

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:

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

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

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

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

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

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

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

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

Материалы для дорожного строительства

Н.В. БЫСТРОВ, В.А. ПОПОВ

Применение инноваций в дорожно-строительном материаловедении. 4

Представлены задачи и пути их решения в плане системного подхода к применению новых материалов и технологий с одновременным повышением качества применяемых материалов и выполняемых работ. Перечислены важнейшие направления и пути решения поставленных задач. Увеличен объем работ по принятию национальных стандартов в области дорожного движения. Ведется работа по созданию новых производств, направленных на выпуск дорожного битума и материалов на их основе. Все мероприятия, разработанные РОСАВТОДРОМ, направлены на увеличение межремонтных сроков и общего срока службы автомобильных дорог.

В.И. КОЧНЕВ, Э.В. КОТЛЯРСКИЙ

Автоматизированная программа проектирования состава асфальтобетонных смесей с требуемыми структурно-механическими свойствами. Часть 1. Блок исходных данных 5

Статья посвящена первому блоку автоматизированной программы для проектирования состава асфальтобетонной смеси с требуемыми структурно-механическими свойствами. Представлены основные принципы работы алгоритма, рассмотрены характеристики исходных материалов асфальтобетонной смеси и их влияние на смесь в целом.

А.В. РУДЕНСКИЙ, О.Н. НИКОНОВА, М.Г. КАЗИЕВ

Повышение долговечности асфальтобетонов введением активного комплексного модификатора 10

Рассмотрено использование активного комплексного модификатора (АКМ) для улучшения свойств асфальтобетона. В составе АКМ использовались добавки активаторов, резиновой крошки и структурирующих полимерных волокон. Одновременно может быть достигнуто повышение устойчивости асфальтобетона по критериям водостойкости, трещиностойкости и сдвигоустойчивости.

М.Н. АЛЕХИНА, Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, Н.В. МОТИН, И.Ю. САРЫЧЕВ

Сероасфальтобетонные смеси. 12

Показано, что применение модифицированной серы для производства сероасфальтобетонных смесей при устройстве дорожных покрытий позволяет обеспечить должное уплотнение и необходимые физико-механические свойства сероасфальтобетона. Разработанная технология модифицированной серы позволила обеспечить условия для получения сероасфальтобетонных смесей, которые могут быть должным образом уплотнены. Испытания литых сероасфальтобетонных смесей подтвердили возможность обеспечения коэффициента сцепления на таких покрытиях 0,45–0,55. За год эксплуатации экспериментальных участков дорог колея не превысила 5 мм, что значительно ниже, чем на участках с традиционным асфальтобетоном.

Р.М. ЧЕРСКОВ, К.А. ДЬЯКОВ, Е.В. ЗИНЧЕНКО

Технология получения высокопрочных резинированных асфальтобетонов 14

Рассмотрены основные мероприятия по решению проблемы образования отраженных трещин в асфальтобетонных покрытиях на цементобетонном основании. Дано обоснование эффективности применения трещинопрерывающих слоев из резинированных асфальтобетонов. Описаны особенности и преимущества новой технологии получения резинированных асфальтобетонов, учитывающей зарубежный и отечественный опыт применения подобных материалов. Представлены данные по улучшению с помощью разработанной технологии физико-механических характеристик вяжущих и асфальтобетонов.

С.Н. ТОЛМАЧЕВ, И.Г. КОНДРАТЬЕВА

Исследования смачивания подложек различного минерального состава растворами ПАВ 19

Приведены результаты исследования смачивания гранита, кварцита и мрамора водными растворами суперпластификаторов. Показано, что существует зависимость между характером смачивания горных пород и прочностью бетона, изготовленного с заполнителем на их основе. Зависимость может характеризовать совместимость суперпластификаторов и применяемых заполнителей различного минерального состава.

М.К. ПОЗДНЯКОВ

Влияние свойств асфальтобетонных смесей на сопротивляемость колееобразованию 22

Рассмотрены основные типы колеи на асфальтобетонных покрытиях, проведен краткий анализ причин их образования, а также рассмотрены методы испытания, позволяющие оценить сопротивляемость асфальтобетона колееобразованию. Приведена характерная кривая колееобразования с анализом каждого участка и факторов, влияющих на образование пластической колеи, а также результаты исследований влияния отдельных свойств смеси на сопротивляемость колееобразованию.

К.Г. ПУГИН

Использование отходов металлургии в асфальтобетонах 26

Дорожное строительство требует большого количества природных ресурсов. Приведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности замены природного минерального порошка на отходы металлургического комбината в асфальтобетонах.

В.Г. НИКОЛЬСКИЙ

Полезное разрушение. 31

Представлен роторный диспергатор на основе наковальни Бриджмена для полимеров и резины. Приведен анализ структурных изменений в измельчаемых материалах. Дано описание разработанной многофункциональной машины, позволяющей в промышленных масштабах производить порошок в том числе резины с измельчением частиц до размера нанометра. Разработан модификатор для асфальтобетонных смесей, значительно улучшающий качественные показатели (усталостную долговечность, сопротивление колееобразованию, экономичность).

М.А. ЗАВЬЯЛОВ, А.М. ЗАВЬЯЛОВ

Постстроительный период жизненного цикла дорожного асфальтобетонного покрытия: синергетические тенденции свойств материала 34

Предложен подход, базирующийся на применении аппарата теории катастроф, который позволяет рассчитать продолжительность постстроительного периода жизненного цикла дорожного асфальтобетонного покрытия. Этот подход дает возможность по-новому взглянуть на характер и динамику процессов разрушения материала. Постстроительный период, несмотря на сравнительную непродолжительность, во многом определяет будущие потребительские свойства транспортного сооружения.

Э.В. КОТЛЯРСКИЙ

Научно-методические основы оценки структурно-механических свойств композиционных материалов на основе органических вяжущих 36

Рассмотрены научно-методические основы количественной оценки структурно-механических свойств композиционных материалов на основе органических вяжущих с использованием основных положений физико-химической механики и теории контактных взаимодействий. На основе полученных экспериментальных результатов сформулированы этапы структурообразования асфальтобетона. Предложена методика проектирования асфальтобетона по требуемому комплексу показателей структурно-механических свойств.

А.В. КОЧЕТКОВ, Н.Е. КОКОДЕЕВА, М.В. СТЕПАНОВ, М.В. ВЬЮГОВ, Е.М. ХИЖНЯК

Нормирование на основе оценки степени риска статистических показателей качества производства геосинтетических материалов и изделий 42

На основе теоретико-вероятностного подхода предлагается оценка степени риска разрыва шва геотехнической арматуры и определены ее статистические показатели качества. Приведены примеры расчета с применением разработанной методики, реализованной в вычислительном программном модуле «Качество-риск-2010».

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, В.М. ПРИХОДЬКО

К вопросу обеспечения качества дорожных покрытий. 45

Приведено подробное описание разработок МАДИ по созданию передвижных дорожных лабораторий – автоматизированных дорожных сканеров «АДС-МАДИ». Передвижные лаборатории обеспечили возможность исследовать динамику изменения состояния дорожных покрытий, в том числе образование колеи. На каждом из стендов может быть уложено до трех секций из различных асфальтобетонных смесей, что позволяет осуществить сравнительные испытания покрытий, выбрать оптимальные технические решения.

А.В. КОРОЧКИН

Проблема отраженных трещин в асфальтобетонном покрытии, уложенном на цементобетонное основание. 46

Представлен детальный анализ существующих методик и алгоритмов расчета трещиностойкости асфальтобетонных покрытий жесткой дорожной одежды. Приведены положения существующих расчетов, используемые приемы, параметры, а также результаты исследований. Проведено сопоставление с методикой и последовательностью расчетов, предлагаемых в нормативных документах. Сформулированы выводы о развитии теории вычислений трещиностойкости и перспективах применения конструкции жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием.

Б.Г. ПЕЧЕНЬ, В.Л. КУРБАТОВ, Е.А. ДАНИЛЬЯН, В.Г. ПОТЕМКИН

Устройство для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов в покрытиях дорог 48

Дано описание лабораторных установок и устройств для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов, в частности применяемых для дорожных покрытий. Предложено устройство, в котором образцы для испытаний готовят в форме, в ней же производят испытания при охлаждении, определяют внутренние напряжения и температуру растрескивания. Материалы захватов и боковых пластин подбирают с условием, чтобы термическое расширение-сужение захватов полностью компенсировало расширение-сужение боковых пластин, что обеспечивает постоянство длины защемленного в захватах образца при его охлаждении-нагревании.

К.А. ДЬЯКОВ, Р.М. ЧЕРСКОВ, Е.В. ЗИНЧЕНКО, И.Г. ОВЧИННИКОВ

Влияние типов гидроизоляции и дорожной одежды мостовых сооружений на сопротивляемость деформациям сдвига 50

Рассмотрена проблема разработки современных конструкций дорожных одежд на мостах с железобетонной плитой проезжей части. Проанализирован ряд конструкций дорожных одежд и гидроизоляции и показано, какие конструкции обеспечивают необходимую сопротивляемость сдвиговым деформациям. Использование таких конструкций позволит повысить долговечность дорожных одежд на мостовых сооружениях.

Д.Е. БАРАБАШ, В.В. ВОЛКОВ, А.И. ЧЕРНИКОВ

Гидрофильные герметики для автомобильных дорог и аэродромов 55

Представлены результаты исследований по проектированию рецептур гидрофильных герметиков, обеспечивающих надежную защиту швов аэродромных и дорожных покрытий. Приведены данные по активации наполнителя-бентонита, свидетельствующие об улучшении эксплуатационных характеристик разрабатываемых герметиков. Показаны направления совершенствования качества герметизирующих материалов для автомобильных дорог и аэродромов.

А.В. ЧЕРНЯКОВ

Оценка долговечности грунтобетона в струйной технологии. 59

Показано, что для анализа и прогноза долговечности грунтобетона целесообразно применять модель, в которой грунтобетон рассматривается как мелкозернистый (песчаный) бетон, отличающийся наличием грунта в качестве заполнителя и высоким водосодержанием смеси. При этом низкую морозостойкость и коррозионную стойкость грунтобетона можно объяснить высокой открытой капиллярной пористостью, образованной как капиллярами агрегатов грунта и цементного камня, так и воздушными порами в агрегатах грунта в грунтобетоне. Предложено учитывать полученные прогнозные результаты при проектировании сооружений, устраиваемых струйной технологией, при разработке соответствующих технологических регламентов, а также оценивать морозостойкость грунтобетона на стадии пробного бетонирования.

В.В. СТРОКОВА, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, Т.В. ДМИТРИЕВА

Феноменологическая модель стабилизации глинистых грунтов низкомолекулярными органическими комплексами 64

Изложены вопросы, связанные с интерпретацией механизмов взаимодействия низкомолекулярных органических комплексов биологически активной смеси олигосахаридов (БАСО) со слоистыми алюмосиликатными минеральными компонентами глинистых грунтов. Предложенная феноменологическая модель может служить прогнозной основой эффективности применения БАСО при создании высокоэффективных стабилизированных грунтов с различным петроструктурным составом.

В.Н. СВЕЖИНСКИЙ

Полевые испытания разметочных материалов 67

Описаны сравнительные испытания материалов для дорожной разметки, проводившиеся в России и странах Западной Европы. Дано описание полевых испытаний красок, термопластиков и холодных пластиков, возобновленных с 2009 г. в новом формате в трех регионах Российской Федерации (Воронежская, Новосибирская и Ленинградская области) при поддержке Росавтодора.

С.П. АРЖАНУХИНА

Технологии производства и применения противогололедных материалов на основе безводного хлорида кальция 72

Рассмотрены технологические процессы, используемые на ООО «Зиракс», производства безводного хлорида кальция и противогололедных материалов на его основе. Подробно рассмотрена схема производства композитного компактированного противогололедного материала Айсмелт (хлористый кальций – натрий модифицированный).

Новые технологии

И.М. БАРАНОВ

Свойства и производство безобжиговой пенокерамики 74

Приведены результаты исследований по разработке состава и технологии производства безобжиговой пенокерамики плотностью 150–550 кг/м³ с высокими показателями физико-механических свойств, водостойкостью и температурой эксплуатации до 1200°C, получаемой из неорганических алюмосиликатных полимеров.

Новости 78

Н.В. БЫСТРОВ, канд. техн. наук, заместитель руководителя,
В.А. ПОПОВ, канд. техн. наук, начальник управления, РОСАВТОДОР (Москва)

Применение инноваций в дорожно-строительном материаловедении

В настоящее время Правительством РФ поставлено перед отраслью множество новых, сложных и комплексных задач, решение которых требует значительных преобразований в плане системных подходов к применению новых материалов и технологий. Другими словами, при значительном увеличении объемов работ необходимо создавать систему, при которой будет стимулироваться применение новых материалов и технологий с одновременным повышением качества этих материалов и выполняемых работ.

В своей деятельности специалисты видят несколько важных направлений работы, которые в итоге приведут к повышению качества автомобильных дорог за счет применения инновационных дорожно-строительных материалов. Эти направления:

1. Повышение объема научно-исследовательских работ, направленных на разработку принципиально новых материалов, и совершенствование существующих, а также разработка прорывных направлений исследований.
2. Создание полигонов и исследовательских центров для исследования новых конструкций и материалов.
3. Ускорение разработки нормативной базы для более широкого использования новых материалов и технологий в дорожном строительстве.
4. Распространение практики применения новых эффективных решений в области дорожно-строительных материалов, конструкций и технологий в подрядных и проектных организациях.
5. Развитие сотрудничества с органами РФ по стандартизации и организациями государственной экспертизы.
6. Улучшение лабораторной базы отрасли.
7. Взаимодействие с крупнейшими производителями материалов.
8. Совершенствование информационного обеспечения инновационного процесса и процесса внедрения новых материалов и технологий.

За последние три года объем финансирования научно-исследовательских работ был увеличен со 140 до 350 млн р., и в ближайшие годы этот рост будет сохраняться. Для повышения эффективности расходования средств, выделяемых на НИОКР в системе РОСАВТОДОРА была разработана и внедрена автоматизированная система мониторинга контроля и внедрения инноваций. В рамках этой системы любой желающий может подать заявку на разработку определенной тематики в рамках плана НИОКР. Данная заявка в установленном порядке будет рассмотрена сначала управлениями заказчиками РОСАВТОДОРА, а затем и научно-техническим советом Федерального дорожного агентства, а в случае одобрения попадет в план НИОКР.

В последние годы усилиями РОСАВТОДОРА проделана большая работа по исследованиям в тех областях науки и техники, которые ранее в России не получали должного развития. Среди таких направлений геосинтетические материалы, развитие методов испытания асфальтобетонов и органических вяжущих, моделирование реальных условий эксплуатации, интеллектуальные транспортные системы и многие другие.

В настоящее время в рамках работы по подпрограмме «Автомобильные дороги» федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2015 гг.)» руководством РОСАВТОДОРА ведется работа по созданию испытательных центров и полигонов для наблюдения за конструкциями дорожных одежд и материалами, применяемыми в их составе. В этом году в результате взаимодействия с государственной компанией «Автодор» было принято решение о строительстве двух полигонов – в Северо-Западном и в Центральном федеральных округах. В рамках работы полигонов планируется совершенствование расчетных методов про-

ектирования дорожных одежд различного типа, апробирование новых материалов для строительства покрытий и оснований автомобильных дорог.

В результате через некоторое время после запуска работы полигонов у дорожников появится серия новых, более эффективных решений в области дорожных одежд, а также в области материалов для строительства автомобильных дорог. В связи с этим возникает потребность в обеспечении новых разработанных материалов и технологий нормативно-технической документацией, а следовательно, и в ускорении разработки документов технического регулирования в области дорожного хозяйства. В этом направлении для ускорения внедрения инноваций в последние годы РОСАВТОДОРОм была разработана система рассмотрения и согласования стандартов с целью создания нормативно-технических документов, срок разработки и утверждения которых наименьший из всех документов технического регулирования в дорожном хозяйстве. Благодаря использованию такой формы документов технического регулирования инновации могут попадать на дороги уже в год обращения заявителя о согласовании этого стандарта. Кроме того, в рамках своей деятельности РОСАВТОДОР ведет непрерывную работу по созданию отраслевых методических документов и проектов национальных стандартов.

В последнее время были налажены рабочие контакты с органами по стандартизации РФ, благодаря чему увеличился объем работ по принятию национальных стандартов в области дорожного хозяйства. Одним из наиболее ярких примеров такого сотрудничества стало создание Росстандартом по предложению РОСАВТОДОРА отдельного технического комитета по интеллектуальным транспортным системам, что позволит ускорить работы по стандартизации в этой области и обеспечить взаимодействие со странами ЕС и США.

Не менее важным аспектом в развитии применения новых материалов является совершенствование методов их испытания и обновление лабораторной базы. Наибольшие успехи в последние годы достигнуты в области испытания битумов нефтяных дорожных вязких и асфальтобетонов. Так, еще в 2010 г. была издана серия отраслевых методик по испытанию битумов нефтяных дорожных вязких, гармонизированных с европейскими нормами с целью применения их в практике и набора статистических данных. В настоящее время с учетом опыта работы с отраслевыми документами РОСАВТОДОРОм разрабатывается серия проектов национальных стандартов на методы испытания битумов.

Кроме того, ведется работа по созданию производств, направленных исключительно на выпуск дорожного битума и материалов на его основе. В этом направлении руководством проводится работа с основными производителями битума и полимерно-битумного вяжущего по созданию таких производств как можно ближе к конечному потребителю. В их концепцию закладывается принцип, при котором на завод доставляют сырье из различных мест, а затем из него производят битум с заданным уровнем свойств.

Завершающий момент в формировании системы развития и применения инновационных материалов для дорожного строительства – создание информационной системы, содержащей все необходимое для заказчика, чтобы наблюдать за эффективностью применения конкретных материалов во времени и в привязке к конкретным объектам, ведь для технического и экономического эффекта и создается система внедрения новых материалов.

В целом усилия РОСАВТОДОРА по ускорению инновационного процесса направлены на увеличение межремонтных сроков и общего срока службы автомобильных дорог и искусственных сооружений для их эксплуатации.

В.И. КОЧНЕВ, инженер (eco46@mail.ru), Э.В. КОТЛЯРСКИЙ, канд. техн. наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Автоматизированная программа проектирования состава асфальтобетонных смесей с требуемыми структурно-механическими свойствами

Часть 1. Блок исходных данных

Асфальтобетон – искусственный строительный материал, полученный в результате уплотнения специально приготовленной и рационально подобранной смеси щебня, песка, минерального порошка, битума и других компонентов.

Строительно-технические свойства асфальтобетона первоначально определяются технологическими параметрами асфальтобетонной смеси, что предопределяет его дальнейшую способность надежно противостоять эксплуатационным воздействиям.

Выбор составляющих материалов и технические требования к ним обусловлены ролью компонентов в формировании структуры и свойств асфальтобетона и его назначением в дорожной конструкции.

Существуют автоматизированные программы, способные производить на ЭВМ проектирование составов асфальтобетонной смеси. Анализ показал, что они, как правило, имеют общую структуру, показанную на рис. 1.

Ниже рассмотрен первый блок программы автоматизированного проектирования состава асфальтобетонной смеси с требуемыми структурно-механическими свойствами (ASBET-6) – «Блок исходных данных».

На первом этапе необходимо задать требуемые параметры проектируемой асфальтобетонной смеси. Это вид, тип и марка смеси, назначение конструктивного

слоя дорожной одежды, тип гранулометрии (непрерывная либо прерывистая), наибольший размер крупного заполнителя и др. Эти данные можно вводить в память ЭВМ вручную или извлекать из электронных проектов в автоматизированном режиме.

С учетом этой информации предлагаемый алгоритм автоматически определяет предельные значения гранулометрии, например по ГОСТ 9128–2009, для проектируемых составов. С этой целью в зависимости от типа и вида смеси, рекомендованных стандартом, алгоритмам присвоено свое оригинальное значение. Алгоритм проектирования состава асфальтобетонной смеси анализирует всю совокупность исходных данных и из базы данных (ГОСТ) автоматически определяет необходимые массивы исходной информации для дальнейшего проектирования в автоматизированном режиме (рис. 2).

Для проектирования состава асфальтобетонной смеси в качестве исходной информации необходимо учитывать свойства входящих в нее компонентов. Они могут быть определены в дорожной лаборатории асфальтобетонного завода или на предварительном этапе можно воспользоваться данными сертификатов и паспортов поставщиков. К ним относятся песок, щебень, минеральный порошок, битум и другие компоненты. Данные могут попадать в расчетный блок двумя путями: либо



Рис. 1. Общая структура алгоритма автоматизированного проектирования состава асфальтобетонной смеси

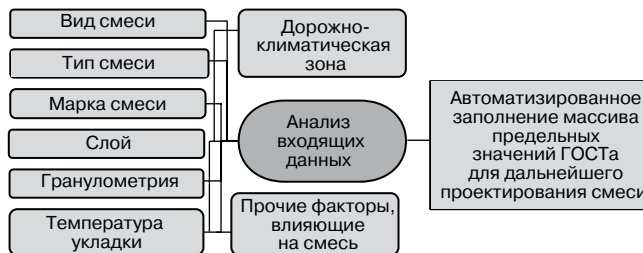


Рис. 2. Схема работы алгоритма по определению требуемых показателей ГОСТа



Рис. 3. Способ ввода данных в блок исходных данных

1.1. Щебень № 1

Месторождение	ОАО "Прионежский габбро-диабаз"						
Вид	габбро-диабаз						
Форма частиц	куб						

Зерновой состав

Остатки на ситах, мас. %	Размер частиц, мм							
	40	20	15	10	5	2,5	1,25	< 1,25
Частные	9,4	86,3	3,8	0,4	0,1	0	0	0
Полные	9,4	95,7	99,5	99,9	100	100	100	100

Дробимость в цилиндре, мас. %	7,71
Истинная плотность, г/см ³ :	2,64
Средняя плотность, г/см ³ :	1,43
Пустотность, об. % :	45,83
Коэффициент формы	8,4853

Рис. 4. Пример введенных исходных характеристик щебня

1.3. Песок

Месторождение	Вяземское карьероуправление						
Вид	речной						
Форма частиц	шар						

Зерновой состав

Остатки на ситах, мас. %	Размер частиц, мм							
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	< 0,16
Частные	0	4,9	9,1	10,2	27,6	34	12,2	2
Полные	0	4,9	14	24,2	51,8	85,8	98	100

Модуль крупности	2,49
Гравелистость, мас. %	1,54
Гр10	0
Гр5	4,9
Истинная плотность, г/см ³ :	2,51
Средняя плотность, г/см ³ :	1,43
Пустотность, об. % :	43,03
Содержание пыли и глины, мас. % :	1,1
Содержание органических примесей	отсутствует

Рис. 5. Пример введенных исходных характеристик песка

вручную из лабораторных журналов на бумажном носителе, либо в автоматизированном режиме при использовании электронных лабораторных журналов (рис. 3).

Выбор составляющих материалов и технические требования к ним обусловлены ролью компонентов в формировании структуры и свойств асфальтобетона и его назначением в дорожной конструкции.

Известно, что щебень в асфальтобетоне является макроструктурной составляющей, формирующей каркас.

В соответствии с нормативными требованиями содержание пылеватых и глинистых частиц в щебне не должно превышать 3 мас. %. Для каркасных смесей форма щебня должна приближаться к кубовидной. Содержание зерен пластинчатой (лещадной) формы в щебне (или гравии) не должно превышать для асфальтобетона типа А – 15%; типов Б и В_х – 25% и типов В и В_х – 35%. Шероховатая поверхность частиц щебня обуславливает повышение угла

внутреннего трения материала и способствует лучшему прилипанию органического вяжущего.

Программа автоматически формирует отчет, который при необходимости может быть выведен на бумажном носителе. Пример введенных исходных характеристик щебня представлен на рис. 4.

Песок заполняет пустоты между зернами крупного заполнителя, повышая плотность асфальтобетона. Для приготовления асфальтобетонных смесей рекомендовано применять как природные (кварцевые, полевшпатовые и др.), так и пески из отсевов дробления горных пород (высевки).

Стандартные требования допускают предельное содержание в песке пылеватых и глинистых частиц в количестве не более 1 мас. %. Автоматически сформированный и выведенный для печати на бумажном носителе отчет представлен на рис. 5.

Microsoft Excel - [ASBET6].xls

Анал Сур

110 Минеральный порошок

111 Месторождение: Полотнянозаводское карьероуправление

112 Завод-производитель: Полотнянский

113 Вид: неактивированный

114 Форма частиц: шар

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

Зерновой состав

Остаток на ситах, мас. %	Размер частиц, мм							< 0,071
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	
Частичные	0	0	0	0,8	7,6	9,2	10,3	72,1
Полные	0	0	0	0,8002	8,4002	17,6002	27,9	100,0002

Марка по дробности исходной породы, МПа: 100

Плотность, г/см³: 2,69

Содержание частиц мельче 1,25 мм, мас. %: 100

Содержание частиц мельче 0,071 мм, мас. %: 72,1

Битумность: 61

Рис. 6. Пример введенных исходных характеристик минерального порошка

Microsoft Excel - [ASBET6].xls

Анал Сур

130

131 1.5. Битум

132 Завод-производитель: Рязанский НПЗ

133 Марка: БНД 60/90

134

135

136

137

138

139

140

Пенетрация при 25°С, 0,1 мм: 73

То же при 0°С, 0,1 мм: 21

Температура размягчения, °С: 48

Температура хрупкости, °С: -16

Растяжимость, см: 57

Сцепление: выдержка

Рис. 7. Пример введенных исходных характеристик используемого битума

№	Входные параметры	Выходные параметры	Формула
1	Отношение песок/минеральный порошок	Пористость смеси, %	$y = 1,0357x^2 - 7,5357x + 37,5$, x – доля песка, %
2	Отношение щебень/песок	Прочность при сдвиге, МПа	$y = -0,0141x^2 + 0,157x + 0,231$, x – доля песка, %
3	Доля битума	Прочность при сжатии R ₂₀ , МПа	$y = -0,307x^2 + 1,9529x - 0,64$, x – доля битума, %
4	Доля битума	Прочность при сжатии R ₅₀ , МПа	$y = -0,1571x^2 + 0,9729x - 0,31$, x – доля битума, %
5	Температура при испытании, °С	Прочность при сжатии R ₅₀ , МПа	$y = 4,6667x^2 - 48,667x + 134$, x – температура, °С
6	Вязкость битума (глубина проникновения иглы при 0°С), мм	Прочность при сжатии R ₅₀ , МПа	$y = -5,5x + 38,667$, x – вязкость битума, мм, при 0°С
7	Доля щебня, %	Прочность при сжатии R _{сж} , МПа	$y = -0,2 + 2,2$, x – доля щебня, %
8	Отношение битум/минеральный порошок	Прочность при сжатии R ₀ , МПа	$y = -0,0105x^2 + 0,5382x - 0,5629$, при доле битума 22% $y = -0,0043x^2 + 0,3036x - 0,3314$, при доле битума 29% $y = -0,006x^2 + 0,3736x - 0,3689$, при доле битума 29%, x – доля Б



Рис. 8. Алгоритм работы программы автоматизированного проектирования состава асфальтобетона

Минеральный порошок представляет собой тонкодисперсный наполнитель, выполняющий сразу несколько функций.

В разные годы установлено, что прочность, плотность и теплоустойчивость асфальтобетона в значительной степени зависят от качества и количества наиболее тонкодисперсной составляющей минеральной части асфальтобетонной смеси – минерального порошка.

Минеральный порошок выполняет роль активного наполнителя, образующего в смеси с битумом асфальтовязущее вещество – тонкодисперсную систему, которая, обволакивая более крупные минеральные составляющие асфальтобетона, соединяет их в монолит.

Минеральный порошок выполняет в асфальтобетоне три функции:

- является тонкодисперсным наполнителем, заполняющим микропустоты между частицами щебня и песка, что повышает плотность минерального остова асфальтобетона;
- в силу развитой поверхности, составляющей более $200 \text{ м}^2/\text{кг}$ (или 90–99% от общей удельной поверхности минеральных частиц, входящих в состав асфальтобетона), порошок вместе с органическим вяжущим способствует формированию структурированной дисперсной системы. Высокая дисперсность порошка способствует образованию асфальтовязущего вещества, т. е. объединению с битумом, реализуя его повышенную адгезию к основным горным породам;
- тонкодисперсные минеральные частицы высокодисперсного минерального порошка взаимодействуют при высоких значениях технологической температуры по микропрослойкам с органическим вяжущим, повышают в зоне контакта его вязкость и переводят битум из объемного состояния в пленочное (структурированное), формируя микроструктуру асфальтобетона.

Сформированный автоматически и выведенный для печати на бумажный носитель отчет представлен на рис. 6.

Органические вяжущие материалы

Для приготовления асфальтобетонных смесей применяют битумы нефтяные дорожные вязкие и жидкие,

сланцевые и природные, а также полимерно-битумные вяжущие и модифицированные битумы.

Битум – органическое вяжущее вещество, состоящее из смеси углеводородов, их кислородных, водородных, сернистых и азотистых производных. Сырьем для производства дорожных нефтяных битумов служат нефти.

По способу получения нефтяные битумы подразделяют на природные, остаточные, окисленные, крекинговые и компаундированные. Требования к органическим вяжущим материалам регламентированы различными стандартами, например ГОСТ 22245–90, которые имеются в электронной базе данных нормативных требований.

Выведенный для печати на бумажном носителе отчет о свойствах вязкого дорожного битума марки БНД 60/90 представлен на рис. 7.

Неоднократно отмечалось в научно-технической литературе, что качественные характеристики всех компонентов оказывают существенное влияние на свойства готовой асфальтобетонной смеси. К сожалению, на данный момент не существует полной аналитической либо многофакторной статистической модели получения абсолютных количественных взаимосвязей свойств исходных компонентов со свойствами получаемого из них асфальтового бетона. Однако с определенной доверительной надежностью можно осуществить статистическое моделирование процесса проектирования асфальтобетона с требуемыми структурно-механическими свойствами.

Вместе с тем в ходе многочисленных исследований различными авторами за многие годы накоплены данные о влиянии свойств и состава асфальтобетонных смесей на свойства асфальтобетона. Использование возможностей современных ЭВМ позволяет систематизировать определенные формализованные знания. Возможности многофакторного корреляционного и регрессионного статистического анализа позволяют получить зависимость с требуемой доверительной надежностью, отражающие влияние показателей качества компонентов асфальтобетонной смеси на ее свойства. Например, в таблице показано влияние приращений показателей качества компонентов асфальтобетонной смеси на свойства асфальтобетона [1].

Первый блок автоматизированной программы для подбора состава асфальтобетонной смеси ASBET 6 – блок ис-

ходных данных, формирует начальную информацию о проектируемой смеси, используемую программой на последующих этапах проектирования, как показано на рис. 8.

Хочется отметить, что из-за обилия параметров, которые следует вводить вручную, блок исходных данных представляет собой наиболее уязвимую часть алгоритма с точки зрения человеческой ошибки. В связи с этим предусмотрены меры оповещения проектировщика об ошибке во вводимых показателях. Так, к примеру, при неверном указании значений предполагаемого состава в таблице предельных значений ГОСТа будет выведено сообщение об ошибке. Предполагается усовершенствовать алгоритм, реализовав возможность анализа зернового состава компонентов и прочих исходных данных с последующим выводом сообщения об ошибке в случае наличия существующей. Это позволит в еще большей степени автоматизировать процесс подбора состава асфальтобетона.

Ключевые слова: автоматизация, асфальтобетон, проектирование состава, исходные данные.

Список литературы

1. Воробьев В.А., Суворов Д.Н., Котлярский Э.В., Доценко А.И., Попов В.П. Компьютерное моделирование в автоматизации производства асфальтобетонной смеси. 2009.
2. Котлярский Э.В. Строительно-технические свойства дорожного асфальтового бетона. 2004.
3. Николаев А.Б., Котлярский Э.В., Кочнев В.И. Процесс проектирования состава асфальтобетонных смесей с заданными структурно-механическими свойствами с использованием автоматизированных систем 2011.

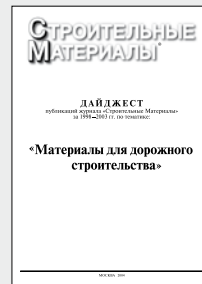
В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

вышел дайджест

«Материалы для дорожного строительства»

В дайджест вошли статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»® за 2004–2009 гг. – всего более 100 статей по тематическим разделам:

- нормативная и методическая база отрасли;
- материалы для дорожного строительства;
- ремонт дорог.



Для приобретения дайджеста следует направить заявку произвольной формы в издательство по факсу или электронной почте. **Не забудьте указать наименование организации, почтовый адрес доставки, ФИО получателя.**

Телефон/факс:
(499) 976-22-08, 976-20-36

E-mail: mail@rifsm.ru. rifsm@mail.ru

ПРОДАЖА КАРЬЕРА



Продается земля под карьер для добычи щебня, камня пластушки и бутового камня рядом с Федорцовским карьером.

Информация об участке:

Общая площадь: 92 га

Расположение: Ростовская область, Каменский район, 100 км от Ростова по трассе М4 (917 км М4), в районе г. Каменск-Шахтинска, поворот на Богдановку — 7 км от М4.

Дорога – асфальт. Ближайшая ж/д станция Репное – 15 км.

Есть возможность проведения электричества.

Имеется заключение департамента по недропользованию ЮФО о наличии в границах земельного участка полезных ископаемых в недрах, объеме утвержденных резервов и физико-механических свойствах.

Имеются исследования по физическим и механическим свойствам камня и химический анализ камня.

Форма собственности – частная. Есть свидетельство о праве собственности.

Участок разделен на 10 самостоятельных участков. Размеры участков от 1,5 га до 26 га.

Назначение земли – сельскохозяйственное. Возможна продажа по частям.

Оказываем помощь в переводе земли в промышленное назначение.

Подробности на сайте: www.stonerostov.ru

по телефонам: +7-906-425-75-80 – Александр; +7-928-226-57-61 – Сергей

Почта для доп. информации: SaleStoneRostov@gmail.com

А.В. РУДЕНСКИЙ, д-р техн. наук, ГУП НИИМосстрой;
 О.Н. НИКОНОВА, инженер, ЗАО «МДС-ГРУПП»;
 М.Г. КАЗИЕВ, инженер, ЗАО Холдинговая компания «Композит» (Москва)

Повышение долговечности асфальтобетонов введением активного комплексного модификатора

Повышение долговечности дорожных асфальтобетонных покрытий является одной из актуальных задач, решение которой обеспечивает значительный экономический эффект за счет сокращения затрат на проведение ремонтных работ в процессе эксплуатации и улучшения транспортно-эксплуатационного состояния дорожных покрытий в течение их срока службы.

Анализ требований, предъявляемых к асфальтобетону, позволяет сделать вывод, что основными показателями, определяющими долговечность покрытия, являются:

- наличие прочной адгезионной связи битума с поверхностью минеральных компонентов асфальтобетонной смеси;
- высокая трещиностойкость, определяемая прочностью при растяжении при пониженных значениях эксплуатационной температуры;
- высокая сдвигоустойчивость, обеспечиваемая значительной вязкостью или прочностью в условиях сдвига или сжатия при высокой эксплуатационной температуре;
- широкий интервал пластичности битумного вяжущего, обеспечивающий возможность одновременного проявления материалом высоких показателей трещиностойкости при низкой температуре и сдвигоустойчивости при высоких значениях эксплуатационной температуры.

Известны общие принципы достижения указанных показателей асфальтобетона – это введение адгезионных добавок или активаторов для обеспечения сцепления битума с минеральными компонентами смеси, добавок армирующих волокон для повышения трещиностойкости материала, добавок каучуков, резины или эластомеров для повышения интервала пластичности битумных вяжущих.

Однако обычно практикуемое введение в асфальтобетон одного из видов добавок не обеспечивает комплексного решения проблемы повышения долговечности дорожного покрытия. Исследования показали, что эффективно введение в асфальтобетонную смесь активного комплексного модификатора для одновременного улучшения всех требуемых показателей. Состав такого модификатора должен включать битумное или полимерное связующее, активаторы или ПАВ, структурирующие и/или пластифицирующие компоненты, а также добавки, способствующие расширению интервала пластичности битумного вяжущего.

Ранее проведенные исследования показали, что в целях повышения водостойкости асфальтобетона и предотвращения образования выбоин в процессе эксплуатации эффективным решением является добавление в качестве активаторов солей ряда металлов. Введение активаторов существенно улучшает адгезионные свойства битума даже при введении их в малых количествах (2–5% от массы битума), причем наилучшие результаты были получены при использовании солей металлов, относящихся к d-элементам таблицы Менделеева [1].

В качестве структурирующих компонентов, способствующих повышению как трещиностойкости, так и сдвигоустойчивости асфальтобетона, эффективно введение армирующих волокон. В табл. 1 показано влияние добавок полиакрилонитрильных волокон фибарм-П на физико-механические характеристики асфальтобетонов типа «Б».

Для сравнения, контрольный состав асфальтобетона (без добавок волокон) имел следующие характеристики: прочность при 50°C – 1,2 МПа; прочность при 20°C – 4,4 МПа; прочность при 0°C – 9,1 МПа; водонасыщение – 2,6%; трещиностойкость при 0°C – 3,9 МПа; пористость минерального остова – 16%.

Таблица 1

Показатели свойств	Содержание волокон, %		
	0,05	0,1	0,2
Плотность, г/см ³	2,4	2,4	2,41
Прочность при 50°C, МПа	1,4	1,6	3
Прочность при 20°C, МПа	6,2	6,3	6,8
Прочность при 0°C, МПа	15,2	16,8	17,1
Водонасыщение, %	2,8	2,9	3,2
Трещиностойкость при 0°C, МПа	4,1	4,3	4,5
Коэффициент внутреннего трения	0,9	0,9	0,92
Показатель сцепления при 50°C	0,22	0,23	0,25
Пористость минерального остова, %	17	17	18

Таблица 2

Показатели свойств вяжущих	Составы					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25°C	82	41	155	164	172	198
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 0°C	22	16	61	62	64	74
Температура размягчения, 0°C	48	60	43	46	50	44
Температура хрупкости, 0°C	-16	-12	-23	-27	-28	-31
Растяжимость при 0°C, см	3,7	2,5	7,5	8	8	9,5
Температура размягчения после 3 ч прогрева при температуре, °C	50	77	47	51	60	49
Температура размягчения после 5 ч прогрева при температуре, °C	52	83	49	54	66	52
Индекс пенетрации	-0,4	+0,6	+0,1	+1,4	+2,8	+1,6
Интервал пластичности, °C	64	72	66	71	78	75

В качестве компонента, обеспечивающего расширение интервала пластичности битумного вяжущего, эффективным решением является использование в составе активного комплексного модификатора добавки резиновой крошки. Ранее проведенные исследования показали, что эффективность использования резиновой крошки в качестве модификатора существенно зависит от способа введения ее в состав асфальтобетонной смеси [2]. Обязательным условием эффективности использования резинобитумного вяжущего является его однородность, т. е. отсутствие расслоения при технологических операциях и хранении. В частности, введение добавки серы совместно с резиновой крошкой способствует как пластификации получаемого вяжущего, так и лучшей совместимости резины с битумом. В целях обеспечения однородности получаемого резинобитумного вяжущего важным элементом технологии является предварительная обработка резиновой крошки специальным активирующим реагентом.

Учитывая, что при нагреве битумов вязких марок, содержащих добавку серы, до высоких значений технологической температуры (150–160°C) происходит эмиссия летучих серосодержащих соединений, важной задачей является снижение температуры приготовления композиционных битумных вяжущих, включающих добавки резины и серы. С этой целью были проведены испытания составов комплексных битумных вяжущих на основе маловязкого нефтяного остаточного битума (марки МГО 70/130) с добавками резиновой крошки и серы. Температура нагрева такого вяжущего была принята 120°C. При этой температуре не происходит выделения летучих серосодержащих соединений, причем по своим реологическим характеристикам получаемое вяжущее аналогично нефтяным битумам вязких дорожных марок и при этом обладает более широким интервалом пластичности (табл. 2). В табл. 2 приведены характеристики битумных вяжущих. Состав № 1 представляет собой битум БНД 60/90; состав № 2 – битум БНД 60/90 с добавлением 10% резиновой крошки и 1% активатора; состав № 3 – битум МГО 70/130 с добавлением 10% резиновой крошки и 1% активатора; состав № 4 – битум МГО 70/130 с добавлением 10% резиновой крошки и 1,5% активатора; состав № 5 – битум МГО 70/130 с добавлением 15% резиновой крошки и 1,5% активатора и состав № 6 – битум МГО 70/130 с добавкой 10% резиновой крошки, 1% активатора и 30% серы. Исходный битум МГО 70/130 имел температуру размягчения 19°C и условную вязкость 105 с при 60°C.

Как видно из табл. 2, введение в битум добавок резиновой крошки в сочетании с активаторами позволяет

существенно влиять на характеристики получаемых битумных вяжущих.

Введение в состав асфальтобетонной смеси активного комплексного модификатора, включающего резиновую крошку, активаторы, структурирующие наполнители, в том числе армирующие волокна, и связующее, позволяет получить асфальтобетоны, обладающие высокой эксплуатационной долговечностью, устойчивые к образованию трещин, выбоин и к пластическим деформациям. Получаемый активный комплексный модификатор представляет собой концентрат асфальтового вяжущего, который в значительной степени формирует физико-механические свойства асфальтобетона. Эффективность действия комплексного модификатора определяется как составом его компонентов, так и технологическими особенностями процесса его приготовления – температурным режимом, порядком и условиями перемешивания компонентов, их совместимостью.

Выводы

1. Для обеспечения долговечности дорожных асфальтобетонных покрытий необходимо повышение устойчивости асфальтобетона к основным видам повреждений, возникающих в процессе эксплуатации, – образованию выбоин, трещин и пластических деформаций, в том числе колеи.
2. Одновременное повышение устойчивости асфальтобетона по критериям водостойкости, трещиностойкости и сдвигоустойчивости может быть достигнуто с использованием активного комплексного модификатора, включающего добавки полимеров или резиновой крошки, активаторы и структурирующие наполнители, в том числе армирующие волокна.

Ключевые слова: асфальтобетон, активаторы, резиновая крошка, структурирующие волокна, водостойкость, трещиностойкость, сдвигоустойчивость.

Список литературы

1. Никонова О.Н., Дука О.А., Руденский А.В. Повышение водостойкости асфальтобетонов введением порошкообразных активаторов // Строительные материалы. 2009. № 5. С. 21–23.
2. Руденский А.В., Никонова О.Н. Резинобитумные вяжущие. Различные варианты технологии приготовления // Труды РОСДОРНИИ. 2008. Вып. 19/1. С. 224–237.

М.Н. АЛЕХИНА, инженер, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»; Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, канд. техн. наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Н.В. МОТИН, канд. техн. наук, И.Ю. САРЫЧЕВ, ЗАО «Союз-Лес» (Москва)

Сероасфальтобетонные смеси

Сероасфальтобетонные смеси следует рассматривать в качестве разновидности асфальтобетонных, в которых битумное вяжущее частично заменено на серу, в том числе модифицированную.

Применение серы в качестве добавки в асфальтобетонные смеси позволяет уменьшить расход битума (как правило, содержание серного компонента составляет 25–30 мас. %), снизить температуру приготовления асфальтобетонных смесей, повысить долговечность дорожных покрытий.

Сероасфальтобетонные смеси могут подразделяться на уплотняемые (аналог асфальтобетонных смесей по ГОСТ 9128–2009), щебеночно-мастичные (аналог смесей по ГОСТ 31015–2002) и литые.

Техническая сера при обычных условиях находится в твердом состоянии. Она отличается малой теплопроводностью, растворима в сероуглероде, нефти, бензине и многих других органических растворителях. В воде и кислотах сера практически не растворяется.

