даже при таких малых потерях марка по дробимости более высокая, чем 1000, ему присвоена быть не могла.

Таким образом, отсутствие в ГОСТ 8267–93 указания на способ определения марки по дробимости щебня из валунов приводило к резкому несоответствию формальной оценки качества этого щебня по сравнению с его действительным значительно более высоким качеством. Благодаря этому ограничивается область возможного применения щебня, занижается его рыночная стоимость, а предприятия лишаются стимула для его производства.

В связи с этим было высказано предложение о необходимости дополнить ГОСТ 8267–93 указанием на то, как определять марку по дробимости щебня из валунов [2].

В текущем году ФГУП «ВНИПИИстромсырье» эта работа была выполнена.

Пункт 4.4.2 ГОСТ 8267–93 дополнен абзацем, в котором указано, что для определения марки по дробимости щебня из валунов, состоящего из пород различных петрографических типов, вначале определяют его промежуточную марку по дробимости. Она определяется как средневзвешенное из марок, полученных раздельно для щебня из этих типов пород с учетом их содержания в щебне из валунов.

Методика определения промежуточной марки щебня из валунов приведена в соответствующем изменении, внесенном в ГОСТ 8269.0 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний» (дополнительный п. 4.8.6).

По промежуточной марке щебня, установленной в соответствии с 4.8.6 ГОСТ 8269.0, устанавливают марку щебня из валунов в соответствии с таблицей 5а, которой дополнен п. 4.2.2 ГОСТ 8267. В соответствии с этой таблицей в зависимости от промежуточной средневзвешенной марки щебень из валунов может иметь марки по дробимости от 300 до 1200 включительно.

Возможность получения из прочного валунного материала песчано-гравийных месторождений щебня марки до 1200 позволит значительно расширить область применения щебня из валунов и явится для предприятий определенным стимулом для организации его производства.

Вообще, по-видимому, назрел вопрос о критическом рассмотрении принятого в стандартах на щебень принципа установления марки щебня по дробимости.

В соответствии с ГОСТ 8267 и ГОСТ 8269.0 прочность щебня характеризуется тремя показателями: дробимостью щебня в цилиндре, истираемостью в полочном барабане и сопротивлением удару на копре ПМ. В зависимости от величины потерь в массе при проведении соответствующих испытаний определяется соответственно марка щебня по дробимости и марка щебня по истираемости, в зависимости от степени разрушения — марка щебня по сопротивлению удару на копре ПМ.

Естественно, что чем меньше потери щебня в массе или чем меньше степень его разрушения, т. е. чем объективно более прочным является щебень, тем более высокая марка ему должна присваиваться. Однако этот очевидный принцип соблюден только при определении

марки щебня по истираемости и марки щебня по сопротивлению удару. Что касается марки щебня по дробимости, в этом случае марка щебня зависит не только (и не столько) от его прочности, сколько от того, из какого типа пород этот щебень получен.

Например, при потере массы после испытания на дробимость, равной 10%, щебень из интрузивных изверженных пород будет иметь марку по прочности 1400, из эффузивных изверженных, из осадочных и метаморфических пород — марку 1200, щебень из гравия — марку 1000.

Марка щебня по дробимости должна определяться только объективными результатами его испытаний, вне зависимости от генетической принадлежности пород, из которых этот щебень получен, как это имеет место для определения его марки по истираемости и сопротивлению удару. Тем более что вопрос о генетической принадлежности ряда горных пород, широко используемых для производства щебня, не всегда решается достаточно однозначно.

Сказанное не исключает того, что область применения любого щебня, имеющего одну и ту же прочность, может быть различной в зависимости от каких-то других его свойств, например пористости, морозостойкости, водопоглощения и т. п.

#### Список литературы

1. Лопатников М.И., Золотых Е.Б. Неоднородность изверженных и метаморфических месторождений строительного камня по прочности пород. В кн. Совершенствование добычи и переработки минерального сырья. М., 1984.
2. Лопатников М.И., Тедеев Т.Р. Песчано-гравийные месторождения как возможный источник местного прочного щебня // Строит. материалы. 2007. № 5. С. 18–19.

## МАСТИКИ, ВЯЖУЩИЕ И РЕЗИНОАСФАЛЬТОБЕТОНЫ БИТРЭК

БИТУМНОРЕЗИНОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

За последние годы резиноасфальтобетоны различных типов на вяжущем БИТРЭК были применены при ремонте более 4 млн м<sup>2</sup> покрытий улиц и магистралей Москвы и около 500 тыс. м<sup>2</sup> в городах Московской области и других регионах.

#### Резиноасфальтобетоны на вяжущем БИТРЭК:

- сочетают высокую прочность и сопротивление к сдвиговым деформациям при высокой температуре, что позволяет снизить колееобразование;
- имеют высокую устойчивость к трещинообразованию при низкой температуре;
- отличаются высокой стойкостью к воде, техногенным и климатическим воздействиям.

Применение резиноасфальтобетонов на вяжущем БИТРЭК позволяет в 2 раза увеличить межремонтные сроки покрытия. Для производства и работы с материалами БИТРЭК используется широко распространенное недорогое отечественное оборудование, которое имеется на большинстве асфальтобетонных заводов.

Вяжущие БИТРЭК подходят для применения на любых стандартных типах асфальтобетонных заводов, оснащенных любыми типами битумных насосов как зарубежного, так и отечественного производства.

#### Научно-производственная группа «Информация и технологии» (НПГ «ИНФОТЕХ»)

129626, г. Москва, ул. Павла Корчагина, д. 8

Телефоны: (495) 683-22-62, 686-21-94 Факс (495) 686-29-25

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

Сайт: <http://bitrack.ru>

Реклама

А.С. СУХАНОВ, зам. ген. директора, А.П. ЛУПАНОВ, канд. техн. наук, ген. директор, ООО «Дорэксперт»; А.В. СИЛКИН, гл. экономист, ОАО АБЗ № 4 «Капотня»; Т.Н. КОНДРАТЬЕВА, инженер, ООО «Дорэксперт» (Москва)

## Получение активированного минерального порошка в центробежно-ударной мельнице

Минеральный порошок является одним из наиболее дорогостоящих компонентов в составе асфальтобетонных смесей. В 2007–2008 гг. динамика роста цен на минеральный порошок в Московском регионе превышала аналогичные показатели по другим составляющим асфальтобетона. Рост стоимости материалов и энергоресурсов приводит к росту себестоимости асфальтобетонных смесей почти на 25% ежегодно. Данное обстоятельство явилось причиной заинтересованности производителей асфальтобетонных смесей в создании собственных альтернативных производств минерального порошка на базе действующих АБЗ.

В отличие от щебня и песка минеральный порошок имеет гораздо большую удельную поверхность (около 500 м<sup>2</sup>/кг), благодаря чему является структурообразующим компонентом и, взаимодействуя с битумом, образует так называемое асфальтовяжущее вещество. Значительная удельная поверхность минеральных порошков создает условия для адсорбции битума, входящего в состав асфальтобетона.

Минеральный порошок получают, как правило, путем помола каменных материалов основных пород, таких как известняки, доломиты. Применение известняков для минерального порошка наиболее предпочтительно, поскольку они за счет более интенсивной капиллярной фильтрации вяжущего и его компонентов внутрь минеральных зерен (адсорбционных процессов) образуют достаточно прочное соединение с битумом. Это способствует повышению водо- и теплоустойчивости асфальтобетона.

Наиболее распространенный способ получения активированного минерального порошка – измельчение минерального материала в шаровой мельнице с добавлением в процессе помола битума и поверхностно-активных добавок. Но такой способ достаточно энергоемкий, а применяемое оборудование громоздкое. Поэтому данная технология применяется, как правило, на предприятиях, специализирующихся на производстве минерального порошка.

АБЗ № 4 «Капотня» совместно с ООО «Дорэксперт» освоено производство минерального порошка с применением центробежно-ударной мельницы.

Исходный материал подается через загрузочную воронку центробежно-ударной мельницы в центр ускорителя, который представляет собой полый маховик, вращающийся вокруг вертикальной оси. При попадании в ускоритель материал меняет направление движения с вертикального на горизонтальное, а, вылетая из ускорителя, попадает в камеру измельчения, где сталкивается с отбойными плитами, а также с материалом, который вылетел из ускорителя ранее. Прежде чем фрагмент материала покинет камеру измельчения, происходит множество соударений. Материал крупнее граничной крупности выгружается через патрубок и возвращается на доизмельчение. Частицы материала размером мельче граничной крупности увлекаются воздушным потоком и выносятся в циклоны.

В отличие от шаровой мельницы такая установка занимает меньшую площадь и может быть размещена непосредственно на асфальтобетонном заводе. Энергоем-

Таблица 1

Минеральный порошок	Зерновой состав, мас. %, мельче, мм			Пористость, %	Набухание минерального порошка с битумом, %	Битумоемкость, г
	1,25	0,315	0,071			
Получен в шаровой мельнице из известняка М600	100	98,2	73,2	32,1	0,55	54,5
Получен в центробежно-ударной мельнице из известняка М600, активирован в процессе помола (1% битума БНД/60/90)	100	98,9	72	26,4	0,43	44,2

Таблица 2

Используемые материалы	Состав № 1 (контрольный)	Состав № 2 (экспериментальный)
Песок средний М <sub>кр</sub> = 2,3	80	80
Минеральный порошок, полученный в шаровой мельнице из известняка М600	20	–
Минеральный порошок, полученный в центробежно-ударной мельнице из известняка М600, активирован в процессе помола (1% битума БНД/60/90)	–	20

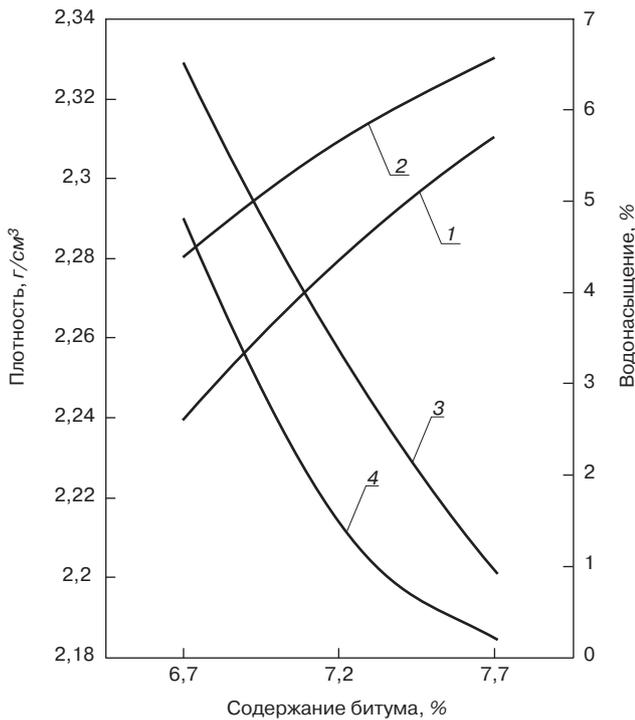


Рис. 1. Зависимость плотности и водонасыщения от содержания битума: 1 – плотность контрольного состава; 2 – плотность экспериментального состава; 3 – водонасыщение, контрольный состав; 4 – водонасыщение, экспериментальный состав

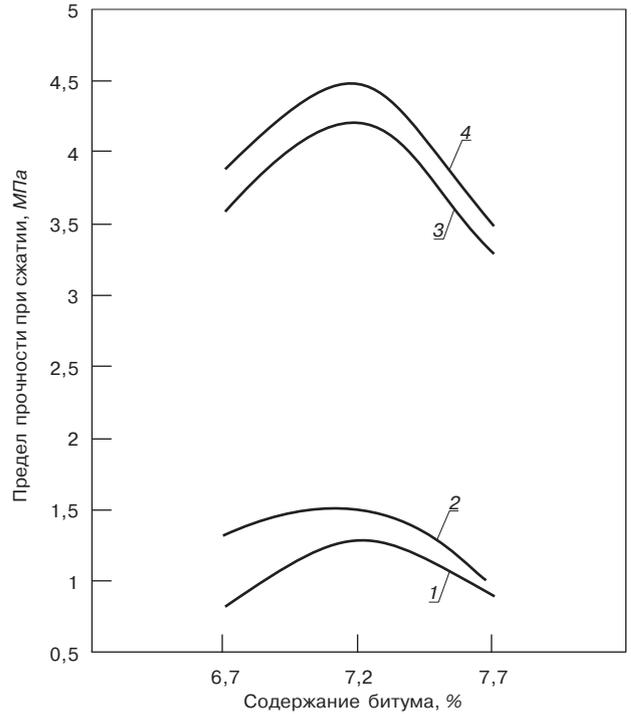


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии при 20 и 50°C от содержания битума: 1 –  $R_{50}$  контрольный состав; 2 –  $R_{50}$  экспериментальный состав; 3 –  $R_{20}$  контрольный состав; 4 –  $R_{20}$  экспериментальный состав

кость центробежно-ударной мельницы в два-три раза меньше, чем шаровой. Кроме того, технология такого измельчения позволяет беспрепятственно вводить любые добавки и получать активированные минеральные порошки с улучшенными свойствами.

Производство минерального порошка на АБЗ собственными силами позволяет получать более однородный и качественный продукт со стабильными свой-

ствами в отличие от ситуации, когда на АБЗ поступают минеральные порошки сразу от нескольких поставщиков, которые имеют разброс гранулометрического состава, производятся из материалов различных марок по дробности и вследствие этого отличаются битумемкостью. Попадая на склад, порошки смешиваются, и в результате все это негативно сказывается на качестве асфальтобетонных смесей.

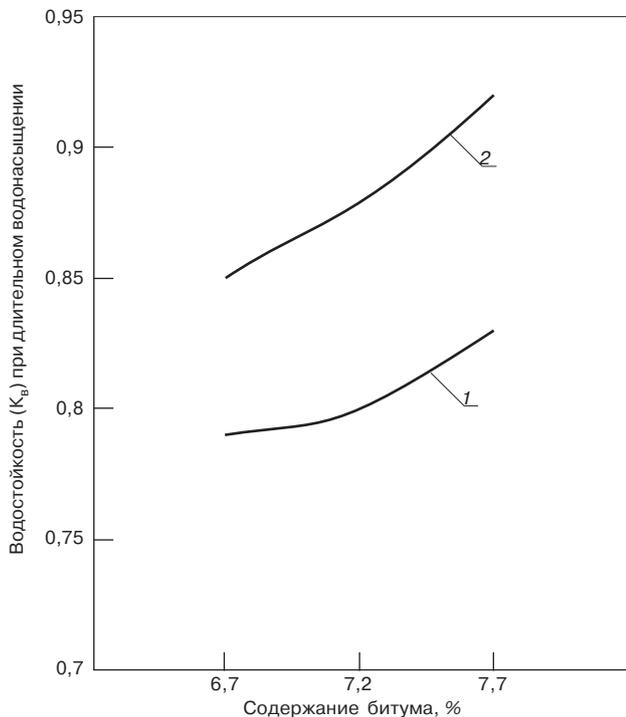


Рис. 3. Зависимость водостойкости при длительном водонасыщении от содержания битума: 1 – контрольный состав; 2 – экспериментальный состав

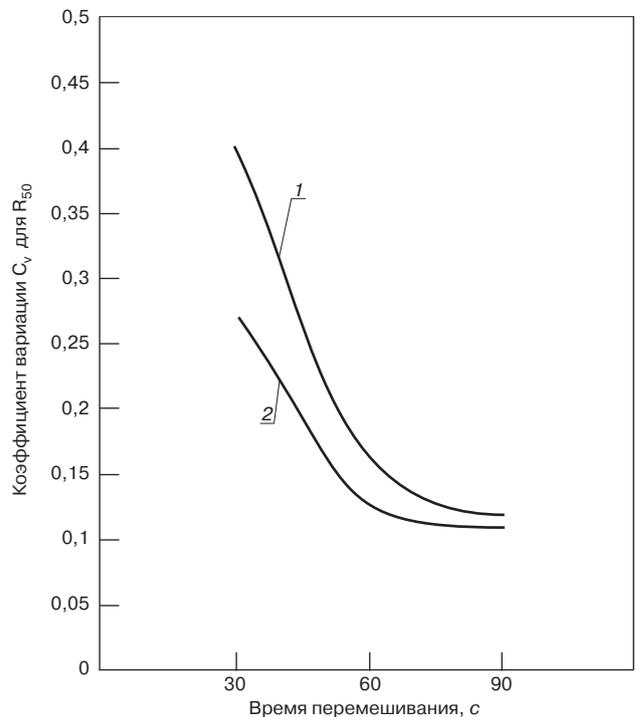


Рис. 4. Зависимость коэффициента вариации  $C_v$  для  $R_{50}$  от времени перемешивания смеси: 1 – контрольный состав; 2 – экспериментальный состав

Основные свойства минерального порошка, полученного традиционным способом в шаровой мельнице, и активированного минерального порошка, полученного в центробежно-ударной мельнице с добавлением битума, приведены в табл. 1.

На основании данных, представленных в табл. 1, можно отметить, что порошки, полученные из одной и той же породы с идентичным зерновым составом, отличаются по своим свойствам. При этом активированный битумом порошок обладает преимуществами по сравнению с неактивированным. Пористость, величина набухания и показатель битумоемкости этого порошка существенно меньше.

Исследовали физико-механические свойства асфальтобетонных смесей типа Д с применением указанных минеральных порошков.

Составы минеральной части смесей приведены в табл. 2. Физико-механические показатели при различном содержании битума приведены на рис. 1–3.

На основании результатов испытаний асфальтобетонных смесей, приготовленных с различным содержанием битума, можно заключить, что смесь на активированном порошке лучше уплотняется. Плотность образцов из смеси, приготовленной на активированном минеральном порошке, выше, чем плотность образцов из контрольной смеси. Водонасыщение у образцов из смеси на активированном порошке соответственно ниже.

Из рис. 1 видно, что для получения значений водонасыщения, таких же как и у контрольной смеси, количество битума можно снизить примерно на 0,3%, в то время как количество битума для активации составит 0,2%.

Прочностные характеристики при положительной температуре представлены на рис. 2.

Более высокую прочность асфальтобетона на активированном минеральном порошке можно объяснить лучшим перемешиванием смеси, поскольку зерна активированного минерального порошка эффективнее смачиваются битумом и соответственно более равномерно распределяются в его объеме в процессе перемешивания. Неактивированный порошок образует в битуме агрегаты, которые неизбежно создают менее однородную и менее плотную структуру асфальтобетона.

По этим же причинам асфальтобетон на активированном минеральном порошке имеет более высокие показатели водостойкости (рис. 3).

В лабораторной мешалке были приготовлены пробы асфальтобетонных смесей при различном времени перемешивания. На основании результатов определения прочности при сжатии при 50°C были рассчитаны коэффициенты вариации, характеризующие показатель однородности асфальтобетонной смеси.

На рис. 4, видно, что 30 с для перемешивания явно недостаточно. После 60 с перемешивания показатель однородности уже соответствует требованиям ГОСТ 9128–97. При этом коэффициент вариации, являющийся мерой отклонения опытных данных от среднего выборочного значения, у смеси на активированном порошке ниже, чем у контрольной смеси.

По результатам проведенных исследований можно заключить, что асфальтобетоны, содержащие минеральный порошок, приготовленный в центробежно-ударной мельнице и активированный битумом, отличаются повышенной прочностью, плотностью, пониженной битумоемкостью, а также лучшими технологическими свойствами по сравнению с минеральным порошком, полученным по стандартной технологии в шаровой мельнице.

## «ДОР ЭКСПЕРТ»



- Контроль качества дорожно-строительных работ с выдачей заключений.
- Отбор и испытание образцов (кернов) из дорожных покрытий.
- Лабораторные испытания всех видов дорожно-строительных материалов.
- Обследование и диагностика автомобильных дорог с целью определения транспортно-эксплуатационного состояния. Оценка ровности и сцепных качеств.
- Инженерно-техническое сопровождение при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог и городских улиц.
- Оказание помощи строительным организациям при проектировании составов асфальтобетонных и бетонных смесей, при внедрении новых материалов и технологий.
- Благоустройство дворовых территорий и ремонт дорожных покрытий

Тел./Факс: (495) 359-5573  
e-mail: dorexper@yandex.ru

109429, г. Москва,  
ул. Верхние поля д. 54 стр. 1

Реклама

УДК 691.327:666.97

В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук, Н.М. МОРОЗОВ, канд. техн. наук,  
И.В. БОРОВСКИХ, С.В. СТЕПАНОВ, инженеры,  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

## Высокопрочные цементные бетоны для дорожного строительства

Применение цементного бетона для дорожных покрытий насчитывает уже около 100 лет. Первая бетонная дорога в России была построена в 1913 г. в городе Тифлисе. Однако широкого распространения цементный бетон для дорожных покрытий так и не получил. За прошедшее время значительно изменились технологии укладки бетонных покрытий и срок их службы, что позволяет им конкурировать с асфальтобетонными покрытиями.

Цементный бетон обладает рядом преимуществ по сравнению с асфальтобетоном — более высокой прочностью, высокой морозостойкостью, более длительным сроком службы, стабильностью коэффициента сцепления покрытия с колесами автомобилей, слабой зависимостью от степени увлажнения [1].

Одним из важнейших положительных отличий цементного бетона является то, что его физико-механические свойства в отличие от асфальтобетона практически не зависят от температуры внешней среды и скорости нагружения. При этом прочность при сжатии и растяжении при изгибе увеличивается в течение всего срока эксплуатации, что весьма важно при постоянно возрастающих транспортных нагрузках.

Повышение долговечности бетонных покрытий является одной из важнейших задач в условиях агрессивного климатического воздействия и увеличивающейся нагрузки от транспорта. Одним из способов повышения долговечности бетонных покрытий является увеличение прочности бетона. С этой целью были разработаны составы высокопрочных песчаных бетонов. В качестве вяжущего использован портландцемент ПЦ500Д0 ОАО «Вольскцемент»; в качестве заполнителя — кварцевый песок оптимальной granulometрии [2]. Для снижения водопотребности бетонной смеси использовали суперпластификаторы С-3 и Melflux 2651.

Для получения высокопрочного бетона использование минеральных наполнителей является практически обязательным. Наполнители улучшают зерновой состав цемента и структуру затвердевшего цементного камня. Повышение прочности при использовании наполните-

лей происходит как за счет его активности, так и за счет повышения плотности цементного камня. Так, при введении активного наполнителя наблюдается уменьшение объема общей пористости цементного камня на 8,3% [3]. Исследование структуры цементного камня с помощью сканирующей электронной микроскопии (рис. 1, 2) подтвердило уменьшение пористости при введении наполнителя и большую однородность. Кроме того, в цементном камне без наполнителя наблюдается большое количество микротрещин.

Трещиностойкость цементного бетона является одним из важных показателей для покрытий. Применение минеральных наполнителей значительно улучшает этот показатель.

Для укладки цементобетонных покрытий возможно применение бетонов из жестких и подвижных смесей. В зависимости от удобоукладываемости смеси производится выбор модификаторов с целью повышения прочности бетона.

В жесткой бетонной смеси и без введения воздухововлекающей добавки формируется устойчивая воздушная фаза [4], преобразующаяся в бетоне в систему резервных условно-закрытых пор, повышающих морозостойкость. Поэтому необходимо применять пластифицирующие добавки прежде всего с целью снижения водопотребности смеси.

Эффективность пластифицирующих добавок в жестких смесях значительно снижается по сравнению с подвижными составами. Снижение водопотребности при использовании добавки С-3 в зависимости от дозировки составляет 6,7–13,3%. В возрасте 28 сут прочности при сжатии песчаного бетона с добавкой Melflux 2651 и С-3 почти равны и превышают прочность контрольного состава на 10,5 и 9% соответственно. Использование добавки Sika ViscoCrete 3 повышает марочную прочность песчаного бетона всего на 5,5%.

Основной характеристикой дорожного бетона является его прочность при изгибе. Влияние добавок на данную характеристику показано на рис. 3.

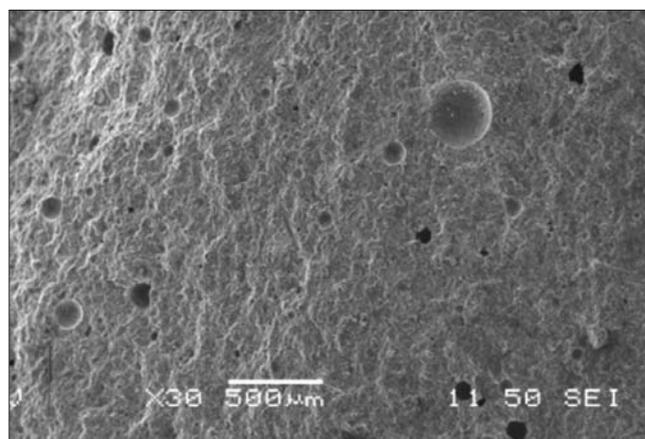
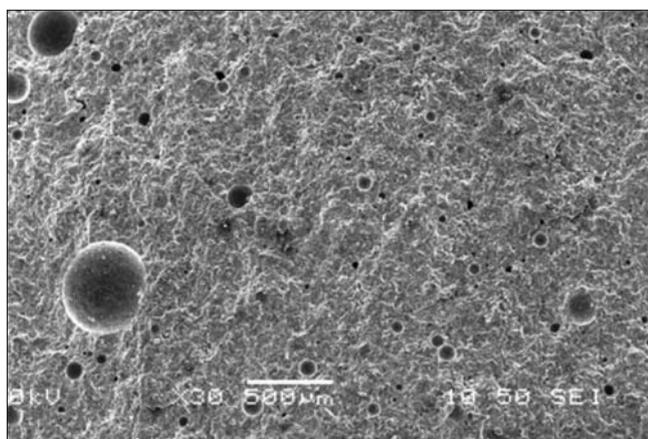


Рис. 1. Микрофотографии поверхности скола цементного камня: а — контрольный; б — с наполнителем

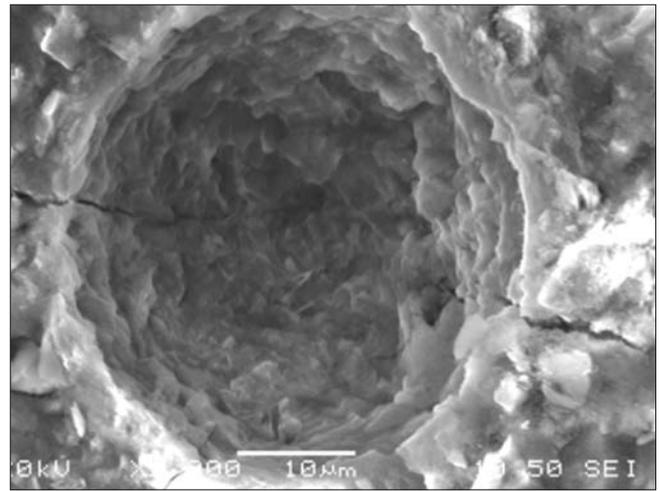
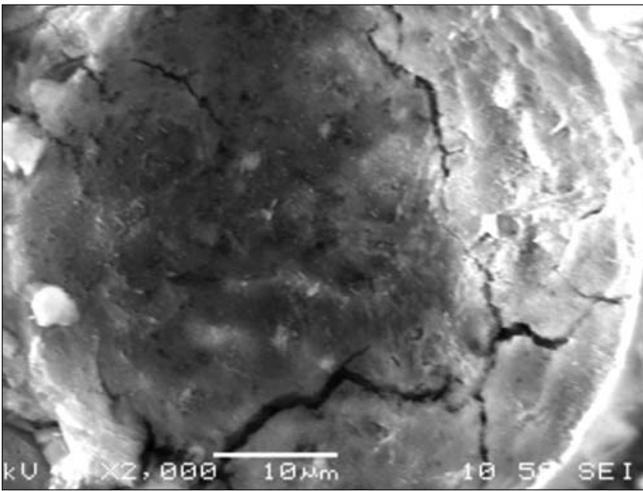


Рис. 2. Микрофотографии поверхности скола цементного камня: а – контрольный; б – с наполнителем

Применение наполнителей в песчаных бетонах на жестких смесях также имеет свои особенности. Одним из эффективных способов является совместное использование наполнителей разной природы и дисперсности [2]. Использование комплексного наполнителя позволяет улучшать свойства цементных бетонов на разных структурных уровнях одновременно, увеличивая эффективность их применения.

Использование в составе песчаного бетона совместно эффективных пластификаторов, наполнителей и заполнителей оптимальной granulometрии позволяет получить бетоны с прочностью при сжатии более 60 МПа (табл. 1).

Использование комплексной добавки (наполнитель + пластификатор) и песка оптимального фракционного состава позволило значительно увеличить прочность песчаного бетона из жестких смесей. Прирост прочности песчаного бетона при сжатии составил 21,7–40,7%, при изгибе – 26–52,7%. Наибольший прирост прочности наблюдается у составов с меньшим расходом цемента.

При применении комплексного наполнителя и пластифицирующих добавок получены песчаные бетоны классов прочности при сжатии В30–В65, при растяжении при изгибе  $B_{tb}4,0$ – $B_{tb}7,2$ , морозостойкостью F200–F400.

В технологии производства дорожных покрытий также применяются и подвижные бетонные смеси. В таких смесях эффективность пластифицирующих добавок значительно возрастает. Для получения высокопрочных бетонов обычно используют пластификаторы в максимальных дозировках, что, с одной стороны, приводит к значительному снижению водоцементного отношения, с другой – к повышенному воздухововлечению в бетонные смеси. Воздухововлечение дополнительно повышает морозостойкость бетонов, но оно должно быть не бо-

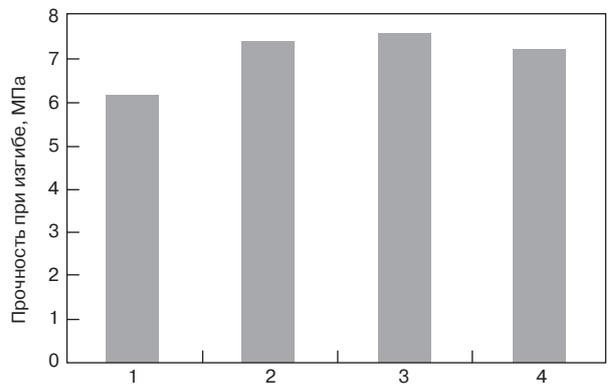


Рис. 3. Влияние добавок на прочность при изгибе песчаного бетона из жестких смесей в возрасте 28 сут: 1 – контрольный состав; 2 – С-3; 3 – Melflux; 4 – Sika ViscoCrete

лее 5%, иначе будет происходить значительный спад прочности.

Авторами были проведены исследования по оценке воздухововлечения песчаных бетонных смесей. В качестве пластифицирующих добавок выбраны суперпластификатор С-3 (1% от массы цемента) и Melflux 2651 (0,75% от массы цемента). Сравнение воздухововлечения бетонных смесей (расход цемента 500 кг/м<sup>3</sup>) с добавками-пластификаторами показало, что применение добавки С-3 увеличивает воздухововлечение смесей с 3,1% до 6%, в то время как поликарбоксилатная добавка Melflux 2651 снижает воздухововлечение до 2,7%. В случае увеличения расхода цемента до 600 кг/м<sup>3</sup> воздухововлечение смесей с добавкой Melflux 2651 составило 4,9%, с добавкой С-3 в количестве 7,2%. При увеличе-

Таблица 1

Ц:П	Вид песка	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> песчаного бетона, кг				Класс бетона при сжатии	Класс бетона при изгибе	Марка по морозостойкости
		цемент	песок	вода	наполнитель + С-3			
1:2,5	Обычный	630	1575	157,5	–	В55	$B_{tb}5,2$	F300
	Фракционированный	630	1575	138,6	68,04	В65	$B_{tb}7,2$	F400
1:3	Обычный	530	1590	159	–	В45	$B_{tb}4,8$	F200
	Фракционированный	530	1590	148,4	57,24	В60	$B_{tb}6,8$	F400
1:4	Обычный	430	1720	129	–	В30	$B_{tb}3,6$	F200
	Фракционированный	430	1720	124,7	46,44	В45	$B_{tb}5,2$	F300
1:5	Обычный	350	1750	122,5	–	В22,5	$B_{tb}2,8$	F100
	Фракционированный	350	1750	115,5	37,8	В30	$B_{tb}4,0$	F200

Таблица 2

Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> песчаного бетона, кг				В/Ц	Прочность песчаного бетона, МПа (при изгибе/при сжатии), в возрасте	
цемент	песок	вода	добавка		1 сут	28 сут
600	1450	196	С-3, 4,5	0,33	6,2 / 41,1	8,7 / 89,3
600	1450	185	С-3, 6	0,31	6,6 / 44,4	8,9 / 92
600	1450	182	Sika ViscoCrete 3, 6	0,3	6,7 / 42,9	8,7 / 92,7
600	1450	170	Melflux 2651, 3	0,28	5,4 / 40,8	9,3 / 102
600	1450	155	Melflux 2651, 4,5	0,26	5,2 / 41,5	9,5 / 113,6

Таблица 3

Цемент, кг/м <sup>3</sup>	Кварцевый песок, кг/м <sup>3</sup>	МК-85/% от массы цемента, кг/м <sup>3</sup>	Melflux 2651F/% от массы цемента, кг/м <sup>3</sup>	БВ/% от массы цемента, кг/м <sup>3</sup>
710	1460	-	-	-
710	1460	10 / 71	1 / 7,1	-
710	1460	10 / 71	1 / 7,1	1% / 7,1
710	1460	10 / 71	1,5 / 10,7	3% / 21,3
710	1460	10 / 71	1,5 / 10,7	4% / 28,4
710	1460	10 / 71	2 / 14,2	5% / 35,5

нии расхода цемента происходит рост и воздухововлечение пластифицированных бетонных смесей.

С целью оценки эффективности пластифицирующих добавок в песчаных бетонах на подвижных смесях был проведен ряд экспериментов при разных дозировках добавок на песке оптимальной granulometрии (табл. 2).

Как видно из табл. 2, наибольшее снижение водопотребности наблюдается в составах с добавкой Melflux 2651. Увеличение дозировки С-3 не приводит к значительному повышению прочности песчаного бетона, так как возрастает воздухововлечение, что уменьшает эффект от снижения водоцементного отношения. Высокопрочные песчаные бетоны уже через сутки твердения имеют прочность более 40 МПа. Использование добавки Melflux 2651 и песка оптимальной granulometрии позволяет получать песчаные бетоны классом прочности при сжатии В80 и выше, при изгибе – В<sub>т</sub>7,2.

Для бетонных покрытий прочность при изгибе и трещиностойкость являются важными параметрами. Одним из способов повышения трещиностойкости является применение активных минеральных наполнителей. Другой способ – это применение различных видов фибры, в том числе базальтового волокна. Совместное применение базальтового волокна и микрокремнезема МК-85

позволяет значительно повысить прочность при изгибе (табл. 3, рис. 4).

Дисперсное армирование увеличивает водопотребность, несмотря на увеличение доли гиперпластификатора (составы 3, 4, 5). Однако растут при этом и прочностные показатели, достигая максимальных значений при содержании БВ – 4% и Melflux – 1,5%. При изгибе прочность возрастает на 84%, при сжатии – на 35% (рис. 4).

Значительное повышение прочности при изгибе связано с применением фибры оптимальной длины и оптимальной дозировки. Кроме того, повышение прочности при изгибе песчаного бетона при использовании активных наполнителей связано с улучшением сцепления цементного камня с заполнителем. Введение активных тонкодисперсных наполнителей в значительной степени снижает капиллярную пористость контактной зоны за счет резкого уменьшения общего содержания Са(ОН)<sub>2</sub>. В то же время рост содержания CSH(1) в непосредственной близости от поверхности заполнителя положительно сказывается на свойствах контактной зоны.

Таким образом, используя современные методы модифицирования структуры, можно получать высокопрочные песчаные бетоны как на жестких, так и на подвижных смесях, что расширяет возможности выбора технологии их укладки в дорожные покрытия.

Список литературы

1. Носов В.П. Цементобетон в дорожном строительстве. Состояние. Проблемы. Перспективы: Тезисы докладов международного семинара «Перспективы и эффективность применения цементобетона в дорожном строительстве». М., 2002. С. 5–9.
2. Морозов Н.М., Хозин В.Г. Песчаный бетон высокой прочности // Строит. материалы. 2005. № 11. С. 25–26.
3. Морозов Н.М. Роль природы и дисперсности наполнителей в структурообразовании пластифицированных цементных систем: Материалы 58-й республиканской научной конференции: Сборник научных трудов докторантов и аспирантов. Казань: КГАСУ, 2006. С. 94–98.
4. Шейнин А.М. Цементобетон для дорожных и аэродромных покрытий. М.: Транспорт, 1991. 151 с.

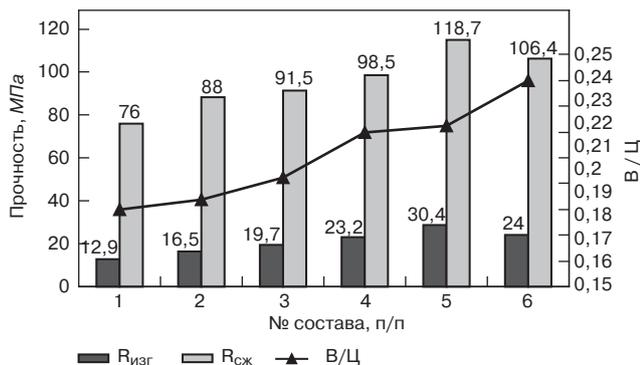


Рис. 4. Свойства тонкозернистого бетона с базальтовым волокном и наполнителем

С.О. ЯШИН (umka-85@inbox.ru), М.Н. ШАЛЬНЕВ, инженеры,  
Ю.Г. БОРИСЕНКО, канд. техн. наук, Северо-Кавказский государственный  
технический университет (Ставрополь)

## Применение фосфогипса в составе наполнителя асфальтобетонных смесей

Вовлечение в производство дорожно-строительных материалов отходов производства химической промышленности, особенно многотоннажных, таких как фосфогипс, является актуальной задачей с точки зрения защиты окружающей среды, а также расширения сырьевой базы промышленности строительных материалов. Вопрос использования фосфогидрата сульфата кальция (фосфогипса,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) в строительстве, в том числе дорожном, рассматривался в последние десятилетия прошлого века. Например, в 1980–1990-х гг. были проведены теоретические и экспериментальные исследования по применению фосфогипса для укрепления грунтов и каменных материалов; в качестве вяжущего для устройства оснований дорожных одежд и ремонта дорожных цементобетонных покрытий; как заполнителя технологических смесей для устройства дорожных одежд (термопрессованный гипсополимерный камень) и т. п. [1–3]. В настоящее время проблеме использования и утилизации фосфогипса уделяется повышенное внимание: предлагаются различные технологии переработки фосфогипса и фосфополуhydrата для производства строительных материалов и изделий [4, 5]. Тем не менее запасы данного вида отходов производства фосфорсодержащих удобрений на многих химических комбинатах продолжают оставаться достаточно большими. Около 3 млн т их имеется и на территории химического завода Еврохим ОАО «Невинномысский азот», Ставропольский край. Учитывая высокую дисперсность данного вида отходов, были проведены экспериментальные исследования возможности использования фосфогипса в составе наполнителя (минерального порошка) для горячих плотных асфальтобетонов.

Взятые из отвалов образцы фосфогипса, представляющие собой рыхлый порошок серого цвета, высушивали в естественных условиях и дополнительно измельчали в шаровой мельнице. Зерновой состав и свойства фосфогипса исходного и после помола в шаровой мельнице приведены в табл. 1. Согласно полученным результатам испытаний фосфогипс по физическим свойствам в основном удовлетворяет требованиям

ГОСТ Р 52129–2003 к неактивированным минеральным порошкам для асфальтобетонных смесей.

Были спроектированы составы горячих асфальтобетонов на плотном заполнителе песчаного типа Г с включением в состав наполнителя (неактивированного известнякового минерального порошка) фосфогипса. Количество вводимого в наполнитель фосфогипса  $S_{\text{ф}}$  варьировали с шагом в 5 объемных долей. В качестве вяжущего использовали дорожный битум БНД 60/90, оптимальное содержание которого в смесях в зависимости от содержания фосфогипса в наполнителе составляло 7–9,5 об. %. В наполнитель композиций включали фосфогипс фракций менее 0,16 мм измельченный в лабораторной шаровой мельнице.

При приготовлении асфальтобетонной смеси наполнитель нагревали совместно с заполнителем до 155°C и совмещали минеральную часть с вяжущим, разогретым до той же температуры. Испытания образцов-цилиндров из модифицированных фосфогипсом асфальтобетонных смесей проводили согласно требованиям ГОСТ 12801–98 и определяли физико-механические показатели: прочность при сжатии при 0, 20, 50°C ( $R_0, R_{20}, R_{50}$ ) и прочность при сжатии водонасыщенных образцов при 20°C ( $R_{\text{в}}$ ); водонасыщение  $W$  и коэффициент водостойкости  $k_{\text{в}}$ . Результаты испытаний приведены в табл. 2 (составы № 1–7). Для сравнения испытывали образцы стандартного горячего асфальтобетона на плотном заполнителе песчаного типа Г (табл. 2, состав № 8).

Выявлено, что с увеличением содержания фосфогипса в композиции прочность при сжатии при 20 и 0°C незначительно снижается и минимальна при полной замене известнякового минерального порошка в наполнителе смеси на фосфогипс. Теплостойкость образцов, оцениваемая прочностью при сжатии при 50°C, также снижается с увеличением содержания фосфогипса в наполнителе. Тем не менее все прочностные показатели асфальтобетонных смесей, модифицированных фосфогипсом, удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128–97 для горячих плотных песчаных

Таблица 1

Показатель	Фосфогипс дигидрат, отобранный из отвала и просушенный	Фосфогипс дигидрат, просушенный и измельченный в шаровой мельнице	Требования ГОСТ Р 52129–2003 для МП-1
Зерновой состав мельче 1,25 0,315 0,071	100	100	не менее 100
	94	100	не менее 90
	87	98	не менее 80
Пористость, об. %, не более	63,4	65,6	30
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	2630	2632	–
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	702	811	–
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	2564	5580	–

Таблица 2

№ состава	Содержание фосfogипса в наполнителе $C_{\phi}$ , об. %	Оптимальное содержание битума в смеси С, мас. %	Прочность при сжатии, МПа				W, об. %	$k_b$
			$R_0$	$R_{20}$	$R_{50}$	$R_B$		
1	5	7	8	4,6	2,43	4,5	3,8	0,98
2	10	7,5	7,98	4,45	2,15	4,38	2,9	0,98
3	15	7,5	7,92	4,1	2,08	4	2,1	0,98
4	20	8	7,5	3,5	1,8	3,41	1,8	0,97
5	25	8	7,43	3,45	1,72	3,2	2,9	0,93
6	50	8,5	7	2,9	1,57	2,6	4,3	0,9
7	100	9,5	6,7	2,3	1,2	1,9	5,2	0,83
8	0	7	8,25	5	2,55	4,95	2,6	0,99
Требования ГОСТ 9128–97 (тип Г, III марка, IV дорожно-климатическая зона)	–	6–9	≤13	≥2	≥1,1	–	1–4	≥0,7

асфальтобетонных смесей (тип Г, III марка, IV дорожно-климатическая зона) даже при полной замене в наполнителе известнякового минерального порошка на фосfogипс.

Известно, что материалы из гипса неводостойки, поэтому одним из основных критериев оценки возможности применения фосfogипса в асфальтобетонных смесях является их водостойкость. Водостойкость предложенных композиций оценивали по показателю водонасыщения W и коэффициенту водостойкости  $k_b$ . Водонасыщение образцов с увеличением содержания фосfogипса в наполнителе с 5 до 20 об. % устойчиво снижается и при 20% содержания фосfogипса W составляет 1,8 об. % (табл. 2, состав № 4). С дальнейшим увеличением содержания фосfogипса в композиции водонасыщение резко возрастает, и при  $C_{\phi}$ , равном 50 об. % (табл. 2, состав № 6), уже не удовлетворяет требованиям ГОСТ 9128–97. Коэффициент водостойкости с повышением содержания фосfogипса в наполнителе от 5 до 20 об. % достаточно высок и составляет 0,97–0,98. Дальнейшее увеличение содержания фосfogипса в наполнителе приводит к снижению показателей  $k_b$ , хотя они и удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128–97. Минимальный показатель  $k_b = 0,83$  в композиции с наполнителем, содержащем только фосfogипс (табл. 2, состав № 7).

Оптимальным количеством фосfogипса в составе наполнителя асфальтобетонных смесей следует считать 15–20 об. %. При таких процентных соотношениях фосfogипса в наполнителе обеспечиваются достаточно высокие прочностные показатели и, что наиболее важно, высокие показатели водостойкости полученных составов асфальтобетонных смесей. Дальнейшее увеличение содержания фосfogипса в наполнителе резко снижает водостойкость получаемого материала. Сравнивая физико-механические свойства асфальтобетонных смесей с оптимальным содержанием фосfogипса и прототипа – стандартной асфальтобетонной смеси песчаного типа Г, следует отметить, что прочностные показатели и теплостойкость предложенных смесей, модифицированных фосfogипсом, несколько ниже показателей прототипа и вектор снижения прочности направлен в сторону увеличения содержания в наполнителе фосfogипса. Коэффициенты водостойкости модифицированных фосfogипсом смесей имеют высокие значения, а водонасыщение в сравнении с W композиции-прототипа значительно ниже, что объясняется увеличением содержания в смеси битума. В целом физико-механические показатели предложенных асфальтобетонных смесей с оптимальным содержанием

фосfogипса в наполнителе удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128–97.

На основании полученных экспериментальных результатов сделаны выводы:

- предложено новое направление утилизации многоотходных отходов производства фосфорных удобрений (фосfogипса) и доказана ее возможность;
- показана возможность использования данного отхода для производства горячих дорожных асфальтобетонных смесей;
- установлены оптимальные границы содержания фосfogипса в наполнителе разработанных асфальтобетонных смесей, составляющие 15–20 об. %, которые обеспечивают получение асфальтобетонов с высокими прочностными показателями и водостойкостью.

Список литературы

1. Кучма М.И., Мельник Т.А. Применение фосfogипса при строительстве дорожных одежд // Информационный обзор. Вып. 3. М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1990. 60 с.
2. Ратинер Г.И. Фосfogипсосодержащие отходы промышленности для строительства покрытий автомобильных дорог // Кишинев: МолдНИИНТИ. Обзорная информация, 1990. 18 с.
3. Самцов В.П. Производство строительных материалов на основе фосfogипса. Минск: БелНИИНТИ, 1990. 40 с.
4. Мецьяков Ю.Г., Федоров С.В. Энергосберегающие технологии переработки фосfogипса и фосфогидрата // Строит. материалы. 2005. № 11. С. 56–57.
5. Мецьяков Ю.Г., Колев Н.А., Федоров С.В., Сучков В.П. Производство гранулированного фосfogипса для цементной промышленности и строительных изделий // Строит. материалы. 2009. № 5. С. 104–106.

**ПОДПИСКА  
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ  
журнала «Строительные материалы»®  
Актуальная информация для всех  
работников строительного комплекса  
<http://ejournal.rifsm.ru/>**

А.Ю. ФОМИН, канд. техн. наук, В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук,  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

## **Применение серы в производстве дорожно-строительных материалов**

Одним из возможных источников пополнения сырьевых ресурсов для производства строительных материалов является сера.

Использование серы в строительной практике началось еще в конце XIX в., но тогда оно не нашло широкого распространения ввиду ее относительной дороговизны. В настоящее время в ряде стран (Канада, США, Россия, Казахстан) производство серы постепенно превысило ее потребление, себестоимость продукта значительно снизилась. Увеличивается доля попутной серы, полученной при очистке нефти, природного и топочных газов, других промышленных выбросов. В России значительное количество попутной серы скопилось в отвалах Астраханского газоперерабатывающего завода. В Татарстане ежегодно образуется более 35 тыс. т серных отходов на Минибаевском ГПЗ, ОАО «ТАИФ-НК» и др., а с вводом Нижнекамского ОАО «ТАНЕКО» ежегодно будет образовываться еще 260 тыс. т серы.

Переработка дешевой попутной серы в эффективные строительные материалы экономически целесообразна и позволила бы также решить экологическую проблему в регионе. При этом речь идет не об использовании серы в качестве балласта (вместо песка, грунта и т. п.), а для получения материалов, в которых ее специфические технические свойства обеспечивали бы основной эффект. Свойства твердой серы и ее расплава вполне позволяют применить ее в качестве вяжущего для приготовления мастик, бетонов, а также пропиточного материала.

Сера характеризуется низкой температурой плавления и вязкостью в интервале температуры 120–150°C, нетоксичностью в твердом состоянии, высокой адгезией к пористым материалам, гидрофобностью, достаточной механической прочностью: пределом прочности при сжатии 12–22 МПа, при разрыве 1,28–4,32 МПа [1, 2]. Она обладает стойкостью к воздействию агрессивных сред (растворов кислот и солей), водостойкостью, что говорит о возможности получения на ее основе химически и водостойких строительных материалов.

В связи с этим к настоящему времени в строительстве определены направления в применении серы: серные бетоны, серобитумные композиции кровельного и дорожного назначения, гидроизоляционные и горячие антикоррозионные мастики, заливочные композиции, горячие и холодные («водорастворимая» сера) композиции для пропитки капиллярно пористых материалов с целью их гидрофобизации и упрочнения.

Из всех вышеперечисленных материалов наиболее известен серный бетон (СБ), по структуре аналогичный другим видам бетонов – цементному, битумному (асфальтобетону) и полимербетонам. По химическим и диэлектрическим свойствам СБ не уступает большинству видов полимербетонов, но стоимость его значительно ниже. Технология изготовления СБ исключает использование воды и процесс пропарки, что значительно снижает затраты на его производство. Она выгодно отлича-

ется от технологии бетонов на минеральных вяжущих – безотходностью технологического процесса ввиду возможности повторного использования некондиционной продукции путем плавления и повторного формования, возможностью процесса отверждения отформованных изделий при низкой температуре и под водой. Набор прочности бетонов зависит только от времени охлаждения смеси, что позволяет эксплуатировать изделия под заданной нагрузкой практически сразу после изготовления и остывания. По свойствам и прочностным характеристикам СБ занимает промежуточное положение между цементными и полимерными бетонами. На серной мастике при использовании тех же заполнителей, что и для цементного бетона, отношение прочности при сжатии к прочности при изгибе во всех случаях более благоприятно. Так, для цементных бетонов в зависимости от типа заполнителя оно составляет 1:8–1:10, для серного – 1:6 [3]. В технологии СБ возможность замены природных заполнителей техногенными отходами промышленности (золы, шлаки) позволяет получать недорогие высокоэффективные бетоны\*.

*Одним из наиболее перспективных направлений применения серы в строительстве является модификация ею нефтяных дорожных битумов.* При этом сера может играть роль модификатора свойств отдельных фракций битума (асфальтенов и смол), а также роль его наполнителя, обладающего усиливающим действием. В первом случае предусматривается введение серы в битум в небольших количествах (до 20 мас. %). Во втором – введение большего ее количества с получением коллоидной системы сера–битум, устойчивой при хранении и переплавке.

Модифицированный серой битум СБ или серобитумное вяжущее (СБВ) применяют в технологии асфальтобетонов, производимых по горячей технологии, а конечным продуктом является сероасфальтобетон (САБ), то есть бетон, изготовленный на основе СБ.

Эффективность использования САБ в качестве дорожно-строительного материала определяется главным образом:

- возможностью замены до 40% битума в асфальтобетонных смесях на серу;
- возможностью использования местных песчаных грунтов, слабых каменных материалов, шлаков и золы, отсевов дробления доломитового щебня;
- увеличением прочности асфальтобетона на 30%, повышением его тепло- и динамической устойчивости;
- значительным увеличением сопротивляемости асфальтобетона к воздействию различных видов топлива, масел и других агрессивных сред [4].

Введение серы в битум способствует некоторому повышению прочности и теплостойкости вяжущих и асфальтобетонов (АБ) на их основе, что, безусловно, позволяет сократить расход битума. Вместе с тем сера ограничительно совмещается с битумом и потому при охлаждении совместного расплава выделяется в отдельную фазу, играя роль дисперсного наполнителя, снижа-

\* Работа выполняется при финансовой поддержке ООО «Инстрой» (Москва).

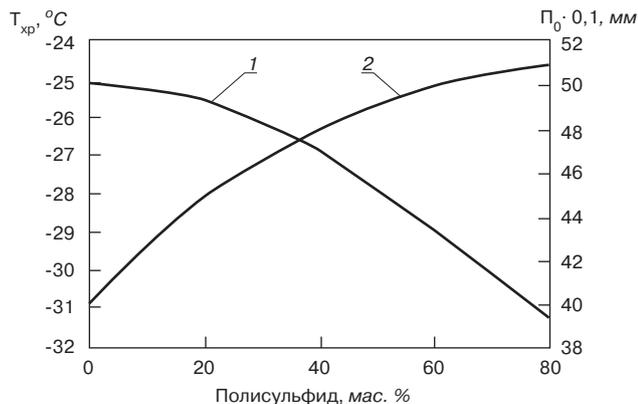


Рис. 1. Концентрационные зависимости температуры хрупкости и пенетрации БПВ: 1 –  $T_{xp}$ , °С; 2 –  $P_0$ , 0,1, мм

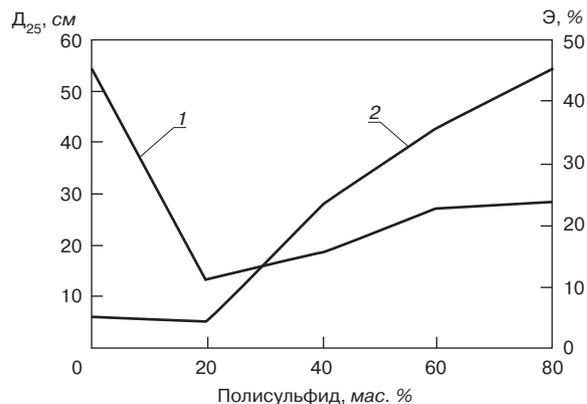


Рис. 2. Концентрационные зависимости дуктильности и эластичности БПВ: 1 – дуктильность при 25°С; 2 – эластичность, %

ющего пластичность битума [4]. Кроме того, совмещение расплавленного битума с элементной серой сопровождается выделением токсичного сероводорода, что сильно ухудшает санитарно-гигиенические показатели процессов производства и укладки сероасфальтобетона. В этой связи поиск более эффективных способов модификации нефтяных битумов серой является актуальной задачей.

Одним из таких методов является совмещение битумов с серой, химически связанной с органическими продуктами. Поскольку при этом возможно получение полисульфидов (ПС) с хорошей адгезией и эластичностью, их введение в дорожные битумы позволяет повысить деформативные свойства как вяжущих, так и асфальтобетонов. Применение химически связанной серы существенно снижает ее взаимодействие с компонентами битума и предотвращает выделение сероводорода. С экономической и экологической точек зрения целесообразно использовать для получения полисульфидов побочные продукты или промышленные отходы органической химии.

Поскольку выполнение подобных исследований на начальных стадиях предполагает получение и исследование свойств органических полисульфидов, получаемых, как известно, путем термической сополимеризации серы с непредельными мономерами различного строения, становится очевидным, что направленный поиск последних является отдельной актуальной задачей. Эта актуальность определяется тем, что такие материалы наряду с серой и битумом должны иметь сравнительно низкую стоимость и доступность. Органические полисульфиды давно выпускают и применяют в промышленности, особенно в шинной, в качестве компонента резиновых смесей. Для получения таких полисульфидов используют промышленно-выпускаемые непредельные мономеры: стирол, дициклопентадиен и др. Однако они сравнительно дороги и поэтому вряд ли могут быть применимы в крупнотоннажной дорожно-строительной отрасли.