При 120°C сера плавится и превращается в легкоподвижную жидкость желтого цвета с малой вязкостью (0,017 Па·с), что обеспечивает высокую удобоукладываемость (текучесть) сероасфальтобетонных смесей.

При температуре ниже температуры кристаллизации серы в сероасфальтобетонной смеси формируется достаточно жесткий каркас, что обуславливает формирование конгломератной структуры сероасфальтобетона.

Оптимальный температурный режим уплотнения традиционных асфальтобетонных смесей лежит в интервале 80–120°C (рис. 1).

В связи с тем, что 119°C является критической температурой начала кристаллизации серы (рис. 2), эффективное уплотнение асфальтобетонных смесей с добавлением серы фактически не может быть реализовано по общепринятой схеме (рис. 1).

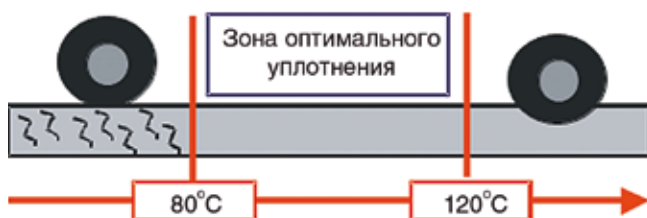


Рис. 1. Оптимальный температурный режим уплотнения традиционных асфальтобетонных смесей

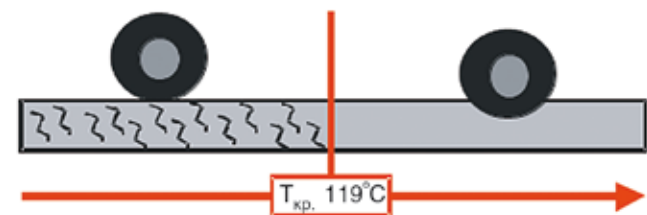


Рис. 2. Формирование литых асфальтобетонных смесей с добавлением серы

Именно этим и можно объяснить, как правило, имеющее место недоуплотнение сероасфальтобетонных смесей в связи с отсутствием температурного интервала, обеспечивающего эффективное уплотнение. В то же время схема, приведенная на рис. 1, в полном объеме соответствует условиям работы с литыми асфальтобетонными смесями, когда необходимы их технологическая текучесть в процессе производства работ по укладке смеси и формирование структуры материала после укладки смеси.

Реализация последнего способствует тому, что в процессе укладки литой сероасфальтобетонной смеси не наблюдается сегрегация, свойственная традиционным литым асфальтобетонам. Это обеспечивает высокие сцепные свойства материала без каких-либо дополнительных мероприятий по присыпке щебнем для придания покрытию из литой асфальтобетонной смеси необходимых сцепных свойств (рис. 3).

Проведенные промышленные испытания литых сероасфальтобетонных смесей подтвердили возможность обеспечения коэффициента сцепления на таких покрытиях 0,45–0,55 без каких-либо дополнительных мероприятий.

Сравнительная характеристика литых сероасфальтобетонных смесей и традиционных литых асфальтобетонов в табл. 1.

Как следует из данных, приведенных в табл. 1, при производстве литых сероасфальтобетонных смесей не требуются битумы повышенной вязкости, а температура приготовления и укладки смеси существенно ниже, чем в случае традиционных литых асфальтобетонов. Кроме того, за счет снижения температурных параметров, отсутствия технологической операции по присыпке щебнем, а также за счет существенного различия в стоимости серы и битума может быть получен значительный экономический эффект.

Промышленное производство литых сероасфальтобетонных смесей было организовано на асфальтобетонном заводе ЗАО «Союз-Лес» в 2002 г. при осуществлении работ по капитальному ремонту Крылатского моста (Москва) (рис. 4).

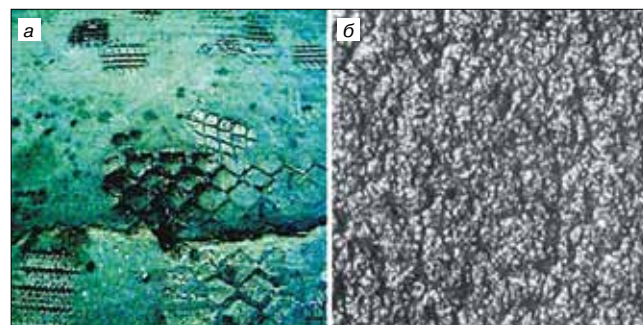


Рис. 3. Структура литого асфальтобетона (а) и литого сероасфальтобетона (б)

Таблица 1

Наименование	Литая асфальтобетонная смесь по ТУ	Литая сероасфальтобетонная смесь по ТУ [1]
Состав применяемого вяжущего	Битум – 100 %	Битум – 70–75 %
Сера 25–30 %		
Применяемый битум	БНД 40/60, БНД 60/90	БНД 60/90, БНД 90/130
Количество вяжущего, мас. %	10–11	10–11
Температура приготовления смеси	200–230	140–150
Температура укладки смеси	200–230	140–150
Эксплуатационные свойства	Пластические деформации	Высокие термо- и сдвигоустойчивость
Коэффициент сцепления покрытия	Существенно ниже требуемого 0,3	0,45–0,55
Экологическая безопасность	Условно безопасен	Условно безопасен до 160 °С

Таблица 2

Наименование	Щебеночно-мастичная смесь по ГОСТ 31015-2002	Щебеночно-мастичная смесь, модифицированная серой
Состав применяемого вяжущего	Битум – 100 %	Битум – 70–75 % Сера 25–30 %
Применяемый битум	БНД 60/90	БНД 60/90
Температура приготовления смеси	170	150
Температура укладки смеси	170	140–150
Стабилизирующая добавка	«Виатоп 66» или аналог	не требуется



Рис. 4. Покрытие из литой сероасфальтобетонной смеси на Крылатском мосту после трех лет эксплуатации



Рис. 5. Опытный участок на 51-м км МКАД с покрытием из щебеночно-мастичной сероасфальтобетонной смеси с модифицированной серой

позволила обеспечить условия для получения сероасфальтобетонных смесей, которые могут быть должным образом уплотнены и придадут необходимые физико-механические показатели сероасфальтобетону (табл. 2). Так, с применением модифицированной серы в 2010 г. в Москве были построены опытные участки на 51-м км МКАД (внешняя сторона) (рис. 5), на 89-м км МКАД (внешняя сторона), покрытие в Таганском тоннеле [2, 3]. Эксплуатация в течение года в условиях интенсивного дорожного движения доказала высокую стойкость полученного материала к колееобразованию и износу. За год колея на опытных участках не превысила 5 мм, что ниже, чем на участках с традиционным асфальтобетоном.

Ключевые слова: сероасфальтобетонные смеси, уплотнение, литой сероасфальтобетон, сера, температура кристаллизации.

Список литературы

1. Смесей сероасфальтобетонные литые и литой сероасфальтобетон. ТУ 5718-001-53737504-03. Департамент жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства Москвы. Введены в действие с 01.11.2003. Москва, 2003. 10 с.
2. Васильев Ю.Э. Литой асфальтобетон для конструкций дорожной одежды мостового полотна // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 49–51.
3. Васильев Ю.Э. Применение распределителей литых асфальтобетонных смесей // Научн. вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 4 (20). С. 88–92.

Позже литые сероасфальтобетонные смеси были применены при устройстве покрытия на улице Бауманской, при устройстве полотна на мосту через р. Клязьма на Международном шоссе, а также на ряде других объектов.

Как было указано выше, уложить уплотняемую асфальтобетонную смесь при использовании серы, обеспечив при этом требуемый в соответствии со СНиП 3.06.03–85 коэффициент уплотнения, не представляется возможным, что и объясняет многочисленные неудачные попытки по строительству дорожных покрытий из уплотняемых сероасфальтобетонных смесей.

Разработанная совместно ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и МАДИ технология модификации серы

Р.М. ЧЕРСКОВ, канд. техн. наук, заместитель начальника отдела лабораторного контроля и сопровождения строительства, К.А. ДЬЯКОВ, канд. техн. наук, заместитель начальника испытательной лаборатории, ОАО «Тоннельный отряд № 44»; Е.В. ЗИНЧЕНКО, инженер, Федеральное государственное учреждение дирекция строительства дорог «Черноморье» (г. Сочи, Краснодарский край)

Технология получения высокопрочных резинированных асфальтобетонов

Конструкция дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на основаниях из цементобетона характеризуется высокой несущей способностью и комфортабельными условиями движения, обусловленными сочетанием преимуществ конструкций жесткого и нежесткого типов. Поэтому, получившая широкое распространение с 50-х гг. прошлого века, она применяется практически во всех развитых странах для дорог высших технических категорий.

При имеющихся преимуществах устройство жесткого слоя в основании за счет повышения распределяющей способности позволяет избавиться от проблемы накопления остаточных деформаций в несвязных слоях дорожной одежды и грунте земляного полотна. Основным недостатком таких конструкций является практически неизбежное образование отраженных трещин на покрытии. В связи с этим возникает необходимость в дополнительных мероприятиях по обеспечению трещиностойкости асфальтобетона, основными из которых являются:

- армирование асфальтобетона (георешетками, металлической сеткой и т. д.);
- увеличение толщины пакета асфальтобетонных слоев;
- повышение деформативности асфальтобетона;
- устройство различного рода прокладок над швами бетонного основания.

Повышение деформативности асфальтобетона имеет ряд преимуществ, среди которых можно отметить:

1. Возможность сокращения толщины пакета асфальтобетонных слоев. Поскольку цементобетонный слой достаточной толщины обеспечивает высокую и мало зависящую от влажности грунта земляного полотна несущую способность дорожной конструкции, необходимость устройства толстого пакета асфальтобетонных слоев оправдана только с точки зрения борьбы с отраженными трещинами.

2. Уменьшение времени строительства за счет устройства более тонких слоев.

3. Сокращение абсолютной величины пластических деформаций, накапливаемых в слоях асфальтобетона, связанное со снижением толщины асфальтобетонного пакета.

Необходимо обратить особое внимание на опыт США, где во многих штатах основным направлением борьбы с образованием отраженных трещин стало повышение деформативности асфальтобетона за счет введения дробленой резины. В результате проведения лабораторных экспериментов и обследования опытных участков установлены следующие преимущества использования резинированных асфальтобетонов:

1. Повышенная устойчивость к колеобразованию, что связано с более высокой вязкостью резинобитумного вяжущего и использованием прерывистой гранулометрии с высоким содержанием щебня.

2. Повышенная стойкость к образованию температурных, отраженных и усталостных трещин, что связано с более толстыми пленками вяжущего.

3. Повышенные фрикционные свойства поверхности.

4. Снижение шума, что особенно важно в городских условиях или в случае, если вблизи дороги находится жилая застройка.

5. Придание покрытию демпфирующих свойств, которые проявляются в поглощении асфальтобетонным слоем динамических воздействий, пагубно влияющих на нижележащие слои.

6. Сбережение энергетических и природных ресурсов за счет использования резины из изношенных автомобильных шин, накопление которых представляет серьезную экологическую угрозу.

В результате сравнения сухого, когда добавка вводится непосредственно в асфальтосмеситель, и мокрого, когда добавка подается в битум, способов введения дробленой резины предпочтение отдано мокрому способу как более надежному и дающему стабильный положительный эффект. Но в то же время отмечается и ряд недостатков, основными из которых являются:

1. Высокая стоимость, обусловленная необходимостью приобретения дорогостоящего оборудования, сложностью технологии производства резинобитумного вяжущего и большими энергозатратами.

2. Поскольку резинобитумное вяжущее имеет повышенную вязкость при высоких значениях температуры, достаточного уплотнения асфальтобетонного слоя возможно достичь только при строгом соблюдении температурных режимов для каждой технологической операции.

3. Необходимость четкой увязки производства резинобитумного вяжущего и асфальтобетонной смеси для поддержания выпуска смеси заданного уровня.

Что касается вредных выделений при производстве и укладке резинированных асфальтобетонных смесей, то проведенные в США исследования показали, что количество и состав выделений (газообразных веществ и микрочастиц) остаются практически такими же, как у традиционных асфальтобетонных смесей.

Исследовательские и опытно-производственные работы по применению в асфальтобетоне резины, в основном полученной в результате переработки изношенных шин, проводили и в нашей стране (А.И. Лысихина, Г.К. Сюньи, А.В. Руденский и др.).

В результате проведенных исследований было отмечено, что при перемешивании битума с резиной в течение 2–3 ч при 160–180°C резина претерпевает существенные изменения свойств, сопровождающиеся потерей эластичности.

Исследования Б.М. Слепой [1], основанные на введении резинового порошка (частицы менее 1 мм) в количестве 2–3% непосредственно в минеральный материал до его объединения с битумом, показали, что в этом случае

резина не подвергается деструкции и в наибольшей степени сохраняет эластические свойства. Вводимый таким образом резиновый порошок создает в асфальтобетоне развитую систему центров эластичности, способствующую существенному улучшению его структурно-механических свойств. Также было установлено, что резиновый порошок оказывает на битум более выраженное в сравнении с обычно применяемым известняковым минеральным порошком структурирующее действие, которое отражается в упрочнении асфальтобетона, особенно при высокой эксплуатационной температуре. Но наиболее характерным свойством резинированных асфальтобетонов является их повышенная эластичность в широком интервале температуры, которая обеспечивает асфальтобетону высокую деформативность при низких значениях эксплуатационной температуры.

Сделанные выводы также подтверждаются акустическими исследованиями, которые показали повышенные характеристики усталостной долговечности, демпфирующей способности (что особенно важно там, где возникают значительные динамические воздействия, — для дорожных покрытий на мостах, в трамвайных путях и т. д.) и шумопоглощающих свойств резинированных асфальтобетонов.

Применение резинового порошка в силу особенностей его взаимодействия с битумом позволяет изменить поровую структуру, а также коррозионные свойства асфальтобетонов (на порядок понижается коэффициент фильтрации и на 20–30% увеличивается коэффициент морозостойкости).

Исследования, проведенные в нашей стране, еще раз показали целесообразность применения резинированных асфальтобетонов. Построенные в различных климатических районах страны участки дорожных покрытий с применением резинового порошка имели высокие эксплуатационные показатели.

На основе проведенных исследовательских и опытных работ Союздорнии разработаны «Методические рекомендации по строительству асфальтобетонных покрытий с применением дробленой резины» [2] и «Методические рекомендации по применению асфальтобетонных смесей с полимерными отходами промышленности» [3], а также включен пункт в «Пособие по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов (к СНиП 3.06.03–85 и СНиП 3.06.06–88)». Однако опыт строительства и обследование участков, устроенных с применением резинированных асфальтобетонных смесей, выявили и ряд негативных моментов, которые послужили отказом в США от сухого способа и затормозили применение таких смесей в нашей стране. Было замечено, что ничем не связанная резиновая крошка выкрашивалась из покрытий, а из-за использования традиционных плотных смесей с непрерывным гранулометрическим составом возникали случаи разуплотнения асфальтобетона, поскольку сжатые при уплотнении резиновые частицы создавали внутреннее давление после снятия уплотняющей нагрузки.

В конце 90-х гг. прошлого века уже в России вновь возобновляется интерес к применению дробленой резины в асфальтобетонах. Появляются готовые резинобитумные вяжущие с различной концентрацией резины «БИТРЭК» и «БРИТ», в которых резиновые частицы стабилизированы в битуме различными химическими реагентами. Но если в США более дорогой и проблематичный мокрый способ получения резинированных асфальтобетонов оправдал себя за счет продления срока службы дорожных покрытий, то для российских дорожников начальная стоимость и максимальное использование имеющегося оборудования являются определяющими факторами при выборе материалов и использова-

ние готового резинобитумного вяжущего на данный момент весьма проблематично. Поэтому в последнее время стало все больше появляться исследований, направленных на совершенствование сухого процесса введения дробленой резины в асфальтобетонные смеси за счет повышения дисперсности резины и обработки ее поверхности химическими веществами — активаторами девулканизации. Результатом этих исследований стала разработка модифицирующих добавок УНИРЭМ и КМА, представляющих собой высокодисперсный резиновый порошок с развитой поверхностью, обработанной химическими реагентами, которые вводятся непосредственно в асфальтосмеситель. Однако при простоте технологии введения этих добавок они не решают основную проблему высокой стоимости резинированного асфальтобетона.

Таким образом, на данном этапе развития дорожной отрасли в России для успешного развития технологии резинированных асфальтобетонов помимо обеспечения повышенных качественных характеристик необходимо значительное снижение их стоимости.

Анализ результатов зарубежных и отечественных исследований позволил выделить ряд условий для обеспечения высокого качества таких асфальтобетонных смесей:

1. Соблюдение температурно-временных режимов взаимодействия битума с резиной: время реагирования дробленой резины (размер частиц до 0,63 мм) с битумом при 170–200°C не менее 45 мин и не более 3 ч.

2. Использование прерывистой гранулометрии, позволяющей обеспечить размещение толстых пленок резинобитумного вяжущего в межзерновом пространстве минерального скелета. В результате многочисленных исследований и наблюдения за опытными участками было установлено, что применение резинированных асфальтобетонных смесей с непрерывным гранулометрическим составом, характерным в нашей стране для традиционных плотных смесей по ГОСТ 9128, неэффективно из-за слишком мелких пор, не способных размещать набухшие резиновые частички, которые будучи сжаты при уплотнении после снятия нагрузки, вызывают разуплотнение материала. Наиболее эффективно применение резиновой крошки в смесях каркасной структуры с прерывистым гранулометрическим составом (щебеночно-мастичные, вибролитые асфальтобетонные смеси). Толстые пленки резинобитумного вяжущего с набухшими резиновыми частицами свободно размещаются в межкаркасных пустотах высокощебенчатых смесей при их уплотнении.

3. Использование различных полимерных добавок (каучуков или термопластичных полимеров), стабилизирующих частицы резины в битуме.

4. Размер дробленой резины должен быть менее 0,63 мм. Основываясь на этих принципах, в результате проведения многочисленных экспериментов авторами статьи были разработаны резинированные щебеночно-мастичные и вибролитые асфальтобетонные смеси, получаемые сухим способом. Особенность этих смесей в структуре и свойствах связующего вещества.

Как известно, минеральный порошок является важнейшим структурирующим компонентом асфальтобетона, на долю которого приходится до 90–95% суммарной поверхности минеральных зерен, входящих в состав асфальтобетона. Основное назначение минерального порошка как наполнителя битума состоит в том, чтобы переводить объемный битум в пленочное состояние, тем самым повышая его вязкость и прочность. Вместе с битумом минеральный порошок образует структурированную дисперсную систему, которая и выполняет роль вяжущего материала в асфальтобетоне [4]. Основываясь на этом, П.В. Сахаров предлагал проектировать асфальтобетон по предварительно подобранному составу

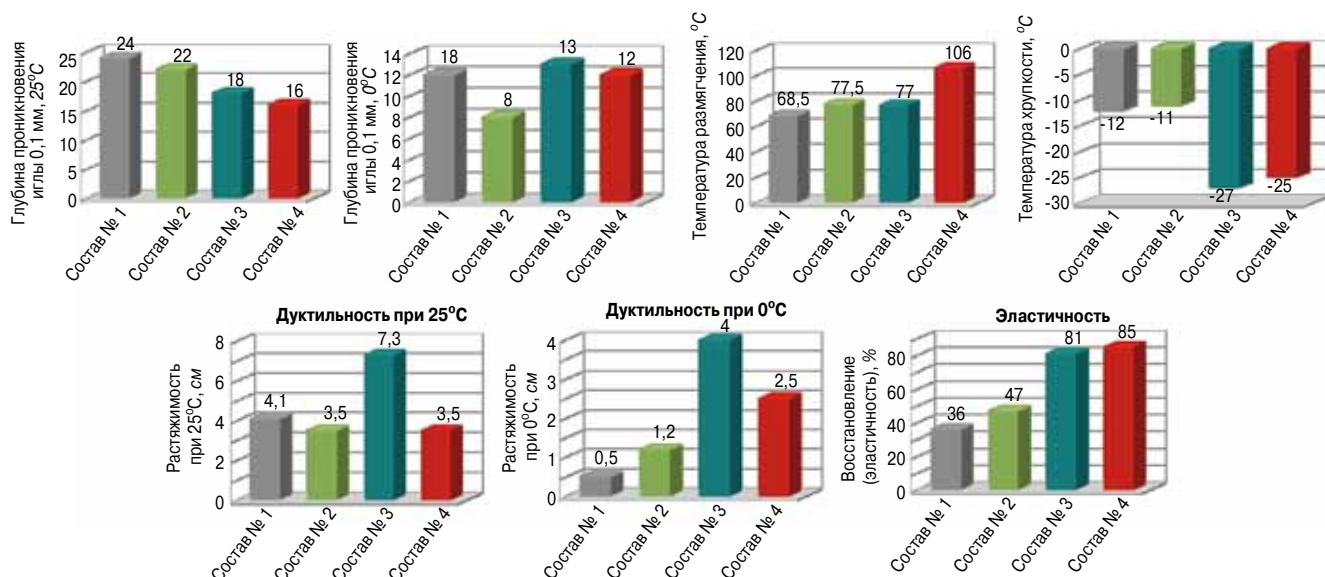


Рис. 1. Физико-механические свойства различных вяжущих веществ

асфальтового вяжущего вещества. Количественное соотношение битума и минерального порошка в асфальтовом вяжущем подбирали экспериментально в зависимости от показателя пластической деформации (методом водоупорности) и от предела прочности при растяжении образцов-восьмерок. Учитывали также и термоустойчивость асфальтового вяжущего вещества сопоставлением показателей прочности при 30, 15 и 0°C. На основании экспериментальных данных было рекомендовано придерживаться величин отношения битума к минеральному порошку по массе (Б/МП) в пределах 0,5–0,2. Но если при таких соотношениях составы обычных асфальтобетонных смесей характеризовались повышенным содержанием минерального порошка, то для щебеночно-мастичных и вибролитых смесей такие соотношения являются оптимальными и подход П.В. Сахарова может быть весьма эффективным при проектировании этих асфальтобетонных смесей.

Учитывая тот факт, что дробленая резина в сравнении с известняковым минеральным порошком оказывает на битум более выраженное структурирующее действие, авторы статьи пошли по пути замены асфальтового вяжущего вещества на полимерно-резинобитумное, в котором набухшая резиновая крошка создает центры эластичности, связанные прочным полимерно-битумным вяжущим. Предполагалось, что термопластичный полимер позволит значительно увеличить теплостойкость вяжущего, а резиновая крошка, набухшая в битумных маслах, повысит его деформативность при низких значениях температуры и/или высоких скоростях деформирования.

В качестве дробленой резины использовали резиновую крошку с размером частиц до 0,63 мм, получаемую путем дробления изношенных шин, а в качестве полимерной добавки по результатам исследований был выбран полиолефиновый модификатор из вторичного сырья. Исследованию влияния этого класса полимеров на свойства битума и асфальтобетона, а также технологии их совмещения с битумом посвящен ряд работ [5, 6], в которых обосновывается возможность их применения в качестве модификатора битумов и отмечается положительное влияние на сдвигустойчивость асфальтобетона.

Для обоснования эффективности замены в асфальтобетонных смесях асфальтового вяжущего на полимерно-резинобитумное вяжущее были приготовлены следующие составы:

№ 1. Асфальтовое вяжущее (33,3% битума и 66,7% минерального порошка), характерное для традиционных щебеночно-мастичных и вибролитых асфальтобетонов.

№ 2. Асфальтовое вяжущее на основе полимерно-битумного вяжущего (ПБВ), состоящего из 3% SBS и 97% битума (33,3% ПБВ и 66,7% минерального порошка).

№ 3. Резинобитумное вяжущее (15% дробленой резины и 85% битума), характерное для смесей, применяемых в США.

№ 4. Полимерно-резинобитумное вяжущее (5% полиэтилена, 15% дробленой резины и 80% битума), характерное для разработанных смесей.

При этом использовали следующие материалы: битум БНД 60/90, активированный минеральный порошок, дробленую резину с размером частиц до 0,63 мм, гранулированный вторичный линейный полиэтилен высокого давления, стирол-бутадиен-стирольный термоэластопласт SBS в виде порошка фирмы «Кратон».

В дальнейшем эти составы подвергали стандартным испытаниям для дорожных битумов. Определение температуры размягчения для полимерно-резинобитумного вяжущего проводили в растворе поваренной соли, имеющем повышенную температуру кипения.

Результаты проведенных испытаний (рис. 1) показали, что резинобитумное вяжущее, не уступая по высокотемпературным свойствам, значительно превосходит асфальтовые вяжущие, даже приготовленные с использованием полимерно-битумного вяжущего на основе SBS, по низкотемпературным свойствам и способности к эластичным деформациям: более чем в 2 раза снижается температура хрупкости; в 3,3 раза повышается дуктильность при 0°C; в 1,7 раза увеличивается эластичность. Дополнительное введение в резинобитумное вяжущее полиолефинового модификатора из вторичного сырья позволяет значительно повысить его высокотемпературные свойства без существенного снижения низкотемпературных свойств: по сравнению с асфальтовым вяжущим на основе ПБВ полимерно-резинобитумное вяжущее имеет в 1,36 раза большую температуру размягчения, но при этом температура хрупкости ниже в 2,25 раза, дуктильность при 0°C больше в 2,08 раза, а эластичность выше в 1,8 раза. Анализ полученных данных позволил сделать вывод, что с помощью введения различного количества полиолефинового модификатора возможно регулировать высокотемпературные свойства материала в зависимости от климатических условий района строительства.

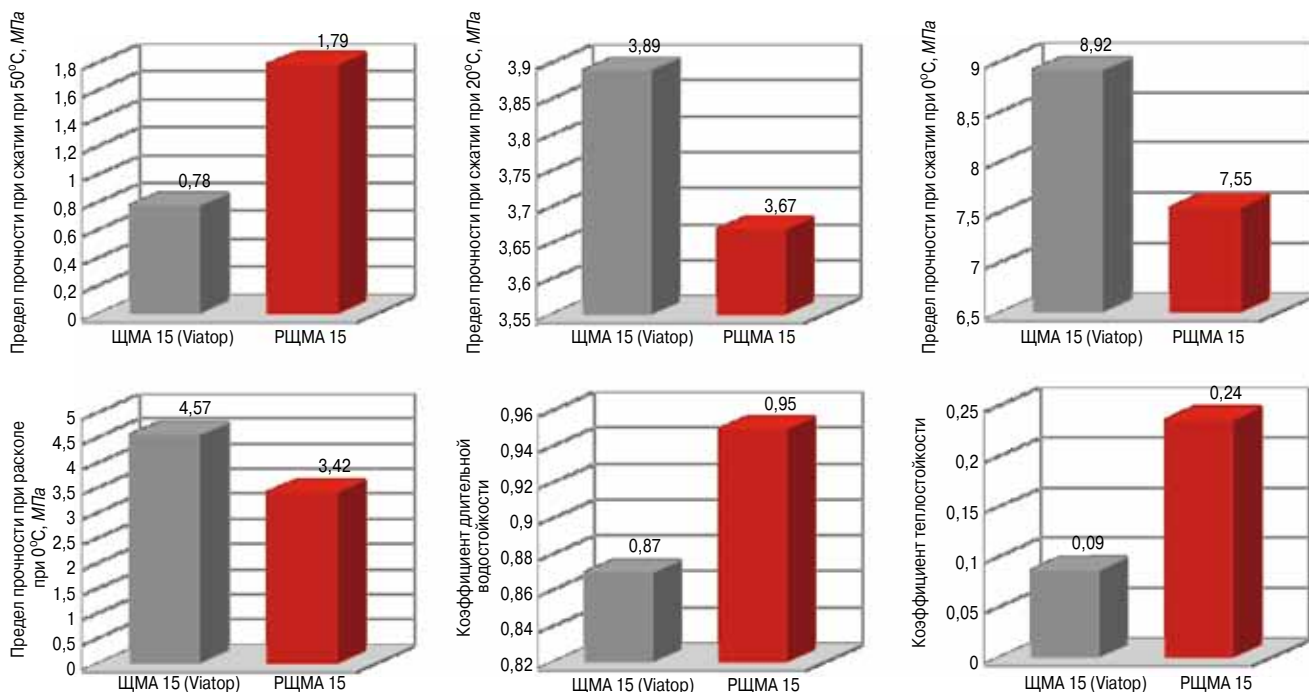


Рис. 2. Физико-механические свойства щебеночно-мастичных асфальтобетонов

Преимущества полимерно-резинобитумного вяжущего вытекают из особенностей его структуры. Известняковый минеральный порошок в связи с его пористой структурой обладает высокой абсорбционной способностью, что выражается в избирательном поглощении наиболее легких составляющих битума, масел и сходных с ними по структуре смол. Таким образом, битум в асфальтобетонной смеси становится более жестким и подверженным низкотемпературному трещинообразованию. Полимерно-резиновая составляющая в отличие от минерального порошка иначе действует на свойства битума. Хотя мальтоновые составляющие также частично поглощаются полимерными компонентами, при этом происходит пластификация последних, и повышение жесткости битума сопровождается улучшением деформативности эластичных центров, образуемых резиновыми частицами и полимерными глобулами.

Таким образом, исследования вяжущих подтвердили теоретические предпосылки высокой эффективности замены асфальтового вяжущего на полимерно-резинобитумное. В дальнейшем решался вопрос оптимизации гранулометрического состава резинированных асфальтобетонов и способа их получения.

Как уже отмечалось, в западных странах для получения резинированных асфальтобетонных смесей наиболее эффективным признан мокрый процесс, т. е. предварительное получение резинобитумного вяжущего с последующей его подачей в асфальтосмеситель, а с точки зрения оптимизации структуры резинированного асфальтобетона наилучшим образом себя зарекомендовали прерывистый и открытый гранулометрические составы. Учитывая опыт этих стран в исследованиях, основной упор также сделан на смеси с прерывистой гранулометрией — щебеночно-мастичные и вибролитые, которые обеспечивают свободное размещение набухших резиновых частиц в межзерновых пустотах. Что касается получения смесей, то по перечисленным выше причинам основным направлением стало усовершенствование сухого процесса, при котором дробленая резина подается непосредственно в асфальтосмеситель.

В ходе проведения поисковых работ была разработана технология получения резинированных асфальтобетонных смесей, которая предусматривает подачу полимера и резиновой крошки в асфальтосмеситель и практически не требует переоборудования производства. Необходима лишь установка дозаторов для полимера и дробленой резины, а при дозировании последней через систему подачи минерального порошка, потребность в котором для резинированных асфальтобетонов отпадает, только для полимера. При этом необходимо учесть, что в связи с интенсивным развитием в нашей стране щебеночно-мастичных асфальтобетонных заводов уже переоборудовано и может использоваться для производства разработанных резинированных смесей.

Для сравнительной оценки свойств традиционных и разработанных смесей были приготовлены следующие составы, %.

- Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЩМА 15 по ГОСТ 31015:
 - Щебень фр. 10–15 — 52
 - Щебень фр. 5–10 — 20
 - Песок из отсевов дробления — 18
 - Минеральный порошок — 13
 - Битум БНД 60/90 — 6,1
 - Стабилизирующая добавка Viatop 66 — 0,45
- Резинированная щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь РЩМА 15:
 - Щебень фр. 10–15 — 58
 - Щебень фр. 5–10 — 19
 - Песок из отсевов дробления — 23
 - Битум БНД 60/90 — 6,5
 - Дробленая резина — 1,6
 - Полиолефиновый модификатор — 0,6
- Вибролитая асфальтобетонная смесь (II тип) по ТУ 5718-002-04000633–2006:
 - Щебень фр. 5–20 — 45
 - Песок из отсевов дробления — 25
 - Природный песок — 13
 - Минеральный порошок — 17
 - Битум БНД 40/60 — 7,5

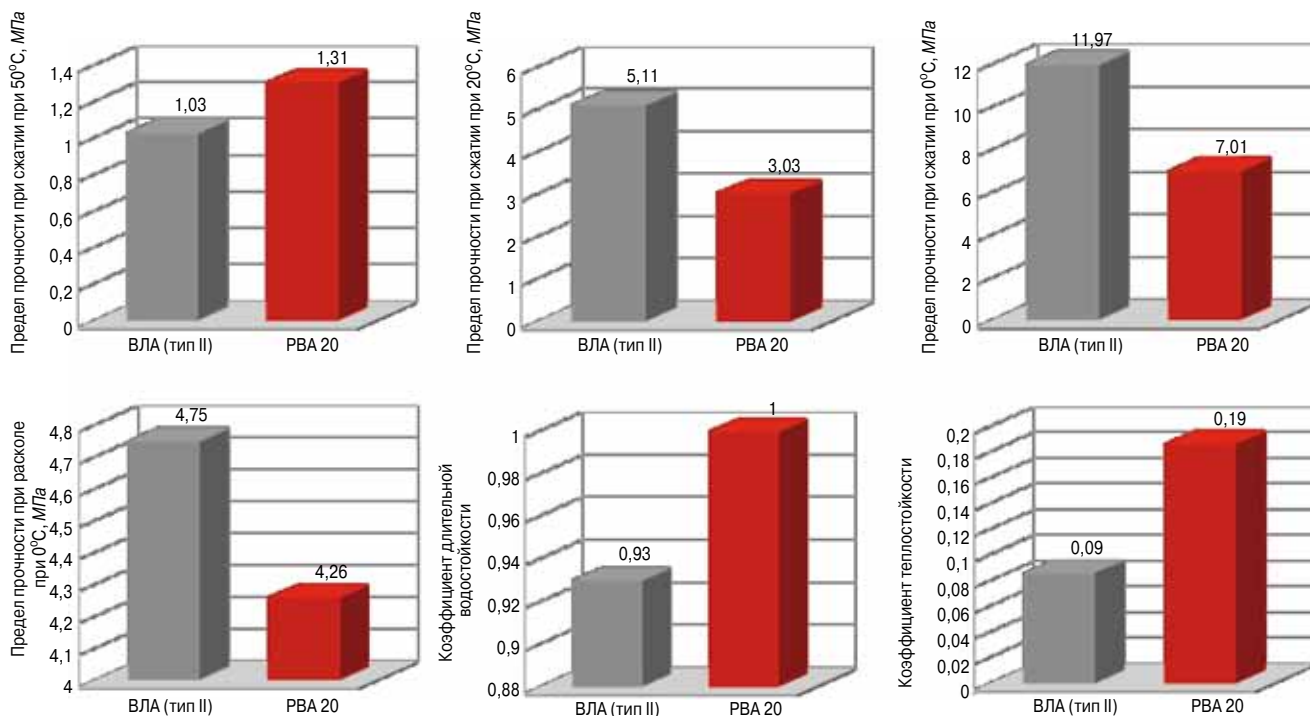


Рис. 3. Физико-механические свойства вибролитых асфальтобетонов

4. Вибролитая резиновая асфальтобетонная смесь РВАС 15:

- Щебень фр. 5–20 — 68
- Песок из отсевов дробления — 23
- Природный песок — 9
- Битум БНД 60/90 — 9,13
- Дробленая резина — 1,43
- Полиолефиновый модификатор — 0,44

Результаты экспериментальных исследований свойств, полученных по разработанной технологии щебеночно-мастичных и вибролитых асфальтобетонов, показали значительное превосходство этих материалов по сравнению с традиционными. Хотя стандартные методы определения прочностных характеристик асфальтобетонов мало пригодны для оценки их поведения в слоях дорожных одежд, при определенных условиях и они бывают информативны. Так, например, основываясь на пределе прочности при сжатии при 50°C, по которому оценивается поведение асфальтобетона при высокой летней температуре, асфальтобетон типа В является более теплостойким материалом, чем асфальтобетон типа А, хотя практика показывает обратное. Причина здесь кроется в том, что этот показатель характеризует когезионную прочность растворной части и не учитывает сопротивления пластическим деформациям щебеночного каркаса. С другой стороны, при сравнении асфальтобетонов с близкой структурой каменного остова этот показатель может дать информацию для оценки высокотемпературных свойств асфальтобетонов. Таким образом, если традиционные прочностные показатели и требуют совершенствования для адекватной оценки поведения материала в слоях дорожной конструкции, они пока остаются единственными стандартизированными характеристиками для производителей, и мы также будем ими пользоваться.

Сравнение производили со смесями, имеющими схожие показатели остаточной пористости и водонасыщения, которые для ЩМА смесей находились в пределах 3–2,5% соответственно, а для вибролитых смесей — 0,5–0,25%.

Итак, из данных, представленных на рис. 2 и 3, видно, что разработанные резиновые смеси имеют повышенные значения прочности при 50°C и теплостойкости, что говорит об их высокой деформационной устойчивости (сдвигустойчивости) при повышенных значениях летней температуры и деформативности (трещиностойкости) при низкой зимней. За счет высокой адгезии резинобитумного вяжущего значительно повышается коррозионная стойкость смесей.

Необходимо отметить, что разработанный материал, как и любой новый продукт, после доказательства его эффективности в ходе проведения лабораторных исследований требует производственной апробации с построением опытных участков и контролем за их состоянием в течение нескольких лет.

Ключевые слова: *резиновый асфальтобетон, резинобитумные вяжущие, трещинопрерывающие слои, долговечность асфальтобетонных покрытий.*

Список литературы

1. Слепая Б.М. Исследование влияния резинового порошка на свойства дорожного асфальтобетона. М.: Союздорнии, 1972. 17 с.
2. Методические рекомендации по строительству асфальтобетонных покрытий с применением дробленой резины. М.: Союздорнии, 1985.
3. Методические рекомендации по применению асфальтобетонных смесей с полимерными отходами промышленности. М.: Союздорнии, 1986.
4. Гезенцев Л.Б., Горельшев Н.В., Богуславский А.М., Королев И.В. Дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1985. 350 с.
5. Бонченко Г.А. Асфальтобетон. Сдвигустойчивость и технология модифицирования полимером. М.: Машиностроение, 1994. 176 с.
6. Кирюхин Г.Н. Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний // Автомоб. дорож. и мосты: Обзорн. информ. / М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», вып. 6. 2005. 96 с.

С.Н. ТОЛМАЧЕВ, канд. техн. наук, И.Г. КОНДРАТЬЕВА, канд. техн. наук,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

Исследования смачивания подложек различного минерального состава растворами ПАВ

В соответствии с требованиями нормативных документов в технологии дорожных и аэродромных бетонов применение химических добавок обязательно. В первую очередь это относится к суперпластификаторам (СП) и воздухововлекающим добавкам. При пониженной температуре укладки бетонных смесей допустимо применение ускорителей твердения или противоморозных добавок. Механизмы действия всех названных добавок достаточно широко и подробно описаны в научной литературе. Однако в теории и практике строительства все чаще стала появляться информация о том, что применение СП не всегда обеспечивает требуемых характеристик бетонной смеси и бетона. В первую очередь это касается прочности и долговечности бетона. Учитывая резко возросшие в последние два десятилетия интенсивность движения и нагрузки на ось автотранспорта, повышение прочности бетона является весьма актуальной задачей, решение которой обеспечивает применение современных СП.

Известны три основных вида разрушения дорожных бетонов: по зерну крупного заполнителя; по цементно-песчаному раствору; по зоне контакта цементный камень—крупный заполнитель. Разрушение по зерну крупного заполнителя возможно в случае, когда механические нагрузки превышают прочность самого заполнителя, т. е. более 80 МПа, что маловероятно при существующем уровне нагрузки. Разрушение по растворной части бетона более вероятно, однако уровень прочности растворов с современными СП часто выше общей прочности бетона, в состав которого входит этот раствор. Поэтому наиболее часто встречающимся видом разрушения является разрушение зоны контакта. О необходимости повышения прочности зоны контакта написано во многих работах, в частности О.П. Мчедлова-Петросяна и А.Г. Ольгинского [1, 2]. В них отмечено, что наиболее плодотворным является повышение активности поверхности заполнителя с учетом минерального состава специальными технологическими приемами. Наиболее простым приемом является применение химических доба-

вок, в том числе СП. В последнее время резко увеличилось количество суперпластификаторов, поставляемых на строительный рынок. Оценка их эффективности занимает много времени и требует значительных трудозатрат. Известно, что на стадии перемешивания компонентов бетонной смеси, особенно в присутствии СП, важную роль приобретает смачивание, от которого зависит прочность зоны контакта. Чем лучше смачивание заполнителя, в первую очередь крупного, тем прочнее зона контакта. Для исследования смачивания на кафедре ТДСМ ХНАДУ (ХАДИ) используется методика определения величины угла смачивания твердой поверхности водным раствором добавок, а также цементно-водными суспензиями.

В исследованиях применяли добавки — ускорители твердения (сульфат калия и хлорид кальция) и суперпластификаторы (Mapey Dynamon SR-2, Muraplast Fk-88, Релаксол Лидер). Для смачивания использовали гранитную, кварцитовую и мраморную поверхности.

Исследования показали, что угол смачивания гранита и мрамора водным раствором соли на основе сильного основания и сильной кислоты (K_2SO_4) не изменяется. С увеличением концентрации соли до 1% угол смачивания кварцита уменьшается, после чего его изменение незначительно. Аналогичные данные получены при смачивании этих подложек 10 и 20% цементными суспензиями, содержащими 1 и 2% сульфата калия.

При исследовании смачивания этих подложек водным раствором сильного основания и относительно слабой кислоты ($CaCl_2$) установлено, что с увеличением концентрации добавки в растворе угол смачивания гранита не изменяется. В то же время угол смачивания мрамора и кварцита (разнозаряженных подложек) уменьшается при концентрациях соли более 1%. Смачивание всех подложек цементно-водными суспензиями с добавкой $CaCl_2$ приводит к увеличению угла смачивания. Это свидетельствует об ухудшении смачивания подложек цементными суспензиями, содержащими хлорид кальция.

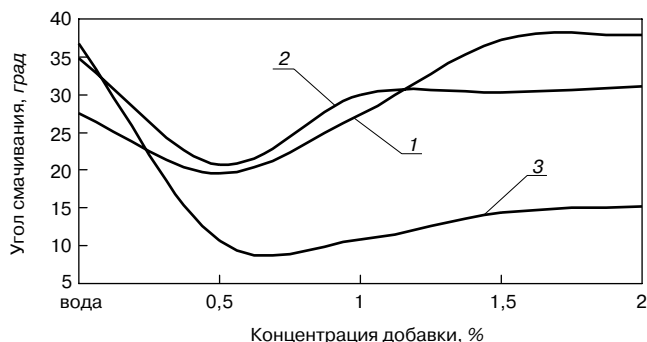


Рис. 1. Смачивание подложек растворами Mapey Dynamon SR-2: 1 – гранит серый; 2 – мрамор; 3 – кварцит

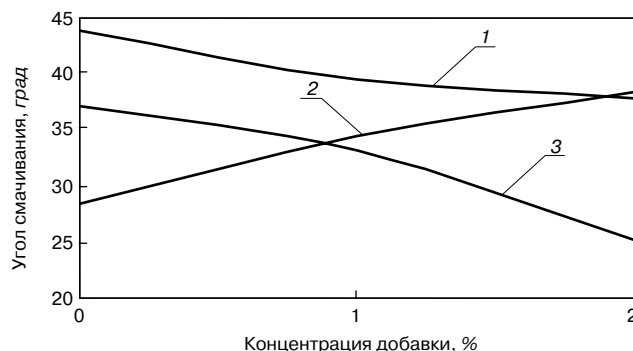


Рис. 2. Смачивание подложек 10% суспензиями с добавкой Mapey Dynamon SR-2: 1 – гранит серый; 2 – мрамор; 3 – кварцит

Прочность бетона при растяжении при изгибе

Вид крупного заполнителя	Добавка Релаксол Лидер, % массы цемента	Прочность при растяжении при изгибе, МПа, образцов, изготовленных через определенное время перемешивания бетонной смеси, с		
		30	90	180
Гранит серый	–	5,15	5,8	6,35
	1	6	6,45	6,7
	1,5	6,65	6,8	6,85
Кварцит	–	4,6	4,7	4,85
	1	2,8	3,85	4,8
	1,5	3,25	5,05	5,1

Наибольший интерес представляют исследования смачивающей способности суперпластификаторов. Для СП Marei Dupamon SR-2 можно отметить, что существует область концентрации раствора добавки, в которой происходит резкое уменьшение краевого угла смачивания, т. е. улучшения смачивания (рис. 1). Минимальное его значение соответствует концентрации раствора 0,5%, что совпадает со второй точкой критической концентрации мицеллообразования (ККМ) для подобных добавок. Повышение концентрации раствора добавки приводит к увеличению угла смачивания. В то же время исследования смачивающей способности подложек цементными суспензиями с СП показали, что с увеличением концентрации СП углы смачивания кварцита и гранита уменьшаются (рис. 2, 3). В отличие от этого на мраморной подложке с увеличением концентрации суспензии и количества добавки в ней угол смачивания увеличивается, что свидетельствует об ухудшении смачивания. Данные показали, что добавка Marei Dupamon SR-2 улучшает смачивание гранитной и кварцитовой подложек.