Поэтому авторы остановили свой выбор на промышленных отходах, содержащих непредельные органические соединения, то есть на отходах производства моющих средств, представляющих собой смеси ВЖК, главным образом непредельных (олеиновой, линолевой и линоленовой), потенциально эффективных для получения полисульфидов как модификаторов дорожно-строительных материалов, обладая при этом сравнительно низкой стоимостью в сравнении с дициклопентадиеном и др.

Большинство известных способов синтеза полисульфидов требуют сложного аппаратного оформления. В работе для синтеза полисульфидов использовали метод термической сополимеризации в массе серы с ВЖК, который несложен и отличается возможностью проведения процесса в одну стадию.

По физическому состоянию полисульфиды при 20°С представляют собой каучукоподобную массу.

Анализируя экспериментальные данные, можно сделать вывод, что полисульфиды имеют более высокие абсолютные физико-механические показатели: температуру размягчения ( $T_p$ ), эластичность ( $\mathcal{E}$ ,%), температуру хрупкости по Фраасу ( $T_{xp}$ ) в сравнении с битумом марки БНД 90/130, которые приведены в табл. 1.

Близость их свойств к битумно-полимерным композициям позволяет рассматривать их применение в мастиках, асфальтобетонах. Однако при ограниченном объеме этих видов промышленных отходов (смесей ВЖК) их реальное практическое применение в таком виде весьма проблематично. Поэтому целесообразнее рассмотреть возможность использования полисульфидов в качестве модифицирующего компонента – добавки в битум, обладающей эластичностью (до 73%), низкой температурой хрупкости (до -33°С), высокой температурой размягчения (до 115°С). Исследования вели в этом направлении с целью получения эффективного битумополисульфидного вяжущего (БПВ) для асфальтобетонов.

Битумополисульфидные вяжущие получали путем смешения отдельных расплавов битума и полисульфидов и исследовали их свойства.

Таблица 1

Состав	$T_p$ , °С	$P \cdot 0,1$ , мм		$T_{xp}$ , °С	$D_{25}$ , см	$\mathcal{E}$ , %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
		$P_{25}$	$P_0$				
1	112	64,2	49	-23	10,8	73	1,1
2	114	39	41	-24	9,6	71,4	1,25
3	103	45	42,8	-33	20,8	55,8	1,26
4	113	42,4	42	-30	7,2	62,7	1,27
БНД 90/130	45	128	40	-25	67	5	1,0153

Таблица 2

Показатель	Составы асфальтобетонов, мас. %			ГОСТ 9128–97 (для асфальтобетона типа Б)
	на БПВ	на СБ	на битуме БНД 90/130	
Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	2,55	2,56	2,39	–
Водонасыщение, %	0,51	4,35	0,89	2–5
Набухание, %	0	0	0,35	
Пределы прочности при сжатии, МПа				
R <sub>0</sub>	6,75	9,6	5,3	<12
R <sub>20</sub>	3,8	2,2	2,51	>2,2
R <sub>20</sub> <sup>Б</sup>	3,77	2,1	2,45	–
R <sub>50</sub>	1,67	1,25	1,15	>1
K <sub>в</sub> , %	0,99	0,95	0,98	>0,85
Водонасыщение, %, после 30 циклов замораживания	0,52	4,37	0,9	–
R <sub>20</sub> <sup>Б</sup> , МПа, после 30 циклов замораживания	3,73	1,15	2,4	–
K <sub>мр</sub> , %	0,99	0,55	0,98	–

Определяли показатели T<sub>хр</sub>, дуктильность при 25°С (D<sub>25</sub>), эластичность (Э), пенетрацию при 0°С (П<sub>0</sub>). Значения T<sub>хр</sub> для БПВ определяются во многом значениями T<sub>хр</sub> полисульфида. Так, введение ПС в количестве 60–80 мас. % способствует снижению T<sub>хр</sub> вяжущих на 10–25%, что свидетельствует об улучшении их низкотемпературных свойств (рис. 1). Это коррелирует с повышением значений пенетрации при 0°С. Однако дуктильность снижается, а эластичность возрастает прямо пропорционально ее убыванию (рис. 2). По сравнению с битумом без добавок, эластичность которого составляет 5%, наибольший показатель эластичности (до 35%) наблюдался у БПВ с содержанием ПС 60 мас. %. Таким образом, с увеличением концентрации исследуемых полисульфидов в битуме повышаются теплостойкость, твердость и эластичность битумных вяжущих. У модифицированных полисульфидами битумных вяжущих наблюдается снижение температуры стеклования в 3 раза, что свидетельствует об улучшении деформативности модифицированных вяжущих при отрицательной температуре.

Наиболее приемлемым составом БПВ для асфальтобетона является композиция с содержанием 60 мас. % полисульфида.

Исследованы физико-механические свойства асфальтобетонов, полученных на основе разработанных БПВ.

В табл. 2 приведена сравнительная характеристика их свойств на битуме, СБ и БПВ.

Установлено, что по прочностным характеристикам АБ на БПВ превосходят асфальтобетон на битуме и асфальтобетон на серобитуме при эквивалентном содержании серы в составе БПВ и СБ (30 мас. %).

Значения среднего показателя R<sub>0</sub> для АБ на БПВ в значительной степени ниже (на 55%) аналогичного показателя АБ на серобитуме. Учитывая также повышение показателя R<sub>50</sub> (в 1,4 раза) в сравнении с АБ на исходном битуме, можно говорить о расширении температурного интервала деформативности САБ на БПВ в область положительной и отрицательной температур. Значения коэффициентов водостойкости и морозостойкости (K<sub>в</sub> и K<sub>мр</sub>) для АБ, приготовленных на битумополисульфидных вяжущих, превышают значения K<sub>в</sub> и K<sub>мр</sub> для АБ на серобитуме и битуме без добавок, приближаясь к единице.

Асфальтобетон на серобитуме в отличие от САБ на БПВ имеет высокий показатель R<sub>0</sub>, что способствует сужению температурного интервала его деформативности в сторону отрицательной температуры, а также низкое значение коэффициента морозостойкости (K<sub>мр</sub> = 0,55).

Произведена сравнительная санитарно-гигиеническая оценка технологии и переработки БПВ и СБ. Установлено, что сероводородное число N для H<sub>2</sub>S, а именно количество сероводорода, выделяющегося при нагревании БПВ до 165–170°С (температуры приготовления АБС), составляет 89 мг/200 г вяжущего, которое в пересчете на 1 м<sup>3</sup> воздуха над рабочей зоной (участком дороги) при скорости укладки и уплотнения АБС 2 м/мин в условиях замкнутого пространства, не подверженного климатическим воздействиям, составляет 14 мг/м<sup>3</sup>, что практически соответствует требованиям ПДК (10 мг/м<sup>3</sup>). При этом количество сероводорода, образующегося при нагревании СБ, составляет 588 мг /200 г, а в пересчете на 1 м<sup>3</sup> воздуха рабочей зоны – 92,4 мг /м<sup>3</sup>, что в 9,2 превышает требования ГОСТа.

Разработанная технология получила опытно-промышленную проверку на асфальтобетонном заводе Елабужского УАД ООО «Татнефтор» (г. Елабуга, Республика Татарстан), где в августе 2002 г. было изготовлено более 90 т асфальтобетонной смеси на битумополисульфидном вяжущем. Причем и вяжущее и АБС были изготовлены на действующем оборудовании АБЗ без переналадки при типовых технологических режимах.

Из АБС на БПВ было уложено дорожное покрытие (верхний слой) длиной 100 м на участке действующей автодороги третьей технической категории Менделеевск–Елабуга. Укладку смеси производили типовым асфальтоукладчиком по обычной технологии.

Оценка состояния покрытия через 7 лет эксплуатации положительная.

Таким образом, в результате проведенных исследований показана эффективность использования органических полисульфидов, применение которых обеспечит экономии вяжущего – битума, а также увеличение технико-эксплуатационных показателей сероасфальтобетона.

Список литературы

1. Бусев А.И. Аналитическая химия серы. М.: Наука, 1975. 271 с.
2. Королев Е.В., Прошин А.П., Соломатов В.И. Серные композиционные материалы для защиты от радиации. Пенза: ПГАСА, 2001. 208 с.
3. Орловский Ю.И., Ивашкевич Б.П., Юрьева Е.В. Биокоррозия серных бетонов // Бетон и железобетон. 1989. № 4. С. 45– 46.
4. Илиополов С.К., Мардиросова И.В., Углова Е.В. и др. Органические вяжущие для дорожного строительства. Ростов-на-Дону: Юг, 2003. 428 с.

М.А. ГОНЧАРОВА, канд. техн. наук, Б.А. БОНДАРЕВ, д-р техн. наук,  
А.Д. КОРНЕЕВ, д-р техн. наук, Липецкий государственный технический университет

## Кристаллические металлургические шлаки в дорожном строительстве

Липецкая область, являющаяся крупнейшим промышленным регионом Черноземья, в последнее время испытывает настоящий дорожный бум. Это объясняется не только развивающейся особой экономической зоной Липецк, требующей развитой дорожной инфраструктуры, но и повышенным вниманием администрации к качеству дорог.

Реализация мер, направленных на совершенствование и развитие сети автомобильных дорог федерального значения, осуществляется на основе выполнения мероприятий подпрограммы «Автомобильные дороги» федеральной целевой программы «Модернизация транспортной системы России (2002–2010 гг.)», Федерального закона № 257–ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Реализация мер, направленных на совершенствование транспортно-эксплуатационного состояния дорог в Липецке, ведется в рамках «Программы экономического и социального развития г. Липецка на период до 2016 г.».

Липецк – областной центр России, в котором размещено крупное металлургическое предприятие, являющееся градообразующим. На фоне положительных тенденций и решений по совершенствованию системы природоохранных объектов и внедрения ресурсосберегающих и малоотходных технологий необходимо тем не менее отметить остающуюся острой проблему образования на ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (ОАО «НЛМК») твердых отходов и их утилизации. На отечественных металлургических предприятиях для производства 1 т стали как целевого продукта в технологический процесс вовлекается примерно 10 т природных ресурсов, что приводит к образованию в производственном цикле ОАО «НЛМК» различных многотоннажных отходов. Из них часть используется [1], однако 60% их объема остаются невостребованными и малоиспользуемыми, несмотря на ценные свойства и связанные с этим потенциальные возможности утилизации [2].

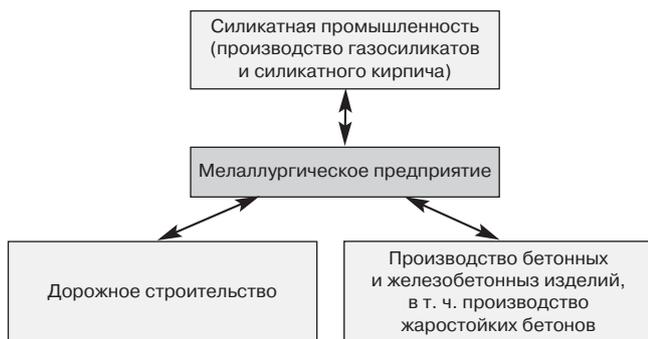


Рис. 1. Взаимодействие черной металлургии (целевого производства) с предприятиями по производству строительных материалов и изделий

Решение научной и инженерной задачи комплексной утилизации крупнотоннажных отходов заключается в формировании территориально-промышленного кластера, учитывающего интересы и металлургического производства, и отрасли строительной индустрии. Соответствующий опыт формирования межотраслевых связей в Липецке уже существует (рис. 1)

В рамках выполненных исследований произведена оценка наиболее перспективных отходов металлургического комплекса с целью их применения в дорожном строительстве. Особого внимания заслуживают шлаки доменные и сталеплавильные. Гранулированные доменные шлаки исследованы достаточно полно, поэтому они нашли относительно широкое применение в строительной практике Липецка. В отношении других твердых отходов необходим развернутый поиск [3] эффективных решений по их использованию.

Общая протяженность автомобильных дорог в г. Липецке составляет 550 км. Начиная с 2003 г. в городе ведутся крупномасштабные работы по капитальному ремонту и реконструкции городских дорог, а также ведется наблюдение за их транспортно-эксплуатационным состоянием. По состоянию на 1.01.2009 г. ровность покрытий городской сети автомобильных дорог обеспечена на 286 км (52%), сцепные качества удовлетворяют потребителя на 220 км (40%). Прочность дорожных одежд соответствует нормативным показателям на 358 км (65%), а дефекты дорожных покрытий обнаружены на 165 км (30%) из общего количества городских дорог.

Гарантийный срок эксплуатации липецких дорог после капитального ремонта составляет 4 года, что, по сути, является межремонтным сроком эксплуатации, поэтому его увеличение является актуальной научно-производственной задачей, для решения которой необходимо провести ряд мероприятий технического, экономического и экологического характера.

Наибольшие оценки – 82% и 83% от их протяженности получили покрытия по ул. Первомайской и ул. Механизаторов, капитальный ремонт и реконструкция которых были проведены в 2004 и 2006 гг. В элементах конструкций дорожных одежд на этих объектах использовались доменные и конвертерные шлаки. После 5 лет эксплуатации ровность покрытий на этих дорогах соответствует нормативным показателям (рис. 2).

Сцепные качества дорожных покрытий улиц при использовании асфальтобетонных смесей на шлаковых заполнителях 45–54%. Одним из примеров является эксплуатация объездной дороги федерального значения (обход с. Бороно), где до капитального ремонта в 2008 г. верхние слои асфальтобетонного покрытия были устроены из асфальтобетона на шлаковых заполнителях [4].

Скользкость на городских автомобильных дорогах Липецка снизилась с 31,2 до 22,5% именно за счет применения шлаковых материалов в различных конструкциях дорожных одежд. Особенность шлакового асфальтобетонного покрытия заключается в том, что макси-



Рис. 2. Состояние покрытия в марте 2009 г.: а – ул. Первомайская; б – ул. Механизаторов

мальные прочностные показатели достигаются в процессе эксплуатации за счет химической и гидравлической активности шлака, роста кристаллогидратов, армирования ими межпорового пространства и омоноличивания конгломерата.

Комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог учитывает сразу несколько свойств, воздействующих на долговечность и эксплуатационную надежность. Для его количественной оценки помимо определения стандартными методами механических свойств необходим анализ ровности, сцепных качеств и скользкости дорожных покрытий. Наиболее высокие показатели (рис. 3) наблюдались в дорогах с использованием литых доменных шлаков. При этом особое внимание уделялось обеспечению надлежащего водоотвода и соблюдению технологии производства работ.

Анализ данных о состоянии дорожных покрытий на городских автомобильных дорогах показал, что возросшая интенсивность дорожного движения и несвоевременное проведение работ по ремонту и содержанию дорожных покрытий способствуют их ускоренному износу и ухудшению сцепных свойств. С другой стороны, применение современных технологий с использованием щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА и макрошероховатых покрытий позволяет увеличить фактические межремонтные сроки службы дорожных покрытий, обеспечивая высокие сцепные качества.

Дорожное покрытие из ЩМА обладает повышенной устойчивостью к возникновению пластических деформаций и предпочтительно по условию обеспечения сцепления колеса с покрытием в течение всего планируемого срока эксплуатации. При изготовлении щебне-

мастичной асфальтобетонной смеси особое внимание уделяется качеству щебня. Его количество составляет до 75% от массы инертных материалов в смеси. Щебень должен быть достаточно прочным и характеризоваться устойчивостью к истиранию и полированию, что обеспечивает рекомендованную шероховатость асфальтобетонного покрытия и безопасность дорожного движения. Но самое важное и труднодостижимое – это получение кубовидной формы зерна, позволяющее снизить расход вяжущего при неизменной прочности асфальтобетонов.

Однако горных пород, из которых получается наиболее качественный щебень, очень мало, и это чаще всего породы кислого типа, содержащие более 65% кварца SiO<sub>2</sub>. Это приводит к необходимости использования адгезионных добавок в составах ЩМА на природных заполнителях, поскольку по адгезии к битуму кварц занимает предпоследнюю позицию в ряду природных минералов. В то же время липецкий опыт использования в составах асфальтобетонов литого доменного шлакового щебня показывает высокие параметры адгезии, прочности, водостойкости, долговечности и стойкости к колееобразованию. К особенностям шлаковых асфальтобетонов следует отнести невысокие показатели макрошероховатости верхнего слоя после нескольких лет эксплуатации, слегка увеличенное количество битума в составах асфальтобетонов (оптимально 7% в составах Б-П), а также сравнительно высокое водопоглощение по сравнению с асфальтобетонами на традиционных природных заполнителях. Указанных недостатков будет лишён щебнемастичный асфальтобетон, хорошо зарекомендовавший себя при эксплуатации в условиях высоких динамических нагрузок от движущегося транспорта.

За последние годы значительно изменился химический состав доменных шлаков в связи с углублением работок железных руд, а также с введением различных легирующих добавок при выплавке чугуна. Литой шлаковый щебень, получаемый медленным охлаждением в шлаковых траншеях кислых доменных шлаков ОАО «НЛМК», состоит преимущественно из геленита, возможно присутствие моноалюмината кальция. Такой минеральный состав литого шлака свидетельствует о том, что при медленном охлаждении неустойчивые структуры типа мелилита и двухкальциевого силиката успевают перекристаллизоваться в устойчивую структуру геленита. Эта структура не обладает вяжущими свойствами и придает литому шлаковому щебню стабильность. При использовании такого щебня в составах обычных и асфальтовых растворов и бетонов сцепление с вяжущими веществами обеспечивается за счет их затекания в поверхностные поры заполнителей. Поэтому на основе таких заполнителей получатся бетоны высокой прочности и стойкости к атмосферному воздействию в дорожных конструкциях и покрытиях.



Рис. 3. Комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния дорожных покрытий автомобильных дорог Липецка

Насыпная плотность шлакового щебня по ГОСТ 5578–94 «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия» составляет 1190 кг/м<sup>3</sup>, а истинная плотность 3100 кг/м<sup>3</sup>. Пустотность в насыщенном состоянии находится в пределах 58–64% (в среднем 61,6%). В уплотненном состоянии она немного снижается, но остается достаточно высокой. Таким образом, основные показатели свойств шлакового щебня доменного производства удовлетворяют всем предъявляемым требованиям к материалу для получения улучшенной формы зерна после дробления.

Для получения опытной партии кубовидного щебня был взят щебень, поступающий после первичного дробления щековой дробилкой литого доменного шлака цеха шлакопереработки ОАО «НЛМК» фр. 40–70 мм. Материал содержал много крупных зерен, присутствовали отдельные куски размером 90 мм и более (по ГОСТ 3344–83 «Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия» содержание таких частиц допускается до 5%), которые сортировались в отвал защитой от негабаритных кусков. Наличие металлических включений вызывало остановку дробилки благодаря чувствительной автоматике. Этого в дальнейшем можно избежать, применяя дополнительную сепарацию перед началом процесса дробления, чтобы исключить попадание металла в готовый продукт (по нормативным документам допускается наличие в щебне включений металла не более 5% по массе).

Результаты определения зернового состава раздробленного материала свидетельствуют о том, что полученный щебень близок к заявленным фракциям, однако требуется дополнительная регулировка установленного зазора для получения более точного соответствия границам, указанным в ГОСТе. По содержанию частиц игольчатой и лещадной форм полученные фракции относятся соответственно: к 1-й группе фр. 10–15 и к 3-й группе фр. 5–10 мм – среднее значение содержания лещадных частиц 16,81% (близко к границе 2-й группы).

Таким образом, практически апробирована возможность получения кубовидного щебня из литого доменного шлака с усредненным количеством лещадных зерен. Дальнейшее улучшение формы зерна возможно при промежуточном дроблении.

Однако опыт эксплуатации городских дорог показывает, что несмотря на применение современной дорожно-строительной техники, наблюдается появление дефектов, снижающих транспортно-эксплуатационное качество дорог. Так, после нескольких лет эксплуатации на участках дорог появляются продольные и поперечные трещины, выбоины, шелушение в верхних слоях покрытия. Происхождение этих дефектов связано прежде всего с состоянием оснований дорожных одежд городских автодорог, устроенных с применением низкопрочных каменных материалов на основе известнякового щебня. И если на протяжении 40 лет на автомобильных дорогах Липецкой области успешно применяются шлаки производства ОАО «НЛМК», то в городских условиях использование этого материала в конструкции дорожных одежд начато только с 2002 г. Таким образом, малопрочные материалы в основаниях дорожных одежд городских дорог и их перегруженность вышележащими слоями асфальтобетонного покрытия, толщина которого достигает 500 мм, снижают несущую способность дорожной одежды.

С применением литого и конвертерного шлаковых щебней разработаны различные конструкции оснований автомобильных дорог, которые внедрены не только на территории области, но и в других регионах России. Конвертерные шлаки относятся к активным, поэтому с их применением наиболее целесообразно строить са-

мостовые (омоноличивающиеся) в процессе эксплуатации основания дорожных одежд с использованием фракций 0–10, 0–20, 0–40, 0–70 мм. Примером такого успешного внедрения является устройство насыпи и основания из конвертерных шлаков для автомобильной дороги по ул. Механизаторов в Липецке. Особенность асфальтобетонных покрытий на таком основании – отсутствие деформаций сдвига даже при интенсивном движении тяжелого транспорта [5].

Таким образом, целенаправленная работа по использованию кристаллических шлаков в дорожных асфальтобетонах, несмотря на ограничения области их применения, способствует повышению уровня транспортно-эксплуатационного состояния дорог.

Список литературы

1. Грызлов В.С. Качественная универсальность шлакобетонов // Тезисы докладов международного конгресса «Наука и инновации в строительстве SIB-2008». Воронеж. 2008. С. 128–133.
2. Чернышов Е.М., Гончарова М.А., Корнеев А.Д., Потомошинева Н.Д. К проблеме биотехносферной совместимости регионов с развитой металлургической промышленностью // Строительство и реконструкция. 2009. № 5/25(573). С. 68–73.
3. Корнеев А.Д., Гончарова М.А., Бондарев Б.А. Строительные композиционные материалы на основе шлаковых отходов. Липецк: ЛГТУ, 2002. 120 с.
4. Резванцев В.И., Еремин А.В. Шлаковые асфальтобетонные покрытия: эксплуатационно-прочностные свойства. Воронеж: ВГУ, 2002. 160 с.
5. Гончарова М.А. Использование конвертерных шлаков в производстве материалов для дорожного строительства // Строит. материалы. 2009. № 7. С. 26–28.

Информационно-консалтинговая фирма

**«ИТКОР»**

при поддержке журнала «Строительные материалы»®

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

приглашают на конференцию

**«Строительство и промышленность строительных материалов в цифрах и фактах: итоги 2009 года, перспективы 2010 года».**

**18 февраля 2010 г. Москва**

В программе:

- Итоги работы строительного комплекса России в 2009 г.
- Российский рынок цемента
- Проблемы и перспективы гипсовой отрасли
- Производство и потребление высококачественного щебня
- Состояние и перспективы развития рынка стеновых материалов
- Количественные и качественные изменения на рынке мягких кровельных материалов
- Российский рынок сухих строительных смесей

Конференция ориентирована на руководителей предприятий-производителей строительных материалов, представителей финансово-инвестиционных структур, строительных организаций.

Заявки на участие в конференции необходимо направить до 15 января 2010 г.

**Тел./факс: (495)232-47-56, (499)143-69-23**  
 ikf-itcor@ikf-itcor.ru, itkor@mail.ru, http://www.ikf-itcor.ru

В.С. ПРОКОПЕЦ, д-р техн. наук, В.Д. ГАЛДИНА, канд. техн. наук, Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия – СИБАДИ (Омск);  
Г.А. ПОДРЕЗ, инженер, Управление федеральных автомобильных дорог на территории Республики Бурятия (Улан-Удэ)

## Асфальтобетоны на основе пористых заполнителей Западной и Восточной Сибири

Для районов степной и лесостепной зоны Западной Сибири крупные заполнители являются привозимыми и дорогостоящими компонентами бетонов различного вида и назначения. В то же время в этих районах имеются месторождения глинистого сырья для производства керамзитового гравия. Работы, направленные на технологию получения керамзита повышенной прочности (дорзита) для строительства автомобильных дорог, а также на получение дорзитоасфальтобетонных смесей и дорзитоасфальтобетонов, ведутся в СИБАДИ с 1979 г. [1–3].

В Тункинском районе Республики Бурятия имеется несколько практически не эксплуатируемых месторождений туфов, залегающих в виде песчано-щебеночных смесей. По химическому составу туфы относятся к кислым породам с содержанием кремнезема 65–75%.

Применение асфальтобетонов на пористых заполнителях технически целесообразно в районах с резко континентальным климатом, что обусловлено их высокой теплоизолирующей способностью и низкотемпературной трещиностойкостью [1–5].

В данной работе приведены результаты лабораторных и опытно-производственных работ по использованию пористых заполнителей в асфальтобетонных смесях при строительстве дорожных покрытий.

Для изготовления горячих мелкозернистых асфальтобетонных смесей типа В использовали: дорзит фракции 5–15 мм марки 1000 (требования ТУ 218 РСФСР 563–86); щебень из туфа фракции 5–15 мм; песок природный с модулем крупности 1,56 и межзерновой пустотностью 39,13%; минеральный порошок активированный из алеврита с межзерновой пустотностью в уплотненном состоянии 33,5%; битум марки БНД 60/90. В эталонной асфальтобетонной смеси в качестве крупного заполнителя применялся гранитный щебень фракции 5–15 мм марки по прочности 1400. Свойства пористых заполнителей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Дорзит	Щебень из туфа
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	2540	2765
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1600	1790
Насыпная плотность (средневзвешенное значение двухфракционного заполнителя), кг/м <sup>3</sup>	949	830
Пористость, об. %	36,5	35,3
Водопоглощение, об. %	26,1	32,2
Прочность при сдавливании в цилиндре по ГОСТ 9758, МПа, фракции, мм:		
5–10	4,83	1,42
10–15	4,55	1,37
15–20	4,5	1,31
5–15	5,31	1,63

Составы асфальтобетонов с одинаковой макроструктурой проектировали по методу СИБАДИ [6–8]. Метод основан на принципах и закономерностях структурообразования асфальтобетона и позволяет расчетным путем устанавливать оптимальный состав асфальтобетона, ожидаемые значения ряда показателей свойств (пустотности минеральной части, средней плотности и коэффициента теплопроводности, общей стоимости компонентов на 1 т или 1 м<sup>3</sup> асфальтобетона). Кроме того, этот метод позволяет отдельно определять расход битума на смачивание и обволакивание щебня, песка и образование асфальтовяжущего.

Асфальтобетонные смеси на пористых заполнителях для верхнего слоя покрытия проектировали с межзерновой остаточной пористостью, близкой к нулю, чтобы исключить попадание воды в асфальтобетон. В нижних слоях покрытия допускается большая величина пористости, поскольку вышележащие слои уже ограничивают доступ воде.

Асфальтобетонные смеси готовили при режимах, указанных в ГОСТ 12801. Образцы размером  $d = h = 71,4$  мм из смесей с пористыми заполнителями формовали при  $P_{упл} = 30$  МПа, с плотным заполнителем – при стандартном уплотняющем давлении.

Структурно-механические свойства асфальтобетонов на основе пористых минеральных материалов определяются структурой и свойствами дорзита и щебня из туфа:

- зерна дорзита и щебня из туфа обладают высокой пористостью, преимущественно открытой, их прочность гораздо ниже прочности плотных каменных материалов, применяемых в асфальтобетоне;
- зерна пористых заполнителей в силу кислого характера поверхности обладают пониженным сцеплением с битумом, но существенным механическим сцеплением за счет шероховатости поверхности;
- наличие открытых пор в зернах пористых заполнителей обуславливает избирательную диффузию легких компонентов битума в поры заполнителей, увеличивая концентрацию асфальтобенов в структурированной битумной пленке. Это способствует образованию прочных адсорбционных связей на поверхности раздела заполнитель – вяжущее.

Особенности взаимодействия битума с поверхностью зерен пористых материалов обеспечивают асфальтобетонам высокие физико-механические свойства (табл. 2).

Вид крупного заполнителя оказывает существенное влияние на деформативные и реологические свойства асфальтобетона (табл. 3). Асфальтобетон на плотном заполнителе имеет модуль упругости при отрицательной температуре в 1,6–1,7 раза больше, чем аналогичные по объемной концентрации крупного заполнителя дорзитоасфальтобетон и асфальтобетон на основе туфа. Различия в свойствах сравниваемых асфальтобетонов подтверждается и другими испытаниями.

Так, коэффициент вязкости и время релаксации асфальтобетонов на пористых заполнителях при отрицательной температуре значительно ниже, а кинетические

Таблица 2

Показатель	Асфальтобетон на основе			Требование ГОСТ 9128–97 к асфальтобетону типа В марки III для I дорожно-климатической зоны
	дорзита	щебня из туфа	щебня из гранита	
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1960	2089	2365	Не нормировано
Водонасыщение, %	4,96	3,47	1,86	1,5–4
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С:				
50	1,22	1,25	1,45	Не менее 1
20	3,05	3,18	3,65	Не менее 2
0	4,9	4,25	9,5	Не выше 10
Коэффициент водостойкости:				
кратковременный	1	1	0,99	Не менее 0,85
длительный	0,7	0,68	0,81	Не менее 0,75
длительный после водопоглощения	0,86	0,83	0,88	Не нормировано
Коэффициент морозостойкости после 50 циклов замораживания-оттаивания	0,78	0,75	0,93	Не нормировано
Коэффициент теплоустойчивости R <sub>0</sub> /R <sub>50</sub>	4,01	3,4	6,55	То же
Сцепление при сдвиге, МПа	0,48	0,51	0,56	Не ниже 0,36
Предел прочности на растяжение при расколе при 0°С, МПа	3,18	3,75	4,67	2–6,5
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,57	0,69	1,37	Не нормировано

характеристики деформативности и время ретардации выше. Асфальтобетон на плотном заполнителе обладает большей жесткостью и меньшей трещиностойкостью.

Трещиностойкость асфальтобетонов оценивали также мерой хрупкости [9]. Идеально хрупкому состоянию асфальтобетона соответствует значение меры хрупкости  $X = 1$ . Для всех промежуточных значений  $X < 1$ , и чем меньше  $X$ , тем меньше хрупкость материала. Так, мера хрупкости дорзитоасфальтобетона и асфальтобетона на основе туфа значительно ниже, чем у асфальтобетона на плотном заполнителе (табл. 3).

Выполненные исследования выявили существенные особенности асфальтобетонов на основе пористых каменных материалов:

- асфальтобетоны с пористыми заполнителями обладают достаточно высокой прочностью при 50 и 20°С, низкой прочностью при отрицательной температуре, повышенной термостабильностью;
- использование дорзита и щебня из туфа как пористых заполнителей ведет к снижению средней плотности асфальтобетона и к понижению коэффициента теплопроводности;
- асфальтобетоны характеризуются относительно невысокими значениями модулей упругости при отрицательной температуре, пониженными значениями меры хрупкости [9]; при отрицательной температуре имеют большую деформативную способность и

повышенную трещиностойкость по сравнению с асфальтобетоном на плотных заполнителях;

- показатели физических свойств асфальтобетонов с пористыми заполнителями – остаточная пористость, водонасыщение и коэффициенты водостойкости отличаются от норм стандарта ГОСТ 9128 для плотных асфальтобетонов.

По результатам исследований разработаны нормативно-технические документы на тяжелый керамзит (дорзит) и асфальтобетонные смеси с его применением (ТУ 218 РСФСР 563–86; ТУ 218 РСФСР 564–86). Разработаны также технические условия на асфальтобетонные смеси и асфальтобетоны на пористом заполнителе из туфа и рекомендации по проектированию составов, технологии приготовления и строительству дорожных покрытий из горячих асфальтобетонных смесей на пористых заполнителях.

Опытно-производственные работы по выпуску горячей керамзитоасфальтобетонной смеси и строительству верхнего слоя дорожного покрытия на автомобильной дороге III технической категории Омск – Русская Поляна были проведены в 1980 г. Керамзитоасфальтобетонную смесь уплотняли сначала легким, а затем средним катком. Через год после строительства на покрытии была устроена поверхностная обработка. За опытным участком велось наблюдение. Было установлено, что после 6 лет эксплуатации расхождение между поперечными трещинами состав-

Таблица 3

Показатель	Асфальтобетон на основе		
	дорзита	щебня из туфа	щебня из гранита
Динамический модуль упругости, МПа, при температуре, °С:			
-10	1,9·10 <sup>3</sup>	1,82·10 <sup>3</sup>	3,12·10 <sup>3</sup>
-20	2,6·10 <sup>3</sup>	2,45·10 <sup>3</sup>	4,35·10 <sup>3</sup>
Реологические свойства при температуре -10°С:			
коэффициент вязкости, МПа·с	6,15·10 <sup>6</sup>	7,99·10 <sup>6</sup>	12,4·10 <sup>6</sup>
время релаксации, с	11 240	12 480	23 100
время ретардации, с	13,2	12,7	11,4
кинетические характеристики деформативности P <sub>1</sub> /P <sub>2</sub> *	6,6·10 <sup>-4</sup>	7,5·10 <sup>-4</sup>	3,6·10 <sup>-4</sup>
Мера хрупкости	0,63	0,657	0,897

\* P<sub>1</sub>/P<sub>2</sub> – параметры деформативности, рассчитываются по методике Богуславского.

Таблица 4

Показатель	Образцы изготовлены			Требования ТУ 218 РСФСР 563–86	
	из смеси, 1999 г.	переформованы, 1999 г.	из смеси, 2002 г.		
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1860	1890	1870	Не нормировано	
Водопоглощение после 48 ч, об. %	5,1	5,3	5,2	Не более 9	
Набухание после 48 ч, об. %	0,7	0,31	0,6	Не более 1,5	
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С:					
	50	1,32	1,2	0,95	Не менее 0,9
	20	3,7	3,9	3,3	Не менее 1,9
Коэффициент водостойкости	0,88	0,93	0,92	Не менее 0,7	
Коэффициент длительной водостойкости	0,76	0,72	0,78	Не менее 0,6	
Средняя плотность образцов-кernов, кг/м <sup>3</sup>	–	1860	–	Не нормировано	
Водопоглощение образцов-кernов, %	–	7,35	–	Не более 9	
Коэффициент уплотнения в покрытии	–	0,98	–	Не менее 0,98	

ляло 15–20 м, а на участках покрытий из асфальтобетона с плотными заполнителями – 8–10 м.

В 1999 г. ГП «Омскавтодор» с участием СибАДИ осуществило опытно-производственные работы при реконструкции участка автомобильной дороги II технической категории Омск – Тюмень с нижним слоем покрытия из дорзитоасфальтобетона на полосе уширения проезжей части. Кроме того, в том же году было выпущено около 3000 т пористых дорзитоасфальтобетонных смесей для ремонта автомобильной дороги Омск – Новосибирск.

Дорзит выпускали по разработкам СибАДИ в керамзитовом цехе Омского комбината строительных материалов. В 2002–2003 гг. пористые дорзитоасфальтобетонные смеси были использованы при строительстве нижних слоев покрытий на автомобильных дорогах Омской области.

В табл. 4 приведены свойства пористых дорзитоасфальтобетонов, изготовленных из смесей состава, мас. %: дорзит фракции 5–20 мм – 39,6; песок природный – 45,3; минеральный порошок активированный – 9,4; битум БНД 90/130 – 5,7. Составы дорзитоасфальтобетонных смесей разрабатывали по методу СибАДИ [7].

Такие смеси укладывали в покрытие при 135–140°С и уплотняли при 120–130°С гладковальцовыми легким и средним катками. После уплотнения наблюдалось некоторое дробление зерен дорзита. Однако определение зерновых составов смесей после экстрагирования битума из kernов показало, что модуль дробимости дорзита составлял 0,49–0,55, что соответствовало нормативным требованиям.

При обследовании опытных участков дорог установлены высокие морозозащитные свойства асфальтобетона на пористом заполнителе. На всех участках дорог с нижним слоем покрытия из дорзитоасфальтобетона наблюдалось меньшее количество неровностей и трещин, связанных с сезонным промерзанием грунтов земляного полотна.

Следовательно, дорзитоасфальтобетон в дорожной одежде совмещает функции конструктивного и теплоизоляционного слоя, что улучшает водно-мерзлотный режим работы конструкций в суровых климатических условиях [4].

Опытно-производственные работы показали [1], что снижение плотности дорзитоасфальтобетонных смесей позволяет повысить массу замеса и соответственно увеличить производительность асфальтосмесителей, увеличить объем перевозимой смеси в автосамосвале, замедлить ее остывание и тем самым сохранить подвижность, удобоукладываемость и уплотняемость на более длительное время.

Разработанная в СибАДИ технология приготовления асфальтобетонных смесей на пористых заполнителях принципиально отличается от традиционной порядком введения компонентов в смесь [7, 8]. При этом асфальтобетонные смеси не требуют повышенного расхода битума, имеют достаточно высокую прочность, водо- и морозостойкость. В их составе могут быть использованы мелкие и очень мелкие природные пески.

Таким образом, применение дорзита и щебня из туфа в качестве крупных заполнителей в асфальтобетонных смесях позволяет увеличить срок эксплуатации дорог в суровых климатических условиях, использовать местное сырье для дорожного строительства.

Список литературы

1. Губач Л.С., Галдина В.Д., Пономарева С.Г. Дорожные покрытия из керамзитасфальтобетона // Автомобильные дороги. 1980. № 6. С. 9–10.
2. Литвинова Т.В., Надькто Г.И., Соколов Ю.В. Морозостойкость дорзитоасфальтобетона/ Технология бетонов для условий Сибири: Сб. науч. тр. Омск: ОмПИ, 1986. С. 65–67.
3. Погребинский Г.М., Соколов Ю.В., Пономарева С.Г. Керамзит как заполнитель для асфальтобетонов / Повышение качества пористых заполнителей: Сб. науч. тр. М.: ВНИИСТРОМ, 1984. С. 92–99.
4. Проконец В.С., Поморова Л.В. Способы повышения срока службы асфальтобетонных покрытий / Сб. статей и докладов ежегодной научной сессии «Ассоциация исследователей асфальтобетона». М.: МАДИ (ГТУ), 2007. С. 52–58.
5. Сухоруков Ю.М. Пористые каменные дорожно-строительные материалы. М.: Транспорт, 1984. 143 с.
6. Борисенко Ю.Г., Борисенко О.А. Использование керамзитовой пыли в составе легких бетонов // Строит. материалы. 2007. № 9. С. 48–49.
7. Соколов Ю.В. Оптимизация состава асфальтобетона с использованием закономерностей его структурообразования. Исследование цементных бетонов и пластбетонов / Сб. науч. тр. Омск: ОмПИ, 1988. С. 9–19.
8. Соколов Ю.В., Литвинова Т.В. Взаимосвязь объемных концентраций зерен керамзита и песка в их смесях. Исследование цементных бетонов и пластбетонов / Сб. науч. тр. Омск: ОмПИ, 1988. С. 25–29.
9. Пономарева С.Г. Способ определения меры хрупкости строительных материалов / Информ. листок № 27–87. Омск: Омский ЦНТИ, 1987. 3 с.



**2-5 ФЕВРАЛЯ 2010**

- Окна. Стекло. Фасады  
Windows, Glass & Facades
- Деревянная обработка  
Woodworking
- Инструменты и крепеж  
Hardware & Tools
- Ворота и автоматика  
Gates & Automation
- Строительные материалы и оборудование  
Building Materials & Equipment



ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ

- СТРОИТЕЛЬНАЯ ОРБИТА
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ XXI ВЕК
- ПРОФИЛЬ
- КРОВЛИ
- СТРОИТЕЛЬСТВО
- Стройка группа газет
- OKNA.BZ
- ПРАКТИКА
- tybet.ru

ОДОБРЕНО 

# СТРОЙСИБ

# STROISIB

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

**16-19 ФЕВРАЛЯ 2010**

- Интерьер. Отделка  
SibInteriors
- Натуральный и искусственный камень  
StonexSiberia
- Системы автоматизации зданий  
Building Automation Systems
- Инженерное оборудование  
Plumbing & Heat\*Vent
- Керамика. Сантехника  
CersanexSiberia
- Электрика  
Build Electric



ITE СИБИРСКАЯ ЯРМАКА. Россия, 630049, Новосибирск, Красный пр-т, 220/10  
Тел.: (383) 363-00-63, 363-00-36; факс: (383) 220-97-47. [www.stroisib.com](http://www.stroisib.com)

ВЫСТАВКИ

**MVK**

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

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



**18-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НЕДЕЛЯ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА «СТРОЙТЕХ»**

**ВЫСТАВКИ:**

- СТРОЙТЕХ**  
Салон ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
- Салон СТРОИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНАЯ ТЕХНИКА
- Салон ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
- Салон СЕЙСМОБЕЗОПАСНЫЕ, БЫСТРОВЗВОДИМЫЕ И МОБИЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ
- Салон ИНЖЕНЕРНЫЕ КОММУНИКАЦИИ
- Салон МАЛОЭТАЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
- RFI (Кровля и изоляция)**  
Салон ФАСАДНЫЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
- BETONEX (Цемент, бетон)**  
Салон АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН
- WALLDECO (Декор стен и потолков / отделочные материалы)**

Базовая выставка строительной отрасли  
Базовые выставки строительных комплексов стран СНГ

**2-5 февраля 2010 | КВЦ «Сокольники»**  
Пав. 3, 4, 4.1, 17

**ДИРЕКЦИЯ ВЫСТАВКИ:**  
Тел./факс: (495) 925-34-97  
E-mail: [stroy@mvk.ru](mailto:stroy@mvk.ru)

**ОРГАНИЗАТОР:**  
ЗАО «Международная Выставочная Компания»

**ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:**  
Союза производителей цемента «Союзцемент»,  
Национальной Ассоциации автоклавного газобетона,  
Ассоциации «Железобетон»,  
Союза производителей бетона,  
Национальной Ассоциации производителей стальных гнутых профилей,  
Ассоциации производителей трубопроводов с ППУ-изоляцией,  
Ассоциации «Рособои»

**ПОД ПАТРОНАТОМ:**  
Министерства экономического развития Российской Федерации,  
Торгово-промышленной палаты РФ,  
Московской Торгово-промышленной палаты,  
Правительства Москвы,  
Московского Государственного строительного университета (МГСУ)

**ГЕНЕРАЛЬНЫЙ МЕДИАПАРТНЕР:**  


**ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ:**  
  

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРТ ЛОГИ**

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ЗАО «МВК»: МВК СЕВЕРО-ЗАПАД: +7 (812) 332-15-24, +7 (812) 332-14-89, МВК УРАЛ: +7 (343) 371-24-76, МВК ВОЛГА: +7 (843) 291-75-89, МВК СИБИРЬ: +7 (383) 201-13-68, МВК ЮГ: +7 (863) 250-19-06



## К 100-летию со дня рождения Игоря Александровича Рыбьева

Игорь Александрович Рыбьев известен как автор открытия закона створа, автор многочисленных учебных пособий по строительным материалам, из которых особо следует выделить «Строительное материаловедение». Талантливый человек и ученый всегда поражал своей мудростью, дипломатичностью, толерантностью, великолепной памятью, необычайной целеустремленностью и работоспособностью, выдержкой, стойкостью в трудные моменты жизни.

И.А. Рыбьев родился 3 декабря 1909 г. в г. Лысково Горьковской области. С 1926 г. по 1930 г. он учащийся Горьковского индустриального техникума. На старших курсах обучение совмещал с преподаванием в техникуме (рис. 1) и работой в должности начальника рационализаторского бюро в Крайдортрансе. В 1936 г. окончил Московский автомобильный институт, а затем аспирантуру. В 1941 г. защитил кандидатскую диссертацию и был направлен в Сибирский автомобильный институт, где проработал пять лет в должности зам. директора по учебно-научной работе и зав. кафедрой строительных материалов. На протяжении последующих 58 лет Игорь Александрович заведовал кафедрой строительных материалов (строительного материаловедения) ВЗИСИ-МИКХиС, иногда совмещая эту должность с другой работой – начальником отдела Министерства высшего образования (рис. 2), декан ВЗИСИ и др.

В 50-х годах прошлого века, работая по совместительству в СоюзДорНИИ и НИИ-Мосстрое, И.А. Рыбьев выполнил исследования, которые позволили улучшить ка-

чество асфальтового бетона, что было актуально в связи с широким строительством асфальтобетонных дорог в Москве. Эта работа легла в основу докторской диссертации, которую Игорь Александрович успешно защитил в 1958 г. Его консультант, крупнейший специалист по легким бетонам профессор Н.А. Попов отмечал, что автор «свою диссертацию представил намного шире, написав не только технологии асфальтового бетона». Суть вопроса состояла в том, что в работе асфальтовый бетон был представлен своеобразной моделью большой группы искусственных строительных конгломератов (ИСК), подчиняющихся определенным закономерностям при оптимальных структурах (И.А. Рыбьев. «Закономерности в структурно-механических свойствах асфальтового бетона»: Сб. трудов ВЗИСИ. 1957 г.). Это стало началом создания теории ИСК и формулирования ее основных законов.

По теории И.А. Рыбьева искусственные строительные конгломераты (ИСК) – это стройматериалы, изготовляемые из вяжущего (связующего) вещества и наполнителя (наполнителей) разнообразной формы и размеров минерального или органического происхождения (порошкообразных, волокнистых, зернистых и др.). Он предложил обобщенную научно обоснованную классификацию ИСК двух типов – обжиговых и безобжиговых и показал, сколь значительно различие между ними.

В дальнейшем с учетом зарождающейся теории ИСК, Игорем Александровичем и его учениками были проведены многочис-

ленные эксперименты и научные исследования различных строительных материалов. Их результаты систематизированы И.А. Рыбьевым и легли в основу книги «Строительные материалы на основе вяжущих веществ», вышедшей в свет в 1978 г. В этой книге введено понятие оптимальной структуры материала и трех законов, которым он подчиняется, – прочности, конгруэнтности и створа.

В период 1970–1990 гг. на кафедре постоянно действовал семинар молодых ученых защитивших диссертации. Работа этого семинара приносила большую пользу при обсуждении новых подготовленных диссертаций с соответствующим доброжелательным критическим анализом (рис. 3). Постепенно сформировалась научная школа из 63 подготовленных Игорем Александровичем кандидатов и, при его консультации, 12 докторов технических наук по разным направлениям строительного материаловедения. Следует отметить, что среди аспирантов 24 человека были из Москвы, остальные из Бреста, Ташкента, Нижнего Новгорода, Казани, Омска, Саратова, Владимира, Самары, Джамбула, Южно-Сахалинска, Еревана, Новосибирска, Барнаула, Тбилиси, Ферганы, Алматы, Калуги, Киева, Самарканда, Вильнюса, Караганды.

В 1978 г. в «Вестнике высшей школы» была опубликована статья заслуженных деятелей науки и техники РФ, профессор П.И. Боженова и А.В. Нехорошева «Новая дисциплина для будущих строителей» с рекомендацией включения ее в учебные планы института. Новая дисциплина «Теория ИСК» была внесена в учебные планы и изучалась студентами свыше 20 лет в МИКХиС и ряде вузов Владимира, Нижнего Новгорода. В 1980 г. И.А. Рыбьеву был вручен диплом о премии Минвуза СССР и ЦК профсоюзов за лучшую научную работу «Разработка теории ИСК и ее практическое применение».

Не обошлось и без критической оценки теории ИСК со стороны некоторых ученых. Но И.А. Рыбьев продолжил работу над совершенствованием своей теории, получая моральную поддержку своих сторонников. Задолго до официального признания закона створа профессор кафедры Б.Д. Коровников, автор популярного учебного пособия «Строительные материалы», полусуто продекламировал сочиненные им простые по форме, но глубокие по содержанию стихи:



Рис. 1. Игорь Александрович Рыбьев среди преподавателей техникума. 1930 г.



Рис. 2. Пленум НТС Минвуза по строительству и архитектуре. 1981 г.

*Вот если есть конгломерат искусственный строительный  
Или любой его собрат, пусть самый удивительный,  
И если эти ИСК (вот мысль оригинальная)  
Имеют жесткую пуская структуру оптимальную,  
То показатели их свойств возьмем благоприятные,  
Чтоб не доставить беспокойств, известные, понятные.  
Так эти свойства на прямой, и здесь не надо спорить,  
Лежат на линии одной, находятся все в створе.  
Вот сущность и опора открытого закона створа.*

Большим событием в жизни Игоря Александровича было официальное при-

знание его научного направления. Накануне 90-летия И.А. Рыбьеву был выдан диплом № 105 на научное открытие «неизвестной ранее закономерности соответствия физических свойств и структуры твердого и твердообразного (упруговязкопластичного) материала, выражающейся в том, что комплекс экстремальных значений главных физических свойств твердого и твердообразного (упруговязкопластичного) материала соответствует их оптимальной структуре, характеризующейся равно-

мерным расположением дискретных частиц и непрерывностью пространственной сетки связующего вещества при минимальных толщинах его пленочного распределения (закон створа)». Эта формула открытия была скреплена приоритетом открытия по дате подписания к печати статьи Игоря Александровича «Закономерности в структурномеханических свойствах асфальтового бетона» 10 ноября 1957 г. В соответствии с уставом Международная ассоциация авторов научных открытий вы-



Рис. 4. Диплом об открытии закона створа. 1998 г.



Рис. 3. Группа участников семинара по ИСК в Бресте. 1979 г.



Рис. 5. 3 декабря 2001 г. В день 92-летия получен сигнальный экземпляр книги «Строительное материаловедение»



Рис. 6. На кафедре дорожно-строительных материалов СибАДИ. 2000 г.

дала автору диплом (рис. 4) и наградила памятной медалью Академии «Автор научного открытия».

Значительное место в творчестве Игоря Александровича занимала работа над учебными пособиями. Первое учебное пособие по битумам и дегтям, а также лекции по проблеме «Современное состояние науки и производства по строительным материалам» были переведены на китайский язык и изданы в Китае, куда И.А. Рыбьев был направлен на следующий день после защиты докторской диссертации для занятий с преподавателями вузов. После возвращения из Китая Игорь Александрович переработал свою диссертацию в учебное пособие «Асфальтовые бетоны».

В 1987 г. вышло в свет учебное пособие «Общий курс строительных материалов», подготовленное к изданию Игорем Александровичем и доцентским составом кафедры. В этом учебном пособии впервые выделена теоретическая часть, относящаяся к совокупности всех материалов и изделий. Во второй части рассмотрены конкретные строительные материалы с отражением влияния общих закономерностей. Рукопись подвергалась предварительному анализу многих вузов – МИСИ, ВЗПИ, ЛИСИ, Саратовского, Таллинского

политехнических институтов, Киевского, Томского инженерно-строительных институтов, Ленинградского института железнодорожного транспорта. Ценные замечания и советы способствовали улучшению содержания книги.

В 1997 г. Игорь Александрович предложил сотрудникам кафедры принять участие в написании нового учебного пособия «История строительного материаловедения и развитие технологий строительных материалов». Год спустя пособие было издано, а в учебные планы института внесена еще одна новая дисциплина – «История строительного материаловедения».

Значимым итогом научной и творческой деятельности Игоря Александровича стал выход в свет в 2002 г. новой книги «Строительное материаловедение». Впервые в ней изложена фундаментальная наука в полном объеме ее развития на современном этапе. В ней представлены два главных раздела – теория и практика. Представлен и третий компонент науки – мировоззренческие основы. Примечательно, что 3 декабря 2001 г. из редакции принесли сигнальный экземпляр книги (рис. 5). Это было самым дорогим подарком для Игоря Александровича к 92-й годовщине со дня рождения. В 2006 г., уже после кончины Игоря Александровича вы-

шли в свет еще два учебных пособия – «Основы строительного материаловедения в лекционном изложении» и «Материаловедение в строительстве». Последнее написано в соавторстве с сотрудниками кафедры.

Помимо семи крупных учебных пособий И.А. Рыбьев подготовил ряд статей для «Строительной энциклопедии», написал множество статей в научных журналах и вестниках. Общее количество опубликованных работ составляет 517.

Несмотря на преклонный возраст, до 2004 г. И.А. Рыбьев продолжал активную учебную и творческую деятельность. Он читал лекции так живо, артистично и научно обоснованно, что в перерывах участники конференций подходили к нему со словами восхищения. Доклады проходили не только в Москве, но и в других городах – в Омске (рис. 6), Белгороде, Нижнем Новгороде, Владимире. Лекции и выступления Игоря Александровича нередко сопровождались стихами, которые органично вписывались в заданную тему и придавали ей особую выразительность. Он любил и знал поэзию, прекрасно декламировал стихи.

Решением ученых советов МИКХиС, СибАДИ, БГТУ им. В.Г. Шухова И.А. Рыбьеву было присвоено звание почетного профессора. В 1993 г. Игорь Александрович избран действительным членом Жилищно-коммунальной академии, в 2002 г. он стал почетным академиком РААСН. Об И.А. Рыбьеве как ученом очень кратко, но емко написал в своем представлении академик С.Н. Булгаков: «С полной убежденностью в исключительном научном даровании и ценности научного вклада в становление и развитие отечественной науки по материаловедению и чрезвычайно результативной 63-летней педагогической работе рекомендую принять доктора технических наук, профессора Рыбьева Игоря Александровича в почетные члены Российской академии архитектуры и строительных наук».

Игорь Александрович Рыбьев был добродушным человеком, по-отечески относился к аспирантам, студентам, преподавателям и другим сотрудникам института, пользовался большим авторитетом и уважением коллег. **Ученики и коллеги всегда будут хранить о нем теплые воспоминания. Благодаря научным работам, учебникам и монографиям имя Игоря Александровича Рыбьева останется в истории отечественной науки.**



Игорь Александрович Рыбьев. 2001 г.

*Благодарные ученики*

М.А. НУРИЕВ, инженер, А.В. МУРАФА, канд. техн. наук,  
Д.Б. МАКАРОВ, канд. техн. наук, В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук,  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

## Дорожные покрытия из холодного асфальтобетона на анионоактивных битумных эмульсиях

Ежегодно для строительства новых и ремонта существующих покрытий дорог потребляется огромный объем материалов, ведущее место среди которых пока занимают асфальтобетоны на битумных вяжущих. Классическая технология устройства покрытий из горячих асфальтобетонных смесей (АБС) энергоемка, экологически неблагоприятна. Применение битумных эмульсий (БЭ) является наиболее перспективным и развиваемым направлением, поскольку позволяет сократить расход органических вяжущих, сэкономить энергозатраты за счет применения холодных смесей, продлить дорожно-строительный сезон, смачивать любую поверхность в холодном состоянии, наносить минимальный вред окружающей среде, сократить срок обработки дорожного полотна.

На кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета проведена работа по оценке возможности применения анионоактивных битумных эмульсий для производства холодного асфальтобетона\*.

Для получения битумных эмульсий к эмульгаторам предъявляются особые требования, поскольку они во многом определяют структуру и свойства эмульсии. Основное назначение эмульгатора состоит в снижении поверхностного натяжения на границе раздела между битумной и водной фазами и образовании защитной оболочки отдельных битумных частиц. Кроме того, эмульгатор должен быть экономически выгодным и технологичным в работе.

Исходя из экологических и экономических соображений для получения БЭ эффективнее использовать анионоактивные эмульгаторы. Для этой цели использовали побочные продукты и отходы местной химической

промышленности, в частности отходы переработки хлопкового масла (ОПХМ) и промышленные отходы переработки сахарной свеклы, представляющие собой фильтрационный осадок – дефекаг (ДФ).

Задача исследования – изучение эмульгирующих способностей ДФ, который является на данное время крупнотоннажным продуктом, не имеющим применения. Для этого использовали методы: ИК-спектроскопии для изучения структуры эмульгатора, метод Дю-Нуи для исследования поверхностного натяжения.

Сравнение коллоидно-химических характеристик ДФ с известным эмульгатором анионоактивного типа ОПХМ позволяет оценить эффективность исследуемого эмульгатора.

С помощью метода ИК-спектроскопии проведена оценка группового состава исследуемого ПАВ-эмульгатора. Анализ ИК-спектра ДФ позволил выявить, что данное вещество состоит из органических соединений карбоновых кислот либо их солей, сапонина и карбоната кальция  $CaCO_3$  с примесью силикатов кальция, магния и алюминия. Данные этого анализа свидетельствуют о возможности проявления у ДФ эмульгирующих свойств.

Определяющим свойством ПАВ при создании тонкодисперсных битумных эмульсий является способность к снижению поверхностного натяжения на границе раздела битум-вода. Были построены изотермы поверхностного натяжения на границе раздела водный раствор – воздух методом Дю-Нуи, основанным на измерении силы, необходимой для отрыва кольца от поверхности (рис.1).

На рисунке приведены сравнительные данные исследования ДФ и ОПХМ. Как видно, ДФ снижает значение поверхностного натяжения с повышением концентрации ПАВ, но в меньшей степени, чем ОПХМ.

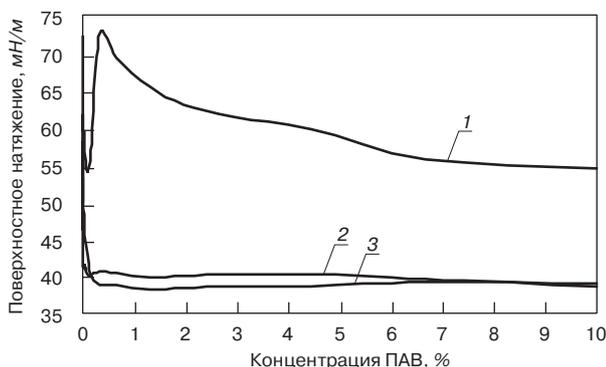


Рис. 1. Изотермы поверхностного натяжения водных растворов эмульгаторов: 1 – ДФ; 2 – ОПХМ; 3 – ДФ:ОПХМ при соотношении 3:2

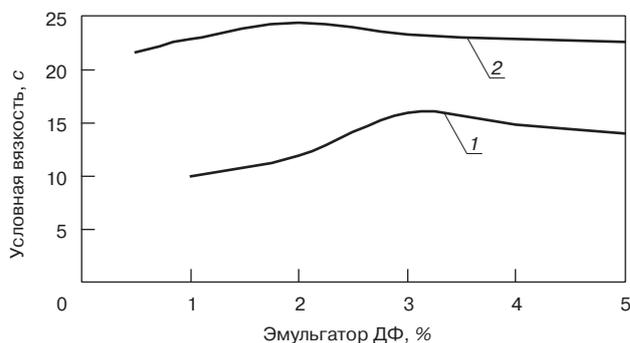


Рис. 2. Зависимость условной вязкости битумных эмульсий от концентрации и типа эмульгатора: 1 – БЭ на ДФ:ОПХМ; 2 – БЭ на ОПХМ

\* Работа выполняется при финансовой поддержке ООО «Инстрой» (Москва).

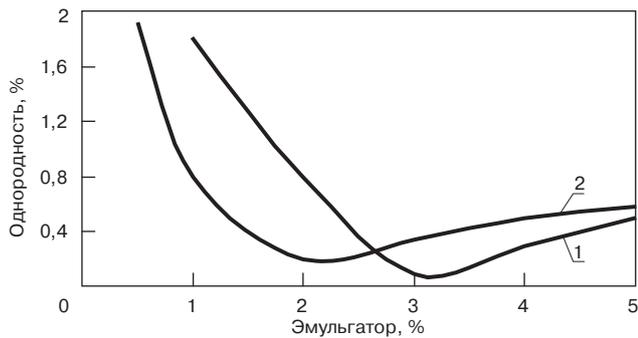


Рис. 3. Зависимость однородности битумных эмульсий от концентрации эмульгатора через 1 сут: 1 – БЭ на ДФ:ОПХМ; 2 – БЭ на ОПХМ

Из основ физической химии поверхностных явлений в растворах известно, что поверхностное натяжение бинарных систем не подчиняется правилу аддитивности. В таких системах оно ниже, чем у каждого компонента в отдельности. Это дает основание предположить возможность синергизма в эмульгирующем действии смеси двух ПАВ.

Была предпринята попытка изучения изменения поверхностного натяжения при использовании смешанного эмульгатора ДФ и ОПХМ в различных соотношениях (1:3; 2:3; 1:1; 3:2; 3:1).

Установлено, что при соотношении ДФ:ОПХМ=3:2 смешанной эмульгатор обладает меньшим поверхностным натяжением, то есть лучшими характеристиками поверхности натяжения, чем ОПХМ, что указывает на наличие эффекта синергизма между компонентами смеси (рис. 1).

В данной работе в процессе приготовления БЭ по комбинированной технологии в битум вводили 2% ОПХМ, а концентрацию ДФ в водном растворе NaOH варьировали в интервале 1–5% с целью подтверждения найденного оптимального соотношения ДФ:ОПХМ с проверкой его влияния на свойства БЭ.

На рис. 2 представлена зависимость условной вязкости битумных эмульсий от концентрации ДФ. Как

Таблица 1

Плоскостные характеристики		
Средний размер частиц	1,817287475	
Коэффициент вариации	0,452728948	
Дисперсия	0,676898882	
Коэффициент увеличения	0,018691588	
Гистограмма для темной фазы		
Интервал (мкм)	Количество частиц в интервале	Процентное содержание частиц
0–0,872 (1)	9666	79
0,872–1,745 (2)	1555	12,7
1,745–2,618 (3)	723	5,9
2,618–3,491 (4)	179	1,5
3,491–4,364 (5)	58	0,47
4,364–5,237 (6)	17	0,14
5,237–6,11 (7)	28	0,23
6,11–6,983 (8)	1	0,008
6,983–7,856 (9)	1	0,008
7,856–8,728 (10)	2	0,016

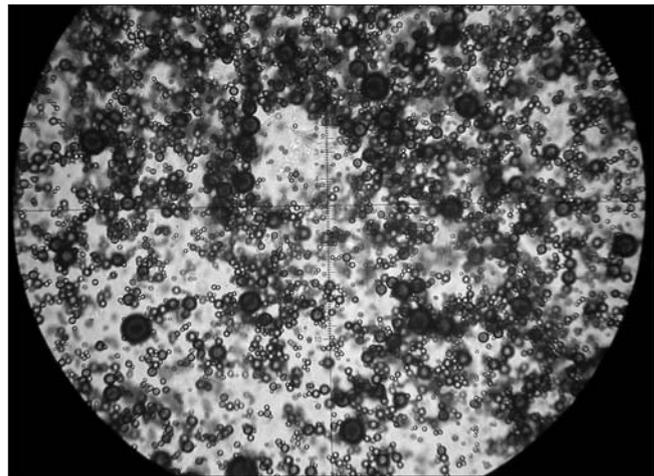


Рис. 4. Битумная эмульсия с ДФ:ОПХМ при соотношении 3:2

видно, условная вязкость БЭ на ОПХМ выше, чем на смешанном эмульгаторе (с небольшим повышением вязкости при 2%). Условная вязкость эмульсий на смешанном эмульгаторе с ростом содержания ДФ изменяется с максимумом при выявленном оптимальном соотношении ДФ:ОПХМ.

Кривые изменения однородности БЭ (рис. 3) носят экстремальный характер и в обоих случаях с минимумами при соотношении ДФ:ОПХМ=3:2 и при 2% содержании ОПХМ в БЭ. При этом величина однородности БЭ на смешанном эмульгаторе в 2 раза меньше, чем на индивидуальном ОПХМ, что свидетельствует о большей дисперсности эмульсии на смешанном эмульгаторе.

Зависимость устойчивости эмульсий от концентрации ПАВ по истечении 7 и 30 сут имеет также экстремальный характер с минимумами при тех же концентрациях эмульгаторов, что и в случае однородности. Абсолютные значения устойчивости на смешанном эмульгаторе при этом также в 2 раза ниже, чем на индивидуальном, что свидетельствует о большей устойчивости БЭ.

Таким образом, при оптимальном соотношении ДФ и ОПХМ в смешанном эмульгаторе (3:2) соответственно наблюдается более высокая однородность и устойчивость эмульсии, чем на индивидуальном ОПХМ.

Для определения размеров и распределения частиц исследуемой БЭ на смешанном эмульгаторе с оптимальным соотношением был применен один из основных методов изучения структуры и свойств БЭ – оптическая микроскопия. Для более полной и точной обработки ре-

Таблица 2

Свойства	БЭ	Битумно-латексная эмульсия	ГОСТ 52128–2003
Массовая доля битума, %	55	55	50–65
Условная вязкость эмульсии при 20°C, с	28	22	10–40
Однородность на сите № 0,14, %	0,3	0,4	<0,6
Устойчивость при хранении, %, через:			
7 сут	0,4	0,4	<0,8
30 сут	0,5	0,5	<1,2
Устойчивость при транспортировке, %	устойчива	устойчива	устойчива
Сцепление пленки вяжущего с минеральным материалом, балл	4	5	>4

Таблица 3

Состав	Влажность, %		Набуха- ние, %	Пределы прочности при сжатии, МПа				Коэффициент водостойкости	
	W	W <sub>д</sub> *		R <sub>0</sub>	R <sub>20</sub>	R <sub>20</sub> <sup>B</sup>	R <sub>50</sub>	K <sup>B</sup>	K <sub>д</sub> <sup>B</sup> *
Мин. часть – 100% Битумная эмульсия – 10%	2,4	4,1	0,6	3,6	2,2	1,85	0,8	0,85	0,8
Мин. часть – 100% Битумно-латексная 10% эмульсия, %:									
СКС65-ГП – 2,5	2,2	3,8	0,3	3,25	2,3	2,02	1	0,87	0,82
СКС65-ГП – 5	2,1	3,6	0,2	2,95	2,4	2,2	1,2	0,91	0,85
СКС65-ГП – 7,5	2,1	3,5	0,1	2,85	2,47	2,3	1,3	0,93	0,87
СКС65-ГП – 10	2	3,5	0,1	2,7	2,6	2,4	1,36	0,93	0,88
ГОСТ 9128 - 97 для холодного АБ	5–9	–	–	–	1,5	1,2	–	>0,8	–
ГОСТ 9128 - 97 для горячего АБ	2–5	–	–	<12	>2,2	–	>1	>0,85	>0,75

\* Д – длительная.

зультатов использована программа автоматического анализа структуры материалов «Система компьютерной обработки изображений (КОИ)». Программа позволяет максимально быстро и точно произвести расчет плоскостных и пространственных характеристик структуры для темной или светлой фаз материала по среднему размеру частиц, коэффициенту вариации, дисперсии.

Для изучения названных параметров предложено использовать разбавленную БЭ пятикратным водным раствором эмульгатора, поскольку он не оказывает существенного влияния на размеры частиц БЭ. В заранее приготовленную БЭ вводится водный раствор эмульгатора до достижения дисперсной фазы эмульсии 10%. Это позволяет получить четкое изображение битумных частиц без наложения их друг на друга и произвести необходимый анализ (рис. 4).

Как видно из рис. 4, исследуемая эмульсия является монодисперсной системой, то есть состоит из капелек практически одинакового размера. При установленной оптимальной концентрации смесового эмульгатора наблюдается более высокая степень структурированности изучаемой эмульсии, выраженная в равномерном распределении частиц по всему объему от 0,1 до 1,7 мкм, что свидетельствует о седиментационной и агрегативной устойчивости эмульсии.

В табл. 1 приведены характеристики структуры темной фазы.

На разработанную БЭ на смесовом эмульгаторе получен патент на изобретение [1].

С целью получения битумно-полимерных композиций, выделенных из эмульсий, которые, как известно, обладают более высокими эксплуатационно-техническими показателями, чем немодифицированный битум, была проведена модификация разработанных анионоактивных БЭ латексом марки СКС65-ГП. Сравнительный анализ свойств битумных и битумно-латексных эмульсий показал, что введение латексов не оказывает существенного влияния на однородность и устойчивость анионоактивных эмульсий, однако при этом снижается условная вязкость и увеличивается адгезия битума к минеральной части (табл.2), что является предпосылкой для создания холодного асфальтобетона. В табл.2 приведены сравнительные характеристики битумных эмульсий.

Была изготовлена асфальтобетонная смесь (АБС) на разработанной БЭ и на БЭ, модифицированной латексом с различным его содержанием: 2,5; 5; 7,5; 10%.

Как видно из табл. 3, изменение прочности при сжатии асфальтобетона при различной температуре (0, 20 и 50°С) зависит от концентрации латекса. При 20°С прочность возросла на 20% (от 2,2 до 2,6 МПа); при

20°С в водонасыщенном состоянии – на 30% (от 1,85 до 2,4 МПа); при 50°С – 70% (от 0,8 до 1,36 МПа). Необходимо также подчеркнуть возрастание коэффициента водостойкости АБС с повышением содержания латекса от 0,85 до 0,93. Этим объясняется близость показателей прочности по абсолютной величине сухих и водонасыщенных образцов. При 0°С введение латекса приводит к снижению прочности асфальтобетона на 30% (от 3,6 до 2,7 МПа). Но при этом по абсолютной величине значения прочности асфальтобетона выше, чем при положительной температуре. Это свидетельствует о наибольшей способности модифицированного асфальтобетона к деформативности. Сравнительные характеристики составов холодного асфальтобетона приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, с повышением температуры интенсивность снижения прочности АБ на битумном вяжущем гораздо выше, чем на битумно-полимерном, что привело к более низким значениям прочности немодифицированного асфальтобетона как при 20, так и при 50°С. Последнее свидетельствует о меньшей температурной чувствительности битумно-полимерного вяжущего, что положительно влияет на эксплуатационно-технические характеристики модифицированного холодного асфальтобетона.

Исходя из анализа проведенных исследований и экономических соображений для практического применения холодного асфальтобетона авторами рекомендуется введение латекса в БЭ в количестве не более 5%. При этом показатели свойств асфальтобетона полностью удовлетворяют и даже превосходят требования ГОСТ 9128–97 не только для холодного, но и для горячего асфальтобетона.

Таким образом, показана эффективность использования разработанных битумных эмульсий и их модификаций латексом в качестве вяжущего для холодного асфальтобетона. Установлено, что введение латекса существенно улучшает технологические и эксплуатационные свойства холодного АБ, который не уступает асфальтобетону, полученному по горячей технологии.

### Литература

1. Пат. № 2353638 РФ, МПК С09D195/00, С04В26/26, С08L95/00. Поверхностно-активное вещество, битумная эмульсия с его использованием и способ ее приготовления / М.А. Нуриев, В.Г. Хозин, А.В. Мурафа, Д.Б. Макаров, № заяв. 2008102031/04. Заявлено 18.01.2008. Оpubл. 27.04.2009. Бюл. № 12. Приоритет изобретения 18.01.2008.

Б.Г. ПЕЧЕНЬ, д-р техн. наук,

Северо-Кавказский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова;

Е.А. ДАНИЛЬЯН, канд. техн. наук (savva@nestu.ru),

Северо-Кавказский государственный технический университет – СевКавГТУ (Ставрополь);

В.Д. ГАЛДИНА, канд. техн. наук, Сибирская автодорожная академия (Омск)

## Влияние режимов приготовления асфальтобетонных смесей на свойства асфальтобетонов

Традиционный технологический процесс производства асфальтобетонной смеси предусматривает предварительный нагрев щебня и песка, горячее грохочение, подачу их через бункеры и дозатор в мешалку с одновременным дозированием и введением холодного минерального порошка, а затем горячего битума, перемешивание до готовности и выгрузку в транспортные средства [1, 2]

Наиболее важный этап рассматриваемого процесса является перемешивание, цель которого равномерное распределение минеральных зерен различной крупности в объеме смеси и обволакивание поверхности каждого минерального зерна битумной пленкой требуемой толщины. При перемешивании асфальтобетонной смеси по традиционной технологии в первую очередь происходит взаимодействие битума с минеральным порошком благодаря их более интенсивному массообмену в смесителе и высокой адсорбционной способности поверхности минерального порошка. При переходе части битума в адсорбционно-связанное с минеральным порошком состояние с образованием так называемого асфальтового вяжущего вязкость его возрастает, что затрудняет покрытие битумом поверхности песка и щебня. Последовательность подачи компонентов смеси в смеситель, продолжительность и температура перемешивания оказывают существенное влияние на интенсивность протекания процесса получения однородной массы.

Показано [1, 2], что тщательное перемешивание минеральных материалов является основной операцией, обеспечивающей равномерное распределение битума

как в объеме смеси, так и на поверхности минеральных компонентов. Увеличение продолжительности перемешивания с 60 до 240 с в смесителе принудительного порционного перемешивания позволило повысить степень однородности смеси и снизить расход битума на 10–15%. При этом на 11°C понижается также температура растрескивания асфальтобетонов [3].

Для сокращения расхода битума и уменьшения времени перемешивания предложено раздельное перемешивание минерального порошка с 3/4 частями требуемого количества битума, перемешивание щебня и песка с 1/4 частью битума и последующим их смешиванием [4].

Также предложена двухступенчатая технология производства асфальтобетонной смеси [5], смысл которой применительно к существующим смесителям принудительного перемешивания порционного действия заключается в первоначальном смешивании минерального порошка с битумом, образовании асфальтового вяжущего с последующим введением в него песка и щебня и перемешивании до готовности. Двухступенчатая технология, предложенная в [5], позволяет управлять процессом перемешивания смеси, замедлять его или ускорять путем введения поверхностно-активных веществ (анионных или катионных) направленного действия в заданной последовательности. Однако для приготовления смеси битума с минеральным порошком необходимо в смеситель подавать минеральный порошок горячим, что является непростой задачей. Эта технология основана на учете различия физико-химических по-

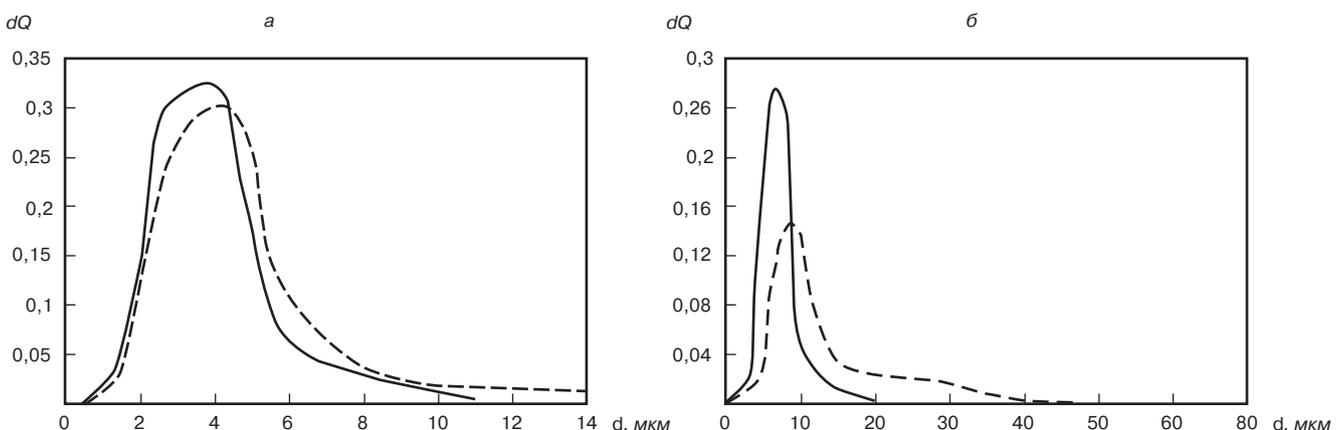


Рис. 1. Дифференциальное распределение  $dQ$  размеров частиц  $d$ : а – негидрофобизированного; б – гидрофобизированного известнякового минерального порошка непрогретого (—) и прогретого при 160 °С (---)

Таблица 1

Тип гранулометрии	Доля частиц размером менее мм, мас. %									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
Б	100	97	80	56,5	46,5	33	24	18,1	12	8,3
Г	100	100	100	97,5	75,5	56	39	26,5	17,5	12

верхностных свойств тонко- и грубодисперсной минеральной части смеси. Тонкодисперсная часть (минеральный порошок) в силу высокой поверхностной активности (удельная поверхность 300–400 м<sup>2</sup>/кг), наполняя битум, переводит его из объемного в ориентированное состояние и образует асфальтовое вяжущее. Грубодисперсная часть (щебень и песок) обладает малой поверхностной активностью (удельная поверхность зерен 0,3–10 м<sup>2</sup>/кг).

Известно [6–8], что между частицами, расположенными в непосредственной близости, действуют силы взаимного притяжения и отталкивания. Показано, что критический размер частиц, начиная с которого молекулярные силы сцепления превышают гравитационные, достаточно велик и достигает нескольких микро-

метров [7]. Частицы, размер которых меньше критического, прилипают друг к другу и образуют пространственную структуру. Частицы, размер которых превышает критический, при взаимодействии друг с другом не могут удерживаться молекулярными силами сцепления и не способны образовать структуру. При перемешивании щебня и песка с минеральным порошком происходит прилипание частиц порошка к поверхности зерен песка и щебня, что препятствует обволакиванию крупных зерен битумом и повышает энергоемкость перемешивания [6, 7].

При подаче холодного минерального порошка в смеситель и контакте его с горячим песком и щебнем происходит быстрое испарение гигроскопической влаги и разрушение комков порошка. Однако после

Таблица 2

Показатели	Схема приготвления смеси	Содержание битума в смеси, %										
		4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	Тип гранулометрии заполнителя			
		Б	Б	Б	Г	Б	Г	Б	Г	Г	Г	
Предел прочности при сжатии, МПа, при: 50°С	I	0,8	1	1	0,8	1,1	0,9	1	1,2	1,2	1	
	II	1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,6	1,1	1,7	1,6	1,5	
	III	1,1	1,4	1,5	1,8	1,4	2	1,3	1,9	1,7	1,6	
20°С	I	2,7	2,8	2,9	2,6	2,9	2,8	2,4	3,1	3,3	3	
	II	2,8	3	3,2	3	3,2	3,1	3,1	3,5	3,2	3	
	III	3	3,3	3,2	3,5	3,1	3,9	2,9	3,7	3,5	3,4	
0°С	I	9,1	9,6	10,4	11,5	10,2	12	10	12,9	13,4	12	
	II	9,9	9,6	10,3	11,3	10	11,8	9,5	12	11,4	11,1	
	III	9	9,5	10	11,2	9,2	11,6	9	11,4	10,8	10,6	
Водонасыщение, об. %	I	6,1	5	4,1	7	3,7	6,5	3,1	6	5,8	5,4	
	II	5,8	4,1	3,6	4,2	3,1	3,7	2,8	3,2	2,9	2,7	
	III	4,8	3,8	3,2	3,4	2,7	2,9	2,4	2,5	2,3	2,1	
Водостойкость	I	0,66	0,78	0,87	0,7	0,88	0,78	0,91	0,87	0,9	0,91	
	II	0,73	0,8	0,89	0,84	0,9	0,88	0,92	0,96	0,95	0,95	
	III	0,78	0,9	0,94	0,9	0,96	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	
Водостойкость при длительном водонасыщении	I	0,59	0,64	0,74	0,66	0,77	0,71	0,79	0,78	0,79	0,8	
	II	0,67	0,76	0,8	0,7	0,83	0,76	0,85	0,81	0,82	0,83	
	III	0,76	0,85	0,85	0,82	0,9	0,88	0,92	0,89	0,88	0,9	

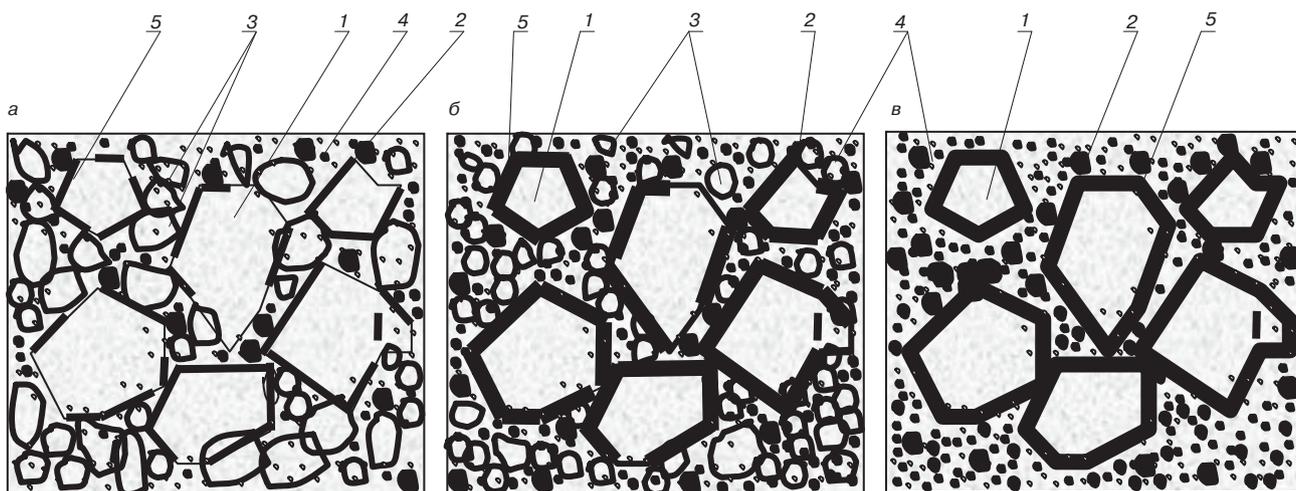


Рис. 2. Структура асфальтобетонов, приготовленных по технологическим схемам (а – I; б – II; в – III): 1 – щебень; 2 – песок; 3 – флоккулы минерального порошка; 4 – частицы минерального порошка; 5 – битумная пленка

удаления с их поверхности гигроскопической влаги возможно слипание частиц. С помощью метода лазерного малоуглового светорассеяния был определен гранулометрический состав известнякового минерального порошка с негидрофобизированной и гидрофобизированной поверхностью. Как следует из графиков на рис. 1, средний диаметр частиц негидрофобизированного минерального порошка несколько меньше, чем у гидрофобизированного. Особенно эта разница велика у образцов, прогретых до 160°C. После прогрета гранулометрический состав негидрофобизированного минерального порошка изменился мало, в то время как у гидрофобизированного появилось больше крупных фракций, чем у непрогретых образцов (рис. 1). Это обусловлено слипанием частиц минерального порошка за счет гидрофобизатора – синтетических жир-

ных кислот, которые при 160°C находятся в жидком состоянии.

Агрегаты минерального порошка при перемешивании по обычной технологии разрушаются не полностью, образуют флоккулы (рис. 2, а). Минеральный порошок лишь частично выполняет свою функцию наполнителя битума, не переводит его в ориентированное состояние, а это вызывает снижение сдвиго- и износостойкости, водо- и морозостойкости асфальтобетона.

Нагрев порошка в статическом режиме сложно осуществить из-за его низкой теплопроводности; при нагреве во взвешенном состоянии появляется проблема пыления и пылеулавливания. При объединении битума с минеральным порошком вязкость этой смеси становится намного выше, чем битума, а это создает проблемы при покрытии такой смесью поверхности песка и щебня (рис. 2, б). Вязкость таких смесей отличается, поскольку содержание минерального порошка различных зерновых составов в них на 1 мас. долю битума может изменяться от 1 до 3. Поэтому объединение асфальтового вяжущего с песком и щебнем усложняется и требует большей продолжительности перемешивания или повышения температуры.

В лабораторном смесителе приготовили смеси по традиционной технологии (I) при следующей последовательности подачи компонентов: щебень + песок → минеральный порошок → битум; по двухступенчатой технологии (II): минеральный порошок → битум, через 15 с перемешивания → щебень + песок; по предложенной технологии (III): щебень + песок → битум, через 15 с перемешивания → минеральный порошок. Перемешивание заканчивали после достижения однородности смеси и полного покрытия поверхности заполнителя битумом, что определяли визуально. Общая продолжительность перемешивания смесей по I схеме составила 60 с; по II схеме: 15 с + 50 с = 65 с; по III схеме: 15 с + 20 с = 35 с. Температура перемешивания по всем трем схемам была 150°C. Смеси готовили на битуме марки БНД 60/90 и заполнителе из дробленого гравия и известнякового гидрофобизированного минерального порошка с гранулометрией по ГОСТ 9128–97 типа Б и Г (табл. 1).

Содержание битума в смесях было: 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5 мас. % сверх 100% минерального заполнителя. Физико-механические показатели свойств асфальтобетонов, приготовленных по трем схемам подачи компонентов и перемешивания асфальтобетонных смесей, представлены в табл. 2. Из приведенных данных следует, что показатели физико-механических свойств наиболее высокие при III схеме, когда предварительно

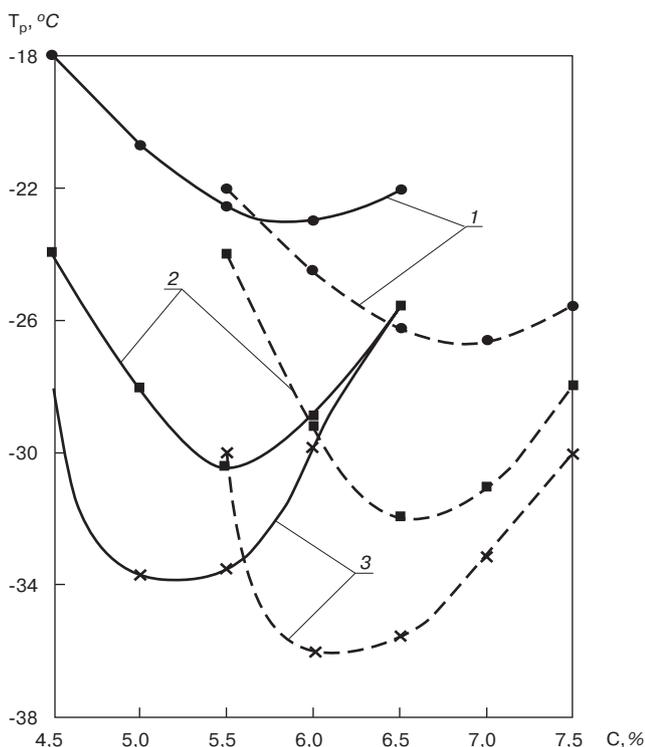


Рис. 3. Зависимость температуры растрескивания асфальтобетона ( $T_p$ ) с гранулометрией типа Б (—) и типа Г (---) от содержания битума (С%), изготовленных по технологическим схемам: 1 – традиционной I; 2 – II; 3 – III

перемешивается щебень и песок с битумом, а затем с минеральным порошком.

При такой схеме подачи компонентов в смеситель обеспечивается быстрое и полное покрытие поверхности зерен щебня и песка битумом, количество которого по отношению к этим компонентам смеси является в этот момент избыточным. При последующей подаче в смеситель минерального порошка он адсорбирует и связывает часть избыточного битума с поверхности щебня и песка. Этот процесс происходит достаточно быстро, поскольку битум уже распределен равномерно в смеси со щебнем и песком, что и выражается снижением почти в 2 раза продолжительности перемешивания смеси. Также отличаются и оптимальные показатели свойств асфальтобетонных образцов изготовленных по III схеме. Они достигаются при меньшем содержании битума в смеси (табл. 2).

Как следует из табл. 2, показатели физико-механических свойств и водостойкости наилучшие у асфальтобетонов, приготовленных по III схеме подачи компонентов в смеситель, что обусловлено равномерным и полным распределением битума на поверхности крупного и мелкого заполнителя (рис. 2, в). В этом случае показатели трещиностойкости асфальтобетонов также выше, что подтверждается результатами определения температуры растрескивания асфальтобетонов  $T_p^a$ . Температуру растрескивания  $T_p^a$  определяли с помощью устройства для измерения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов [9] при охлаждении асфальтобетонного образца со скоростью  $0,2^\circ\text{C}/\text{мин}$ , заземленного по концам, и невозможности его свободного деформирования. Как следует из рис. 3, температура растрескивания асфальтобетонных образцов, приготовленных по III схеме подачи компонентов, на  $6-8^\circ\text{C}$  ниже, чем у образцов, приготовленных по традиционной I схеме, и на  $3-4^\circ\text{C}$

ниже по сравнению с образцами, приготовленными по двухступенчатой схеме II.

Из представленных данных можно сделать вывод: последовательность введения в смеситель компонентов асфальтобетонных смесей оказывает значительное влияние на качество асфальтобетонов, содержание в них битума и сокращает продолжительность перемешивания примерно в два раза.

#### Список литературы

1. *Гезенцевей Л. Б.* Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов. М.: Стройиздат, 1971. 245 с.
2. *Read J., Whiteoak D.* The Shell Bitumen Handbook. Fifth Edition. Tomas Telford Publishing. London, 2003. 460 p.
3. *Печеный Б.Г.* Битумы и битумные композиции. М.: Химия, 1990. 256 с.
4. *Jourdan Klaus.* Verfahren zur Herstellung einer bituminösen Belag masse, insbeson dere für Stabendecken. Pat. FRG 80 B 85/01, (C 08 H 13/00) №1594769. 9.05.74.
5. *Королев И.В.* Пути экономии битума в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1986. 149 с.
6. *Гельфман М.И., Ковалев О.В., Юстратов В.Т.* Коллоидная химия. СПб.: Лань, 2003. 333 с.
7. *Урьев Н.Б.* Высококонцентрированные дисперсные системы. М.: Химия, 1980. 320 с.
8. *Королев И.В., Агеева Е.Н., Головкин В.А., Фоменко Г.Р.* Дорожный теплый асфальтобетон. Киев: Вища школа, 1984. 200 с.
9. *Печеный Б.Г., Скориков С.В., Данильян Е.А.* Устройство для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов. Патент на изобретение 2315962 РФ//Опублик. 27.01.2008. БИ № 3.

## Северо-Кавказский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (г. Минеральные Воды)

- ◆ Производит оценку качества стекломагнезитовых плит
- ◆ Обследует и устанавливает причины коробления деформирования плит
- ◆ Производит подбор составов, оптимальных режимов приготовления горячих асфальтобетонных смесей из материалов заказчика, обеспечивающих значительное повышение качества асфальтобетонов и повышение производительности работы смесителей до 35 %
- ◆ Выполняет работы по подбору состава битумных эмульсий и материалов на их основе, в том числе цветных, с гарантией высокого качества

Для справок:

**E-mail: kurbatov\_bgtu@list.ru, bpavtor@yandex.ru**

**Тел./факс: (8792) 255397**

**Тел.: (8652) 451881**

Реклама

Д.Е. БАРАБАШ, д-р техн. наук, В.В. ЛАЗУКИН, инженер,  
Военный авиационный инженерный университет (Воронеж)

## **Проектирование композиционных строительных материалов на основе модифицированных жидких олигодиенов**

Основной материаловедческой задачей является получение материалов с заданными свойствами. Такая сформулированная задача реализуется посредством химической или физической технологии, которая не сводима только к химии или физике. Можно представить этот тезис схемой: материаловедение → технология → материаловедение. На первом этапе формулируется общая задача получения желаемой структуры, а через нее — свойства материала, который надо получить. На втором задаче решается методами технологии. На третьем результат подвергается проверке, снова физическими и химическими методами, и затем наступает этап использования материала для научных либо технических целей [1].

В отношении самой технологии сформулирован общий принцип: если обозначить через  $I$  количество информации, содержащееся в макромолекулах или более сложных системах, а через  $T$  — общую сумму технологических затрат, потребную для получения желаемого результата (материала, изделия), то выполняется ориентировочное соотношение:  $I \cdot T = const$  [1].

Поскольку информация закладывается в макромолекулы на стадии их синтеза, это соотношение показывает, что химия полимеров может в принципе обеспечить развитие технологий, не требующих затрат энергии, напоминающих процессы, происходящие в биосистемах.

Полимеры как универсальные материалы востребованы во всех отраслях промышленности и медицины. Стремительный рост производства полимеров, включая каучуки, обусловлен возрастающими потребностями современной промышленности в эффективных, долговечных материалах, обладающих рядом уникальных свойств, присущих только указанным материалам и способствующих успешному вытеснению многих традиционных материалов — металлов, керамики, стекла, древесины. [2].

Однако вследствие социально-экономических преобразований, проведенных в 90-х гг. XX в., произошло резкое удорожание и сокращение производства синтетических смол при непрерывном росте потребности в эффективных полимерных материалах во всех отраслях промышленности. Решением указанной проблемы является использование новых видов полимерных связующих, например диеновых олигомеров, принадлежащих к классу жидких каучуков и принципиально отличающихся от применяемых ранее полимеров.

Одним из наиболее эффективных представляется путь создания широкого спектра материалов, в полной мере использующих особенности каучуков. В направлении получения эффективных композиций, отверждающихся холодным способом, проведено множество исследований, тем не менее львиную долю используемых

в настоящее время полимеров составляют традиционные эпоксидные, полиэфирные и карбамидные смолы. Расширяющееся производство олигомеров, находящихся преимущественно в жидкой фазе и потому весьма удобных в технологическом процессе, позволяет решить проблему проектирования эффективных композиций для нужд строительной отрасли.

В число рекомендуемых характеристик для каучуковых связующих входят: заданная вязкость, способность к отверждению в достаточно широком диапазоне температуры, минимальное содержание растворителя или полное его отсутствие, стойкость к воздействию атмосферных и эксплуатационных факторов, гарантированная надежность при длительной эксплуатации. Указанные свойства каучуков непосредственно зависят от их состава и строения.

Проектирование эффективной композиции на основе олигодиенов можно представить в виде последовательности определенных действий, направленных на достижение поставленной цели путем изменения структуры и состава исходного сырья, что определит свойства каучуковых композиций. В свою очередь, образование той или иной структуры сложным образом зависит не только от качественного и количественного состава компонентов, но и от технологии их изготовления. Поэтому установление кинетических зависимостей структурообразования каучуковых композиций и их связь с эксплуатационными характеристиками конечного продукта является важной научно-технологической задачей.

Свойства связующих зависят прежде всего от физико-химических характеристик олигомера, количества и химической природы отвердителя либо отверждающей группы. Кроме того, свойства связующих регулируют введением различных модифицирующих добавок, способных коренным образом изменить базовые характеристики олигодиена. Особая роль в структурообразовании принадлежит наполнителям, частицы которых являются активными центрами роста новообразований. Наиболее важными показателями наполнителей являются дисперсность, характер поверхности, рН, поверхностная энергия (энергия Гиббса). Количество наполнителя или отношение полимер — наполнитель и интенсивность физико-химического взаимодействия связующего и наполнителя определяющим образом влияют на характер структуры композиций. На изменение физико-механических характеристик каучуковых композиций также влияет наличие дисперсного армирования и условия эксплуатации [3].

При проектировании композиций на основе модифицированных олигодиенов следует обращать пристальное внимание и на технологию их получения. Придание специальных характеристик указанным компози-

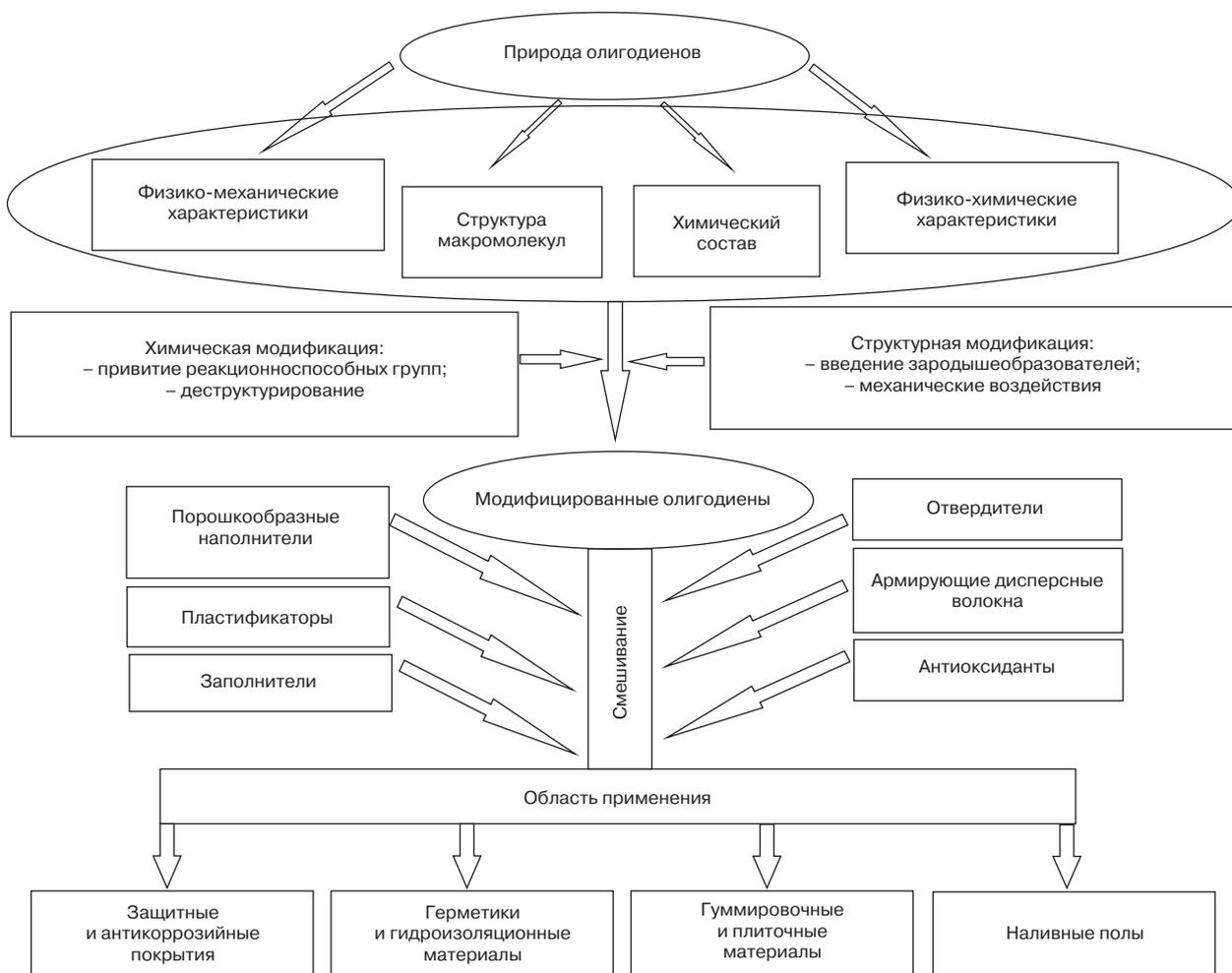


Рис. 1. Принципиальная схема проектирования композиций на основе модифицированных олигодиенов

циям является весьма актуальной материаловедческой проблемой, связанной как со структурными исследованиями каучукового сырья, так и с целенаправленным регулированием синтеза, переработки, а в некоторых случаях и с эксплуатацией изделий на основе олигодиенов. Все указанные выше процессы относятся к структурной или химической модификации исходных олигомеров. Выбор приоритетного способа модификации основывается на экономической целесообразности.

В результате теоретического обобщения и экспериментального подтверждения была создана система выбора компонентов и технологии получения универсальных строительных материалов широкого спектра применения на основе модифицированных олигодиенов, отверждаемых без дополнительных энергетических затрат, и позволяющая определить рациональный путь проектирования композиционных материалов, соотносясь с предполагаемыми условиями эксплуатации. Принципиальная схема проектирования указанных материалов представлена на рис. 1.

В основу разработанной системы положен принцип максимального соответствия природы (генезиса) исходных олигодиенов требуемым свойствам готового материала. Для целенаправленного улучшения исходных свойств связующего проводится химическая модификация привитием определенных реакционноспособных групп. Эпоксидные группы (ЭГ) повышают способность к смешиванию, адгезию к различным подложкам, прочность при растяжении, ударную вязкость; гидро-

ксильные (ГГ) — повышают те же свойства, а также влагостойкость, эластичность; карбоксильные (КГ) дополнительно к указанным свойствам теплостойкость, эластичность, морозостойкость. Выбор вида прививаемых групп основывался предполагаемыми условиями эксплуатации готового изделия. Технология применения композиций разрабатывается с учетом их компонентного состава, заданной вязкости и жизнеспособности.

Основой проектирования являются требования, предъявляемые к композициям также согласно условиям эксплуатации. При выборе жидких олигодиенов из числа имеющихся руководствовались: соответствием базовых характеристик олигодиенов свойствам проектируемого изделия; оптимальным сочетанием параметров цена—качество—доступность, требуемой вязкостью, обеспечивающей использование олигодиена в качестве жидкой фазы композиции; минимальной токсичностью. Вместе с тем возможна ситуация, при которой комплекс физико-химических характеристик базового олигодиена не в полной мере соответствует требованиям эксплуатации. В этом случае оправданна его модификация, если иными путями добиться требуемого результата невозможно. Естественно, что и модифицированный олигодиен должен удовлетворять указанным выше требованиям и затраты на модификацию не должны превышать экономический эффект от его применения.

В целях получения наиболее полных сведений о влиянии физико-химических и структурных характеристик

Таблица 1

Марка олигодиена	Молекулярная масса (Мм)	Вязкость при 25°C, Па·с	Функциональность	Микроструктура, %			
				1,2-винил	1,4-транс	1,4-цис	Циклическая
I группа – малеинизированные олигодиены							
N4-5MA	5500	40	5	–	–	–	–
N4-10MA	8200	75	7,5	–	–	–	–
II группа – олигодиены без функциональных групп							
AL	1000	4	–	40–55	15–25	10–20	15–20
PH	2600	8	–	35–50	30–40	15–25	–
PM4	1500	0,7	–	15–25	40–50	20–30	–
HFN4*	5000	4	–	10–20	50–60	25–35	–
III группа – сополимеры бутадиена							
СКДП-Н	3200	до 16	1,1	15–20	58–62	18–28	–
СКДН-Н	3000	до 12	1	10–20	20–30	50–60	–

\* содержит концевые гидроксильные группы в количестве 0,2 меq OH/g.

исходных олигодиенов на свойства готовых композиций произвели выборку по группам, представленным в табл. 1.

Для проведения модификации в жидкой фазе использовали дивинилстирольный термоэластопласт ДСТ-30Р-01 – блочный сополимер (30% стирола, ТУ 38.40327–90). Вследствие блочной конфигурации этот каучук очень пластичен и однороден по соотношению мономеров.

Потенциальную способность выбранных немодифицированных олигодиенов к сшиванию устанавливали оценкой степени гелеобразования по изменению во времени характеристической вязкости при введении реакционноактивных соединений.

Обобщенные результаты изучения реакционной способности исследуемых каучуков показали, что олигомеры, имеющие сравнительно небольшую молекулярную массу, а следовательно, и вязкость, проявляли меньшую реакционную активность по отношению к некоторым реагентам. Вместе с тем даже в ряду олигомеров с близкими молекулярными массами пленкообразование происходило несоразмерно, что обусловлено различиями их структуры и соотношением звеньев различного типа. Кроме того, малая молекулярная масса

отражала малую протяженность макромолекулы, что обуславливало минимальное количество дефектов ее структуры.

В отсутствие термического воздействия не обеспечивался термофлуктуационный разрыв цепи макромолекул, следовательно, не было и активных радикалов, по которым проходило бы сшивание олигодиена. Установлено, что для бутадиеновых олигомеров именно микроструктура полимерной цепи оказывала решающее влияние на их реакционную способность. Повышение реакционной способности олигомеров применительно для условий холодного отверждения возможно за счет привития реакционноспособных концевых групп.

В этой связи были выделены наиболее общие критерии качества для некоторых классов разрабатываемых полимерных композиций, имеющих ряд общих характеристик и отличий. К ним относятся герметизирующие материалы для аэродромных и дорожных покрытий; ремонтные композиции для указанных покрытий и устройства слоев износа; гидроизолирующие, антикоррозионные и кровельные материалы; композиции для наливных полов. Общими характеристиками являются эластичность (в рамках задан-

Таблица 2

Наименование олигомера	Динамическая вязкость при 25°C, Па·с	Отвердитель*					
		1	2	3	4	5	6
Модифицированный олигомер с гидроксильными группами							
ДСТ-30Р-01	9 с по ВЗ-4 (условная вязкость при 50°C)	+	–	–	–	–	–
Модифицированные олигомеры с карбоксильными группами							
СКДН-Н	14–16	–	–	–	–	–	+
N4-5000-10MA	45–48	–	–	–	–	–	+
AL 1000	8–12	–	–	+	+	–	+
PH 2600	12–16	–	–	+	+	–	+
Модифицированные олигомеры с эпоксигруппами							
СКДП-Н	19–22	+	+	–	–	+	+
N4-В-10MA	82–86	+	+	–	–	+	+
PM4	1,4–1,6	+	+	–	–	+	+

\* 1 – жидкие ПИЦ с массовой долей NCO-групп 30–35% (марки П45–25, ПМ 50–25).  
 2 – триэтилтетрамин (ТЭТА); 3 – ZnO; 4 – Ca(OH)<sub>2</sub>; 5 – комплекс BF<sub>3</sub> + моноэтиламин.  
 6 – олигомер с гидроксильными группами HFN4-5000 вязкостью при 25°C 4–8 Па·с.

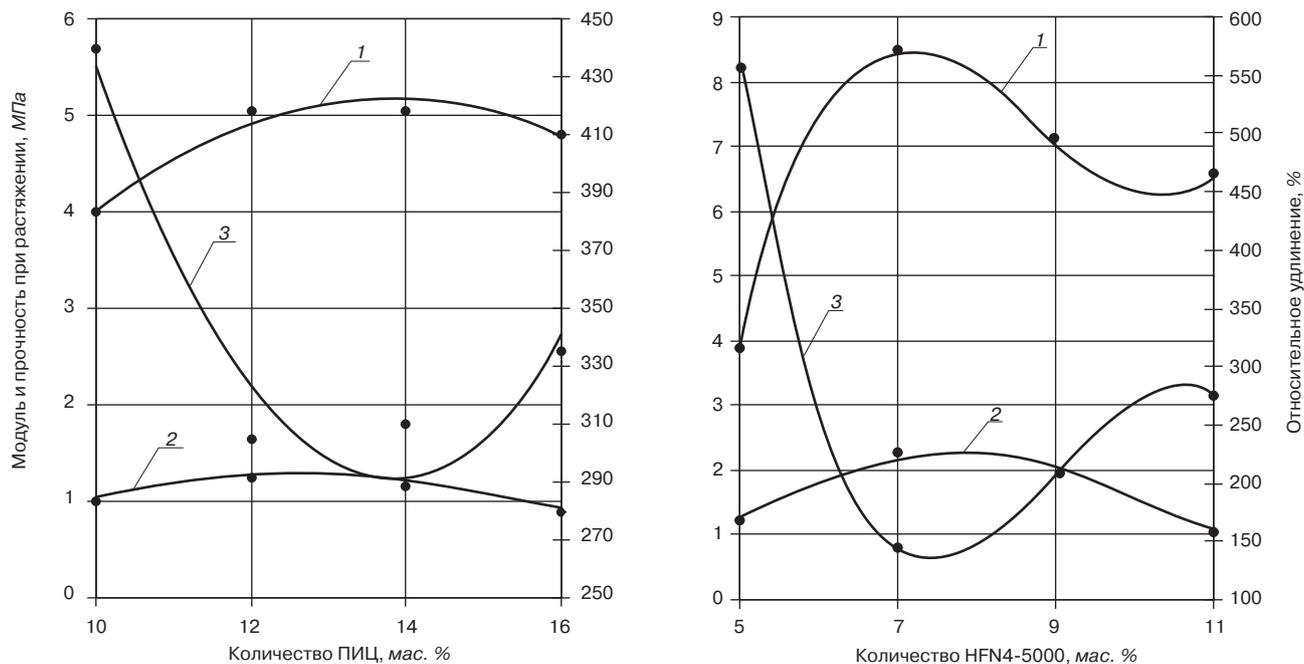


Рис. 2. Зависимость физико-механических характеристик ЭСКДП-Н от вида и количества отвердителей: 1 – прочность при растяжении; 2 – модуль при растяжении на 100%; 3 – относительное удлинение

ной), водостойкость, химстойкость (для агрессивных производств), сохранение эксплуатационных характеристик в течение требуемого времени.

Исследования по разработке и оптимизации композиций на основе олигодиенов проводили на нескольких уровнях:

- исследовали возможность модификации исходных олигодиенов в целях обеспечения максимального соответствия физико-механических характеристик разрабатываемых композитов предполагаемым условиям эксплуатации, затем проводили модификацию наиболее рациональным способом;

- оптимизировали полученное связующее по нескольким наиболее значимым характеристикам.

В целях получения связующих с высокими показателями адгезии провели эпоксицирование сополимера СКДП-Н и олигодиенов 1-й и 2-й групп. На содержание ЭГ оказывали влияние: температура и продолжительность проведения реакции; давление воздуха, подаваемого в реактор. Конечным продуктом реакции являлось содержание ЭГ в полимере в % от общей массы. Регрессионным анализом для олигомеров, различающихся строением и молекулярными массами, получены уравнения, отражающие зависимость содержания ЭГ от параметров проведения реакции.

Для проведения реакций по привитию карбоксильных групп (КГ) выбрали каучуки наименьшей вязкости, поскольку привитие указанных групп сопряжено с резким повышением вязкости олигомеров. Отверждение проводили при помощи ZnO с образованием средних солей, играющих роль сравнительно прочных поперечных связей. Установлено, что увеличение концентрации КГ приводит к снижению эластичности связующих. Одновременно со снижением эластичности наблюдался рост прочности при растяжении и модуля при растяжении на 100%. Это обстоятельство указывало на возможность корректирования физико-механических характеристик готовых композиций путем изменения содержания КГ в каучуке, соотносясь с предполагаемыми условиями эксплуатации композиции.

Жидкое связующее получали деструктурированием исходного термоэластопласта ДСТ-30Р-01. В резуль-

тате был получен модифицированный каучук с условной вязкостью по вискозиметру ВЗ-4 менее 9 с при температуре 50°C, содержащий <1 мас. % ЭГ. Количество ГГ, определенное по методу ацетильного числа у модифицированного полимера, составляло 0,1 meq ОН/г. Наличие у модифицированного полимера указанных концевых групп обуславливало возможность его отверждения полифункциональными соединениями, проявляющими активность в отношении указанных групп.

Исследованные сочетания модифицированных олигодиенов и отвердителей представлены в табл. 2.

Полноту протекания реакции оценивали по прочности и модулю при растяжении на 100%, величине относительного удлинения при разрыве.

При отверждении олигомеров с ЭГ установлено, что изменение их физико-механических характеристик напрямую зависит от количества привитых ЭГ и используемого отвердителя; наиболее высокие адгезионные, когезионные показатели и морозостойкость матрицы достигаются при максимальном содержании ЭГ в полимере и количестве отвердителя 12–14 мас. %. Результаты исследования кинетики отверждения ЭСКДП-Н с максимальным количеством ЭГ различными отвердителями представлены на рис. 2.

Для модифицированных олигомеров, содержащих КГ, проводили аналогичные исследования. Поскольку количество привитых звеньев метакриловой кислоты у всех рассмотренных олигомеров одинаково, представлялось возможным оценить активность применяемых отвердителей по отношению к олигомерам различной структуры и молекулярной массы. На основе экспериментальных данных были получены линейные зависимости между величиной относительного удлинения и прочностью при разрыве, что позволило оценить вклад различных отвердителей в формирование структуры композитов.

Проведенные исследования определения степени сшивания по изменению физико-механических характеристик совмещали с исследованиями скорости расщепления реакционноспособных групп по смещению плотности поглощения ИК-спектров, полученных на

Таблица 3

Наименование показателя	Величина показателя для разработанного герметика
Гибкость на стандартном стержне, °С	Минус 55
Жизнеспособность, ч	2
Температура эксплуатации, °С	0–+60
Температура начала прилипания к пневматикам самолетного шасси, °С	+154
Относительное удлинение при разрыве, %	180
Морозостойкость, потеря относительного удлинения за 150 циклов, %	Менее 3
Старение под воздействием УФ-излучения, потеря гибкости и массы, %	Менее 1
Стойкость к воздействию газовых струй реактивных двигателей, с	161

спектрофотометре с дифракционными решетками в области 4000–400 см<sup>-1</sup>. Изменение количества различного типа звеньев для олигодиенов оценивали по полосам поглощения: 1,4-цис – 710 см<sup>-1</sup>; 1,4-транс – 967 см<sup>-1</sup>; звенья 1,2-винил – 910 см<sup>-1</sup>; содержание СН<sub>2</sub>-групп – 1460 см<sup>-1</sup>; связи О-Н – 3600 см<sup>-1</sup>; группа -N=C=O – 2275–2250 см<sup>-1</sup>; -COOH – 3000–2500 см<sup>-1</sup> [4]. Полученные данные хорошо согласуются и позволяют сделать заключение о первичном расходовании реакционно-способных групп (в порядке убывания скорости) – карбоксильных, гидроксильных и эпоксидных. Затем в процесс включаются звенья 1,4-транс при экзотермическом характере отверждения. Степень сшивания полученных связующих определяли по выходу золь-фракции экстрагированием кипящим растворителем. Установлено, что олигодиены малой молекулярной массы сшивались только по реакционноспособным группам, в то время как олигодиены большей молекулярной массы имели связи и по пространственным звеньям. В первом случае получены высокоэластичные материалы – основа для герметиков, во втором – кожеподобные – основа для слоев износа и материалов для ремонта.