Исследования смачивающей способности добавки Muraplast Fk 88 показали, что с увеличением концентрации раствора этой добавки угол смачивания гранитной подложки не изменяется (рис. 4). Увеличение концентрации Muraplast Fk 88 до 1,5% приводит к незначительному уменьшению краевого угла для мраморной подложки. После этого происходит скачкообразное уменьшение угла смачивания. Наибольший эффект отмечается при смачивании кварцитовой подложки, на которой краевой угол резко уменьшается при концентрации раствора 0,5%, после чего при увеличении концентрации раствора добавки не изменяется. Аналогичные зависимости получены при смачивании твердых подложек цементными суспензиями с Muraplast Fk 88. Угол смачивания гранитной подложки суспензиями практически не изменяется. В то же время отмечено существенное улучшение смачивания кварцитовой подложки суспензиями 10 и 20% концентрации. С увеличением количества добавки в составе суспензии с 1 до 2% угол смачи-

вания не изменяется. Для мраморной подложки при увеличении концентрации цемента в ней с 10 до 20% происходит резкое уменьшение угла смачивания. Аналогичное явление отмечено при смачивании кварцитовой подложки. Исследования позволяют заключить, что водные растворы добавки Muraplast Fk 88 концентрацией 0,5% и выше улучшают смачивание мрамора и кварцита.

В качестве отечественного аналога суперпластификаторов в исследованиях применяли добавку Релаксол Лидер. Исследования показали, что растворы этой добавки улучшают смачивание подложек различного минерального состава в разной степени. Наибольшее уменьшение угла смачивания заметно при смачивании мрамора. Для кварцита практически не наблюдается сколько-нибудь существенного изменения угла смачивания. Смачивание подложек суспензиями различных концентраций показывает, что при введении добавки Релаксол Лидер в состав суспензий смачивание мраморной и кварцитовой подложек ухудшается в настолько большей степени, насколько выше содержание СП. И наоборот, угол смачивания гранитной подложки такими суспензиями уменьшается в ряду водная суспензия без добавки Релаксол Лидер – суспензия + 1% Релаксол Лидер – суспензия + 2% Релаксол Лидер, что свидетельствует об улучшении смачивания этой подложки.

Улучшение или ухудшение смачивания крупного заполнителя различной природы должно отразиться на свойствах зоны контакта цементный камень–заполнитель, в первую очередь на ее плотности и прочности. Это, в свою очередь, приведет к повышению или понижению прочности всего бетона в целом. В случае плохого смачивания можно применить простой технологический прием – увеличить время перемешивания бетонной смеси. При изготовлении бетонных смесей на производственных предприятиях время перемешивания смесей обычно не превышает 60–90 с. Для определения взаимосвязи между смачиванием и показателем прочности бетонов с крупным заполнителем раз-

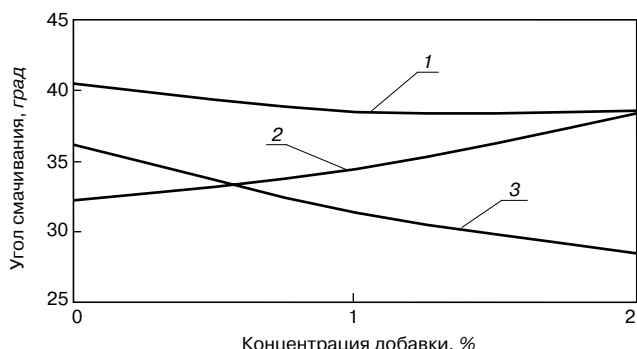


Рис. 3. Смачивание подложек 20% суспензиями с добавкой Marei Dupamon SR-2: 1 – гранит серый; 2 – мрамор; 3 – кварцит

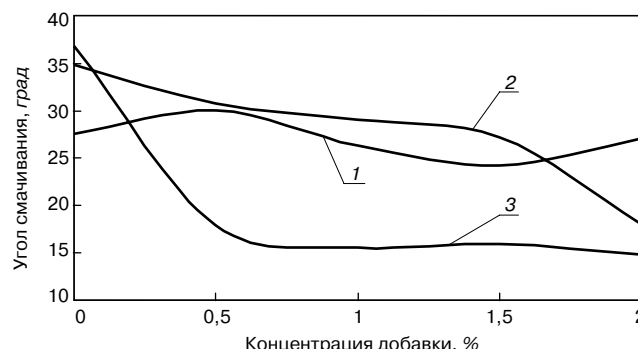


Рис. 4. Смачивание подложек растворами добавки Muraplast Fk 88: 1 – гранит серый; 2 – мрамор; 3 – кварцит

Прочность бетона при сжатии

Вид крупного заполнителя	Добавка Релаксол Лидер, % массы цемента	Прочность при сжатии, МПа, образцов, изготовленных через определенное время перемешивания бетонной смеси, с		
		30	90	180
Гранит серый	–	28,8	40	43,2
	1	33,4	45,8	46,2
	1,5	46,4	47,2	47,6
Кварцит	–	24,8	34	36,4
	1	24,8	33,6	36,4
	1,5	23,2	32,4	34,8

личного минерального состава были изготовлены образцы-кубы и образцы-балочки. Эти образцы формовали из смесей, которые перемешивали в течение 30, 90 и 180 с в лабораторной бетономешалке. По результатам испытаний на прочность оценивали, как влияет смачивание крупного заполнителя на прочность бетона (табл. 1, 2).

Из приведенных данных следует, что увеличение времени перемешивания бетонных смесей без добавки приводит к увеличению прочности бетона как на кварцитовом, так и на гранитном заполнителе (табл. 1, 2). Это свидетельствует о более качественном обволакивании крупного заполнителя цементным тестом за счет лучшего смачивания заполнителя, достигнутого при увеличенном времени перемешивания.

Введение в бетонную смесь на гранитном заполнителе добавки Релаксол Лидер приводит к положительному результату (такому же, как при перемешивании смеси без добавки в течение 180 с) уже при перемешивании в течение 30 с. Очевидно, что это обусловлено улучшением смачивания крупного заполнителя раствором добавки. Это проявляется уже при концентрации Релаксол Лидер 1%. В большей степени улучшение зоны контакта влияет на прочность при растяжении при изгибе. Поэтому разница в прочности бетона без добавок и с добавкой Релаксол Лидер больше для этого показателя, чем для прочности бетонов при сжатии, что видно из результатов исследования.

Применение добавки Релаксол Лидер в бетоне на кварцитовом крупном заполнителе не приводит к изменению прочности бетонов. Это означает, что данная добавка неэффективна в бетоне на кварцитовом заполнителе. Полученные данные о прочности бетона согласуются с результатами исследований смачивания, которые показали улучшение смачивания гранитной и ухудшение смачивания кварцитовой подложки растворами и суспензиями с добавкой Релаксол Лидер.

Полученные результаты могут явиться дополнением, позволяющим по-новому оценить проблему совместимости добавок и компонентов бетона. На Украине это направление развивается под руководством А.В. Ушерова-Маршака. В первую очередь проблема совместимости рассматривается им в основном с реологических позиций по отношению к цементному вяжущему. В работе [3] отмечено, что проявление любых технологических эффектов обусловлено влиянием добавок на так называемые элементарные процессы твердения – смачивание, адсорбцию. Развивая исследования в этом направлении и предлагая в качестве критерия совместимости оценку с помощью термокинетических кривых, авторы работы [4] указывают, что совместимость добавок с цементами обусловлена двумя основными причинами: высокой физико-химической и технологической эффективностью добавок нового поколения; растущей многокомпонентностью составов самих добавок. Данные, приведенные в этой статье, могут рас-

ширить представления о совместимости современных добавок и заполнителей бетонной смеси.

Ключевые слова: смачивание, горная порода, суперпластификатор, прочность бетона, минеральный состав.

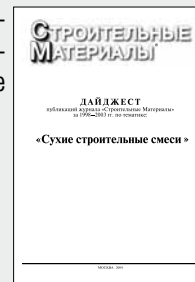
Список литературы

1. Мчедлов-Петросян О.П., Мельниченко П.А., Старосельский А.А. Некоторые вопросы надежности железобетонных подрельсовых оснований // Труды ХИИТ. 1971. Вып. 135. С. 5–8.
2. Ольгинский А.Г. Оценка и регулирование структуры зоны контакта цементного камня с минералами заполнителя: Дисс... д-ра техн. наук. Харьков, 1994. 391 с.
3. Ушеров-Маршак А.В., Циак М. Совместимость – тема бетоноведения и ресурс технологии бетона // Строительные материалы. 2009. № 10. С. 12–15.
4. Ушеров-Маршак А.В., Синайко Н.П. Комплексные добавки системы «Релаксол» – компонент современных бетонов: В сб. докладов XI международной научно-практической конференции «Дни современного бетона». Запорожье, 2010. С. 3–11.

**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:
(499) 976-20-36, 976-22-08
E-mail: mail@rifsm.ru www.rifsm.ru**

М.К. ПОЗДНЯКОВ, инженер (pozdneyakov_mk@mail.ru), ведущий эксперт
ФГУ «Росдортехнология», Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)

Влияние свойств асфальтобетонных смесей на сопротивляемость колееобразованию

Пластические деформации на покрытиях автомобильных дорог РФ — одна из основных проблем и угроз для безопасности дорожного движения, а протяженность участков автомобильных дорог с колеейностью в последнее время неуклонно возрастает [1]. Особенно показательным и наиболее ущербным стал 2010 г., когда в связи с повышением температуры воздуха до 40°C на многих нагруженных отрезках дорог стихийно стали возникать участки с колеейностью до 10 см и более. Возникновение таких дефектов потребовало срочного проведения работ по устранению колеейности и дополнительных финансовых затрат. Данный факт говорит о неспособности уложенного асфальтобетона сопротивляться существующему сочетанию температуры и осевой нагрузки на покрытие. Как было показано [2], в настоящее время в РФ для испытания асфальтобетона применяют методы, описанные в ГОСТ 12801–98, однако среди этих методов отсутствуют позволяющие проводить испытания асфальтобетона в условиях, которые моделируют движение автомобильного транспорта, т. е. многократное воздействие нагрузками, по величине значительно меньшими, чем разрушающие. В ГОСТ 12801–98 большинство методов испытания асфальтобетона основано на однократном нагружении образца до его разрушения, что не соответствует режимам работы асфальтобетона в покрытии автомобильной дороги.

В настоящее время исследователями выделяется три вида колееобразования [1, 2]:

1. Пластическое, которое происходит из-за накопления незначительных по величине сдвиговых деформаций и зависит от свойств асфальтобетона и вида вяжущего, которое в нем применяют.

2. Абразивное, которое образуется при истирающем воздействии шин, особенно шипованных.

3. Колееобразование по всей толщине дорожной одежды из-за недостаточной ее прочности, приводящей к деформированию всех слоев, включая рабочий слой.

Каждый из указанных типов колееобразования имеет свои потенциальные пути решения, которые кроются в устранении или смягчении факторов его вызывающих [2]. В статье рассматривается пластическое колееобразование.

С целью определить, какой асфальтобетон более предрасположен к образованию колеи, дорожные администрации многих стран мира пришли к выводу о необходимости применения методов испытания асфальтобетона колесной нагрузкой как дополнительных методов в проектировании асфальтобетона и дорожной одежды в целом. В процессе развития этих методов в странах Европы и Северной Америки были проведены многочисленные испытания [3–11], подтверждающие корреляцию между поведением асфальтобетона в лабораторных испытаниях и его работой в покрытии.

В ходе оценки существующих методов испытания асфальтобетона колесной нагрузкой автором было выделено несколько групп приборов, позволяющих оценивать сопротивляемость асфальтобетона деформаци-

ям. К первой группе относятся лабораторные методы, которые предусматривают испытание на колееобразование асфальтобетонных образцов до 70°C, погруженных в воду или находящихся в климатической камере при температуре испытания посредством многократной колесной нагрузки (WTD).

Ко второй группе относятся установки ускоренного испытания, которые для экспериментов используют полноразмерные колеса, а испытания проводят как на асфальтобетонных слоях, так и на конструкциях дорожной одежды (рис. 1). Преимуществом их является то, что они максимально приближают испытания асфальтобетона или дорожной одежды к условиям эксплуатации в реальных условиях, но требуют значительных затрат.

Еще одна группа — испытательные полигоны, которые создаются с целью оценки новых конструктивных решений дорожных покрытий, материалов, техники, в том числе оценки их эффективности на предмет колееобразования. Использование полигонов позволяет оценивать применяемые решения в условиях реального климата и задавать конкретные транспортные нагрузки для оценки их воздействия на состояние конструкции дорожных покрытий в определенных условиях.

Наибольшее распространение при лабораторной оценке сопротивляемости асфальтобетона колееобразованию получили методы, построенные на принципе прокатывающегося колеса. Самые применяемые:

- анализатор асфальтобетонного покрытия, США (Asphalt pavement analyzer, APA);
- устройство испытания на колееобразование, Германия (Hamburg Wheel Tracking Device — HWTD);
- устройство испытания на колееобразование лаборатории LCPC Франция (LCPC Wheel Tracker или French Rutting Tester — FRT);
- устройство нагружения колесной нагрузкой, Великобритания (Wheel Tracking Device — WTD), и др.

Среди всех характеристик методов наиболее важны: величина образцов и нагрузки, прикладываемой к ним. Некоторые приборы способны испытывать только плиты



Рис. 1. Установка ускоренного испытания LINTRACK, Дания

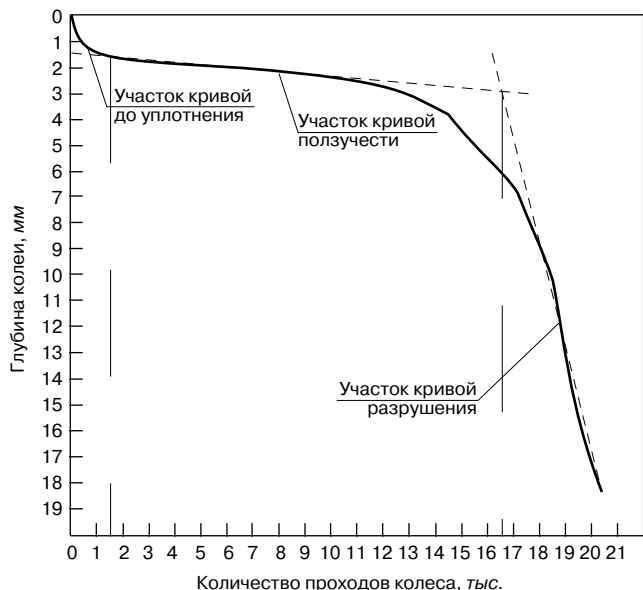


Рис. 2. Характерная кривая образования колеи, полученная с применением лабораторных методов

(HWTD), а другие — и плиты, и цилиндрические образцы (WTD, APA). В лабораторных методах применяют различные типы колес: металлические (HWTD), металлические с резиновой накладкой (WTD), металлические, совершающие движение по пневматическому шлангу с воздухом определенного давления (APA), уменьшенная копия реального пневматического колеса (FRT). У каждого из видов колес есть свои преимущества и недостатки. Металлическое колесо просто в изготовлении и использовании, однако оно не совсем точно воспроизводит действия на материал, в результате он может начать крошиться в процессе испытания, чего не наблюдается при использовании остальных типов колес. Исследования, проведенные с HWTD, показали, что износостойкость материала, определяемая по количеству циклов испытания до начала крошения материала под колесом, хорошо коррелируется с характеристиками прочности и истираемости щебня. Характерная кривая для HWTD на рис. 2. Для других устройств в общем случае характерны два первых участка кривой.

Применение пневматических и металлических колес, прикладываемых через пневматический шланг, весьма сложно в связи с поддержанием в них нужного давления, они более сложной конструкции, однако их применение максимально приближает процесс испытания к реальным условиям работы материала в покрытии.

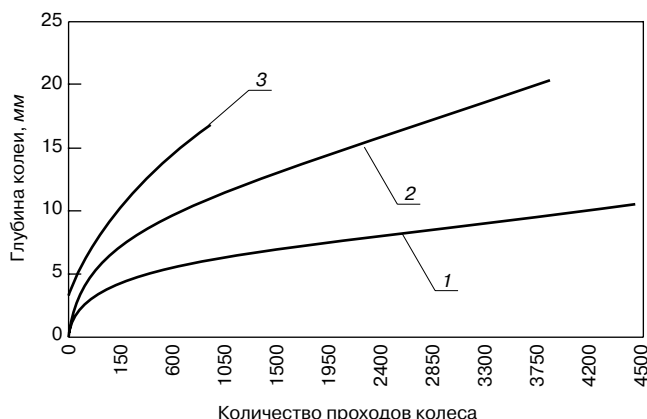


Рис. 3. Кривые образования колеи для плотных асфальтобетонных: 1 — среднее по типу А; 2 — среднее по типу Б; 3 — среднее по типу В

Также применяют металлические колеса с резиновой накладкой, которые сочетают преимущества всех остальных видов колес, предотвращают дробление материала во время испытания, а также просты в применении.

При всем разнообразии условий, которые могут быть созданы приборами испытания колесной нагрузкой, они преследуют одну цель — оценить, насколько материал способен сопротивляться образованию колеи.

Автором при оценке сопротивляемости асфальтобетона колееобразованию был использован прибор WTD, отвечающий требованиям EN 12698-22 [12]. Прибор имеет обрезиненное металлическое колесо, на которое прикладывают нагрузку в 520 Н. Колесо движется по цилиндрическому образцу диаметром 150 мм (процедура соответствует EN 12797-31 [13]) или образцу-плите со стороной 305 мм (EN 12697-33) [14].

Основная цель проделанных экспериментов — разработка мер по повышению стойкости асфальтобетона к образованию колеи, методики оценки сопротивляемости асфальтобетона, образованию пластической колеи.

- Для достижения поставленной цели решали задачи:
- анализ существующих методов, оборудования, математических моделей оценки стойкости асфальтобетона к колееобразованию и полученных закономерностей при испытании, выбор наиболее оптимального оборудования исходя из конструктивных особенностей и возможного применения в условиях РФ;
 - выявление закономерности влияния отдельных составляющих асфальтобетона и добавок на величину образования колеи по разработанной методике.

С этой целью были изучены этапы образования колеи на асфальтобетоне, соответствующем ГОСТ 9128-97 и ГОСТ 31015-2002, зависимость устойчивости асфальтобетона по отношению к колееобразованию от количества щебня в смеси, вида вяжущего и асфальтобетона и др.

В ходе проведенной работы по изучению кривой образования колеи были выявлены закономерности:

1. На кривой развития колееобразования имеется два ярко выраженных участка — доуплотнения и ползучести (рис. 3, 4).
2. Прослеживается зависимость конечной глубины колеи, глубины колеи по завершении участка доуплотнения и величины наклона кривой ползучести в зависимости от характеристик испытываемого асфальтобетона и типа применяемого вяжущего. Выявлены зависимости уклона кривой колееобразования от количества щебня в смеси (рис. 5).

3. Глубина колеи в окончании кривой доуплотнения коррелируется с остаточной пористостью образца, и тем больше, чем больше остаточная пористость (рис. 6).

Глубина колеи при испытаниях составила большее значение в образцах с обыкновенным битумом, а в об-

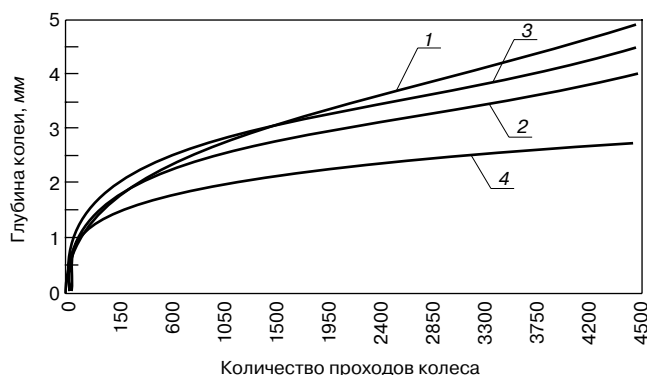


Рис. 4. Кривые образования колеи в асфальтобетоне типа Б и в ЩМА-20 на различных вяжущих на цилиндрических образцах: 1 — Б1 БНД; 2 — Б1 ПБВ; 3 — ЩМА БНД; 4 — ЩМА ПБВ

Таблица 1

Показатель	Асфальтобетон типа А на битуме БНД 60/90	Асфальтобетон типа Б на битуме БНД 60/90	Асфальтобетон типа В на битуме БНД 60/90
Остаточная пористость, %	2,14	2,43	2,83
Количество щебня в смеси, %	56	45	30
Количество битума, %	4,8	5,3	5,5
Сдвигоустойчивость:			
Коэффициент внутреннего трения по ГОСТ 12801–98	0,912	0,849	0,85
Сцепление при сдвиге при 50°С, МПа, по ГОСТ 12801–98	0,355	0,487	0,605
Показатель уровня колееобразования (K)	24,5	43,9	81,2
Пропорциональная глубина колеи после 1000 проходов колеса, ПК ₁₀₀₀ , мм/см	1,19	2,06	3,24
Уклон кривой колееобразования по (У _к), мм ² /1000 циклов	136,79	345,78	824,76

разцах с полимербитумным вяжущим (ПБВ) той же вязкости глубина колеи была значительно меньше (рис. 4).

В зависимости от применяемого вяжущего также менялся наклон кривой ползучести, характеризующий-

ся коэффициентом колееобразования (K_к) $K_k = \frac{h_k^{3000} - h_k^{1000}}{2}$, мм/1000 проходов. Для ЩМА этот коэффициент составлял около 0,67 мм на 1000 проходов колеса, а для асфальтобетона типа Б – 0,87 мм на 1000 проходов. В случае применения вместо обыкновенного битума ПБВ той же вязкости коэффициент колееобразования снижался. Показатели, полученные при обработке кривых колееобразования, для плотных асфальтобетонов типов А, Б, В, приведены в табл. 1. Это можно объяснить тем, что ЩМА имеет более плотную каркасную структуру, которая характеризуется большей сдвигоустойчивостью по оценке по ГОСТ 12801–98. Применение ПБВ позволяет добиться сокращения накопления микроскопических деформаций в асфальтобетоне за счет большей эластичности этого вяжущего.

В ходе проведения испытаний для оценки кривых образования колеи были применены показатели:

1. Уровень колееобразования (K). Вычисляется для каждого испытываемого образца асфальтобетона:

$$K = 3 \cdot r_{1000} + r_{900} - r_{800} - 3 \cdot r_{700}, \quad (1)$$

где r_m – значение глубины колеи после m проходов колесной нагрузки.

2. Пропорциональная глубина колеи при различном количестве проходов колеса (1000, 2000, 3000) вычисляется по формуле:

$$ПК_n = \frac{K_n}{h} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где K_n – глубина колеи после n проходов колесной нагрузки; h, мм – высота образца до начала испытания.

3. Уклон кривой колееобразования (У_к). Характеризует уклон кривой колееобразования на участке необния). Определяется по формуле:

$$У_k = \frac{(d_{4000} - d_{2000})}{2000}, \quad (3)$$

где d₄₀₀₀ и d₂₀₀₀ – глубины колеи после 4000 и 2000 приложенной нагрузки. Показатель измеряется в мм/1000 циклов. В случае, если испытание заканчивается до 4000 проходов колеса, интервал вычисления может быть

сокращен так, чтобы нижнее значение было не менее 1500 проходов, а верхнее не менее 2250. В противном случае считается, что образец достиг критической глубины колеи на стадии доуплотнения.

4. Для каждой из испытанных смесей проводили испытания по оценке сдвигоустойчивости асфальтобетона по ГОСТ 12801–98 с определением коэффициента внутреннего трения асфальтобетона и сцепления при сдвиге (С_д, МПа).

В результате получены средние кривые колееобразования для каждой серии образцов. Кривые колееобразования при испытаниях плотного асфальтобетона типов А, Б и В по ГОСТ 9128–97 показаны на рис. 3, а результаты обработки полученных кривых – в табл. 1.

Автором проведены исследования по изучению влияния применения видов вяжущих на устойчивость различных асфальтобетонов к колееобразованию. Для выполнения эксперимента были взяты два вида асфальтобетонов: тип Б марки 1 по ГОСТ 9128 и ЩМА-20 по ГОСТ 31015. Каждый из составов был испытан с применением как обыкновенного вяжущего (битум БНД

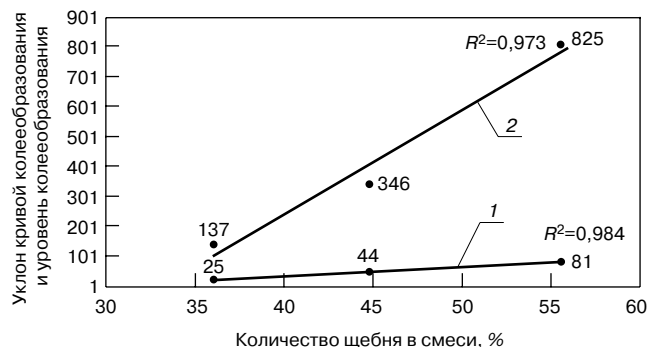


Рис. 5. Зависимость показателей уровень колееобразования (K) (1) и уклон кривой колееобразования (У_к) (2) от количества щебня в смеси, %

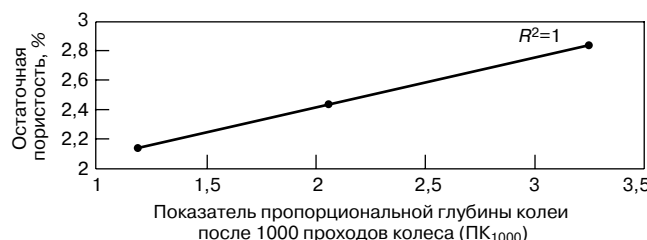


Рис. 6. Зависимость показателя пропорциональной глубины колеи после 1000 проходов колеса от остаточной пористости материала, %

Таблица 2

Показатель	Асфальтобетон типа Б марки 1 на БНД 60/90	Асфальтобетон типа Б марки 1 на ПБВ 60	ЩМА-20 на битуме БНД 60/90	ЩМА-20 на ПБВ 60
Уровень колееобразования (К)	118	66	109	51
Пропорциональная глубина колеи при 1000 проходов (ПК ₁₀₀₀) мм/см	0,57	0,46	0,57	0,37
Пропорциональная глубина колеи при 2000 проходов (ПК ₂₀₀₀) мм/см	0,68	0,58	0,65	0,43
Пропорциональная глубина колеи при 3000 проходов (ПК ₃₀₀₀) мм/см	0,78	0,67	0,76	0,49
Уклон кривой колееобразования (У _к) мм ² /1000 проходов	61,5	41,5	54	29

60/90), так и с использованием полимерно-битумного вяжущего по ГОСТ 52056 с близким показателем пенетрации. В результате испытаний были получены зависимости, приведенные на рис. 4. Данные, полученные при обработке кривых колееобразования, приведены в табл. 2.

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Повысить сопротивляемость асфальтобетона к образованию колеи на начальном этапе работы асфальтобетона в покрытии позволяет применение асфальтобетонов с более низкой остаточной пористостью. Исследования показали: пропорциональная глубина колеи в конце периода доуплотнения (после 1000 проходов колеса) пропорциональна остаточной пористости (рис. 6).

2. Для получения асфальтобетонов с повышенной стойкостью к колееобразованию необходимо применять оптимальное количество вяжущих, использовать битумы с расширенным интервалом пластичности, а также использовать модифицированные вяжущие с повышенными показателями температуры размягчения (ПБВ на основе блоксополимеров типа СБС или резинобитумные вяжущие). Представленные выше результаты свидетельствуют о возможности значительного снижения показателей колееобразования в смесях за счет замены битумов марок БНД вяжущими марок ПБВ той же вязкости.

Анализ полученных результатов показал, что разработанная методика испытания более чувствительна к изменениям в составе асфальтобетона, чем методика по ГОСТ 12801, и является хорошим инструментом при проектировании составов асфальтобетонных смесей, более стойких к колееобразованию. При испытании спроектированных составов разница в коэффициенте внутреннего трения смесей типов А, Б и В по ГОСТ 9128 была в пределах 7,5% (при приблизительно одинаковых значениях для типов А и Б), а по показателю сцепления при сдвиге отличалась в 1,7 раза (табл. 1). Данные результаты говорят о том, что традиционные методы, заложенные в ГОСТ 12801, намного менее чувствительны к изменениям в составе асфальтобетонной смеси, влияющим на стойкость асфальтобетона к колееобразованию.

При использовании показателей пропорциональной глубины колеи после 1000 проходов колеса показатели различались в 2,7 раза, а по показателю уклона кривой колееобразования, характеризующего сопротивляемость асфальтобетона колееобразованию во время стадии кривой ползучести, в 6 раз. Результаты выявили линейную зависимость разработанных показателей (ПК₁₀₀₀, К и У_к) от количества щебня в смеси и остаточной пористости асфальтобетона, что видно на рис. 6, 7.

Проведенные исследования показали, что предложенные характеристики позволяют более эффективно оценивать влияние гранулометрического состава асфальтобетонной смеси на стойкость асфальтобетона к колееобразованию, а также выявлены зависимости меж-

ду остаточной пористостью образцов и показателем пропорциональной глубины колеи в период доуплотнения образца. Предложенная методика позволяет не только оценить общую стойкость асфальтобетонного образца к образованию в нем колеи, но и изучать отдельные этапы образования колеи и выявлять факторы, влияющие на интенсивность образования колеи на каждом этапе.

Ключевые слова: *колеиность, пластическое колееобразование, лабораторные методы испытания дорожной нагрузкой, сопротивление колееобразованию, кривая образования колеи, повышение стойкости к образованию колеи.*

Список литературы

1. Поздняков М.К. О колееобразовании на автомобильных дорогах // Дороги содружества. 2008. № 4.
2. СТО ГК «Трансстрой»-007–2007 Асфальтобетон. Метод оценки устойчивости к образованию колеи пластичности.
3. Поздняков М.К., Быстров Н.В. Зарубежный опыт оценки сдвигоустойчивости асфальтобетона // Сб. статей и докладов ежегодной науч. сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. М., 2009. С. 7–17.
4. John B. Metcalf. Application of full-scale accelerated pavement testing, NCHRP SYNTHESIS, 1996. 235 pp.
5. Significant findings from full-Scale accelerated pavement testing, NCHRP SYNTHESIS, 2004. 325 pp.
6. Larry Santucci. Rut resistant asphalt pavements, Institute of Transportation Studies, 2002.
7. Prithvi S. Kandhal, L. Allen Cooley. Accelerated laboratory rutting tests: evaluation of the asphalt pavement analyzer. NCHRP Report, 2003. 508 pp.
8. Kevin D. Stuart, Walaa S. Mogawer. Validation of asphalt binder and mixture tests that measure rutting susceptibility using the accelerated loading facility. FHWA Report RD-99-204, 1999.
9. J. Perret, A.-G. Dumont, J.-C. Turtshy. Assesment of resistance to rutting of high modulus bituminous mixtures using full-scale accelerated loading tests. 3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress Vienna. 2004. Paper № 208.
10. L.J.M. Houben, C.H. Vogelzang. LINTRACK rutting research project. ALT testing program. Road and Railroad research laboratory. Delft University of Technology. Delft. The Netherlands, 2002.
11. L. Allen Cooley Jr., Prithvi S. Kandhal, M. Shane Buchanan. Loaded wheel testers in the United States: state of the practice. NCAT Report 00-04, 2000.
12. EN 12697-22 Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Wheel tracking.
13. EN 12697-31 Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Preparation by gyratory compactor.
14. EN 12697-33 Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Preparation by roller compactor.

К.Г. ПУГИН, канд. техн. наук,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Использование отходов металлургии в асфальтобетонах

Актуальным направлением развития дорожной сети России в настоящее время является строительство капитальных конструкций дорожных одежд, которые позволяют повысить сроки службы и обеспечить высокие транспортно-эксплуатационные свойства автомобильных дорог. В России имеется большое количество предприятий черной металлургии, на которых в зависимости от технологии производства металла, в большом количестве образуются твердые отходы различного состава и свойств. Это шлаки, шлам, пыль системы газоочистки [1].

Свойства доменных шлаков исследованы достаточно полно, поэтому они широко используются в строительстве, в том числе и в строительстве автомобильных дорог [2, 3]. Однако большая группа металлургических предприятий в последнее десятилетие перешла на электросталеплавильный передел. При производстве стали образуются электросталеплавильные шлаки и пыль системы газоочистки, свойства которых резко отличаются от отходов доменного производства. Такие отходы в связи со слабой изученностью не находят широкого промышленного применения, поэтому на этих предприятиях скопились огромные запасы твердых отходов. Например, на территории Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) Белгородской области в отвалах скопилось более 5 млн т отходов, при ежегодном увеличении их количества на 400 тыс. т; на ОАО «Кама-сталь» в Перми улавливается системой газоочистки электросталеплавильной печи до 5 тыс. т пыли в год [4].

Анализ научно-технической информации, патентно-информационный поиск, а также собственные исследования показали возможность применения отходов электрометаллургических комбинатов в качестве минеральной части асфальтобетонов [5, 6, 7]. Однако для твердых отходов ОАО «Кама-сталь» такие исследования не проводили.

Цель работы – определение возможности использования пыли системы газоочистки электросталеплавильной печи ОАО «Кама-сталь» в асфальтобетоне.

Были поставлены следующие задачи:

1. Определить химический состав пыли системы газоочистки электросталеплавильной печи.
2. Определить ее основные свойства.
3. Подобрать состав асфальтобетонной смеси.

Основные химические элементы определены по ПНД Ф 16.1:2.3:3.11–98 «Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой». Результаты приведены в табл. 1.

Определение зернового состава проводили по методике указанной в ГОСТ Р 52129–2003.

Истинную плотность определяли по ГОСТ Р 52129–2003 и вычисляли по формуле:

$$\rho = \frac{(m - m_1)\rho_k}{(m - m_1) + (m_2 - m_3)},$$

где m – масса колбы с порошком, г; m_1 – масса пустой колбы, г; m_2 – масса колбы с керосином, г; m_3 – масса колбы с порошком и керосином, г; ρ_k – плотность керосина, г/см³.

Показатель битумоемкости определялся по ГОСТ Р 52129–2003.

Показатель битумоемкости (ПБ), г, вычисляли по формуле:

$$ПБ = \frac{15\rho}{m - m_1} 100,$$

где m – масса взятой порции порошка, г; m_1 – масса оставшегося после испытания порошка, г; ρ – истинная плотность порошка, г/см³; 100 – объем порошка, см³.

Определение остальных показателей также проводили по ГОСТ Р 52129–2003.

Полученные данные представлены в табл. 2.

Для приготовления асфальтобетонной смеси были применены и исследованы следующие природные материалы:

- щебень фракции 5–20;
- песок природный;
- песок из отсевов дробления.

У щебня были определены: зерновой состав; содержание зерен лещадной (пластинчатой) и игловатой формы; прочность; содержание пылевидных и глинистых частиц.

Содержание зерен пластинчатой и игловатой форм составляет 22,6%; согласно табл. 2 ГОСТ 8267–93 данный щебень относится ко 2 группе.

Прочность щебня определили по ГОСТ 8269–93. Марка по дробимости: 1200 (осадочная порода).

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне: 1,8% (требование ГОСТ 8267–93 не более 2%).

Для получения прерывистого состава асфальтобетонной смеси были использованы два вида песка. Для исследованного зернового состава первого песка модуль крупности:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16})/100 = (0,4 + 0,6 + 1,4 + 32,8 + 89,4)/100 = 1,25.$$

В соответствии с п. 4.3.2 ГОСТ 8736–93 этот песок по модулю крупности относится к группе «очень мелкий».

Исследование зернового состава отсева дробления показало, что модуль крупности отсева:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16})/100 = (38,2 + 54 + 75,2 + 89 + 95)/100 = 3,51.$$

Таблица 1

Компонент	Содержание, %
Влага	0,05
Потери при прокаливании	9,95
SiO ₂	12,3
Fe ₂ O ₃	32,5
Al ₂ O ₃	0,6
TiO ₂	0,1
CaO	15,7
MgO	4,6
Na ₂ O	7,5
K ₂ O	5,3
MnO	4,8
P ₂ O ₅	0,2
ZnO	10,4
Cr ₂ O ₃	0,5
PbO	2,1

Таблица 2

Наименование показателя	Требования ГОСТ 52129-2003	Результаты измерения
Зерновой состав, мас. %: мельче 1,25 мм мельче 0,315 мм мельче 0,071 мм	Не менее 95	100
	80-95	95
	Не менее 60	80
Пористость, %, не более	40	28
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	3	2,9
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	0,7	0,7
Показатель битумоемкости, г, не более	80	79
Влажность, мас. %, не более	2,5	0,05



Образцы асфальтобетона (слева – с пылью системы газоочистки; справа – стандартный состав)

Таблица 3

Наименование материалов	Зерновой состав (прошло через сито с отверстием, мм), мас. %									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Щебень	99,7	59,2	31,5	7,1	4,2	3,8	3,5	3	2,4	1,8
Отсев	100	100	100	97,2	61,8	45	24,8	11	5	3,8
Песок	100	100	100	99,8	99,6	99,4	98,6	67,2	10,6	4,6
Минеральный порошок	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99,6

Таблица 4

Наименование материалов	Состав асфальто-бетонной смеси, %	Зерновой состав (прошло через сито с отверстием, мм), мас. %									
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
ИТОГО											
Прерывист. зерн. состав		99,9	82,5	70,5	59,5	58,2	49,1	45,2	31,4	9,7	7,1
Требование ГОСТ 9128-97 Прерывист. зерн. состав	мин	90	80	70	50	38	28	20	14	10	6
	макс	100	100	100	60	60	60	60	34	20	12

В соответствии с п. 4.3.2 ГОСТ 8736-93 отсев по модулю крупности относится к группе «очень крупный».

Был осуществлен подбор состава горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа Б для устройства слоев покрытия дорожной одежды. Сводные данные по зерновому составу минеральных материалов представлены в табл. 3.

В результате из имеющихся минеральных материалов: щебень – 43%; песок – 36%; отсев – 17%; минеральный порошок – 4% (пыль системы газоочистки), получен оптимальный зерновой состав (табл. 4).

После подбора состава смеси были изготовлены образцы асфальтобетона, в которых стандартный минеральный порошок был заменен пылью системы газоочистки электросталеплавильной печи ОАО «Кама-Сталь» (рисунок). После испытаний получены основные физико-механические показатели асфальтобетона. Содержание в смеси битума БНД 90/130 – 6,5% (сверх 100%).

Средняя плотность, г/см³ 2,48
Водонасыщение, % 3,5
Предел прочности при сжатии:
при 20°С, МПа 3,44
при 50°С, МПа 0,93

По перечисленным показателям смесь соответствует типу Б марки III (табл. 4 ГОСТ 9128-97).

Применение пыли системы газоочистки электросталеплавильной печи ОАО «Кама-Сталь» в качестве минерального порошка для асфальтобетона позволяет расширить номенклатуру минеральных материалов, используемых для приготовления асфальтобетонных смесей, и обеспечить более широкое использование техногенного сырья в дорожном строительстве, что обуславливает снижение затрат на строительство и эксплуатацию автомобильных дорог в Уральском регионе.

Ключевые слова: отходы металлургических комбинатов; металлургический шлак, асфальтобетон, дорога, экология.

Список литературы

1. Пугин К.Г. Снижение экологической нагрузки при обращении со шлаками черной металлургии. Пермь: ПГТУ, 2008. С. 315.
2. Пугин К.Г. Снижение экологической нагрузки сталеплавильного производства за счет использования мелкодисперсных железосодержащих отходов в металлургии // Научные исследования и инновации. 2010. Т. 4. № 3. С. 64-71.
3. Пугин К.Г., Юшков Б.С. Ресурсосберегающие технологии и снижение экологической нагрузки при производстве бетонных изделий с использованием доменных шлаков // Научные исследования и инновации. 2010. Т. 4. № 3. С. 72-80.
4. Пугин К.Г., Халитов А.Р. Отходы металлургии в асфальтобетонных смесях // Вестник ПГТУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2010. № 1. С. 46-52.
5. Пат. 1807030 РФ / Асфальтобетонная смесь: Коренькова С.Ф., Шенина Т.В., Ефимов Ю.В., Лукоянчева Т.П. № 4949964, 20.05.1991; опубл. 07.04.1993. Бюл. 23. С. 5.
6. Пат. 2204537 РФ / Асфальтобетонная смесь: Муллахметова Г.А. № 2000126450/04, 20.10.2000; опубл. 20.05.2003. Бюл. 14. С. 5.
7. Пугин К.Г., Юшков В.С., Юшков Б.С. Применение цветного асфальтобетона на основе отходов металлургии в качестве дорожной разметки // Вестник ПГТУ «Урбанистика». 2011. № 1. С. 46-51.



Центробежные дробилки ДЦ:

производительность до 300 т/ч,
крупность питания до 40 мм
максимальный линейный размер
питания до 70 мм.

- ◆ мелкое дробление любых самых прочных материалов.
- ◆ получение высококачественного кубовидного щебня и наполнителей.
- ◆ эффективная подготовка руд и сырья к обогащению.

ФАКТ

Применение дробилок ДЦ
позволяет снизить лещадность
щебня в 10 раз.

Классифицирующий комплекс КГ:

производительность до 60 т/ч,
получение 2-3 классов материала
крупностью до 10 мм.

- ◆ разделение мелкозернистых и порошкообразных материалов по крупности и плотности частиц.
- ◆ переработка отсевов дробления для производства качественных наполнителей.
- ◆ предварительное обогащение рудных и нерудных материалов.

ФАКТ

Получение из отсева дробления
класса 0-5мм востребованных
продуктов: мелкого щебня,
высококачественного песка.



ВОЗМОЖНОСТИ «УРАЛ-ОМЕГА»

- ◆ Изготовление, поставка, монтаж и пусконаладка оборудования.
- ◆ Разработка технических регламентов.
- ◆ Инжиниринг под конкретную задачу.
- ◆ Проектирование и запуск технологических линий и производств «под-ключ».

ПРЕИМУЩЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ

- Высокая надежность
 - Высокие показатели работы
 - Простота обслуживания
 - Низкая стоимость эксплуатации
- 

Контакты:

Россия, 455037, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 89, стр
☎ тел.: +7 (3519) 31-66-11, 31-66-00, ☎ факс: 49-81-50
✉ SALES@uralomega.ru

Узнайте больше на нашем сайте
€ WWW.URALOMEGA.RU

Специальная модификация для суперустойчивости к сползанию

гидроксиэтилцеллюлоза
гидроксипропилметилцеллюлоза

гидроксиэтилметилцеллюлоза
метилцеллюлоза
карбоксиметилцеллюлоза

HEC

MP

MAT

ME

MET

MC



РОССИЯ

УКРАИНА

БЕЛАРУСЬ

КАЗАХСТАН

Штукатурка гипсовая
ручная, машинная

Адгезивы
цементные

Клеи для фасадного утепления

Новые марки MAT, MET:

- улучшенное открытое время - до 35 мин.,
- стойкость к сползанию для тяжелой плитки,
- использование при высокой и низкой температуре



Группа компаний
«Единая Торговая Система»

Тел. +7 812 703 103 5

www.utsrus.com



«Унирем» — модификатор асфальтобетона

- вводится в асфальтобетонную смесь «сухим» способом, что не требует изменения технологических процессов на асфальтобетонных заводах;
- в горячем битуме распадается на микро-, а потом и на наноразмерные блоки, придавая асфальтобетону уникальные свойства.