В целях получения объективных сведений о совместимости исследуемых каучуков и наполнителей изучали зависимость характеристической вязкости от количества вводимых наполнителей: аэросила (SiO<sub>2</sub>); волластонита (CaSiO<sub>3</sub>); гидроксидов алюминия (Al(OH)<sub>3</sub>); порошка стекланный натрийборосиликатного состава; углерода технического сухого способа грануляции. Наполнители вводили пошагово, с градацией 2% по объему, с контролем величины вязкости на ротационном вискозиметре РВ-8М. После достижения вязкости смеси 80 Па·с введение наполнителей прекращали. Указанная вязкость обеспечивала равномерное распределение полимерной композиции по подложке и самовыравнивание под действием силы тяжести. Аналогично определяли изменение вязкости при введении армирующих волокон: алюмоборосиликатных стекланных, полиамидных, базальтовых.

При совместном введении мелкодисперсных наполнителей и армирующих волокон вязкость  $\eta$  изменялась аддитивно, в соответствии с зависимостью:

$$\eta = \eta_0 + Ax_1 + Bx_2 + Cx_3,$$

где  $\eta_0$  – вязкость исходного каучука, Па·с;  $x_1, x_2, x_3$  – количество вводимых компонентов, об. %;  $A, B, C$  – коэффициенты, характеризующие наполнители. На основании приведенного уравнения рассчитывали сочетания различных наполнителей с армирующими компонентами. В результате расчета возможных сочетаний были определены границы варьирования объемного содержания наполнителей при заданном количестве структурообразователя максимальной абсорбционной способности. Влияние наполнителей оценивали по величине прочности при когезионном разрыве и адгезии к сталь-

ной подложке. Благоприятные сочетания этих характеристик наблюдали у ЭСКДП-Н с концевыми ЭГ, имевшим максимальную исходную вязкость, и у РН2600 с КГ, обладавшими минимальной исходной вязкостью. Для указанных олигомеров были получены уравнения регрессии, отражающие зависимость оптимизируемых параметров, в частности прочности при разрыве и адгезии к стальной подложке от количества вводимых компонентов.

Установлено, что увеличение количества вводимых наполнителей способствует росту значений разрывной прочности с одновременным снижением величины адгезии к стальной подложке, причем оптимизировать композиции по какому-либо указанному параметру не представлялось возможным.

Упрочнение деструктурированного ДСТ-30Р-01 можно связать с наличием в его основной цепи ГГ, способных к образованию водородных связей с аэросилом.

Тем не менее при заданных значениях вязкости возможно проектирование композиций для различных условий эксплуатации.

На основе полученных теоретических обобщений разработаны основные положения проектирования материалов, в частности для герметизации швов аэродромных покрытий и их оперативного ремонта; установлены параметры эксплуатационных и климатических воздействий на аэродромные покрытия, сформулированы требования к герметизирующим материалам и материалам для оперативного ремонта указанных покрытий; проведены исследования изменения деформативности и когезионной прочности в зависимости от соотношения компонентов герметика на основе деструктурированного ДСТ-30Р-01; найдены зависимости изменения физико-механических характеристик при понижении температуры проведения испытаний.

Установлена оптимальная степень наполнения, в частности для аэросила, по показателю вязкости в зависимости от температурного диапазона применения разработанного герметика: при  $T = +5^\circ\text{C}$  вязкость  $\eta = 62,04 \ln(x)^{-61,521}$ ; при  $T = +15^\circ\text{C}$  вязкость  $\eta = 49,04 \ln(x)^{-53,922}$ , где  $x$  – степень наполнения, об. %. По результатам сводного анализа экспериментальных данных установлено, что благоприятная область эксплуатационных свойств для герметика соответствует составу, мас. ч.: вяжущее на основе деструктурированного ДСТ-30Р-01 – 38,5; отвердитель ПИЦ – 4,6; наполнитель аэросил – 53,9; антиоксидант ионол – 3.

Разработан материал для оперативного ремонта аэродромных покрытий на основе ЭСКДП-Н. Получены корреляционные уравнения, количественно описывающие зависимость свойств материала от его состава.

С целью выяснения влияния композиционного состава на термостойкость и создание композиций, обладающих термической стойкостью, были проведены термо-

графические исследования композиций на основе модифицированных жидких бутадиеновых олигомеров марок ЭСКДП-Н и СКДН-Н [5].

На основе полученных данных установлена связь состава и структуры модифицированных олигодиенов с их способностью противостоять термическому воздействию, определяемой величиной снижения массы.

При длительном выдерживании в условиях совместного действия УФО и избыточного парциального давления кислорода установлены наиболее эффективные антиоксиданты для разработанных составов. Использование антиоксиданта Агидол-21 алкилфенольного типа наиболее предпочтительно, поскольку при его использовании окисление образцов на основе модифицированных олигомеров протекает значительно медленнее.

С учетом специфики работы герметизирующего материала в швах аэродромных покрытий проведены длительные испытания в условиях отрицательной температуры. Установлен характер изменения пластоэластических свойств герметика на основе деструктурированного ДСТ-30Р-01 при различных температурных режимах и после многоцикловых испытаний получены зависимости вида  $\varepsilon = f(t, T)$ , где  $\varepsilon$  – величина относительного удлинения, %;  $t$  – время приложения нагрузки, ч;  $T$  – температура, °С.

Результаты определения физико-механических характеристик разработанного герметика в соответствии с требованиями ГОСТ 30740–2000 приведены в табл. 3.

При приготовлении полимерных композиций определяли гомогенность смеси и энергетические затраты на смешивание при помощи экспериментальной установки, работающей по принципу пластиографа Брабендера. Установлены очередность введения компонентов с уче-

том их маслосмекости, скорость вращения вала смесителя, получены зависимости крутящего момента на валу от вида и количества вводимых компонентов. Определена оптимальная продолжительность смешивания для различных сочетаний связующее–наполнитель, соответствующая максимальной гомогенности. Для оптимальных режимов смешивания установлены величины удельных энергозатрат  $E_{уд}$ .

Разработанные композиции применяли в различных климатических регионах. За семилетний период эксплуатации дефектов отремонтированных участков не выявлено.

Экономическая эффективность разработанных композиционных материалов обусловлена использованием недефицитных сырьевых материалов, гарантированным сохранением высоких значений физико-механических характеристик, увеличением межремонтных сроков эксплуатации сооружений.

#### Список литературы

1. Френкель С.Я. Физика сегодня и завтра. Полимеры. Проблемы, перспективы, прогнозы. Л.: Наука, 1973. 176 с.
2. Хозин В.Г. Полимеры в строительстве: границы реального применения, пути совершенствования // Строит. материалы. 2005. № 11. С. 12–14.
3. Бартнев Г.М. Физика полимеров. Л.: Химия, 1990. 432 с.
4. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических веществ / Пер. с англ. М.: Мир, 1965. 212 с.
5. Барабаш Д.Е. Термическая стойкость олигодиеновых каутонов // Строит. материалы. 2007. № 11. С. 2–4.

## ПНО ПРОМАВТОМАТИКА

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



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

Реклама

В.В. ЯДЫКИНА, д-р техн. наук, Е.А. ЛУКАШ, канд. техн. наук,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Органоминеральные композиты для дорожного строительства на основе модифицированных наполнителей

Для строительства дорожных одежд основным композиционным материалом в настоящее время по-прежнему является асфальтобетон. Однако этот традиционный материал не всегда в полной мере обеспечивает требуемую надежность и долговечность дорожных конструкций. В связи с этим возникает острая проблема, обусловленная необходимостью совершенствования существующих материалов и технологий с учетом современных требований и новых задач. Одним из направлений решения данной проблемы является регулирование технологических и строительно-технических свойств композитов за счет увеличения структурообразующей способности дисперсных компонентов – наполнителей (минеральных порошков), которые являются основными элементами структуры на микро- и мезоуровнях.

Обычно минеральные порошки получают из карбонатных горных пород разломом известняков и доломитов. Однако для снижения стоимости строительства появилась потребность в производстве минеральных порошков из местного сырья и отходов промышленности.

При этом необходимо учитывать, что состав исходных пород или материалов может в значительной мере отличаться от традиционных порошков из карбонатных оснóвных пород и часто не обеспечивает надлежащего сцепления с органическим вяжущим. Для таких материалов необходимо знать природу и состояние поверхности, которая играет определяющую роль в процессах структурообразования, а, следовательно, оказывает влияние на физико-механические характеристики композита.

Анализ состояния поверхности дисперсных материалов и механизмов контактных взаимодействий в наполненных композиционных строительных материалах позволяет наметить пути активации наполнителей с целью повышения их адгезии к связующему и

усиления структурообразующей роли. Одним из таких путей является ультрафиолетовое (УФ) облучение. В работе [1] указано, что под действием УФ-облучения происходит изменение состояния поверхности кремнезема, в результате чего образуются свободные валентности, играющие роль новых активных центров адсорбции. Это нашло подтверждение в работах [2, 3].

Установлено также [4], что активные адсорбционные центры оказывают значительное влияние на взаимодействие минеральных материалов с органическим вяжущим. Авторами сделан вывод, что необходимым условием обеспечения прочных адгезионных контактов между органическим вяжущим и минеральными материалами является наличие на их поверхности активных центров, способных адсорбировать практически все органические соединения, содержащиеся в битуме.

Целью работы явилось исследование влияния УФ-излучения на свойства минеральных порошков и асфальтобетона на их основе. В качестве минеральных порошков использовали материалы с удельной поверхностью около 350 м<sup>2</sup>/кг: кварцитопесчаник Лебединского ГОКа Курской магнитной аномалии, отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС), шлак Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК), а также для сравнения песок Нижнеольшанского месторождения. Источником УФ-излучения служила кварцевая лампа Q-139. Минеральный порошок тонким слоем располагали на расстоянии 0,3 м от кварцевой лампы и при периодическом перемешивании подвергали облучению.

Мерой концентрации активных центров адсорбции на поверхности минеральных материалов служила величина обменной емкости, которую определяли методом ионообмена с гидроксидом кальция [2].

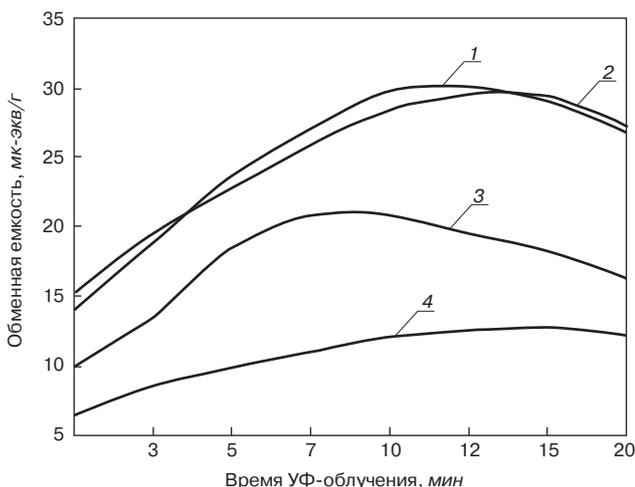


Рис. 1. Зависимость обменной емкости минеральных порошков от времени УФ-облучения: 1 – кварцитопесчаник; 2 – отходы ММС; 3 – песок; 4 – шлак ОЭМК

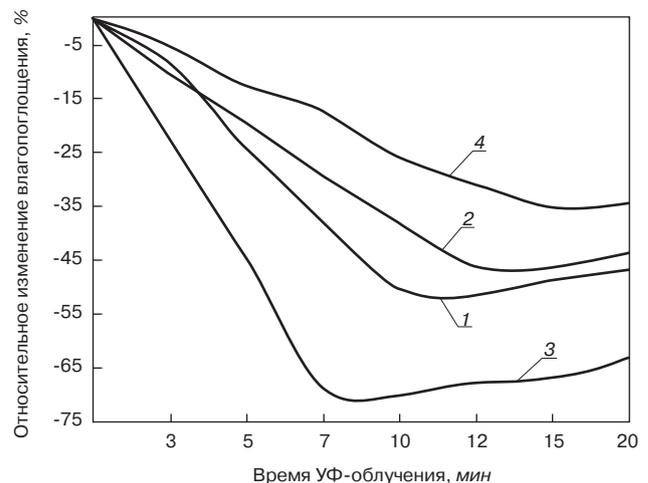


Рис. 2. Влияние времени УФ-облучения минеральных порошков на их влагопоглощение: 1 – кварцитопесчаник; 2 – отходы ММС; 3 – песок; 4 – шлак ОЭМК

Таблица 1

Минеральный порошок	Обменная емкость, мк-экв/г		Сцепление, %		Влагопоглощение, %	
	до активации	после активации	до активации	после активации	до активации	после активации
Кварцитопесчаник	14,1	30,2	62	94	1,29	0,63
Отходы ММС	15,2	29,5	58	90	1,41	0,76
Кварцевый песок	9,8	20,9	38	69	1,69	0,51
Шлак ОЭМК	6,5	12,8	34	58	2,96	1,92

Анализ графиков, представленных на рис. 1, показал, что зависимость концентрации обменных центров от времени облучения для всех материалов носит экстремальный характер с максимумами при времени облучения 10–12 мин для кварцитопесчаника, 12–15 мин – для отходов ММС, 7–10 мин – для песка и 15 мин – для шлака ОЭМК. Необходимо отметить, что обменная емкость всех исследуемых наполнителей при оптимальном времени облучения увеличивается более чем на 100 % по сравнению с исходными материалами. Это связано с процессами дегидратации и дегидроксилирования, происходящими на поверхности дисперсных минеральных материалов при облучении и приводящими к образованию изолированных, не связанных водородными связями, активных гидроксильных групп, которые обуславливают ионообменные свойства УФ-облученных наполнителей.

Помимо увеличения реакционной способности поверхности минеральных порошков, происходит ее гидрофобизация, что заметно снижает влагопоглощение по сравнению с необработанными материалами (рис. 2).

Из графиков на рис. 2 видно, что все они также носят экстремальный характер с минимумами при определенном времени облучения. Как установлено, полученные значения времени УФ-обработки минеральных порошков, а именно: 7 мин для песка, 11 мин для кварцитопесчаника, 13 мин – для отхода ММС и 15 мин – для шлака ОЭМК, очень близки к полученным значениям экспозиций облучения, при которых концентрация обменных центров на их поверхности максимальна.

Минимумы на кривых характеризуют наибольшее снижение влагопоглощения минеральных порошков при оптимальном времени УФ-облучения по сравнению с необработанными. Так, максимальное снижение влагопоглощения наблюдается у минерального порошка из песка и составляет 70%; для кварцитопесчаника снижение влагопоглощения равно 52%, отходов ММС – 47%, и наименьшим относительным изменением влагопоглощения обладает минеральный порошок из шлака ОЭМК – 35%.

Такой эффект снижения влагопоглощения можно объяснить тем, что под действием УФ-лучей поверхность минеральных материалов дегидратируется, при этом ослабевают связи ОН-групп с тетраэдрами SiO<sub>2</sub>, что способствует ускорению процесса дегидроксилирования поверхности при оптимальном времени воздействия УФ-облучения. Поскольку максимальное увели-

чение концентрации обменных центров и минимальное влагопоглощение поверхности при УФ-облучении совпадают по времени, можно предположить, что адсорбция воды после модифицирования происходит не на дегидратированных участках поверхности минеральных порошков, а только на группах -SiOH по механизму образования водородных связей [5].

Для проверки гипотезы относительно положительного влияния УФ-облучения дисперсных материалов на повышение их адгезии к органическому вяжущему было определено сцепление битума с неактивированными и активированными при оптимальном времени обработки минеральными порошками методом определения изменения массы и проведено сопоставление полученных показателей с величинами обменной емкости и влагопоглощения.

Полученные результаты (табл. 1) показывают, что все исследуемые минеральные порошки, модифицированные при оптимальном времени обработки, обеспечивают гораздо лучшее сцепление с битумом по сравнению с порошками в неактивированном состоянии. При этом наибольшую площадь поверхности, покрытую битумом, имеют минеральные порошки из кварцитопесчаника (94%) и отходов ММС (90%), наименьшую – минеральный порошок из шлака ОЭМК (58%). Адгезия битума к кварцевому песку на 25% меньше, чем к кварцитопесчанику, несмотря на одинаковый химический и минералогический составы, а также самое низкое влагопоглощение (0,51%), что связано с меньшим количеством активных адсорбционных центров, присутствующих на поверхности кварцевого песка. Следует отметить, что при одинаковом процентном увеличении обменной емкости после УФ-облучения (в среднем на 100%) для всех материалов наблюдается идентичное процентное увеличение сцепления (31–32%). Исключение составляет шлак ОЭМК, сцепление которого с битумом вследствие повышенного влагопоглощения возросло на 24%.

Влагопоглощение необработанного кварцевого песка на 30% выше, чем кварцитопесчаника. Это подтверждают установленные с помощью ИК-спектроскопии результаты по различному состоянию адсорбированной воды и ее фрагментов на поверхности двух разновидностей кварца [3]. Адсорбция воды происходит не на изолированных гидроксильных группах, а на ранее адсорбированных молекулах воды, которых на поверхности песка значительно больше.

Установленный характер изменения адсорбционной способности и гидрофобизации дисперсных материалов

Таблица 2

Минеральный порошок	Битумоемкость, г/100 см <sup>3</sup>	
	Минеральный порошок исходный	Минеральный порошок активированный
Кварцитопесчаник	55,2	47,6
Отходы ММС	56,8	49,4
Кварцевый песок	59,7	52,9
Шлак ОЭМК	67,5	61,4

Таблица 3

Наименование показателя	Требования	Минеральный порошок							
		Кварцитопесчаник		Отходы ММС		Песок		Шлак ОЭМК	
		исх.	модиф.	исх.	модиф.	исх.	модиф.	исх.	модиф.
Водонасыщение, %	1,5–4	1,67	1,51	1,69	1,54	2,2	2,05	2,6	2,46
Набухание, %	не нормир.	0,22	0,17	0,25	0,2	0,28	0,21	0,31	0,24
Предел прочности при сжатии, МПа, при – 20°C – 50°C – 0°C – 20°C в водонасыщенном состоянии	2,2 не менее	4,9	6,4	4,83	6,23	4,63	5,83	4,5	5,57
	1,2 не менее	3,1	3,9	2,93	3,63	2,7	3,34	2,4	2,87
	12 не более	11,2	10,8	11,33	10,87	11,47	11,03	11,67	11,43
	–	4,5	6,14	4,37	5,98	4,07	5,43	3,83	5,03
Коэффициент водостойкости	0,85 не менее	0,92	0,96	0,91	0,96	0,88	0,93	0,85	0,9
Коэффициент длительной водостойкости	0,75 не менее	0,83	0,88	0,82	0,87	0,76	0,81	0,75	0,82

в результате УФ-обработки, в определенной степени должен быть связан с битумоемкостью минеральных порошков.

Как показывают результаты исследований (табл. 2), битумоемкость минеральных порошков, активированных при оптимальном времени УФ-облучения, снижается на 9–13,8%, что объясняется гидрофобизацией поверхности наполнителей в результате обработки. При этом наименьшей битумоемкостью обладает активированный минеральный порошок из кварцитопесчаника (47,6 г), наибольшей – минеральный порошок из шлака ОЭМК (61,4 г). Исходя из полученных данных, можно предположить, что оптимальное содержание битума в смесях на активированных минеральных порошках будет меньше по сравнению со смесями на немодифицированных порошках.

Для исследования влияния УФ-обработки минеральных порошков на физико-механические характеристики асфальтобетона были изготовлены и испытаны по стандартным методикам образцы из асфальтобетонной смеси типа Г, что обусловлено решающим влиянием свойств дисперсного материала на качество композита. В зависимости от вида применяемого минерального порошка, а также с учетом его активации для каждой смеси экспериментально определяли содержание битума. Это позволило установить, что использование модифицированных минеральных порошков в составе асфальтобетонных смесей позволяет на 8–10% уменьшить расход битума.

Физико-механические характеристики асфальтобетона, приготовленного на обработанных УФ минеральных порошках, существенно повышаются (табл. 3). Наблюдается значительное увеличение предела прочности при сжатии при +20 и +50°C, а также в водонасыщенном состоянии. Так, при температуре испытания +20°C максимальное увеличение прочности наблюдается у образцов с активированным минеральным порошком из кварцитопесчаника – 30,6%, для отходов ММС – 28,9%, для минеральных порошков из кварцевого песка и шлака ОЭМК – 25,9 и 23,8% соответственно.

Снижение показателей водонасыщения и набухания, а также увеличение коэффициентов водостойкости образцов асфальтобетона свидетельствуют о том, что пленки битума на поверхности минерального материала отличаются высокой устойчивостью к отслаиванию при воздействии агрессивной среды. Это препятствует глубокому проникновению воды в поры и капилляры материала, а также диффузии воды под битумную пленку, приводящей к разрушению материала.

Следует обратить внимание на изменение прочности при сжатии асфальтобетона при +50°C, которая харак-

теризует работоспособность асфальтобетона в летний период, когда температура покрытия имеет максимальное значение, а вязкость битума при этом минимальная. Так, при температуре испытания +50°C, максимальное увеличение прочности наблюдается у образцов с активированным минеральным порошком из кварцитопесчаника – 25,8%, для отходов ММС оно составляет 23,9%, для минеральных порошков из кварцевого песка и шлака ОЭМК – 23,3 и 19,5% соответственно.

Вышесказанное можно отметить и к испытаниям асфальтобетона на прочность при сжатии при 0°C. По этим результатам можно судить как будет вести себя асфальтобетон при переходе битума из упруго-пластичного в твердое состояние, при котором проявляется такое свойство битума как хрупкость. В твердом состоянии битум имеет повышенную прочность при сжатии, но низкую прочность при изгибе, в результате чего на покрытии появляются трещины, приводящие к дальнейшему разрушению конструкции. Как и следовало ожидать, наилучшие результаты при определении прочности при сжатии при 0°C получены на активированных в течение оптимального времени минеральных порошках.

На основании результатов проведенных исследований можно заключить, что УФ-облучение при оптимальных параметрах воздействия положительно влияет на свойства минеральных порошков, что значительно улучшает физико-механические характеристики и долговечность асфальтобетона с их применением.

Список литературы

1. Киселев В.Ф., Крылов О.В. Адсорбционные процессы на поверхности полупроводников и диэлектриков. М.: Наука, 1978. 255 с.
2. Гладких Ю.П., Ядыкина В.В., Завражина В.И. Влияние УФ-облучения на физико-химическую активность кварцевого песка и процессы формирования цементопесчаного бетона // Коллоидный журнал. 1989. Т. 51. № 3. С. 445–450.
3. Ядыкина В.В., Лукаш Е.А. Изменение поверхностных свойств наполнителей и цементных композитов под воздействием ультрафиолетового облучения // Строит. материалы. 2007. № 8. С. 50–51.
4. Ядыкина В.В. Влияние активных поверхностных центров кремнеземсодержащих минеральных компонентов на взаимодействие с битумом // Изв. вузов. Строительство. 2003. № 9. С. 75–79.
5. Айлер Р. Химия кремнезема: Пер. с англ. М.: Мир, 1982. Ч. 2. 712 с.

# СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

## ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



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

### ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

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



автоматическая обработка  
измерений

диапазон 3...100 МПа

**УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С**  
ультразвуковой



поверхностное и сквозное  
прозвучивание

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

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

отрыв со скалыванием  
и скалывание ребра

предельное  
усилие 60 кН  
диапазон 5...100 МПа



**ПОС-2МГ4 П**



испытание прочности  
ячеистых бетонов

предельное  
усилие вырыва 2,5 кН

**ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ  
ДИНАМИЧЕСКИЕ**

**ПДУ-МГ4 "Удар"**  
и ПДУ-МГ4 "Импульс"



определение динамического  
модуля упругости грунтов  
и оснований дорог  
методом штампа,  
диапазон: 5...370 МН/м<sup>2</sup> ("Удар")  
5...300 МН/м<sup>2</sup> ("Импульс")

**Прессы испытательные  
малогабаритные**

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



с гидравлическим приводом  
для испытания бетона,  
асфальтобетона, кирпича

- предельная нагрузка  
100 / 500 / 1000 кН
- масса 70 / 120 / 180 кг

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

с ручным / электрическим приводом  
для испытания утеплителей на изгиб  
и сжатие при 10% линейной деформации

- предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН
- масса 20 / 25 кг

**ПСО-10МГ4 КП**

испытание прочности  
сцепления в каменной  
кладке

предельное усилие  
отрыва 15 кН



**АДГЕЗИМЕТРЫ**

**ПСО-МГ4**

испытание прочности  
сцепления покрытия  
с основанием

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



**ИЗМЕРИТЕЛИ  
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

**ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"**



стационарный  
и зондовый режимы

диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

**АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ**

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



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

**ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01**  
термогигрометр



диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С

**ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ  
ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

**ИТП-МГ4.03 "Поток"**

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

диапазон 10...999 Вт/м<sup>2</sup>  
-40...+70 °С



**ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ**

**ВЛАГОМЕР-МГ4**



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

**ТЕРМОМЕТРЫ**

**ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01**



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

**ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ  
АРМАТУРЫ**

**ДО-40 / 60 / 80МГ4**

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых  
усилий 2...120 кН

диаметр  
арматуры 3...12 мм



**ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ  
ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА**

**ИПА-МГ4**



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

**ДИНАМОМЕТРЫ**

**ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4**



эталонные

сжатия / растяжения  
предельная нагрузка  
1...1000 кН

**ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ  
В АРМАТУРЕ**

**ЭИН-МГ4**

частотный метод

диаметр  
арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



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

М.М. ЛАТЫПОВ, инженер ООО «Дортрансстрой» (Уфа); И.Б. СТРУГОВЕЦ, канд. техн. наук, ГУП «Башкиравтодор»; В.В. БАБКОВ, И.В. НЕДОСЕКО, доктора техн. наук, Уфимский государственный нефтяной технический университет

## Фибробетон в производстве дорожных плит

Для бетонных и железобетонных изделий дорожного и транспортного назначения, эксплуатируемых в условиях средней полосы и севера России, характерны относительно невысокие сроки эксплуатации, что приводит к значительным дополнительным затратам на ремонт и восстановление. Это вызвано, прежде всего, высоким водопоглощением и пониженной морозостойкостью, а также низкой стойкостью к различным динамическим воздействиям стандартных цементных бетонов, используемых в производстве изделий и конструкций данного назначения.

Улучшить физико-механические характеристики дорожных бетонов и частично повысить долговечность изделий на их основе позволяют технологии, основанные на принудительном уплотнении бетонных смесей (центрифугирование, вибропрессование, интенсивные режимы виброуплотнения), а также на понижении водоцементного отношения суперпластификацией, что позволяет достичь повышенной прочности бетона при сжатии. Радикальным способом повышения статической прочности и ударной выносливости бетонов является введение в бетонную смесь металлической и синтетической фибры [1, 2]. Указанное повышение прочности и трещиностойкости настолько значительно, что позволяет в ряде случаев полностью отказаться от применения стандартного стержневого армирования или исключить использование предварительного напряжения в производстве конструкций. Данное обстоятельство является особенно актуальным при производстве железобетонных плит дорожного и аэродромного назначения.

Другим важным направлением улучшения комплекса характеристик цементных бетонов и изделий на их основе, прежде всего таких показателей долговечности как морозостойкость, истираемость, водонепроницаемость, которые напрямую не связаны прочностными показателями бетона, является пропитка их пористой структуры элементарной серой и полимерами. Однако известные технологические способы горячей пропитки серой и полимерами реализуются при достаточно высокой температуре (140–150°C), что делает процесс дорогостоящим, энергоемким и нетехнологичным.

Специалистами НИИ «Реактив» и УГНТУ (Уфа) разработан способ модификации серы с переводом ее в водорастворимую форму (полисульфиды щелочных металлов с концентрацией 30% и более), что позволяет осуществлять пропитку бетонных и железобетонных изделий различного назначения в условиях нормальной температуры. При проникании раствора серы в поры бетона после его высыхания происходит частичная коагуляция порового пространства нерастворимыми кристаллами серы, в результате чего поверхность бетона приобретает гидрофобные свойства.

Названные пути получения и модифицирования бетонов могут существенно улучшить их технологические и эксплуатационные показатели, а также повысить долговечность бетонных и железобетонных изделий транспортного и иного назначения. Это касается прежде всего дорожных покрытий, выполненных из сборных железобетонных дорожных плит. Для лабораторных исследований применялась фибра, изготовленная НПО

«Магнитогорскфибрострой» ( $R_f=550$  МПа,  $d_f=0,8-1$  мм,  $l_f=35-45$  мм).

Проведенные расчеты позволили определить оптимальный процент дисперсного армирования дорожных плит при частичном или даже полном отказе от традиционного стержневого армирования. Анализ полученных результатов показывает, что оптимальной (по прочности при сжатии и растяжении) для стальной фибры указанных производителей является концентрация 0,8–1,5% от объема бетонной смеси. При этом прирост показателей прочности бетона при растяжении на основе как щебня, так и гравия составил 2–2,5 раза, при этом прочность при сжатии выросла в 1,15–1,3 раза.

Тяжелые бетоны с добавкой стальной фибры при ее концентрации 0,5, 1 и 1,5% имеют существенный прирост прочности при сжатии и растяжении по сравнению с исходным тяжелым бетоном на аналогичных заполнителях. Характер полученных результатов может быть объяснен благоприятным влиянием фибры, распределенной по всему объему бетона, при хорошем сцеплении вводимых волокон с цементным камнем. С повышением объема концентрации фибры более 2% (по объему) происходит ухудшение физико-механических характеристик, что объясняется снижением удобоукладываемости сталефибробетонной смеси и сопутствующим повышением уровня дефектности структуры бетона. Эффективность дисперсного армирования при содержании стальной фибры до 0,5% по объему крайне мала, что согласуется с теоретическими расчетами минимальной концентрации фибры, обеспечивающей объемно-пространственную связность структуры, выполненными в работах Ю.М. Баженова, Ф.Н. Рабиновича и др.

Для изготовления дорожных плит в зависимости от условий эксплуатации было разработано несколько составов сталефибробетонов. Для производства дорожных плит, применяемых на наиболее ответственных участках, предложен сталефибробетон следующего состава (на 1 м<sup>3</sup>):

Цемент М500 ПЦ, кг.....	410
Песок $M_{кр}$ 2,1–2,2, кг.....	600
Фибра по ТУ 1276–002–51484465–2002, кг.....	90
В/Ц.....	0,36–0,4
Комплексная добавка КМХ, %.....	2,5 (сухой вес)
Осадка конуса, см.....	3–5

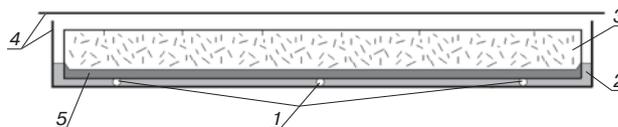
Показатели испытаний образцов сталефибробетона представлены в табл.

Как следует из таблицы, показатели сталефибробетона для дорожных плит полностью соответствуют предъявляемым требованиям, а по таким параметрам, как прочность при сжатии и растяжении, даже превышают требуемые значения.

Однако, кроме прочностных показателей к железобетонным дорожным и аэродромным плитам предъявляются повышенные требования к плотности, истираемости и морозостойкости наиболее подверженного атмосферным воздействиям внешнего лицевого слоя. Как уже отмечалось выше, наиболее эффективным для этих

Характеристики	Значение
Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	485
Прочность при осевом растяжении, кг/см <sup>2</sup>	43,1
Прочность на растяжение при изгибе, кг/см <sup>2</sup>	61,2
Водонепроцаемость W, атм.	10
Морозостойкость F, циклы (в растворе NaCl)	400

целей может быть использование пропиточных композиций на основе водорастворимой серы. При этом используемые в практике методы пропитки объемным погружением (окунанием изделий) не всегда реализуемы, в частности из-за больших габаритов дорожных плит. Для решения этой проблемы был предложен альтернативный способ пропитки дорожных плит (см. рисунок). Низкая емкость заполняется небольшим количеством (3–5 см) композиции на основе водорастворимой серы. На тонкие металлические прокладки укладывается дорожная плита лицевым слоем вниз, чтобы ниже его до дна емкости оставалось расстояние на 1,5–2 см заполненное водорастворимой серой. В зависимости от концентрации и температурного режима (10–50°C) весь цикл пропитки составляет 0,5–5 ч. При необходимости этот процесс можно интенсифицировать за счет герметизации емкости и понижения давления воздуха внутри нее. Положительной стороной предложенного способа является значительная экономия пропиточного раствора (в 3 раза и более) по сравнению с традиционной схемой, основанной на окунании изделий, так как пропитке подвергается только лицевой слой дорожной плиты, а остальной объем бетона, кото-



рый практически не подвержен внешним воздействиям при эксплуатации, не пропитывается.

В целом, модифицирование водорастворимой серой обеспечивает существенное снижение общей пористости бетона лицевого слоя дорожной плиты, увеличение его поверхностной прочности (в 1,5 раза и более) и, соответственно, понижение истираемости, а также значительное снижение водопоглощения и повышение морозостойкости в 1,5–2 раза, что должно обеспечивать существенное повышение долговечности и эксплуатационной надежности дорожных изделий данного назначения.

Проведенные исследования позволяют рассмотреть вопрос о целесообразности организации производства сталефибробетонных дорожных плит повышенной эксплуатационной надежности, необходимых, прежде всего, для тяжелых условий эксплуатации.

Проведенные исследования позволяют рассмотреть вопрос о целесообразности организации производства сталефибробетонных дорожных плит повышенной эксплуатационной надежности, необходимых, прежде всего, для тяжелых условий эксплуатации.

Список литературы

- Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Бабков В.В., Недосеко И.В. Водопропускные трубы для автомобильных дорог из сталефибробетона // Строит. материалы. 2003. №10. С. 21.
- Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны. М.: Стройиздат, 1989. 176 с.

**Активатор**  
измельчение активация синтез

### Российские промышленные эллиптические шаровые мельницы "Активатор" интенсивного помола.

	Activator-C100	Activator-C500	Activator-C1000	Activator-C5000
произв-сть	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
тонина помола	1-3 мкм	4-7 мкм	20-50 мкм	50-70 мкм
потребляемая мощность	5,5 кВт.ч	11 кВт.ч	22 кВт.ч	55 кВт.ч
габариты, мм	1020×570×1230	1122×750×1500	1710×925×1815	2850×1700×2950
вес, кг	170	650	1300	5100

• Все мельницы проходят испытания на Вашем материале, а дисперсный состав помолотых порошков тестируется в лаборатории.

Мельницы "Активатор" производятся только по оригинальным чертежам разработчика и защищены Патентами РФ №18501, №33037 на полезные модели. Патентообладатель: ЗАО "Активатор".

подготовка шихты для керамической плитки

помол пигментов

смешение компонентов пенобетона

получение сухих смесей

активация цемента

[>>](http://www.activator.ru)

Новосибирск, Софийская 18, оф 107  
630056 Новосибирск 56, а/я 141  
Факс: 8 (383) 345-15-30 (доп. 41)  
Тел: 8 901 450 6304  
e-mail: belyaev@activator.ru

Реклама

УДК 625.8

М.В. ВЬЮГОВ, директор, ООО «ФОРТЕК» (Саратов);  
 В.Д. КАЗАРНОВСКИЙ, д-р техн. наук, ОАО «Союздорнии»;  
 М.В. СТЕПАНОВ, инженер, ООО «М-Дорсервис» (Москва)

## Применение геосинтетических материалов в конструкциях дорожных одежд

Одним из условий обеспечения долговечности дорожной одежды в ряде случаев является ее дренирование, предусмотренное действующими нормами [1] и обеспечивающееся дренирующим слоем — одним из допнительных слоев основания.

В традиционных конструкциях дренирующий слой устраивают из песка, имеющего определенный коэффициент фильтрации, представляющий собой скорость фильтрации воды с градиентом напора, равным единице при линейном законе фильтрации (ГОСТ 25584–90). Требования к песку могут быть различными в зависимости от конструктивных особенностей дорожной одежды и дренирующей системы (путь фильтрации, толщина дренирующего слоя), а также от того, на какую схему работы рассчитывается слой. Рассматривают две возможные схемы его работы [1]: по схеме быстрого отвода поступающей воды; по схеме поглощения.

При второй схеме песчаный слой должен иметь определенный объем пор, который способен вместить поступающую в слой за весь расчетный срок воду. В этом случае коэффициент фильтрации не является определяющим критерием. Определяющим критерием становится сдвигоустойчивость песка, так как в расчете дорожной одежды должны использоваться сдвиговые характеристики песка, соответствующие его полному насыщению водой.

При первой схеме регламентирующим началом является коэффициент фильтрации песка. Действующие нормы требуют, чтобы коэффициент фильтрации для песка дренирующего слоя обычно принимаемой толщины был не менее 2 м/сут. Однако это требование зависит от пути фильтрации, связанного с шириной проезжей части. При меньшем коэффициенте фильтрации требуется увеличить толщину слоя или изменить систему конструкции дренажа.

В настоящее время растет уровень категорий дорог, увеличение ширины их проезжей части. В этих условиях должны повышаться требования к коэффициенту фильтрации либо увеличиваться толщина дренирующего слоя.

Вместе с тем получение песков с необходимым коэффициентом фильтрации вызывает определенные трудности в связи с ограниченностью их месторождений, особенно в некоторых регионах. Трудности усугубляются все ужесточаемыми требованиями к экологии и появлением собственников на землю, препятствующих разработке местных карьеров. Анализ материалов, выполненный Союздорнии, проводившего массовые испытания песков Московского региона на фильтрацию, показал, что при обширном количестве песчаных карьеров существует лишь малая часть песчаного материала, отвечающего нормативным требованиям для решения проблем быстрого отвода воды из дренирующего слоя. При этом данными 155 обследованных карьеров установлено, что из 2103 отобранных проб песков 43% относится к категории мелких песков, только 4% — к крупным; к тонким и мелче относится 74% (рис. 1).

Необходимо учитывать, что речь идет о коэффициенте фильтрации песка, который еще не работал в дренирующем слое. Реально же при оценке водопрооницаемости песков для дренирующего слоя необходимо учитывать процесс коагуляции.

Известно, что на коэффициент фильтрации дренирующих слоев оказывает влияние гранулометрический и минералогический состав песков и их плотность. В зависимости от сочетания указанных факторов изменяется значение и характер пористости песков и вместе с тем в широких пределах изменяется значение коэффициента фильтрации — от нескольких сантиметров до десятков метров в сутки. Снижение коэффициента фильтрации по мере уменьшения размера частиц связано с уменьшением размера пор песка, особенно у пор, формируемых частицами различной крупности. Чем менее однороден песок, тем меньше величина его коэффициента фильтрации при прочих равных условиях. Среди песков одинаковой степени отсортированности наибольшую водопрооницаемость имеют крупнозернистые пески. Влияние минералогического состава сказывается в том, что различные минералы, входящие в состав песка, в зависимости от присущих им свойств (спайности, твердости и др.) обуславливают разную форму зерен, а от последней зависит форма и размер пор песка и, следовательно, его водопрооницаемость [2].

С увеличением количества фильтрующейся жидкости в мелкозернистых песках происходит ускорение коагуляции, а в крупнозернистых, наоборот, замедление. Независимо от того, под влиянием каких причин поры песка заполняются глинистыми частицами, его коэффициент фильтрации уменьшается.

В результате фильтрационная способность может быстро снижаться в несколько раз. Поэтому реальный режим работы дренирующего слоя может меняться от схемы удаления до схемы поглощения, что не дает возможности надежно обеспечить его долговечность и долговечность конструкции в целом.

Для повышения долговечности работы дренирующего песчаного слоя по отводу воды предложено использовать геотекстильные материалы. В последние годы появился целый ряд геосинтетических изделий, ко-

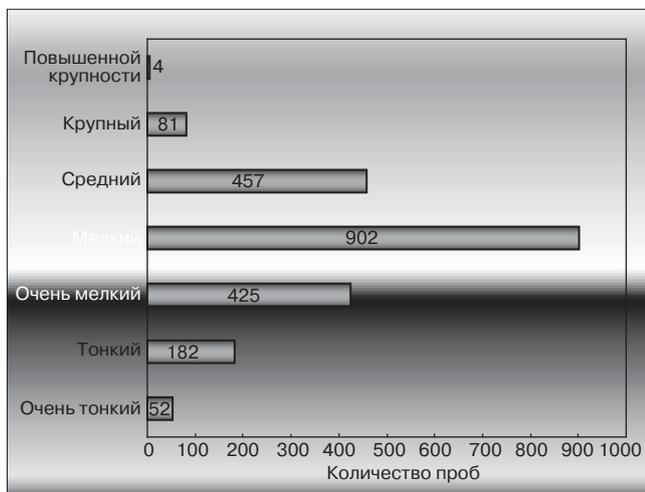


Рис. 1. Классификация песка по ГОСТ 8735–88

торые могут выполнять функции дренирующего слоя. При этом песчаного материала не требуется вообще.

Это полимерный геокомпозитный дренажный мат, состоящий из дренирующего ядра, защищенного с двух сторон фильтрами из нетканого материала. Существуют модификации, имеющие с одной стороны нетканый фильтр, а с другой — гидроизоляционный слой. Материал поставляется на строительную площадку в рулонах, легок в монтаже, устойчив к гниению, долговечен и эластичен. Его использование позволяет снять гидростатическое давление и предотвратить механические повреждения гидроизоляционного слоя. Фильтры из нетканого материала защищают дренажное ядро от загрязнения и могут быть использованы при давлении вышележащего грунта более 200 кПа. Дренажные маты выпускают различных типов. Выбор конкретного типа материала зависит от местных условий строительства.

Вместе с тем представляется возможным использовать такие композитные геосинтетические изделия в системе дренажа конструкций дорожных одежд.

Могут быть рассмотрены два варианта: применение дренирующей прослойки взамен традиционного песчаного дренирующего слоя при новом строительстве; применение дренирующих элементов при ремонтах, связанных с отказом песчаных дренирующих слоев.

Для реализации первого варианта необходимо решить ряд проблем, и прежде всего выяснить возможное влияние такой прослойки, имеющей пониженный модуль упругости при сжатии, на общий модуль упругости конструкции. Для этого требуется определить величину модуля упругости самой прослойки при сжатии в направлении, перпендикулярном плоскости прослойки, а также выявить возможное влияние сжимающих напряжений на водоотводящую способность прослойки.

Предварительные испытания показали, что при нагрузках до 0,03 МПа модуль упругости материала составляет 0,536 МПа. При толщине дрены порядка 2 см и расположении ее на глубине порядка 0,6 м от поверхности покрытия, как показывают предварительные расчеты, она будет мало влиять на общий модуль упругости конструкции.

В случае использования при ремонте дорожной конструкции устраивается система дренирующих каналов в дорожной одежде, которые могут быть образованы по кромкам проезжей части и в специальных поперечных и продольных пропилах. Смысл такой системы — уменьшение пути фильтрации. Исходя из этой задачи определяется расстояние между пропилами (каналами). В этом случае учитывается реальная водопроницаемость песчаного дренирующего слоя, достигнутая к моменту ремонта.

При существенных затратах на ремонт с целью экономии выделяемых средств на полную замену ремонтируемого участка дороги способ установки таких дренажей позволит существенно облегчить решение проблемы. Заменяя песок на геокомпозитный материал, дорожную одежду выполняют менее материалоемкой; значительно упрощается технология строительства и, что не менее важно, повышается культура производства.

Применять геокомпозитный дренажный мат рекомендуется совместно с объемными георешетками.

Укрепление откосов и конусов путепроводов георешеткой следует выполнять сразу после устройства земляного полотна.

Перед началом укрепительных работ необходимо подготовить поверхность конусов или откосов насыпей и выемок к монтажу георешетки в конструктивном варианте, предусмотренном проектом: срезать неуплотненный грунт конусов или откосов насыпей на глубину, соответствующую предварительному уширению при отсыпке этих сооружений; образовавшуюся поверхность спланировать и уплотнить вибротрамбованием.

Рабочую поверхность откосов выемок только планируют, обеспечивая проектную конфигурацию.

После подготовительных работ выполняют разбивку площади конусов, откосов, обочин и других элементов земляного полотна, предназначенных для укрепления объемной георешеткой. При этом необходимо обозначить места расположения водоотводных и водосбросных сооружений, других конструктивных элементов, с которыми предполагается выполнить тщательное сопряжение конструкций укрепления из армирующей георешетки (рис. 2).

Перед укрепительными работами необходимо: наметить транспортные коммуникации для доставки пакетов геомодулей, анкеров (или арматуры с зажимами), а также материалов для заполнения ячеек и места их складирования; подготовить обочины, бровки, подошвы, другие элементы земляного полотна или сооружения (выровнять, спланировать, ликвидировать застой, скопление поверхностных вод и т. п.).

Общий комплекс технологических процессов укрепления поверхности откосов с применением объемной георешетки включает:

- подготовительные и разбивочные работы;
- укладку нетканых рулонных синтетических материалов и их закрепление на поверхности откоса;
- установку и монтаж георешетки с фиксацией их монтажными анкерами или механической сшивкой степлером;
- проверку ровности георешетки «под шаблон»;
- укладку в ячейки материала заполнителя;
- при необходимости разравнивание и планирование материала заполнителя и его уплотнение или проливку цементным раствором для щебня;
- установку постоянных анкеров;
- извлечение монтажных анкеров (при необходимости);
- посев семян трав в случае заполнения ячеек трехмерной георешетки растительным грунтом.

Укрепление поверхности откосов при помощи объемной георешетки следует проводить сверху вниз, укрепляя часть обочины, с анкерной решеткой и заделкой их верхней части в массив грунта на глубину 30–50 см.

Допускается укреплять конус или откос по частям, например берега и русло водосброса, нижнюю часть откоса, берму, верхнюю часть откоса и т. п.

Подготовительные и разбивочные работы выполняют с помощью шнура и маркеров, устанавливаемых перпендикулярно оси автомобильной дороги по линии пересечения вертикальной плоскости с поверхностью откоса. Маркеры располагают в продольном направлении с шагом, равным длине георешетки, а в поперечном — с шагом, равным ее ширине. Параллельно первой разбивочной линии на расстоянии, равном ширине геомодуля, намечают вторую и устанавливают маркеры так, чтобы на местности были обозначены углы четырехугольников. Ширина захватки должна быть, как правило, равна высоте откоса. Работы могут проводиться одним или двумя фронтами в правую и левую стороны.

Растяжение пластиковой георешетки (пакета) выполняет вручную бригада из четырех рабочих, которые растягивают пакет до монтажного размера, например 6,1 м (стандарт организации ООО «Фортек»), и крепят его монтажными анкерами к поверхности откоса по всему периметру. Следующий модуль георешетки растягивают и выполняют примыкание вплотную к предыдущему, а их ребра (границы) соединяют металлическими скрепками или Г-образными анкерами.

Следует контролировать параллельность сторон, образуемых при растяжении пакетов георешетки. Для этого на уложенный и растянутый пластиковый геомодуль Фортек укладывают настил из досок.

При укреплении конусов необходимо, чтобы конструкция из георешетки копировала их локальные поверхности.

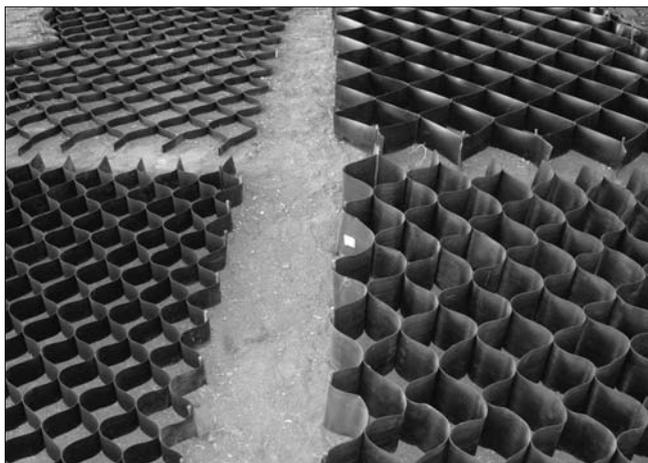


Рис. 2. Варианты георешеток для укрепления грунта

Контрольной проверкой определяют места с недопустимыми неровностями, возникающими при монтаже, и назначают способы их устранения перед окончательным креплением конструкции к поверхности конуса и заполнением ячеек.

Ячейки георешетки заполняют с помощью ковшовых погрузчиков или экскаваторов, например типа УДС, либо экскаваторов с обратной лопатой. Материал для засыпки георешетки завозят и складировать непосредственно на откосах или около их подошвы и укладывают в ячейки с перекрытием не более 5–10 см над поверхностью пластиковой георешетки.

Разравнивание, планировку и уплотнение (при необходимости) материала-заполнителя осуществляют вручную или механизированным способом сверху вниз с постепенным перемещением по линии фронта работ. Запланированный объем укрепительных работ по ширине захватки необходимо выполнить до конца смены, чтобы исключить образование промоин под ячейками георешетки в случае выпадения интенсивных атмосферных осадков.

Постоянные анкеры устанавливают равномерно по площади вровень с поверхностью укрепляемого откоса, после чего извлекают монтажные анкеры.

При устройстве упоров в подошве конуса, откоса, в местах возможных размывов и других, предусмотренных проектом, на границе участков по линии края георешетки перпендикулярно поверхности откоса роют траншею шириной 15–20 см и глубиной 50 см. В нее укладывают плотно геотекстильного материала, верхнюю часть которого соединяют с ребрами георешетки. Затем траншею засыпают грунтом и уплотняют.

В необходимых случаях упоры изготавливают из бетона или железобетона в монолитном или сборном варианте. При

Таблица 2

укреплении конусов бетонный или железобетонный упор в основании конуса должен иметь лекальную конфигурацию.

Для образования прочного дернового покрова на поверхности откоса осуществляют посев подобранных смесей трав с последующим боронованием, поливом водой и уходом.

Устройство конструкций укрепления в общем комплексе обеспечения устойчивости откоса с использованием объемной георешетки включает следующие операции:

- устройство прослойки из рулонного тканого геосинтетического материала, прочность которого устанавливают расчетом;
- установку георешетки и крепление ее по контуру анкерами к нижнему слою;
- укладку в ячейки георешетки заполнителя (песка, щебня и т. п.);
- удаление монтажных анкеров (допускается оставлять монтажные анкеры в составе конструкции);
- разравнивание и планирование поверхности;
- уплотнение материала засыпки (коэффициент уплотнения не менее 0,9);
- окончательное планирование поверхности; толщина слоя заполнителя над георешеткой должна составлять 5–10 см.

Аналогично формируют вышележащие слои армогрунтовой конструкции и ее укрепления. Рекомендуются при монтаже облицовки сдвигать ряды георешетки по отношению к нижележащим на половину ширины ячейки в сторону от лицевой поверхности откоса или на величину, предусмотренную проектом.

При устройстве многослойных конструкций укрепления для обеспечения общей устойчивости откоса с использованием в том числе рулонных синтетических материалов особое внимание следует обращать на: качество укладки рулонного геосинтетического материала (без складок и перекосов) и выдерживание заданного нахлеста полотен не менее 0,5 м; недопустимость наезда машин и механизмов на полотна синтетического материала и их разрушение; обеспечение требуемого коэффициента уплотнения грунта.

Уход и содержание конструкций укрепления заключается в их регулярном обследовании, выявлении разрушенных участков и ремонте, например досыпка щебня в ячейки, замена отдельных модулей. При длительной засушливой погоде озелененные откосы следует поливать, особенно первые два года эксплуатации.

#### Список литературы

1. ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд. М.: Информавтодор, 2001. 145 с.
2. Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. М.: Транспорт, 1980. 191 с.

## 40-летие секции

### «Нерудные строительные материалы» РНТО строителей



Секция «Нерудные строительные материалы» в системе одного из Всесоюзных отраслевых научно-технических обществ (НТО строительной индустрии) была образована в 1969 г. по инициативе д-ра техн. наук И.Б. Шлаина. Главной задачей секции было идейное объединение отрасли, предприятия которой входили в состав 60 министерств и ведомств. Разобщенность затрудняла проведение единой технической политики.

Эту задачу на протяжении всего периода существования секция стремится выполнять. Роли объединения способствует проведение конференций (прежде всесоюзных, теперь международных). Конференции проходят с интервалом в два года; этот интервал выдерживался даже в тяжелые 1990 гг. Всегда издавались сборники докладов. В работе конференций участвуют производители и потребители минеральной про-

дукции, машиностроители, руководители предприятий, исследовательских и учебных организаций. На конференциях коллегиально вырабатывается общая позиция по актуальным вопросам. Горняки встречаются с отечественными и зарубежными машиностроителями.

Кроме массовых конференций, проводятся локальные конференции и семинары по узким вопросам. Такие встречи, часто устраиваемые на производственных предприятиях, проходят 3–4 раза в год.

Большую помощь в работе секции оказывает ассоциация «Недра», а также Московский государственный горный университет, ФГУП «ВНИПИИстромсырье», НИИЖБ им. Гвоздева, ОАО «СоюздорНИИ». На сентябрь 2010 г. намечено проведение 14-ой конференции «Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов».

В.В. ВОЛКОВ, канд. физ.-мат. наук, Д.Е. БАРАБАШ, д-р техн. наук,  
В.В. ЛАЗУКИН, инженер, Военный авиационный инженерный университет (Воронеж)

## Перспективы использования СВЧ-излучений при укладке полимермодифицированных асфальтобетонных смесей

Российский климат достаточно суров, причем температура не только достигает низких значений, но и зачастую стремительно переходит через ноль. Мороз не так вреден для материала дорожных одежд, как резкие циклические перепады температуры. В Москве, например, среднегодовая температура имеет значение около  $14^{\circ}\text{C}$ , и это относительно низкая температура, учитывая расположение города по широте. Свой вклад в понижение среднегодового показателя вносят именно температурные перепады. Аналогичная климатическая ситуация существует на большей части территории России. Так, территория 2-й климатической зоны превышает 60% площади страны. Это зона континентального климата, характеризующаяся большим числом циклических перепадов температуры, которая за один день способна изменять свое значение на  $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$ . Это вызывает значительные линейные деформации конструкции дорожного полотна, за счет чего на поверхности дорожных покрытий развиваются трещины. При многократном воздействии автомобильных колес трещины разветвляются, и через 3–4 года покрытие выходит из строя.

Ежегодные затраты на ремонт дорог в России составляют около 4 млрд руб. Любое снижение затрат, возможность сэкономить не в ущерб качеству выглядит весьма привлекательно.

Использование полимерных модификаторов битума позволяет существенно повысить долговечность асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

Введение в битумно-минеральный компаунд подходящего для российских условий полимерного модификатора придает битумному вяжущему (БВ) и всему модифицированному асфальтобетону повышенную сопротивляемость усталостным нагрузкам, возникающим при циклических перепадах температуры; повышенные адгезивные свойства; морозостойкость; низкотемпературную гибкость и эластичность; стойкость к течению при повышенной температуре.

Улучшение адгезии позволяет сэкономить на затратах за счет снижения временных и финансовых издержек при подготовке основания под асфальтобетон при его укладке, гарантирует отсутствие его отслоения в процессе эксплуатации из-за температурных деформаций.