«Унирем» делает дорогу прочной

- увеличивает стойкость дорожного покрытия к колееобразованию на 25-50 %;
- расходы на ремонт снижаются на 20-40 %;
- стоимость тонны асфальтобетона снижается на 30-50 % (по сравнению с асфальтобетоном на РБВ и ПБВ).

Срок службы покрытия

стандартный

100%

с «Унирем»

130%

УНИКОМ
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Московская обл., г. Подольск, ул. Комсомольская, д.1
Тел./факс: (495) 542-89-35; superrezina@rambler.ru
Чайкина Ирина Владимировна

Применение модификатора «Унирем» при строительстве, реконструкции, капитальном и текущем ремонте автомобильных дорог одобрено Федеральным дорожным агентством Министерства транспорта РФ (РОСАВТОДОР)



**Государственный комитет Республики Башкортостан по строительству и архитектуре
Научно-техническое общество строителей Республики Башкортостан
Башкирский научно-исследовательский институт по строительству
Уфимский государственный нефтяной технический университет**

Научно-техническая конференция
**«Проблемы прочности и долговечности бетона и железобетона»,
посвященная 100-летию со дня рождения Лауреата Государственной премии СССР,
заслуженного деятеля науки и техники РСФСР и Республики Башкортостан
Алексея Филипповича Полака**

8–9 декабря 2011 г. — Уфа

Тематика конференции

- Гидратация и твердение минеральных вяжущих веществ
- Долговечность бетона и железобетона

Место проведения:
г. Уфа, ул. Менделеева, 195, Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Архитектурно-строительный факультет

Организаторы:

УГНТУ

Тел./факс: (347) 252-10-88
E-mail: stexpert@mail.ru
Латыпова Татьяна Владимировна

НТО строителей РБ

Тел./факс (347)272-57-11
E-mail:ntostroy@mail.ru
Нагорная Наталья Михайловна

В.Г. НИКОЛЬСКИЙ, канд. хим. наук, заведующий лабораторией физикохимии высокодисперсных материалов, Институт химической физики РАН (Москва)

Полезное разрушение

Появлению «наноасфальта» предшествовали изобретения 70-х гг. прошлого века. Каждый день в повседневной жизни мы сталкиваемся с множеством вещей, создание которых потребовало серьезных научных работ, исследований, внедрения инновационных технологий. Однако мало кто об этом задумывается. Как не задумываются, например, водители, проезжая по столичным Кутузовскому, Ленинскому проспектам, по Свердловской набережной в Санкт-Петербурге, по Сормовскому шоссе Нижнего Новгорода. На участках этих автомагистралей, как и на многих других в нашей стране, дорожное покрытие уложено с применением модификатора «УНИРЕМ». Эта добавка придает асфальтобетону прочность, долговечность, надежность и безопасность.

Ожидали ли группа ученых, что их разработка ляжет в основу модификатора асфальтобетона. Как известно, зачастую научные открытия находят свое применение далеко не в тех сферах, где ранее предполагалось...

В конце 70-х гг. прошлого века в лаборатории физикохимии дисперсных материалов проводили исследования структуры и свойств полимерных материалов. Полимеры нужны народному хозяйству, поэтому практически весь Институт химической физики был переориентирован на работу с ними. Большая группа сотрудников института под руководством академика Н.С. Ениколопова исследовала такое явление, как «пластическое течение» твердых полимеров в условиях интенсивного сжатия (давление составляло 0,5–2 МПа) и сдвига. Плоские полимерные образцы размещали между так называемыми наковальнями Бриджмена, сжимали их и начинали вращать одну из наковален относительно другой. В этих условиях твердый полимер начинает течь без нагревания.

Пластическое течение еще называют холодным. Оно происходит ниже температуры плавления полимера. Оказалось, что в «жерновах» наковальни Бриджмена при определенных условиях можно получать высочайшей однородности смеси различных полимеров. Столь высокой однородности почти на молекулярном уровне ранее никто не наблюдал. Но происходили и другие фантастические по тем временам явления. Полученные в наковальне пленки вынимали, а они стабильны при комнатной температуре, их тщательно изучали. А потом вновь помещали в наковальню, начинали вращать. Изначально однородная, прозрачная пленка вдруг становилась матовой, как будто покрывалась трещинами. После продолжения вращения получали прозрачную пленку. Однако выяснилось, что это уже другой материал — с более высокой прочностью и совершенно иной кристаллической структурой. Это выглядело как открытие другого мира — таких полимерных систем раньше просто не было.

Получается, что новые полимеры рождались, проходя стадию разрушения. Была зафиксирована стадия частичного разрушения. Затем в исследованиях решили пойти дальше: снизить силу давления на образцы, находящиеся в наковальне Бриджмена; модернизировать саму наковальню — стало возможным нагревать ее до определенной температуры. Оказалось, чем выше температура нагрева, тем быстрее проходили структурные

превращения полимеров. И не только дело оказалось в скорости происходящих реакций. При определенных температуре, силе сжатия и угле поворота наковальни полимерная пленка начала быстро распадаться на множество мелких частиц. В результате наблюдали образование сверхтонкого порошка, средний размер частиц которого в зависимости от условий эксперимента мог составлять от 10 до нескольких сотен нанометров. То что впервые было выполнено в лабораторных условиях с помощью наковален Бриджмена, сегодня называется высокотемпературным сдвиговым измельчением.

В наковальне Бриджмена сотрудники лаборатории получали крошечные объемы полимеров с новыми свойствами. Грамм, полграмма — больше в наковальне просто не поместится. Стало понятно, что надо создавать машину, которая производила бы полимерные порошки в промышленных масштабах. И такая машина — роторный диспергатор методом проб и ошибок была в итоге создана. Если сказать упрощенно, то она представляет собой скрученную наковальню Бриджмена: ее «жернова» выполнили в виде цилиндров, один из которых вставлен в другой. При этом структура поверхности «жерновов» позволила снизить давление, необходимое для получения порошков, до 0,1–0,5 МПа. Температура, при которой происходит весь процесс, зависит от типа вещества, которое требуется переработать. В итоге была создана эффективная, многофункциональная машина, позволяющая в промышленных масштабах выполнять то, что ранее было возможно делать только в лабораторных условиях.

Получаемые сегодня методом высокотемпературного сдвигового измельчения, например полиэтиленовые порошки наносят на различного рода металлические поверхности — для защиты, в том числе и от коррозий. Порошковый полиэтилен обладает хорошей адгезией, за счет этого им можно склеивать что угодно — от металлов до кожи и дерева. Как видно, сферы применения разнообразны.

Институтом химической физики РАН разработано несколько серий роторных диспергаторов. Эти измельчающие машины просты, компактны, удобны в эксплуатации.

В процессе исследований родилась идея использовать эту разработку для производства модификатора асфальтобетонных.

На созданной машине первое, что стали получать, — это порошки резины. Многие еще до наших экспериментов понимали: отработанных автопокрышек миллионы тонн, их можно использовать вторично. Например, вводить в асфальт, пускать на производство резинового клея и т. д. Однако для этого резину надо измельчить. Но как это сделать? Резина — такой материал, где все молекулы каучука шиты друг с другом на химическом уровне. И разрушить эту структуру очень трудно.

В институте, как было отмечено, создана машина — роторный диспергатор. Сегодня такие машины используют для измельчения резиновых отходов в промышленных масштабах: их производительность достигает 200 кг/ч резинового порошка.

Идея использования резиновых порошков для модификации асфальтобетонных семей лежала на поверхно-

сти. Основу асфальта составляет, по сути, каменная крошка, щебень, песок. И всю эту массу нужно прочно связать каким-то клеящим или вяжущим материалом. Сегодня таким вяжущим является в основном битум, натуральный или синтетический. Первый хоть и обладает отменными качествами, но дорог. Его добыча ведется из подземных битумных озер, добывать его не просто, к тому же таких месторождений на планете не так много. Самое известное располагается на дне озера Пич-Лейк на одном из островов Республики Тринидад и Тобаго. Добытый битум проходит первую очистку, потом транспортируется в Германию, где процесс очистки повторяют по особой технологии и только затем отправляют заказчику. Можно представить конечную цену этого продукта.

Что касается синтетического битума, это то, что остается от нефти после переработки, когда из нее уже выбрали все масла, мазут, мономеры и т. д. По сути остается такой «жмых», который хоть и является вяжущим, но с очень низкими качественными показателями. Каменную смесь, из которой в том числе состоит асфальт, такой битум связывает плохо, ненадежно. Особенно это становится очевидным в тех странах, где температура имеет резкие знакопеременные переходы. Холодная зима, жаркое лето, резкие температурные изменения в короткие периоды времени в течение суток — это быстро разрушает асфальт, вяжущим в котором является синтетический битум. К тому же у него плохие адгезионные свойства. Асфальт с синтетическим битумом не имеет высокой стойкости к колебаниям при изгибе, он подвержен колееобразованию и растрескиванию.

Поэтому чтобы улучшить качество асфальта, введенного с применением синтетического битума, необходимы различные «укрепляющие» добавки. Модификатор должен быть доступен по количеству и цене. Получается, что резина — подходящий по многим параметрам компонент. Она эластична, ее в избытке.

Следующая задача — ввести резиновый порошок в асфальтобетонную смесь, «растворить» в ней... Американцы давно поняли, что в асфальт нужно вводить резину отработанных шин. Их попытки начались с того, что часть щебенки они заменили на резиновые компоненты, размер которых составлял до 20 мм. Они получили довольно интересное упругое покрытие. Асфальт с такой добавкой стал очень быстро растрескиваться. Однако в ходе экспериментов в асфальт попадала и более мелкая резиновая крошка. И вот тогда выяснилось, что именно мелкая, порошкообразная крошка и дает ту устойчивость, сопротивляемость растрескиванию, которую не могли обеспечить крупные частицы резины. Тогда американцы начали вводить миллиметровые, полумиллиметровые частицы резины. Но чтобы получить тот эффект, который сегодня дает модификатор, разработанный «УНИРЕМ», надо вводить значительно более мелкие частицы.

В созданных в лаборатории диспергаторах за счет действия высокой температуры и значительных сдвиговых усилий происходит не просто измельчение — происходит частичная (дискретная) девулканизация резины. Причем не только на поверхности всех частиц, но и в глубине. В этот момент разрушается 15–30% всех межмолекулярных связей. Но деструкции самих молекул не происходит. Таким образом получаем частицы резины, состоящие из микроблоков, размер которых от нескольких микрон и более. Эти микроблоки достаточно слабо связаны друг с другом. Что, кстати, дает огромное преимущество, которого нет у других резиновых порошков, предлагаемых сегодня различными производителями модификаторов асфальтобетонных. Такие частицы не требуют дополнительной химической обработки перед помещением их в битум. В горячем битуме эти частицы самостоя-

тельно распадаются на микро-, а потом и на наноблоки. И вот уже эти наночастицы и дают желаемый эффект.

Участки дорог, уложенные с применением модификатора «УНИРЕМ», эксплуатируют уже в течение нескольких лет. Первым из них был участок трассы М-10 (Москва — Санкт-Петербург). Укладка дорожного покрытия была произведена в 2005 г. До сих пор этот участок не требует ремонта: нет ни растрескивания, ни колеейности. Установлено, что добавление модификатора повышает сопротивление образованию колеи в среднем на 25–50% (в зависимости от типа асфальтобетона). Модификатор улучшает качественные показатели асфальтобетонных, в первую очередь усталостной долговечности и сопротивления колееобразованию, и дает возможность повышения срока службы асфальтобетонных покрытий в 1,3–1,5 раза.

Сегодня специалисты ООО «Уником» при содействии разработчиков проводят исследования различных свойств получаемых материалов. Обсуждаются области их применения. Сейчас точно назвать все сферы экономики, где будут использоваться такие порошки, очень сложно. Например, не исключено применение модификатора при строительстве взлетно-посадочных полос, использование этой технологии при создании шумопоглощающих конструкций. Разрабатываются модификаторы узкоспециализированной направленности. Сама технология позволяет модифицировать любые полимеры, а свойства, какие они приобретают, — вопрос для ученых и практиков.

Ключевые слова: *пластическое течение, наковальня Бриджмена, стадия разрушения, высокотемпературное сдвиговое измельчение, ротор-диспергатор, нанопорошки резины, модификаторы асфальтобетона.*



Книга
«Пестроцветные глины
Гжельского
месторождения»

Авторы — Н.С. Русович-Югай,
В.М. Логинов

Монография посвящена изучению глин Гжельского месторождения с целью их использования в производствах тонкой керамики, майолики, народных промыслах, а также в архитектурной и художественной керамике. Представлены результаты геологоразведочных работ, описаны распространенность и запасы глин, отмечена их особенность — широкая цветовая гамма от светло- до темноокрашенных. Рассмотрены геологические условия образования полиминеральных легкоплавких глин и глинистых минералов, показана их структура и свойства, влияние гранулометрического, химического и минерального составов, структуры и текстуры на пластичность, пористость, огнеупорность. Изложены результаты исследования влияния различных технологических факторов и добавок на поведение различных глин Гжельского месторождения, предложена их классификация.

Для приобретения специальной литературы
обращайтесь в издательство
«СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

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

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



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

Реклама

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

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

автоматическая обработка
измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
ультразвуковой

поверхностное и сквозное
прозвучивание



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

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

отрыв со скалыванием
и скалывание ребра

предельное
усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа



ПОС-2МГ4 П

испытание прочности
ячеистых бетонов



предельное
усилие вырыва 2,5 кН

ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ
ДИНАМИЧЕСКИЕ

ПДУ-МГ4 "Удар"

и **ПДУ-МГ4 "Импульс"**

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



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



ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности
сцепления в каменной
кладке

предельное усилие
отрыва 15 кН



АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности
сцепления покрытия
с основанием

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



ИЗМЕРИТЕЛИ
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/м²
-40...+70 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

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



ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ
ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4

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



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

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



ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ
АРМАТУРЫ

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых
усилий 2...120 кН

диаметр
арматуры 3...12 мм



ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ
В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр
арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



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

М.А. ЗАВЬЯЛОВ, А.М. ЗАВЬЯЛОВ, доктора техн. наук,
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ) (Омск)

Постстроительный период жизненного цикла дорожного асфальтобетонного покрытия: синергетические тенденции свойств материала

Постстроительный период в рамках всего жизненного цикла дорожного асфальтобетонного покрытия (завершение строительства – начало эксплуатации) не является продолжительным. Однако возможности анализа процесса этого периода и расчета его продолжительности в зависимости от свойств материала покрытия, технологии строительства и условий эксплуатации во многом определяют потребительские качества автотранспортных сооружений в течение всего жизненного цикла.

В работах [1, 2] были получены зависимости термодинамических функций дорожного покрытия от величины теплоемкости его материала:

$$\delta F = -\mu T \left[C_m \ln T + C_m^0 \left(\frac{T_0}{T} - 1 - \ln T_0 \right) \right]; \quad (1)$$

$$\delta U = \mu (C_m T - C_m^0 T_0); \quad (2)$$

$$\delta S = \mu [C_m (1 + \ln T) - C_m^0 (1 + \ln T_0)], \quad (3)$$

где F – свободная энергия; U – внутренняя энергия; S – энтропия; T_0, T – начальное и текущее значения температуры; C_m – удельная теплоемкость; C_m^0 – начальное значение величины C_m при $T = T_0$; μ – величина, численно равная плотности материала, размерности массы.

Также были получены закономерности изменения величины удельной теплоемкости материала дорожного покрытия от времени эксплуатации, учитывающие марку асфальтобетона и категорию дороги. Анализ характера полученных закономерностей и сопоставление их с экспериментальными данными и визуальными наблюдениями позволил сделать следующее заключение: время начала выполнения ремонтных работ дорожного асфальтобетонного покрытия определяется моментом потери квазилинейности на графиках функции удельной теплоемкости от времени эксплуатации покрытия.

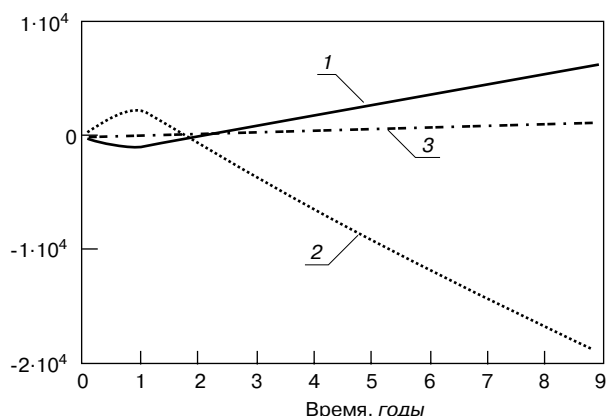


Рис. 1. Зависимости изменения внутренней δU (1), свободной энергии δF (2) и энтропии δS (3) от времени эксплуатации покрытия (мелкозернистый плотный асфальтобетон типа Б, марки I, категория дороги I-A, интенсивность движения >20 тыс. авт./сут; расчеты приводятся в работе [3], с. 224): 1 – δU Дж; 2 – δF Дж; 3 – δS Дж/°С

Расчеты показывают, что указанный момент времени (начало выполнения ремонтных работ) характеризуется согласно графикам на рис. 1 дефицитом свободной энергии F , ее отрицательным приращением. Аналогичные зависимости исходя из экспериментальных данных были построены для различных типов и видов асфальтобетонов [3].

В процессе эксплуатации дорожного асфальтобетонного покрытия внутренняя энергия и энтропия его материала возрастают, в частности величина внутренней энергии постоянно увеличивается вследствие кумуляции диссипативной энергии от контакта покрытия с колесами транспортных средств. В то же время свободная энергия, играющая компенсационную роль в различных деформационных процессах при эксплуатации дорожного покрытия, уменьшается.

Мерой рационального применения технологических операций при строительстве дорожного асфальтобетонного покрытия, а также на этапе завершения строительства является условие достижения материалом покрытия неравновесного стационарного состояния. При этом морфогенез продолжается с формированием в материале покрытия новых качеств: увеличивается плотность [4], возрастает свободная энергия, снижается уровень энтропии [1]. Необратимые процессы, играющие здесь конструктивную роль, обеспечивают уменьшение энтропии путем самоорганизации диссипативных структур [5].

Постстроительный период жизненного цикла дорожного асфальтобетонного покрытия, рассматриваемого как открытая термодинамическая, инженерно-геологическая система, характеризуется достаточно резкими переходами энергии в новое состояние, происходящими при непрерывной эволюции параметров. Эти внезапные изменения были названы Р. Томом (Франция) катастрофами, чтобы подчеркнуть быструю кардинальную перестройку изучаемого объекта [6]. Устойчивому состоянию в нашем случае соответствует минимум свободной энергии, а неравновесному стационарному состоянию – максимум. Изменение состояния данной системы, в частности приращение свободной энергии (рис. 1, линия 2), можно интерпретировать схемой, представленной на рис. 2.

Схему изменения энергетического состояния системы можно рассматривать как некоторую бифуркационную диаграмму, где точка является точкой бифуркации (ветвления). Дело в том, что в конце постстроительного периода нелинейное энергетическое состояние системы определяется не только и не столько инерционными процессами самоорганизации, а в значительной мере тем потоком диссипативной энергии, который поступает от контакта с транспортными средствами в процессе эксплуатации асфальтобетонного покрытия. Поэтому энергетическое развитие системы может пойти и по пунктирному сценарию в зависимости от начальных условий, определяемых технологией строительства и режимом эксплуатации. Хотя в обычных условиях эксплуатации вероятность такого события достаточно низкая.

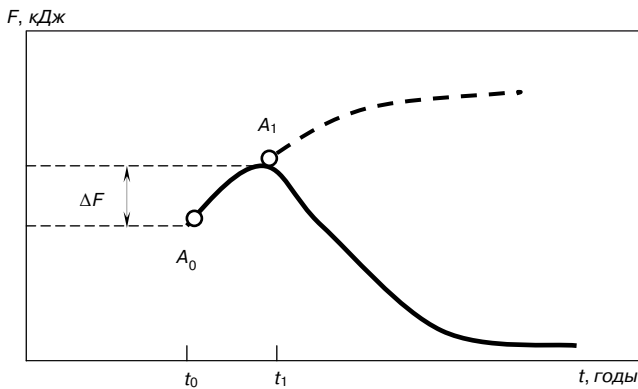


Рис. 2. Схема изменения энергетического состояния системы во времени: о – условное обозначение шарика, интерпретирующего уровень свободной энергии F ; t_0 , t_1 – время завершения строительства и постстроительного периода соответственно; точки A_0 и A_1 характеризуют значения свободной энергии в моменты времени t_0 и t_1 ; сплошная линия из A_1 соответствует устойчивому состоянию, пунктирная – неустойчивому

Анализ и сопоставление характера энергетических изменений и видов поверхностей отклика теории катастроф позволяет исходя из принципа «мягкого моделирования» [5] установить тип катастрофы. В данном случае это катастрофа типа «Сборка», которая соответствует, в частности, потенциалу:

$$W(t) = \frac{t^4}{2} + \frac{(1-2b)t^2}{2} + at, \quad (4)$$

здесь a и b – управляющие параметры, значение которых и их соотношение зависят от уровня технологии строительства, качества ее реализации, а также от типа и марки асфальтобетона.

Продифференцировав выражение (4) и приравняв производную к нулю, получаем условие экстремума потенциала:

$$U(t) = W'(t) = 2t^3 + (1-2b)t + a = 0. \quad (5)$$

Следовательно, состояния равновесия термодинамической системы определяются корнями (критическими точками) уравнения (5).

Как любой многочлен нечетной степени, $U(t)$ имеет по крайней мере один действительный корень. Введем условие кратности корней:

$$U'(t) = 0 \Rightarrow 6t^2 + (1-2b) = 0. \quad (6)$$

Исключив из уравнений (5) и (6) переменную t , получим соотношение управляющих параметров в виде:

$$27a^2 = 2(2b-1)^3. \quad (7)$$

При условии, например, $b=a^2$ уравнение (5) примет вид:

$$2t^3 - 3t + \sqrt{2} = 0. \quad (8)$$

Численное решение уравнения (8) позволяет установить тот факт, что его кратным действительным корнем будет $t \approx 0,8$, т. е. $t_1 - t_0 = 0,8$ (рис. 2).

Иначе говоря, синергетический период, в течение которого происходит самоорганизация диссипативных структур материала, его морфогенез, характеризующийся повышением свободной энергии и снижением уровня энтропии системы, равен 0,8. Если в качестве масштаба времени принять один год, то полученная продолжительность постстроительного периода, равная 9–10 мес, вполне согласуется с результатами работы [3].

Таким образом, бифуркационный подход, рассмотренные синергетических тенденций свойств материала с по-

зиций теории катастроф дают возможность в зависимости от значений и соотношения управляющих параметров, которые в свою очередь являются предметом отдельного исследования, вычислить продолжительность постстроительного периода, в значительной мере определяющего и продолжительность всего периода жизненного цикла дорожного асфальтобетонного покрытия.

Предложен подход, использующий аппарат теории катастроф, который позволяет рассчитать продолжительность постстроительного периода жизненного цикла дорожного асфальтобетонного покрытия. Продолжительность рассматриваемого периода во многом влияет на продолжительность всего жизненного цикла покрытия и на обоснованность назначения сроков ремонтных работ.

Ключевые слова: постстроительный период, свойства материала, дорожное асфальтобетонное покрытие, самоорганизация диссипативных структур, точка бифуркации

Список литературы

1. Завьялов М.А. Функциональное состояние дорожного асфальтобетонного покрытия // Изв. вузов. Строительство. 2007. № 6. С. 92–97.
2. Завьялов М.А., Завьялов А.М. Теплоемкость асфальтобетона // Строительные материалы. 2009. № 7. С. 6–9.
3. Завьялов М.А. Термодинамическая теория жизненного цикла дорожного асфальтобетонного покрытия. Омск: СибАДИ, 2007. 283 с.
4. Богуславский А.М. Дорожные асфальтобетонные покрытия. М.: Высшая школа, 1965. 115 с.
5. Синергетика: Сб. статей / Под ред. Б.Б. Кадомцева. М.: Мир, 1984. 248 с.
6. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 312 с.



Дайджесты

«Керамические строительные материалы»
теперь на DVD

На диске объединены две части дайджеста «Керамические строительные материалы». Собрана информация за период 1996–2008 гг. – наиболее интересные статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»®, всего более 200 статей по тематическим разделам:

- общие вопросы отрасли;
- сырьевая база отрасли;
- оборудование и технологии;
- технологические особенности производства;
- наука – производству;
- предприятия отрасли;
- ограждающие конструкции;
- страницы истории;
- в рамках проекта «Керамтэкс»

**Заказать диск можно в издательстве
«СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»:**

Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36

E-mail: mail@rifsm.ru, rifsm@mail.ru

Э.В. КОТЛЯРСКИЙ, канд. техн. наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Научно-методические основы оценки структурно-механических свойств композиционных материалов на основе органических вяжущих

Композиционные материалы на основе органических вяжущих, в частности асфальтобетонные смеси и асфальтовый бетон, используемые для устройства дорожных покрытий нежесткого типа, представляют собой высококонцентрированные дисперсные системы. Они характеризуются сильно развитой межфазной поверхностью $S_{уд}$ и высокой концентрацией дисперсной фазы φ в жидкой и газовой дисперсионных средах. Это в первую очередь характерно для смесей на этапе перемешивания и на начальной технологической стадии уплотнения конструктивных асфальтобетонных слоев.

Изменение соотношения компонентов (составов) и их качественного состояния в контактных (межфазных) и пограничных слоях приводит к изменению структурных связей в асфальтобетоне и, как следствие, его физико-механических характеристик при работе в дорожной конструкции.

Установлено, что структура асфальтобетона определяется количеством и качеством минеральных составляющих, их взаимным расположением и характером связей между ними. Это согласуется с теорией строительных конгломератов И.А. Рыбьева и полиструктурной теорией В.П. Селятина.

Аддитивные свойства асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов определяются макро-, мезо- и в особенности микроструктурой. Следовательно, создание оптимальных условий для формирования микроструктурных контактных связей может в значительной мере способствовать образованию смесей с необходимыми технологическими свойствами, а асфальтобетона – с требуемыми транспортно-эксплуатационными показателями.

Применительно к дорожному асфальтобетону и асфальтобетонным смесям до последнего времени не было предложено количественных критериев оценки, характеризующих состояние структуры материала как в процессе структурообразования на технологическом этапе, так и при работе в конструктивном слое дорожной одежды под действием различных эксплуатационных факторов. Эта задача может быть решена с использованием основных положений физико-химической механики высококонцентрированных дисперсных систем с учетом специфики контактных взаимодействий.

Наиболее существенное значение в технологии приготовления асфальтобетонной смеси имеют сложные физико-химические процессы, протекающие при взаимодействии битума с поверхностью зерен минеральных составляющих асфальтобетона, и в первую очередь с тонкодисперсными частицами минерального порошка.

В различных технологических и эксплуатационных ситуациях асфальтобетонные смеси и асфальтобетон необходимо рассматривать как высококонцентрированные дисперсные системы, свойства которых во многом зависят от физико-химических процессов, происходящих при их структурообразовании. Оценку этих процессов надо производить с учетом основных законов

физико-химической механики и специфики формирования элементарных контактов. Целевое управление свойствами асфальтобетона можно производить путем регулирования свойств вяжущего в зоне межфазного контакта.

На основании работ П.А. Ребиндера, Е.Д. Шукина, Л.Я. Марголис использовали зависимость прочности пористых тел, учитывающую аддитивность прочности элементарных контактов. Предельное напряжение сдвига P_m можно выразить зависимостью:

$$P_m = k_1 \cdot F_c \cdot n^{2/3} = k_2 \cdot \varphi \cdot S_{уд}^2 = k_3 \cdot F_c \cdot \varphi \cdot d_{экр}^2, \quad (1)$$

где: F_c – средняя сила сцепления в контакте между частицами; n – среднее число контактов между частицами в единице объема (m^3); φ – относительная плотность структуры; $S_{уд}$ – удельная поверхность частиц дисперсной фазы высококонцентрированной дисперсной системы; $d_{экр}$ – характерный размер этих частиц.

Предельное напряжение сдвига P_m можно количественно определять различными экспериментальными методами.

Для определения среднего числа контактов (n) между дисперсными частицами в 1 см^3 использовали эмпирическое выражение, полученное в соавторстве с Н.Б. Урьевым, В.Н. Финашиным и В.Е. Черномазом:

$$n = 6,7373 \cdot 10^{10} \cdot e^{(5,44 \cdot \varphi)} \cdot d_{экр}^2, \quad (2)$$

где φ – относительная плотность уплотненной (уплотняемой) асфальтобетонной смеси; e – основание натуральных логарифмов; $d_{экр}$ – характерный размер частиц минеральной части асфальтобетонной смеси.

Различные варианты теории прочности пористых тел были предложены в работах Е.Д. Яхнина, А.Ф. Полака, Н.Б. Урьева, А.А. Потанина и др. Сложность установления функциональной зависимости P_m от F_c и n состоит в том, что она была обоснована и экспериментально подтверждена для модельных систем, полученных с использованием монодисперсных мономинеральных сферических частиц. В реальных асфальтобетонных смесях необходимо учитывать полидисперсность и полиминеральность минеральных частиц случайной неправильной формы.

Среднюю силу сцепления в контакте между частицами (F_c) определяли по экспериментально полученным значениям предельного напряжения сдвига и известным геометрическим параметрам исследуемой дисперсной системы расчетным путем по преобразованной формуле проф. Е.Д. Яхнина:

$$F_c = P_m \cdot d_{экр}^2 \cdot \rho' \cdot \frac{(\rho - \rho_i)(\rho - \rho_p)}{\rho^2(\rho_i - \rho_p)}, \quad (3)$$

где: ρ' – плотность минеральной части асфальтобетона, $кг/м^3$; ρ – плотность асфальтобетона; ρ_i – достигнутая в

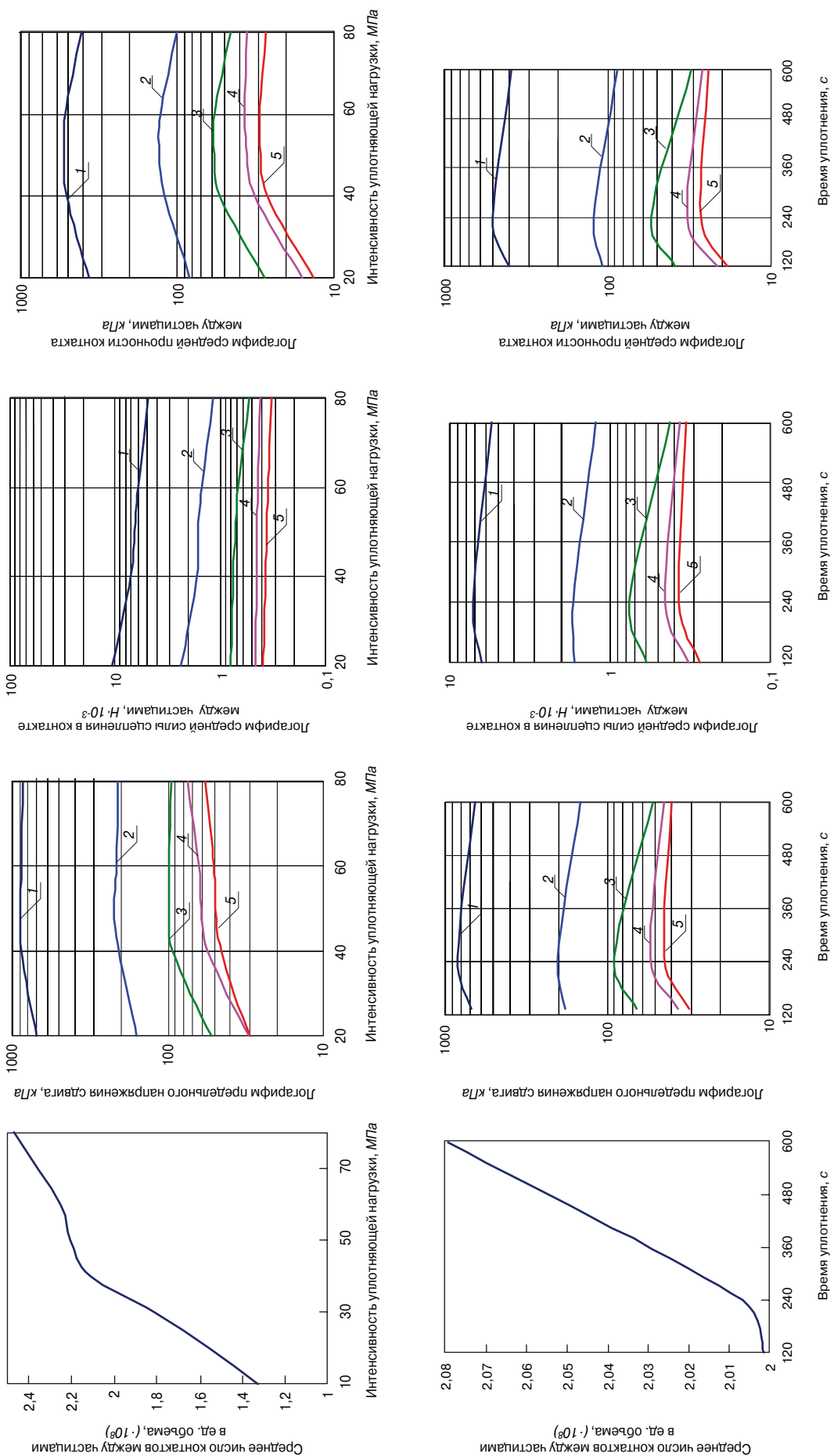


Рис. 1. Изменение структурно-механических параметров асфальтобетона при разной интенсивности и времени действия уплотняющих нагрузок: 1 – 20; 2 – 50; 3 – 80; 4 – 100; 5 – 130

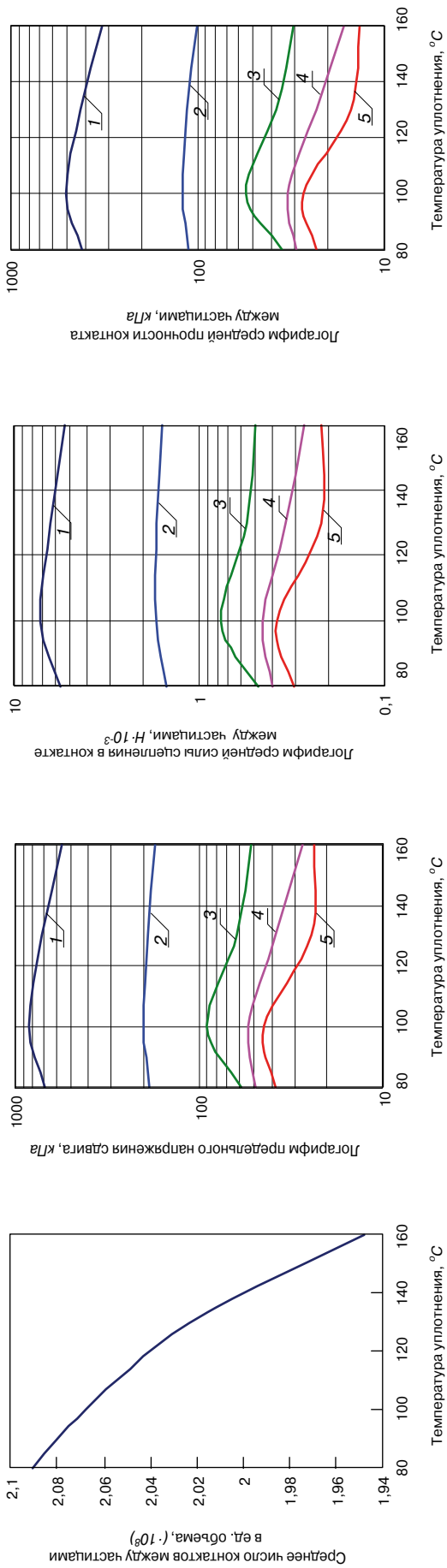


Рис. 2. Изменение структурно-механических параметров асфальтобетона при разной температуре уплотнения: 1 – 20; 2 – 50; 3 – 80; 4 – 100; 5 – 130

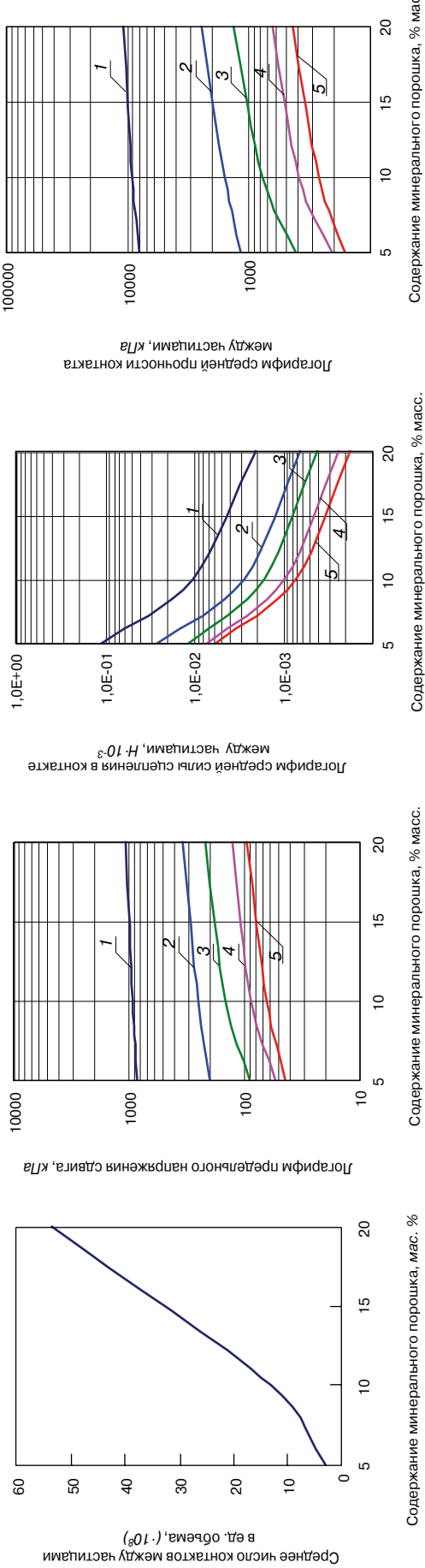


Рис. 3. Изменение структурно-механических параметров асфальтобетона при разном содержании тонкодисперсного заполнителя: 1 – 20; 2 – 50; 3 – 80; 4 – 100; 5 – 130

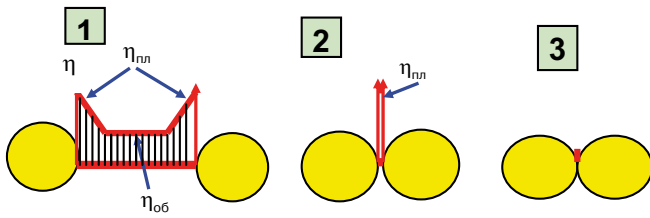


Рис. 4. Этапы структурообразования асфальтобетона при технологических воздействиях: $\eta_{пл}$ – вязкость пленочного битума; $\eta_{об}$ – вязкость объемного битума

результате технологических воздействий плотность асфальтобетона, кг/м^3 ; ρ_p – средняя плотность неуплотненной асфальтобетонной смеси, кг/м^3 , которую определяют экспериментально, зависит от средней плотности исходных компонентов, входящих в состав асфальтобетонной смеси и их соотношения по массе; $d_{экв}$ – эквивалентный размер частиц минеральной части асфальтобетонной смеси.

Учитывая, что $\varphi = \frac{\rho_i}{\rho}$ и $\varphi = \frac{\rho_p}{\rho}$, выражение (3) может быть представлено в виде:

$$F_c = P_m \cdot d_{экв}^2 \cdot \rho' \cdot \frac{\rho'}{\rho_n} \cdot \frac{(1 - \varphi_i) \cdot (1 - \varphi_p)}{(\varphi_i - \varphi_p)}, \quad (4)$$

где: φ_i – относительная плотность, достигнутая в результате технологических воздействий на асфальтобетонную смесь; φ_p – то же абсолютно рыхлой асфальтобетонной смеси.

Среднюю площадь единичного контакта находят из условия аддитивности прочности элементарных контактов дисперсной системы (1). В этом случае средняя площадь единичного контакта (S_i) при их общем числе n равна:

$$S_i = \frac{\sum S_i}{n} = \left(\frac{F_c}{P_m} \right) \cdot \frac{n^{2/3}}{n} = \left(\frac{F_c}{P_m} \right) \cdot n^{-1/3}. \quad (5)$$

Средний размер единичного контакта может быть определен по форме его известной поверхности (которая зависит от условий формирования контакта), размера и формы минеральных частиц, вязкости битума и многих других факторов, которые не поддаются прямому количественному учету. Для упрощения принято, что коагуляционный контакт между частицами происходит по круговой поверхности, тогда размер (или средний диаметр) единичного элементарного контакта будет равен:

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot S_i}{\pi}}. \quad (6)$$

Среднюю прочность единичного контакта (P_i) находят из условия:

$$P_i = \frac{F_c}{S_i} = P_m \cdot n^{2/3}. \quad (7)$$

Для экспериментальной проверки предложенных теоретических представлений были разработаны методики исследовательских работ. Экспериментальную оценку структурно-механических параметров производили для различных асфальтобетонных смесей с разными исходными компонентами. Варьировали интервалы основных технологических и эксплуатационных факторов (рис. 1).

Для оценки процессов формирования структуры асфальтобетонных смесей на технологическом этапе в лабораторных и опытно-производственных условиях различными методами устанавливали предельное напряжение сдвига (P_m). Для тонко- и мелкодисперсных модельных составов использовали ротационную вискозиметрию и коническую пластометрию. Для каркасных составов применяли методики, предложенные в разное время Г.Н. Кирюхиным, Б.Н. Никольским,

В.М. Гоглидзе, штамповые и стандартные методы. Это позволило определить значения F_c , n , P_i , d_i .

Экспериментальные исследования процесса формирования асфальтобетонных смесей, полученные в лаборатории кафедры дорожно-строительных материалов МАДИ, позволили установить, что наиболее весомыми технологическими параметрами являются температура уплотнения, интенсивность и время действия уплотняющей нагрузки (рис. 2).

С возрастанием уплотняющей нагрузки от 10 до 80 МПа наблюдается монотонное убывание пористости, водонасыщения и рост плотности. Происходит монотонное увеличение среднего числа контактов между частицами в единице объема, одновременно примерно в 2–2,5 раза снижается средний размер единичного контакта. Прочность и динамический модуль упругости сначала растут, а при достижении уплотняющей нагрузки 40–60 МПа начинает снижаться. Более выраженно этот характер проявляется у высокопористых бескаркасных смесей, менее – у плотных песчаных и щебенистых уплотненных асфальтобетонных смесей (рис. 3).

При нагрузках 60–80 МПа у щебенистых асфальтобетонных смесей наблюдается частичное дробление грубодисперсных каркасных зерен, что коррелируется с результатами, ранее полученными Н.В. Горелышевым.

При всех значениях температуры испытаний предельное напряжение сдвига носит экстремальный характер и может изменяться в 1,5–2 раза. Это связано с условиями формирования макро-, мезо- и микроструктуры композиционного материала и изменением вязкости объемного и пленочного битума при разных значениях технологической температуры и временных параметров уплотняющего усилия.