Отличная сопротивляемость усталостным нагрузкам повышает трещиностойкость асфальтобетонного слоя, тем самым предотвращая попадание влаги в основание.

Стойкость к течению при повышенной температуре делает возможным применение модифицированных асфальтобетонов в районах с жарким летом без нарушения их несущей способности, обеспечивает предотвращение колеобразования.

Морозостойкость снижает риск размораживания асфальтобетона в периоды осенне-весенних заморозков, повышает устойчивость к растрескиванию.

Низкотемпературная гибкость делает возможной укладку слоев асфальтобетона даже при температуре

до  $-10^{\circ}\text{C}$ , допуская проведение несезонных ремонтных работ.

Очевидно, что производство модифицированных битумных вяжущих для удовлетворения нужд дорожного строительства является весьма актуальным.

Например, ОАО «Газпромнефть» начинает промышленное производство битумных продуктов нового поколения на базе своих нефтеперерабатывающих предприятий. Первую установку по выпуску нового продукта – полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) – мощностью до 10 тыс. т в год планируется ввести в эксплуатацию на «Омском НПЗ» в 2010 г. Потребителями нового продукта станут автодорожные службы Сибирского региона, в частности подрядные организации Федерального управления автомобильных дорог «Сибирь» (ФГУ «Сибуправтдор»).

Применение ПБВ в дорожном строительстве позволит значительно увеличить срок службы автомагистралей, обеспечив собственникам дорог значительную экономию на ремонтных работах, поскольку температура хрупкости ПБВ составляет  $-40^{\circ}\text{C}$  в сравнении с  $-15\text{--}18^{\circ}\text{C}$  у традиционных битумов. Даже невысокие динамические нагрузки в этих условиях вызывают растрескивание дорожного покрытия из немодифицированных битумов.

По заявлениям производителей, за счет применения ПБВ сроки между плановым и капитальным ремонтами дорог увеличиваются с 2–4 до 8–12 лет.

В мировой практике модификацию дорожных битумов производят преимущественно термоэластопластами (ТЭП).

В целом структура ТЭП состоит из двух микроскопических фаз: одна низкомолекулярная и легко деформируемая, вторая – жесткая, выполняющая функции связи между упругоэластичными зонами. Такие свойства обуславливают возможность изменения внутренних механических характеристик ТЭП от упругоэластичного до жидкого полимера.

При нагревании ТЭП выше температуры плавления жесткая фаза расплавляется и позволяет полимеру вытекать в перерабатывающее оборудование. При более низкой температуре ТЭП имеет свойства эластомера и быстро восстанавливает форму после растяжения или сжатия. Предельная температура применения ТЭП – температура плавления полимерной фазы. Минимальная температура применения ТЭП значительно ниже этого предела и ограничивается способностью полимера выдерживать окислительную и химическую деструкцию, которая значительно усиливается при высокой температуре.

Основой нескольких групп ТЭП стал полимер, состоящий из макромолекул, сочетающих жесткие и эластичные блоки. Это блоксополимеры, включающие термопластичные стирольные эластомеры (СБС), термопластичные уретаны (ТПУ), сополиэфир (СОРЕ), сополиамиды (СОРА).

Другие группы представляют собой соединения жестких и эластичных полимеров, достаточно совместимых для обеспечения связи. В них входят термопластичные соединения полиолефиновых эластомеров (ТПО) и полипропилена с поливинилхлорид/бутадиен-нитрильными каучуковыми смесями (ПВХ/БНК).

ТЭП с фазой эластомера поперечного сшивания являются термопластичными вулканизатами (ТПВ) и, как правило, имеют механические свойства класса термопластичной резины.

Резкий количественный рост рассмотренных продуктов продолжается, особенно в связи с развитием международной транспортной инфраструктуры.

Львиную долю на отечественном рынке ТЭП занимают зарубежные производители. Вместе с тем поддерживаемые российским правительством инвестиционные проекты затрагивают и сферу производства полимерных модификаторов битумных вяжущих.

В жестких рыночных условиях для эффективной конкуренции с зарубежными компаниями, выпускающими от 12 (Dynasol, Polimery Europa) до 30 (Kroton Polimers) марок термоэластопластов, ОАО «Воронежсинтезкаучук» – единственному их производителю в России в последние два года пришлось резко активизировать работу по расширению номенклатуры указанной продукции: в 2007 г. ОАО «Воронежсинтезкаучук» выпустило только одну марку – ДСТ–30Р–01, в 2008 г. предприятие уже постоянно производило две марки ДСТ–30Р–01 и ДСТ–30–01, применяемые в дорожном строительстве. В течение текущего года освоен выпуск еще трех марок: ДСТ–30–814, ДСТ–30–58, ДСТ–30Р–814, причем последняя является аналогом зарубежных термоэластопластов Кратон-1102 и Кратон-1152. Их основные физико-механические характеристики приведены в таблице.

Подбор эффективного модификатора для заданных условий эксплуатации дорожного покрытия является достаточно сложной технической задачей. Решающим фактором при выборе нужной марки ТЭП является знание характеристик исходного битума.

Битум – сложная дисперсная система, в которой дисперсионной средой являются маальтены (масла и смолы), а дисперсной фазой – асфальтены. Устойчивость системы, в том числе трещиностойкость, теплоустойчивость и долговечность, зависит от соотношения долей маальтенов и степени их сродства.

В высокоокисленных битумах содержание асфальтенов достаточно велико, при невысокой температуре они образуют сплошную структуру, обеспечивая битуму вязкостно-эластические свойства и необходимую устойчивость к течению. Чем менее окислен битум, тем меньше в нем асфальтенов (ГОСТ Р2056–2003).

Необходимо отметить, что в процессе окисления битумов количество масел убывает за счет уменьшения содержания низкомолекулярных ароматических компонентов, в то время как парафино-нафтеновые соединения практически неизменны.

При введении в битум порошкообразного термоэластопласта последний адсорбирует ароматические маальтены битума, набухая в них.

Загущая дисперсионную среду, ТЭП активно влияет на свойства всего битума, понижая его температуру хрупкости и пенетрацию и повышая температуру размягчения. У системы появляются признаки эластичности.

При концентрации ТЭП в битуме 4–8 мас. % объемная доля набухшего полимера настолько высока, что он выделяется в отдельную фазу: образуется квазидвухфазная система – фаза, обогащенная ТЭП, и фаза, обогащенная асфальтенами. Поведение полимера адекватно поведению высокоактивного эластичного наполнителя битума, армирующего своими волокнами битумную матрицу [1].

Концентрация ТЭП свыше 12 мас. % приводит к обращению фаз. В этом случае полимер из наполнителя становится матрицей, а битум – наполнителем.

При введении ТЭП молекулы последнего конкурируют с асфальтенами за маальтены битума. При повышенном содержании полимера количество маальтенов становится недостаточным для пептизации асфальтенов, и они коагулируют в виде твердой фазы – битум «распадается».

Таким образом, чем более окислен битум, тем меньшее количество полимера можно в него ввести без ущерба его коллоидной стабильности. Действительно, подтверждено постоянство суммы асфальтенов и полимеров для критических битумных композиций из одинаковых видов сырья.

Это обстоятельство позиционирует полимерные модификаторы как очень узкоспециализированный, специфический продукт, вывод на рынок которого целесообразно осуществлять при совместном участии производителя и потребителя.

Потребление ТЭП в дорожном строительстве сохраняется на уровне середины 90-х гг. – около 1000 т в год.

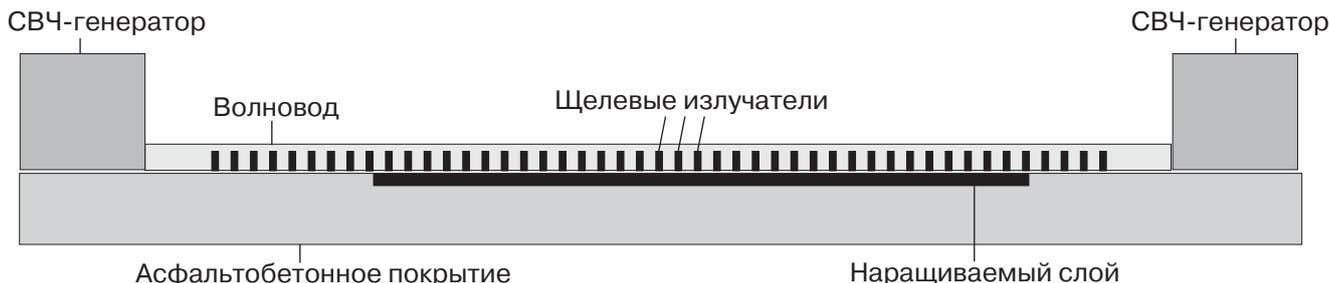
В дорожном хозяйстве России доля использования битумов, модифицированных полимерами, составляет всего 4%, в то время как в США и Китае доля покрытий на основе указанных материалов достигает 15, а в Европе – 20%. При этом в нашей стране доля протяженности дорог, соответствующих нормам, составляет менее 40%.

Поскольку автотранспортом ежегодно перевозится 70% всех грузов, логистические издержки в цене перевозимого товара составляют 20–25%. В результате из-за неудовлетворительного состояния дорог Россия ежегодно теряет более 1,8 трлн р. в год, или 3% ВВП.

Причины подобной ситуации кроются в слабом внедрении современных технологий в дорожном строительстве, недостаточном контроле качества материалов и технологий производства дорожных работ, низком уровне проектно-изыскательских работ, отсутствии методик расчета конструкции дорожных одежд.

Наиболее уязвимым местом в технологии приготовления асфальтобетонных смесей на основе модифицированных битумов является их термическая подготовка.

Марка	Содержание связанного стирола, %	Индекс расплава, г/10 мин (190°C, нагрузка Р=49,1 Н)	Твердость по Шору А, усл. ед.	Характеристическая вязкость, дл/г	Нормативные документы
ДСТ–30–01	27–31		не менее 65	1–1,4	ТУ 38.103267–99
ДСТ–30–58	27–31	5,1–8	не более 75	–	ТУ 38.103267–99
ДСТ–30Р–01	27–31	–	не более 85	1–1,6	ТУ 38.40327–98
ДСТ–30Р–48	27–31	4,1–8	не более 80	–	ТУ 38.40327–98
ДСТ–30ДР–48	28–32	2–10	не более 80	1–1,4	ТУ 38.40363–99



Щелевой излучатель СВЧ в поверхностный слой материала

Стандартное оборудование асфальтобетонных заводов не способно обеспечить оперативный переход на различные режимы прогрева смесей. Вследствие этого даже использование узкоспециализированных модификаторов – дивинилстирольных термоэластопластов не дает ожидаемого эффекта. Это обусловлено тем, что АБЗ, как правило, расположены на значительном удалении от мест проведения работ. В связи с этим для компенсации потерь тепла во время длительной перевозки смесь нагревают до температуры выше требуемой при укладке.

При этом увеличивается расход энергии и ухудшается качество асфальтобетона вследствие развивающейся деструкции как самого битума, так и модификатора.

Очевидно, что для приготовления МПБ необходим переход на энергосберегающие технологии, исключающие деструктивные воздействия наготавливаемые смеси. В этой связи весьма перспективным представляется СВЧ-нагрев асфальтобетонных смесей на месте.

Научные исследования показали эффективность использования энергии микроволн. Изменяя геометрию и напряженность электрического поля, можно создать условия, при которых температура в центре изделия будет выше, чем на его поверхности. Достижимый при этом объемный нагрев изделия позволяет значительно интенсифицировать процесс термообработки; повысить качество готовых изделий и экономические показатели процесса; уменьшить площадь, занимаемую нагревательными установками; организовать и интенсифицировать технологические процессы; создать новые их виды [2].

С помощью СВЧ-технологий возможно формирование тонких высокопрочных защитных слоев на поверхностях, предохраняя их от воздействия механических нагрузок, агрессивных сред и атмосферных осадков.

Поверхностная обработка асфальтобетонного покрытия при помощи щелевых излучателей (см. рис.) – одно из перспективных направлений. Излучатели подобной конструкции позволяют резко сократить энергозатраты, причем этот эффект многократно усилится, если в качестве материала для защитного слоя, а также слоя износа использовать механическую смесь битума, наполнителя и порошкообразного ДСТ. Указанную смесь можно готовить на месте производства работ и укладывать на ремонтируемую поверхность без предварительного разогрева. В качестве прокладки, отражающей электромагнитное излучение, возможно применение геосеток с включением металлических нитей. При использовании такой технологии электрическое поле в воздухе занимает больший объем с малой напряженностью, а в диэлектрической прокладке оно концентрируется и имеет значительную напряженность, распространяется практически по всей длине геосетки, в результате чего полное сопротивление получается большим. Энергия, распространяющаяся вдоль волновода, непрерывно затухает, но средний нагрев каждого элемента слоя будет приблизительно одинаковым. Если волновод достаточно длинный, на высоких частотах

глубина проникновения поля в материалы мала, тогда как на более низких частотах пробой диэлектрика лимитирует уровень подводимой мощности.

При применении СВЧ-нагревателей ремонтируемое покрытие быстро и без повреждений прогревается на большую глубину [3].

Энергия электромагнитного поля проникает в покрытие на всю его глубину и сам материал преобразует эту энергию в тепловую одновременно во всем занимаемом объеме. В связи с этим отсутствуют перегрев поверхности покрытия, не развивается деструкция органического связующего и модификатора.

СВЧ-установка равномерно разогревает смесь до 65–82°С, и ДСТ переходит в пластическую фазу, обеспечивающую качественное уплотнение смеси.

Погодные условия при СВЧ-способе мало влияют на процесс восстановления покрытия, поскольку ремонтируемый участок находится под щелевым излучателем. Нагретый материал уплотняется катками с металлическими вальцами непосредственно после перемещения СВЧ-излучателя.

При кажущейся простоте технологии СВЧ-нагрев требует тщательного соблюдения параметров излучения, установление которых необходимо производить для каждого сочетания используемого битума и марки термоэластопласта. Как показано в таблице, ДСТ различаются по структуре при практически постоянном содержании связанного стирола, что и обуславливает различие их свойств. Аналогично и марки применяемых дорожных битумов накладывают ограничения на параметры СВЧ-излучений.

Исследования авторов в области оптимизации количественного и качественного составов модифицированных асфальтобетонных смесей позволили выявить зависимость продолжительности и интенсивности СВЧ-разогрева от полученных рецептур.

Количественный и качественный состав асфальтобетонных смесей корректировали в соответствии с предполагаемыми климатическими и эксплуатационными условиями. Варьировали также и толщину укладываемого слоя. В результате были получены номограммы, устанавливающие режимы СВЧ-излучения для определенных видов смесей.

Полученные экспериментальные данные легли в основу создания СВЧ-установки для формирования слоев износа на аэродромном покрытии, а также для нанесения маркировки с использованием дивинилстирольных термоэластопластов марок ДСТ-30Р-01 и ДСТ-30Р-48.

#### Список литературы

1. *Рапинов В.Б., Иванов Ф.М.* Химия в строительстве. М.: Стройиздат, 1977. 220 с.
2. *Архангельский Ю.С.* Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов. Саратов: Сарат. ун-т, 1983. 140 с.
3. *Карпенко Ю.В., Нефедов В.Н.* Машины для СВЧ-разогрева асфальтобетонных покрытий. М.: Стройиздат, 1997. 51 с.

# IV Международный научно-практический семинар «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве» (МИСХОР-2009)

15–19 сентября 2009 г. в Ялте п.г.т. Гаспра (Украина, АР Крым) прошел традиционный IV Международный научно-практический семинар «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве». Его организаторами выступили Министерство регионального развития и строительства Украины, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, ЧП «ИНТеРБудМа» при спонсорской поддержке фирм: «Masa-Henke Maschinenfabrik GmbH», «WEHRHANN» (Германия), «HESS AAC SYSTEM» (Голландия), при организационной поддержке ЗАО «Севастопольский Стройпроект» и ООО «Аквалит» (г. Севастополь).



А. П. Авдеенко



Г. Запоточна-Сытэк



М. Синица



В.А. Мартыненко – реплика из зала

В работе семинара приняли участие 125 руководителей и специалистов предприятий – производителей автоклавного газобетона, проектных и научных институтов, вузов, строительных и торговых организаций, представителей компаний – поставщиков технологического оборудования, правительственных и общественных организаций из большинства регионов Украины, Беларуси, Германии, Голландии, Латвии, Литвы, России, Эстонии. К сожалению, по сравнению с прошлым семинаром сократилось число участников из России.

В рамках семинара Министерством регионального развития и строительства Украины проведен круглый стол «Развитие производства изделий из ячеистого бетона и их использование в современном строительстве». В его работе приняли участие представители ПГАСА, Ассоциации «Всеукраинский союз производителей строительных материалов и изделий», а также ведущие специалисты украинских отраслевых предприятий, научно-исследовательских и проектных институтов, строительных организаций. Были обсуждены вопросы совершенствования механизмов разработки национальных нормативов по производству и использованию автоклавного ячеистого бетона, а также проблемы увеличения применения изделий из ячеистого бетона в промышленном и гражданском строительстве Украины. Одним из основных направлений в работе является приведение украинских строительных норм и стандартов в соответствие европейским требованиям с целью повышения конкурентоспособности газобетонных изделий автоклавного твердения, а также обеспечение реализации отраслевой программы повышения энергоэффективности в строительной отрасли на 2010–2014 гг.

В программе семинара были представлены две группы докладов и сообщений: вопросы энергосбережения при производстве газобетонных изделий и энергосбережение при строительстве и эксплуатации зданий с использованием газобетонных изделий при различных конструктивных решениях ограждающих конструкций в жилищно-гражданском строительстве.

Доклад канд. техн. наук **В.А. Мартыненко** был посвящен производству изделий из автоклавного газобетона и развитию производственной базы в Украине. Отмечено снижение производства газобетонных изделий в 2008 г. по заводам Украины на 3,2%. В целом доля газобетонных изделий в объеме стеновых материалов составляет около 1%, что несравнимо с Россией, Польшей, Республикой Беларусь. При анализе развития производственной базы докладчиком сделан акцент на то, что лабораторией

ячеистых бетонов ПГАСА и ЧП «ИНТеРБудМа» разработаны проекты первых украинских линий (полный комплект оборудования) газобетонных изделий малой (200–300 м<sup>3</sup>/сутки) и средней (600–800 м<sup>3</sup>/сутки) производительности, в которых реализованы энергосберегающие решения. В частности, за счет рационального использования экзотермии твердения цемента и поддержания в газобетонных массивах температуры 70–85°C перед автоклавной ТВО позволяет снизить удельные затраты на 20–45%, что гораздо меньше по сравнению с известными технологиями. Докладчик также отметил неравномерность размещения заводов на территории Украины. Преобладает строительство в Центральном регионе, особенно в Киевской области.

О развитии нормативной базы по проектированию зданий и сооружений как жилого, так и общественного назначения доложил **А.П. Авдеенко**, начальник Управления архитектурно-конструктивных и инженерных систем зданий и сооружений Министерства регионального развития и строительства Украины, архитектор, действительный член Академии строительства Украины. В настоящее время разработаны и утверждены нормативно-методические документы (ДБН 2.6-31:2006 «Конструкции зданий и сооружений. Тепловая изоляция зданий» и ДСТУ Б В.2.7-137:2008 «Строительные материалы. Блоки из газобетона стеновые мелкие. Технические условия»), которые будут способствовать расширению применения ячеисто-бетонных изделий в строительстве Украины. Было также отмечено, что Минрегионстрой считает автоклавный газобетон перспективным стеновым материалом для строительства энергосберегающих домов.

С интересом участники семинара выслушали сообщения ведущего научного специалиста из Польши доктора-инженера **Г. Запоточной-Сытэк**, которая рассказала о европейских стандартах для изделий из автоклавного газобетона. Польша является самым крупным производителем таких изделий в Европе (объем производства составил 4,9 млн м<sup>3</sup>). В последние годы осуществлены коренные изменения в технологии автоклавного газобетона (подготовка сырьевых материалов, дозировка компонентов, резка массивов, а также упаковка готовой продукции). В 2011 г. в Польше будет отмечаться 60-летие промышленного производства газобетонных изделий автоклавного твердения. Этому событию будет посвящен V Международный конгресс по ячеистым бетонам.

Вице-президент «AEROC International AS» канд. техн. наук **Я.М. Паппавсис** в своем выступлении подчеркнул, что вопросы энергосбережения необходимо решать уже на стадии



Обмен мнениями. Слева направо: В.И. Жаглин, Г.А. Арцыбашев, П.П. Ткачик



Глава представительства фирмы «Маза-Хенке» в СНГ и странах Балтии А.К. Иванов (слева) и директор ОАО «СМОРГОНЬСИЛИКАТОБЕТОН» Н.Н. Федосов

проектирования, так как исправление проекта на стадиях строительства и эксплуатации зданий связано с большими затратами. Он также отметил положительные стороны введенного в действие на территории Украины ДБН В.2.6-31:2006, которыми устанавливаются требования не только к теплоизоляционным свойствам ограждающих конструкций зданий, но и к нормативным теплопотерям зданий на 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади в год. При этом для ограждающих конструкций при определении теплопотерь в расчет должны приниматься характеристики теплопроводности стеновых материалов, влажностной режим ограждающих конструкций, воздухопроницаемость и тепловая инерция конструкций. Кроме того, в этом документе приведена методика составления и форма энергетического паспорта дома.

Об особенностях производства газобетонных и силикатных изделий по технологии компании «Маза-Хенке» рассказал глава представительства в СНГ и странах Балтии **А.К. Иванов**. Фирма «Маза-Хенке» предлагает технологические линии для производства газобетонных изделий и армированных конструкций – линию «Варио-Блок» и линию «Варио-Панель».

На семинаре присутствовали председатель совета директоров ЗАО «Воронежский комбинат строительных материалов» **В.И. Жаглин** и зам. главного инженера **Г.А. Арцыбашев**. Они рассказали об опыте производства газобетонных изделий на технологической линии ВКСМ, созданной на основе цеха по производству силикатного кирпича. Все технологическое оборудование разработано специалистами завода

и изготовлено в России. Цех по выпуску газобетонных изделий был запущен в 2003 г., и за прошедший период осуществлялось поэтапное проведение мероприятий по совершенствованию технологии и увеличению его производительности. Главной отличительной особенностью данного производства является минимальное время предварительной выдержки до начала резки массива – около 20 минут (при средней плотности 500 кг/м<sup>3</sup>).

Учитывая высокую технико-экономическую эффективность изделий из газобетона автоклавного твердения по сравнению с другими стеновыми материалами, последний определен главным стеновым материалом в Республике Беларусь, где его производство в 2008 г. составило 2,97 млн м<sup>3</sup>. Об опыте производства и применения ячеистого бетона в Республике Беларусь рассказал канд. техн. наук, **Н.П. Сажнев**. Наряду с увеличением общего объема производства газобетонных изделий представляется целесообразным изготовление новых видов продукции – крупных стеновых блоков, армированных стеновых панелей вертикальной резки, плит перекрытия длиной до 7,2 м, использование которых позволит снизить трудозатраты на 12–15%, сократить сроки строительства на 15–20%, уменьшить удельную стоимость единицы общей площади на 10–12%.

Газобетон может быть не только стеновым материалом, но и эффективным жаростойким теплоизоляционным материалом. Об исследованиях влияния различных армирующих добавок на свойства автоклавного ячеистого бетона рассказал **М. Синица**, д-р техн. наук, Институт

термоизоляции Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса. Установлено, что небольшое количество добавки волокна базальтовой ваты повышает морозо- и термостойкость автоклавного газобетона и позволяет его применять при температуре до 650°C.

С большим интересом участники семинара выслушали сообщение директора специализированного ЧП «Техноцукор» **Н.И. Чуловского** об опыте реконструкции известково-обжигательных печей. В Украине показательные результаты реконструкции печи на Белгород-Днестровском заводе ячеистых бетонов. После ее реконструкции за счет повышения качества извести (активность извести повысилась до 90–92%) расходы известняка снизились на 25–30%, а расход топлива – на 30–35%.

Ведущий инженер ОАО «Пермский завод силикатных панелей» **А.М. Щукин** поделился опытом эксплуатации экспериментальной новой линии для производства газобетонных блоков первой категории «Сотаблок» автоклавного твердения. Эта линия спроектирована, изготовлена и смонтирована силами пермских предприятий. Линия рассчитана на изготовление 255 м<sup>3</sup> блоков в сутки при двусменной работе и четырех автоклавов для ТВО. Особенностью этой линии является то, что впервые решен вопрос удаления подрезного слоя на перестановщике массивов. Такое решение эффективнее предложений некоторых зарубежных фирм.

На семинаре было затронуто ряд дискуссионных научно-технологических вопросов.

В заключение участники семинара выразили слова благодарности организаторам.



Д.М. АНТОНОВСКИЙ, инженер,  
Представительство HUESKER Synthetic GmbH (Москва);  
И.С. ЛАДНЕР, канд. техн. наук, менеджер по России и странам СНГ,  
HUESKER Synthetic GmbH, (г. Гешер, Германия)

## Прогнозирование расчетной долговременной прочности геосинтетических материалов

В настоящее время существует несколько методов прогнозирования расчетной долговременной прочности армирующих геосинтетических материалов. Одним из самых надежных и дающих максимально близкие к фактическим значениям результаты является метод в соответствии с Рекомендациями по расчету и проектированию армированных геосинтетическими материалами грунтовых массивов и конструкций EBGEO (Германия) [1].

Расчетная долговременная прочность армирующих геосинтетических элементов  $F_d$  определяется по формуле:

$$F_d = \frac{F_k}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot \gamma_B},$$

где  $F_k$  – гарантированная производителем и сертифицированная прочность материала при кратковременном растяжении (номинальная, или «марочная» прочность), кН/м;

$A_1$  – понижающий коэффициент, учитывающий ползучесть материала в процессе укладки и в течение всего срока эксплуатации (напрямую зависит от исходного сырья, способа производства материала и проектного срока службы конструкции);

$A_2$  – понижающий коэффициент, учитывающий потерю прочности в процессе транспортировки и укладки материала, укладки и уплотнения грунта или сыпучего каменного материала (зависит от типа материала, исходного сырья, типа и зернового состава минерального наполнителя);

$A_3$  – понижающий коэффициент, учитывающий стыки и нахлесты соседних полотен, а также наличие заводских или выполненных на строительной площадке швов;

$A_4$  – понижающий коэффициент, учитывающий сопротивление внешним факторам – микроорганизмам, ультрафиолетовому излучению, внешним химическим воздействиям (включая значение pH среды), перепаду температур;

$A_5$  – понижающий коэффициент, учитывающий деградацию свойств материала под действием внешних динамических и сейсмических нагрузок, а также при взрывных воздействиях;

$\gamma_B$  – общий коэффициент запаса.

В соответствии с концепцией FGSV [2] значение общего коэффициента запаса на использование геосинтетических материалов (независимо от типа, вида и физико-механических характеристик)  $\gamma_B = 1,75$ .

Понижающие коэффициенты  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$  (значения каждого из них  $\geq 1$ ) подлежат обязательной сертификации в авторитетных и независимых международных лабораториях; для определения каждого из указанных параметров существуют соответствующие международные, европейские и национальные стандарты. При отсутствии международных сертификатов на данные коэффициенты в качестве их значений принимаются нормированные величины в зависимости от исходного типа сырья.

Коэффициент  $A_1$  является одним из основополагающих факторов влияния на расчетную долговременную прочность. Для сертификации данного показателя необходимо производить несколько специальных циклов трудоемких испытаний, включая испытание на долговременную ползучесть материала продолжительностью, по меньшей мере 10 тыс. часов (более одного года). В табл. 1 в соответствии с [1] приведены ориентировочные фактические сертифицированные значения показателя  $A_1$  для материалов ведущих мировых производителей геосинтетики, а также нормативные значения для материалов, у которых отсутствует отдельный международный сертификат на данный показатель.

Значение коэффициента  $A_2$  подлежит специальной сертификации по трем группам материалов на контакте с геосинтетиком:

1) мелкозернистый грунт (песок, супесь, суглинок, глина);

2) щебень, песчано-гравийная смесь и гравий фракций до 40 мм;

3) щебень, песчано-гравийная смесь и гравий фракций до 70 мм.

При отсутствии у геосинтетического материала сертификата на данные испытания принимается:  $A_2 = 1,5$  при контакте материалов с песком или грунтом с полным остатком на сите 2 мм менее 10 % по массе;  $A_2 = 2$  при контакте материала с каменным материалом с окатанными частицами (гравий). При отсутствии сертификата на взаимодействие материала со щебнем его применение в конструкции недопустимо либо необходимы дополнительные защитные мероприятия.

Таблица 1

Исходное сырье	Обозначение	Значения показателя $A_1$ для испытанных и сертифицированных материалов	Значения показателя $A_1$ для не имеющих сертификата на данный показатель материалов
Арамид	AR	1,5–2	3,5
Полиамид	PA	1,5–2	3,5
Полиэтилен	PE	2–3,5	6
Полиэстер	PET	1,5–2,5	3,5
Полипропилен	PP	2,5–4	6
Поливинилалкоголь	PVA	1,5–2,5	3,5

Таблица 2

Исходное сырье	Обозначение	Нормативные значения показателя $A_4$
Арамид	AR	3,3
Полиамид	PA	3,3
Полиэтилен	PE	3,3
Полиэстер	PET	2
Полипропилен	PP	3,3
Поливинилалкоголь	PVA	2

Значение параметра  $A_3$  принимается равным 1 в случае, если в соответствии с расчетной моделью основные нагрузки воспринимаются геосинтетическим материалом в одном направлении (в таких случаях в целях экономии прочность материала в поперечном направлении может быть в несколько раз ниже, чем в продольном) и при отсутствии стыков, швов, в том числе заводских, и нахлестов в данном (армирующем) направлении. В остальных случаях значения данного показателя определяются также по серии соответствующих лабораторных испытаний. В случаях использования равнопрочного в двух направлениях материала величина нахлеста соседних полотен определяется расчетом (зачастую эта величина может превышать ширину рулона). Для снижения значения коэффициента  $A_3$  могут применяться также скрепление соседних полотен плоских георешеток проволокой, забивка металлических анкеров с определенным шагом либо прошивка соседних тканых геополотен высокопрочными арамидными нитями с помощью специального устройства. Однако во всех перечисленных случаях значения коэффициента  $A_3$  также принимаются по результатам специальных лабораторных и натурных испытаний аккредитованными лабораториями. Например, при прошивке полимерных тканых геотекстильных полотен прочными арамидными нитями в направлении армирования в заводских условиях  $A_3 = 2$ . В связи с этим на стадии проектирования стараются максимально избежать стыков и нахлестов, в том числе путем заказа на производстве рулонов геосинтетических материалов нестандартной длины в соответствии с проектом, с целью доведения значения коэффициента  $A_3$  до величины 1.

Параметр  $A_4$  включает в себя сопротивление материала нескольким видам внешних воздействий – химическому, микробиологическому, температурному и др. Определение величины данного понижающего коэффициента является достаточно трудоемким (с необходимостью проведения нескольких различных серий лабораторных и натурных испытаний, причем для различных значений pH среды). Отсутствие специального международного сертификата на данный показатель позволяет применять материалы только в нейтральной среде (pH = 4–9) с нормативными коэффициентами, приведенными в табл. 2 в соответствии с [1].

При наличии в конструкции бетонных слоев или элементов либо укрепленных цементом грунтов (щелочная среда, pH = 9–14), а также в кислотной среде (pH = 0–4) определенные геосинтетические материалы неприменимы из-за низкой сопротивляемости агрессивным средам исходного сырья. В таких случаях допускается использовать только материалы, имеющие специальные международные сертификаты на понижающий коэффициент  $A_4$  в щелочной и кислотной средах.

Коэффициент  $A_5$  в большинстве случаев не используется при типовом проектировании (принимается  $A_5 = 1$ ). Значения данного параметра определяются по результатам лабораторных испытаний при индивидуальном и специальном проектировании (защита от взрывов и террористических актов, при сейсмичности от 7 баллов и в ряде других случаев) либо при преобладании динамического воздействия от внешних нагрузок, например, в железнодорожном строительстве. В ряде случаев определенные виды и типы армирующих геосинтетических материалов не подвержены деструктивному влиянию сейсмических, а также периодических и затухающих динамических нагрузок, например плоские георешетки с гибкими узлами из поливинилалкоголя типа Fortrac групп М и МР (по результатам сертификации  $A_5 = 1$  для приведенных случаев).

Учет специфики сырья, типов и видов геосинтетических материалов позволяет реально оценить их прочность в конце расчетного срока службы сооружения (для капитальных конструкций обычно принимается от 60 до 120 лет, при этом значения коэффициента  $A_1$  сертифицируются для различных сроков эксплуатации). Для материалов, не имеющих международного сертификата, применение рекомендованных EBGEO [1] значений понижающих коэффициентов позволяет обезопасить проектировщика от возможных проблем при применении материалов с неисследованными механизмами развития ползучести во времени и неизвестной реакцией материала на внешние воздействия. При этом в действующей версии EBGEO [1] значения коэффициентов  $A_1$  для материалов, не имеющих соответствующих международных сертификатов, несколько увеличены по сравнению с предыдущей версией 2007 г. в связи с появлением на рынках ряда стран продуктов неизвестного происхождения с наихудшими на сегодняшний день параметрами ползучести.

Наличие данной системы прогнозирования расчетной долговременной прочности показывает весьма близкое сходство с результатами мониторинга поведения геосинтетических материалов в конструкциях, а также способствует постоянному повышению качества продукции на рынке геосинтетики и внедрению инновационных производственных технологий с целью более эффективного и экономичного использования материалов в проектах.

Список литературы

1. EBGEO. Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. Essen, 2009.
2. Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen. Köln: FGSV, 1994.



**HUESKER Synthetic GmbH (Германия) на протяжении многих десятилетий разрабатывает, производит и реализует по всему миру геосинтетические материалы для различных отраслей строительства и промышленности.**

**Представительство**  
**Huesker Synthetic GmbH в России:**  
 125009, Москва, ул. Тверская д. 16, стр. 1  
 Телефон: +7 (495) 221-42-58  
 +7 (495) 221-42-61  
 Телефон/факс: +7 (499) 725-79-08  
 E-Mail: info@huesker.ru  
 Internet: www.huesker.ru

УДК 625.8

А.В. КОРОЧКИН, канд. техн. наук, главный инженер, филиал «Автодорпроект»  
 ГУП МО «Московский областной дорожный центр»;  
 В.И. КОЛЬЦОВ, канд. техн. наук, Московский автомобильно-дорожный институт (ГТУ)

## Расчет толщины асфальтобетонных слоев жесткой дорожной одежды

Жесткие дорожные одежды с асфальтобетонными покрытиями расположены как на многополосных проезжих частях автомобильных магистралей, так и на двухполосных дорогах, имеющих интенсивное движение большегрузных автомобилей. При расчете основания и покрытия дорожных одежд необходимо учесть все факторы, оказывающие разрушающее и изнашивающее воздействие на конструкцию.

В настоящее время расчет жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием производится согласно «Методическим рекомендациям по проектированию жестких дорожных одежд» (2004 г.). Согласно предлагаемому в данном документе алгоритму расчета толщина асфальтобетонных слоев в зависимости от ряда факторов (интенсивность движения, прочность цементобетонного основания) будет составлять 19–21 см. В действительности на большинстве автомобильных дорог, имеющих жесткую дорожную одежду, толщина асфальтобетонных слоев достигает 25–40 см.

На основании проведенных экспериментальных исследований выяснилось, что значительная толщина асфальтобетонных слоев (более 15 см) негативно сказывается на работе и долговечности комбинированной конструкции. В статье приводятся методика и алгоритм расчета толщины асфальтобетонных слоев жесткой дорожной одежды, полученные на основании исследований, проведенных в 2009 г. на автомобильной дороге А-107 Московское малое кольцо. Результаты этих комплексных обследований дорожной одежды послужили основой проведенного исследования. Указанное обследование выполнялось поэтапно.

1. *Инженерно-геологические работы.* Для выяснения конструкции и ее состояния были произведены полевые, лабораторные и камеральные работы (рис. 1). Были также определены физико-механические свойства всех дорожно-строительных материалов, составляющих конструкции.



Рис. 1. Проведение экспериментальных исследований

2. *Обследование и диагностика существующей дорожной одежды в соответствии с ОДН 218.1.052–2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд» и ДНД МО-016/2007 «Методика оценки технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог и улиц Московской области».* Все дефекты, обнаруженные на покрытии, подразделяли на виды в соответствии с характерными особенностями.

На основании анализа проведенных экспериментов в соответствии с известными положениями сопротивления материалов и теории упругости были разработаны некоторые алгоритмы расчета асфальтобетонных слоев жесткой дорожной одежды.

Эквивалентный радиус чаши прогиба ( $r_3$ ) имеет простой геометрический смысл – это радиус основания цилиндра, имеющего тот же объем, что и чаша прогиба, при той же высоте:

$$r_3 = 4 \sqrt{\frac{E \cdot h^3 \cdot \Delta}{3 \cdot E_0}}, \quad (1)$$

где  $h$  – толщина плиты;  $E$  – модуль упругости цементобетона.

Однако в формуле (1) присутствуют два неизвестных параметра – эквивалентная толщина основания  $\Delta$ ; эквивалентный модуль упругости основания  $E_0$ .

Предположим, что радиус чаши прогиба  $r$  меняется пропорционально глубине основания  $z$  (рис. 2) по закону, определяемому зависимостью

$$r = r_3 + z.$$

Такая закономерность подтверждается и решениями теории упругости. Относительная деформация основания на глубине  $z$ :

$$\varepsilon = \frac{Q}{E_0 \cdot \pi \cdot (r_3 + z)^2}, \quad (2)$$

где  $Q$  – нагрузка на дорожную одежду.

В случае двух слоев с модулем упругости  $E_1$  и  $E_2$ , как показано на рис. 2:

$$y_0 = \frac{Q}{\pi} \cdot \frac{1}{r_3 + h_1} \cdot \left( \frac{h_1}{r_3 \cdot E_1} + \frac{1}{E_2} \right), \quad (3)$$

где  $y_0$  – величина прогиба покрытия.

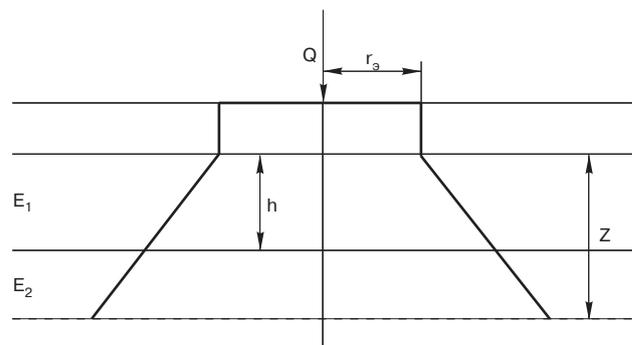


Рис. 2. Распределение напряжений в многослойной системе

Приравнивая (2) и (3), получаем:

$$E_0 = E_2 \cdot \frac{r_3 + h_1}{r_3 + \frac{E_2}{E_1} \cdot h_1} \quad (4)$$

Если основание состоит из трех слоев (асфальтобетон, цементобетон и последний слой полубесконечный), то сначала находим эквивалентный модуль упругости последних двух слоев по формуле:

$$E_{23} = E_3 \cdot \frac{r_3 + h_1 + h_2}{r_3 + h_1 + \frac{E_3}{E_2} \cdot h_2},$$

а затем находим  $E_0$  по формуле (4), где вместо  $E_2$  подставляем  $E_{23}$ .

Аналогично, начиная с двух последних слоев находим  $E_0$  и в случае, когда основание состоит из  $n$  слоев.

Заметим, что формула (4), полученная из простых физических соображений, является более предпочтительной по сравнению с формулой, предлагаемой в «Методических рекомендациях», тем более что формула в них не удовлетворяет даже очевидному условию  $E_0 = E_2$ , если  $E_1 = E_2$ .

Учитывая далее, что

$$y_0 = \frac{Q \cdot \Delta}{\pi \cdot E_0 \cdot r_3^2},$$

получаем эквивалентную толщину основания:

$$\Delta = r_3,$$

откуда:

$$r_3 = h \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{3 \cdot E_0}} \quad (5)$$

Поскольку выражение для  $E_0$  (4) зависит от  $r_3$ , а выражение для  $r_3$  (5) зависит от  $E_0$ , то можно использовать последовательные приближения: сначала принять  $E_0 = E_2$ , получить  $r_3$  (5), затем уточнить  $E_0$  (4) и т. д. Обычно третьего приближения оказывается вполне достаточно: значение  $r_3$  стабилизируется.

Заметим, что формула (5) отличается от формулы для аналогичного случая в «Рекомендациях» для упругой характеристики плиты лишь масштабом. С учетом этого масштаба формула для изгибающего момента  $\sigma_{из}$  приведенная в «Рекомендациях», принимает вид (без учета коэффициентов условий работы, влияния стырвых соединений и температурного коробления):

$$\sigma_{из} = \frac{Q}{h^2} \cdot \left( 0,1488 - 1,282 \cdot \lg \frac{r_{ш}}{r_3} \right), \quad (6)$$

а напряжения изгиба на границе площадки контакта шины:

$$\sigma_{из} = \frac{3 \cdot Q}{\pi \cdot h^2} \cdot \left( 1 - \frac{r_{ш}}{r_3} \right). \quad (7)$$

Учитывая, что от распределенной нагрузки напряжение изгиба в центре площадки будет больше примерно на тридцать процентов, то:

$$\sigma_{из} \approx \frac{3 \cdot Q}{\pi \cdot h^2} \cdot \left( 1,3 - \frac{r_{ш}}{r_3} \right). \quad (8)$$

При  $r_{ш}/r_3 \approx 0,2$  формулы (6) и (8) дают близкие значения.

Для асфальтобетонного покрытия с цементобетонным основанием кроме напряжения растяжения от изгиба  $\sigma_{из}$ , рассмотренного выше, большое значение имеет касательное напряжение между слоями асфальтобетона и цементобетона, которое приводит к расслоению и разрушению покрытия.

Наибольшая поперечная нагрузка балки (сегмента с углом  $\gamma$ ), очевидно, будет на границе площадки контакта шины:

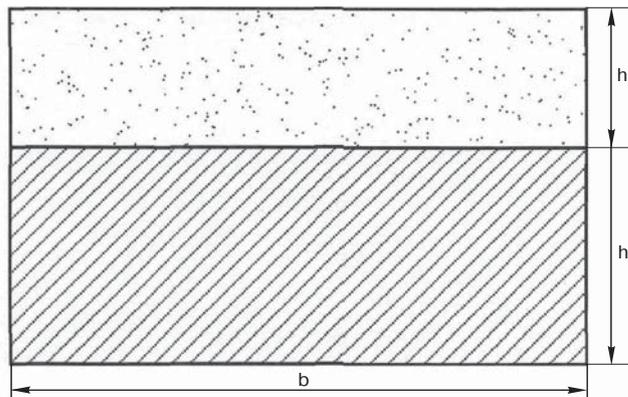


Рис. 3. Расчетное поперечное сечение плиты с асфальтобетонным покрытием:  $h_a$  – толщина асфальтобетона,  $h$  – толщина цементобетона,  $b$  – ширина плиты

$$Q_\gamma \approx \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \gamma. \quad (9)$$

Данное поперечное сечение плиты шириной  $b$  показано на рис. 3.

$$b = r_{ш} \cdot \gamma, \quad (10)$$

где  $r_{ш}$  – радиус отпечатка шины.

Вместо сечения, показанного на рис. 3, можно рассматривать сечение из цементобетона, показанное на рис. 4.

На рис. 4  $E_a$  – модуль упругости асфальтобетона;  $E$  – модуль упругости цементобетона, а смещение центра тяжести сечения от центра тяжести слоя цементобетона определяется по формуле:

$$\delta = \frac{h_a \cdot \frac{E_a}{E} \cdot \frac{h+h_a}{2}}{h+h_a \cdot \frac{E_a}{E}}. \quad (11)$$

Теперь для определения искомого касательного напряжения  $\tau$  можно воспользоваться формулой Журавского:

$$\tau = \frac{Q_\gamma \cdot S_x}{(I_x \cdot b)}, \quad (12)$$

где  $Q_\gamma$  и  $b$  из формул (9) и (10),  $I_x$  – статический момент площадки части сечения (на рис. 4 эта площадь заштрихована).

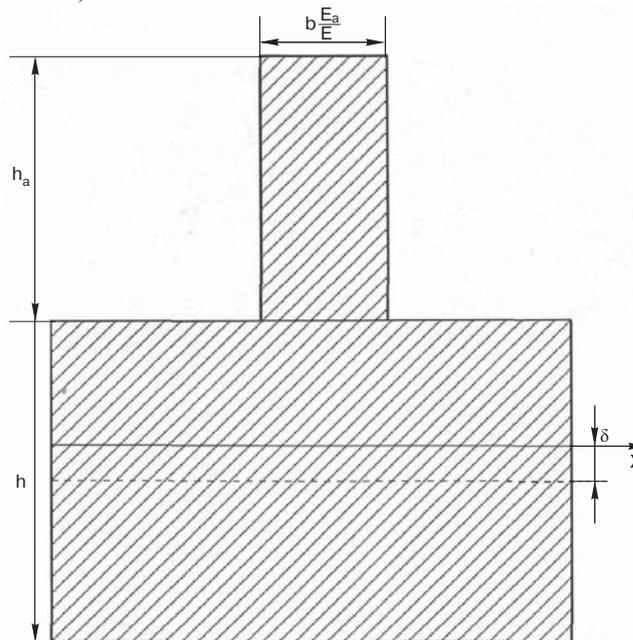


Рис. 4. Фрагмент расчетного поперечного сечения

Окончательно получаем:

$$\tau = \frac{Q}{2\pi \cdot r_{ш}} \cdot \frac{h_a \cdot \frac{E_a}{E} \cdot \left( \frac{h+h_a}{2} - \delta \right)}{\frac{1}{12} \cdot h^3 + h \cdot \delta^2 + \frac{1}{12} \cdot \frac{E_a}{E} \cdot h_a^3 + \frac{E_a}{E} \cdot h_a \cdot \left( \frac{h+h_a}{2} - \delta \right)^2} \quad (13)$$

Из формулы (13) следует, что касательные напряжения между слоями асфальто- и цементобетона приблизительно пропорциональны толщине асфальтобетона. Поэтому чрезмерная толщина асфальтобетона нежелательна. Принимая, например,  $Q = 55 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ;  $r_{ш} = 180 \text{ мм}$ ;  $h = 150 \text{ мм}$ ;  $h_a = 100 \text{ мм}$ ;  $E = 3 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ ;  $E_a = 3 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ , получаем  $\delta = 7,81 \text{ мм}$ ;  $\tau = 0,1306 \text{ МПа}$ .

Заметим, что допускаемое напряжение растяжения асфальтобетона при этом около 2 МПа. Тогда допускаемое касательное напряжение  $[\tau] = 1 \text{ МПа}$ . При хорошем сцеплении асфальтобетона с цементобетоном фактическое напряжение  $\tau < [\tau]$ .

В результате расчета асфальтобетонных слоев на цементобетонном основании жесткой дорожной одежды можно сделать вывод, что при значительных толщинах асфальтобетона работа конструкции становится малоэффективной. Это приводит к преждевременному разрушению дорожной одежды. При правильно проведенных расчетах возможный срок службы цементобетона с асфальтобетонным слоем может составлять более 30 лет.

**Список литературы**

1. Исследование элементов конструкций транспортных сооружений: Сб. науч. тр. МАДИ ТУ / Отв. ред. Г.И. Попов. 2000. 148 с.
2. Вопросы расчета плит на упругом основании: Сб. ст./Под ред. Б.Г. Коренева. ЦНИИСК. М.: Госстройиздат, 1958. 122 с.

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

**Специалистам кирпичных заводов – полезные книги**



- Толкачев В.Я. Диагностика экструзионных машин. Красноярск, 2008. Изд. 3-е доп.– 55 с.  
 Толкачев В.Я. Технология качественной сушки изделий из глин. Красноярск, 2008.– 142 с.  
 Толкачев В.Я. Технология качественной экструзии изделий из глин. Красноярск, 2009.– 181 с.  
 Толкачев В.Я. Технология качественного обжига изделий из глин. Красноярск, 2009.– 220 с.  
 Толкачев В.Я. Технологическая линия производства кирпича «AGEMAC» Красноярск, 2009.– 602 с.

В книгах главного технолога кирпичного завода «Сибирский элемент», доктора технических наук Толкачева В.Я. представлены результаты отработки технологических параметров производства керамического кирпича методом пластического формования на примере испанской технологической линии «Verdes-Agemac».

Шестнадцатилетний опыт эксплуатации оборудования (с 1993 г.), базируется на экспериментальных данных и новых теоретических представлениях о роли воды в дисперсных системах. Работы, выполненные автором с 1986 г., позволили рассматривать процесс экструзии как систему глина-вода-машина.

*По мнению автора, результаты исследований применимы к оборудованию и технологии других фирм, реализующих принцип пластического формования, а также к общим закономерностям процессов сушки и обжига.*

*Монографии изготавливаются по заказам при наборе в сумме не менее пяти экземпляров от различных заказчиков. Стоимость услуг около 2 р. за одну страницу. Монографии высылаются наложенным платежом или по предоплате при заказе.*

С помощью разработанных автором адсорбционно-термометрических методов исследования дисперсных материалов изучены более 800 месторождений глин и их композиций, в т. ч. аргиллитового сырья четырех месторождений МНР.

Изученные закономерности позволили автору по-новому подойти к настройке режимов сушки по температурному и объемному графикам. Рассмотрен новый критерий трещинообразования. Представлены новые технические решения по снижению расхода топлива. Открыта новая характеристика для анализа тепловых закономерностей в организации процесса обжига.

**Заявки принимает автор Толкачев Валерий Яковлевич**

**660111, Россия, г. Красноярск, ул. Пограничников, д. 30, ЦПК ООО «Сибирский элемент»  
 Телефон: +7 (391) 256-47-34 Факс: +7 (391) 256-49-98  
 rolex-brick@mail.ru**



# Материал для строительства комфортного энергоэффективного жилья на Кубани ЕСТЬ

2 октября 2009 г. в г. Славянске-на-Кубани на ОАО «Славянский кирпич» запущен завод по производству пустотно-поризованных блоков мощностью 120 млн шт. усл. кирпича в год

Без преувеличения можно сказать, что Краснодарский край является все-российской житницей. Агропромышленный комплекс края является гарантом продовольственной безопасности страны: площадь черноземных земель составляет более 4,8 млн га (около 4% запасов России) при этом край занимает первое место среди субъектов Российской Федерации по объему производства зерна, сахарной свеклы, плодов и ягод, второе - по производству семян подсолнечника и меда, яиц, мяса скота и птицы, третье место – по производству молока.

Краснодарский край является всероссийской здравницей. Это самый теплый регион России. Благодаря сочетанию климатических условий и наличия месторождений минеральных вод и лечебных грязей Краснодарский край является самым популярным курортно туристическим регионом России и фактически единственным в России приморским бальнеологическим и курортно рекреационным центром.

Общая численность населения Краснодарского края составляет 5,1 млн человек, по числу жителей он занимает третье место после Москвы и Московской области и является одним из самых плотно заселенных регионов. Удельный вес городского населения составляет 52,5%, сельского – 47,5%.

Благодаря высокой доле сельского жилого фонда доля жилья в частной собственности составляет 92% против 77% в среднем по РФ. Это снижает нагрузку на муниципальные бюджеты, но не снимает проблему низкой обеспеченности жильем (19 м<sup>2</sup> на человека против 21 м<sup>2</sup> в среднем по России). Жилищная проблема в Краснодарском крае является одной из наиболее острых социальных проб-

лем. Из-за необеспеченности жильем продолжается тенденция сокращения собственных квалифицированных трудовых ресурсов в сельском хозяйстве, увеличивается миграция неквалифицированной рабочей силы из стран СНГ.

В связи с этим особое значение имеет развитие строительного комплекса Краснодарского края, в том числе промышленности строительных материалов. Итоги работы строительного комплекса за 9 месяцев 2009 г. обнадеживают. Объем работ по виду деятельности «Строительство» за январь-сентябрь 2009 г. в Краснодарском крае составил 121,2 млрд р. или 100,3% в сопоставимых ценах к соответствующему периоду 2008 г. (при этом аналогичный показатель в РФ ниже краевого на 18,6%).

Индекс физического объема выпуска строительных материалов составил 78,6% (в РФ – 71,2%). В январе-сентябре 2009 года по отношению к аналогичному периоду 2008 года в крае выпущено: сухих строительных смесей 178,9 тыс. т или 126,2%; цемента 3,3 млн т или 97,4%; гипса 316 тыс. т или 95%; нерудных строительных материалов 9 млн м<sup>3</sup> или 75,5%; сборных железобетонных конструкций и изделий из бетона 551,8 тыс. м<sup>3</sup> или 66,5%; кирпича 307,1 млн шт. или 65,6%.

За девять месяцев 2009 г. на территории Краснодарского края введено в эксплуатацию 2446,7 тыс. кв. м жилья, что составляет 95,07% к аналогичному периоду 2008 г. При этом более 70% жилых домов строится за счет средств населения.

Важным событием не только для строительного комплекса, но и всей экономики края стал запуск нового высокотехнологичного промышленного предприятия ОАО «Славянский кирпич» в октябре 2009 г. Продукция нового кирпичного завода – современный эффективный материал для строительства комфортного жилья RO@OMAX.

Поздравить руководство и всех сотрудников ОАО «Славянский кирпич» приехали гости не только со всего края, но и из других регионов и зарубежных стран. Среди них были А.В. Зайцев, генеральный директор ООО «Вита Строй», строившего главный производственный корпус; Г.Г.Акопов, генеральный директор ОАО «Славянский КХП», поставляющего новому заводу рисовую лузгу; И.Е. Гришин, генеральный директор ЗАО «СоюзТеплострой-Петербург», возводившего печь

обжига; А.Н. Полозов, директор ООО «ПромСтройПроект», разрабатывавшего рабочий проект ТХ; О.И. Пономарев, заместитель директора ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко; исполнительный директор Ассоциации производителей керамических стеновых материалов России В.Н. Герасценко; Н.Г. Гуров, директор ЮЖНИИстром; Б.В. Кривонос, директор ООО «Строитель» и многие другие. Делегацию иностранных гостей возглавил Андреас Лингл, исполнительный директор германской компании «HANS LINGL», которая осуществляла технологическое проектирование и поставку оборудования.

Поздравляя руководство завода и всех участников торжества, заместитель председателя Законодательного Собрания Краснодарского края **В.В. Чернявский**, отметил, что завершение реализации



Заместитель председателя Законодательного Собрания Краснодарского края В.В. Чернявский (слева) поздравляет генерального директора ОАО «Славянский кирпич» В.А. Чайку



Алую ленту перед входом в заводской корпус перерезают (слева направо): В.А. Чайка, В.И. Сиянговский, В.И. Гончаров, В.В. Чернявский



масштабного проекта на фоне финансово-экономического кризиса подтверждает его весьма высокую привлекательность для инвесторов.

Для Новороссийска начало выпуска стеновых строительных материалов с качественно новыми показателями чрезвычайно актуально. Морской климат и повышенная сейсмическая активность требуют применения особых строительных материалов и технологий строительства. Об этом говорил глава города-героя Новороссийска, почетный гражданин города Славянска-на-Кубани и Славянского района **В.И. Синяговский**.

Глава Славянского района **В.И. Гончаров**, конечно, ожидает от нового предприятия дополнительных рабочих мест. На производстве будет занято более 150 человек – жителей Славянска-на-Кубани и Славянского района. По расчетам налоговые поступления в бюджет превысят 150 млн р. в год. Это позволит реализовать различные социальные программы.

По мнению исполнительного директора компании «HANS LINGL» **Андреаса Лингла**, Кубань по праву может гордиться открытием нового завода, строительство которого было завершено с опережением графика. Он отметил высокие управленческие способности и немалое мужество генерального директора ОАО «Славянский кирпич» В.А. Чайка, который достойно завершил проект. Немалая заслуга в этом всего коллектива «Славянского кирпича».