Средняя прочность единичного контакта при нагрузках 40–60 МПа также имеет выраженный экстремум. Снижение контактной прочности при дальнейшем увеличении уплотняющей нагрузки объясняется образованием «обнаженных контактов».

При увеличении температуры в процессе уплотнения относительная плотность асфальтобетонной смеси и среднее число контактов между частицами монотонно уменьшается. Средний размер единичных контактов незначительно увеличивается, например с 4,26 $\mu\text{м}^2$ при 80°C до 5,2 $\mu\text{м}^2$ при 160°C.

С изменением технологической температуры уплотнения происходит экстремальное изменение средней силы сцепления в контакте между частицами, более выраженное при высокой температуре испытаний (80–130°C).

При изменении времени действия уплотняющей нагрузки относительная плотность и среднее число контактов между частицами в единице объема монотонно увеличивается, а средний размер контактов монотонно уменьшается. Более интенсивно для разных составов и режимов уплотнения это происходит при действии уплотняющей нагрузки в течение 120–300 с.

Изменение предельного напряжения сдвига при разном времени уплотнения также характеризуется экстремумом (при 180–240 с). Более интенсивно P_m увеличивается при времени действия уплотняющей нагрузки до 180 с (в 1,4–1,8 раза). Аналогично, но с разной интенсивностью изменяется величина средней силы сцепления в контакте между частицами и средней прочности единичного контакта. Эта закономерность характерна в широком интервале температуры испытания (20–130°C) и скорости сдвига (2,5–50 мм/мин). Установлено, что уменьшение P_m , F_c и P_i с увеличением времени уплотнения вызвано разрушением коагуляционных контактов, образованием сухих, обнаженных связей.

С какого-то момента уплотнения деструктивные процессы в уплотняемом материале начинают доминировать над структурообразующими.

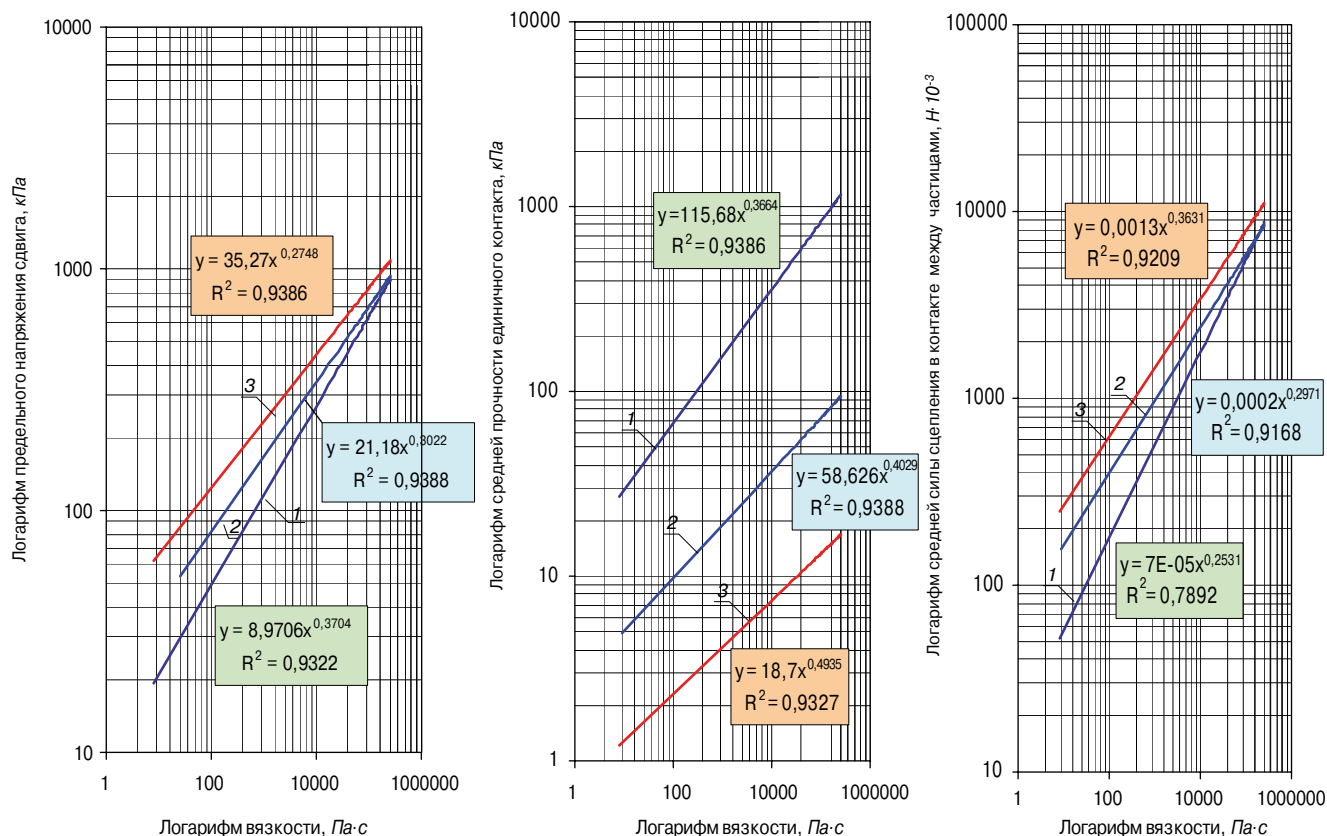


Рис. 5. Построение и статистический анализ однофакторных регрессионных моделей зависимости предельного напряжения сдвига, средней силы сцепления в контакте между частицами и средней прочности единичного контакта от вязкости битума при различном содержании тонкодисперсного наполнителя: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 20

В результате установлено, что структурообразование асфальтобетона на технологической стадии протекает поэтапно (рис. 4), при этом оптимальные структуры материала формируются на втором этапе.

Именно на втором этапе происходит структурное формирование вязкости пленочного битума в контактной зоне на межфазных границах под действием всех структурообразующих факторов. Дальнейшие уплотняющие воздействия вызывают разрушение элементарных контактов, что отражается на снижении структурно-механических характеристик.

Увеличение в различных составах содержания высокодисперсного заполнителя (в пределах 5–20 мас. %) вызывает монотонное (в 1,1 раза) увеличение плотности. Среднее число контактов между частицами в единице объема при этом возрастает в 1,8 раза, а средний размер контактов между минеральными частицами уменьшается в 2,2 раза. Эти структурные изменения приводят к монотонному увеличению предельного напряжения сдвига, которое находится в зависимости от температуры.

Сила сцепления в контакте между частицами монотонно снижается в 1,5–2,2 раза, что, по мнению автора, связано с изменением силовых условий структурообразования асфальтобетона, т. е. с увеличением содержания высокодисперсной фазы при прочих равных условиях, общая уплотняющая нагрузка распределяется на большее число сопротивляющихся изменению структурного состояния элементарных контактов, а на формирование каждого единичного контакта приходится меньшее уплотняющее усилие. Интегральная прочность высококонцентрированной дисперсной системы увеличивается в основном за счет опережающего роста количества контактов. Средняя прочность единичного контакта при всех значениях температуры и скоростей испытания монотонно растет в 1,4–3 раза. Это обстоятельство хорошо

корреспондируется с выводами, полученными П.А. Ребиндером, Н.В. Михайловым и С.Я. Шалыт об изменении вязкости битума в приграничной зоне раздела дисперсионной среды и дисперсной фазы и представлениями И.В. Королева о наличии в структуре асфальтобетона объемного и пленочного битума.

С увеличением вязкости битума плотность, среднее число контактов в единице объема и средняя площадь единичного контакта в модельных смесях изменяются незначительно. Одновременно установлено, что другие структурно-механические показатели в процессе структурообразования сильно зависят от вязкости битума. Они могут изменяться на 1,5–2 порядка (рис. 5). В свою очередь вязкость битума зависит от его марки и градиента сдвига и температуры.

Наглядную качественную картину структурных изменений позволили получить результаты электронно-микроскопических исследований.

В лаборатории электронной микроскопии Института физической химии и электрохимии РАН с помощью электронного сканирующего микроскопа (фирмы «Джеол») были получены микрофотографии элементов структуры уплотненных модельных асфальтобетонных смесей. Для этого образцы подвергали расколу в жидком азоте, что дало возможность получить пробы соответствующего размера, необходимые для электронно-микроскопических исследований на свежем изломе.

Для каждой серии образцов были получены микрофотографии структуры исследуемых составов. Характерный вид структуры уплотненных асфальтобетонных смесей на электронных микроснимках показан на рис. 6.

Разработанная оригинальная методика обработки предаматривала качественно-количественный анализ микрофотографий, полученных для модельных асфальтобетонов нескольких составов при различных техноло-

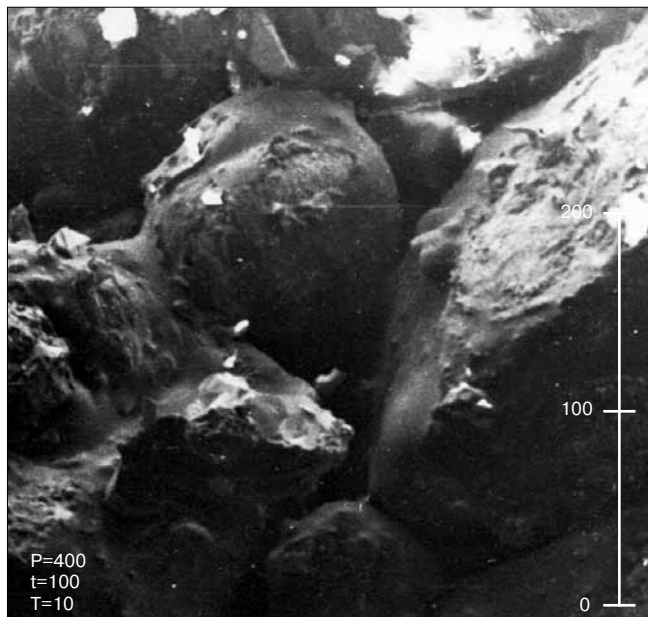


Рис. 6. Микрофотографический снимок, полученный на электронном микроскопе «Джеол»

гических параметрах процесса формирования структуры материала. Наблюдаемые на микрофотографиях структуры характеризовались размером единичных структурных элементов, их количеством, разбросом и неоднородностью. При анализе эти показатели сравнивали с показателями полученных структурно-механических свойств соответствующих серий образцов при различных условиях формирования структуры асфальтобетона.

На микроснимках кроме минеральных частиц и пор хорошо наблюдаются еще два элемента структуры асфальтобетона. Это – поверхности минеральных частиц, не покрытые битумом (или обнаженные поверхности, разрушенные в процессе уплотнения и появившиеся в результате разлома образцов в жидком азоте), и непосредственно коагуляционные битумные связи.

Наблюдаемый размер обнаженных поверхностей лежит в пределах 2–50 мкм, а коагуляционных контактов – в пределах 2–8 мкм.

Установлено, что качественная и количественная оценки результатов электронно-микроскопических исследований четко коррелируют с результатами определения структурно-механических свойств.

1. Разработаны методологические принципы оценки структурно-механических свойств асфальтобетонных смесей и асфальтового бетона, учитывающие свойства и количественное соотношение исходных компонентов, технологические воздействия в процессе формирования смесей, что подтверждено результатами лабораторных экспериментов, электронно-микроскопических исследований и опытно-производственных работ.
2. Предложено теоретическое описание особенностей структурообразования асфальтобетона. Экспериментальные результаты позволили количественно оценить структурно-механические изменения, происходящие в уплотняемых асфальтобетонных смесях, и дать качественно-количественную оценку трех этапов структурообразования при формировании структуры и свойств асфальтобетона.
3. Установлено, что при уплотнении асфальтобетонных смесей достижение нормативной плотности асфальтобетона в конструктивных слоях дорожной одежды не гарантирует получения всего требуемого комплекса физико-механических свойств и структуры материала, отвечающих эксплуатационным условиям.

4. Разработана методика проектирования асфальтобетона для устройства покрытий автомобильных дорог по требуемому комплексу показателей структурно-механических свойств.

Ключевые слова: асфальтобетон, физико-химическая механика, теория контактных взаимодействий, структурообразование, методика проектирования.

Список литературы

1. Котлярский Э.В., Финашин В.Н., Урьев Н.Б., Черномаз В.Е. Формирование структуры высококонцентрированных дисперсных материалов с учетом контактных взаимодействий в процессе уплотнения (на примере асфальтового бетона) // Коллоидный журнал. 1987. № 1. С. 72–76.
2. Котлярский Э.В. Структурно-механические свойства асфальтобетона и асфальтобетонных смесей // Сб. докладов Междунар. научно-практической конф. «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии», ч. 1: Эффективные материалы, технологии, машины для строительства и эксплуатации автомобильных дорог. Обеспечение безопасности движения. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. Сентябрь.
3. Котлярский Э.В. Структурно-механические свойства асфальтобетонных смесей и асфальтобетона // Научно-теоретический журнал Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 4–9.
4. Котлярский Э.В., Гридчин А.М. Расчетно-экспериментальная оценка битумоемкости минеральных материалов для приготовления асфальтобетонных смесей // Строительные материалы. 2011. № 2. С. 40–44.



В.И. Корнеев, П.В. Зозуля
СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ
СОСТАВ, СВОЙСТВА

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. – 320 с.

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах.

Приведены основные определения и классификации сухих смесей. Охарактеризованы составляющие: вяжущие, заполнители, наполнители, функциональные добавки. Показана методика проектирования составов. Описаны основные группы ССС, их состав и свойства. В приложении даны основные применяемые термины и определения, наиболее употребляемые единицы измерения, перечень российских и зарубежных стандартов и др.

Допущено учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Стоимость одного экземпляра 900 р. без учета доставки

По вопросам приобретения книги обращаться по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36
 E-mail: mail@rifsm.ru

А.В. КОЧЕТКОВ, д-р техн. наук, профессор, член президиума Российской академии транспорта, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; Н.Е. КОКОДЕЕВА, канд. техн. наук, Саратовский государственный технический университет; М.В. СТЕПАНОВ, главный инженер проекта, ООО «М-Дорсервис», Москва; М.В. ВЬЮГОВ, директор ООО «ФОРТЕК», Саратов; Е.М. ХИЖНЯК, начальник отдела ОАО «ВАТИ», (г. Волжский, Волгоградская обл.)

Нормирование на основе оценки степени риска статистических показателей качества производства геосинтетических материалов и изделий

При конкуренции на рынке геотехнических материалов и изделий остро встает вопрос об определении технико-экономических преимуществ конкретного продукта или производства перед конкурентами.

Одной из нерешенных, но актуальных задач является учет в проектировании, производстве и применении геосинтетических материалов и изделий новых принципов технического регулирования, изложенных в Федеральном законе «О техническом регулировании», где устанавливается разработка технических регламентов с учетом степени риска и степени причиняемого ущерба [1–6].

Используется теоретико-вероятностный подход, основанный на теории риска, предложенный профессором В.В. Столяровым, который является руководителем нового научного направления «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения с учетом теории риска». В нем решаются задачи определения оценки риска по данным коэффициента вариации входных информативных параметров.

В настоящей статье по методике профессора В.В. Столярова решается обратная задача определения коэффициента вариации для показателей прочности геотехнической арматуры (как примера геосинтетического изделия) по данным оценки степени риска различного уровня. На этом примере разработана методика определения требований к качеству производства геотехнической арматуры. Считается важным, чтобы на всей конструкции геотехнической арматуры не было слабых мест, иначе возникает риск образования разрыва, т. е. коэффициент вариации прочности соединительного шва должен быть минимальным.

Для упрощения сначала последовательно задавались уровни риска 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4. Строили графическое представление логарифмической зависимости, которая позволяет оценить влияние изменения уровня риска на изменение коэффициента вариации прочности соединительных швов геотехнической арматуры.

Использовали типовое нормативное значение для прочности геотехнической арматуры, заявляемое, например, группой компаний «ЕВРОДОР» (Санкт-Петербург) и ООО «ФОРТЕК» (Саратов).

Выражение для оценки вероятности разрыва шва геотехнической арматуры (r) имеет вид:

$$r = 0,5 - \Phi \left(\frac{\sigma_{\text{наиб}} - \sigma_{\text{кр}}}{\sqrt{m_{\sigma_{\text{наиб}}}^2 + m_{\sigma_{\text{кр}}}^2}} \right), \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{наиб}}$ – наибольшая прочность соединительного шва, кг/п. см; $m_{\sigma_{\text{наиб}}}$ – среднее квадратическое отклонение наибольшей прочности соединительного шва, кг/п. см; $\sigma_{\text{кр}}$ – критическая прочность соединительного шва, при которой вероятность его разрыва равна 50%, кг/п. см; $m_{\sigma_{\text{кр}}}$ – среднее квадратическое отклонение критической прочности соединительного шва, кг/п. см; Φ – функция Лапласа.

Величина наибольшей прочности соединительного шва принята (с учетом требований заказчика согласно стандарту организации ООО «ФОРТЕК») $\sigma_{\text{наиб}} = 10$ кг/п. см.

Среднее квадратическое отклонение наибольшей прочности соединительного шва определяется по формуле:

$$m_{\sigma_{\text{наиб}}} = C_V^{\sigma_{\text{наиб}}} \cdot \sigma_{\text{наиб}}, \quad (2)$$

где $C_V^{\sigma_{\text{наиб}}}$ – коэффициент вариации наибольшей прочности соединительного шва.

Критическую прочность соединительного шва ($\sigma_{\text{кр}}$), при которой вероятность его разрыва равна 50%, устанавливаем по формуле:

– при $C_V^{\sigma_{\text{кр}}} \neq 0,2$

$$\sigma_{\text{кр}} = \frac{\sqrt{\sigma_{\text{пред}}^2 + [25(C_V^{\sigma_{\text{кр}}})^2 - 1](\sigma_{\text{пред}}^2 - 25m_{\text{пред}}^2)} - \sigma_{\text{пред}}}{25(C_V^{\sigma_{\text{кр}}})^2 - 1}; \quad (3)$$

– при $C_V^{\sigma_{\text{кр}}} = 0,2$

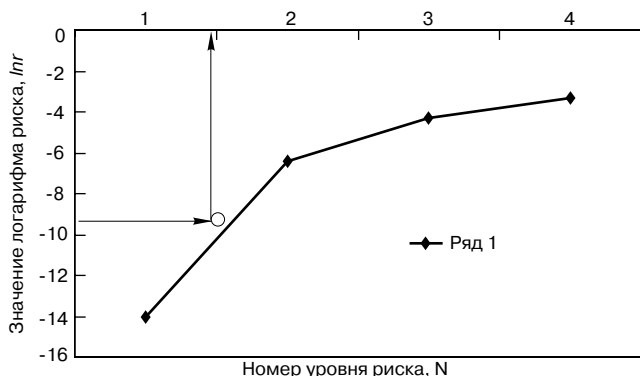
$$\sigma_{\text{кр}} = \frac{\sigma_{\text{пред}}^2 - 25m_{\text{пред}}^2}{2\sigma_{\text{пред}}}, \quad (4)$$

где $C_V^{\sigma_{\text{кр}}}$ – коэффициент вариации критической прочности соединительного шва; $\sigma_{\text{пред}}$ – нормативное значение предельной прочности соединительного шва, равное 9,9 кг/п. см. При меньшем значении параметра $\sigma_{\text{пред}}$ наступает пластическое деформирование соединительного шва при его растяжении при изгибе (появление белого цвета); $m_{\text{пред}}$ – среднее квадратическое отклонение предельной прочности соединительного шва, кг/п. см.

Среднее квадратическое отклонение предельной прочности соединительного шва вычисляем по формуле:

$$m_{\text{пред}} = C_V^{\sigma_{\text{пред}}} \cdot \sigma_{\text{пред}}, \quad (5)$$

где $C_V^{\sigma_{\text{пред}}}$ – коэффициент вариации предельной прочности соединительного шва. Принято $C_V^{\sigma_{\text{пред}}} = 0,1$ [ОДН 218.046–01]. Тогда $m_{\text{пред}} = 0,1 \cdot 9,9 = 0,99$ кг/п. см.



Зависимость изменения коэффициента вариации прочности изготавливаемых на производстве швов геосинтетической арматуры; белая точка – контрольное значение оценки риска и коэффициента вариации

При определении параметра $C_V^{\sigma_{кр}}$ учитывали, что разрыв соединительного шва при его критической прочности должен обладать той же однородностью исходных параметров, что и разрыв соединительного шва при его наибольшей прочности. То есть:

$$C_V^{\sigma_{кр}} = C_V^{\sigma_{наиб}}. \quad (6)$$

Среднее квадратическое отклонение критической прочности соединительного шва вычисляем по формуле:

$$m_{кр} = C_V^{\sigma_{кр}} \cdot \sigma_{кр}. \quad (7)$$

Произведем ряд расчетов по данной методике.

1. Примем $C_V^{\sigma_{наиб}} = 0,1$. Тогда:

$$\sigma_{кр} = \frac{\sqrt{9,9^2 + [25 \cdot 0,1^2 - 1](9,9^2 - 25 \cdot 0,99^2)} - 9,9}{25 \cdot 0,1^2 - 1} = 4,47 \text{ кг/п. см.}$$

$$m_{\sigma_{наиб}} = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ кг/п. см.};$$

$$m_{\sigma_{кр}} = 0,1 \cdot 4,47 = 0,447 \text{ кг/п. см.}$$

Оценим риск разрыва шва геосинтетической арматуры:

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{10 - 4,47}{\sqrt{1^2 + 0,447^2}}\right) = 0,5 - \Phi(5) =$$

$$= 0,5 - 0,4999992 = 0,0000008 = 8 \cdot 10^{-7}.$$

2. Примем $C_V^{\sigma_{наиб}} = 0,15$. Тогда:

$$\sigma_{кр} = \frac{\sqrt{9,9^2 + [25 \cdot 0,15^2 - 1](9,9^2 - 25 \cdot 0,99^2)} - 9,9}{25 \cdot 0,15^2 - 1} =$$

$$= 3,104 = 4,08 \text{ кг/п. см.};$$

$$m_{\sigma_{наиб}} = 0,15 \cdot 10 = 1,5 \text{ кг/п. см.};$$

$$m_{\sigma_{кр}} = 0,15 \cdot 4,08 = 0,612 \text{ кг/п. см.}$$

Оценим риск разрыва шва геосинтетической арматуры:

$C_V^{\sigma_{наиб}}$	Номер уровня риска	r	$\ln r$
0,1	1	$8 \cdot 10^{-7}$	-14
0,15	Контрольное значение	0,000137	-8,9
0,2	2	0,00164	-6,41
0,3	3	0,0139	-4,276
0,4	4	0,036	-3,32

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{10 - 4,08}{\sqrt{1,5^2 + 0,612^2}}\right) = 0,5 - \Phi(3,65) =$$

$$= 0,5 - 0,4998631 = 0,000137.$$

3. Примем $C_V^{\sigma_{наиб}} = 0,3$.

$$\sigma_{кр} = \frac{\sqrt{9,9^2 + [25 \cdot 0,3^2 - 1](9,9^2 - 25 \cdot 0,99^2)} - 9,9}{25 \cdot 0,3^2 - 1} =$$

$$= 3,104 \text{ кг/п. см.};$$

$$m_{\sigma_{кр}} = 0,3 \cdot 3,104 = 0,93 \text{ кг/п. см.};$$

$$m_{\sigma_{наиб}} = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ кг/п. см.}$$

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{10 - 3,104}{\sqrt{3^2 + 0,93^2}}\right) = 0,5 - \Phi(2,2) =$$

$$= 0,5 - 0,486096 = 0,0139.$$

4. Примем $C_V^{\sigma_{наиб}} = 0,4$.

Подставив значения в формулу (3), получим:

$$\sigma_{кр} = \frac{\sqrt{9,9^2 + [25 \cdot 0,4^2 - 1](9,9^2 - 25 \cdot 0,99^2)} - 9,9}{25 \cdot 0,4^2 - 1} =$$

$$= 2,65 \text{ кг/п. см.};$$

$$m_{\sigma_{кр}} = 0,4 \cdot 2,65 = 1,06 \text{ кг/п. см.};$$

$$m_{\sigma_{наиб}} = 0,4 \cdot 10 = 4,0 \text{ кг/п. см.}$$

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{10 - 2,65}{\sqrt{4^2 + 1,06^2}}\right) = 0,5 - \Phi(1,8) =$$

$$= 0,5 - 0,4640692 = 0,036.$$

5. Примем $C_V^{\sigma_{наиб}} = 0,2$.

Подставив значения в формулу (3), получим:

$$\sigma_{кр} = \frac{\sigma_{пред}^2 - 25 m_{пред}^2}{2\sigma_{пред}} = \frac{9,9^2 - 25 \cdot 0,99^2}{2 \cdot 9,9} =$$

$$= 3,71 \text{ кг/п. см.};$$

$$m_{\sigma_{кр}} = 0,2 \cdot 3,71 = 0,74 \text{ кг/п. см.};$$

$$m_{\sigma_{наиб}} = 0,2 \cdot 10 = 2,0 \text{ кг/п. см.}$$

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{10 - 3,71}{\sqrt{2^2 + 0,74^2}}\right) = 0,5 - \Phi(2,95) =$$

$$= 0,5 - 0,49836 = 0,00164.$$

Прологарифмируем оценки риска разрыва швов геотехнической арматуры и сведем полученные результаты в таблицу и на рисунок.

Примем нормативное значение риска $r = 0,00001 = 1 \cdot 10^{-4}$ ($\ln r = -9,2$). Тогда согласно графику (рисунок) установленными требованиями к коэффициенту вариации параметров прочности швов геотехнической арматуры будет значение $C_V = 0,14$.

Данная методика реализована в вычислительном программном модуле «Качество–риск-2010» и принята как нормативный документ (стандарта организации) в группе компаний «Евродор» (Санкт-Петербург), ООО «Фортек» (Саратов), ОАО «ВАТИ» (г. Волжский).

1. Впервые поставлена и решена задача определения требований к статистическим показателям качества производства геотехнической арматуры на основе оценки степени риска с учетом результатов научной школы профессора В.В. Столярова.

2. Данная методика реализована в вычислительном программном модуле «Качество—риск-2010» и принята как стандарты в ряде организаций.

Ключевые слова: нормирование, геосинтетические материалы, коэффициент вариации, теоретико-вероятностный подход, арматура.

Список литературы

1. Проектирование нежестких дорожных одежд (ОДН 218.046–01) / Гос. служба дор. хоз. Министерства транспорта РФ. М.: Транспорт, 2001. 145 с.
2. Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог (ОДМ 218.5.001–2009) М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). 2010. 85 с.
3. *Столяров В.В.* Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска. Части 1, 2. Саратов: СГТУ, 1994. 184 с., 232 с.
4. *Кокодеева Н.Е.* Влияние влажности подстилающего слоя грунта на вероятности нарушения сплошности монолитного слоя при изгибе // Актуальные проблемы эксплуатации транспорта: Межвуз. науч. сб. / Саратов: СГТУ, 2000. С. 139–144.
5. *Кокодеева Н.Е.* Оценка качества существующих дорожных одежд нежесткого типа с учетом вариации влажности (с позиции теории риска) // Дорожная держава. 2009. № 19. С. 72–75.
6. *Семенов В.А.* Качество и однородность автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1989. 125 с.

30 НОЯБРЯ - 2 ДЕКАБРЯ
г. Сургут, “Ледовый дворец”
10-я юбилейная выставка
АРХИТЕКТУРА И
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Тематика выставок:
 Архитектура и градостроительство.
 Энергетика. ЖКХ.
 Финансовая ярмарка.
 РизлтЭкспо. Зарубежная недвижимость.
 Наружная реклама.

Организаторы:
 Департамент архитектуры и градостроительства Администрации г. Сургута
 ООО “Выставки. Конференции”

Три по д.держки:
 Ассоциации строительных организаций Сургута и Сургутского района

(3462) 52-00-40, 32-34-53
www.yugcont.ru, expo@wsmail.ru

Активатор
 измельчение активация синтез

Лабораторные мельницы “Активатор” для заводских и исследовательских лабораторий.



Активатор-2SL



Для пробоподготовки материалов



Активатор-4M



Для наработки небольших партий материалов



Активатор-2S

Для помола материалов в ударном, сдвиговом, вихревом режимах

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

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

Реклама

УДК 625.8

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, канд. техн. наук, В.М. ПРИХОДЬКО, чл.-корр. РАН,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

К вопросу обеспечения качества дорожных покрытий

Изменение транспортно-эксплуатационного состояния дорожного покрытия — динамический процесс, за которым необходимо наблюдать. Применяемые ранее методы, когда состояние объекта оценивали визуально, уходят в прошлое, что прежде всего связано с низкой производительностью, субъективной оценкой и небезопасностью проведения обследования. Появившиеся в последнее время различные модификации передвижных дорожных лабораторий полностью исключают вышеуказанные недостатки. Современные автоматизированные передвижные дорожные комплексы оснащены системами сбора, обработки и анализа получаемой информации о транспортно-эксплуатационном состоянии дорожного объекта, обеспечивают привязку информации к глобальной навигационной системе. Вся полученная информация сохраняется в базе данных, позволяющей в случае необходимости иметь возможность повторного просмотра и анализа информации, что существенно повышает объективность и достоверность получаемых данных. Все указанные преимущества дают реальную возможность организации действенного мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния дорожных объектов, призванного в конечном счете получить выработанные обоснованные управленческие решения.

В 2007 г. по заказу правительства Москвы МАДИ разработал и передал городу 10 передвижных дорожных лабораторий — автоматизированных дорожных сканеров «АДС-МАДИ» (фото на обложке), которые обеспечивают возможность фиксации продольной и поперечной ровности дорожного покрытия, дефектов, состояния горизонтальной дорожной разметки и других параметров транспортно-эксплуатационных дорожных покрытий. Установленное на лаборатории георадарное оборудование позволяет заглянуть под поверхность дорожного покрытия.

Передвижные лаборатории позволяют исследовать динамику изменения состояния дорожных покрытий, в том числе образование колеиности.

Образование колеи связывают с наличием шипованной резины, использованием противогололедных реагентов, интенсивностью и скоростным режимом автомобильного движения, климатическими факторами. Воздействия различных факторов накладываются и взаимно усиливают друг друга, проявляя так называемый синергетический эффект. Противогололедные реагенты и переменное замораживание и оттаивание приводят к ослаблению в первую очередь поверхностного слоя дорожного покрытия, существенно увеличивают разрушающее действие шипованной резины. Такие факторы, как воздействие шипов и скорости движения транспортного средства на дорожное покрытие невозможно смоделировать в лабораторных условиях.

Различные модификации асфальтобетонных смесей не могут быть объективно оценены на основе существующих лабораторных методов испытания с точки зрения их износо- и колееустойчивости.

Испытания асфальтобетонных покрытий в условиях эксплуатации, максимально приближенных к реальным, возможны с использованием кольцевых испытательных стендов [1], имеющих преимущества и недостатки.

Недостатки связаны с движением колеса по кольцевой траектории, что изменяет характер взаимодействия

его с дорожным покрытием. Большая громоздкость этих стендов требует их размещения под открытым небом.

Конструкция кольцевого стенда имеет и ряд неоспоримых преимуществ. Это возможность обеспечения скоростного режима движения колеса по покрытию, четкого прохождения его по одному и тому же следу. При этом кольцевой стенд может обеспечить проведение сравнительных испытаний различных материалов в абсолютно идентичных условиях. Это позволяет получить достоверную и объективную информацию о колееустойчивости различных перспективных материалов. В этом случае расположение стенда под открытым небом нельзя рассматривать в качестве недостатка, так как окружающая среда будет оказывать на все испытываемые участки одинаковое действие и как фактор влияния может быть учтена в выводах.

За рубежом существуют испытательные комплексы, обеспечивающие возможность проведения испытаний дорожных покрытий, в том числе кольцевые стенды различных диаметров, создающие различную нагрузку при изменяемой скорости движения.

В МАДИ завершается строительство универсального испытательного комплекса для дорожных одежд и автомобильных шин, который по ряду параметров существенно превосходит зарубежные аналоги (фото на обложке). Комплекс состоит из двух кольцевых испытательных стендов диаметром 30 ± 2 м. Один стенд моделирует нагрузку от легкового автомобиля (до 0,6 т на колесо) и обеспечивает скорость движения колеса до 140 км/ч. Второй моделирует нагрузку от грузового автомобиля (до 7 т на колесо) и обеспечивает скорость движения до 80 км/ч. Ширина дорожного покрытия 3,75 м.

На каждом стенде одновременно может быть уложено до трех секций из различных асфальтобетонов протяженностью участков по $31,4 \pm 3,9$ м площадью 116 м^2 , что обеспечит возможность осуществить сравнительные испытания материалов в абсолютно идентичных условиях при максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации, а также выбора наиболее перспективных материалов и оптимальных технических решений.

Проведение сравнительных испытаний на базе создаваемого стенда должно явиться более эффективным и дешевым экспериментом по выбору оптимальных технических решений, нежели строительство опытных участков на дорожных объектах. Комплексные сравнительные испытания различных на первый взгляд эквивалентных материалов обеспечат возможность объективно выявить лучшие из них, что позволит существенно повысить транспортно-эксплуатационное качество дорожных покрытий.

Конструкция стендов обеспечивает возможность одновременной оценки действия на дорожное покрытие шипованных и нешипованных шин, ведущих и ведомых колес, позволит осуществить испытания горизонтальной дорожной разметки, деформационных швов, материалов для ремонта дорожных покрытий.

Литература

1. Мозговой В.В., Онищенко А.Н., Прудкий А.В. и др. Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеиности // Дорожная техника. 2010. С. 114–128.

А.В. КОРОЧКИН, канд. техн. наук, главный инженер ООО «Транспроект»,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Проблема отраженных трещин в асфальтобетонном покрытии, уложенном на цементобетонное основание

Одной из неразрешимых проблем в дорожной отрасли является появление на покрытии в процессе эксплуатации автомобильной дороги отраженных трещин. В первую очередь это относится к конструкциям дорожной одежды, в составе которой в качестве нижнего слоя покрытия или верхнего слоя основания применяются материалы, укрепленные минеральным вяжущим. Наиболее распространенными являются слои из цементобетона, тощего бетона, песка, укрепленного цементом, и др.

В процессе эксплуатации дорожная конструкция находится под действием множества различных природно-климатических факторов, к которым в первую очередь следует отнести температуру окружающей среды, атмосферные осадки, солнечную радиацию, облачность, ветер, глубину промерзания. Сезонные и суточные колебания температуры приводят к деформациям, а следовательно, вызывают и соответствующие напряжения. В связи с этим появляется необходимость в устройстве деформационных швов в жестких слоях дорожных одежд с шагом от 4 м. Важным является устройство деформационных швов сжатия в цементобетонных покрытиях для обеспечения их трещиностойкости [2].

Именно швы, а также трещины, появившиеся при эксплуатации цементобетонных покрытий, являются предпосылкой к возникновению над ними отраженных трещин после устройства по ним асфальтобетонных слоев. Механизм образования отраженной трещины показан на рис. 1.

Образование отраженных трещин происходит в холодное время года, когда амплитуда колебаний температуры на поверхности покрытия достигает своего максимума. Основным фактором появления отраженных трещин над швами и трещинами является сокращение плит цементобетона при понижении температуры воздуха, что приводит к возникновению напряженного состояния в асфальтобетонном покрытии [3]. Схема перемещений цементобетонного основания с учетом влия-

ния слоя асфальтобетона при понижении температуры воздуха представлена на рис. 2.

Как видно из рис. 2, при понижении температуры покрытия деформация цементобетонной плиты составит Δl_b , однако свободному перемещению плит препятствует слой асфальтобетона на величину Δl_a . В итоге фактическое перемещение цементобетонной плиты составит:

$$\Delta l_\phi = \Delta l_b - \Delta l_a. \quad (1)$$

С учетом сил трения и сцепления между плитой и основанием, собственной массы слоя асфальтобетона и его упругих свойств И.В. Басурманов, Л.М. Гохман, И.И. Капаназде предложили фактическое перемещение цементобетонной плиты определять по формуле [2]:

$$\Delta l_\phi = \frac{1}{4} \alpha \cdot l \cdot \Delta t - \frac{\gamma_a \cdot l^2}{2 \cdot E_a}, \quad (2)$$

где α – коэффициент линейного расширения, $^{\circ}\text{C}^{-1}$; l – длина плиты, м; Δt – температурный перепад, $^{\circ}\text{C}$; γ_a – удельная масса асфальтобетона, $\text{H}/\text{м}^3$; E_a – модуль упругости асфальтобетона, МПа.

На рис. 3 продемонстрирован график, показывающий, какое количество отраженных трещин появится в течение периода эксплуатации асфальтобетонного покрытия толщиной 5 см в зависимости от расположения объекта (согласно данным А.Р. Красноперова). Условие, исключающее образование отраженных трещин в асфальтобетонных слоях перекрытия, можно отобразить выражением (3):

$$R_n \geq \frac{\sigma_n}{K_3}, \quad (3)$$

где R_n – прочность покрытия при растяжении при расчетной температуре, МПа; σ_n – напряжения от растяжения при расчетной температуре, МПа; K_3 – коэффициент запаса.

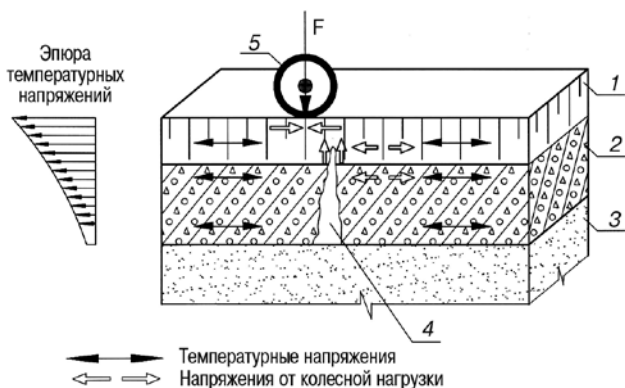


Рис. 1. Механизм образования отраженной трещины: 1 – асфальтобетонное покрытие; 2 – цементобетонное основание; 3 – подстилающий слой; 4 – трещина; 5 – колесная нагрузка

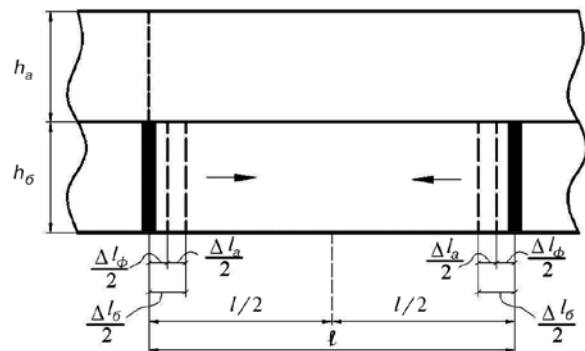


Рис. 2. Схема перемещения под слоем асфальтобетона плит цементобетонного основания в поперечном шве или трещине при понижении температуры покрытия

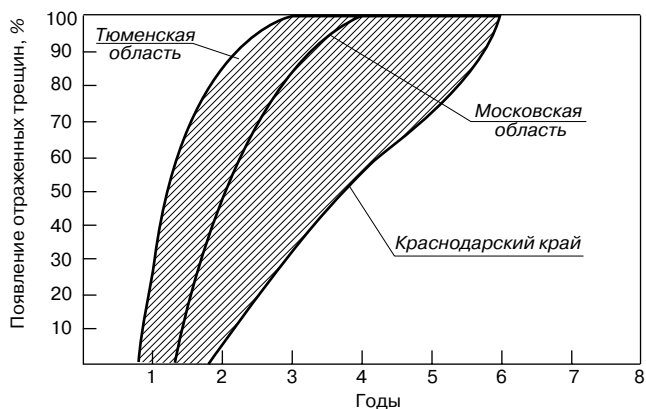


Рис. 3. Появление отраженных трещин в зависимости от природно-климатических условий расположения объекта

Колебания температуры вызывают напряжения смежных слоев (ГОСТ 26633–91; ГОСТ 9128–2009), которые могут быть определены из теории упругости для асфальтобетонных и цементобетонных слоев по формулам (4) и (5):

$$\sigma = -\frac{\alpha \cdot T \cdot E}{1 - \mu}, \quad (4)$$

где σ — растягивающие напряжения в асфальтобетонных слоях от температуры, МПа; E — модуль упругости асфальтобетонного покрытия, МПа; μ — коэффициент поперечной деформации Пуассона; α — коэффициент линейного температурного расширения, $^{\circ}\text{C}^{-1}$; T — отклонение температуры от равновесного значения, $^{\circ}\text{C}$.

$$\sigma_t = \frac{\alpha \cdot E \cdot \Delta t_6}{2}, \quad (5)$$

где σ_t — напряжения от перепада температуры по толщине цементобетонного слоя, МПа; E — модуль упругости цементобетонного покрытия, МПа; α — коэффициент линейного температурного расширения, $^{\circ}\text{C}^{-1}$; Δt_6 — перепад температуры по толщине цементобетонной плиты, $^{\circ}\text{C}$, что можно представить выражением:

$$\Delta t_6 = A_n \cdot e^{-h_a \sqrt{2 \cdot \alpha_a}} \left(1 - e^{-h_b \sqrt{2 \cdot \alpha_b}} \right), \quad (6)$$

где A_n — перепад температуры в течение суток на поверхности асфальтобетонного покрытия, $^{\circ}\text{C}$; ω — угловая частота суточных колебаний температуры, рад/ч; α_a, α_b — коэффициенты температуропроводности соответственно для асфальтобетона и цементобетона, $\text{м}^2/\text{ч}$.

В.А. Чернигов, И.В. Субботина предложили величину напряжений в асфальтобетонных слоях (МПа), уложенных на цементобетонное основание, определять по формуле:

$$\sigma = \frac{\tau \cdot L}{4 \cdot h}, \quad (7)$$

где τ — касательные силы возникновения между покрытием и основанием дорожной одежды, МПа; L — полудлина плиты основания, м; h — толщина слоя покрытия, м.

Изучением образования отраженных трещин занимались многие ученые в России.

На сегодняшний день нет единого решения этой проблемы. На данный момент исследования дорожной науки направлены на уменьшение количества появляющихся отраженных трещин в слоях перекрытия асфальтобетоном.

Для повышения трещиностойкости асфальтобетонных слоев, уложенных на цементобетонные покрытия, имеющие трещины, а также регулярно расположенные



Рис. 4. Пути повышения трещиностойкости асфальтобетонных слоев

деформационные швы, разрабатываются мероприятия, направленные на замедление процесса возникновения и развития трещин или обеспечивающие регулирование препятствующее бессистемному образованию трещин, которые предусматривают [1]:

- повышение трещиностойкости асфальтобетона при отрицательной температуре;
- увеличение толщины слоя асфальтобетона (увеличение соотношения толщин слоев покрытие-основание);
- армирование асфальтобетона и зоны жесткого основания или между слоями с применением специальных сеток или композитных материалов;
- снижение концентрации растягивающих напряжений за счет обеспечения участка растяжения определенной длины, обусловленной применением сеток или трещинопрерывающих прослоек, что обеспечивает снижение трения между слоями;
- применение слоев материалов с более низким модулем упругости и коэффициентами линейной температурной деформации, низкомарочные бетоны;
- нарезку деформационных швов над швами цементобетонного покрытия.

Таким образом, пути повышения трещиностойкости асфальтобетонных слоев можно разделить на три направления (рис. 4).

Экспериментальные исследования выявили, что возможный срок службы цементобетона может составить порядка 40–45 лет. При этом использование асфальтобетона небольшой толщины исключительно как слоя износа существенно повышает долговечность дорожной одежды. Значительные толщины слоев из асфальтобетона приводят к нерациональной работе конструкции и преждевременному разрушению покрытия.