С успешным пуском завода поздравила коллектив управляющая Новороссийским филиалом ОАО «Коммерческий банк «Петрокоммерц» **Г.Г. Варфоломеева**. Она отметила, что благодаря успешному менеджменту, высокому уровню подготовки проектно-сметной документации и прозрачности финансово-экономической деятельности ОАО «Славянский кирпич», руководство банка ни на минуту не усомнилось в успехе проекта, даже в самый острый период кризиса.

В Краснодарском крае крепки традиции строительства из штучных стеновых материалов. В первую очередь это керамический кирпич. Его выпускают более ста кирпичных производств, в том числе 16 крупных и средних. С пуском нового завода ОАО «Славянский кирпич» стал безусловным лидером отрасли в регионе и одним из крупнейших производителей керамических стеновых материалов России, отметил первый заместитель генерального директора по маркетингу, сбыту и ВЭД **И.А. Слупский**. В настоящее время предприятие выпускает более двадцати видов керамического лицевого кирпича различных форматов, цветов и фактуры.

Новый завод – третий успешно реализованный инвестиционный проект ОАО «Славянский кирпич». В 1995 г. на х. Галицине был введен в эксплуатацию кирпичный завод по производству лицевого керамического кирпича мощностью 25 млн шт. усл. кирпича в год. На первой линии было установлено отечественное технологическое оборудование. В 2007 г., после реконструкции предприятия заработала вторая технологическая линия по выпуску лицевого керамического кирпича светлых тонов мощностью 15 млн шт. усл. кирпича в год. Это был первый опыт сотрудничества с фирмой «HANS LINGL».

Стоимость нового инвестиционного проекта, начатого осенью 2007 г, составила более 1,2 млрд р. Его финансирование осуществлено за счет собственных средств компании (15%), а также инвестиционного кредита ОАО «Коммерческий банк «Петрокоммерц». Производственная мощность завода составляет 180 тыс. т изделий в год, что соответствует 120 млн шт. усл. кирпича.

В реализации проекта кроме заказчика и генерального подрядчика участвовали около 20 компаний: ООО «Градоресурс», ООО «Вест-



Немецкие и российские коллеги довольны совместной работой

СтройСервис», ООО ССМУ «Краснодар», ООО «Вита Строй» (Краснодар); ООО «Лидер», ООО «Асфальтобетон», ООО «Универсалэлектромонтаж» (г. Славянск-на-Кубани); ООО «ПромСтройПроект» (г. Гатчина Ленинградской области); ООО «Промстальконструкция», ООО «Вершина» (Ростов-на-Дону); ЗАО «Союзтеплострой-Петербург» и др.

Ноу-хау компании заключается в том, что в качестве порообразователя используется рисовая шелуха, в то время как во всем мире используют как правило древесные опилки и полистирол. Предприятие сможет перерабатывать до 10 тыс т шелухи в год. Современное оборудование позволяет максимально оптимизировать затраты на производство. Энергоэффективные технологии и автоматизация существенно сокращают потребление энергоресурсов.

Продукция нового завода – крупноформатный пустотно-поризованный камень торговой марки РО@ОМАХ плотностью 750 кг/м<sup>3</sup> трех форматов – 7НФ, 10,8НФ и 11,3НФ. Стены из РО@ОМАХ не требуют дополнительного утепления, значительно сокращается материалоемкость и трудоемкость строительных работ. Он прошел все необходимые испытания на прочность, морозостойкость, паропроницаемость, звукоизоляцию, огнестойкость. На торжественной церемонии открытия завода генеральному директору В.А. Чайка был вручен сертификат соответствия выпускаемой продукции действующим стандартам.

Вместо многорядной мелкоштучной кирпичной кладки появится новый, более простой тип кладки стен, при котором необходимая толщина стены соответствует длине керамического камня. Значительно уменьшается расход кладочного раствора и количество «мостов холода». Применение камней РО@ОМАХ позволит более чем в два раза снизить вес конструкции, а следовательно, нагрузку на фундамент.

В настоящее время по заказу ОАО «Славянский кирпич» ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко ведет разработку технических решений стеновых конструкций с применением керамических крупноформатных пустотно-поризованных камней для климатических и сейсмических условий Южного Федерального округа.

На предприятии создан выставочный павильон, где заказчики могут увидеть, как возвести стену, оформить нишу, присоединить перегородку, перевязать камни различных размеров. Практическое руководство для строителей будет размещено на сайте [www.slavkirp.ru](http://www.slavkirp.ru), предусмотрены специальные бесплатные курсы повышения квалификации для каменщиков. Планируется также формировать строительные бригады для возведения жилья с использованием нового материала и новых строительных технологий. Это не только услуга для покупателей, но и создание рабочих мест для профессиональных каменщиков, обеспечение их стабильным заработком.

«Падение спроса на строительные материалы, явление временное, – уверен генеральный директор **В.А. Чайка**. – Мы с оптимизмом смотрим в будущее, так как имеем возможность предложить застройщикам Кубани комплексное обеспечение объектов высокоэффективными стеновыми материалами».

**Редакция журнала «Строительные материалы» от души поздравляет В.А. Чайку и всех сотрудников ОАО «Славянский кирпич» с успешным завершением строительства нового завода и благодарит за приглашение участникам VIII Международной научно-технической конференции КЕРАМТЭК-2010 посетить завод в июне 2010 г.**



Команда молодых специалистов ОАО «Славянский кирпич»



Нерушимый союз (слева направо): В.А. Чайка, Г.Г. Варфоломеева, И.А. Слупский



Продукция ОАО «Славянский кирпич»



А.Н. ПОПОВ, канд. техн. наук, И.Г. ШАШКОВ, инженер,  
Военный авиационный инженерный университет (Воронеж);  
А.В. КОЧЕТКОВ, д-р техн. наук, академик транспорта, ФГУП «РОСДОРНИИ» (Москва)

## Совершенствование методов прогнозирования работоспособности аэродромных покрытий

Покрытия на современных аэродромах представляют собой сложные инженерные сооружения, к эксплуатации которых постоянно предъявляются все более высокие требования, и в первую очередь эксплуатационные. Повышение уровня технической эксплуатации предполагает прежде всего наиболее рациональные формы ее организации, которые позволяют создать систему обслуживания, обеспечивающую своевременное и качественное проведение ремонта при минимальных затратах средств и рабочей силы.

Основой технической эксплуатации аэродромных сооружений являются:

- соблюдение эксплуатационных требований при проектировании;
- создание системы контроля за состоянием покрытий и конструкций на разных этапах их эксплуатации.

Существуют два метода технической эксплуатации покрытий: поиск и устранение неисправностей; выполнение планово-предупредительных ремонтов.

Первый метод имеет ряд существенных недостатков, ограничивающих его применение. В период нормальной эксплуатации аэродромного покрытия вероятность обнаружения неисправностей имеет мелкие численные значения, особенно при эксплуатации таких отличающихся размерами сооружений, как взлетно-посадочная полоса, а следовательно, эффективность метода поиска и устранения неисправностей в этот период очень низкая. На практике организация технической эксплуатации может осуществляться в условиях неполной информации или при отсутствии таковой. В этих условиях метод поиска и устранения неисправностей позволяет делать различные предположения. От осуществления или неосуществления таких предположений зависит вероятность обнаружения отказа покрытия и своевременность его устранения.

Второе условие, определяющее низкую эффективность рассматриваемой системы эксплуатации, заключается в том, что метод поиска и устранения неисправностей предусматривает последовательность событий, в которой для принятия технических мер должна появиться неисправность, а затем выполнены работы для ее устранения. Поскольку между этими двумя событиями необходим промежуток времени для подготовки производства, система поиска и устранения неисправностей допускает их наличие в покрытии некоторое время. Это в ряде случаев может не удовлетворять требованиям безопасной эксплуатации взлетно-посадочных полос на аэродромах.

Третье условие недостаточной эффективности рассматриваемого метода технической эксплуатации связано с тем, что он не позволяет заранее спланировать производство ремонтно-восстановительных работ на конкретном аэродроме, так как среди большой совокупности данного вида покрытий в конкретный момент в равных условиях каждое из них обладает одинаковой вероятностью отказа.

Основной системой эксплуатации аэродромных покрытий, обеспечивающих регулярность и безопасность работы авиационной техники, является система планово-предупредительного ремонта. Она предусматривает выполнение работ по восстановлению эксплуатационных качеств взлетно-посадочных полос не при наличии неисправностей, а с целью предупреждения их возникновения. Главным содержанием единой системы планово-предупредительного ремонта сооружений аэродромов является система осмотров и ремонтов, проводимых в заданные сроки. Основной ее сложностью, особенно в условиях недостаточного финансирования, является отсутствие совершенной методики анализа результатов обследования, которая позволила бы не только оценить состояние покрытия, но и спрогнозировать его дальнейшее изменение и, следовательно, правильно перераспределить финансовые потоки.

Оперативная оценка эксплуатационной пригодности аэродромных покрытий и определение возможности осуществления безопасной эксплуатации заданного типа воздушных судов включает количественную и качественную оценку технического состояния поверхности аэродромного покрытия и оценку его несущей способности.

Количественная и качественная оценка состояния поверхности аэродромных покрытий заключается в определении категории технического состояния их поверхности.

Критериями, характеризующими состояние поверхности покрытий данных элементов, являются:

- параметры, характеризующие выявленные при обследовании дефекты и повреждения покрытий;
- количественные показатели технического состояния поверхности покрытия, отражающие количество имеющихся дефектов и повреждений и степень их проявления;
- категория разрушения.

Параметры, характеризующие выявленные при обследовании дефекты и повреждения, определяются по результатам визуального осмотра покрытия и инструментальных измерений. Показатели, отражающие количество имеющихся дефектов и повреждений и степень их проявления, определяют на основании разработанного алгоритма.

В зависимости от типа покрытия в РФ применяют:

- оценку технического состояния поверхности жестких покрытий, к которым относятся монолитные бетонные, армобетонные и железобетонные покрытия и сборные покрытия из плит аэродромных гладких (ПАГ), выполняют по методике 26 ЦНИИ МО РФ [1];
- оценку технического состояния поверхности нежестких покрытий, к которым относятся покрытия из асфальтобетона, щебеночных и каменных материалов, обработанных и необработанных вяжущими, и смешанных покрытий, к которым относятся жесткие покрытия,

Таблица 1

усиленные асфальтобетоном осуществляют по методике ГПИ и НИИ «Аэропроект» [1].

Для количественной оценки категории технического состояния поверхности покрытий используют следующие критерии:

– индекс сохранения покрытия  $MI$  – для жестких покрытий;

– индекс качества покрытия  $P_o$  – для нежестких и смешанных покрытий.

Индекс сохранения покрытия  $MI$  определяют по формуле:

$$MI = 0,5 - \sum(n_i \times a_i/n), \quad (1)$$

где  $n$  – общее число плит обследуемого участка;  $n_i$  – число плит с дефектом  $i$ -го типа;  $a_i$  – значимость дефекта  $i$ -го типа.

Значимость дефекта  $a_i$  определяется в зависимости от величины дефекта и степени проявления отрицательных факторов на обследуемом участке.

К отрицательным факторам, влияющим на техническое состояние поврежденного аэродромного покрытия, относят:

– расположение повреждений в зоне интенсивного воздействия опор воздушных судов при взлетах, посадках, рулении и т. д.;

– интенсивное выделение продуктов сгорания топлива воздушных судов;

– места проливов топлива и масел при заправках (слива);

– другие факторы, усугубляющие техническое состояние поврежденных аэродромных покрытий.

Степень проявления отрицательных факторов принимается:

– слабой – при отсутствии воздействия отрицательных факторов;

– средней – при воздействии не более одного отрицательного фактора;

– сильной – при воздействии более одного отрицательного фактора.

Если на одной плите имеются дефекты и повреждения различных типов, то при определении индекса  $MI$  учитывают дефекты, имеющие максимальную значимость.

Индекс качества покрытия  $P_o$  определяют по формуле:

$$P_o = \sum P_i, \quad (2)$$

где  $P_i$  – показатель состояния по всем видам дефектов, принимаемый в зависимости от степени дефектности.

Значения  $P_i$  принимают в заданных пределах с учетом проявления на обследуемом участке отрицательных факторов различной степени: для слабой и сильной степеней принимают предельные значения диапазона; для средней – по интерполяции. Степень дефектности для каждого вида дефектов классифицирована.

Категория технического состояния поверхности покрытий устанавливается в зависимости от величины индексов  $MI$  и  $P_o$ .

За рубежом для количественной и качественной оценки состояния поверхности аэродромного покрытия используют разработанный в США стандарт ASTM D5340–93 – метод определения индекса состояния аэродромного покрытия ( $PCI$ ) [2].

Величина $PCI$ для жестких и нежестких покрытий	Рейтинг состояния покрытия
86–100	Отлично
71–85	Очень хорошо
56–70	Хорошо
41–55	Удовлетворительно
26–40	Плохо
11–25	Очень плохо
0–10	Неудовлетворительно

Метод  $PCI$  основан на том же подходе, что и методика ГПИ и НИИ «Аэропроект» с определением:

– визуально по дефектовке покрытий;

– по градации значимости дефектов и по степени их серьезности;

– по определению интегральной оценки состояния покрытий с учетом плотности распределения дефектов по площади покрытия.

Метод  $PCI$  учитывает определенные «весовые» функции для каждого дефекта, представленные в виде графиков с учетом степени повреждений – низкой, средней, высокой и объема как жестких, так и нежестких покрытий и являются одинаковыми для обоих видов покрытий. Количественная оценка состояния покрытия  $PCI$  изменяется в пределах 0–100, где 0 определяет наихудшее состояние, а 100 – наилучшее. В зависимости от ее величины устанавливают рейтинг (состояние) покрытия. Индекс состояния  $PCI$  и шкала оценок приведены в табл. 1.

Несмотря на общие принципы, международный метод  $PCI$  имеет ряд особенностей и принципиальных отличий.

Во-первых, метод  $PCI$  предполагает при оценке состояния покрытий разделение элементов аэродрома на участки, которые в свою очередь делятся на образцы осмотра. В методике ГПИ и НИИ «Аэропроект» принцип деления аэродрома на обследуемые участки ограничивается только элементами аэродрома. В методике 26 ЦНИИ МО РФ предлагается элементы аэродрома делить на участки искусственных покрытий длиной до 500 м, а места стоянки (МС) подразделяют на зоны руления и стоянки.

Во-вторых, метод  $PCI$  учитывает и охватывает более широкий спектр повреждений искусственных покрытий. Например, для жестких покрытий – 15 повреждений, для нежестких – 16. Метод 26 ЦНИИ МО РФ рассматривает 11 видов повреждений жестких покрытий. Сравнение перечней повреждений по методикам для жестких покрытий подтверждает существенное отличие подходов, а главное, российские методики не отмечают достаточно распространенные повреждения. Например, отсутствует такой вид повреждения, как фонтанирование, повреждение герметика. Кроме того, российские методики не учитывают наличия в покры-

Таблица 2

Индекс $MI$ для жестких покрытий	Индекс $P_o$ для нежестких и смешанных покрытий	Категория технического состояния поверхности покрытия
4,5–5	0–19	Исправное
3,5–4,5	20–39	Работоспособное
2,5–3,5	40–69	Ограниченно работоспособное
менее 2,5	70 и более	Недопустимое

Таблица 3

Элемент аэродрома	Стандарт ASTM		Метод 26 ЦНИИ МО РФ	
	Индекс <i>PCI</i>	Рейтинг	Индекс <i>MI</i>	Рейтинг
Рулежная дорожка	62,2	Хорошо	1,78	Неудовлетворительно
в том числе участки: 1 длиной 135 м 2 длиной 145 м	53 71,3	Удовлетворительно Очень хорошо	1,57 2	Неудовлетворительно Неудовлетворительно

тиях больших и малых заплаток, которые всегда имеют место при выполнении ремонтных работ и часто разрушаются. Перечень повреждений, характерных для нежестких (асфальтобетонных) покрытий, выявляет еще большую разницу между сравниваемыми методами. Такие дефекты, как выход битума, волнистость, просадка, наличие масляных пятен, заплатки, трещины, проскальзывания, пучение, не учитываются и вообще не рассматриваются в методике ГПИ и НИИ «Аэропроект». Это приводит к завышению оценки состояния асфальтобетонных покрытий при использовании российских методов.

В третьих, в методе 26 ЦНИИ МО РФ используются «весовые» коэффициенты, имеющие постоянные значения, хотя и различные для элементов аэродрома и характера повреждений. Для нежестких покрытий в расчетах по методу ГПИ и НИИ «Аэропроект» используются показатели состояния  $P_o$ , которые в пределах одной степени дефектности (их пять) отличаются по величине от 2 до 10 раз. Все это, безусловно, влияет на адекватность оценки состояния покрытий. Графическое (математическое) представление функций, определяющих значимость, выбранное по методу *PCI*, позволяет более точно определить вклад того или иного дефекта в величину индекса состояния аэродромного покрытия, так как эти функции имеют множество значений, каждое из которых соответствует конкретной величине повреждения.

Стандарт ASTM D5340–93 предполагает одинаковый подход в определении индекса *PCI* для жестких и нежестких покрытий, российский метод к оценке жестких и нежестких покрытий подходит по-разному, различны и показатели состояния покрытий. Категории технического состояния поверхности покрытия приведены в табл. 2.

Для примера проведем оценку состояния рулежной дорожки длиной 280 м и шириной 22,5 м различными методами для двух вариантов покрытия. Повреждения в покрытиях заданы произвольно в обоих вариантах, они являются одинаковыми для расчетов по сравниваемым методам:

1. Железобетонное покрытие (плиты размером 7,5×7,5 м).

Разбиваем рулежную дорожку на 2 участка, а каждый участок на 5 образцов. В первых пяти образцах – по 18 плит, в шестом – 21 плита. Индекс *PCI* и индекс состояния *MI* для участков и в целом для рулежной дорожки определяли как среднеарифметическую величину этих показателей, вычисленных для каждого образца отдельно. Количественная и качественная оценка (рей-

тинг) и сравнение результатов состояния жесткого покрытия приведены в табл. 3.

2. Асфальтобетонное покрытие.

Разбиваем рулежную дорожку на 3 участка длиной соответственно 100, 100 и 80 м, а каждый участок – на 5 образцов. Площадь образца колеблется от 460 до 510 м<sup>2</sup>. Сравнение результатов оценки состояния нежесткого покрытия приведено в табл. 4.

Из приведенного анализа по основным отличиям в подходе к методам определения оценки состояния (индекса, показателя) следует, что международный стандарт более полно и точно учитывает и отражает реальную картину, которая может иметь место на искусственных покрытиях, ввиду более полного учета всех возможных дефектов и их влияния на оценку состояния покрытий. В целом принципы решения данной проблемы одинаковы.

Общим недостатком приведенных методов является то, что методы дают оценку состояния покрытия только на момент обследования и не позволяют спрогнозировать его изменение, следовательно, не позволяют провести обоснованное планирование денежных средств на планово-предупредительный ремонт.

Теоретическую оценку параметров долговечности покрытий аэродромов определяют на основе величины  $D(x)$ , которая показывает количество поврежденных плит в одном ряду плит взлетно-посадочной полосы или рулежной дорожки. Чтобы найти величины поврежденности для всех родов покрытия, необходимо выполнить соответствующее суммирование. Для практических расчетов целесообразно выбрать наиболее нагруженный ряд плит и вычислить величину  $D(x)$  для значений  $x_1; x_2; x_3$ ; по интерполяции определить допустимое количество нагружений и максимально допустимое значение поврежденности.

При определенной долговечности находящегося в эксплуатации покрытия надо иметь в виду, что оно может иметь некоторый объем накопленных повреждений. Новые повреждения, которые образуются в результате продолжающейся эксплуатации, будут являться слагаемыми к общей сумме. Поэтому функция будет иметь значение, равное накопленному к моменту обследования объему повреждений. Найденная функция накопления повреждений позволяет определить срок службы покрытий.

Разработана методика прогнозирования изменения технического состояния аэродромных покрытий, основанная на ряде положений.

Сравниваются два варианта: первый состоит в продолжении эксплуатации с периодическими ремонтами, второй – в укладке нового слоя покрытия.

Таблица 4

Элемент аэродрома	Стандарт ASTM		Метод 26 ЦНИИ МО РФ	
	Индекс <i>PCI</i>	Рейтинг	Индекс $P_o$	Рейтинг
Рулежная дорожка	36,5	Плохо	35,6	Хорошо
в том числе участки, м: 1 – 100 2 – 100 3 – 80	2,6 57,8 49,2	Неудовлетворительно Хорошо Удовлетворительно	68,2 19 19,6	Удовлетворительно Отлично Отлично

Первый вариант возможен только в том случае, если повреждения являются допустимыми. Оценены возможные допускаемые повреждения.

При расчете покрытий по предельным состояниям задача сводится к тому, чтобы за период эксплуатации соблюдалось условие недопустимости трещин в плитах. Однако надо учесть, что статистика проявлений свойств материалов всегда будет предопределять вероятность повреждений, в том числе вероятность появления трещин. Реальная практика эксплуатации аэродромов показывает, что наступление предельного состояния в плитах вполне вероятно. Покрытия аэродромов продолжают, как правило, эксплуатировать, после того как на достаточно большом количестве плит образовались трещины. В связи с этим представляют интерес приведенные в работе [2] данные, показывающие, что в эксплуатации находятся аэродромы, покрытия которых имеют существенные повреждения:

Количество плит, имеющих трещины, %	Количество эксплуатируемых аэродромов, %
более 20	3,4
10–20	18,1
5–10	18,7
менее 5	46,6
0	13,2

Можно отметить накопление невидимых повреждений в каждой плите, подвергающейся воздействию нагрузок от воздушных судов.

Сделано несколько выводов:

– любая нагрузка, создающая напряжение в течение некоторого времени, обязательно вызывает соответствующие повреждения, которые могут быть видимыми и невидимыми. Видимое повреждение – трещина в плите проявляется при условии, когда повреждения плиты  $D_{пл} = 1$ ;

– ресурс покрытия расходуется постепенно во время каждого напряжения;

– все повреждения  $D_{пл}$ , вызванные любыми напряжениями, в сумме не могут быть более единицы.

Выполненный анализ показывает, что невозможно спроектировать покрытие таким, чтобы оно не было повреждено во время эксплуатации. Поэтому необходимо применять такой метод расчета, который был бы основан на допустимости определенного уровня повреждений. Решение получается на основании анализа объема накопленных к определенному времени повреждений в зависимости от принятой конструкции покрытия. В итоге это позволит выбрать конструкцию покрытия с заданной надежностью по формуле:

$$P_o = 1 - D(t), \quad (3)$$

где  $t$  – заданный срок службы покрытия;  $D(t)$  – поврежденность.

Значения надежности образуют ряд, который позволит назначить конструкцию покрытия с соответствующей надежностью. Чтобы получить высоконадежное покрытие, например с надежностью  $P = 0,99$ , которое будет иметь к концу срока службы всего 1% поврежденных плит, необходимо спроектировать покрытие таким образом, чтобы соответствующая ему функция накопления повреждений имела значение  $D(t) = 0,01$ .

В процессе эксплуатации на покрытии кроме трещин образуются и накапливаются различные повреждения, однако наиболее часто шелушение покрытия и сколы кромок плит. Каждое повреждение приводит к ухудшению технического состояния покрытия. Чтобы определить значимость отдельных повреждений, используют метод экспертных оценок.

Правильная оценка технического состояния аэродромного покрытия, своевременное и качественное производство работ по устранению повреждений – за-

лог высокой боеготовности авиационных частей и безопасности производства полетов. Предложенная модель развития и накопления повреждений в аэродромном покрытии, основанная на теории надежности, позволяет с высокой долей вероятности прогнозировать изменение эксплуатационного состояния аэродромного покрытия во времени. Данное обстоятельство способствует заблаговременному планированию работ по текущему содержанию, резервированию денежных средств и своевременному проведению работ.

Решение данной задачи зависит не только от глубины проработки теоретической основы, но и от технической составляющей. Ручная обработка информации для оценки состояния аэродромного покрытия на отдельном участке или на отдельном элементе летного поля (ИВПП, РД, МС и т. д.), трудоемкость подсчета объемов работ по каждому виду дефектов при планировании ремонта и определении необходимых материалов, а также при уточнении затрат на ремонт, хранение и накопление информации о повреждениях покрытий и их ремонте по годам непосредственно на дефектовочном плане затрудняют работу специалистов. Облегчить труд в этом направлении работникам инженерно-аэродромной службы поможет применение вычислительной техники.

Результаты визуального обследования технического состояния покрытий рекомендуется обобщать с помощью специальных компьютерных программ по мониторингу аэродромных покрытий с созданием базы данных, позволяющей анализировать состояние как отдельного фрагмента (плиты), так и всего комплекса аэродромных покрытий и, как следствие, позволяющей избежать основных из перечисленных недостатков и существенно снизить трудозатраты на отслеживание состояния аэродромных покрытий.

К таким специализированным программам относится прикладной пакет, разрабатываемый в ВАИУ совместно с научно-исследовательской лабораторией НИЛ-3 и 32-й кафедрой инженерно-аэродромного обеспечения.

Данный программный комплекс представляет собой программу автоматизированного учета всех видов повреждений на аэродромных покрытиях и подсчета их объемов. Программный комплекс может быть использован для контроля и оценки состояния цементобетонных покрытий. Он включает:

– общую схему аэродрома и его элементов (ИВПП, РД, МС, перронов), разделенных на участки, которые в свою очередь делятся на плиты;

– базу данных по повреждениям аэродромных покрытий;

– алгоритм вычисления объемов повреждений и количественно-качественной оценки технического состояния аэродромных покрытий на отдельных образцах, участках и элементах аэродрома.

Разработанный программный комплекс служит основой для наблюдения и регистрации всех изменений, происходящих с аэродромными покрытиями, за любой длительный отрезок времени. Он позволяет выявить наиболее подверженные разрушению участки покрытий и на этой основе принимать решения по их ремонту и реконструкции.

#### Список литературы

1. Пособие по обследованию элементов летных полей аэродромов авиации Вооруженных сил РФ. М.: МО РФ, 2002. 64 с.
2. Paccard P.G. Design of Concrete Airoport Pavement/ PCA // Engineering Bulletin, 1973. 61 p.



# ЯКУТСК

25-27 февраля 2010 г.

## VII Межрегиональная специализированная выставка СТРОЙИНДУСТРИЯ СЕВЕРА. ЭНЕРГЕТИКА. ЖКХ

Дворец спорта "МОДУН" ул. Кирова, 20\1

### Организаторы:

Выставочная компания "СИБЭКСПОСЕРВИС-Н" г.Новосибирск,

Выставочная компания "САХАЭКСПОСЕРВИС" г.Якутск

При поддержке:

Правительства Республики САХА(Якутия),

Министерства строительства и промышленности строительных  
материалов Республики САХА (Якутия),

Министерства жилищно-коммунального хозяйства и энергетики Республики САХА (Якутия),  
Департамента развития промышленности и предпринимательства Новосибирской области

????????????????

СИБЭКСПОСЕРВИС

????????????????

Тел./факс: (383) 335-63-50

E-mail: ses@math.nsc.ru www.ses.net.ru

Телефон в Якутске: (4112) 42-34-16



## Республика Алтай г. ГОРНО-АЛТАЙСК

4 - 6 МАРТА 2010г.

VII Межрегиональная специализированная выставка

# АЛТАЙ:

- СТРОИТЕЛЬСТВО
- ЭНЕРГЕТИКА, ЖКХ
- ГАЗИФИКАЦИЯ

Организаторы:

Правительство Республики Алтай,

Министерство регионального развития Республики Алтай,

Департамент развития промышленности и предпринимательства Новосибирской области,

Межрегиональное объединение сибирских электротехнических предприятий,

Выставочная компания "СибЭкспоСервис-Н", г. Новосибирск

Выставочная компания  
СИБЭКСПОСЕРВИС-Н

(383) 335-63-50 - многоканальный  
ses@math.nsc.ru www.ses.net.ru

СИБЭКСПОСЕРВИС  
СИБЭКСПОСЕРВИС  
НОВОСИБИРСК

Е.Г. ЛАВРУШИНА, инженер, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса; А.А. БОЙКО, инженер, Дальневосточный технический университет им В.В. Куйбышева (Владивосток)

## Распределение температурных напряжений в дорожных покрытиях

В инженерных расчетах конструктивных элементов на длительную прочность обычно исходят из предположения, что появление магистральных трещин равносильно полному разрушению, и, как следствие, для оценки предельного сопротивления материала рассматривают только первую стадию – процесс накопления рассеянных повреждений. Такой процесс оказывает влияние на физико-механические свойства материала, поэтому степень накопленных повреждений может вводиться в уравнение состояния материала. За время длительного нагружения наблюдаемый процесс накопления повреждений в материале приводит к тому, что расчетное (или измеряемое) напряжение  $\sigma$  оказывается меньше истинного напряжения  $\sigma_0$  на величину  $\Delta\sigma$ .

В работе предлагается расчетный подход оценки влияния циклического воздействия механических и температурных напряжений на несущую способность дорожного полотна. Одним из методов расчета напряженно-деформированного состояния дорожных одежд является применение теории упругости слоистых систем.

Крупнозернистые асфальтовые бетоны используют для устройства нижнего слоя дорожного покрытия, мелкозернистые – для верхнего слоя покрытий с интенсивным движением. На границе сред асфальт–щебень образуется неоднородная составная среда, в которой асфальт является связующим веществом, а щебень представляет собой упрочняющую фазу, называемую наполнителем.

Будем рассматривать этот смешанный слой как двухкомпонентную композитную среду с изотропными компонентами, причем включения примем за достаточно мелкие. Такая среда оказывается неоднородной в микрообъеме, но однородной в макрообъеме. Установлено, что высокое качество дорожного покрытия обеспечивается более мелкой фракцией щебня. Пусть используется мелкая фракция 5–10 мм. Форма элементов-включений не определена. Для построения расчетной механической модели в первом приближении примем частицы щебня сферическими элементами с разбросом значений диаметров 5–10 мм. Будем считать также известным процентное содержание включений в рассматриваемом слое. Предполагая распределение включений в среде равномерным и случайным, поставим для данной среды статистическую задачу механики композитов и решим ее методом реализаций [1].

Для расчета температурных напряжений в описанной выше среде рассматривается система уравнений статистической задачи термоупругости:

$$\Delta\sigma=0; \varepsilon=def\chi; \sigma=\Theta(\varepsilon-at), \quad (1)$$

где  $\sigma(x)$ ,  $\varepsilon(x)$ ,  $\Theta(x)$  – случайные тензоры напряжения, деформаций и модуля упругости;  $def$  – оператор деформаций;  $\chi(x)$  – случайный вектор перемещений;  $\alpha(x)$  – коэффициент линейного расширения;  $t$  – детерминированная разность температуры напряженного состояния и эксплуатации.

Расчет температурных напряжений проводили на модельном поле структуры со сферическими включениями. Решение было найдено путем компьютерного моделирования фрагмента описанной выше структуры для конкретной реализации.

Компоненты тензора напряжений в элементах структуры вычислены по соотношению:

$$P_{ij}^{(s)} = (c_{ij\alpha\beta}^s a_{\alpha\beta}^0 + c_{ij\alpha\beta} J_{\alpha\beta\gamma\delta} R_{\gamma\delta} - c_{ij\alpha\beta}^s a_{\alpha\beta}^s) t, \quad (2)$$

где  $c_{ij\alpha\beta}$  – модули упругости компонентов;  $c_{ij\alpha\beta} J_{\alpha\beta\gamma\delta} R_{\gamma\delta}$  – температурные напряжения в данной точке среды, где  $J_{\alpha\beta\gamma\delta} R_{\gamma\delta}$  – тензор деформаций, определяемый из решения краевой задачи теории упругости;  $s$  – индекс среды, в которой вычисляются температурные напряжения, принимающий значения 1 и 2 (соответственно для включения и связующего). Верхним индексом коэффициента линейного расширения  $a_{\alpha\beta}^0$ , обозначенного нулем, указываются макроскопические коэффициенты линейного расширения, представляющие собой некоторые постоянные усредненные величины, зависящие от процентного содержания компонентов в смеси. По повторяющимся индексам  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  проводится суммирование согласно правилам тензорного исчисления; индексы  $i, j$  принимают значения 1, 2, 3.

Расчет средних значений компонент тензора напряжений для среды, состоящей из асфальта и щебня с упругими характеристиками:  $E^{(1)}=2500$  МПа и  $E^{(2)}=650$  МПа – нормальный модуль упругости;  $G^{(1)}=1250$  МПа и  $G^{(2)}=300$  МПа – модуль сдвига;  $\nu^{(1)}=0,23$  и  $\nu^{(2)}=0,3$  – коэффициент Пуассона. Процентное соотношение щебня равно 90, температура  $t=20^\circ\text{C}$ . Индексом 1 обозначены величины, относящиеся к включениям (щебень), индекс 2 относится к связующему (асфальт). Средние значения температурных напряжений в компонентах смешанного слоя по направлениям (1, 2, 3):

$$P_{11}^{(1)}=P_{11}^{(2)}=0,55 \text{ МПа}; P_{11}^{(1)}=1,03 \text{ МПа};$$

$$P_{11}^{(2)}=0,66 \text{ МПа}; P_{11}^{(2)}=0,41 \text{ МПа}; P_{11}^{(2)}=0,026 \text{ МПа}.$$

Примем, что колесная нагрузка на дорожное полотно рассчитывается через контактное давление  $q$  и диаметр  $D$  контактной зоны. В основании первого слоя возникает трещина, увеличивающаяся по направлению снизу вверх, и в определенный момент ее полудлина становится равной  $l$ .

Рассмотрим случай, когда внешняя нагрузка оказывается над устьем трещины. В данном случае трещина распространяется в результате изгиба. Требуется определить, насколько быстро трещина будет продвигаться через слой основания.

Для того чтобы выполнить такой анализ, необходимо воспользоваться теорией механики разрушения. В данном случае используется кинетическое уравнение Перриса:

$$\frac{dl}{dN} = C(\Delta K_1)^m, \quad (3)$$

где  $\Delta K_1 = K_{1max} - K_{1min}$  – размах коэффициента интенсивности напряжения при изгибе;  $C$  и  $m$  – постоянные,

определяемые по экспериментальным кривым роста трещины.

При известном критическом значении коэффициента интенсивности напряжения  $K_{1c}$  (постоянная с размерностью сила $\times$ длина $^{-3/2}$ ) для описания процесса роста трещин более удобна следующая форма уравнения:

$$\frac{dl}{dN} = B \left( \frac{\Delta K_1}{\Delta K_{1c}} \right)^m = B \left[ \frac{K_{1max}}{K_{1c}} (1-r) \right]^m, \quad (4)$$

где  $B$  – постоянная материала имеет размерность длины и  $r=K_{1min}/K_{1max}$  – коэффициент асимметрии цикла. По экспериментальным данным, показатель степени для асфальтобетона оказывался близким 3.

При стационарном режиме циклического нагружения  $\sigma_{max}=const$ ,  $r=const$ . Уравнение (4) преобразуется в выражение вида:

$$\frac{dl}{dN} = \frac{B(1-r)^m}{K_{1c}^m} l^{m/2} \sigma_{max}^m, \quad (5)$$

где  $\sigma_{max}=\sigma(T)+\sigma(P)$ ;  $\sigma(T)$  – температурное и  $\sigma(P)$  – силовое напряжения.

Разделяя переменные и интегрируя для случая  $m>3$ , записываем:

$$l^{m/2-1} = \frac{1}{C - \frac{B(1-r)^m}{K_{1c}^m} \left( \frac{m}{2} - 1 \right) N \sigma_{max}^m}. \quad (6)$$

Постоянную интегрирования  $C$  находим из условия, что при  $N=0$  полуудлина  $l$  равна некоторой малой начальной величине  $l_0$ :

$$C = l_0^{(m/2-1)}. \quad (7)$$

При предельном числе циклов  $N_0$  полуудлина трещины  $l$  равна критической величине  $l_{kp}$ , которая определяется согласно выражению:

$$l_{kp} = \frac{1}{\pi} (K_{1c} / \sigma_{max})^2. \quad (8)$$

Из уравнения (6) с учетом (7) находим через число циклов нагружения время выхода трещины на поверхность покрытия первого слоя:

$$N_p = \frac{(l_{kp}^{m/2-1} - l_0^{m/2-1}) K_{1c}^m}{B(1-r)^m \left( \frac{m}{2} - 1 \right) l_0^{m/2-1} l_{kp}^{m/2-1} \sigma_{max}^m}. \quad (9)$$

Предполагаемый метод расчета позволяет оценить эффективность как простых, так и армированных геотекстилем дорожных полотен.

### Литература

1. Волков С.Д., Ставров В.П. Статистическая механика композитных материалов. Минск: БГУ, 1978. 205 с.



#### Строительство, материаловедение, машиностроение:

серия «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве»

(Мисхор-2009). Сб. науч. трудов 4-го Междун. научно-практ. семинара - Днепропетровск: ПГАСА, 2009. - 397 с.

Сборник содержит научные статьи и тезисы докладов участников 4-го Международного научно-практического семинара «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве», посвященные технологии производства ячеистых бетонов и эффективности его применения в современном строительстве. Сборник предназначен для инженерно-технических работников предприятий, научных работников и аспирантов научно-исследовательских институтов, проектных организаций, студентов высших учебных заведений.



Мартыненко В.А., Морозова Н.В.

#### Справочник специалиста лаборатории завода по производству газобетонных изделий.

- Днепропетровск: ПГАСА, 2009. - 308 с.

В доступной и краткой форме даны теоретические основы по основным показателям ячеистого бетона, приведены отличительные особенности газобетона от пенобетона, номенклатура изделий из газобетона, принципиальные технологические схемы производства изделий из газобетона. В справочнике изложены вопросы по организации лаборатории и производственного контроля на заводе по производству газобетонных изделий, рассмотрены виды контроля, приведены требования к основным составляющим газобетона и самого газобетона, методы исследования их качества, даны статистическая обработка результатов, и рекомендации по подбору оптимального состава газобетонной смеси. Подробно описана комплектация лаборатории необходимым оборудованием, приведены сведения о приборах для контроля качества и даны их технические характеристики. Представлен перечень основной нормативной документации ГОСТ, ДБН, ТУ, СНиП, регламентирующей методы исследований сырьевых материалов, полуфабрикатов и готовой продукции. Справочник предназначен для инженерно-технических работников лабораторий и ОТК заводов по производству газобетонных изделий, работников проектных и научно-исследовательских организаций и может быть использован студентами учебных заведений строительного профиля.



Шарков В.В., Мартыненко В.А., Шарков Вл. В., Бурейко С.В.

#### Физические, тепло- и массообменные свойства строительных материалов.

Справочник. - Днепропетровск: ПГАСА, 2009. - 192 с.

В справочнике изложены основные зависимости тепло- и массообмена строительных материалов, применяющихся в строительстве. Тепло- и массообменные свойства некоторых материалов даны при различных температурах и средних плотностях, которые систематизированы и представлены в табличном и графическом виде. Справочник рассчитан на специалистов, работников проектных и научно-исследовательских организаций и может быть использован студентами учебных заведений строительного и теплоэнергетического профилей.

#### По вопросам приобретения обращаться:

Лаборатории ячеистых бетонов ПГАСА, ЧП «ИНТерБудМа», а/я 485, 49005, г. Днепропетровск, Украина, т/ф +38-(0562)–47–16–44; e-mail: labconcrete@mail.pgasa.dp.ua; www.pgasa.dp.ua/labconcrete

А.В. КОЧЕТКОВ, д-р техн. наук, академик транспорта,  
А.В. ЧВАНОВ, инженер, ФГУП «РОСДОРНИИ» (Москва)

## Новые антигололедные дорожные покрытия с шероховатой поверхностью в России

Безопасность дорожного движения в зимний период является важнейшей проблемой для органов управления федеральных, территориальных и муниципальных автомобильных дорог общего пользования. В настоящее время продолжает совершенствоваться нормативно-методическая база дорожного хозяйства, осваиваются новые технические решения, позволяющие сократить количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), вызванных снижением сцепных качеств дорожных покрытий при образовании зимней скользкости [1].

Применяемые конструкции дорожных покрытий имеют достаточно высокий технический уровень. Однако они в своем большинстве не ориентированы на эффективное применение в зимний период.

Компания «Зиракс», производитель и продавец специализированной химической продукции, поставляемой для широкого круга клиентов, в числе которых нефтесервисные и нефтегазодобывающие компании, а также предприятия, специализирующиеся на зимней уборке и эксплуатации дорог и территорий с твердым покрытием, осуществила устройство первого в России и СНГ участка антигололедного поверхностного покрытия SafeLane™ в рамках лицензионного соглашения с компанией Cargill Incorporated (США) по производству и продаже пищевых и сельскохозяйственных продуктов, оказанию услуг в области управления финансовыми рисками. Данное соглашение определяет условия маркетинга и продажи технологии на

рынках России и десяти стран СНГ.

Новые дорожные антигололедные покрытия с шероховатой поверхностью SafeLane™ HDX (двухслойное) с минимальной толщиной 10 мм и SafeLane™ CA-48 (однослойное) с минимальной толщиной 5 мм, и конструкции на их основе разработаны учеными Мичиганского технологического университета. Передача новых технологий проводится компанией Cargill (США) и ООО «Зиракс» [2].

Антигололедное покрытие SafeLane™ – инновационное решение, направленное на обеспечение безопасности и мобильности на автомобильных дорогах, искусственных сооружениях, различных территориях в зимний и летний периоды. Запатентованная система двух основных компонентов – полимерного (эпоксидного) состава и специального заполнителя в зимний период выполняет функцию удержания противогололедных материалов на поверхности покрытия, препятствуя образованию опасных проявлений зимней скользкости. Покрытие также обеспечивает круглый год надежное сцепление, гидроизоляционную защиту инфраструктуры различных объектов, в том числе искусственных сооружений. Применение данной технологии позволяет существенно снизить аварийность на так называемых участках концентрации ДТП, где образование гололеда происходит существенно быстрее по сравнению с другими участками, и увеличить пропускную способность автомобильных дорог.

Предлагаемое антигололедное дорожное покрытие ориентировано

на обеспечение высокой эффективности противодействия при возникновении зимней скользкости на дорожном покрытии путем снижения адгезии снежно-ледяного образования и затрат при уборке автомобильных дорог в зимний период. Изменения регламента зимнего содержания дорожных покрытий при этом не происходит. Предполагается, что его противогололедные свойства должны обеспечиваться механическими и физико-химическими параметрами каменного материала (зерновым составом и маркой щебня).

Распределение противогололедного материала производится по факту возникновения зимней скользкости. Зерновой состав и способ распределения щебня без его прикатки должны обеспечивать максимальные разновысотность активных выступов макрошероховатости и разноглубинность впадин. В условиях исполнения регламента распределения противогололедных материалов они должны обеспечить одновременность образования пятен гололеда на активных выступах шероховатости. При этом последние должны легко удаляться колесами транспортных средств. Это определяет максимальную площадь и длину линии профиля шероховатой поверхности, что позволяет обеспечить максимальный контакт между дорожным покрытием и растворенным противогололедным материалом.

Как дополнительный системный эффект покрытие имеет и антигололедные свойства – возможность удерживать за счет слабой смываемости противогололедный материал на дорожном покрытии до очередного возникновения зимней скользкости.

Двухслойное покрытие марки SafeLane™ HDX толщиной около 10 мм установлено на рампе площадью 275 м<sup>2</sup> по проекту реконструкции промышленного здания, расположенного в Зеленоградском административном округе Москвы (рис. 1).

Впервые примененная в России технология устройства антигололедных шероховатых покрытий не требует специального оборудования и состоит из ряда основных операций.

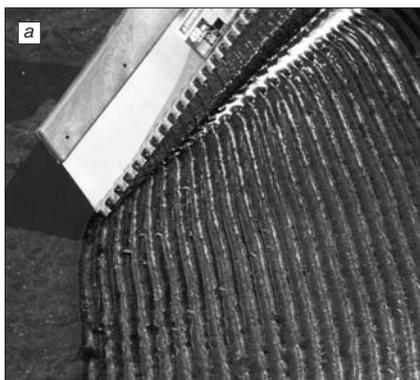


Рис. 1. Распределение эпоксидного состава (а) и щебня (б) на дорожном покрытии

- Тщательная очистка покрытий от пыли и грязи ручным и/или механизированным способом; при необходимости мойка и сушка.
- Распределение по поверхности покрытия рабочей эпоксидной смолы (рис. 1, а).
- Распределение щебня (рис. 1, б).

Технология работ по устройству дорожных покрытий типа SafeLane™ проста и близка к технологии устройства поверхностной обработки, широко используемой в России для повышения шероховатости дорожных покрытий. Поэтому адаптирование данной технологии в условиях России не должно вызвать сложности.

Разработчиками SafeLane™ установлено, что солеудерживающая способность антигололедного дорожного покрытия значительно выше, чем обычного асфальтобетонного. Отмечается слабое влияние количества промывок на снижение солеудерживающей способности противогололедных материалов, которая определяется свойствами специально подобранного материала покрытия.

Обычное значение коэффициента сцепления для покрытия SafeLane™ после его устройства 0,58–0,6 (0,4 по нормативам). Ожидаемый срок службы покрытия 15 лет с учетом специфических особенностей компонентов – вяжущего (эпоксидного состава) и специально подобранного заполнителя. Такие эпоксидные составы применяют для автомобильных дорог и мостовых сооружений в США в течение более чем 20 лет на цементно- и асфальтобетонных дорожных покрытиях, при различных видах ремонта и условий содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений.

Покрытие сохраняет сцепные и антигололедные свойства в 4–10 раз дольше, чем обычные дорожные покрытия даже в течение длительной дождливой погоды. Дорожное покрытие необходимо ежегодно очищать от грязи и песка. Это может быть сделано любым стандартным оборудованием или водой под высоким давлением. При наступлении нового зимнего сезона покрытие в сухом состоянии рекомендуется обработать противогололедным реагентом, а после окончания гарантированного срока службы обновить покрытие новым слоем. Моделирование и экспериментальные исследования показали, что покрытие может находиться в работоспособном состоянии до 25 лет.

SafeLane™ ориентировано на виды противогололедных материалов типа хлоридов натрия, кальция, магния, ацетатов калия-магния, кальция

и др. подобные материалы. Установлено, что из-за своих осветленных свойств антигололедное покрытие может выполнять роль цветных покрытий противоскольжения.

На первом этапе авторами была изготовлена партия образцов антигололедного покрытия на основе представленных образцов эпоксидной смолы фирмы «Cargill» и щебня доломитовых пород (рис. 3). На твердую основу было нанесено приготовленное в пропорции 1:1 эпоксидное вяжущее и сразу распределен щебень.

Для этого вида дорожных покрытий были разработаны новые параметры нормирования макрошероховатости с учетом особенности конструкции. Основными параметрами выбраны разновысотность активных выступов шероховатости, контактирующих с колесами транспортных средств, и разноглубинность впадин покрытия, отвечающих за отличие объемов противогололедного реагента в пространстве между зернами щебня.

Разновысотность выступов и разноглубинность впадин было предложено оценивать через дисперсию или среднеквадратическое отклонение как статистические инварианты, что было реализовано в прикладной программе «Шероховатость-2008» (рис. 4) портативного переносного измерительного комплекса.

Аналогично методическому обеспечению ГОСТ 2789–75 «Шероховатость поверхности» предлагается использовать ручной способ оценки среднеквадратического отклонения разновысотности и разноглубинности макрошероховатости через показания десяти измерений активных выступов и десяти выступов на основе следующих формул:

$$\bar{x}_\sigma = \frac{\sum_{i=1}^5 x_{i\text{верх}} - \sum_{i=1}^5 x_{i\text{нижн}}}{5};$$

$$\bar{z}_\sigma = \frac{\sum_{i=1}^5 z_{i\text{верх}} - \sum_{i=1}^5 z_{i\text{нижн}}}{5},$$

где  $\bar{x}_\sigma$  – оценка среднеквадратического отклонения разновысотности активных выступов макрошероховатости;  $x_{i\text{верх}}$ ,  $x_{i\text{нижн}}$  – результаты измерений пяти верхних и пяти нижних выступов макрошероховатости;  $\bar{z}_\sigma$  – оценка среднеквадратического отклонения разноглубинности впадин макрошероховатости;  $z_{i\text{верх}}$ ,  $z_{i\text{нижн}}$  – результаты измерений пяти верхних и пяти нижних впадин макрошероховатости.

Пример определения разноглубинности. Получены результаты десяти измерений впадин макрошероховатости: 8; 4; 3; 6,5; 8; 9,5; 3,5; 7; 4. Из полученного ряда выбраны пять



Рис. 2. Вид устроенного антигололедного дорожного покрытия с шероховатой поверхностью, сопряжение с люком

верхних: 8; 7; 9,5; 6,5; 8 и пять нижних: 4; 4,5; 3,5; 3; 4 мм. Оценка среднеквадратического отклонения определяется из разницы их средних значений:  $7,8 - 3,8 = 4$  мм. Определено, что образцы антигололедного дорожного покрытия отличаются повышенной разноглубинностью.

Пример определения разновысотности. Получены результаты измерения десяти выступов макрошероховатости: 0; 1; 4,5; 2,5; 4; 2; 3; 6,5; 4; 5. Из полученного ряда выбраны пять верхних: 4,5; 4; 6,5; 4; 5 и пять нижних: 0; 1; 2,5; 2; 3 мм. Оценка среднеквадратического отклонения определяется из разницы полученных средних значений  $4,8 - 1,7 = 3,1$  мм. Определено, что образцы противогололедного дорожного покрытия отличаются повышенной разновысотностью.

Результаты тестовых испытаний формул для выполнения вручную показали хорошее соответствие вычислениям с помощью статистических формул вычисления среднеквадратического отклонения и программы «Шероховатость-2008».

Установлено, что среднеквадратическое отклонение разновысотности и разноглубинности максимально (до 10 мм) по отношению к аналогичным дорожным покрытиям с шероховатой поверхностью (шеро-

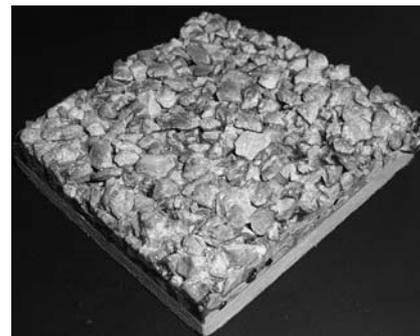


Рис. 3. Образец антигололедного дорожного покрытия



Рис. 4. Фрагмент результатов работы программы «Шероховатость-2008»

ховатая поверхностная обработка, шероховатые тонкослойные покрытия, литой асфальтобетон на основе полимерно-битумных вяжущих, слой износа и др.).

Также установлено, что из-за осветленных свойств антигололедное покрытие может выполнять роль цветных покрытий противоскольжения.

На основе анализа данных, полученных теоретическими и практическими методами, рекомендуется применение антигололедных дорожных покрытий с шероховатой пове-

рхностью в качестве нового инновационного продукта зимнего содержания автомобильных дорог и мостовых сооружений.

Практическое применение технологии позволит повысить уровень безопасности и производительность на объекте за счет надежных сцепных и антигололедных свойств устроенного покрытия с функцией слоя износа повышенной шероховатости, а также увеличить срок службы объекта в целом благодаря созданным гидроизолирующим свойствам.

#### Список литературы

1. Кочетков А.В., Суслиганов П.С. Нормирование, проектирование и устройство дорожных покрытий с шероховатой поверхностью // Автомобильные дороги. 2005. № 12. С. 80.
2. СТО 39297743-05–2008 Рекомендации по устройству противогололедных дорожных покрытий с шероховатой поверхностью. Волгоград: ООО «Зиракс», 2008.

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь,  
 Научно-исследовательское и проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «Институт НИИСМ»,  
 Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие по строительству «Институт БелНИИС»,  
 Редакция журнала «Архитектура и строительство»  
 Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью «Стринко»

**26–28 мая 2010 г. г. Минск**

## Международная научно-практическая конференция ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ



### Программой конференции предусмотрено:

**26 мая 2010 г.**

- ♦ пленарное заседание конференции
- ♦ презентация 3-й редакции книги «Производство ячеистобетонных изделий: теория и практика»

**27 мая 2010 г.**

Посещение действующего производства ячеистого бетона на ОАО «Минский комбинат силикатных изделий», осмотр объектов строительства Минска.

**28 мая 2010 г. Работа по секциям**

- Секция №1. Создание (модернизация) заводов по производству ячеистого бетона автоклавного твердения.
- Секция №2. Выработка стратегии реализации ячеистобетонной продукции применительно к условиям регионов.
- Секция №3. Новые архитектурно-строительные системы. Особенности проектирования объектов на основе каркаса с наружными ограждающими конструкциями из ячеистого бетона.

**Принимаются заявки на проведение докладов и презентаций. Заявку на участие в конференции, на выступление и презентацию можно скачать с сайта [www.ais.by](http://www.ais.by)**

**220005 Минск, ул. Платонова, 22, к. 705.**

**Тел./факс (+375 17) 292 49 56, 292 79 43, 292 79 44, моб. (+375 29) 611 66 20**

**26 - 28 мая 2010 г. E-mail: [bsr@telecom.by](mailto:bsr@telecom.by)**



## В издательстве «Стройматериалы» Вы можете приобрести дайджесты и специальную литературу по антикризисным ценам

### Тематические дайджесты серии «Совершенствование строительных материалов»

Дайджест «**Ячеистые бетоны – производство и применение**» (Часть 1). В настоящее время он выпущен на CD. В 2005 г. издана Часть 2. Представлены технологии и оборудование, опыт применения, результаты научных исследований.

Дайджест «**Кровельные и изоляционные материалы**» включает статьи по темам: битумные, битумно-полимерные, полимерные материалы, гидроизоляция сооружений, жесткие кровли и др.

Дайджест «**Керамические строительные материалы**». Часть 1 выпущена на CD. В 2009 г. вышла Часть 2. Информация представлена по следующим направлениям: отраслевые проблемы, сырьевая база, оборудование и технология, контроль качества, ограждающие конструкции.

Дайджесты «**Сухие строительные смеси**». Часть 1 выпущена на CD. В 2009 г. Вышла Часть 2. В дайджестах представлены рубрики: технологии и оборудование, компоненты ГСС, результаты научных исследований, применение.

Дайджест «**Современные бетоны: наука и практика**» содержит более 100 статей по тематическим разделам: исследование составов и свойств бетонов, исследования технологических аспектов производства бетонов, заполнители для бетонов, коррозия бетона, технология и оборудование, применение бетона и др.

В 2009 г. вышел дайджест «**Материалы для дорожного строительства**». В дайджест вошло более 100 статей по тематическим разделам: нормативная и методическая база отрасли; материалы для дорожного строительства; ремонт дорог.



### Специальная литература

#### Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Рассмотрены основные методы отбора проб, испытаний сырьевых материалов, контроля и исследования технологических процессов, а также определения свойств готовой продукции, применяемые в керамической, огнеупорной и смежных отраслях промышленности. Пособие может быть использовано не только как учебное, но и в качестве полезного руководства для инженеров заводских и научно-исследовательских лабораторий.

#### Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – заслуженный деятель науки России, доктор техн. наук Л.М. Ковальчук.

В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления ДКК, показаны области их применения, описаны материалы для их изготовления. Особое внимание уделено вопросам оценки качества, методам испытаний, приемке и сертификации клееных конструкций. В книге приведен полный перечень отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих производство и применение ДКК.

#### Книга «О безопасности асбестоцементных материалов и изделий»

Авторы – канд. техн. наук С.М. Нейман, доктор хим. наук А.И. Везенцев, канд. мед. наук С.В. Кашанский.