В качестве покрытия жесткой дорожной одежды (слой износа) для повышения транспортно-эксплуатационных качеств возможно использование тонких слоев литого асфальтобетона, битумоминеральной открытой горячей смеси (БМО 65/75 СП), щебеночно-мастичного асфальтобетона, обладающих достаточной деформативностью и стабильностью. Для эффективной работы данной конструкции дорожной одежды при ее проектировании и строительстве необходимо предусмотреть специальные мероприятия по предотвращению образования отраженных трещин (укладка трещинопрерывающих материалов).

Ключевые слова: цементобетон, асфальтобетон, отраженные трещины, напряжения, долговечность.

Список литературы

1. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. М.: Информавтодор, 2004.
2. Глушков Г.И. и др. Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1987. 255 с.
3. ДНД МО-016(*)/2007. Методика оценки технико-эксплуатационного состояния системы автомобильных дорог и улиц Московской области.

Б.Г. ПЕЧЕНЬ, д-р техн. наук, В.Л. КУРБАТОВ, д-р экон. наук, Северо-Кавказский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (г. Минеральные Воды, Ставропольский край); Е.А. ДАНИЛЬЯН, канд. техн. наук, Северо-Кавказский государственный технический университет (Ставрополь); В.Г. ПОТЕМКИН, инженер (skf-bgtu@yandex.ru), Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Устройство для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов в покрытиях дорог

Для определения внутренних структурных и температурных усадочных напряжений, в частности в асфальтобетонах и бетонах, а также их трещиностойкости применяют ряд устройств [1, 2]. Автоматическая установка УОНДА-1420 позволяет испытывать образцы материалов по трем схемам: I – при охлаждении и нагревании заземленного по концам образца и определять температурные напряжения (δ) и температуру растрескивания (T_p); II – при механическом одноосном растяжении устанавливать прочность при растяжении и деформацию; III – при охлаждении или нагревании свободно лежащего образца, измеряя линейные деформации, определять дилатометрические характеристики, такие как коэффициент линейного теплового расширения, температуру структурных переходов – температуру текучести (T_t) и стеклования (T_c) [1]. Испытания можно производить в интервале температуры $-70^\circ\text{C} - +50^\circ\text{C}$ в широком диапазоне скоростей нагружения и охлаждения. Установка УОНДА-1420 позволяет определять комплекс важнейших характеристик материалов, однако она сложна по конструкции, ее система охлаждения требует расхода жидкого азота. Изготовление испытываемых образцов осуществляют в отдельных формах, после извлечения из которых их устанавливают в захваты установки и производят испытания по I или II схемам. При извлечении образцов из формы снимаются возникшие при изготовлении внутренние структурные напряжения, из-за чего напряженное состояние образцов при испытаниях отображается не в полной мере.

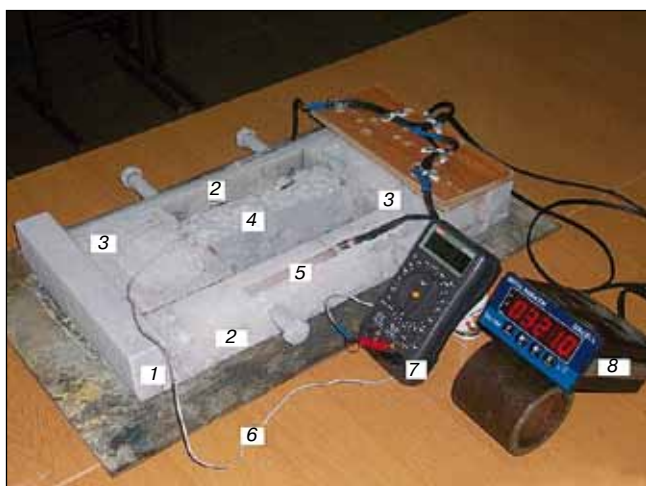


Рис. 1. Устройство для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов: 1 – поперечные пластины; 2 – боковые пластины; 3 – захваты; 4 – испытуемый образец; 5 – тензодатчики; 6 – термомпара; 7 – измеритель температуры; 8 – тензоиндикатор DN-10W

В патенте [3] авторами предлагается более простое устройство для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов, а также условий изготовления и испытания их образцов в покрытиях. Устройство содержит форму для образца, включающую захваты и боковые пластины, автоматическую систему регистрации напряжений с использованием тензодатчиков и термомпар, а также две торцевые пластины, между которыми расположены боковые пластины и захваты (рис. 1). Образец для испытания готовят непосредственно в форме, ограниченной захватами и боковыми пластинами. Его испытание производят при охлаждении без извлечения из формы, что максимально моделирует напряженное состояние материала, уложенного в покрытие. Захваты выполнены из материала, термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР) которого в диапазоне рабочей температуры больше, чем ТКЛР материала боковых пластин, а их температурные зависимости пропорциональны. Длина захвата (l), его ТКЛР (α), длина боковой пластины (l_1), ее ТКЛР (α_1) связаны соотношением:

$$2l\alpha = l_1\alpha_1.$$

При этом термическое расширение (сужение) захватов полностью компенсирует расширение (сужение) боковых пластин. Этим обеспечивается постоянство длины заземленного в захватах образца при его охлаждении-нагревании, простота и точность определения температурных усадочных напряжений при охлаждении образца и его трещиностойкости от действия этих напряжений или при совместном действии структурных и температурных усадочных напряжений или, например, при старении.

Использование такого устройства для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов позволяет проводить испытания по идеальной схеме заземленного по концам образца.

Однако опыт эксплуатации устройства показал, что тензодатчики, наклеенные на образец или боковые пластины устройства, отслаиваются или подвергаются деформации при повторных испытаниях при низких значениях температуры, при замораживании-оттаивании водонасыщенных образцов или при их старении в процессе выдерживания в тех или иных условиях, что приводит к искажению результатов определения усилий. Для упрощения конструкции, повышения достоверности и точности испытания образцов пластбетона и других материалов произвели модернизацию приспособления [4]. Для регистрации усилий и момента растрескивания испытываемых образцов устройство содержит конденсатор и систему регистрации емкости конденсатора, одна из пластин которого закреплена на захвате, а другая на

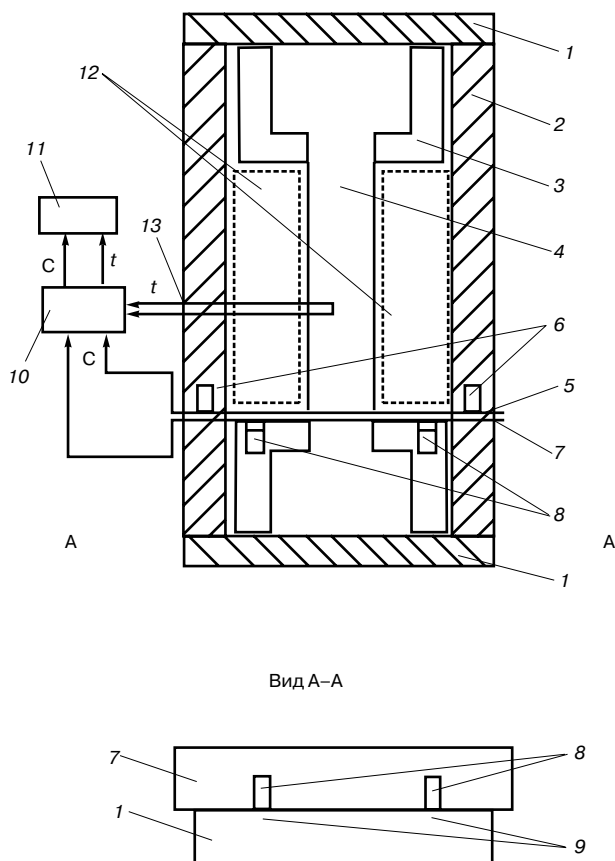


Рис. 2. Схема модернизированного устройства для определения трещиностойкости материалов

боковых пластинах. По изменению емкости конденсатора регистрируют усадочные напряжения в образце при его охлаждении или выдерживании образцов в приборе при различных температурно-влажностных условиях. Емкость конденсатора C связана с усилием (напряжением), возникающим в захватах и боковых пластинах при усадочных деформациях испытываемого образца. Усилие в боковых пластинах и захватах устройства определяют по тарировочной зависимости емкости конденсаторов от усилия, измеряемого пружинным динамометром при нагружении или охлаждении (нагревании) устройства.

Структурная схема модернизированного устройства для определения трещиностойкости материалов изображена на рис. 2.

Устройство содержит поперечные пластины 1; боковые пластины 2; захваты 3; пластины конденсатора, одна из которых 7 закреплена на захвате 3; а другая пластина конденсатора 5 закреплена на боковых пластинах 2; крепления 6 пластины конденсатора 5; крепления 8 пластины конденсатора 7; болты 9; систему регистрации емкости конденсатора и температуры образца в аналого-цифровом преобразователе 10, а также в узле визуализации и хранения данных 11; боковые прокладки 12 (обозначены пунктиром); термопару 13. На рис. 2 показан испытываемый образец 4. Устройство работает следующим образом. Испытуемый образец изготавливают в форме, образованной боковыми пластинами 2, боковыми прокладками 12 и захватами устройства 3. После изготовления образца прокладки 12 убирают. На боковых пластинах 2 крепится с помощью 6 пластина конденсатора 5, а на захвате 3 устанавливается с помощью креплений 8 параллельно пластине 5 другая пластина 7 конденсатора. Пластины конденсатора соеди-

няют с аналого-цифровым преобразователем 10. На образце 4 крепят термопару 13, которую соединяют с аналого-цифровым преобразователем 10. Сигналы емкости и температуры поступают в узел визуализации и хранения данных 11. Измерение емкости конденсатора можно производить с помощью цифрового измерителя иммитанса E7-22, а температуру — мультиметром.

Испытание производят при охлаждении устройства с образцом в камере низкотемпературного холодильника.

Применение разработанного устройства при исследовании трещиностойкости асфальтобетонов и цементобетонов позволяет получить достоверные количественные характеристики трещиностойкости этих материалов, используемых для дорожных покрытий.

Ключевые слова: внутренние напряжения, трещиностойкость, устройства и методы определения.

Список литературы

1. Печеный Б.Г., Масленников В.В., Андриюшенко С.Н., Лосев В.П. Установка для определения внутренних напряжений и температур растрескивания материалов // Заводская лаборатория. 1979. Т. 45. № 2. С. 171–173.
2. Печеный Б.Г. Битумы и битумные композиции. М.: Химия, 1990. 256 с.
3. Пат. на изобретение № 2315962 РФ. Устройство для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов / Печеный Б.Г., Скориков С.В., Данильян Е.А. и др. // Опубл. 20.01.2008. Б.И. № 3. С. 104.
4. Патент на полезную модель № 104711. Устройство для определения трещиностойкости материалов / Печеный Б.Г., Курбатов В.Л., Данильян Е.А., Потемкин В.Г. // Опубл. 20.05.2011. Б.И. № 14. С. 168.








IV конференция

«Текущее состояние строительного комплекса и перспективы посткризисного развития промышленности строительных материалов РФ» в рамках выставки

«Отечественные Строительные Материалы-2012»

26 января 2012 г. Москва, Экспоцентр

В программе:

- пленарный доклад о результатах работы строительного комплекса РФ в 2011 г.;
- доклады руководителей отраслевых ассоциаций о тенденциях развития подотраслей промышленности строительных материалов;

Получить дополнительную информацию и направить заявку на участие в конференции можно по **тел./факсу (499) 976-22-08, 976-20-36, e-mail: mail@rifsm.ru**

УДК 624.042

К.А. ДЬЯКОВ, канд. техн. наук, Р.М. ЧЕРСКОВ, канд. техн. наук, ОАО «Тоннельный отряд № 44»; Е.В. ЗИНЧЕНКО, инженер, Федеральное государственное учреждение дирекция строительства дорог «Черноморье» (г. Сочи, Краснодарский край), И.Г. ОВЧИННИКОВ, д-р техн. наук, Саратовский государственный технический университет

Влияние типов гидроизоляции и дорожной одежды мостовых сооружений на сопротивляемость деформациям сдвига

Проблема обеспечения долговечности современных типов гидроизоляции и дорожной одежды на мостовых сооружениях представляет интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения. Поскольку теоретические исследования должны опираться на надежный экспериментальный фундамент, весьма важными являются исследования влияния гидроизоляции и дорожной одежды различных типов на сопротивляемость дорожной одежды мостовых сооружений сдвиговым деформациям. Была разработана и реализована следующая программа исследований:

- оценка реальных сдвигающих напряжений, возникающих на нижней границе дорожной одежды;
- разработка методики определения предельных сдвигающих напряжений между слоем гидроизоляции и нижним слоем дорожной одежды;

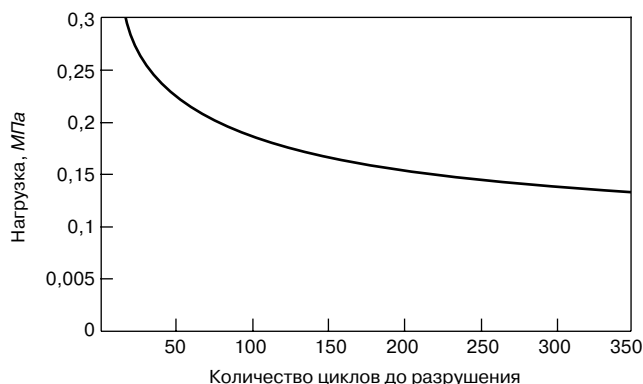


Рис. 1. Характерная кривая Велера при испытании на разрушение при сдвиге

- определение допустимых сдвигающих напряжений для конкретной системы, гидроизоляция / дорожная одежда с учетом накопления деформаций при циклическом нагружении;
- исследование ряда систем гидроизоляции и дорожной одежды с целью разработки рекомендаций по их применению.

При оценке сдвигающих напряжений, возникающих на нижней границе дорожной одежды, было принято, что коэффициент сцепления шины (равный отношению величины максимального тягового усилия к вертикальной нагрузке на колесо, при превышении которого начинается пробуксовывание ведущего колеса или проскальзывание заторможенного) с сухим асфальтобетонным покрытием составляет: $\varphi = 0,55-0,6$, в среднем $\varphi = 0,58$.

С учетом этого при действии современных грузовых автомобилей с шинами 425/65 R 22.5, имеющими площадь отпечатка $S = 67850 \text{ мм}^2$ (при диаметре отпечатка $D = 29,4 \text{ см}$) и вызывающими максимальное вертикальное напряжение $\sigma = 0,98 \text{ Н/мм}^2 \text{ МПа}$, максимальное сдвигающее напряжение на поверхности покрытия составит: $\tau = \sigma \cdot \varphi = 0,98 \cdot 0,58 = 0,57 \text{ МПа}$.

Если толщина дорожной одежды порядка 10 см, то отношение этой величины к диаметру D отпечатка колеса автомобиля будет равно $10/29,4 = 0,34$. При таком соотношении вертикальные напряжения составляют величину порядка 50% от нагрузки на поверхность дорожной одежды. Следовательно, с учетом распределяющей способности дорожной одежды на ее нижней границе величина напряжения сдвига будет: $\tau = 0,57 \cdot 0,5 = 0,29 \text{ МПа}$.

Были проведены экспериментальные исследования зависимости количества циклов приложения нагрузки до разрушения от ее величины с построением соответ-

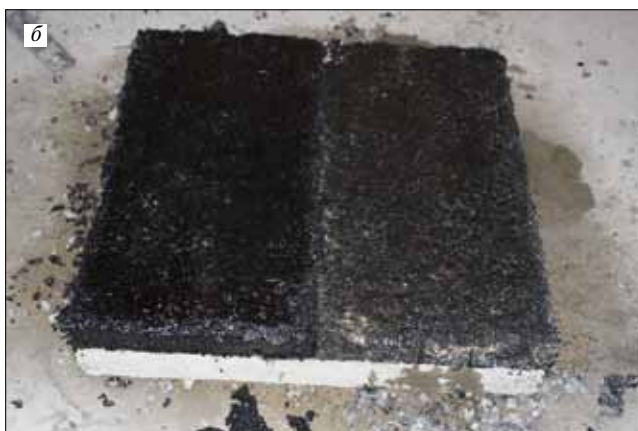
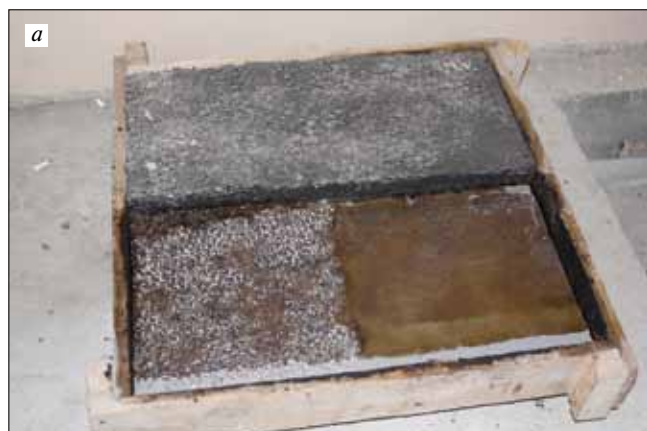


Рис. 2. Многослойные системы с различными вариантами гидроизоляции и дорожной одежды на бетонном основании

Таблица 1

Номер системы	Конструкция дорожной одежды
1	1. Бетон плиты проезжей части 2. Праймер битумно-полимерный ТЕХНОНИКОЛЬ № 03 3. Слой оклеечной гидроизоляции Техноэластост С 4. Литой/вибролитой асфальтобетон
2	1. Бетон плиты проезжей части 2. Грунтовка на основе эпоксидной смолы — Sikafloor-161VP 3. Мембрана на основе полимочевины — Sikalastic-842 BG 4. Слой сцепления из битумно-латексной эмульсии — Sikalastic-825 5. Литой/вибролитой асфальтобетон
3	1. Бетон плиты мостового полотна 2. Грунтовка на основе эпоксидной смолы — Sikafloor-161VP 3. Мембрана на основе полимочевины — Sikalastic-842 BG с втопленным щебнем (фракции 3–7 мм) 4. Слой сцепления из битумно-латексной эмульсии — Sikalastic-825 5. Литой/вибролитой асфальтобетон
4	1. Бетон плиты проезжей части 2. Грунтовочный слой — Kolcoat PUR Ferro 3. Гидроизоляционный слой из полимочевины — Kolflex 301 ЛС 4. Адгезионный слой — Kolcoat TL 5. Литой/вибролитой асфальтобетон
5	1. Бетон плиты проезжей части 2. Грунтовочный слой — Kolcoat PUR Ferro 3. Гидроизоляционный слой из полимочевины — Kolflex 301 ЛС 4. Адгезионный слой — Kolcoat TL с втопленным щебнем (фракции 3–7 мм) 5. Литой/вибролитой асфальтобетон
6	1. Бетон плиты проезжей части 2. Грунтовочный слой — Kolcoat PUR Ferro 3. Гидроизоляционный слой из полимочевины — Kolflex 301 ЛС 4. Слой из полимочевины Kolflex 301 ЛС с втопленным щебнем (фракции 3–7 мм) с расходом 600 г/м ² 5. Адгезионный слой — Kolcoat TL 6. Вибролитой асфальтобетон
7	1. Бетон плиты проезжей части 2. Грунтовочный слой — Kolcoat PUR Ferro 3. Гидроизоляционный слой из полимочевины — Kolflex 301 ЛС 4. Слой из полимочевины Kolflex 301 ЛС с втопленным щебнем (фракции 3–7 мм) с расходом 1000 г/м ² 5. Адгезионный слой — Kolcoat TL 6. Вибролитой асфальтобетон

ствующей кривой долговечности Велера (рис. 1). Анализ позволил установить, что безопасный уровень напряжений сдвига составляет половину разрушающей нагрузки.

При разрушающей одноцикловой нагрузке 0,6 МПа остальные образцы испытывали циклическим нагружением при величинах нагрузки 0,5; 0,4 и 0,3 МПа с регистрацией количества циклов нагружения до достижения деформации сдвига, равной разрушающей, за 1 цикл. Установлено, что при уровне нагружения 0,3 МПа количество циклов до достижения максимальной деформации стремится к бесконечности и эта величина может быть принята за безопасный уровень нагрузки, который превышает возникающие в конструкции и рассчитанные выше сдвигающие напряжения. Предельное напряжение сдвига при одноцикловом нагружении, которое реализуется в эксперименте, должно быть не ниже 0,58 МПа.

Для установления предельных напряжений сдвига системы бетон-гидроизоляция — асфальтобетон к сдвиговым деформациям была разработана специальная методика. Согласно этой методике на плиты, изготовленные из бетона класса В30, наносили различные варианты гидроизоляции, на которую укладывали асфальтобетонную смесь литого типа (рис. 2, а, б), которая, как установлено мировой практикой, является наиболее эффективной для устройства дорожных одежд на мостовых сооружениях.

По истечении не менее 24 ч полученные многослойные конструкции распиливали таким образом, чтобы получить образцы-призмы с заданным уклоном плоскости гидроизоляции к направлению действия нагрузки. Этим регулировалось отношение вертикальных нагрузок к горизонтальным для максимального приближения к реальным условиям эксплуатации (рис. 3).

Для коэффициента сцепления $\varphi = 0,58$ наклон плоскости сдвига, т. е. отношение горизонтальной силы к вертикальной, также составляет 0,58. Перед испытанием образцы выдерживали в воде при заданной температуре 40°C в течение 1,5 ч. Скорость нагружения составляла 3 мм/мин. Критерием отказа считалась максимальная нагрузка перед ее снижением на 5% за 2 с.

Исследование проводили для 7 возможных систем дорожной одежды мостового полотна. Испытанные системы дорожной одежды мостового полотна приведены в табл. 1.

Значения предельных сдвигающих напряжений, полученных как средние из результатов испытаний

Таблица 2

Исследуемые системы	Предельное напряжение сдвига, МПа	Требуемое напряжение сдвига, МПа	Сечения, по которым происходили разрушения в эксперименте
№ 1 с литым асфальтобетоном	0,09	0,58	По границе гидроизоляции с бетоном
№ 1 с вибролитым асфальтобетоном	0,096		По гидроизоляции
№ 2 с литым асфальтобетоном	0,238		По границе гидроизоляции с асфальтобетоном
№ 2 с вибролитым асфальтобетоном	0,257		По границе гидроизоляции с асфальтобетоном
№ 3 с литым асфальтобетоном	0,587		По асфальтобетону
№ 3 с вибролитым асфальтобетоном	0,632		По асфальтобетону
№ 4 с литым асфальтобетоном	0,311		По границе гидроизоляции с асфальтобетоном
№ 4 с вибролитым асфальтобетоном	0,341		По границе гидроизоляции с асфальтобетоном
№ 5 с литым асфальтобетоном	0,368		По границе гидроизоляции с асфальтобетоном
№ 5 с вибролитым асфальтобетоном	0,421		По границе гидроизоляции с асфальтобетоном
№ 6	0,598		По асфальтобетону
№ 7	0,659		По асфальтобетону



Рис. 3. Образец-призма для испытания на сдвигу стойкость системы бетон — гидроизоляция — литой асфальтобетон: 1 — асфальт; 2 — гидроизолятор; 3 — вибролитой асфальтобетон

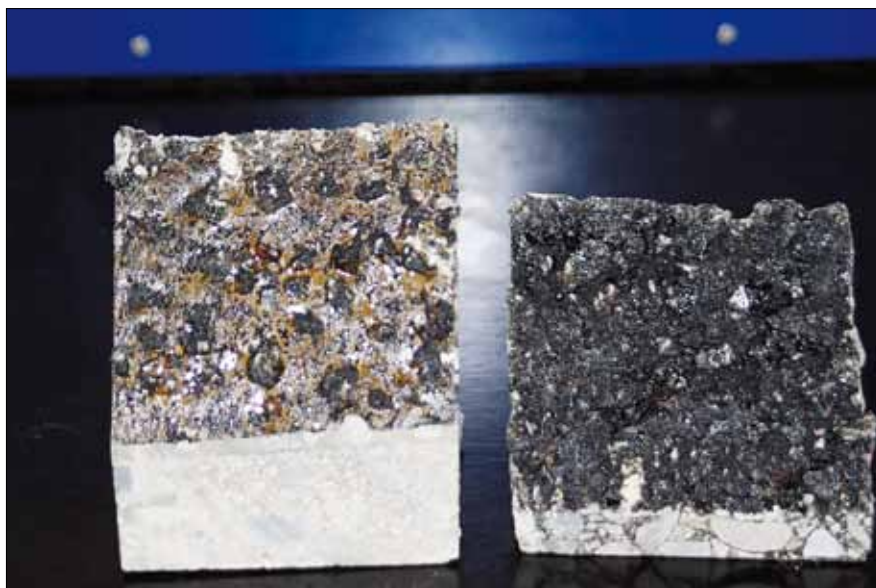


Рис. 4. Характер разрушения системы дорожной одежды № 3

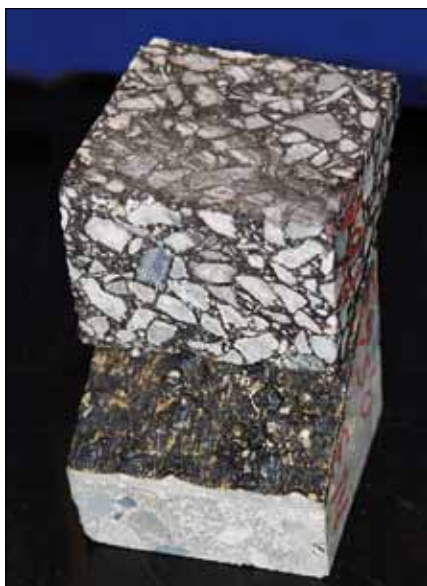


Рис. 5. Характер разрушения систем дорожной одежды № 6 и 7

трех образцов для каждой системы, представлены в табл. 2.

Характер разрушения некоторых из исследованных систем дорожной одежды представлен на рис. 4 и 5.

Анализ, который позволил установить, что для обеспечения долговечной работы дорожной одежды мостового полотна в сложных условиях эксплуатации необходима не только высокая адгезия всех слоев дорожной одежды (межслойное сцепление), но и наличие специального фрикционного слоя между гидроизоляцией и нижним слоем дорожной одежды. Фрикционный слой, устраиваемый путем втапливания мелкого щебня фракции 3–7 мм в дополнительный слой гидроизоляционного материала высокой прочности, позволяет эффективно противостоять сдвигающим напряжениям. В то же время втапливание щебня в относительно деформативный материал (адгезионный слой из полимерно-битумного вяжущего – система № 5) не дает такого же эффекта.

Использование вышеуказанной фракции мелкого щебня 3–7 мм обусловлено тем, что в этом случае обес-

печивается оптимальное соотношение между глубиной втапливания зерен щебня в дополнительный слой гидроизоляционного материала, толщина которого по экономическим соображениям составляет, как правило, 1,5–2 мм, и в нижний слой дорожной одежды.

Применение более мелких фракций не позволяет создать прочного сцепления нижнего (асфальтобетонного) слоя дорожной одежды, а более крупных – приводит к вырыванию втопленных щебенков колесами построечного автотранспорта до укладки нижнего слоя дорожной одежды. Исследования также показали, что оптимальный расход мелкого щебня при устройстве фрикционного слоя составил 0,8–1 кг/м².

Проведенные исследования позволили установить, что требуемое условиями эксплуатации напряжение сдвига может быть обеспечено применением систем дорожной одежды 3, 6 и 7.

Ключевые слова: дорожные одежды на мостах, гидроизоляция, сопротивление сдвиговым деформациям, литой асфальтобетон, вибролитой асфальтобетон.

13-я специализированная выставка

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОСМ 2012



25 – 28 ЯНВАРЯ
Москва, ЦВК «Экспоцентр»



ЕВРОЭКСПО

www.osmexpo.ru



Губернаторство Москвы
Экспозиция Государственной
Книжной и Книгопечатной
Палаты Москвы

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ПАРТНЕР ВЫСТАВКИ:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
СПОНСОР ВЫСТАВКИ:



ОФИЦИАЛЬНЫЙ
СПОНСОР ВЫСТАВКИ:



ПАРТНЕРЫ ВЫСТАВКИ:



НАЦИОНАЛЬНОЕ
АССОЦИАЦИОННОЕ
ПОДСОЮЗНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
СПОНСОР:



ОФИЦИАЛЬНОЕ
ИНФОРМАЦИОННОЕ
АГЕНТСТВО:





НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЕДИНЕНИЕ «КОСМОС»



Проектирование и строительство
любых объектов любой сложности;
реставрация архитектурных объектов.

г. Москва, ш. Энтузиастов, дом 38

Тел. : (495) 673-6336, факс: (495) 916-6434

г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 17-я линия, дом 2

Тел. : (812) 323-2499, факс: (812) 327-4271

<http://www.concern-kosmos.ru>

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

Гидрофильные герметики для автомобильных дорог и аэродромов

Для надежной работы строительных объектов необходимо использование конструкционных материалов высокого качества, особенно в условиях высокой влажности и изменения температуры окружающей среды. Вместе с тем даже при наличии высококачественных конструкционных материалов необходима их гидроизоляционная и антикоррозионная защита. Указанную защиту обеспечивают разнообразные герметизирующие материалы.

Существующие рецептуры герметиков в силу особенностей их эксплуатации находятся в непрерывном совершенствовании и улучшении качества.

Создание новых видов эффективных герметизирующих материалов является одной из важнейших задач, которая может быть реализована за счет использования нового сырья, изменяющего механизм гидроизоляционного действия изделий. Кроме того, современные герметики должны разрабатываться с использованием экологически чистых природных материалов и ресурсосберегающих технологий.

Основными недостатками предлагаемых современных промышленных герметиков являются малый срок службы и большие трудозатраты на подготовку материалов. При этом главным эксплуатационным недостатком является хрупкость при отрицательной температуре. Кроме того, герметизирующие материалы для защиты деформационных швов дорожных и аэродромных покрытий подвержены образованию трещин при воздействии механических нагрузок, а также разрушению при длительном воздействии воды.

Новым направлением в создании герметиков является использование материалов, увеличивающихся в объеме на 10–200% при набухании в воде, благодаря чему достигается высокая степень гидроизоляции. Применяемые зарубежные гидрофильные уплотнители нестойки к многоцикловым нагрузкам в условиях высыхания и промерзания материала. Это приводит к необратимым изменениям формы и снижению уплотняющей способности изделий.

При кажущемся изобилии разнообразных герметизирующих и гидроизоляционных материалов весьма трудно подобрать именно те, которые наиболее полно отвечают заданным условиям эксплуатации.

Требуемые физико-механические характеристики герметизирующих материалов обуславливают необходимость управления процессами структурообразования на всех этапах их производства.

Авторами с учетом имеющегося опыта проектирования рецептур полимерных композитов [1, 2] разработана методика подбора состава и технологии получения герметизирующих материалов различного назначения, в частности для дорожных и аэродромных покрытий.

Целью проведенных исследований являлась разработка гидрофильных герметизирующих материалов, позволяющих управлять процессами структурообразования.

Базовыми компонентами являлись полимерная основа и алюмосиликатный наполнитель – бентонит.

Дополнительные компоненты: активаторы бентонита и каучуки-добавки, обеспечивающие формирование заданной структуры герметика.

Отличительными особенностями эксплуатации разрабатываемых герметиков являлись повышенная влажность, обусловленная атмосферными осадками, и широкий интервал колебаний температуры окружающей среды. Основное требование к герметикам – плотное заполнение деформационных швов при набухании с обеспечением заданных адгезионной и когезионной прочности.

При проведении исследований в качестве базовых ингредиентов использовали этиленпропиленовый каучук СКЭПТ-40 и бутилкаучук БК-1675Н. Наполнение осуществляли природным бентонитом Никольского месторождения юго-востока Воронежской области, который относится к алюмосиликатам с общей формулой $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$. Указанный наполнитель образует в полимере «объемные» цепочечные структуры, которые и обуславливают его набухание в воде [3].

Для придания герметику специальных свойств использовали неорганические и органические модифицирующие добавки: хлорид натрия (NaCl), кальцинированный соду (Na_2CO_3), гидрокарбонат натрия ($NaHCO_3$), натрийтрифосфат (Na_3PO_4), натриевые соли жирных кислот (Na–СЖК).

В качестве вулканизирующей системы применяли: серу, дифенилгуанидин (гуанид Ф), тетраметилтиурамдисульфид (тиурам Д), 2-меркаптобензотиазол (каптакс). Указанная система обеспечивает возможность самовулканизации герметизирующего материала.

Для достижения требуемого комплекса свойств и стабильной технологичности смеси образцы герметика изготавливали с постепенным увеличением дозировок наполнителя. В результате удалось достигнуть максимальной степени наполнения 200 мас. ч. бентонита на 100 мас. ч. каучука. Однако смеси, содержащие более 150 мас. ч. наполнителя, крошились, что не позволяло получить однородную массу материала. В связи с этим содержание бентонита ограничили 100 мас. ч.

Таблица 1

Характеристики	Полимерная основа	
	БК-1675Н	СКЭПТ-40
Когезионная прочность, МПа	0,3	0,35
Пластичность, усл. ед.	0,45	0,2
Вязкость по Муни при 100°C, усл. ед.	65	87
Температура липкости к пневматикам, °C	35	60
Морозостойкость, °C	минус 24	минус 37
Относительное удлинение при 20°C, %	100	80
Выносливость к приложению знакопеременной нагрузки, кол-во циклов	25000	28000

Таблица 2

Активатор бентонита, мас. %	Характеристики							
	Максимальная степень набухания, %	Когезионная прочность, МПа	Пластичность, усл. ед.	Вязкость по Муни при 100°С, усл. ед.	Температура липкости к пневматикам, °С	Морозостойкость, °С	Относительное удлинение при разрыве, %	Выносимость к приложению знакопеременной нагрузки, количество циклов
Без активатора	25	0,43	0,2	83	60	минус 37	65	28000
NaCl, 4	51	0,47	0,3	89	67	минус 36	73	30000
Na ₂ CO ₃ , 3	77	0,49	0,35	87	70	минус 38	77	31000
NaHCO ₃ , 3	69	0,48	0,3	88	68	минус 37	74	28500
Na ₃ PO ₄ , 4	58	0,46	0,22	89	67	минус 38	76	28500
Na-СЖК, 3	59	0,475	0,28	88	66	минус 36	73	29000
Na ₂ CO ₃ + Na-СЖК, 3	46	0,465	0,3	89	65	минус 39	77	30000

При определении степени набухания установлено, что она растет пропорционально количеству бентонита и при одинаковом наполнении в большей степени у образцов на основе бутилкаучука, чем на основе СКЭПТ.

Степень набухания герметиков для швов аэродромных покрытий должна быть ограничена 10–15%, чтобы исключить выпирание материала на поверхность. Указанная степень набухания образцов на основе СКЭПТ-40 достигается в течение 48 ч при выдерживании образцов, погруженных на 50% в воду.

Основные характеристики разработанных герметизирующих композиций на основе БК-1675Н и СКЭПТ-40, наполненных 100 мас. ч. природного бентонита, представлены в табл. 1. Отмечено, что материал на основе СКЭПТ-40 обладал большей прочностью при пониженной пластичности.

Экспериментально установлено, что материал на основе СКЭПТ-40 пригоден для герметизации швов аэродромных покрытий при удовлетворительных показателях морозостойкости и липкости к пневматикам. Но его деформативность и выносимость к приложению знакопеременной нагрузки не отвечают эксплуатационным требованиям к аэродромным герметикам.

При высоких значениях степени набухания применение БК-1675Н более предпочтительно для изготовле-

ния герметиков, работающих при постоянном воздействии воды, например в бетонных фундаментных конструкциях закрытого типа.

Таким образом, применение материала на основе БК-1675Н в соответствии со своими физико-механическими характеристиками целесообразно для герметизации швов аэродромов. Предпочтительная область его использования – герметизация деформационных стыков заглубленных сооружений.

В результате проведения постановочных экспериментов установлено, что в целом на основе выбранных каучуков возможно получение герметизирующих композиций различного назначения.

Для улучшения технологических и эксплуатационных свойств полученных герметизирующих материалов природный бентонит активировали натрийсодержащими соединениями в дозировках 1–5 мас. % на 100 мас. ч. бентонита. Модификацию бентонита проводили сухим способом при 20°С в течение суток. При активации происходило значительное увеличение содержания обменных катионов Na⁺ в результате замещения ими катионов Ca²⁺. При этом отмечалось изменение структуры бентонита, способствующее улучшению свойств герметизирующих материалов в целом. Значения характеристик герметизирующих композиций на основе СКЭПТ-40, содержащих 100 мас. ч. активированного бентонита, приведены в табл. 2.

Таблица 3

Активатор бентонита, мас. %	Характеристики					
	Максимальная степень набухания, %	Когезионная прочность, МПа	Относительное удлинение, %	Пластичность, усл. ед.	Вязкость по Муни при 100°С, усл. ед.	Морозостойкость, °С
Без активатора	57	0,3	100	0,35	65	минус 24
NaCl, 4	83	0,37	115	0,42	68	минус 23
Na ₂ CO ₃ , 3	108	0,39	140	0,53	73	минус 25
NaHCO ₃ , 3	101	0,34	112	0,51	75	минус 24
Na ₃ PO ₄ , 4	89	0,32	117	0,4	71	минус 23
Na-СЖК, 3	90	0,35	134	0,41	69	минус 24
Na ₂ CO ₃ + Na-СЖК, 3	77	0,32	128	0,5	72	минус 25

Таблица 4

Полимерная основа	Показатели							
	Максимальная степень набухания, %	Когезионная прочность, МПа	Пластичность, усл. ед.	Вязкость по Муни при 100°С, усл. ед.	Температура липкости к пневматикам, °С	Морозостойкость, °С	Деформативность, %	Выносливость к приложению знакопеременной нагрузки, количество циклов
СКЭПТ-40 СКИ-3 СКС-30АРКП	71	0,49	0,39	80	75	-40	90	35000

Образцы с модифицированным бентонитом изготавливали и исследовали по отработанной методике. Экспериментально установлено, что оптимальное содержание активаторов природного бентонита составляет 3–4 мас. %.

Использование модифицированного бентонита существенно повысило температуру липкости, деформативность и выносливость к приложению знакопеременной нагрузки герметиков.

В ряду применяемых активаторов наилучших показателей удалось достичь при использовании кальцинированной соды в количестве 3 мас. %.

Аналогичные показатели и при введении Na₂CO₃ в герметики на основе бутилкаучука. Значения основных физико-механических характеристик для бутилкаучуковых герметиков, содержащих 100 мас. ч. активированного бентонита, приведены в табл. 3.

В обоих случаях отмечено, что морозостойкость образцов герметиков на различных каучуках практически не изменилась, поскольку она определяется полимерной основой.

В целях повышения морозостойкости и улучшения технологических свойств эластомерных композиций на основе СКЭПТ-40 (М) использовали добавки диеновых каучуков: СКИ-3, СКД и СКС-30АРКП [4].

Для определения их рационального содержания был проведен полный факторный эксперимент. Варьируемыми параметрами являлось содержание каучуков-

добавок, а функцией отклика – величина деформативности герметика при температуре минус 20°С.

Расчетами получено полиномиальное уравнение:

$$y = 91,33 + 0,29x_1 - 0,3x_2 - 0,31x_3 + 0,38x_4 + 0,06x_1x_2 - 0,94x_1x_3 - 0,07x_1x_4 - 0,31x_2x_3 + 0,37x_2x_4 + 0,06x_3x_4 - 0,2x_1^2 - 0,21x_2^2 + 0,55x_3^2 + 0,43x_4^2, \quad (1)$$

где y – деформативность герметика при минус 20°С, %; x₁, x₂, x₃, x₄ – содержание каучуков СКЭПТ-40, СКИ-3, СКД, СКС-30АРКП соответственно, мас. %.

При помощи уравнения (1) установлено, что оптимальным является использование тройной комбинации каучуков СКЭПТ-40 + СКИ-3 + СКС-30АРКП в соотношении 80:10:10, обеспечивающем необходимую деформативность. Результаты определения значений основных характеристик полученного герметика представлены в табл. 4.

Таким образом, введение диеновых каучуков в состав герметизирующих материалов улучшило перерабатываемость смеси и дополнительно обеспечило предпосылки для создания самовулканизирующихся композиций.

Для проведения экспериментов по подбору состава изделия, вулканизирующегося при температуре эксплуатации, использовали вулканизирующую группу следующего состава: сера как вулканизирующий агент; дифенилгуанидин, тетраметилтиурамдисульфид и 2-меркаптобензотриазол как ускорители вулканизации. Выбор дополнительных компонентов обусловлен способностью каучука СКЭПТ-40 эффективно вулканизоваться серными системами в присутствии ускорителей, но при пониженных значениях температуры вулканизации необходимо применение тройной комбинации ускорителей, имеющих различную активность и индукционный период.

Подбор дозировок вулканизирующей группы проводили постановкой полного факторного эксперимента с получением уравнения следующего вида:

$$y = 83,33 - 0,42x_1 + 0,58x_2 - 0,17x_3 - 0,06x_4 - 0,5x_1x_2 + 1,25x_1x_3 + 0,5x_1x_4 + 0,13x_2x_3 + 0,38x_2x_4 - 0,13x_3x_4 + 0,71x_1^2 + 0,58x_2^2 + 0,96x_3^2 + 0,71x_4^2, \quad (2)$$

где y – деформативность герметика при температуре минус 20°С, %; x₁, x₂, x₃, x₄ – содержание серы, дифенилгуанидина, тиурама, каптакса, мас. ч., соответственно.

Экспериментально установлено, что в результате самовулканизации изделий несущественно снизилась степень набухания. Одновременно значительно возросли значения основных эксплуатационных характеристик, что способствует расширению возможности примене-

Таблица 5

Время вулканизации при 20°С, ч	Характеристики					
	Максимальная степень набухания, %	Когезионная прочность, МПа	Температура липкости к пневматикам, °С	Морозостойкость, °С	Деформативность, %	Выносливость к приложению знакопеременной нагрузки, количество циклов
0	70,5	0,49	75	минус 40	90	35000
12	67,8	0,49	76	минус 40	92	35000
24	60,4	0,51	76	минус 41	94	35500
48	52,1	0,52	77	минус 42	97	35500
72	48,3	0,53	78	минус 42	100	36000
120	34	0,55	79	минус 43	102	36000
240	32,2	0,59	80	минус 45	104	36000

ния герметика. Для самовулканизирующегося герметика были определены значения основных характеристик, представленные в табл. 5.

Следует отметить, что герметизирующий материал пригоден для эксплуатации через час после заполнения шва.

Проведенными исследованиями по стандартным методикам установлено, что герметизирующий материал соответствует требованиям ГОСТ 30740–2000, а по некоторым показателям превосходит их.

Герметик устойчив к действию топлив, масел и антигололедных реагентов.

Сравнительный анализ стоимости показал, что затраты на производство герметика на основе СКЭПТ-40 значительно ниже зарубежных аналогов.

Ключевые слова: бентонит, жидкие каучуки, гидрофильные герметики.

Список литературы

1. *Барабаш Д.Е., Волков В.В., Сидоркин О.А.* Материалы специального назначения на основе модифицированных олигомеров. Военный авиационный инженерный университет. Воронеж, 2009. 183 с.
2. *Черников А. И.* Разработка рецептур строительных герметизирующих композиций // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. 2009. № 4. С. 96–103.
3. *Горюшкин В. В.* Бентонитовые глины юго-востока Центрально-Черноземного района // НИИ геологии ВГУ. Воронеж: ВГУ. Труды. Вып. 37. 2006. 176 с.
4. *Кулезнев В. Н.* Смеси полимеров. М.: Химия, 1980. 304 с.

ПОДПИСКА НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ

журнала

«Строительные материалы»®



ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

С 1953 года ПГТУ подготовил более 118 тысяч специалистов с высшим профессиональным образованием для отраслей разведки и разработки полезных ископаемых; энергетики; металлургии; машиностроения; авиационной и ракетно-космической техники; автоматики и управления; химической и биотехнологии; связи; строительства и др.

АВТОДОРОЖНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Подробности на сайте www.pstu.ru

614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, 19а

Тел./факс: +7 (342) 2-391-492

E-mail: dkadf@pstu.ac.ru

Реклама

Оценка долговечности грунтобетона в струйной технологии

Технология струйной цементации грунтов (струйная технология) находит все более широкое применение в силу высокой производительности и экономичности, расширяя возможности традиционных технологий устройства подпорных стен, ограждающих и других конструкций. Особенно эффективна струйная технология в условиях плотной городской застройки, где она позволяет сохранить без переноса или дополнительного укрепления разветвленные коммуникации или иные подземные сооружения, расположенные в зоне строительства [1, 2].

Струйная технология предусматривает подачу в грунт водоцементного раствора при одновременном подъеме буровой штанги. Струя водоцементного раствора размывает и перемешивает грунт с цементом и водой. В результате последующего твердения цемента получается грунтобетон, образующий грунтобетонную конструкцию, например сваю.

При оценке свойств грунтобетона, получаемого по струйной технологии, предлагается использовать модель, в которой грунтобетон рассматривается как мелкозернистый (песчаный) бетон, отличающийся использованием грунта в качестве заполнителя и высоким водосодержанием грунтобетонной смеси.

На основе предложенной модели в статье рассмотрены морозостойкость и коррозионная стойкость грунтобетона, полученного по струйной технологии, как разновидности мелкозернистого цементного бетона.

Высокое водосодержание грунтобетонной смеси, характерное для струйной технологии, позволяет, с одной стороны, пренебречь рассмотрением степени уплотнения смеси, с другой – является причиной высокой открытой капиллярной пористости образующегося цементного камня, что отрицательно влияет на прочность и долговечность грунтобетона.

Использование грунта в качестве заполнителя грунтобетона в струйной технологии предполагает возможное наличие пористых и малопрочных агрегатов зерен грунта, которые содержит естественный связный природный или техногенный грунт в отличие от нормируемых по зерновому и химико-минералогическому составу природных и искусственных заполнителей для бетона. Такие агрегаты частиц грунта содержат капиллярные и воздушные поры, которые наряду с поровой структурой цементного камня следует учитывать при оценке свойств грунтобетона, его прочности и долговечности.

В настоящей работе предлагается влияние агрегатов частиц связного грунта в грунтобетоне (пористого элемента структуры) на его свойства учитывать обобщенно, как объем вовлеченного воздуха в цементобетонной смеси, $V_{\text{в}}$, с помощью соотношения фактической плотности грунтобетонной смеси, $\gamma_{\text{ф}}$, и ее расчетной величины, $\gamma_{\text{р}}$:

$$V_{\text{в}} = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{ф}}}{\gamma_{\text{р}}}\right) 100, \% \quad (1)$$

Здесь для мелкозернистой бетонной смеси:

$$\gamma_{\text{р}} = \frac{\text{Ц} + \text{П} + \text{В}}{\frac{\text{Ц}}{g_{\text{ц}}} + \frac{\text{П}}{g_{\text{п}}} + \frac{\text{В}}{g_{\text{в}}}} = \frac{1 + \left(\frac{\text{П}}{\text{Ц}}\right) + \left(\frac{\text{В}}{\text{Ц}}\right)}{\frac{1}{g_{\text{ц}}} + \left(\frac{\text{П}}{\text{Ц}}\right)\frac{1}{g_{\text{п}}} + \left(\frac{\text{В}}{\text{Ц}}\right)\frac{1}{g_{\text{в}}}}, \quad (2)$$

где Ц, П, В – расходы цемента, песка (грунта) и воды, кг/м³; $g_{\text{ц}}$, $g_{\text{п}}$, $g_{\text{в}}$, г/см³ – плотность зерен цемента, воды и песка (грунта).

Оценку морозостойкости грунтобетона осуществляли с помощью ускоренного расчетно-экспериментального метода определения морозостойкости бетона по компенсационному фактору ($\Phi_{\text{к}}$) по ГОСТ 10060–76 как мелкозернистого цементного бетона.

При этом:

$$\Phi_{\text{к}} = \frac{V_{\text{в}} + V_{\text{к}}}{V_{\text{л}}};$$

$$V_{\text{к}} = 100 \times 0,12 \text{Ц} / g_{\text{ц}} = 12 \text{Ц} / g_{\text{ц}} = 0,00387 \text{Ц}, \%$$

$$V_{\text{л}} = 100 \frac{\text{Ц}}{g_{\text{в}}} \left[\left(\frac{\text{В}}{\text{Ц}} \right) - 0,27 \right] = 0,1 \text{Ц} [(\text{В}/\text{Ц}) - 0,27], \%$$

соответственно

$$\Phi_{\text{к}} = \frac{V_{\text{в}} + V_{\text{к}}}{V_{\text{л}}} = \frac{10 V_{\text{в}}}{\text{В} - 0,27 \text{Ц}} + \frac{0,0387}{\left(\frac{\text{В}}{\text{Ц}}\right) - 0,27 \text{Ц}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{в}}$ – объем воздуха или газа в уплотненной бетонной смеси, %; $V_{\text{к}}$ – объем контракционных пор в бетоне, %; $V_{\text{л}}$ – объем замерзающей воды в бетоне, %; Ц, В – расходы цемента и воды, кг/м³.

Соотношение между проектной маркой бетона по морозостойкости (F) и допустимой минимальной величиной компенсационного фактора по ГОСТ 10060–76 представлено в табл. 1, для бетона без воздуховывлекающих или газообразующих добавок, применение которых в грунтобетоне не предусматривается. Здесь марка бетона по морозостойкости и соответствующая величина $V_{\text{л}}$ определены при замораживании при температуре воздуха -20°C в воздушно-сухом состоянии и оттаивании в пресной воде при ее температуре 20°C (по первому базовому методу ГОСТ 10060.0–95).

Физический смысл этих соотношений (формула (3) и табл. 1), состоит в том, что более морозостойкий бетон содержит меньший объем открытых капилляров, в которые может попасть вода при насыщении при атмосферном давлении и перейти в лед при последующем замораживании. Соответственно такой бетон характеризуется меньшим объемом замерзающей (при заданной отрицательной температуре внешней среды) воды в бетоне, меньшей величиной $V_{\text{л}}$ в формуле (3), отличается меньшей «льдистостью». Одновременно более морозостойкий бетон характеризуется большим объемом условно-закрытых пор, которые вода не заполнит или в которых она не замерзнет, большей величиной $(V_{\text{в}} + V_{\text{к}})$ в формуле (3). Математически это означает, что более морозостой-

Таблица 1

Марка бетона по морозостойкости, F	50	75	100	150	200	300	400	500
Компенсационный фактор, Φ_k , не менее, для бетона без добавок	0,35	0,45	0,55	0,7	0,85	1,05	1,2	1,3

Примечание: F – марка бетона по морозостойкости, количество циклов N, которое может выдержать бетон при испытании по ГОСТ 10060.0–95.

Таблица 2

Величины V_k и V_n грунтобетона

Показатель		$V_k = 0,00387Ц$, %, при расходе цемента, кг/м ³				
В/Ц	V_b , %	350	400	450	500	550
Для любых значений	0	1,35	1,55	1,74	1,94	2,13
	2	1,32	1,52	1,71	1,9	2,09
	5	1,29	1,48	1,66	1,85	2,03
	10	1,23	1,41	1,58	1,76	1,94
	$V_n = 0,1Ц[(В/Ц)-0,27]$, %, при расходе цемента, кг/м ³					
0,7	0	15,05	17,2	19,35	21,5	23,65
	2	14,75	16,86	18,97	21,08	23,19
	5	14,33	16,38	18,42	20,48	22,52
	10	13,68	15,64	17,59	19,55	21,5
0,8	0	18,55	21,2	23,85	26,5	29,15
	2	18,19	20,78	23,38	25,98	28,58
	5	17,67	20,19	22,71	25,23	27,76
	10	16,86	19,27	21,68	24,09	26,5
0,9	0	22,05	25,2	28,35	31,5	34,65
	2	21,62	24,71	27,79	30,88	33,97
	5	21	24	27	30	33
	10	20,05	22,91	25,78	28,64	31,5
1	0	25,55	29,2	32,85	36,5	40,15
	2	25,05	28,63	32,21	35,78	39,36
	5	24,33	27,81	31,29	34,76	38,23
	10	23,23	26,55	29,86	33,18	36,5

Примечание: величины V_k и V_n грунтобетона определены по формуле (3).

кий бетон отличается большей величиной компенсационного фактора Φ_k .

Следует отметить, что данный метод дает приближительную оценку морозостойкости цементного бетона, особенно бетона высоких марок, к которому предъявляют повышенные требования по морозостойкости, в том числе в присутствии солей-антиобледенителей. Данный расчетный метод не отражает влияния на морозостойкость бетона минеральных добавок в цементе или принятой технологии работ и пр. Соответственно он не вошел в последующие редакции ГОСТ 10060 как приемочный или выбраковочный метод контроля морозостойкости бетона. Тем не менее метод определения морозостойкости бетона по компенсационному фактору может быть полезен для предварительного анализа и прогноза морозостойкости грунтобетона как цементного бетона относительно низкой прочности и плотности, испытываемых на морозостойкость в пресной воде.

Таким образом, в данной работе оценивали морозостойкость грунтобетона в связи с его пористостью по компенсационному фактору по ГОСТ 10060–76, рассматривая грунтобетон как разновидность песчаного бетона. При этом влияние на морозостойкость грунтобетона агрегатов зерен связного грунта (глинистого и пр.) учитывали с помощью обобщенной оценки их по-

ристости по формулам (1) и (3), не принимая в расчет возможную гидравлическую активность породообразующих грунт минералов, проявляемую для монолитного грунтобетона на поздних сроках твердения.

Рис. 1 иллюстрируют данные табл. 1. С высокой степенью достоверности (здесь R^2 –величина достоверности аппроксимации) получено соответствующее уравнение регрессии:

$$F = 287,66 \times \Phi_k - 1,7155. \quad (4)$$

С учетом этих допущений можно оценить величину компенсационного фактора Φ_k для грунтобетона. Для этого следует определить расход цемента Ц, задаться значениями В/Ц, оценить величину V_b грунтобетонной смеси по формуле (1), в том числе в предположении различной полезности обобщенных воздушных пор, образующихся агрегатами грунта в грунтобетоне, для повышения его морозостойкости.

В практике устройства грунтобетонных сооружений методом струйной технологии расход цемента в грунтобетоне составляет обычно 300–450 кг/п. м скважины. При среднем диаметре получаемой сваи 1 м один погонный метр скважины содержит 0,785 м³ грунтобетона. Соответственно расход цемента в грунтобетоне в расчете на 1 м³, как принято в технологии бетона, составляет около 385–575 кг/м³.

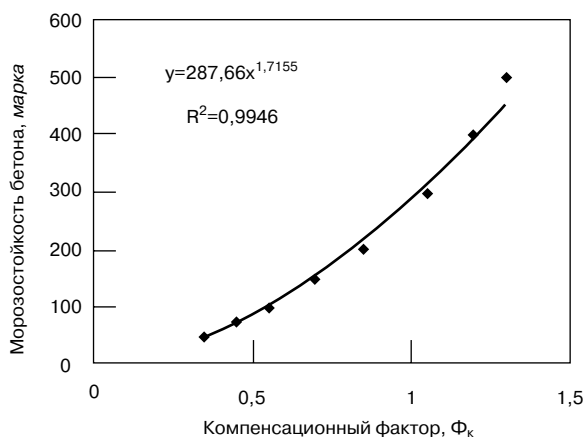


Рис. 1. Взаимосвязь между маркой бетона по морозостойкости F и компенсационным фактором Φ_k

В струйной технологии в основном используют водоцементный раствор с $(В/Ц)^* = 0,7-1$. Для предварительной оценки принимали, что величина $В/Ц$ грунтобетонной смеси равна $(В/Ц)^*$ подаваемого в грунт водоцементного раствора без учета фактической влажности грунта в конкретных условиях строительства.

Для оценки морозостойкости грунтобетона в струйной технологии по компенсационному фактору были приняты следующие расходы цемента, $кг/м^3$: 350, 400, 450, 500 и 550. Значения $В/Ц$: 0,7, 0,8, 0,9 и 1. Значения V_B по формуле (1) приняты 0, 2, 5 и 10%.

В расчете Φ_k по формуле (3) учли влияние V_B на получаемые расчетом начальные расходы цемента и воды в грунтобетоне по струйной технологии.

Для цементобетонной смеси при $V_B \neq 0$ за счет появления воздушных пор ее объем будет составлять не $1 м^3$, как было рассчитано для начального состава бетона, а увеличится на величину V_B . В струйной технологии нет возможности отдельно дозировать и изменять расход заполнителя (грунта) в грунтобетоне в соответствии с изменением величины V_B , как предусмотрено при подборе состава цементного бетона с вовлеченным воздухом по ГОСТ 27006–86. Соответственно в струйной технологии начальные расходы материалов в расчете на $1 м^3$ грунтобетонной смеси, рассчитанные на использование несвязных грунтов без агрегатов зерен грунта, должны быть уменьшены пропорционально увеличению объема грунтобетонной смеси, связанного с появлением агрегатов зерен грунта, занимающих больший объем аналогично увеличению V_B бетонной смеси. В этом случае начальные расходы материалов должны быть уменьшены в $(1+0,01V_B)$ раз, а также пропорционально уменьшены расчетные величины, входящие в формулу (3).

Если предположить, что обобщенные поры в грунтобетонной смеси по формуле (1), связанные с наличием агрегатов зерен грунта, представляют собой поры, полезные для повышения морозостойкости грунтобетона, как воздушные в цементобетоне, то величину V_B следует прибавить к величине контракционных пор грунтобетона V_K , что и предусмотрено формулой (3) в виде $V_{KэKB1} = V_B + V_K$. При этом варианте пористости грунтобетона (№ 1) величина капиллярных пор не изменится, $V_{лэKB1} = V_l$. Для цементного бетона такие условно-закрытые поры, не насыщаемые водой при атмосферном давлении, — это мелкие, равномерно распределенные воздушные поры диаметром до 300 мкм общим объемом 4–8% [3, 4].

Вероятно, характер воздушной пористости в агрегатах грунта в грунтобетоне по струйной технологии (объем и распределение пор по размерам) может не соответствовать вышеуказанным ее оптимальным параметрам

для повышения морозостойкости цементного бетона. В этом случае (вариант пористости № 2) величина V_B , возможно, увеличивает капиллярную, а не замкнутую пористость в формуле (3). То есть если все воздушные поры по формуле (1) рассматривать как капиллярные, проницаемые для воды, то $V_{лэKB2} = V_l + V_B$. Соответственно при $V_B = 2\%$ и $V_B = 5\%$ дополнительно к величинам V_l (по табл. 2, 3) следует прибавить 2% и 5%. При этом величина контракционной пористости грунтобетона не изменится, $V_{KэKB2} = V_K$.

Возможно, только часть воздушных пор в агрегатах грунта в грунтобетоне по струйной технологии представляет собой капиллярные поры. В этом случае (вариант пористости № 3) только эту часть V_B следует прибавить к V_l , а оставшуюся — к V_K . В работе приняли допущение, что одна половина всех воздушных пор проницаема для воды, а другая непроницаема и полезна для морозостойкости грунтобетона, т. е. $V_{лэKB3} = V_l + 0,5V_B$; $V_{KэKB3} = V_K + 0,5V_B$. Для этого случая рассмотрены величины $V_B = 5\%$ и $V_B = 10\%$.

В табл. 3 представлены результаты расчета соответствующих значений компенсационного фактора грунтобетона, Φ_k , и его морозостойкости по формуле (4) для принятых величин $Ц$, $В/Ц$ и V_B .

Рис. 2, 3 иллюстрируют влияние $В/Ц$ и расхода цемента на морозостойкость грунтобетона в зависимости от содержания обобщенных воздушных пор в предположении их полезности для морозостойкости (вариант пористости № 1), когда $V_{KэKB1} = V_B + V_K$.

Полученные данные показывают, что согласно принятой модели морозостойкости по компенсационному фактору увеличение расхода цемента в грунтобетоне, как и в цементобетоне, может быть полезно только при сопутствующем снижении $В/Ц$. В противном случае с ростом расхода цемента увеличивается доля цементного камня в грунтобетоне — пористого элемента структуры, растет открытая капиллярная пористость и величина замораживаемой в грунтобетоне воды, величина V_l (по формуле 3), и морозостойкость грунтобетона падает.

Морозостойкость грунтобетона (табл. 3, рис. 2, 3) существенно изменяется в зависимости от объема обобщенных воздушных пор в грунтобетонной смеси, определенной по формуле (1), а также от их природы, т. е. от того, связаны ли они с полезными для морозостойкости грунтобетона порами агрегатов связного грунта или с открытыми капиллярами в них. При этом, как в обычном цементном бетоне, влияние воздушных (условно-закрытых, полезных) пор на морозостойкость грунтобетона более значимо, чем открытых капиллярных.

Расчетные данные однозначно свидетельствуют, что грунтобетон из-за высокой открытой пористости, образованной капиллярами и крупными воздушными порами агрегатов связного грунта, может характеризоваться низкой морозостойкостью (рассмотренные варианты пористости грунтобетона № 2 и № 3 по табл. 3).

Этот вывод подтвердили многочисленные испытания на морозостойкость грунтобетона, полученного по струйной технологии. НПО «Космос» выполнены испытания отформованных лабораторных образцов и образцов-кернов, выбуренных или выпиленных из конструкций, которые показали, что грунтобетон, полученный при использовании струйной технологии, характеризуется относительно низкой морозостойкостью, не превышающей 10 циклов. Грунтобетон по струйной технологии обычно соответствует маркам F5–F10 по первому базовому методу испытания бетона на морозостойкость ГОСТ 10060.0–95.

Фактическая низкая морозостойкость грунтобетона в струйной технологии косвенно свидетельствует, что воздушные поры в агрегатах частиц связного грунта, по сути, ведут себя как капилляры и при эксплуатации под

Таблица 3

Расчетные значения компенсационного фактора и морозостойкости грунтобетона

$V_{кэКВ}, \%$	$V_B, \%$	В/Ц	$\Phi_{к}/N$ при начальном расходе цемента, кг/м ³				
			350	400	450	500	550
$V_{лэКВ1}=V_{л}$ $V_{кэКВ1}=V_{В}+V_{к}$	0	0,7	0,09/5	0,09/5	0,09/5	0,09/5	0,09/5
		0,8	0,07/3	0,07/3	0,07/3	0,07/3	0,07/3
		0,9	0,06/2	0,06/2	0,06/2	0,06/2	0,06/2
		1	0,06/2	0,06/2	0,06/2	0,06/2	0,06/2
	2	0,7	0,22/21	0,21/20	0,2/18	0,19/17	0,18/15
		0,8	0,18/15	0,17/14	0,16/12	0,15/11	0,14/10
		0,9	0,15/11	0,14/10	0,13/9	0,13/9	0,12/8
		1	0,13/9	0,12/8	0,12/8	0,1/6	0,1/6
	5	0,7	0,44/70	0,4/60	0,36/50	0,33/43	0,31/39
		0,8	0,36/50	0,32/41	0,29/34	0,27/30	0,25/27
		0,9	0,3/37	0,27/30	0,25/27	0,23/23	0,21/20
		1	0,26/29	0,24/25	0,21/20	0,2/18	0,18/15
	10	0,7	0,82/204	0,73/167	0,66/141	0,6/120	0,56/106
		0,8	0,67/145	0,59/116	0,53/97	0,49/85	0,45/73
0,9		0,56/106	0,5/88	0,45/73	0,41/62	0,38/55	
1		0,48/82	0,43/67	0,39/57	0,35/48	0,33/43	
$V_{лэКВ2}=V_{л}+V_{В}$ $V_{кэКВ2}=V_{к}$	2	0,7	0,08/4	0,08/4	0,08/4	0,08/4	0,08/4
		0,8	0,07/3	0,07/3	0,07/3	0,07/3	0,07/3
		0,9	0,06/2	0,06/2	0,06/2	0,06/2	0,06/2
		1	0,05/2	0,05/2	0,05/2	0,05/2	0,05/2
	5	0,7	0,07/3	0,07/3	0,07/3	0,07/3	0,07/3
		0,8	0,06/2	0,06/2	0,06/2	0,06/2	0,06/2
		0,9	0,05/2	0,05/2	0,05/2	0,05/2	0,05/2
	1	0,04/1	0,05/2	0,05/2	0,05/2	0,05/2	
$V_{лэКВ3}=V_{л}+0,5V_{В}$ $V_{кэКВ3}=V_{к}+0,5V_{В}$	5	0,7	0,23/23	0,21/20	0,2/18	0,19/17	0,18/15
		0,8	0,19/17	0,18/15	0,17/14	0,16/12	0,15/11
		0,9	0,16/12	0,15/11	0,14/10	0,13/9	0,13/9
		1	0,14/10	0,13/9	0,12/8	0,12/8	0,11/7
	10	0,7	0,33/43	0,31/39	0,29/34	0,28/32	0,26/29
		0,8	0,28/32	0,26/29	0,25/27	0,23/23	0,22/21
		0,9	0,23/23	0,22/21	0,2/18	0,19/17	0,18/15
		1	0,22/21	0,2/18	0,19/17	0,18/15	0,17/14

Примечание: величины $V_{к}$ и $V_{л}$ определены по формуле (3) в табл. 2.

воздействием природно-климатических факторов насыщаются водой. То есть величину $V_{В}$ по формуле (1) в грунтобетонной смеси с точки зрения влияния на морозостойкость грунтобетона нельзя считать образованной воздушными условно-закрытыми порами в формуле (3).

В струйной технологии из-за ее особенностей верхняя часть создаваемой конструкции, например грунтобетонной сваи, обычно не доходит до поверхности на 1,5–3 м (в зависимости от конкретных условий строительства), и вследствие этого основная часть сваи находится вне зоны промерзания грунта. Тем не менее для струйной технологии проблема морозостойкости получаемого грунтобетона актуальна для верхней, замораживаемой части конструктивного элемента, в том числе где промерзание может происходить из-за высокой теплопроводности вышележащих бетонных и железобетонных конструкций.

Низкую морозостойкость грунтобетона следует учитывать при эксплуатации конструкций и сооружений, устраиваемых по струйной технологии. В частности, следует организовывать отвод воды от верхней части конструкций, осуществлять мониторинг их состояния и выполнять другие мероприятия по обслуживанию сооружений.

Грунтобетон в сооружениях, устроенных по струйной технологии, в процессе эксплуатации может подвергаться агрессивному воздействию грунтовых вод. Грунтовые воды обычно могут содержать сульфаты и хлориды кальция, натрия и магния, а также аммониевые соединения, соли уголекислоты и едкие щелочи, ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , HCO_3^- , OH^- [5]. В результате обменных реакций указанных солей с гидроксидом кальция $Ca(OH)_2$, образующимся в порах цементного камня при гидратации цемента, происходит

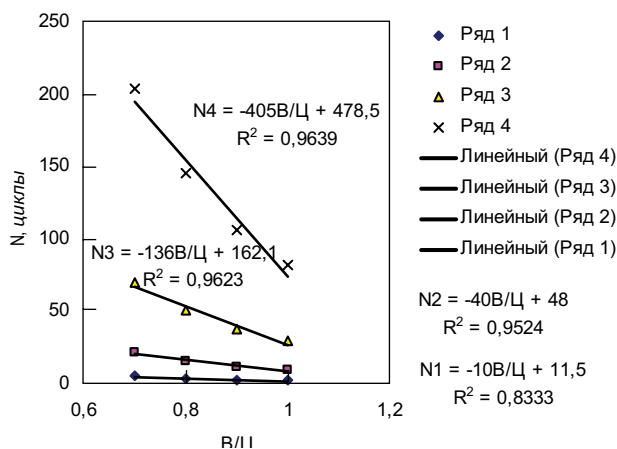


Рис. 2. Зависимость морозостойкости грунтобетона от В/Ц. Начальный расход цемента 350 кг/м³: 1 – $V_g=0$; 2 – $V_g=2\%$; 3 – $V_g=5\%$; 4 – $V_g=10\%$

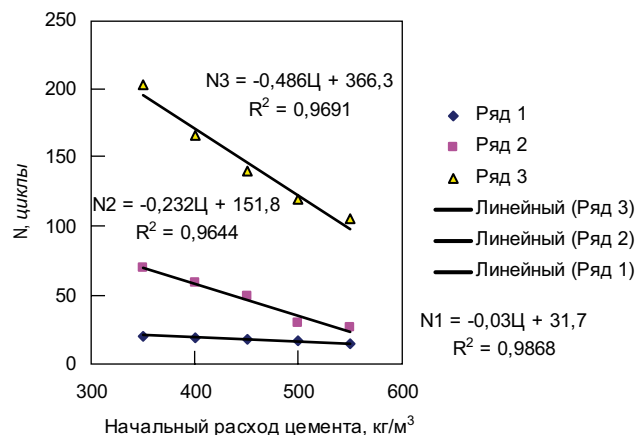


Рис. 3. Зависимость морозостойкости грунтобетона от начального расхода цемента. В/Ц=0,7: 1 – $V_g=2\%$; 2 – $V_g=5\%$; 3 – $V_g=10\%$

коррозия 1-го вида, выщелачивание. При этом растворимые продукты реакции вымываются из пор грунтобетона, особенно в условиях переменного увлажнения и высушивания или постоянного подпора воды. Это может привести к локальному поверхностному разрушению или к общему снижению прочности грунтобетона [6].

Оценка коррозионной стойкости грунтобетона была выполнена в НИИЖБ в сотрудничестве с НПО «Космос» [7]. Образцы грунтобетона были выбурены (выпилены) по ГОСТ 28570–90 из ограждающей конструкции котлована, устроенной подразделением НПО «Космос» по струйной технологии в г. Перми.

Для производства работ был принят начальный состав грунтобетона Ц:Г:В=1:2,86:1 (для сухого грунта и полностью уплотненной грунтобетонной смеси). На разной глубине грунт представлял собой суглинки и глину. В грунтобетоне была использована многофункциональная добавка КДСЦ, разработанная НПО «Космос» (1% массы цемента). Грунтобетон по результатам испытания образцов-кernов характеризовался прочностью при сжатии 0,5–1 МПа (проектное требование к прочности грунтобетона на данном объекте 0,5 МПа).

Коррозионную стойкость грунтобетона данного состава в работе оценивали с помощью испытания в периодически сменяемой дистиллированной воде. Определяли скорость вымывания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из образцов грунтобетона с помощью методов аналитической химии [6]. Было подтверждено, что скорость растворения CaO , содержащегося в образцах грунтобетона, пропорциональна величине $t^{0,5}$, что характерно для определяемых диффузией химических процессов в гетерогенных средах (t – время).

Результаты испытаний показали, что грунтобетон характеризуется меньшей в 3–4 раза коррозионной стойкостью, чем мелкозернистый бетон более высоких классов по прочности, В15–В22,5, взятый для сравнения.

Экстраполируя полученную экспериментально зависимость скорости выщелачивания грунтобетона в дистиллированной воде от времени, был выполнен прогноз разрушения грунтобетона в течение 50 лет: глубина разрушения составила 13 мм (при аналогичном разрушении мелкозернистого бетона 3,5 мм).

Низкую коррозионную стойкость грунтобетона также можно объяснить высокой открытой капиллярной пористостью, образованной порами цементного камня и агрегатов зерен глинистого грунта в грунтобетоне.

Высокое фактическое водопоглощение образцов грунтобетона, определенное экспериментально по ГОСТ 12730.0-4.78, $W_B=25,05\%$ по массе, подтверждает

этот вывод, а также результаты расчета открытой капиллярной пористости грунтобетона V_d по формуле (3), представленные в табл. 2 (для вариантов пористости № 2 и 3).

Представленная прогнозная оценка глубины разрушения грунтобетонных конструкций в условиях коррозии 1-го вида (выщелачивания), обычно массивных, составляет всего несколько процентов проектных размеров и не представляет реальной угрозы их функционированию. Тем не менее, учитывая низкую стойкость грунтобетона к коррозии, при проектировании грунтобетонных конструкций и сооружений необходимо учитывать условия их эксплуатации, наличие агрессивных грунтовых вод.

Основные выводы.

1. В работе показана плодотворность для анализа и прогноза долговечности грунтобетона модели, в которой грунтобетон рассматривается как мелкозернистый (песчаный) бетон, отличающийся наличием грунта в качестве заполнителя и высоким водосодержанием смеси. Получена расчетная оценка морозостойкости и экспериментальная оценка коррозионной стойкости грунтобетона.
2. При проектировании грунтобетонных конструкций и сооружений, устраиваемых по струйной технологии, необходимо предусматривать соответствующие защитные мероприятия с учетом относительно низкой морозостойкости и коррозионной стойкости получаемого грунтобетона.

Ключевые слова: грунтобетон, грунтобетонная смесь, агрегаты связного грунта, воздушная, условно-закрытая и открытая капиллярная пористость, струйная технология, морозостойкость, коррозия 1-го вида (выщелачивание).

Список литературы

1. Бройд И.И. Струйная геотехнология. М.: Изд-во АСВ, 2004. 448 с.
2. EN 12716:2001E «Выполнение специальных геотехнических работ. Струйная цементация».
3. Рамачандран В., Фельдман Р., Болдуэн Дж. Наука о бетоне. М.: Стройиздат, 1986. 280 с.
4. Невиль А.М. Свойства бетона. М.: Стройиздат, 1972. 344 с.
5. СНиП 2.03.11–85 Защита строительных конструкций от коррозии.
6. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузев Е.А. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.
7. Руководство по определению скорости коррозии цементного камня, раствора и бетона в жидких агрессивных средах. М.: Стройиздат, 1970.

В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук,
Т.В. ДМИТРИЕВА, инженер (tdmitrieva-bel@yandex.ru), Белгородский государственный
технологический университет им. В.Г. Шухова

Феноменологическая модель стабилизации глинистых грунтов низкомолекулярными органическими комплексами

Разработка методов стабилизации глинистых грунтов органическими комплексами является одним из перспективных направлений повышения качества дорожного строительства. Основными задачами стабилизации глинистых грунтов являются повышение устойчивости дорожного полотна к динамическим нагрузкам, увеличение степени его водо- и морозостойкости, создание и длительное сохранение плотной структуры грунтов, снижение пыления и т. д.

Наряду с традиционно используемыми известью и цементом применяют различные органические стабилизаторы — дегти и битумы, комплексные полимерные эмульсии, сульфинированные нефтепродукты, энзимы (ферментные препараты) и биологические агенты. Совместное их применение с относительно небольшим количеством цемента позволяет свести к разумному минимуму расход активных вяжущих для изготовления асфальтобетонных и цементобетонных смесей с выполнением необходимых требований по прочностным показателям [1].

Стабилизирующее действие перечисленных органических комплексов реализуется через различные механизмы взаимодействия их с минеральными компонентами грунтов.

Действие комплексных полимерных эмульсий основано на формировании в результате полимеризации олигомеров полимерглинистых композиций, при этом возможна реализация известных механизмов — микрокомпозиционного, интеркаляционного и эксфолиационного [2].

Сульфинированные нефтепродукты обладают способностью замещать обменные катионы и абсорбированную воду в глине, повышая ее гидрофобные свойства. Энзимы, уменьшая поверхностное натяжение воды, обладают пластифицирующим действием и способствуют уплотнению грунтов.

Кроме того, для стабилизации глинистых грунтов применяют отходы переработки сахарной свеклы в виде биологически активной смеси олигосахаридов (БАСО).

Взаимодействие активных низкомолекулярных органических комплексов (НОК) с глинистыми минера-

лами является предметом пристального внимания исследователей. При этом, несмотря на существенные успехи в области создания органоглинистых композиций, многие вопросы интерпретации механизмов взаимодействия органических комплексов с полиминеральными образованиями глин до настоящего времени остаются дискуссионными [3]. В частности, в литературе отсутствует описание механизмов воздействия компонентов БАСО на глинистые минералы грунтов.

Сравнение ИК-спектров исходной и обработанной БАСО монтмориллонитовой глины показало их отличие (рис. 1). Соотнесение основных волновых полос поглощения в области средних величин волновых чисел с полосами поглощения молекулярных групп веществ, входящих в состав БАСО, показало, что полосе 1383 см^{-1} соответствуют валентные колебания С—С групп, полосе 1452 см^{-1} — деформационные колебания групп С—С и С—Н, полосе 1620 см^{-1} — деформационные колебания групп CH_2 . Причем с ростом цепочки CH_2 число полос увеличивается, они накладываются друг на друга. Полосы 2850 и 2920 см^{-1} соответствует валентным колебаниям групп, содержащим С—О связи. Таким образом, компоненты БАСО адсорбируются на поверхности глинистых минералов.

Один из возможных вариантов феноменологической модели [4] стабилизирующего действия компонентов БАСО с глинистыми минералами грунтов можно создать на основании общих представлений о кристаллической структуре породообразующих глинистых минералов грунтов и строении молекул олигосахаридов.

Для осуществления связывающего действия между минеральными индивидами глин молекулы НОК стабилизаторов должны иметь одинаковые, расположенные диаметрально-симметрично функциональные группы, например OH^{-1} . Реализация этого условия позволяет рассматривать молекулу НОК как мостиковое звено, связывающее два наноразмерных минеральных индивида слоистых алюмосиликатов (или их фрагменты). Если рассмотреть в качестве модельной компоненты БАСО

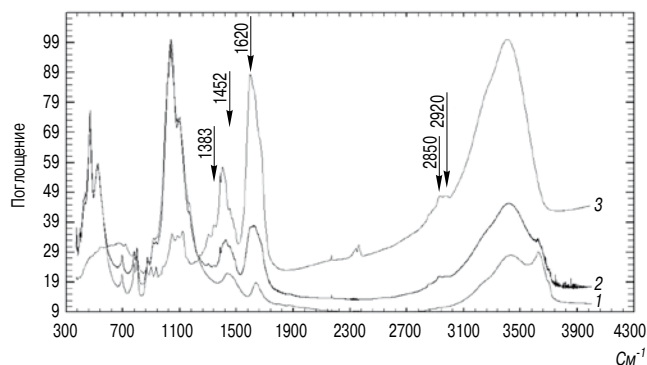


Рис. 1. Сопоставление ИК-спектров: 1 — исходный монтмориллонит; 2 — обработанный БАСО монтмориллонит; 3 — БАСО

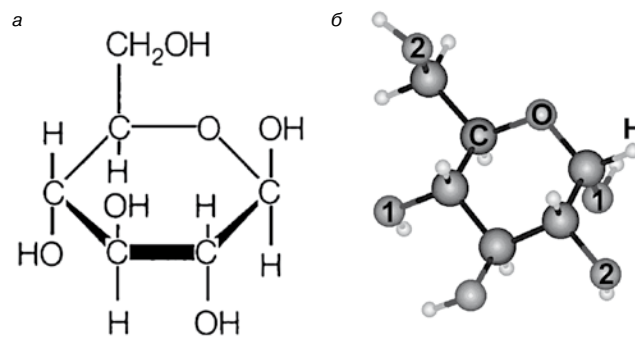


Рис. 2. Молекула глюкозы

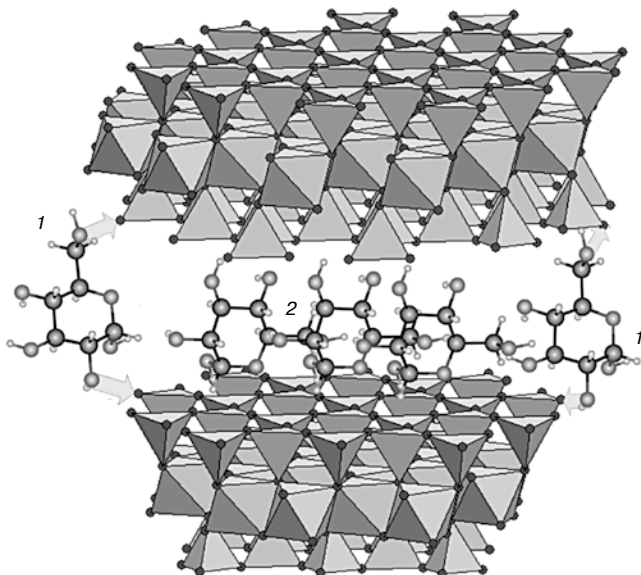


Рис. 3. Модельная схема взаимодействия глюкозы с монтмориллонитом: 1 — периферийное; 2 — интеркаляционное

молекулу глюкозы в циклическом представлении (рис. 2, а), то в качестве таких функциональных групп можно выбрать пары гидроксильных групп 1 и 2 (рис. 2, б).

Кристаллические структуры слоистых алюмосиликатов характеризуется тем, что периферия пинакоидальных плоскостей кремнекислородных сеток ограничена гидроксильными группами. Олигосахариды, взаимодействуя с гидроксильными группами на поверхности глинистых минералов, могут образовывать водородные связи с гидроксильными группами, находящимися в вершинах периферийных кремнекислородных тетраэдров (рис. 3).

Гипотетически схема, приведенная на рис. 3, весьма вероятна, из-за того что величина межслоевого промежутка в монтмориллоните соизмерима с размерами молекулы моносахарида (глюкозы). Так, если оценить размер молекулы глюкозы как четыре диаметра атома углерода, что соответствует приблизительно 6Å, то можно предположить, что она вполне способна войти в пространство между пакетами монтмориллонита, величина которого ~8,3Å.

Взаимодействие низкомолекулярных органических комплексов БАСО с монтмориллонитовыми глинами может происходить и по многовариантному интеркаляционному механизму с гидрофобизацией его активных

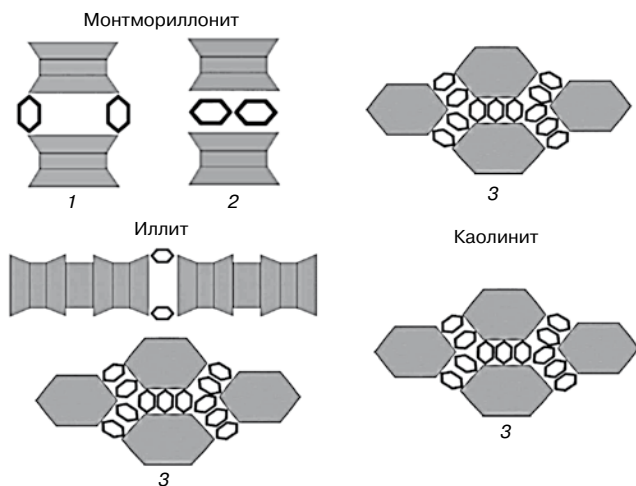


Рис. 4. Схемы взаимодействия молекулярных комплексов БАСО с глинистыми минералами: 1 — периферийное; 2 — интеркаляционное; 3 — композиционное

поверхностей. При реализации периферийного и интеркаляционного механизмов будет происходить блокирование молекул воды в межпакетных промежутках монтмориллонита или вытеснение их из них, что может способствовать увеличению степени гидрофобизации монтмориллонитовых глин. Кроме того, принципиально возможна реализация механизма склейки соседних 2D-наноразмерных индивидов по аналогичному механизму взаимодействия с образованием нано- и микро-размерных органо-монтмориллонитовых композитов. Таким образом, взаимодействие олигосахарида с нанокристаллическими индивидами монтмориллонита может происходить путем реализации периферийного, интеркаляционного и наноконпозиционного механизмов.

Для других минеральных образований глинистых грунтов — иллита, каолинита, слюда, кварца и полевых шпатов, в силу кристаллохимических и размерных особенностей, взаимодействие с активными низкомолекулярными органическими комплексами будет отличаться от монтмориллонита.

Иллит отличается от монтмориллонита тем, что его тетраэдрические слои алюмосиликатные. Для компенсации их излишнего отрицательного заряда в межпакетных промежутках располагаются атомы калия. Величина межпакетного промежутка составляет около 4Å, что существенно меньше, чем у монтмориллонита. Взаимодействие органических молекулярных комплексов БАСО с иллитом может реализовываться по двум механизмам. Первый — адсорбция органокомплексов с образованием водородных связей на активных центрах базальных плоскостей и периферийных зон нанокристаллов; второй — путем формирования наноразмерных композитов. Особенности кристаллического строения каолинита позволяют реализовать только микроконпозиционный механизм взаимодействия с олигосахаридами (рис. 4).

Завершая обсуждение возможных вариантов взаимодействия низкомолекулярных органических комплексов БАСО с глинистыми образованиями грунтов, следует отметить, что степень их взаимодействия находится в прямой зависимости от концентрации активных центров на поверхностях элементарных структурных пакетов этих минералов. Именно эти характеристики ответственны за реализацию возможных механизмов взаимодействия органических молекул с глинистыми минералами. При этом величина степени взаимодействия будет возрастать в ряду: монтмориллонит → иллит → каолинит. Необходимо сказать, что это полностью согласуется с величинами емкости катионного обмена для этих минералов.

Степень влияния взаимодействия компонентов БАСО с каркасными силикатами и алюмосиликатами — породообразующими минералами грунтов (кварцем и полевыми шпатами) на их стабилизацию будет существенно ниже из-за больших (микроскопических) размеров этих минералов. Положительное действие БАСО на эти компоненты грунтов будет проявляться в повышении их гидрофобных свойств ввиду существенной активности поверхностей. Кроме породообразующих слоистых и каркасных силикатов в грунтах всегда присутствуют концентрационно-значимые содержания рентгено-аморфной фазы, представляющей собой наноразмерные силикатные (кварц, кристобалит) и алюмосиликатные (иллит, полевые шпаты) минеральные образования. Учитывая наномасштабные размеры этих образований и существенную долю атомов на их поверхностях, можно непротиворечиво предположить весьма существенную степень их взаимодействия с компонентами БАСО, вероятно, по наноконпозиционному механизму.

Степень влияния органических комплексов БАСО находится в прямой зависимости от структурно-

химической природы слоистых алюмосиликатов и соответствует обобщенной последовательности: рентгено-аморфные фазы → монтмориллонит → смешанослойные образования → иллит → каолинит. Каркасные силикаты и алюмосиликаты в данной системе выполняют роль наполнителей и не вступают в активное взаимодействие с низкомолекулярными органическими комплексами.

Предложенная феноменологическая модель может служить прогнозной основой эффективности применения БАСО при создании высокоэффективных стабилизированных грунтов с различным петроструктурным составом.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (НИР по лоту «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области нанотехнологий и наноматериалов»).

Ключевые слова: стабилизация грунтов, глинистые минералы, олигосахариды.

Список литературы

1. *Veelen M., Visser A.T.* The performance of unpaved road material using soil stabilisers // Journal of the South African Institution of Civil Engineering. 2007. Vol. 49. № 4. Pp. 2–9.
2. *Mittal V.* Polymer Layered Silicate Nanocomposites: A Review. // Materials. 2009. № 2. Pp. 992–1057.
3. *Valdre G., Moro D., Ulian G.* Interaction of organic molecules with layer silicates, oxides and hydroxides and related surface-nanocharacterization techniques // EMU Notes in Mineralogy. 2011. Vol. 11. Ch. 9. Pp. 315–336.
4. *Пайерлс Р.* Построение физических моделей // Успехи физических наук. 1983. Т. 140. В. 4. С. 315–332.



**Учебное пособие
«Наносистемы
в строительном
материаловедении»**

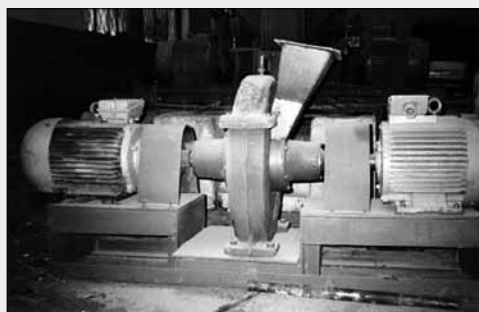
**В.В. Строкова,
И.В. Жерновский,
А.В. Череватова**
Белгород: Изд-во БГТУ,
2011. 205 с.