Представлены исторические и технические сведения о производстве и свойствах хризотил-асбеста и асбестоцемента. Показано, что добыча и использование хризотил-асбеста, разрешенного к применению Конвенцией № 162 ВОЗ, возможны без вреда для человека. Охарактеризованы опасные свойства многих волокнистых заменителей хризотил-асбеста, альтернативных материалов и изделий на их основе. Книга предназначена для повышения квалификации работников асбестовой и асбестоцементной отрасли с целью проведения разъяснительной работы среди потребителей асбестоцементной продукции, строителей, работников проектных институтов, руководителей городов и регионов.

#### Книга «Керамические пигменты»

Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики.

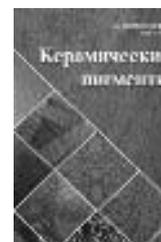
Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок. Будет полезна для специалистов других отраслей промышленности, где применяются высокотемпературные пигменты.

#### Книга «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки»

Автор – Ищук М.К.

Обобщен отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. Показана история проектирования и строительства таких зданий. На конкретных примерах зданий, возведенных в конце 1990-х гг. рассмотрены различные дефекты наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Приведены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен, инженерные методы расчета различных воздействий на наружные многослойные стены и др.

Предназначена для работников проектных, строительных и контролирующих качество строительства организаций.



**Подробнее на [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)**

Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «Стройматериалы»

Тел./факс: (495) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru)

Н.Е. КОКОДЕЕВА, канд. техн. наук, Саратовский государственный технический университет

## **Обеспечение безопасности автомобильных дорог с учетом теории риска**

*Научные направления исследований кафедры «Строительство дорог и организация движения»*

Зарождение и процветание цивилизаций начинается с транспортных магистралей, наличие и состояние которых характеризует уровень развития стран во всем мире. Инженер путей сообщения должен всегда понимать, что автомобильные дороги, мосты, тоннели и другие транспортные сооружения возводят на долгие годы, они часто переживают века и как завещание своего времени выражают техническую и культурную зрелость народа. Это обязывает возводить их таким образом, чтобы будущее поколение смотрело на чудо инженерной мысли с гордостью и восхищением. С другой стороны, высокая степень ответственности возлагается на инженера в обеспечении надежности и безопасности сооружений, устойчивости к воздействию множества искусственных и естественных факторов при максимальной экономии материальных и энергетических ресурсов, а также временных затрат. Все это изучается в стенах Саратовского государственного технического университета (СГТУ) на кафедре «Строительство дорог и организация движения» (СОД).

3.09.1930 г. был опубликован приказ № 16 директора Саратовского автомобильно-дорожного института (САДИ, ныне СГТУ), в соответствии с которым было организовано 17 кафедр, в том числе и кафедра «Дорожное дело».

В соответствии с изучением широкого круга вопросов по изысканию, проектированию и строительству автомобильных дорог кафедра получила название «Проектирование и строительство дорог». Первым заведующим кафедрой был назначен доцент А.А. Милашечкин – руководитель научной школы по развитию методов проектирования транспортных развязок.

А.А. Милашечкин принимал активное участие в проектировании и строительстве железнодорожного моста через Волгу, а также по его инициативе был построен автодорожный мост Саратов–Энгельс.

Следующим этапом развития кафедры была организация двух специальных кафедр (1938 г.): «Изыскание и проектирование дорог» (ИПД) и «Строительство и эксплуатация до-

рог» (СЭД). Первым заведующим кафедрой ИПД стал В.А. Гречанинов, а кафедры СЭД – проф. Г.А. Заславский, разработавший основы проектирования скоростных автомобильных дорог. В 1949 г. при кафедрах СЭД и ИПД открыли аспирантуру.

Первым кандидатом технических наук, защитившим диссертацию в САДИ, стал Б.Н. Ладыгин, впоследствии член-корреспондент АН Белорусской ССР, долгие годы работавший в САДИ и основавший научную школу по изучению и использованию местных каменных материалов в дорожном строительстве.

При кафедрах СЭД и ИПД была создана отраслевая дорожная исследовательская лаборатория, успешно действующая и по настоящее время, оснащенная современным оборудованием для решения комплекса задач, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией дорог, расположенных в Саратовской области и других регионах страны. В разное время лабораторией руководили А.А. Соломин, К.П. Машин, Г.Е. Твердунов, Б. Самусь, Л.М. Бугон и Ф.К. Валеев.

В 1992 г. в связи с открытием на факультете специальности «Организация дорожного движения» (ОДД), была создана кафедра «Проектирование дорог и организация дорожного движения» (ПОД) под руководством д-ра техн. наук, профессора В.В. Столярова.

В 2001 г. в целях совершенствования управления учебным процессом и улучшения его методического обеспечения было произведено объединение кафедр СЭД и ПОД, на базе которых создана кафедра «Строительство дорог и организация движения» (СОД). С 2001 г. по настоящее время заведующим кафедрой СОД является профессор, д-р техн. наук В.В. Столяров. В состав кафедры СОД входит секция «Геодезия».

За период 2002–2009 гг. преподавателями кафедры подготовлено 15 учебных пособий. Учебный процесс, осуществляемый на кафедре, достаточно технически укомплектован, производится постоянное обновление компьютерной базы.

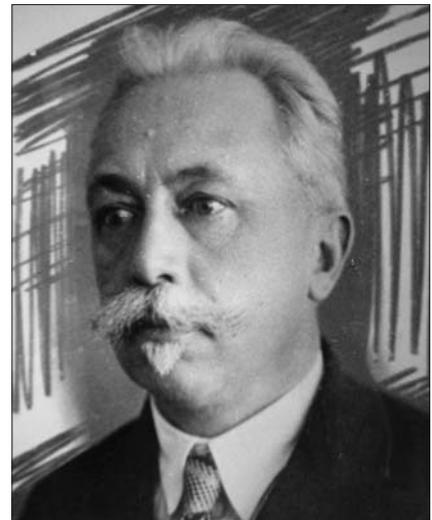
Обеспечению высокого качества учебного процесса способствует высокая квалификация профессорско-

преподавательского и учебно-вспомогательного состава кафедры.

В настоящее время на кафедре «Строительство дорог и организация движения» работают: профессор, д.т.н. В.В. Столяров, профессор, к.т.н. Н.А. Горнаев, доценты, к.т.н.: А.Ф. Иванов, В.В. Волжнов, Н.Е. Коккодеева, В.А. Мохнев, В.Е. Никишин, С.С. Фадеев, Л.М. Осадчая, В.В. Бычков, А.В. Панкратова, Л.В. Усова, Н.В. Щеголева, Т.В. Осипова, А.А. Строкин, Э.Ю. Шмагина; ассистенты: В.Н. Игнатюк, Н.Н. Рябкова, Р.А. Стадник. В составе секции «Геодезия» работают доценты, к.т.н. В.И. Новиков, А.Б. Рассада, А.Т. Глухов, П.П. Смольков, А.М. Бондаренко.

О высоком авторитете кафедры свидетельствует участие сотрудников в ряде конференций, симпозиумов и выступления на них с соответствующими докладами.

Профессор Виктор Васильевич Столяров, являясь действительным членом Российской академии транспорта (РАТ), заместителем председателя Поволжского отделения РАТ, членом Президиума академии, доктором технических наук, многие годы ведет активную научно-исследовательскую деятельность в области обеспечения безопасности транспортных сооружений на стадии проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и ремонта, а также в области повышения



А.А. Милашечкин

безопасности дорожного движения на основе теории риска.

Его учебные пособия и научные труды в области обеспечения надежности транспортных сооружений и безопасности движения широко используются на производстве, а также в учебном процессе вузов.

В.В. Столяров является руководителем нового научного направления «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения с учетом теории риска». В рамках научной школы защищены диссертационные работы и проводятся научные исследования по вопросам:

- разработка методов оценки риска и надежности вложения средств (инвестиций) в транспортные проекты;

- создание методов оценки фактического срока службы и риска (темпа) разрушения дорожной одежды;

- разработка теории управления состоянием конструкции с позиции теории риска;

- создание методов проектирования геометрических элементов автомобильных дорог по допустимой величине риска возникновения ДТП (заноса, столкновения, наезда и опрокидывания автомобилей).

Данное направление в большей степени обозначило свою остроту и актуальность с момента выхода Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и его Изменений от 1.05.2007 г. (№ 65-ФЗ), предлагающих в качестве измерителя требуемого уровня безопасности использовать допустимый риск причинения вреда. При этом даны трактовки понятий «безопасность» и «риск»:

- безопасность продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений;

- риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

Риск как вероятность причинения вреда можно устанавливать статистическими методами на основе обработки натуральных данных, определять с использованием той же статистики по формулам теории риска, основанным на анализе законов распределения изучаемых параметров. При этом риск устанавлива-

ют отдельно: для проектных условий, с обоснованными допусками на отклонение проектных параметров, и для объектов, находящихся в фактических условиях эксплуатации сооружений, с отклонениями анализируемых параметров. Другими словами, требования к техническим регламентам, а значит, и ко всем группам документов по уровню безопасности (по уровню допустимого риска) будут зависеть только от того, в начале жизненного цикла находится транспортное сооружение (обеспечение безопасности при проектировании, строительстве или реконструкции сооружения) или данный объект уже существует (обеспечение безопасности при эксплуатации сооружения).

В СГТУ на кафедре «Строительство дорог и организация движения» в течение последних 25 лет велась разработка математических и экономико-математических моделей оценки риска причинения вреда человеку, имуществу и окружающей среде в различных дорожных условиях с учетом скорости движения автомобилей. Под руководством проф. В.В. Столярова созданы модели (методики) оценки риска:

- возникновения ДТП при наезде на препятствие в пределах вогнутой и выпуклой кривых, при столкновении в условиях боковой видимости, при движении в условиях ограниченной видимости поверхности дороги, при потере поперечной устойчивости автомобиля на кривой в плане (канд. техн. наук, доцент В.А. Мохнев);

- в случаях разрушения дорожной одежды, нарушения сплошности в монолитном слое, переувлажнения грунта относительно оптимальной влажности, возникновения шумового загрязнения от автотранспортных средств (канд. техн. наук, доцент Н.Е. Кокоева);

- безопасности разезда автомобилей в городских условиях, поломки ходовых частей автомобиля на вогнутых кривых, потери видимости на выпуклых кривых (канд. техн. наук Д. Кожин);

- наезда на впереди идущий автомобиль при торможении и при преодолении подъемов (канд. техн. наук О.Ф. Вальтер);

- возникновения процесса глиссирования (канд. техн. наук Т.В. Осипова);

- потери окупаемости капиталовложений в строительство двухполосных дорог, смены технической категории дороги в результате неточности определения интенсивности движения (канд. техн. наук Л.В. Усова);

- образования очереди автомобилей при данной длине разметки,



В.В. Столяров

- запрещающей обгон (канд. техн. наук А.В. Панкратова);

- разрушения покрытия в результате вспучивания (канд. техн. наук А.А. Строкин);

- движения автомобилей в режиме пропускной способности; ухудшения состояния водителя при движении автомобиля по неровной поверхности; потери информации водителями (канд. техн. наук Н.В. Щеголева); деградации почвогрунтов (канд. техн. наук, доцент А.Т. Глухов); несвоевременного распада катионных эмульсий; возникновения снежного заноса; потери устойчивости опор и образования местного размыва у опор мостового перехода; изменения числа полос движения на многополосных дорогах в результате неточности определения перспективной интенсивности движения; разрушения дорожной конструкции в районе расположения вечной мерзлоты; потери видимости поверхности дороги и встречного автомобиля в сложных метеорологических условиях.

На кафедре также ведутся работы по проектированию автомобильных дорог с учетом риска возникновения ДТП.

В соответствии с Законом РФ «О техническом регулировании» научный коллектив кафедры СОД занимается разработкой и внедрением в организациях транспортного строительства стандартов предприятий с учетом региональных и климатических требований на территории Российской Федерации. В стандартах отражаются требования к безопасности сооружений с позиции их прочности, устойчивости, эксплуатации сооружений с учетом безопасности дорожного движения и допустимого риска причинения вреда жизни человеку и окружающей среде.

**НОВОСТИ КОМПАНИЙ**

**На заводе «Ульяновскцемент» завершено строительство электрофильтра**

На ОАО «Ульяновскцемент» (Холдинг «ЕВРО-ЦЕМЕНТ групп») состоялся запуск современного электрофильтра швейцарской фирмы «ELEX AG» вращающейся печи № 2. Фильтр предназначен для очистки отходящих газов с печи. Объем инвестиций в проект составит более 130 млн р. Проект является частью масштабной программы холдинга по охране окружающей среды в 2009 г., инвестиции в реализацию которой составят свыше 500 млн р. Основными преимуществами нового фильтра являются высокая пылеудерживающая способность благодаря оптимальной конструкции и расположению электродов в электрофильтре, минимальные расходы электроэнергии, совершенная аэродинамика и идеальное распределение газов по сечению фильтра, четко рассчитанная периодичность встряхивания электродов, что сокращает риски быстрого износа механизма встряхивания, контроль состава газа на входе в электрофильтр и запыленности на выходе. Кроме того, конструкция электрофильтра обеспечивает автоматическую электронную фиксацию всех парамет-

ров его работы. Данная функция введена производителем оборудования; персонал завода не имеет возможности удалить или изменить записанные данные. В 2008 г. в ОАО «Ульяновскцемент» в эксплуатацию был запущен аналогичный фильтр на вращающейся печи № 1, инвестиции в проект составили 110 млн р. Строительство и пуск в эксплуатацию двух электрофильтров в 2008–2009 гг. является заключительным мероприятием по программе охраны окружающей среды, реализуемой на Ульяновском цементном заводе. Общие затраты по программе по снижению воздействия на окружающую среду составили 300 млн р. Благодаря расширению рынков сбыта и комплексной программе по снижению издержек Ульяновский цементный завод смог получить в 2009 г. дополнительные заказы, в том числе отгрузки клинкера на экспорт в Украину. При общем падении спроса на цемент в России на 32% по сравнению с 2008 г. Ульяновский цементный завод не снижает объемов выпуска цемента. Планирует закончить год с производством свыше 1 млн т.

*По материалам пресс-службы «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»*

**Техническая изоляция ISOVER теперь производится в России**

Компания ISOVER начала производство широко известного материала для технической изоляции ISOVER KIM-AL на заводе в г. Егорьевске (Московская область). Кроме классической версии продукта российский завод ISOVER будет выпускать продукт ISOVER KIM-лайт-AL, специально разработанный для российского рынка. ISOVER KIM-AL и KIM-лайт-AL — тепло- и звукоизоляционные маты из минеральной ваты на основе стекловолокна, произведенные по фирменным технологиям TEL и кримпинга. Основной областью применения этих материалов является тепло- и звукоизоляция трубопроводов тепловых сетей и воздухопроводов, а также защита от конденсата.

Ранее ISOVER KIM-AL импортировался из Финляндии. После модернизации оборудования российский завод ISOVER освоил технологию кримпинга для легких продуктов. Это позволило перенести производство ISOVER KIM-AL в Россию, сократить сроки поставки.

ISOVER KIM-AL имеет среднюю плотность менее 1,5 кг/м<sup>2</sup> (толщина 50 мм), не сжимается, может быть установлен на трубы и воздухопроводы, не образуя заломов и сохраняя заявленную толщину. Такой эффект достигается благодаря вертикальной ориентации волокон в мате. Материал KIM-AL обладает также низким коэффициентом теплопроводности. Покрытие из армированной алюминиевой фольги служит пароизоляционным слоем и защищает материал от попадания влаги.

Новый продукт ISOVER KIM-лайт-AL — это облегченная версия KIM-AL. При значительно меньшей массе эти материалы благодаря их высокой эластичности сохраняют упругие свойства при монтаже. Коэффициент монтажного уплотнения для мата KIM-лайт-AL составляет 1,5. Маты для технической изоляции ISOVER KIM-AL и ISOVER KIM-лайт-AL поставляются на паллетах в макроупаковках «Мультипак», что позволяет сократить стоимость транспортировки и складирования.

*По материалам компании «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус»*

**В Гродно разработан первый белорусский цементовоз**

На ОАО «Гродненский механический завод» разработан первый белорусский цементовоз. Новинка представляет собой полуприцеп-цистерну для перевозки цемента и других сыпучих грузов емкостью 28 м<sup>3</sup>. Уже изготовлен опытный образец цементовоза, который в настоящее время проходит испытания. В течение ноября они завершатся, и в декабре 2009 г. предприятие будет готово приступить к серийному производству новой продукции. Емкость цементовоза является оптимальным вариантом с точки зрения вместимости и нагрузки на дорогу. Цистерна смон-

тирована на трехосной односкатной тележке на пневмоподвеске. До настоящего времени цементовозы в Беларуси не выпускались, эта техника импортировалась в основном из России и Украины. Ожидается, что потребность в цементовозах будет возрастать в связи с расширением мощностей белорусских цементных заводов, увеличением объемов строительства жилья и реализацией крупных инвестиционных проектов в энергетике и других сферах.

Новый вид продукции Гродненского завода планируется направлять в первую очередь на внутренний рынок.

*По материалам Посольства Республики Беларусь*

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Новая линия по производству блоков из ячеистого бетона в Беларуси**

Новая линия по производству блоков из ячеистого бетона введена на ОАО «Красносельскстройматериалы» (предприятие создано в 1914 г.). Для нового производства, строительство которого началось в мае 2008 г., приобретено высокотехнологичное оборудование (по дозированию, смешиванию и выдаче подготовительной массы, линия вызревания массива, линия резки, оборудование предавтоклавной зоны) и упаковка фирмы MASA-Henke (Германия). Новые автоклавы для линии поставило ОАО «Уралхиммаш». Закуплено также новое испытательное оборудование для собственной контрольной лаборатории. Мощность новой линии 250 тыс. м<sup>3</sup> блоков в год.

Новое производство организовано в рамках плановой модернизации за счет собственных средств

предприятия с привлечением кредитных ресурсов. Затраты составили около 11 млн евро. Линия находится в непосредственной близости от цементного и известкового заводов предприятия, что позволяет избежать больших затрат при транспортировке сырья. Кроме того, на территории филиала № 2 «Завод асбестоцементных изделий», где располагается новое производство, построена мини-ТЭЦ, что позволит использовать энергию пара для автоклавной обработки блоков, а значит, снизить энергоемкость нового производства.

Уже начато серийное производство ячеистых блоков разного типа. Планируется, что в I квартале 2010 г. удастся наладить сбыт этой продукции в Польшу и страны Балтии.

По материалам Белорусского телеграфного агентства

**Выпуск обоев в России в 2009 г. имеет шанс вырасти**

Объем российского производства обоев на протяжении последних десяти лет имел тенденцию к снижению, однако 2009 г. обещает стать переломным. Отечественная обойная промышленность станет одной из тех, на которой положительно скажется «эффект девальвации».

В 2009 г. впервые за последние годы намечается положительный прирост, примерно на 5–7%. Ситуация выглядит таким образом, что у отечественных компаний есть потенциал в создавшихся условиях. Несмотря на ряд провалов в течение первого полугодия (особенно в мае), по итогам года ожидается общий объем выпуска на уровне 243–249 млн усл. кусков. Уверенность внушает тот факт, что по итогам первых двух кварталов 2009 г. произведено практически столько же продукции, что и в 2008 г., в то время как другие строительные и отделочные материалы демонстрируют падение.

Ремонтные работы в жилищном и коммерческом сегменте сократились в незначительной степени, а

переориентировались на более доступные отделочные материалы, к которым и относятся обои. Поэтому можно прогнозировать, что для отечественных компаний период кризиса, как это часто бывает, может стать выгодным периодом экспансии на внутреннем рынке.

Импорт обоев в 2009 г. будет меньше на 20%. Поэтому у российских производителей есть шанс в условиях кризиса заместить часть импорта средней ценовой категории. До кризиса ожидалось, что объем рынка при создавшейся структуре производства и импорта останется на прежнем уровне или будет иметь положительную динамику с незначительным приростом объемов. Таким образом, в 2008 г. объем рынка ожидался на уровне 511,6 млн м<sup>2</sup> (2% прироста относительно уровня 2007 г.), а в 2009 г. – 517,4 млн м<sup>2</sup> (1% прироста по отношению к 2008 г.).

Судя по всему, те предприятия, которые успели провести модернизацию до кризиса, внесут наибольший вклад в объем выпуска в ближайшие годы.

По материалам компании «ABARUS Market Research»

**Рынок строительных материалов в России достиг своего дна**

Финансовый кризис, ударивший по строительной отрасли, а фактически ее парализовавший, в значительно меньшей мере затронул потребительский спрос населения на строительные и отделочные материалы. Также существенную поддержку рынку строительных материалов оказало государство, сохранив объемы финансирования социальных и жилищных программ.

Проведя дополнительное исследование «Рынок строительных материалов в Российской Федерации 2005–2009 г. (прогноз)» по основным видам строительных материалов, специалисты определили наиболее вероятные тенденции дальнейшего развития ситуации на рынке строительных материалов. Рассматривая рынок в целом, можно предположить, что рынок достиг своего дна. Об этом свидетельствуют поквартальные данные, характеризующие объемы производства и изменения выручки по видам строительных материалов, за 2008 и 2009 гг. (I и II кварталы). Каждый вид строительных материалов имеет

свои собственные тенденции, однако все они укладываются в рамки общего рынка и могут с достаточной степенью достоверности характеризовать общую ситуацию на рынке.

По прогнозу аналитиков лидерами снижения объемов выручки будут: цемент, известь, гипс – 44,11%; изделия из обожженной глины (кирпич, черепица и др.) – 35,02%; бетонная смесь – 32,63%. Снижение в сегменте пиломатериалов будет минимальным – 17,13%.

Региональное размещение производств материалов строительной индустрии не сбалансировано, что приводит к локальному дефициту строительных материалов и, как следствие, к росту цен из-за больших транспортных издержек. Производством всех основных строительных материалов обеспечены только три региона Центрального федерального округа – Московская, Липецкая и Тульская области. В целом по России ни один федеральный округ не обеспечен в полном объеме производством основных строительных материалов.

По материалам «РБК. Исследования рынков»

## Как подготовить к публикации научно-техническую статью (методическое пособие для начинающего автора)



Развитие стройиндустрии стимулировало развитие строительного материаловедения, что, в свою очередь, предопределило рост направляемых в редакцию статей. Статьи аспирантов и докторантов, как и в прежние годы, публикуются без оплаты за размещение в журнале.

За все годы существования журнала научные редакторы, члены редколлегии, редакционного совета и большая группа специалистов-рецензентов внимательно и терпеливо помогали росту научных кадров и специалистов отрасли. Однако в последнее время все чаще в редакцию для публикации представляют слабые в научном отношении, незавершенные, незрелые работы, которые в ряде случаев не доходят даже до рецензентов и забраковываются на этапе внутриредакционного рецензирования.

Начнем с определений. Наука – система знаний о закономерностях развития природы и общества и способах воздействия на окружающий мир. Статья – сочинение небольшого размера в сборнике, журнале, газете.

Таким образом, научность труда, исследования, работы характеризуется целью проникнуть, нащупать, определить, сформулировать какую-либо новую закономерность формирования вещества или протекания процесса для практического, унитарного использования в материаловедении, прикладной механике, теплотехнике и т. д.

В нашем случае журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 4-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость группы журналов «Строительные материалы» для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

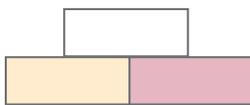
Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи и не содержать перечень всего ранее опубликованного автором, что перегружает объем статьи и часто является элементом саморекламы.

Кроме того, статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий. Статьи, направляемые в редакцию группы журналов «Строительные материалы», должны соответствовать следующим **требованиям**:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате \*.doc или \*.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах \*.cdr, \*.ai, \*.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т.п.) необходимо сохранять в формате \*.tif, \*.psd, \*.jpg (качество «8 – максимальное») или \*.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); распечаткой, лично подписанной авторами; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языке; 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, 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 издательства [www.rifsm.ru/avtoram.php](http://www.rifsm.ru/avtoram.php)

**СИЛИКАТЭкс**

## III научно-практическая конференция «Развитие производства силикатного кирпича в России»

14–15 октября в Нижнем Новгороде состоялась III научно-практическая конференция «Развитие производства силикатного кирпича в России» – СИЛИКАТЭкс-2009. Ее организовали научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы»® и РНТО строителей. Спонсорами конференции СИЛИКАТЭкс-2009 выступили компания «Маза-Хенке Maschinenfabrik GmbH» (Германия) и ООО «Силикатстрой» (Нижегородская область).

Несмотря на продолжающийся финансово-экономический кризис, на конференции собралось более 80 руководителей и специалистов предприятий по производству силикатного кирпича и извести, представители машиностроительных и инжиниринговых компаний, российских вузов из 23 регионов России и 4 зарубежных стран.

В первый день работы конференции прошло пленарное заседание, на котором было заслушано 19 докладов.

Участников конференции приветствовал министр строительства Нижегородской области **В.Н. Челомин**, который в своем докладе представил состояние дел в строительном комплексе региона, основные региональные целевые программы и достижения в их реализации.

Одним из основных видов технологического сырья при производстве силикатного кирпича является известь. Особенность подотрасли силикатного кирпича в России заключается в том, что обжиг извести для собственных нужд производится в основном непосредственно на заводах. А поскольку подавляющее число заводов было введено в строй еще в советское время, известковое производство (подготовка сырья, печи) требует модернизации. Кроме того, во многих регионах России в разведанных запасах осталось лишь низкокачественное сырье, для использования которого в производстве извести требуются специальные технологии.

Мировой лидер в области создания двухшахтных печей – компания Maerz Ofenbau AG (Швейцария), входящая в промышленную группу Polysius, в настоящее время специализируется также на создании одношахтных, вращающихся, циклонных печей. Российский представитель компании Maerz Ofenbau AG **В.П. Бондаренко** в своем докладе подчеркнул, что современные кризисные условия – это оптимальное время для начала проекта строительства печей Maerz. Период от подписания контракта до реального запуска печи составляет в среднем 15–20 месяцев. Компанией Maerz Ofenbau AG также накоплен значительный опыт модернизации одношахтных печей, продолжительность которой составляет 12–14 месяцев. Реконструкция может производиться с переводом установки на газ, буроугольную пыль или мазут.



В.Н. Челомин, министр строительства Нижегородской области



В.П. Бондаренко представил производственную программу компании Maerz Ofenbau AG



А.М. Ибрагимов (ИвГАСУ) обратил внимание участников конференции на то, что в проекте Федерального закона «Технический регламент «О безопасности строительных материалов и изделий» нет вяжущих материалов, кроме цемента



Посещение завода «Силикатстрой» участниками конференции



В ближайшей перспективе компания «Придонхимстрой Известь» запустит производство молотой извести, сообщил директор завода Р.Ф. Галиахметов



Выступление заместителя главы представительства компании Masa в СНГ и странах Балтии С.Ю. Мощного вызвало много вопросов у участников конференции



В.Д. Красиленко (Завод «Красный Октябрь», Украина) подчеркнул, что современные модификации револьверного прессы СМС 294 надежны, недороги и позволяют формировать одинарный и полуторный кирпич высокого качества



Г.В. Холькин (Компания «ЦСК») продемонстрировал возможности поставки оборудования для производства газосиликатных блоков из Китая на заводы силикатного кирпича



Участники конференции во время пленарных докладов

Для оптимизации процесса обжига разработана центральная горелка и периферийные подвижные горелки, которые позволяют увеличить зону обжига печи. Развивая бизнес в России, компания предлагает также помощь в организации кредитного финансирования проекта. Обеспечение кредита осуществляется швейцарским кредитным экспортным агентством. Авансовый платеж, вносимый заказчиком при подписании договора на строительство или реконструкцию печей Maerz, составляет 15–20%. Основное погашение кредита производится уже после запуска печи и начала получения прибыли. Предоставление возможности осуществления такой щадящей программы финансирования проектов российским фирмам свидетельствует о серьезном подходе к развитию бизнеса в России.

Директор компании «Придонхимстрой Известь» (Воронежская область) **Р.Ф. Галиахметов** представил основную продукцию завода и технологию ее производства. Завод выпускает известь активностью 85–87%, со временем гашения 5–7 мин, пережогом 0,5–0,7%. В ближайших планах завода запуск производства молотой негашеной извести. В настоящее время уже установлено соответствующее помольное оборудование, которое будет выпускать молотую негашеную известь содержанием CaO 87%, фракцией 200 мкм. Доставка продукции потребителям будет осуществляться автоцистернами или в мягких контейнерах (биг-бэгах).

Основной сырьевой проблемой производителей извести является стремительное уменьшение в последние годы разведанных запасов высококачественных (маломагнезиальных) известняков. **В.В. Беляков** (ННГАСУ) в своем выступлении предложил технологию обжига доломитизированного сырья с получением извести, пригодной для применения в силикатном кирпиче. Более подробно об этой технологии можно прочитать в этом же номере журнала «Строительные материалы»® (№11–2009, TECHNOLOGY, стр. 93).

Объективную информацию о производстве извести в странах Европейского союза представил **Л.А. Кройчук** (НИИЦемент, Москва).

Производственную программу компании Masa представил в своем выступлении **С.Ю. Мощный** – заместитель главы представительства компании Masa в СНГ и странах Балтии. Компания Masa является производителем оборудования для производства силикатного кирпича и газосиликатных блоков. Предприятие может поставлять как отдельные виды оборудования, так и технологические линии. На прессах компании Masa можно выпускать любые изделия высотой до 650 мм. В последнее время интенсивно развивается направление изготовления фигурных доборных элементов для кладки из силикатных изделий. Такое оборудование является на 100% безотходным. Сергей Юрьевич проиллюстрировал возможности оборудования фирмы на примере заводов в России, Прибалтике и Белоруссии. Докладчик подчеркнул, что во многих странах основные объемы производства приходятся на силикатные блоки; в Германии и Голландии не производят окрашенный силикатный кирпич – эти изделия выпускаются только в России и СНГ. В странах Западной Европы из силикатной массы производится ряд уникальных материалов – облицовочная фасадная плитка размером 40x40 см, специальные материалы для компьютерных комнат, межкомнатные перегородочные блоки, обжигающие все нормативы по звукопроницаемости и др., поэтому возникающее иногда в строительных кругах мнение о закате эры силикатного кирпича является необоснованным.

Новой разработкой в области механического диспергирования минеральных материалов был посвящен доклад **М.В. Векслера** (Машиностроительная компания «Техприбор», Тульская область). В ударной шаровой мельнице «Трибокинетика» используются шары из некаленой стали. В результате обработки получается материал с узким гранулометрическим составом, аналогичный тому, что выходит из дезинтегратора. Производительность мельницы 2,5–3 т/ч.

Спектр смесительной техники для производства силикатного кирпича представили **М. Валтер** (Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH, Германия) и **И.Ф. Концуров** (ООО «Айрих Машинентехник» Москва). Смесители Айрих можно использовать как для смешивания реакторной массы, так и для конечной подготовки силикатной массы перед прессованием. Оборудование отличается тем, что имеется смесительный резервуар, который может служить для транспортировки; также можно менять скорость смесительного инструмента. В смесителе установлен дополнительный инструмент (скребок), который снимает налипшую силикатную массу и переворачивает ее.

Оборудование китайской компании Dragon & Strong для производства строительных материалов уже известно в некоторых регионах России. С возможностями оборудования для производства силикатного кирпича участников конференции ознакомил представитель компании в России **Р. Фаезов**.

Крупноформатные силикатные блоки пока еще недостаточно хорошо известны в России, так как их производство возможно только на импортном оборудовании.

довании. В то же время такие изделия позволяют вести строительство значительно быстрее, особенно при применении средств механизации. О преимуществах таких блоков и технологии строительства рассказали представители компании Lasco Umformtechnik GmbH (Германия) **Р. Шелер** и **Г.А. Дерзков**.

Единственным реально действующим производителем прессов для силикатного кирпича на постсоветском пространстве является Харьковский машиностроительный завод «Красный Октябрь», который в настоящее время выпускает револьверные прессы СМС 294 М, стержневые смесители (стержневые мельницы), смесители двухвальные с возможностью увлажнения смеси паром, а также различное вспомогательное и нестандартное оборудование. О производственной программе завода доложил **В.Д. Красиленко**.

Впервые на конференции СИЛИКАТЭкс выступили представители немецкой компании Fels, которая в 2009 г. запустила производство извести в Калужской области. Заместитель генерального директора ООО «Фельс Известь» **А.В. Артамонов** представил основные требования к извести, предъявляемые на заводах силикатного кирпича в Германии, а также результаты исследований, проведенных по определению прочности кирпича в зависимости от содержания СаО в сырьевой массе; минимальной потребности в извести для производства одинарного кирпича прочностью 15 МПа.

Как известно, наиболее комплиментарным материалом для силикатного кирпича, является автоклавный газосиликат. У этих материалов во многом сходное сырье и способ набора конечной прочности. Поэтому хотя и нет полной идентичности технологических процессов, расширения номенклатуры продукции заводов силикатного кирпича можно достигнуть за счет внедрения технологии газосиликатных блоков. Этой теме было посвящено выступление **Г.В. Холькина** зам. генерального директора ООО «ЦСК», которое поставляет оборудование для производства газобетона из Китая.

Во второй день работы конференции состоялась экскурсия на завод «Силикатстрой», расположенный в г. Дзержинске Нижегородской области. Возможность посещения завода участниками конференции появилась только благодаря дальновидной и открытой позиции председателя правления завода **А.Н. Ситникова** и директора **Н.В. Сомова**.

Завод «Силикатстрой» был построен в 1930 г. В настоящее время это передовое предприятие, оснащенное современными прессами Lasco. Оборудование позволяет выпускать широкий спектр продукции – полнотелый и пустотный кирпич; стеновые пустотные силикатные блоки, межкомнатные и межквартирные перегородочные блоки. В ассортименте завода белый и цветной кирпич, облицовочный колотый кирпич.

Участники конференции посетили производственный цех предприятия, ознакомились с работой прессов, оборудованием для получения колотого кирпича и технологией гидрофобизации поверхности лицевых изделий. Большой интерес привлекла имитация строительной площадки, где демонстрировались специальные механизмы для работы с силикатными блоками и технология их укладки.

*Редакция журнала «Строительные материалы»® искренне благодарит за поддержку министра строительства Нижегородской области **В.Н. Челомина**; доцента кафедры «Технологии строительного производства» Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета **А.А. Яворского**, преподавателей, аспирантов и студентов кафедры, принимавших активное участие в оперативной работе по проведению конференции. Слова особой признательности – председателю правления завода «Силикатстрой» **А.Н. Ситникову** и директору **Н.В. Сомову** и их команде, сердечно принимавших участников конференции на заводе.*

*Мы уверены, что отрасль будет развиваться, несмотря ни на что, ведь объединение профессионалов гарантирует успех. Друзья, до встречи на конференции СИЛИКАТЭкс-2010!*



Главный инженер ООО «Силикатстрой» **Д.Н. Ражев** демонстрирует качество гидрофобизированного кирпича в наиболее жестких условиях



Чтобы правильно сделать коммерческое предложение по смесителям, нужно запечатлеть продукцию во всех деталях. **М. Валтер**, компания Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH



Дебютант конференции СИЛИКАТЭкс-2009 – заместитель генерального директора ООО «Фельс Известь» **А.В. Артамонов**



Во время перерыва. **С.Л. Еськова**, главный инженер ООО «Силикат», Ульяновская обл. (слева) и **С.Ю. Мочный**, представительство компании Masa



С возможностями специального подъемника для силикатных блоков, который значительно облегчает перемещение блоков в построчных условиях, познакомиться гости завода



Не только современные прессы заинтересовали производителей, но и «старые друзья» – револьверные прессы



Директор ООО «Силикатстрой» **Н.В. Сомов** внес предложение о создании ассоциации производителей силикатных изделий



**8-10  
сентября  
2010 г.  
Казань**

**Оргкомитет:  
140050, Московская обл.,  
п. Красково,  
ул. К. Маркса, д. 117,  
ВНИИСТРОМ**

**Телефоны:  
(495) 557-30-11**

**E-mail: gips@rescom.ru**

**Российская гипсовая ассоциация  
Российское научно-техническое общество строителей  
Московский государственный строительный университет  
ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова  
Научно-исследовательский институт строительной физики  
ГУП «НИИМосстрой»**

**Пятая Международная конференция  
«Повышение эффективности производства  
и применения гипсовых материалов и изделий»**

Конференция посвящена 125-летию со дня рождения П.П. Будникова

**Тематика семинара:**

- технический прогресс в области гипсовых материалов и изделий (исследования, производство и применение)
- ангидритовые вяжущие
- гипсовые материалы в малозэтажном строительстве
- привлекательность и механизмы инноваций в гипсовой отрасли
- современное оборудование для производства гипсовых вяжущих, материалов и изделий на их основе
- лаборатории, менеджмент качества, экологический менеджмент и их роль в обеспечении качества и долговечности гипсовых материалов
- нормативно-техническая документация в соответствии с современными требованиями
- обучение и переподготовка специалистов в области производства и применения гипсовых материалов и изделий

**В рамках конференции состоится:**

- годовое собрание членов Российской гипсовой ассоциации
- тематическая производственная экскурсия на ОАО «Камско-Устьинский гипсовый рудник»

**Генеральный информационный спонсор: журнал**



**УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ**

**«РОСИЗВЕСТЬ»**

производит и поставляет строительную известь (ГОСТ 9179-77)  
во все регионы России и ближнее зарубежье

**Продукция:** ♦ Известь негашеная II сорта, груженная насыпью, в мешки и МКР  
♦ Известь гашеная I сорта, груженная в мешки и МКР

Реклама

Управляющая компания «РОСИЗВЕСТЬ» предлагает больше, чем просто своевременные и качественные поставки. Логистика в нашем понимании – это целый пакет услуг, который постоянно расширяется: контролируем наличие товара на складе и обеспечиваем равномерные поставки just-in-time.

Поставки извести возможны как железнодорожным, так и автотранспортом. Более половины всей производимой продукции мы транспортируем экологически безопасным способом – по железной дороге, используя вагоны-хопперы.

**394000, г. Воронеж, пр. Революции, 1А  
Тел./факс: (4732) 39-90-71, 39-90-72, 39-90-73  
E-mail: rosizvest@rosizvest.ru  
Сайт: www.rosizvest.ru**

**Характеристики производимой извести**

Наименование показателей	Негашеная	Гашеная
Активный CaO+MgO, %, не менее	80-86	70-71
Активный MgO, %, не более	1,5	1,5
Содержание Ca(OH) <sub>2</sub> , %	-	90-91
Время гашения, мин	3-10	-
Температура гашения, °C	95-100	-
Количество непогасившихся зерен, %, не более	5-10	-
Фракционный состав	гранулы 2-7 мм	-
остаток на сите № 02, %	-	0
остаток на сите № 008, %	-	0,5
Содержание CO <sub>2</sub> , %	2-2,5	2-2,5
Влажность, %	-	0,5-1

УДК 691.51

А.А. СЕМЕНОВ, генеральный директор ООО «ГС-Эксперт»;  
И.Г. ПОНОМАРЕВ, генеральный директор ООО ИКФ «ИТКОР» (Москва)

## Российский рынок извести: влияние кризиса и перспективы развития

За период 2000–2007 гг. производство извести в России увеличилось на 32,3% и в 2007 г. превысило 11,6 млн т. В том числе строительной извести было произведено 1,9 млн т (107,8% к объему производства за аналогичный период 2006 г.). В 2008 г. в связи с негативным влиянием финансово-экономического кризиса на российскую экономику во II полугодии производство извести начало снижаться – выпуск этой продукции в стране, по данным Росстата, составил 98,3% к уровню предыдущего года. По итогам 8 месяцев 2009 г. производство извести в стране продолжило сокращаться. Объем производства технологической извести уменьшился на 25,4% по сравнению с аналогичным периодом 2008 г., а производство строительной извести снизилось на 44,7% (рис. 1).

Особенностью рынка извести в России является то, что практически в каждом регионе страны имеются предприятия, производящие данную продукцию. Однако основной объем ее производства приходится на Центральный и Приволжский федеральные округа, на долю которых в 2006–2009 гг. суммарно приходилось более половины общероссийского производства извести (рис. 2).

Следует также отметить, что свыше 80% от общего объема производства приходится на долю технологической извести, которая практически в полном объеме используется ее производителями для собственных нужд.

Основной объем производства строительной извести в 2008 г., по данным Росстата, пришелся на Центральный федеральный округ (46,8%). Второе место по объемам производства занимает Северо-Западный федеральный округ – 19,6%; на третьем месте находится Приволжский округ – 14% общероссийского производства. По итогам 8 месяцев 2009 г. региональная структура производства претерпела существенные изменения.

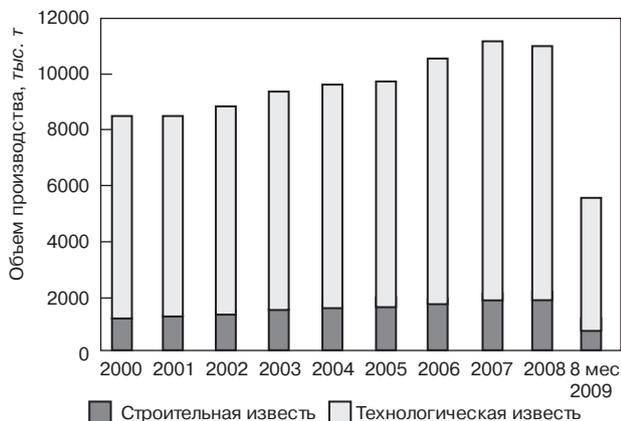


Рис. 1. Динамика производства извести в России за период 2000 г. – 8 мес 2009 г.

Так как наибольшее падение объемов выпуска извести, по данным Росстата, было зафиксировано в Северо-Западном и Приволжском федеральных округах (31,9% и 43,2% к аналогичному периоду предыдущего года соответственно), доля этих регионов существенно сократилась (рис. 3).

Большая часть предприятий, выпускающих известь, имеет незначительные мощности (менее 50 тыс. т в год). Большинство же крупных производителей извести практически в полном объеме используют произведенный продукт для собственного потребления (химические и металлургические комбинаты). Среди предприятий, поставляющих на рынок товарную известь, к крупным (с объемом производства свыше 100 тыс. т в год) можно отнести только 6 заводов: ЗАО «Клинцовский силикатный завод» (Брянская обл.), ОАО «Угловский известковый комбинат» (Новгородская обл.), ЗАО «Елецизвесть» (Липецкая обл.), ООО «Придонхимстрой Известь» (Воронежская обл.), ОАО «Солигаличский известковый комбинат» (Костромская обл.) и ЗАО «Копанищенский комбинат стройматериалов» (Воронежская обл.).

По итогам 8 месяцев текущего года падение производства отмечено практически на всех известковых предприятиях. По данным «ГС-Эксперт» и ИКФ «ИТКОР», на основных предприятиях отрасли в Европейской части страны падение производства извести составило от 15 до 75%.

Однако несмотря на падение спроса на известь, в ближайшие годы планируется ввести в строй несколько крупных известковых заводов в различных регионах страны.

Растущий спрос на известь в середине 2000-х гг. и возрастающие требования к качеству продукции со стороны потребителей привели к необходимости модернизации действующих известковых заводов и появлению ряда новых проектов по их созданию. При этом, несмотря на падение спроса на известь, инвесторы не отказываются от планов строительства новых известковых заводов в различных регионах страны.

В 2008 г. начал работу завод по производству извести ООО «Эльдако» (Воронежская обл.) мощностью 250 тыс. т в год, в том числе 30 тыс. т гидратной извести.

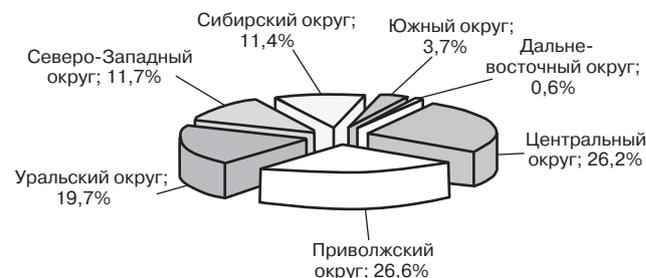


Рис. 2. Региональная структура производства извести в России в 2008 г.

В 2009 г. был введен в эксплуатацию завод «Фельс Известь» в Калужской области. Мощность первой очереди составляет 110 тыс. т в год. В 2010 г. планируется ввести в строй вторую очередь завода.

Среди реализуемых проектов можно отметить строительство известкового завода бельгийской компанией Lhoist в Рязанской области на базе ЗАО «Касимовнеруд» (первая очередь завода должна быть введена в эксплуатацию в 2011–2012 гг.).

ООО «ЭкоИнвест» (Саратовская обл., дочернее предприятие ЗАО «Моспромстрой») в 2012 г. планирует ввести в эксплуатацию комбинат по производству минеральных вяжущих (известь и цемент) мощностью 1 млн т в год и строительных материалов на их основе в Пензенской области.

УК «Росизвесть» (Воронежская обл.) ведет реконструкцию завода по производству известки «Суворовское рудоуправление» в Тульской области. Проектная мощность завода составит 180 тыс. т в год. Планируемый срок ввода завода в эксплуатацию 2009–2010 гг.

ЗАО «Учалинский известково-цементный комбинат» (Республика Башкортостан), являющееся 100% дочерним предприятием чешской компании «МАТ-Минерал», ведет строительство известково-цементного комбината мощностью 1,8 млн т на базе Северосуярголовского месторождения известняка. Реализацию проекта планируется завершить в 2011 г.

ООО «Базэлцемент» (Москва) планирует в 2010–2011 гг. восстановить производство известки на базе Восточно-Пятницкого карьера в Тульской области, остановленное в 2005 г. На предприятии планируется ежегодно производить до 150 тыс. т известки.

Потребление известки в России с 2000 по 2007 г. увеличилось на 33,3% и превысило 11,7 млн т. В 2008 г. потребление известки сократилось на 1,6% по сравнению с предыдущим годом в связи с падением спроса во втором полугодии со стороны предприятий металлургии и промышленности строительных материалов, обусловленным негативным влиянием мирового финансово-экономического кризиса на российскую экономику. По итогам 2009 г. потребление известки в стране, по нашим оценкам, не превысит 8,6–8,8 млн т (около 75% к уровню 2008 г.).

Необходимо отметить, что на протяжении всего рассматриваемого периода времени спрос на известку практически в полном объеме обеспечивался отечественными производителями. Объемы внешнеторговых операций крайне незначительны по сравнению с объемами ее потребления (менее 1%), что обусловлено широким распространением известковых производств как в России, так и в других странах.

Отраслевая структура потребления известки в России практически не отличается от структуры ее производства. Это обусловлено тем, что более 80% производимой в стране продукции приходится на технологическую известку и используется ее же производителями для собственных нужд.

Основной объем известки в России потребляется предприятиями черной металлургии. В 2007–2008 гг. на их долю приходилось около 48% общероссийского потребления известки (рис. 5). Однако необходимо отметить, что большинство предприятий этой отрасли самостоятельно производят известку.

Второе место по объемам потребления известки занимают предприятия промышленности строительных материалов, на долю которых приходится порядка 20% потребления известки в стране. Несмотря на наличие значительного числа предприятий, которые производят известку для собственных нужд (как правило, для производства силикатного кирпича), эта отрасль является крупнейшим потребителем товарной известки.

Третье место по объемам потребления известки занимают предприятия химической промышленности. При этом около 80% потребностей отрасли в известку обеспечивается ее непосредственными потребителями. Крупными потребителями товарной известки являются только производители минеральных удобрений.

Основной объем известки потребляется предприятиями, расположенными в Европейской части страны и на Урале. Так, в 2008 г., по оценкам экспертов «ГС-Эксперт» и ИКФ «ИТКОР», на долю Приволжского федерального округа пришлось около 27% общероссийского потребления данной продукции. Второе место по объемам потребления занимает Центральный федеральный округ – 26%, третье – Уральский округ – 20%. В то же время в Дальневосточном федеральном округе в 2008 г. потребление известки составило всего порядка 1% от общероссийского.

Следует отметить, что потребление известки в различных регионах России изменяется неравномерно. По итогам 2008 г., по оценкам «ГС-Эксперт», потребление известки увеличилось только в трех из семи федеральных округов. При этом на территории европейской части страны незначительный рост потребления зафиксирован только в Приволжском федеральном округе. В остальных федеральных округах отмечено существенное снижение потребления этой продукции. Столь существенное снижение потребления известки на территории Европейской части страны в 2008 г. было связано со снижением спроса на нее со стороны предприятий строительного комплекса (большинство из которых расположено именно в этом регионе) во втором полугодии в связи с кризисными явлениями в российской экономике.

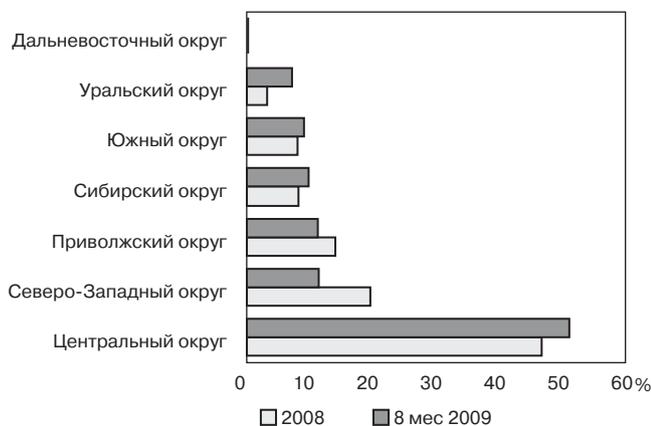


Рис. 3. Региональная структура производства строительной известки в России в 2008 г. и по итогам 8 мес 2009 г.

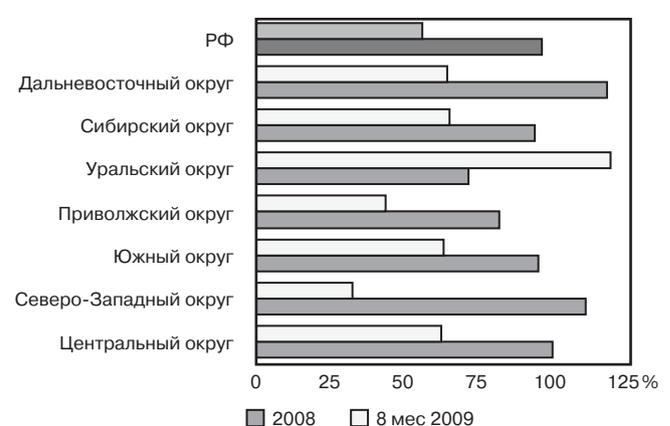


Рис. 4. Динамика темпов роста производства строительной известки в России в 2008 г. и по итогам 8 мес 2009 г.

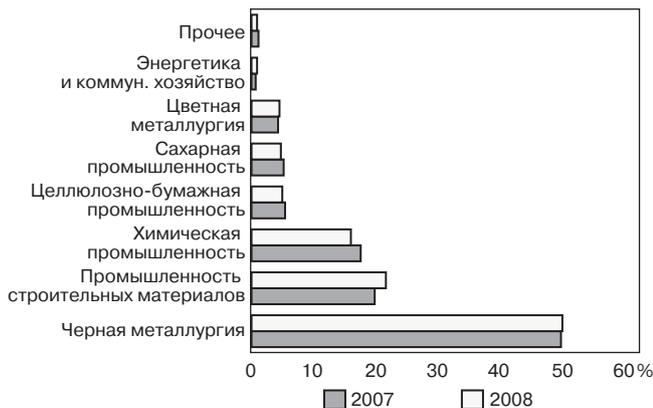


Рис. 5. Отраслевая структура потребления извести в России в 2007–2008 гг.

В 2006–2008 гг., как и в предыдущие годы, в России сохранялась тенденция опережающего роста цен на строительную известь. По данным Росстата, средние цены производителей на строительную известь за период с 2006 по 2008 г. в России увеличились в ~1,6 раза и превысили 1600 р./т (без учета НДС). Ежегодный рост цен на эту продукцию за рассматриваемый период составляет в среднем ~ 26%.

Темпы роста цен на технологическую известь в этот же период времени были несколько ниже. К 2008 г. средние цены на данную продукцию увеличились в 1,46 раза против 2006 г. до 1175 р./т. По итогам первого полугодия 2009 г. средние цены на строительную известь увеличились еще на 5,3%, а средние цены на технологическую известь снизились на 24% (рис. 6).

Следует отметить, что цены на строительную известь изменяются достаточно неравномерно. Максимальные

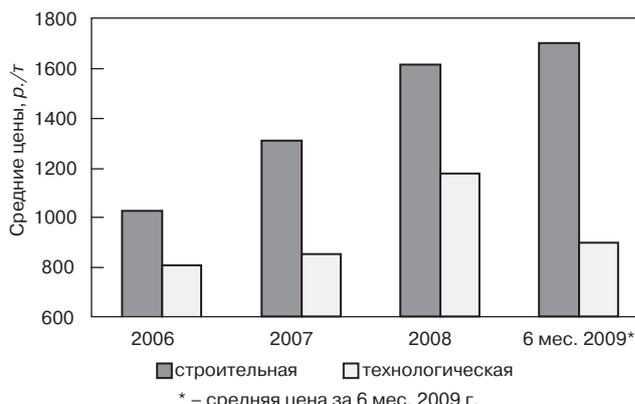


Рис. 6. Динамика средних годовых цен на строительную и технологическую известь за период 2006 – 6 мес. 2009 г.

цены на эту продукцию на протяжении последних лет фиксируются Росстатом в Дальневосточном федеральном округе (в несколько раз превышают среднероссийский показатель). Минимальные цены на строительную известь характерны для Центрального и Уральского федеральных округов.

Как отмечалось выше, российские производители извести ориентированы прежде всего на внутренний рынок, в большинстве случаев на региональный рынок, поэтому объемы производства извести в краткосрочной и среднесрочной перспективе будут определяться темпами восстановления платежеспособного спроса на данную продукцию. По нашим оценкам, устойчивый рост производства извести в стране может начаться не ранее 2011 г. Объемов производства этой продукции на уровне 2008 г. удастся достичь не ранее 2015 г.

**В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»  
ВЫШЕЛ ДАЙДЖЕСТ  
«Сухие строительные смеси»  
Часть 2**

В дайджест вошли статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»® за 2004–2008 гг. – всего более 60 статей по тематическим разделам:

- компоненты для производства ССС;
- технология и оборудование;
- результаты научных исследований;
- применение ССС;
- рынок ССС.



Для приобретения дайджеста следует направлять заявку произвольной формы в издательство по факсу или электронной почте.

**Не забудьте указать наименование организации, почтовый адрес доставки, ФИО получателя.**

**Телефон/факс:  
(495) 976-20-36, 976-22-08**

**E-mail: mail@rifsm.ru. rifsm@mail.ru**

**EXPERT ООО «ГС-Эксперт»**

- ◆ Специализируется на проведении маркетинговых исследований и мониторинге рынков в области строительных материалов и минерального сырья в России и ряде стран СНГ.
- ◆ Осуществляет постоянный мониторинг и всесторонний анализ текущей ситуации и основных тенденций на рынках исследуемой продукции, включая анализ данных о ее производстве и потреблении, экспортно-импортных поставках, сырьевой базе, состоянии ведущих участников рынка, а также законодательства, касающегося этих отраслей.
- ◆ Выполнены работы по:
  - минеральному сырью: гипсовому камню, полевому шпату, различным видам глин, стекольным и формовочным пескам, карбонатным породам (доломиту, мелу, известняку; кварцу, бентониту, волластониту, диатомиту и др.)
  - строительным материалам: цементу, извести, гипсу, листовому стеклу, щебню, гравиию, теплоизоляционным и кровельным материалам, архитектурному профилю из алюминиевых сплавов и ПВХ, кирпичу, ячеистому бетону и др.)
- ◆ Предлагаем готовые аналитические обзоры рынков, проведение исследований по вашим индивидуальным заказам, а также услуги по мониторингу цен и объемов поставок продукции (внутренние поставки и анализ ВЭД) на ежемесячной или ежеквартальной основе.

**125047, Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., д. 18, оф. 230  
Тел: (495) 250-48-74, (916) 507-83-77  
Факс: (495) 250-48-74  
www.gs-expert.ru E-mail: info@gs-expert.ru**

Реклама

УДК 691.51

Д.В. ТРУФАНОВ, канд. геол.-мин. наук, директор по стратегическому развитию  
ООО «Главмел» (Воронеж)

## Совершенствование технологии производства извести по мокрому способу из мела высокой чистоты

Считается, что мел природный по составу и строению [1] можно рассматривать как самое высококачественное и высокотехнологичное сырье для производства извести активностью более 95%, которая получается без пережога и при снижении удельного расхода топлива до 30% по сравнению с обжигом лучших известняков.

Действительно, это легко достигается в лабораторных муфельных печах. Однако многолетняя практика массового обжига мела вскрыла высокую сложность процесса. Так, средняя прочность меловых кусков (50% выхода от мела) в воздушно-сухом состоянии едва достигает 4 МПа. Для шахтного способа обжига требуются куски прочностью не менее 6 МПа, влажность сырья должна составлять не более 18%. Поэтому работающий по этому способу Копанищенский КСМ, оснащенный специальными короткими печами конструкции ВНИИСТРОМ, выдает известь активностью чуть более 70% при расходе угля более 200 кг/т.

В этом случае качество извести значительно повышается нетрадиционным способом – соединением при помоле двух видов извести, один из которых самая высококачественная известь Россосанского завода, получаемая по мокрому способу во вращающихся печах [2].

Мокрый способ производства извести, как и мел природный влажностью более 22%, имеет широкое распространение. По этому способу работает ряд крупнейших заводов извести в Белоруссии (здесь способ зародился), Брянской, Воронежской, Смоленской и др. областях. Заводы работают в основном на природном меле. Один из них – в Смоленской области (известковый цех Дорогобужского химкомбината) перерабатывает отходы собственного производства, которые называют конверсионным карбонатом кальция (мел ККК). Он характеризуется высоким содержанием  $\text{CaCO}_3$ , ярко-белым цветом и мелкокристаллическим строением. Этот искусственный минеральный продукт имеет весьма приближенное сходство с природным мелом (его составом и структурой).

Мокрый способ производства извести из мела предполагает роспуск (полную дезинтеграцию) исходного сырья до размера минерального индивида (зерна, кристаллика, частицы) в воде с получением пульпы максимально возможной плотности (1,39–1,41 кг/л). Затем пульпа поступает в трубчатую вращающуюся печь длиной 106 м, где обжигается до извести в виде гранул. Этим способом можно перерабатывать влажный природный мел и мел ККК.

Природный мел на 95–98,5% состоит из карбоната кальция; на 60% он аморфный; слагающие его частицы по размеру не превышают 0,15 мм. Так называемый нерастворимый остаток в меле представлен в основном глинистыми минералами, в основном монтмориллонитом. Тяжелые металлы и ядовитые вещества практически отсутствуют или находятся их следы; содержание карбоната стронция достигает 0,02%. Влажность мела в массиве в пределах 5–32%.

Мел ККК лишь на 85–92% состоит из полностью мелкокристаллического карбоната кальция, причем кристаллики достигают размера 1,2 мм. В примесях здесь содержатся: карбонат стронция (1,2–1,7%); фосфаты (до 1%); водорастворимые вещества (до 1,5%) и др. Техническими условиями в ККК регламентируются предельные содержания (мг/кг): кадмия – 2; свинца – 50; ртути – 2,1; меди – 100; цинка – 200; мышьяка – 10. Предельная активность природных радионуклидов в нем должна соответствовать СП 2.6.1. 758–99 и не должна превышать 2,8 кБк/кг.

Различие этих веществ очевидно. Тем не менее в решении о строительстве Россосанского известкового завода предполагалась утилизация ККК одноименного химкомбината. Завод был построен с возможностью переработки полного объема отходов. В состав завода вошли две вращающиеся горизонтальные печи размером 106×3,6 м, работающие по мокрому способу, с прямым выбросом отходящих газов в атмосферу через электрофильтр. При этом мощность завода составила ~ 600 т извести в сутки. При выборе технологии образцом послужил Красносельский известковый завод в Гродненской области (Белоруссия), работающий на природном меле местного месторождения с высоким содержанием глинистой составляющей, в основном монтмориллонита, до 8%.

Теория грануляции минеральных концентратов (железнодорожного, мелового, ККК и др.) описывает влияние на получаемые характеристики таких факторов (показателей строения вещества), как размер частичек или кристалликов, наличие определенного связующего вещества (бентонита, различных органических добавок, высокоактивной извести), степень кристаллизации вещества, влажность и др.

Мел Красносельского известкового завода, имея в основном тонкую аморфную структуру и лишь частично мелкокристаллическую, при высоком содержании глинистой составляющей (связующего вещества) легко гранулируется в печи до сырых гранул весьма высокой прочности. Сырые гранулы затем обрабатываются в 4 стадии – сушка, термообработка, обжиг, охлаждение, причем полностью они не разрушаются.

Строение и состав мела в гранулах резко снижает абразивный процесс (при вращении печи), так что пылеобразование не превышает 1–2% от объема переработки. Применение при этом электрофильтров значительно снижает содержание твердых частиц в отходящих газах до нормы.

Производство извести только из мела ККК в момент пуска завода в России оказалось невозможным. Длительные пусконаладочные работы вскрыли низкую степень грануляции вещества даже при весьма высоком добавлении известкового молочка в качестве связующего. Известь получалась низкого качества при очень высоком пылеуносе. Фильтры быстро выходили из строя.

Открытая технология предопределила резкий запах аммиака и других химических веществ даже вне территории завода.

Следует отметить, что аналогичная технология, одновременно внедренная на Дорогобужском комбинате, работала в промышленном варианте лишь при удельном расходе извести как связующего до 380 кг на 1 т вновь образованной извести. Причина низкой эффективности процесса заключалась прежде всего в гранулометрическом составе высокораскислизованного материала. Общеизвестно, что известь как связующее вещество относится к классу высокоэффективных материалов. Тем не менее Россошанский завод довольно длительное время не работал вовсе. Изложенные причины предопределили перевод завода на сырье из природного мела.

В конце 90-х гг. компания «Росизвесть» предприняла комплексные меры по запуску завода в производство на сырье из природного мела, то есть по схеме красносельского аналога. Была проведена разведка близлежащего Малолиманского месторождения мела с подсчетом запасов сырья; выполнена масштабная доработка технологии грануляции и обжига извести применительно к особенностям нового сырья; усовершенствована и оптимизирована работа стандартного оборудования всей цепи аппаратов.

В результате было установлено, что мел Малолиманского месторождения более высококачественный по сравнению с красносельским мелом. Он очень чистый — содержание  $\text{CaCO}_3$  в пределах 99,2–96%. Качество мела весьма выдержано по простиранию толщи и изменяется закономерно лишь в разрезе. Так, верхняя часть толщи содержит 97,5–96%  $\text{CaCO}_3$  и 1,5–4% нерастворимого остатка, представленного в основном монтмориллонитом. Нижняя часть толщи более чистая (содержание  $\text{CaCO}_3$  в пределах 97,5–99,2%; нерастворимого остатка 0,8–2,5%). На этой основе было выделено два технологических типа сырья: мел самокомкующийся (содержание монтмориллонита 1,5–4%) и мел особо чистый, требующий для грануляции перед обжигом добавки связующего. Пуск завода на новом сырье был осуществлен в начале 2000 г.

Работа ведется на первом технологическом типе сырья с пуска завода и до настоящего времени. Второй технологический тип сырья детально изучается для вовлечения в отработку в ближайшей перспективе.

Теория обжига карбонатных материалов, в том числе и мела, весьма детально изучена и изложена в многочисленных фундаментальных трудах [3, 4]. В практике обжига карбонатных окатышей использован опыт белорусских заводов. Работа завода в настоящее время осуществляется по гибкой технологической схеме. Изменением лишь режимов работы печи можно регулировать производство заданного сорта извести, что практически достигается автоматизацией управления.

По запросу клиентов производится известь первого и второго сортов. Первому сорту отвечает известь активностью выше 90% и временем гашения 4–5 мин при пористости гранул 60–70%. Производство такого продукта требует максимального расхода газа (320–340 м<sup>3</sup>/т). Другие сорта извести предполагают несущественное снижение всех показателей.

Пористость извести производства Россошанского завода имеет огромное значение при применении в последующем, поскольку розпуск такой извести (при гашении) осуществляется всегда до конца и равномерно во времени, без дополнительного перемешивания даже в какой-либо смеси с другими ингредиентами — участниками процесса. Поэтому такая известь широко применяется в химической промышленности, при очистке питьевой воды, в бумажном производстве и других отраслях промышленности.



Для стройиндустрии производится известь второго и третьего сортов. Современная производительность завода составляет 600 т в сутки.

Важнейшее значение в технологии имеет стадия грануляции вещества и последующей сушки гранул, при которой они не должны разрушаться. Однако допускается их вспучивание. Вспучивание гранул, неизбежно вызываемое реализацией технологии в целом, имеет, как оказалось, огромное значение при обработке материала в других зонах процесса. Во-первых, вспучивание гранул до пористости 60–70% обеспечивает увеличение скорости обжига, так как увеличивается скорость течения реакции разложения карбоната кальция. Во-вторых, облегчение гранул снижает абразивный процесс при вращении материала в печи. Все это повышает производительность печи и снижает пылеобразование.

В настоящее время при производительности печи 12–14 т/ч за сутки ее работы образуется лишь 6 т пыли, которая практически полностью улавливается электрофильтром и возвращается в начало процесса. Из газовой трубы интенсивно отходит лишь пар, поскольку мокрая технология предопределяет испарение каждой печью до 240 м<sup>3</sup> воды в сутки. Таким образом, технология характеризуется как безотходная.

В настоящее время в связи с предстоящей отработкой запасов мела первого технологического типа на предприятии выполняется обоснование вовлечения в переработку по действующей технологии сырья второго технологического типа — природного мела высокой чистоты ( $\text{CaCO}_3 > 97,5\%$ ). Этот мел более плотный, поэтому трудно распускается. Для его полной дезинтеграции требуется реконструкция отделения шихтыподготовки, поскольку этот технологический тип сырья агломерируется при условии дозированного введения в шихту связующего.

В настоящее время проведена большая работа по подготовке к такой реконструкции. Прорабатывались разные варианты, в частности обосновывалась возможность подшихтовки мела ККК.

При этом предполагается, что возможное вредное воздействие мела ККК на качество конечного продукта будет минимизироваться степенью введения в него чистого природного мела. Методикой изучения применимости составов шихты предусматривается раздельное испытание следующих вариантов:

- чистый природный мел с введением связующего (бентонита, полиакриламида, извести);
- чистый природный мел (70%) с введением 30% мела ККК и связующего (полиакриламида, извести, бентонита).

В настоящее время завершены лабораторные и стендовые испытания вариантов сырья. Частично проведены промышленные испытания. В результате с высокой степенью вероятности можно сделать выводы:

- в принципе невозможно получение гранул из чистого природного мела второго технологического сорта, также из мела ККК или их смесей в любой пропорции;
- гранулы из чистого природного мела с добавлением в качестве связующего бентонита до 15 кг/т или извести до 25 кг/т хорошо образуются и соответствуют по прочности существующему варианту технологии в целом или даже несколько превосходят ее требования;
- гранулы из смеси чистого природного мела второго технологического сорта (70%) с добавлением мела ККК (30%) и связующего в виде бентонита (1,5–3%) или извести (2,5%) образуются, имеют близкие к базовым вариантам показатели прочности и удовлетворяют требованиям технологического процесса.

Изложенное позволяет заключить, что вовлечение в переработку сырья второго технологического сорта с дозированием в качестве связующего бентонита или извести в определенной пропорции обеспечивает возможность получения высококачественной извести по действующей технологии с сохранением высокой экологичности процесса.

Существует также перспектива вовлечения в переработку мела ККК в определенной пропорции с чистым природным мелом и дозированием связующего в виде бентонита или извести. Для этого требуется детализация обоснования процесса, оценка его экологичности. Тема весьма актуальна в связи с проблемой утилизации мела ККК на многих других аналогичных химкомбинатах. Кроме того, такая шихта очевидно обеспечит работу оборудования при плотности пульпы выше 1,6 (кг/л),

что резко снизит удельный расход газа на производство единицы продукции.

Опыт работы известкового цеха Белорусского цементного завода подтверждает такой прогноз.

В заключение необходимо отметить, что Россошанский известковый завод производит высококачественную известь, которая представляет собой гранулированный, то есть весьма сыпучий и малопылящий при разгрузке продукт. Высокая открытая пористость гранул предопределяет их легкую и быструю распускаемость без особого перемешивания пульпы. Известь достигает высшего показателя по активности вещества. Оптимизировано также время ее гашения, что особенно важно для производителей газобетонных стеновых материалов [2].

В этой связи на предприятии разрабатывается способ управления реакционной способностью извести в процессе ее производства.

### Список литературы

1. Труфанов Д.В., Тарарыков О.Ю., Афанасов В.С., Труфанов А.Д. Новые наполнители из мела ООО «Главмел» для промышленности строительных материалов России // Строит. материалы. 2008. № 3. С. 88–89.
2. Афанасов В.С., Тарарыков О.Ю., Труфанов Д.В., Гробовенко Н.Я. Освоение извести для производства стеновых газосиликатных блоков на Копанищенском КСМ // Строит. материалы. 2007. № 10. С. 34–35.
3. Табуничиков Н.П. Производство извести. М.: Химия, 1974. 240 с.
4. Роберт С. Байтон. Химия и технология извести. М: Издательство литературы по строительству. 1972. 239 с.

## ООО «Главмел»

Реклама

### Крупнейший российский поставщик извести и мела

- Мел сепарированный тонкодисперсный фракций 0–10 мкм, 0–20 мкм, 0–40 мкм, 0–140 мкм (Копанищенский КСМ)
- Мел-крупка фракций 40–200 мкм, 1–3 мм, 3–6 мм. Возможны любые гранулометрические классы в этих пределах
- Мел для подкормки птиц и животных, раскисления почв (сухомолотый и сыромолотый, разнофракционированный)
- Известь гранулированная высокопористая (до 70%), высокоактивная (86–92%), среднегасящаяся (4–5 мин) (Россошанский завод)
- Известь молотая для производства газосиликатных стеновых материалов активностью 78–82%, время гашения 11±2 мин, температура гашения 75±5°C
- Известь гашеная (пушенка) высокоактивная (71%) кальциевая, фракции 0–200 мкм, влажностью до 0,6%
- Известь дробленая менее 30 мм (III сорт), активность 70% (Копанищенский ККСМ)
- Сапропель – минерально-органические озерные донные отложения с очень высоким содержанием гумуса и его производных, экологически чистых микроэлементов, азота, фосфора, калия. Единственный высокоэффективный восстановитель плодородия почв

394014 Россия,  
г. Воронеж, ул. Лебедева, 4 А

Тел.: (4732) 49-21-54, 49-21-15, 41-12-13  
Тел./факс: (4732) 49-46-27

E-mail: mail@glavmel.vrn.ru  
www.vrn glavmel.ru

УДК 666.92

В.В. БЕЛЯКОВ, канд. техн. наук, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

## Резервы карбонатного сырья для силикатной промышленности

Карбонатное сырье в силикатной промышленности (в производстве автоклавных строительных материалов) используется для получения извести — основного компонента при изготовлении строительных материалов этой группы.

Карбонатное сырье представлено в природе известняками, доломитами и их разновидностями, содержащими различные примеси. Чистых известняков в природе практически нет, все они содержат примеси доломитов и магнезита. В таблице представлена классификация карбонатного сырья в зависимости от состава.

По установившейся практике для производства извести в силикатной промышленности используется маломagneзиальное карбонатное сырье с содержанием оксида магния менее 5% (известняки) и иногда доломитистые известняки с содержанием доломита 5–25%. Следует отметить, что добыча и переработка добываемого сырья осуществляются до настоящего времени нерационально. Как известно, сырье добывается в карьерах открытым способом и отправляется потребителю без какой-либо обработки. В результате в карьерах скапливается огромное количество мелкофракционного сырья, которое практически не находит сбыта. В настоящее время мелкофракционный щебень используется в основном для производства минерального порошка для асфальтобетонов и муки для раскисления пахотных земель. Поскольку большинство месторождений представлены породами низкой механической прочности, значительно снизилась потребность в карбонатном щебне как в заполнителе бетонов. В то же время требования к материалам для дорожного строительства значительно ужесточились, известняковый щебень практически не востребован.

Но этим потери не ограничиваются по нескольким причинам. Обжиг карбонатного сырья для получения извести производится в печах шахтного типа различной мощности. Во всем мире около 60% извести получают в печах этого типа, в РФ — около 80%, а в некоторых ре-

гионах, например в Нижегородской области, — 100%. Но у этого способа имеется ряд существенных недостатков. Например, в шахтных печах можно обжигать известняк сравнительно высокой прочности и только в виде кусков крупностью 40–150 (200) мм. Поскольку с карьера сырье поставляется нефракционированным, на заводах по производству извести производится его дробление и фракционирование. В результате дополнительно в отсев уходит до 30% сырья. Другим недостатком является низкая активность получаемой извести (65–70%). Еще один серьезный недостаток печей этого типа — высокая, почти сутки, продолжительность процесса обжига, который препятствует расширению сырьевой базы известкового производства.

Учитывая отмеченные недостатки, можно констатировать, что удельные расходы карбонатного сырья на единицу конечной продукции неоправданно высоки, при том, что этот природный ресурс является невозобновляемым.

Кроме печей шахтного типа применяются вращающиеся печи в регионах с большими залежами мела и других малопрочных карбонатных пород (Белгородская, Воронежская области и др.). В печах данного типа можно обжигать мелкофракционное сырье и получать известь высокой активности. Но и у этих печей есть существенные недостатки — большие расходы топлива и электроэнергии.

Одним из неиспользуемых в настоящее время ресурсов является вовлечение в хозяйственный оборот больших запасов доломитизированного карбонатного сырья.

Как известно, месторождения карбонатного сырья размещены на территории РФ неравномерно. Нет разведанных месторождений высококачественных карбонатных пород (имеются в виду относительно чистые известняки) на территории Тюменской, Омской и Томской областей; практически не имеют перспектив на выявление крупных месторождений Ивановская, Ярославская, Костромская, большая часть Вологодской и Тверской областей; Удмуртская, Татарская и Мордовская республики. Исчерпаны возможности обнаружения новых месторождений в Московской области, отсутствуют перспективы обнаружения промышленных запасов известняков и в Нижегородской области.

В то же время практически не используются в производстве извести доломиты и их разновидности. Рассмотрим причины создавшегося положения.

Температуры диссоциации  $MgCO_3$  и  $CaCO_3$  в составе доломита и физико-химические свойства  $MgO$  и  $CaO$ , образующиеся при обжиге, различны. Диссоциация  $MgCO_3$  происходит при температуре 600–710°C, диссоциация  $CaCO_3$  происходит при 900–925°C, для

Наименование горной породы	Содержание, %	
	кальцита	доломита
Известняк	100–95	0–5
Известняк доломитистый	95–75	5–25
Известняк доломитовый	75–50	25–50
Доломит известковый	50–25	50–75
Доломит известковистый	25–5	75–95
Доломит	5–0	95–100

ускорения процесса диссоциации в промышленных условиях температура несколько выше. Полностью декарбонизованный доломит получают обжигом сырья при температуре выше 1000°C и называют доломитовой известью.

По сравнению с оксидом кальция оксид магния является менее активным по отношению к воде. Более того, при длительном пребывании оксида магния в зоне максимальной температуры происходит процесс рекристаллизации, что приводит к укрупнению кристаллов и к еще более значительному снижению гидратационной способности вследствие образования периклаза.

При автоклавной обработке при температуре около 150°C образуются гидросиликаты кальция и кирпич приобретает проектную прочность. Но при температуре выше 150°C начинается гидратация MgO с образованием гидроксида магния и увеличением объема новообразований примерно на 9%, что приводит к необратимым разрушениям камня (вздутия, расслоения, трещины), с чем производители силикатных материалов встречались неоднократно.

Попытки применения магнезиальной и доломитовой извести для производства силикатного кирпича принимались в нашей стране еще с 30-х гг. [1–4].

Для предупреждения образования крупных кристаллов периклаза предпринимались попытки обжига высокомагнезиального сырья при пониженных температурах с последующим быстрым охлаждением. В этих условиях образуются мелкие кристаллы оксида магния, которые более активны по отношению к воде. С целью ускорения процессов растворения и увеличения растворимости оксида магния в воде вводились различные добавки (борная кислота и бура, хлориды и др.). [1]

Однако на практике обжиг карбонатного сырья в шахтных печах при сравнительно невысокой температуре неэкономичен вследствие замедленной декарбонизации и значительного удлинения процесса обжига. Недостаточно эффективным является и применение химических добавок, поскольку это приводит к усложнению технологии; некоторые добавки являются дефицитными и дорогими, кроме того, не всегда удается получить изделия со стабильными свойствами.

Простым и надежным способом устранения неравномерности изменения объема кирпича при автоклавной обработке является гидротермальная обработка магнезиальной и доломитовой извести перед ее применением для изготовления автоклавных изделий. Такая технология используется в США. После обжига доломита в различных агрегатах известь подвергается автоклавной обработке до полного превращения оксидов кальция и магния в гидраты. После этого процесс изготовления организуется по стандартной технологии.

Предполагаются и другие методы повышения гидратационной способности оксида магния [5, 6, 7, 9].

Имеются два основных пути в решении этой проблемы.

1. Ускорение гидратации оксида магния в доломитовой извести на стадии производства изделий путем гидротермальной обработки, применения двухстадийного затворения водой и др. Недостатком этого пути является необходимость введения дополнительных технологических операций и, как следствие, повышения себестоимости продукции.

2. Повышение активности оксида магния в доломитовой извести по отношению к воде путем применения оптимального режима обжига сырья.

Суть предполагаемых решений сводится к тому, что рекристаллизованный оксид магния (периклаз) образуется в результате длительного воздействия на сырье вы-

соких температур, значительно превышающих равновесную температуру декарбонизации MgCO<sub>3</sub>.

Было установлено, что продолжительность выдержки обжигаемого сырья должна быть регламентирована временем полного разложения карбоната магния, для чего необходимо значительно сократить процесс обжига. Как показали исследования, продолжительность обжига зависит от максимальной температуры. При этом его продолжительность исчисляется не часами, а минутами. Важным условием является при этом крупность сырья. Например, процесс разложения доломита в виде зерен крупностью до 5–10 мм при максимальной температуре 1000°C происходит за 10–15 мин, при повышении температуры процесс обжига должен быть еще более коротким.

Данные закономерности были опробованы в производственных условиях в конце 80-х гг. на Новочебоксарском заводе стеновых материалов, где была изготовлена партия нормального и утолщенного силикатного кирпича. В заводских условиях по принятой технологии на доломитовой извести были получены партия нормального кирпича марки по прочности 200 и утолщенного кирпича марки 150. Морозостойкость кирпича составила 35 циклов, причем показатели оказались выше, чем выпускаемый на предприятии кирпич на магнезиальной извести. Доломитовая известь получена скоростным обжигом в короткой (19 м) вращающейся печи.

Предварительно режимы скоростного обжига были опробованы на лабораторных образцах в лаборатории Горьковского филиала института Росортгехстром.

На основании проведенных исследований предложена и воплощена в виде проекта печь кольцевого типа, в которой предусмотрены скоростные режимы обжига карбонатного сырья.

#### Характеристика печи для производства вяжущих из мелкофракционного карбонатного сырья

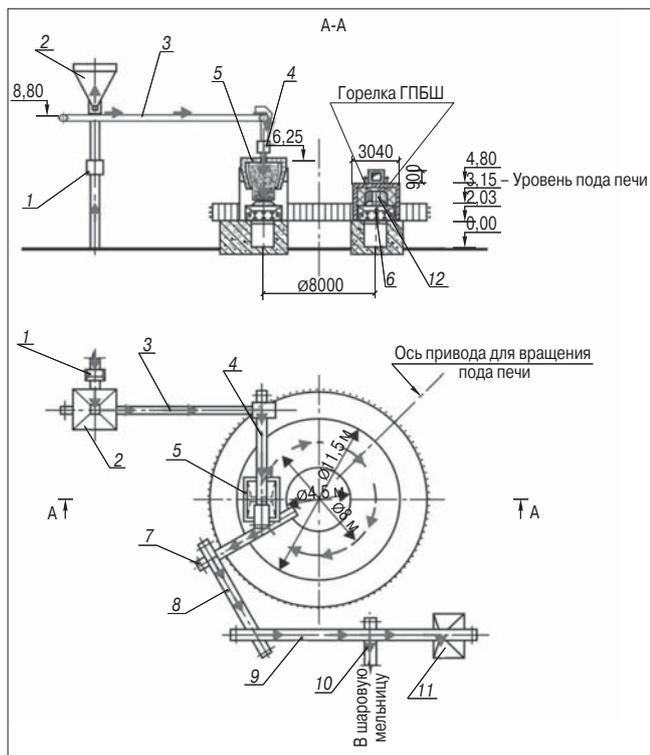
Производительность, тыс. т в год	..... 50
Длина обжигательного канала, м	..... 25,12
Объем обжигательного канала, м <sup>3</sup>	..... 45
Удельный расход условного топлива, кг/т	..... 155
Удельный расход электроэнергии, (кВт·ч)/т	..... 33
Максимальная температура обжига, °C	..... 1000±30
Режим работы	..... круглосуточный
Диаметр печи (по оси пода), м	..... 0,8
Высота печи, м	..... 5

Предлагаемая конструкция печи обладает рядом преимуществ по сравнению с применяемыми в настоящее время печами:

- имеет сравнительно небольшие габариты;
- позволяет обжигать карбонатное сырье в виде зерен крупностью до 15 мм;
- обжиг производится в неподвижном слое (вращается только под), что позволяет обжигать сырье низкой механической прочности;
- практически ликвидируется пыление извести в процессе обжига;
- короткий режим обжига;
- сравнительно низкие расходы топлива и электроэнергии;
- возможность получения доломитовой извести, пригодной для производства материалов автоклавного твердения;
- снижение себестоимости за счет использования отходов добычи и переработки карбонатного сырья.

Такие печи целесообразно строить в местах добычи карбонатного сырья.

При реализации предлагаемой (или любой другой вновь применяемой) технологии коренным образом изменяется технология добычи, переработки карбонат-



Кольцевая печь обжига карбонатного сырья: 1 – подъемник скиповый; 2 – накопительный бункер; 3 – конвейер ленточный; 4 – конвейер с погружными скребками с воздушным подогревом; 5 – устройство загрузочное; 6 – вращающийся под печи; 7, 9, 10 – конвейер скребковый; 8 – конвейер с погружными скребками с водяным охлаждением; 11 – бункер извести; 12 – ворошитель плужковый

ного сырья и получения извести, включая ее транспортировку. Потребляемое карбонатное мелкофракционное сырье находится в непосредственной близости от места его обжига, что значительно снижает транспортные расходы. Гораздо выгоднее транспортировать готовую известь.

Предприятия, использующие известь, освобождаются от необходимости дополнительного дробления карбонатного сырья крупных фракций, отсева продуктов дробления и образования на территории отвалов отсеков. Кроме того, отпадает необходимость дробления крупнокусковой извести перед направлением на помол для приготовления известково-кремнеземистого вяжущего (для предприятий, оснащенных печами шахтного типа).

При существующей технологии из добытого сырья до 30% остается в карьере в виде известняковой мелочи, значительное количество (также в большинстве случаев до 30%) направляется в отвалы, и 30–40% по массе от объема обжигаемого сырья выбрасывается в атмосферу в виде углекислого газа.

Предлагаемая схема переработки сырья ликвидирует эти потери. При этом существующие печи шахтного типа могут использоваться для хранения извести.

Конечно, внедрение предлагаемой схемы требует кардинальной перестройки всей цепочки от добычи карбонатного сырья до получения конечного продукта – извести, больших капитальных вложений, но игра стоит свеч и сама жизнь в связи с постоянным удорожанием топлива, электрической энергии заставит перейти силикатную промышленность на инновационный путь развития.

**Список литературы**

1. *Кульметов В.М.* Освоение магнезиальной извести в

производстве силикатного кирпича // *Строит. материалы.* 1933. № 5. С. 6–9.  
 2. *Потапенко С.В.* Термическая диссоциация известняков, доломитов и магнезитов // *Журнал прикладной химии.* 1932. № 6–7. С. 693–703.  
 3. *Усницев Г.И.* Применение магнезиальной извести для производства силикатного кирпича // *Строит. материалы.* 1933. № 5. С. 10–13.  
 4. *Юферов В.Ф.* Влияние трепела при производстве известково-песчано-трепельного кирпича // *Строит. материалы.* 1936. № 6. С. 5–10.  
 5. *Воробьев Х.С., Никитин А.А., Чернышев И.П.* Исследования процесса обжига магнезиальных карбонатных пород во взвешенном состоянии и установление возможности применения получаемой извести в производстве бетонных изделий: Сб. тр. ВНИИСТРОМ. М. 1968. № 12 (40) С. 192–202.  
 6. *Будников П.П., Воробьев Х.С.* Изучение скорости гидратации оксида магния (MgO), обожженной при различных температурах // *Журнал прикладной химии.* 1959. Т. XXXII. Вып. 1. С. 253–258.  
 7. *Воробьев Х.С., Русол В.С.* Скоростной обжиг высокомагнезиальной извести в кипящем слое // *Строит. материалы.* 1969. № 7. С. 12–14.  
 8. *Воробьев Х.С., Зилеберфарб И.М., Русол В.С. и др.* Исследование свойств доломитовой извести, обожженной в печи кипящего слоя и плотных силикатных бетонов на ее основе: Сб. тр. ВНИИСТРОМ. 1972. Вып. 22 (50). С. 3–15.  
 9. *Причкайте Ю.К.* Исследование процессов структурообразования силикатных изделий на основе доломита низкотемпературного обжига // *Материалы конференции «Комплексное исследование доломитов».* Вильнюс. ВНИИТеплоизоляция. 1980. С. 21–24.

**сibir**  
 региональный выставочно-ярмарочный центр  
 улица Кирова, 10/уровня

**строительство архитектура**  
 Красноярск

**19–22 января 2010**

XVIII специализированная выставка строительных и архитектурных проектов, новых технологий и оборудования в строительстве, строительных и отделочных материалов.

Ежегодный конкурс архитектурных проектов «Ордер воплощения»

Официальная поддержка:  
 Информационная поддержка:

МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19  
 Тел.: (391) 22-88-405, 22-88-613  
 22-88-611 (круглосуточно)  
 www.krasfair.ru

Г.В. КУЗНЕЦОВА, В.И. САННИКОВА, доценты, КазГАСУ (Казань)

## Некоторые аспекты применения методики определения сырцової прочности силикатного кирпича

Большинство предприятий силикатного кирпича в нашей стране построено по типовым проектам Союзгипрострома. В 70-е гг. XX в. было построено 20 заводов, оснащенных оборудованием из Польши мощностью по 100 млн шт. усл. кирпича в год, 13 из которых сейчас находятся на территории России. На заводах работает 830 прессов, из них 67 польских РА-550, несколько прессов Крупп-Интертехник и Дорстенер, остальные прессы Харьковского завода «Красный Октябрь»: СМ-816 и СМ-152.

Кирпич формуются на прессах СМ-816 и СМ-152 в положении «на постель», на прессах РА-550 в положении «на ложок» или, как часто называют, «на ребро».

Известно, что при производстве силикатного кирпича существенное значение имеют сырцовая и автоклавная прочности. Сырцовая прочность определяет внешний вид кирпича и его сохранность до постановки на тепловую обработку в автоклаве. Автоклавная прочность определяет его эксплуатационные свойства.

Сырцовую прочность связывают с расходом извести или активностью смеси, ее зерновым составом, качеством работы прессов и удельным давлением прессования, формовочной влажностью, которая должна быть для обычного кирпича 6–7,5%, для цветного 4–5%, для пустотелого 4,5–5,5%.

В производственных условиях часто возникает необходимость определения сырцової прочности кирпича. По данному вопросу чаще всего обращаются к технологам и в лабораторию для определения показателя прочности сырца.

Существующая методика определения прочности сырца основывается на испытании кирпича по 2 шт. при укладке постель на постель или одного кирпича на постель. Для этого берут образцы с парных гнезд прессы. Для испытания отбираются два целых кирпича-сырца и укладываются друг на друга (рис. 1). Образцы, предназначенные для испытания, не должны иметь трещин и отбитых углов. Кирпич-сырец необходимо испытывать в состоянии формовочной влажности, при этом не допускаются образцы повышенной влажности. Время отбора образцов и их испытания на прочность не должно превышать 30 мин от начала их формования.

Для испытания образцов на сжатие применяют пресс, позволяющий фиксировать величину разрушающей нагрузки с точностью до 20 кгс. Образец помещают в центр плиты и поджимают верхней плитой, которая должна плотно прилегать по всей верхней грани образца. При испытании образцов, состоящих из 2 целых кирпичей-сырцов толщиной 88 мм, предел прочности при сжатии определяют умножением результатов испытаний на коэффициент 1,2. При этом прилагаемая нагрузка со стороны испытательного прессы прикладывается перпендикулярно слоям материала.

Формование кирпича-сырца на прессах СМ-816 и СМ-152 на постель так и происходит. Наполнение корыток силикатной смесью осуществляется слоями, параллельными самой постели. Испытание по этой методике дает исчерпывающую информацию о прочности кирпича-сырца.

Считается, что прочность сырца полнотелого кирпича по методике испытания кирпича постель на постель должна быть не менее 4 кг/см<sup>2</sup> для рядового кирпича и 4,5 кг/см<sup>2</sup> для лицевого цветного. Для формования пустотелой продукции пригодна смесь, позволяющая получить сырцовую прочность не менее 10 кг/см<sup>2</sup> при испытании кирпича на постель.

Испытание по методике кирпича-сырца постель на постель с прессов РА-550, сформованного на ребро или на ложок, дает труднообъяснимые результаты сырцової прочности. Так, кирпич-сырец, полученный на прессе РА-550, испытанный по методике постель на постель, показывает следующие результаты:

- активность смеси 6,6% – прочность сырца 2,4 кг/см<sup>2</sup>;
- активность смеси 7,4% – прочность сырца 2,9 кг/см<sup>2</sup>.

В данной методике расчета применяется масштабный коэффициент 1,2.

Предел прочности при сжатии сырца может быть определен по формуле  $R_{сж} = (P/F) \times 1,2$ .

Высота образца  $88 \text{ мм} \times 2 = 176 \text{ мм}$ ; площадь образца сырца  $120 \text{ мм} \times 250 \text{ мм} = 300 \text{ см}^2$ .

При сопоставлении этих показателей и требуемых величин предела прочности при сжатии сырца не менее 4 кг/см<sup>2</sup> трудно сделать вывод о качестве сырцової прочности. В данном случае возникает противоречие с методикой испытания образцов на сжатие в том, что нагрузка должна прикладываться перпендикулярно слоям. При способе формования на ребро получаются низкие показатели сырцової прочности, что связано с прикладыванием разрушающей нагрузки параллельно слоям формовочной смеси.

Для соблюдения методики испытания, а именно чтобы при испытании нагрузка прикладывалась перпендикулярно слоям сформованной смеси, необходимо изменить положение образцов и поставить их на ребро (рис. 2). В этом положении образцов соблюдается требование правилам испытания. Высота образца составляет 120 мм, и масштабный коэффициент можно принять равным 1 или интерполировать его и получить 0,94. Для образцов 150 мм × 150 мм масштабный коэффициент составляет 1, а для образцов 100 мм × 100 мм масштабный коэффициент составляет 0,9. Расчетная площадь нагрузки для утолщенного кирпича равна площади приложения нагрузки, то есть  $8,8 \text{ см} \times 25 \text{ см} \times 2 = 440 \text{ см}^2$ .

Предел прочности при сжатии определяется по формуле  $R_{сж} = (P/F) \times 0,94$ .



Рис. 1. Испытания кирпича для определения сырцовой прочности: а – по два кирпича в положении постель на постель; б – одного кирпича в положении на постель

Рис. 2. Испытания кирпича в положении на ложок

При испытании кирпича-сырца, сформованного на ребро и испытанного на ребро, получается:

- при активности смеси 6,4% прочность сырца 3,1 кг/см<sup>2</sup>;
- при активности смеси 6,6% прочность сырца 3,4 кг/см<sup>2</sup>;
- при активности смеси 7,4% прочность сырца 5,1 кг/см<sup>2</sup>.

По полученным результатам можно сделать соответствующие выводы о составе смеси, качестве сырца и работе пресса.

Причем надо учитывать, что при таком способе формирования кирпич укладывается на вагонетку также на ребро или ложок, выдерживает вес вышележащих слоев кирпича и воспринимает толчки и рывки при транспортировании в автоклав.

В пользу данного способа определения прочности сырца говорит тот факт, что испытание 3-пустотного

камня на сырцовую прочность производится в положении его формования, то есть перпендикулярно слоям. Результаты испытаний сырцовой прочности помогают технологам сделать правильные выводы. Предложенная методика показала, что прочность кирпича-сырца составляет 3,6–3,4 кг/см<sup>2</sup> из смеси активностью 6,6%; прочность сырца 5,3–5 кг/см<sup>2</sup> получается из смеси активностью 7,4%, что соответствует требованиям к качеству сырца. Это означает, что смесь активностью 6,6% даст кирпич низкого качества, так как прочность кирпича-сырца 3,6 кг/см<sup>2</sup> ниже требуемой (4,5 кг/см<sup>2</sup>). При этом кирпич получается с трещинами и сколами еще до автоклавной обработки.

Таким образом, предлагаемый способ испытания кирпича-сырца хорошо согласуется как со способом формования, так и со способом укладки кирпича-сырца на запарочную вагонетку.

# Fels

## ООО «ФЕЛЬС ИЗВЕСТИ»

ПРЕДЛАГАЕТ

- Известь кальциевую воздушную дробленую (фракция 0-60 мм)
- Известь кальциевую воздушную негашеную порошкообразную
- Известь кальциевую воздушную гашеную (навалом и упакованную в мешки по 25 кг)

Продукция соответствует ГОСТ 9179–77 «Известь строительная» и требованиям ТУ предприятий металлургической, химической промышленности и промышленности строительных материалов.

**Известь выпускается под торговой маркой FELS**

Адрес завода: 249855, Калужская обл., Дзержинский район, пгт. Товарково, Промышленный мкр., 18

Адрес почтовый: 125438, Москва, Михалковская ул., 63 Б, стр. 5

Тел.: (495) 617-09-47 Факс: (495) 617-09-48

www.fels.ru E-mail: anatoli\_artamonov@fels.de

Реклама

И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук, В.В. НЕЛЮБОВА, инженер,  
 А.В. ЧЕРЕВАТОВА, В.В. СТРОКОВА, доктора техн. наук,  
 Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Особенности фазообразования в системе $CaO-SiO_2-H_2O$ в присутствии наноструктурированного модификатора

В настоящее время производство традиционных материалов и применяемые технологии, существующие подходы и методы исследований строительных композитов достигли предела своих возможностей. Дальнейший прогресс в строительном материаловедении возможен за счет синтеза композиционных вяжущих и композитов на их основе с использованием наноструктурирующих модифицирующих компонентов комплексного воздействия природного и техногенного происхождения.

В БГТУ им. В.Г. Шухова разработан ряд технологий и методов, позволяющих повысить эффективность традиционных строительных материалов и создать новые композиционные вяжущие и композиты на их основе. К ним относится наноструктурированное вяжущее (НВ), которое по своей природе является природным неорганическим полимером и твердеет по полимеризационно-поликонденсационному механизму [1]. В настоящее время НВ может быть использовано в качестве активного компонента — наноструктурированного модификатора (НМ) в обжиговых материалах, материалах естественного и автоклавного твердения.

Несмотря на появление новых композиционных материалов и конструкционных изделий на их основе (панели, ячеистые блоки и др.), кирпич по-прежнему остается широко востребованным стеновым материалом в жилищном строительстве. По-прежнему актуальна

проблема получения долговечного стенового материала на основе известково-кремнеземистой смеси, подвергнутой гидротермальной обработке в автоклаве. Одним из решений данной проблемы является введение в формовочную смесь определенного количества (до 10%) наноструктурированного вещества с использованием технологии НВ.

Авторами разработан новый вид автоклавных материалов, который существенно превосходит силикатный кирпич по своим технико-эксплуатационным характеристикам.

Благодаря введению НВ в качестве наноструктурированного модификатора (НМ) в формовочную смесь, по предварительным оценкам, продолжительность периода гашения сокращается в 2 раза и соответственно возможно существенное снижение энергоемкости режима автоклавной обработки, что позволяет получить дополнительный экономический эффект на существующем производстве. Кроме того, введение наноструктурированного модификатора в силикатные окрашенные системы способствует повышению стойкости цвета кирпича и устраняет основную проблему окрашенных материалов — высолы на поверхности, связанные с избытком извести в системе.

В ранее опубликованных работах [2] было установлено, что введение 10% НМ, полученного по технологии высококонцентрированных вяжущих систем (ВКВС), существенно улучшает свойства готовых силикатных изделий. Однако зависимость состава новообразований в системе  $CaO-SiO_2-H_2O$  от количества НМ не была установлена.

Прочностные и деформативные показатели силикатных материалов, а также их стойкость к воздействию внешних агрессивных факторов — воды, отрицательных температур, углекислого газа, воздуха и высоких температур во многом зависят от фазового состава и морфологических особенностей синтезируемых в гидротермальных условиях цементирующих новообразований.

Из более 30 синтезированных в настоящее время гидросиликатов кальция наиболее важное значение для получения прочностных свойств имеют гидросиликаты кальция с ленточным структурным  $SiO_2$ . К таким относятся  $CSH(I)$ ,  $CSH(II)$ ,  $14\text{Å}$ - $11\text{Å}$ - и  $9\text{Å}$ -тоберморит, йеннит, ксонотлит и др.

Вместе с тем большинство из указанных фаз являются промежуточными, а получение в промышленных условиях силикатных строительных материалов с мономинеральной структурой цементирующего вещества практически невозможно. Реальные силикатные системы характеризуются полиминеральными композициями гидросиликатных цементирующих новообразований. В связи с этим заключение о рациональной струк-

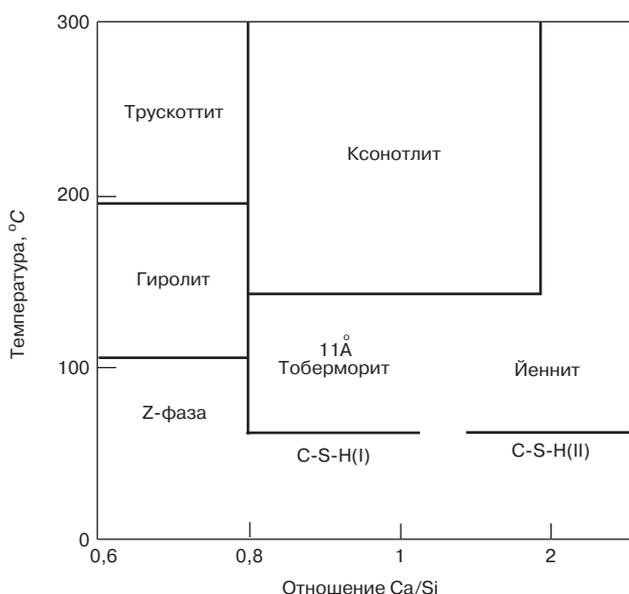


Рис. 1. Схематическая диаграмма устойчивости гидросиликатов кальция, синтезируемых в гидротермальных условиях (по [6])

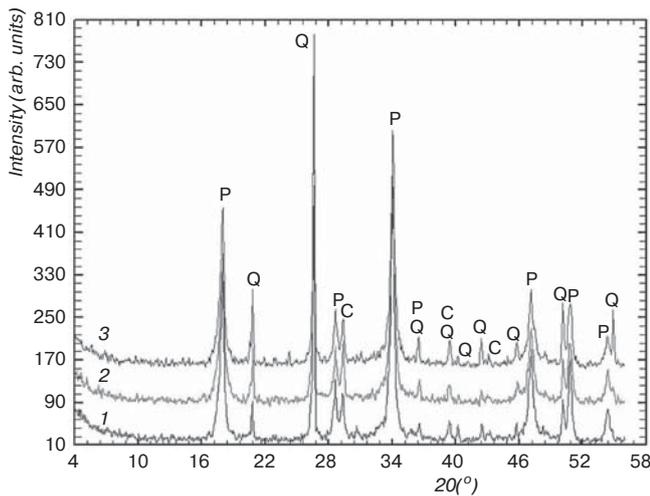


Рис. 2. Рентгенограммы образцов после 6-часовой гидротермальной обработки в автоклаве; изв. – известь, ИПВ – известково-песчаное вяжущее: 1 – изв. + НВ; 2 – ИПВ; 3 – ИПВ + НВ; P – портландит; Q – кварц; C – кальцит

туре, как правило, содержит рекомендации по качественному и количественному соотношению гидросиликатных фаз. То есть, имея данные о свойствах гидросиликатов кальция, можно установить рациональное соотношение фаз, обеспечивающее получение силикатного камня высокой прочности и эксплуатационной стойкости.

По мнению авторов [3], силикатные материалы, цементирующее вещество которых представлено на 70–80% низкоосновными гидросиликатами CSH(I) и на 20–30% гидросиликатами  $\alpha$ -C<sub>2</sub>SH, имеют удовлетворительные прочностные показатели и карбонизационную стойкость. Связано последнее с упрочнением  $\alpha$ -C<sub>2</sub>SH в процессе карбонизации, частично или полностью компенсирующим снижение прочности CSH(I) при их разложении углекислым газом воздуха.

Несмотря на обилие литературных источников, освещающих фазообразование в системе CaO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O, вопрос о концентрационных границах существования устойчивых минеральных парагенезисов гидросиликатов кальция еще далек до своего окончательного решения. Хотя наметившаяся в последнее время, в основном в трудах зарубежных исследователей, активность в решении этих вопросов внушает определенный оптимизм [4].

Основная масса исследований минералообразования в системе CaO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O проводилась на модельных смесях с целочисленными или стехиометрическими соотношениями компонентов [5]. Используемые в практике производства силикатных автоклавных материалов составы с изначально более высоким отношением CaO/SiO<sub>2</sub> не вполне соответствуют приводимым в литературе результатам исследований высокотемпературных минеральных равновесий в системе.

На основе обобщенных экспериментальных данных, приведенных в [4, 5], практически интересной является область в интервале отношения CaO/SiO<sub>2</sub> от 0,8 до 2,5 (рис. 1). Именно она соответствует области существования парагенезисов ленточных силикатов. Уменьшение CaO/SiO<sub>2</sub> до 0,6 приведет к образованию Z-фазы и гиролита – слоистых силикатов с пластинчатой морфологией минеральных индивидов, что вряд ли положительно отразится на повышении прочностных свойств вяжущих на их основе.

В результате гидротермальной обработки кирпичасырца первоначально синтезируются многоосновные гидросиликаты с последующим образованием смеси

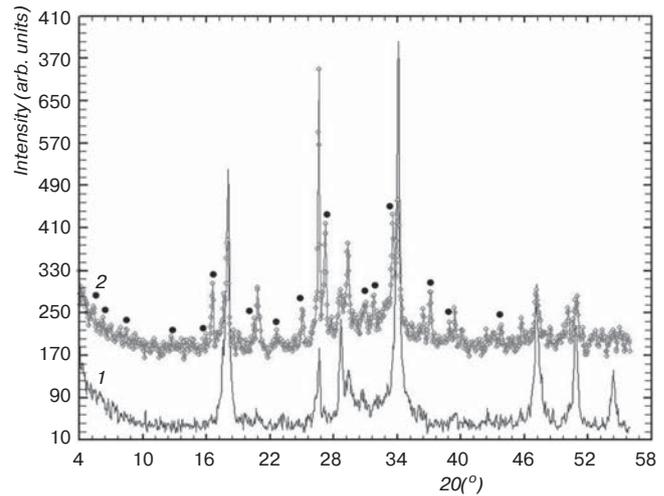


Рис. 3. Рентгенограммы образцов ИПВ+НВ и ИПВ после 24-часовой гидротермальной обработки в автоклаве. Точками обозначены отражения кристаллических новообразованных фаз гидросиликатов кальция: 1 – ИПВ; 2 – ИПВ + НВ; ● – отражения гидросиликатов кальция

высокоосновных и низкоосновных гидросиликатов кальция [6]. При обработке смеси с присутствием в ней тонкодисперсного кварцевого компонента синтезируются низкоосновные гидросиликаты кальция группы CSH(B) [7]. Кроме того, установлено, что синтез низкоосновных гидросиликатов определяется также степенью дисперсности кварцевого компонента.

В работе [8] показан успешный опыт использования микрокремнезема и диатомита в качестве компонента известково-кремнеземистого вяжущего. Отмечено, что в процессе тепловлажностной обработки образуется минеральная композиция низко- и высокоосновных гидросиликатов кальция, что обусловлено высокой реакционной способностью данных материалов.

Основной задачей настоящего исследования являлось установление влияния кремнеземсодержащей наноструктурированной добавки на динамику фазообразования.

Объектом исследования являлись две партии образцов: известь + НМ, известково-песчаное вяжущее (ИПВ) контрольного заводского состава и ИПВ+НМ. Все образцы подвергались автоклавной обработке при температуре 180°C и избыточном давлении 10 атм. Необходимо отметить, что время изотермической выдержки в первой партии составило 6 ч, тогда как время выдержки второй партии составляло 24 ч. Увеличение времени автоклавирования до 24 ч было вызвано необходимостью получения образцов с кристаллическими формами гидросиликатных новообразований для минералогической идентификации их парагенезисов. Динамика повышения и снижения температуры проходила одинаково в обеих партиях.

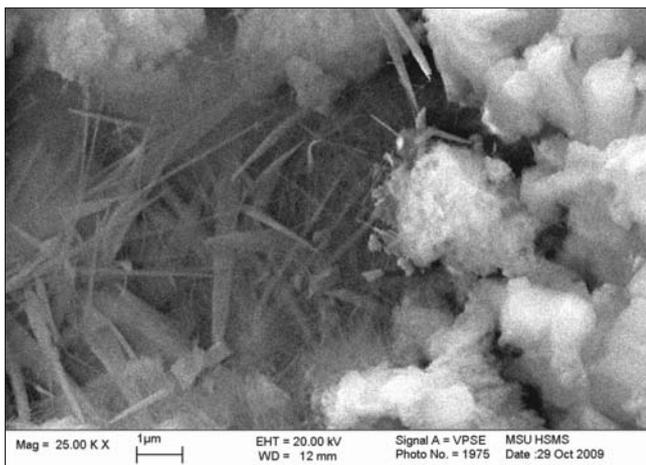
Для установления состава новообразований использовались методы рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии.

Рентгенограммы образцов после 6-часовой выдержки показали идентичность их компонентного состава (рис. 2). Кристаллические фазы представлены портландитом, кальцитом и кварцем.

Известно, что достижение равновесных парагенезисов в изучаемой системе происходит в течение продолжительного времени [5]. Поэтому присутствие в системе остаточных концентраций портландита и кварца свидетельствует о незавершенной кинетике процессов образования гидросиликатов.

Следует отметить, что полуширина отражений портландита существенно уменьшается с увеличением вре-

Вид вяжущего	Состав, мас. %					
	Кварц	Ca(OH) <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	Ксонотлит	Йеннит	11Å-тоберморит
ИПВ+НМ	6	40	2	43	6	8
ИПВ	1	94	1	2	1	1



**Рис. 4.** Игольчатая и волокнистая морфология гидросиликатных новообразований (ксонотлит) в образце с НВ после 24 ч автоклавной обработки. СЭМ

мени автоклавирования, что свидетельствует о переходе основной массы низкоразмерной фракции портландита в С-S-H-фазы.

После 24-часовой гидротермальной обработки, рентгенограммы образцов с НВ отличались от контрольного образца ИПВ (без НМ). Так, рентгенограммы контрольного образца после различных выдержек оказались идентичными. При этом на рентгенограммах с введением наноструктурированного вяжущего после 24-часовой выдержки проявились отражения гидросиликатных новообразований (рис. 3).

Ввиду низкой интенсивности дифракционных отражений новообразований уверенно провести традиционную диагностику минеральных фаз с применением базы дифракционных данных PDF-2 не представляется возможным. Поэтому был проведен полнопрофильный расчет рентгенограмм. Модельная минеральная композиция была составлена на основе литературных данных как наиболее соответствующая минеральным парагенезисам системы CaO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O для 180°C. Результаты количественного полнопрофильного РФА кристаллических фаз образца ИПВ+НВ и контрольного образца ИПВ, автоклавированных в течение 24 ч (программа FullProf [9]), представлены в таблице.

При количественных расчетах относительных концентраций компонентов минеральных композиций концентрация рентгеноаморфной составляющей не определялась. Существенные различия значения концентраций, в частности ксонотлита, объясняются наличием аморфной фазы и более медленной динамикой кристаллизационных процессов в отсутствие НМ.

К основному достоинству применения НМ следует отнести то, что основная масса гидросиликатных новообразований представлена ксонотлитом — ленточным силикатом, являющимся продуктом трансформации 11Å-тоберморита.

Результаты рентгеновского исследования подтверждаются интерпретацией снимков образцов на сканирующем электронном микроскопе\* (рис. 4).

Образования с волокнистым и игольчатым обликом морфологически соответствуют ленточным силикатам кальция — основным носителям прочностных свойств силикатных материалов автоклавного твердения. При этом максимальная длина новообразований составляет 8 мкм, ширина до 0,5 мкм, а толщина не превышает 100 нм.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что существенный набор прочностных свойств силикатных материалов автоклавного твердения обусловлен присутствием в системе наноструктурированного модификатора, ускоряющего процессы фазообразования в системе CaO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O.

### Список литературы

1. Шаповалов Н.А., Строкова В.В., Черватова А.В. Оптимизация структуры наносистем на примере ВКВС // Строит. материалы. 2006. № 9. С. 16–18.
2. Нелубова В.В. Повышение эффективности производства силикатных автоклавных материалов с применением нанодисперсного модификатора // Строит. материалы. 2008. № 9. / Наука. С. 89–92.
3. Зейфман М.И. Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов. М.: Стройиздат, 1990. 184 с.
4. Garbev K. Struktur, Eigenschaften und quantitative Rietveldanalyse von hydrothermal kristallierten Calciumsilikathydraten (C-S-H-Phasen)» (Structure, Properties and Quantitative rietveld Analysis of Hydrothermal Crystallized Calcium Silicate Hydrates (C-S-H-Phases)). PhD Thesis Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Germany, (2003). 241 S.
5. Shaw S., Clark S.M., Henderson C.M.B. Hydrothermal formation of the calcium silicate hydrates, tobermorite (Ca<sub>5</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>16</sub>(OH)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O) and xonotlite (Ca<sub>6</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>17</sub>(OH)<sub>2</sub>): an in situ synchrotron study // Chemical Geology. 167, 2000 / Elsevier Science. Pp.129–140.
6. Судина Н.К., Кржеминский С.А., Сидорова А.Н. О влиянии дисперсности кремнеземистого компонента на фазовый состав новообразований при гидротермальной обработке известково-кремнеземистых материалов // Сб. тр. ВНИИСТРОМ. Вып. 8(36). 1966. С. 27–43.
7. Синянский Н.И., Леонтьев Е.Н. Роль синтеза гидросиликатов из оксидов кальция и кремния в технологии автоклавных ячеистых бетонов // Строит. материалы. 2009. № 9. С. 44–47.
8. Антипина С.А., Верещагин В.И. Фазовый состав и свойства известково-кремнеземистых вяжущих // Строит. материалы. 2008. № 11. С. 48–49.
9. Rodriguez-Carvajal J. An Introduction to the Program FullProf 2000 / J. Rodriguez-Carvajal // Laboratoire Leon Brillouin (CEA-CNRS) CEA / Saclay, 91191 Cif sur Yvette Cedex, France. 2000. 139 p.

\* Съемка образцов проводилась в Центре коллективного пользования факультета наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения Supra 50 VP (LEO, Германия, 2003).