Учебное пособие «Наносистемы в строительном материаловедении» представляет собой первую попытку в практике отечественной высшей школы систематически изложить основные положения и вопросы, связанные с применением нанотехнологических подходов при разработке и производстве строительных материалов.

В издании изложены основные понятия о наноразмерном состоянии вещества, начальные представления о наноминералогии сырья для строительной индустрии, основы аналитических методов исследования наносистем в строительном материаловедении. Рассмотрены вопросы применения наносистем при получении вяжущих различных механизмов твердения и композиционных материалов на их основе.

Учебное пособие предназначено для студентов и аспирантов строительных специальностей, а также может представлять интерес для инженеров и научных работников.

**Измельчительная установка «УИС-У»
универсальный и многофункциональный технологический инструмент**



Назначение

- Измельчение, активация, механохимический синтез смеси сыпучих материалов и веществ;
- Диспергирование (сверхтонкое измельчение) твердых материалов в жидких суспензиях, эмульсиях (шламы, глинистые и песочно-глинистые суспензии и т. д.);
- Получение гомогенной смеси сыпучих материалов и веществ, вязко-жидких компонентов с твердыми наполнителями;
- Смешивание, аэрация и вспенивание жидких веществ (в производстве пенобетона и газобетона).

Основные параметры дезинтегратора «УИС-У»

Наименование	Показатель		
	2	3	5
Производительность ¹ , м ³ /час	2	3	5
Твердость измельчаемых материалов по шкале Мооса	≤ 8		
Входящая фракция, мм	до 20		
Массовая доля остатка на сите № 0,71	95%		
Ресурс мелящих элементов при твердости материала по шкале Мооса ≤ 8, ч	6000		
Ресурс дисков при твердости материала по шкале Мооса ≤ 8, ч	10000		
Ресурс корпуса размольного агрегата при твердости материала по шкале Мооса ≤ 8, лет	10		
Режим работы	непрерывный		
Установленная мощность ² , кВт	2×18,5(22) 2 т/ч	2×30 3,5 т/ч	2×37(45) 5 т/ч
Габаритные размеры, мм	3224×1200×1300	3340×1400×1620	3620×1920×2020
Масса, кг	950	2500	4100
Примечание: ¹ – указаны нижние пределы производительности дезинтегратора, зависят от характеристик материала; ² – установленная мощность электродвигателей зависит от характеристик материала.			

**Сервисное обслуживание дезинтегратора «УИС-У» осуществляет ООО НПФ «СМИНТ»
Телефон: 8-913-622-53-47 E-mail: prokopets_vs@mail.ru**

В.Н. СВЕЖИНСКИЙ, генеральный директор ЦИТИ «Дорконтроль» (Москва)

Полевые испытания разметочных материалов

Оценка параметров разметочных материалов проводится в соответствии с действующими нормативными документами – ГОСТ Р 52575–2006 и ГОСТ Р 52576–2006. В ряде случаев возможно более глубокое исследование материалов с использованием нестандартных методик. Но при этом чрезвычайно сложным является прогнозирование работоспособности материалов в реальных условиях эксплуатации. Выходом из этой ситуации является проведение сравнительных полевых испытаний (далее СПИ).

СПИ можно разделить на две группы. К первой группе следует отнести сравнительно узкие испытания материалов, которые проходят, как правило, в следующем порядке. Выбирается участок автомобильной дороги и городской улицы небольшой протяженности (от 100 до 500 м), на который наносится разметка по утвержденной схеме, соответствующей проекту организации дорожного движения, и в дальнейшем осуществляется мониторинг этого участка. В качестве эталонных значений принимаются результаты оценки разметки на соседних, прилегающих участках. В ряде случаев может применяться не один, а несколько новых материалов. Преимущества таких испытаний очевидны – контролю подлежат различные виды разметки (продольная, поперечная), испытания не требуют значительных капиталовложений. Основным и практически единственным серьезным недостатком является возможность одновременного испытания небольшого количества материалов.

Значительно больший интерес для потенциальных потребителей материалов, да и для многих производителей и поставщиков представляют полевые испытания широкого круга материалов. В Германии подобные испытания проводились в 70-е гг. прошлого столетия, в дальнейшем опыт был распространен на другие страны Европы.

В Российской Федерации с 1999 по 2004 г. полевые испытания организовывались Росавтодором. Масштабы этих СПИ (называемых контрольно-полевыми испытаниями) были весьма значительными: количество участников превышало два десятка, а в одном случае испыта-

ния проходили одновременно в нескольких регионах. В 2004–2006 гг. подобные работы проводились в Москве, в 2008 г. – в Санкт-Петербурге. СПИ в Москве были организованы ГУП «Доринвест» и также собирали большое количество участников. В Санкт-Петербурге мероприятия нельзя было назвать масштабными: на СПИ было представлено менее десяти материалов.

В феврале 2009 г. на заседании рабочей группы «Дорожная разметка» при экспертной группе № 4 НТС Росавтодора был рассмотрен вопрос возобновления проведения полевых испытаний материалов и изделий для горизонтальной дорожной разметки и материалов для цветных покрытий противоскольжения (далее ЦПП). Было принято решение о целесообразности проведения сравнительных полевых испытаний материалов и изделий для горизонтальной дорожной разметки и ЦПП.

Возобновление проведения СПИ было поддержано руководством Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации и Департаментом обеспечения безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел России.

К принципиальным отличиям СПИ нового формата необходимо в первую очередь отнести следующие:

- финансирование СПИ осуществляется за счет средств участников;
- исключительно инструментальный контроль всех параметров;
- результаты СПИ представляются в виде комплекса данных по всем нормируемым параметрам без создания каких-либо рейтингов, «белых» и «черных» списков;
- подтверждение серийности выпуска материалов (по желанию участников).

Первые СПИ в новом формате были организованы в Воронежской области на автомобильной дороге М-4 «Дон». При помощи ФГУ ФУАД «Черноземье» и филиала ФГУ «Росдортехнология» по Центральному округу был выбран участок и проведены необходимые мероприятия по его подготовке к проведению испытаний. СПИ были начаты в мае 2009 г. и продолжаются по на-



Рис. 1. СПИ 2009–2011 гг. на автомобильной дороге М-4 «Дон» в Воронежской области



Рис. 2. СПИ 2009–2011 гг. на автомобильной дороге М-51 «Байкал» в Новосибирской области, участок с асфальтобетонным покрытием



Рис. 3. СПИ 2009–2011 гг. на автомобильной дороге М-51 «Байкал» в Новосибирской области, участок с цементобетонным покрытием



Рис. 4. СПИ 2009–2011 гг. на автомобильной дороге М-18 «Кола» в Ленинградской области

стоящее время (рис. 1) при поддержке государственной компании «Российские автомобильные дороги». Виды и количество материалов, представленных на СПИ 2009–2011 гг., приведены в табл. 1.

Результаты СПИ были рассмотрены на заседании одной из секций научно-технического совета Росавтодора, где они были одобрены и рекомендованы для продолжения, а также для расширения географии проведения.

В 2010 г. было принято решение о проведении сравнительных полевых испытаний материалов в Сибирском федеральном округе, на объектах, находящихся в оперативном управлении ФГУ «Сибуправтодор». Контрольные линии были нанесены на два участка автомобильной дороги М-51 «Байкал» в Новосибирской области – с асфальтобетонным и цементобетонным покрытиями (рис. 2, 3). Виды и количество материалов, представленных на СПИ 2010–2011 гг., а также особенности этих испытаний приведены в табл. 1. Работа по мониторингу контрольных линий на СПИ 2010–2011 гг. продолжается в настоящее время – рассматривается целесообразность продления испытаний до двух лет (для отдельных материалов).

В мае 2011 г. очередные СПИ были начаты в Ленинградской области на автомобильной дороге М-18 «Кола» (рис. 4). В табл. 1 приведены виды, количество материалов, принимающих участие в этих испытаниях.

Все перечисленные испытания проводятся в соответствии с разработанными регламентами, согласованными с Федеральным дорожным агентством Министерства транспорта Российской Федерации и одобренными

Департаментом обеспечения безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел России.

Что касается нормативно-технического обеспечения СПИ, то в качестве основных документов следует привести следующие:

- ГОСТ Р 51256–99 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования»;
- ГОСТ Р 52289–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств»;
- ГОСТ Р 52575–2006 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Технические требования»;
- ГОСТ Р 52576–2006 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р 53170–2008 «Дороги автомобильные общего пользования. Изделия для дорожной разметки. Штучные формы. Технические требования»;
- ГОСТ Р 53171–2008 «Дороги автомобильные общего пользования. Изделия для дорожной разметки. Штучные формы. Методы контроля»;
- «Рекомендации по проведению сравнительных испытаний дорожной разметки на федеральных автомобильных дорогах» (введены в действие письмом Государственной службы дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации (Росавтодор) от 22.01.2004 г. № ОС-28/352-ис);

Таблица 1

Сравнительные полевые испытания (СПИ)	Количество представленных на СПИ материалов						В том числе с подтвержденной серийностью	Особенности СПИ
	Краски (эмали)	Холодные пластики	Термопластики	Противоскользящие материалы	Штучные формы	Всего		
СПИ 2009–2011 гг.	18	6	10	□	□	34	6	Пролонгация испытаний до 2,5 лет для ряда пластичных материалов
СПИ 2010–2011 гг. асфальтобетон	10	4	4	1	□	15	□	Проведение СПИ на двух участках, испытание противоскользящих материалов, нанесение линии со структурной поверхностью, тяжелые условия нанесения, пролонгация испытаний до 1,5 лет для некоторых пластичных материалов
СПИ 2010–2011 гг. цементобетон	9	2	□	□	□	11		
СПИ 2011–2012 гг.	13	4	3	□	1	21	17	Испытание штучных форм, двухразовое нанесение краски

- «Рекомендации по контролю качества горизонтальной дорожной разметки (введены в действие письмом Государственной службы дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации (Росавтодор) от 22.01.2004 г. № ОС-28/352-ис).

Все сравнительные испытания (СПИ 2009–2011 гг., СПИ 2010–2011 гг. и СПИ 2011–2012 гг.) состоят из следующих этапов: выбор, обследование и подготовка участка к нанесению контрольных линий, опечатывание емкостей с разметочными материалами и изделиями (в заводской упаковке) на складах участников СПИ (по желанию участников), нанесение материалов и изделий для горизонтальной дорожной разметки, лабораторные испытания материалов для горизонтальной дорожной разметки, оценка первоначального состояния контрольных линий и эксплуатационный контроль качества контрольных линий.

При выборе участка оценивается соответствие его параметров требованиям ГОСТ Р 50597–93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения», возможность соблюдения технологий нанесения материалов, отсут-

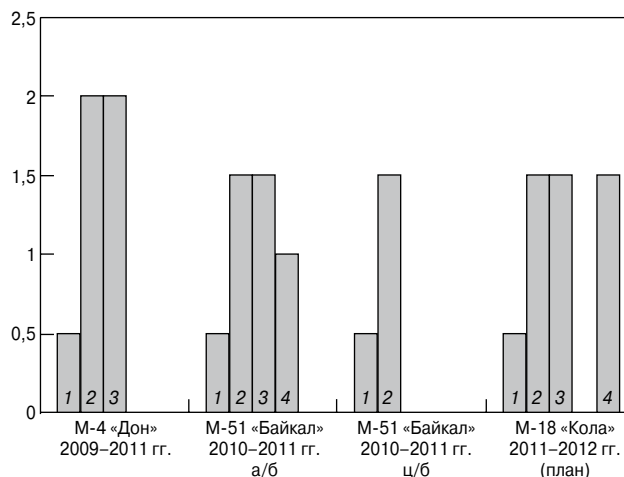


Рис. 5. Продолжительность СПИ на автомобильных дорогах М-4 «Дон» (Воронежская обл.), М-51 «Байкал» (Новосибирская обл.) и М-18 «Кола» (Ленинградская обл.) по годам: 1 – краски (эмали); 2 – холодные пластики; 3 – термопластики; 4 – противоскользящие материалы; 5 – штучные формы

Таблица 2

Название материала	Организация, представляющая материал	Участие в СПИ, гг.			
		2009–2011	2010–2011		2011–2012
		а/б	а/б	ц/б	а/б
ИндорТМ	ООО «Индор-Знак»/ООО «Индор-Знак Новосибирск»	+	+	+	+
Штоллрефлекс Д1163 хай солид	ООО «ТАУ-С»	+	+	+	+
АК-505 «Дарус»	ЗАО «Дарус»	+	-	-	-
АК-595 «Поли-КОЛОР»	ООО «Поли-КОЛОР»	+	-	-	-
Магистраль	НПО «ВОРОНЕЖДОРТЕХНОЛОГИЯ»	+	-	-	-
«Линия класс» АС-5307	ОАО «Русские краски»	+	-	-	+
АК-501 «Растр»	ООО «ТЕКОС»	+	-	-	-
Краска Клиносол хай-солид РМ1 ТРАФИК	ООО «ТЕКОС»	+	-	-	-
АК-511 «Спринтер»	УП «СТИМ», г. Брест/ООО «СТИМ»	+	+	+	+
АК-11 «Спринтер»	ООО «СТИМ-2», г. Смоленск	+	-	-	-
АК-101 белая РДК-1	ООО «РДМ»	+	-	-	-
Краска Клиносол хай-солид РМ1	ОАО «Одилак»	+	+	-	-
АК-503 «Колор-М»	ЗАО «Технопласт»	+	+	+	+
АК-599 «КРАД»	ООО «Метахимсервис»	+	-	-	-
АК-533 «Маршрут»	ООО «Лакокраска-Магистраль»	+	-	-	-
Индекоат 511	ООО «Лакокраска-Магистраль»	+	-	-	-
МК РОУД 350	ЗАО НПФ «МИР КРАСОК»	+	-	-	-
АК-511/АК-511 «Полифан Л»	ООО «Гео Про Макс»	+	+	+	-
Эмаль для разметки дорог полиакриловая Empils белая	ЗАО «Эмпилс»	-	+	+	+
Краска Гамма-СТИП-Шоссе	ООО «Ново Коутингс»	-	+	+	-
Разметочный состав «Церта»	ЗАО НПФ «Спектр»	-	+	+	-
Краска Sinolack Provence	ЗАО «Сибтермопласт»	-	+	+	-
Краска АК-510	ООО «УралПром»	-	-	-	+
Эмаль АК-505 «Миля»	ООО ЛКЗ «Радуга»	-	-	-	+
Краска АК-511	ООО ТД «Раум-Профи» (производитель ООО «Ника-ПВА»)	-	-	-	+
«Линия-класс М» АС-5307М	ОАО «Русские краски»	-	-	-	+
Эмаль АК-512 «Горожанка»	ООО «СТИМ» (УП «СТИМ», г. Брест)	-	-	-	+
Эмаль АК-505	ООО «ВАСАНЖ» (производитель ТОО «Алматинские краски»)	-	-	-	+
Краска «СТИМУЛ»	ООО «Индор-Знак Новосибирск»	-	-	-	+

Таблица 3

Название материала	Организация, представляющая материал	Участие в СПИ, г.			
		2009	2010		2011
		а/б	а/б	ц/б	а/б
ИндорТМ	ООО «Индор-Знак»/ООО «Индор-Знак Новосибирск»	+	+	-	-
Штоллрефлекс Д 1135 (Stollreflex D1135)	ООО «ТАУ-С»	+	-	-	-
ДПХ-АК-502-Г	ЗАО «Дарус»	+	-	-	-
Технопласт ТХП	ЗАО «Технопласт»	+	+	-	-
ТЕКНОРОУД МК-1000 (Teknoroаd МК 1000)	ЗАО НПФ «МИР КРАСОК»	+	-	-	-
Б-АК-52-Т «Стрела»	УП «СТИМ», г. Брест/ООО «СТИМ»	+	+	+	+
Холодный пластик Штоллрефлекс D1249	ООО «ТАУ-С»	-	+	+	+
Спрей пластик SP 661	ООО «Роуд Групп» (производитель СЕМИМАРК (Венгрия))				+
Холодный пластик НР 465	ООО «Роуд Групп» (производитель СЕМИМАРК (Венгрия))				+

Таблица 4

Название материала	Организация, поставяющая материал	Участие в СПИ, г.			
		2009	2010	2011	
		а/б	а/б	ц/б	а/б
Антискид	ООО «Вайскер»	-	+	-	-

Таблица 5

Название материала	Организация, представляющая материал	Участие в СПИ, г.			
		2009	2010	2011	
		а/б	а/б	ц/б	а/б
НП-1-170	ЗАО «Дарус»	+	-	-	-
«Магистраль Пласт» Т	НПО «ВОРОНЕЖДОРТЕХНОЛОГИЯ»	+	-	-	-
Нортек	ООО «ТЕКОС»	+	-	-	-
Клиносол 31 Е 20 РУСП (Cleanosol 31 Е 20 RUSP)	ООО «ТЕКОС»	+	-	-	-
Экватор	СООО «СТИМ ПЛАСТ», г. Брест/ООО «СТИМ»	+	+	-	+
ТПКН	ООО «РДМ»	+	-	-	-
Новопласт	ЗАО «Технопласт»	+	+	-	-
Кратер	ЗАО «Технопласт»	+	-	-	-
Сваркотерм Коломна	ООО «Сварко Коломна»/ООО «Гео Про Макс»	+	+	-	-
Профи-Лидер Т	ООО «БАС-ПРОФИ»	+	-	-	-
«Новопласт» Р	ООО «Технопласт»	-	-	-	+
«Новопласт» Ф	ООО «Технопласт»	-	-	-	+

Таблица 6

Название изделия	Организация, представляющая материал	Участие в СПИ, г.			
		2009	2010		2011
		а/б	а/б	ц/б	а/б
ПРЕМАРК	Представительство ОАО «ЛКФ Ваймаркетинг» в г. Санкт-Петербург	-	-	-	+

Примечания к табл. 3–6.

- 1 – Порядок представления материалов в таблице в соответствии с очередностью поступления заявок на СПИ.
- 2 – а/б – участок с асфальтобетонным покрытием.
- 3 – ц/б – участок с цементобетонным покрытием.

стве объектов, обеспечение жизнедеятельности которых может повлиять на результаты СПИ, а также возможность обеспечения безопасности дорожного движения как в процессе нанесения контрольных линий, так и при проведении их мониторинга.

В процессе операционного контроля фиксируются условия нанесения (климатические, состояние покры-

тия), расход материала (при машинном нанесении), способ нанесения световозвращающих элементов (стеклошариков), особенности нанесения материала (при наличии), время нанесения и отбор проб материалов.

Отбор проб разметочных материалов, предоставленных на сравнительные полевые испытания, осуществлялся из рабочего органа разметочной машины

или из емкостей с представленной на испытания продукции.

Отобранные пробы разметочных материалов были промаркированы и отправлены в испытательную лабораторию ЦИТИ «Дорконтроль», где их оценивали в соответствии с ГОСТ Р 52576–2006 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Методы испытаний». Требования к материалам для горизонтальной дорожной разметки содержатся в ГОСТ Р 52575–2006 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Технические требования».

Оценка первичного состояния контрольных линий заключалась в контроле параметров, нормируемых в ГОСТ Р 51256–99 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования» и ГОСТ Р 52289–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств». Работы проводились в соответствии с ГОСТ Р 51256–99 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования» и «Рекомендациями по контролю качества горизонтальной дорожной разметки» (приняты и введены в действие письмом Государственной службы дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации от 22.01.2004 г. № ОС-28/352-ис). Контроль первичного состояния нанесенных линий осуществляется до открытия по участку СПИ движения транспортных средств.

Эксплуатационный контроль качества при проведении сравнительных полевых испытаний материалов для горизонтальной дорожной разметки для контрольных линий, выполненных красками, осуществляется через один, три и шесть месяцев эксплуатации. Для линий, выполненных холодными и термопластиками, а также штучными формами, — через три, шесть и двенадцать месяцев эксплуатации. В случае высокой степени сохранности контрольных линий по площади мониторинг контрольных линий может быть продолжен. Так, на СПИ 2009–2011 гг. на автомобильной дороге М-4 «Дон» в Воронежской области эксплуатационный контроль ряда линий, выполненных пластичными материалами, был дополнительно проведен через полтора и два года после их нанесения. В настоящее время рассматривается вопрос о целесообразности оценки параметров контрольных линий через два с половиной года эксплуатации. При проведении эксплуатационного контроля оценке подлежат те же параметры, что и при оценке первичного состояния, добавляются только измерения величины износа и разрушений.

На диаграмме (рис. 5) представлена продолжительность испытаний различных материалов на СПИ 2009–2011 гг., СПИ 2010–2011 гг. и СПИ 2011–2010 гг.

На СПИ нового формата был представлен практически весь спектр материалов для дорожной разметки: краски (эмали), холодные и термопластики, штучные формы (табл. 2–6).

Полученные на полевых испытаниях результаты докладывались специалистами ЦИТИ «Дорконтроль» на различных конференциях, семинарах и совещаниях, в том числе на круглых столах международных выставок «Дорога-2010», «Доркомэкспо-2011», всероссийских совещаниях, проводимых Росавтодором, в том числе в 2011 г. — в Твери и в Новосибирске, совещаниях, организуемых ассоциацией РАДОР (в 2011 г. в Санкт-Петербурге), ежегодных семинарах Росавтодора, МАДИ и ЦИТИ «Дорконтроль» «Дорожно-строительные материалы, изделия и конструкции и их роль в обеспечении

безопасности дорожного движения» (Москва, 2009, 2010 и 2011 гг.) и др.

Результаты всех трех СПИ передаются участникам испытаний, а также в Росавтодор, Департамент ОБДД МВД России, ассоциацию РАДОР, приведены на сайте Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации, опубликованы в отраслевой прессе. В наиболее полном объеме с ними можно ознакомиться на сайте ЦИТИ «Дорконтроль» и журналах «Автомобильные дороги» и «Дорожная держава».

Участие в СПИ производителей и поставщиков материалов свидетельствует об их добросовестности и стабильном положении на рынке. В первую очередь это касается участников, испытания материалов которых были пролонгированы до 18 мес и далее на СПИ 2009–2010 гг., и участников трех СПИ — в Воронежской, Новосибирской и Ленинградской областях (табл. 2–6).

Анализ полученных результатов СПИ 2009–2010 и 2010–2011 гг. позволяет сделать выбор материалов для подрядных организаций, прогнозировать продолжительность функциональной долговечности горизонтальной дорожной разметки.

Также полученные на сравнительных испытаниях данные позволили укрепить доказательную базу необходимости переработки нормативных требований к горизонтальной дорожной разметке, прежде всего новой редакции ГОСТ Р 51256–99 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования».

Ключевые слова: материалы для дорожной разметки, полевые испытания, краска для дорожной разметки, термопластик, холодный пластик, контроль качества разметки, лаборатория ЦИТИ «Дорконтроль», выбор материалов для дорожной разметки.

24–27 января 2012 | Красноярск

XX юбилейная выставка
**СТРОИТЕЛЬСТВО
АРХИТЕКТУРА**

МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 22-88-405, 22-88-611 (круглосуточно)
build@krasfair.ru, www.krasfair.ru

Организатор – ВК «Красноярская ярмарка»
Официальная поддержка:

С.П. АРЖАНУХИНА, канд. техн. наук, ФГУП «РОСДОРНИИ» (Москва)

Технологии производства и применения противогололедных материалов на основе безводного хлорида кальция

Применение выпускаемых противогололедных материалов (ПГМ) позволяет существенно снизить капитальные и операционные затраты по зимнему содержанию автомобильных дорог в сравнении с пескосоляной смесью и рядом других ПГМ.

С химической точки зрения хлорид кальция (CaCl_2) – кальциевая соль соляной кислоты. Существует несколько его кристаллогидратов, а именно безводный, дву-, четырех- и шестиводный. Хлорид кальция представляет собой бесцветные кристаллы, имеет плотность $2,51 \text{ г/см}^3$. Растворимость ($\text{г/100 г H}_2\text{O}$): 74 (при 20°C) и 159 (при 100°C). Растворяясь, он выделяет много тепла. Хлорид кальция при противогололедной обработке в твердом виде эффективен до -34°C , при растворении выделяет большое количество тепла, что обуславливает его быстрое растворение и начало процесса плавления льда. Хлорид кальция используют для повышения эффективности действия хлорида натрия.

Крупнейшим производителем безводного хлорида кальция и ПГМ на его основе в настоящее время является ООО «Зиракс». Акции предприятия котируются на Лондонской фондовой бирже, головной офис находится в Лондоне, производство расположено в России, Италии, Австрии.

Выпускаемый на предприятии безводный 94–98% хлорид кальция производят из синтетической соляной кислоты и природных минералов с высоким содержанием кальция при практическом отсутствии примесей, что позволяет получать продукцию высшего качества. Безводный хлорид кальция обладает высокой скоростью плавления снежно-ледяных отложений и эффективен в диапазоне до -32°C . Материал быстро проникает в слой льда и требует наименьших норм расхода по сравнению с другими ПГМ.

Противогололедный композитный компактированный материал Айсмелт содержит 20% хлорида кальция и 80% хлорида натрия. Айсмелт обладает высокой плавящей способностью и эффективен в диапазоне до -20°C . ПГМ отличается пролонгированным действием.

Поставки ООО «Зиракс» ПГМ для Москвы осуществляли в соответствии с заключенными договорами по результатам открытого аукциона в зимний период 2010–2011 гг. для городских и окружных заказчиков, состоявшемся 25.06.2010 г. Компания «Зиракс» получила право на поставку твердых ПГМ по двум лотам. По лоту № 4 поставлен твердый многокомпонентный материал на основе композиции хлоридов кальция и натрия в объеме 19,2 тыс. т. По лоту № 9 поставлен твердый однокомпонентный материал на основе хлорида кальция в объеме 1,4 тыс. т.

В 2010–2011 гг. проведены поставки ПГМ марки ХКНМ (Айсмелт) и ХК (хлорида кальция гранулированного 94–98%) в Ульяновск, Саратов и Краснодар. Объем поставок продукции составил 2,3 тыс. т.

Компания «Зиракс» поставила в адрес литовской компании «Келува» 300 т ПГМ Айсмелт и Премелт (гранулированный хлорид кальция).

Предприятие закончило предварительную регистрацию своих продуктов согласно ЕС Регулирования REACH в 2007 г., а к июню 2010 г. закончена разработка дизайна упаковки продуктов и норм безопасности работ согласно приложению к ЕС Регулирования REACH-CLP (гармонизированные нормы классификации и маркировки химической продукции) и в ноябре 2010 г. завершена их регистрация.

Проведены поставки ПГМ марки Премелт и Айсмелт на рынок Великобритании. Выполняется поставка ПГМ и для берлинского предприятия по уборке города (хлорида кальция, гранулированного 94–96%). Объем 13,8 тыс. т. Контракт заключен между компаниями Zirax GmbH, Австрия, и Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR) на период 2010–2014 гг. Хлорид кальция будут использовать в составе ПГМ для борьбы с зимней скользкостью на дорогах в Берлине по технологии «смоченная соль». По этой технологии на дорогу вносят хлорид натрия, смоченный раствором хлорида кальция. Данная технология позволяет на 40 % и более сократить расход материалов, увеличить диапазон их рабочей температуры, увеличить скорость уборки автомобильных дорог после снегопадов, повысить качество работ и уменьшить стоимость зимнего содержания.

С 2009 г. в рамках подписанного контракта поставляют ПГМ на основе безводного хлорида кальция в розничные сети США и Канады.

ПГМ полностью соответствуют всем экологическим стандартам городских заказчиков в области ЖКХ, местных муниципальных образований и частных клиентов, так как норма расхода этих материалов для борьбы с зимней скользкостью существенно ниже, чем у аналогов, при этом с достижением более эффективного конечного результата. Применение этих ПГМ позволяет в разы снизить конечные операционные и капитальные затраты городских и частных заказчиков по сравнению с пескосоляной смесью, солью или другими альтернативными ПГМ. Материал включает эффективные ингибиторы коррозии, которые снижают затраты по устранению последствий коррозии после применения материалов на улицах и вокруг сооружений заказчиков в осенне-зимний сезон. Достоинства этих ПГМ: высокая плавящая способность (более 13 г/г); эффективность до -34°C ; быстрое устранение скользкости при растворении; содержание ингибиторов коррозии; низкие нормы расхода; равномерный гранулометрический состав; ПГМ негорючи, взрывопожаробезопасны и нетоксичны.

В Волгограде на территории ОАО «Каустик» находится производство жидкого хлорида кальция, безводного хлорида кальция, а также ПГМ АЙСМЕЛТ (ХКНМ, хлорид кальция, натрия модифицированный).



Технологическая схема производства хлорида кальция и продуктов на его основе: а, б –емкости очистки хлорида кальция; в – упаковка хлорида кальция; г – участок готовой продукции

Производство представляет собой сочетание современных технологий переработки высококачественного синтетического и природного сырья в продукты с повышенной потребительской ценностью, управления качеством и комплекса мер по защите окружающей среды.

Освоенные производственные процессы не только соответствуют современным требованиям в области использования ценных сырьевых ресурсов, но и позволяют минимизировать потери благодаря установке высокоточных систем управления процессом, современной контрольно-измерительной аппаратуры и надежной системе оценки качества готовой продукции.

Технологии «Зиракс» запатентованы и направлены на получение максимального результата путем переработки минимального количества сырья. На предприятии создана развитая система менеджмента переработки отходов и контроль за экологическим балансом промышленных площадок при безусловном обеспечении безопасности окружающей среды и охраны здоровья.

Известняк в виде кусков размером до 5 см подается в реакционные колонны со склада по транспортерам. Технологический процесс заключается в проведении химической реакции известняка и разбавленной соляной кислоты (поставка от ОАО «Каустик»). В результате получают раствор CaCl_2 , который в дальнейшем очищают от примесей [1–4]. Выделяющиеся газы очищаются в фильтрах, и углекислый газ удаляют в атмосферу.

Полученный раствор хлорида кальция в несколько этапов очищают от примесей (сульфатов и гидроксидов). После отстаивания раствор фильтруют.

Безводный хлорид кальция производится в сушильной камере путем распыления раствора в потоке горячего газа. Распыление раствора выполняют предварительно высушенным сжатым воздухом. В сушилку поступает топочный газ, получаемый сжиганием природного газа. Воду из раствора выпаривают и получают безводный хлорид кальция в виде сухого порошка. Продукт расфасовывают в стандартную упаковку до 1,2 т.

Технологическая схема производства хлорида кальция и продуктов на его основе представлена на рисунке.

В готовом виде безводный хлорид кальция и ПГМ на его основе представляют собой гранулы белого цвета размером 3–5 мм [5].

Ключевые слова: безводный хлорид кальция, противогололедный материал, раствор, технологическая схема производства.

Список литературы

1. Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия, 1988. 702 с.
2. Мороз А.С., Ковалова А.Г. Физическая и коллоидная химия. Л.: Мир, 1994. 278 с.
3. Физическая химия. Практическое и теоретическое руководство / Под ред. Б.П. Никольского. Л.: Химия, 1987. 875 с.
4. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 т. Пер с англ. М.: Мир, 1979. 438 с.
5. Аржанухина С.П. Отраслевые особенности применения хлорида кальция // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 60–61.

Свойства и производство безобжиговой пенокерамики

Развитие отечественной экономики в настоящее время связано далеко не в последнюю очередь с совершенствованием и расширением производства эффективных строительных материалов, в том числе на основе местного минерального сырья и промышленных отходов. Особенно это актуально для регионов с суровыми климатическими условиями – Урала, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока.

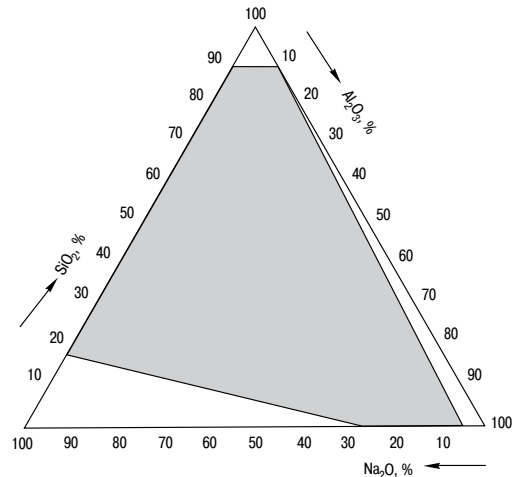
Наиболее актуальным направлением является использование отходов многотоннажных производств: металлургических шлаков; золошлаковых отходов, получаемых при сжигании угля на тепловых электростанциях; отходов производства перлита, а также природных материалов: трепела, диатомита, каолиновой глины и некоторых вулканических пород. Решением этой проблемы начали активно заниматься еще в 60-е гг. прошлого столетия, в результате чего были разработаны шлакощелочные цементы и составы бетонов [1, 2], рекомендации и нормативная документация, позволяющие использовать шлаки, а затем золы и золошлаковые отходы в бетонах на этих вяжущих при изготовлении различных строительных изделий [3–5]. Однако в практике строительства шлакощелочные вяжущие до настоящего времени используются совершенно недостаточно, хотя известно [2, 6–8 и др.], что перечисленные ранее минеральные продукты в сочетании с жидким стеклом и щелочными активаторами (NaOH или KOH) быстро твердеют, в том числе в естественных условиях, образуя кремниевые неорганические полимеры, которые имеют высокую прочность. Твердение этих полимеров обеспечивается процессами поликонденсации, сопровождающимися растворением дисперсных частиц минеральных продуктов и их склеиванием образующимся полимером через дегидратацию, в то время как твердение портландцемента обеспечивается процессами гидратации. В зависимости от химического состава и соотношения компонентов шлакощелочных вяжущих при их твердении образуются различные алюмосиликаты и цеолиты с различными свойствами. Составы шлакощелочных вяжущих для практического изготовления строительных материалов и изделий, разработанные В.Д. Глуховским [2], И. Давидовицем [9], М.М. Сычевым [10], А.Н. Гутышварцем [11], Т.А. Затворницкой [12] и предоставленные в виде стехиометрических соотношений химических оксидов Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 и воды, приведены в табл. 1 и на рисунке.

При анализе данных составов шлакощелочных вяжущих, приведенных в табл. 1 и на рисунке, можно за-

метить, что если в табл. 1 диапазоны химических реагентов у различных разработчиков различаются не сильно, то на рисунке область этих вяжущих в своей окислосодержащей системе: $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}$ выглядит довольно обширной, а следовательно, в ней и скрывается такое разнообразие конкретных составов шлакощелочных вяжущих с самым различным назначением получаемых строительных материалов.

В работе, направленной на разработку технологии производства легковесной безобжиговой пенокерамики с высокой прочностью и водостойкостью, выбор в качестве вяжущего шлакощелочного цемента предопределялся не только схожестью структуры безобжиговой керамики со структурой обжиговой керамики, но и тем, что бетоны на этих вяжущих в сравнении с материалами на других вяжущих обладают очень высокой прочностью и водостойкостью (табл. 2). Все это объясняется различиями в оксидосодержащих системах, образующих рассматриваемые строительные материалы. При сравнении систем, приведенных в этой таблице, кроме того, можно видеть, например, и причину, почему бетоны на шлакощелочных вяжущих более водостойкие и прочные, чем бетоны на портландцементе.

Достижение поставленной в данной работе цели осуществляли путем решения комплекса задач, включающих: – выбор исходных компонентов, способных к активному твердению с жидкостекольной композицией;



Область составов шлакощелочных вяжущих в системе: $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}$

Таблица 1

Разработчики	Химические реагенты шлакощелочных вяжущих				Назначение составов
	Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	H_2O	
В.Д. Глуховский	1–1,5	1	2–4	–	Приготовление бетонов
И. Давидовиц	0,8–1,2	1	3,5–4,5	5–7	Изготовление высокопрочных изделий
М.М. Сычев	0,5–2,5	1	3–7,5	–	Приготовление клеев
А.Н. Гутышварц	1,34–2,1	1	9	–	Изготовление изделий для изоляции тепловых агрегатов
Т.А. Затворницкая	0,9	1	5,1	–	Получение ячеистого жаростойкого бетона
Результаты исследований данной работы	0,5–1	1	1,8–4,3	2,6–5,5	Получение безобжиговой пенокерамики

Таблица 2

Оксиды	Минералы	Строительные материалы	Сравнительный уровень показателей	
			по прочности	по водостойкости
SiO ₂ + Na ₂ O	Силикаты натрия	Бетоны кислотоупорные, искусственный гравий	Прочные	Неводостойкие
SiO ₂ + CaO	Силикаты кальция	Автоклавные бетоны	Прочные	Относительно водостойкие
SiO ₂ + CaO + Al ₂ O ₃	Алюмосиликаты кальция	Бетоны на портландцементе	Прочные	Относительно водостойкие
		Волокна шлако-, стекло-, базальтовой ваты	Прочные	Относительно водостойкие
CaO + Al ₂ O ₃ +(SiO ₂)	Алюминаты кальция	Бетон на глиноземистом цементе	Прочные**	Водостойкие
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Na ₂ O*	Алюмосиликаты натрия (кислые золы и шлаки)	Цеолиты искусственные и природные	Высокопрочные	Водостойкие
		Бетоны на шлакощелочных вяжущих	Высокопрочные	Водостойкие
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + +Na ₂ O + CaO	Алюмосиликаты натрия и кальция (основные золы и шлаки)	Бетоны на шлакощелочно-земельных вяжущих	Высокопрочные	Относительно водостойкие

Примечания: * этот вид вяжущего в настоящее время правильнее называть алюмокремнещелочным вяжущим.
** в процессе эксплуатации возможны сбросы прочности.

- установление в составах формовочной смеси оптимального содержания щелочи, кремнезема и глинозема, обеспечивающего образование в твердеющем материале прочных и водостойких продуктов при использовании различных минеральных компонентов;
- разработку составов безобжиговой пенокерамики для производства эффективных конструкционно-теплоизоляционных стеновых изделий, теплоизоляции кровли спецобъектов и легковесных блоков изоляции тепловых агрегатов.

В результате разработан алюмосиликатный материал со средней плотностью 200, 300, 400 и 500 кг/м³, который готовится из вспененной композиции, включающей:

- кислую алюмосиликатную золу-унос ТЭС или метакаолин с добавлением трепела, диатомита, молотой перлитовой породы;
- натриевое жидкое стекло;

- комплексный отвердитель жидкого стекла на этапе отверждения;
- модифицирующие добавки;
- дисперсно-армирующее волокно;
- пенообразователь;
- воду.

Материал изготавливается по технологии производства неавтоклавного пенобетона. Формовочная смесь алюмосиликатного пенобетона быстро схватывается, твердеет в естественных условиях, а для ускорения твердения может подвергаться тепловой обработке при температуре 100°С. Расформовка пенобетонных изделий, твердевших без тепловой обработки, осуществляется через 10–12 часов.

Разработанный пенобетон на алюмосиликатном вяжущем – это бесцементный материал, предназначенный для применения в качестве стенового материала, теплоизолирующего слоя в трехслойных ограждающих

Таблица 3

Наименование показателей	Значение показателей в зависимости от средней плотности в сухом состоянии, кг/м ³							
	пеноалюмосиликат				неавтоклавный п/бетон		автоклавный п/бетон	
	200	300	400	500	400	500	400	500
Пределы отклонений средней плотности, кг/м ³	151–250	251–350	351–450	451–550	351–450	451–550	351–450	451–550
Прочность при сжатии, МПа	$\frac{0,4-0,8}{0,5-0,9}$	$\frac{0,8-1,8}{0,9-1,9}$	$\frac{1,8-2,1}{1,9-2,4}$	$\frac{2,1-2,7}{2,4-3}$	0,7–1	1–1,5	2	2,5
Теплопроводность (для среднего значения плотности), Вт/(м·°С), не более, при температуре: 25 ± 5°С 125 ± 5°С 300 ± 5°С	0,07 0,08 0,12	0,08	0,09	0,1	0,09	0,1	0,09	0,1
Потеря прочности при водонасыщении, %, не более	15	15	15	15	–	–	–	–
Сорбционное увлажнение, % по массе, не более	12	12	12	12	12–18	12–18	12	12
Морозостойкость, циклы	35	35	35	35	–	–	25	25

Примечание. Над чертой – прочность при сжатии пеноалюмосиликата на золе-уноса.
Под чертой – прочность при сжатии пеноалюмосиликата на метакаолине.

Таблица 4

Наименование показателей	Газосиликатные блоки	Блоки из неавтоклавного пенобетона	Блоки из пеноалюмосиликата	
Плотность в сухом состоянии, кг/м ³	500	500	300	250
Прочность при сжатии, кг/см ²	20–50	10–15	18	12
Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м ² ·°С)	0,1	0,1	0,08	0,075
Сорбционное увлажнение, % по массе	12	12–18	12	12
Расчетная теплопроводность материала в стене, Вт/(м ² ·°С)	0,22	0,22–0,28	0,2	0,195
Размеры блоков:				
– высота, мм	250	250	250 (300)	250 (300)
– длина, мм	625	625	625	625
– толщина, мм	300	300	250	250
Объем блока, л	46,87	46,87	39,06	39,06
Масса блока, кг	23,44	23,44	$\frac{11,72}{(-50\%)}$	$\frac{9,76}{(-58,45)}$
Термическое сопротивление, м ² ·°С/Вт	3–3,5	3–3,5	3–3,5	3–3,5

конструкциях, для утепления кровли зданий и сооружений спецобъектов и изоляции тепловых агрегатов.

Основные физико-механические и теплофизические свойства пеноалюмосиликата в сравнении с известными материалами представлены в табл. 3.

Ориентировочная стоимость сырьевых компонентов 1 м³ пеноалюмосиликата плотностью 300 кг/м³ на зольноса на 01.01.2011 г. составляла 3,3 т. руб.

Пеноалюмосиликат имеет мелкую полузакрытую структуру, которую при необходимости можно гидрофобизировать в объеме. При кратковременном обжиге материала его структура приобретает закрытую пористость, а физико-механические свойства возрастают.

Отличительные особенности пеноалюмосиликата:

- короткие сроки затвердевания (30–60 мин) и высокая скорость набора прочности;
- отсутствие необходимости применения автоклавной обработки;
- высокие физико-механические свойства и водостойкость, соизмеримые со свойствами автоклавного газосиликата;
- невысокие усадочные деформации;
- повышенная трещиностойкость;
- низкое сорбционное увлажнение, позволяющее уменьшать расчетную эксплуатационную теплопроводность стены на 0,06 Вт/м²·°С по сравнению с пенобетоном на цементе;
- эффективные теплофизические свойства материала способные при плотности пеноалюмосиликата 250–300 кг/м³ и толщине стены 250–300 мм обеспечивать для центрального региона термическое сопротивление стены 3,5 м²·°С/Вт;
- доступная цена;
- температура эксплуатации до 700–1200°С.

Оценивая свойства пеноалюмосиликата, можно рассчитывать, что его применение может быть особенно эффективным в качестве стенового материала при строительстве монолитных домов. При этом эффективность применения пеноалюмосиликатных блоков в стенах монолитных домов в первую очередь будет обеспечиваться экономией материалов. Эта экономия определяется как лучшими теплофизическими свойствами пеноалюмосиликата, так и меньшей его плотностью при достаточно высокой прочности (табл. 4). При возведении стен к экономии материалов, которая может достигать 50–60%, будет добавляться экономия от:

- удешевления транспортных расходов;
- снижения нагрузки на колонны и фундамент здания;
- повышения производительности труда при возведении стен, если увеличить высоту блоков до 300 мм;

- упрощения конструкции блоков в виду значительно-го снижения их массы;
- увеличения площади помещений на величину 1 м² на 20 п. м по периметру здания за счет уменьшения толщины стены.

Список литературы

1. Глуховский В.Д. Грунтосиликаты. Гос. изд. литературы по строительству и архитектуре УССР. Киев, 1959. 127 с.
2. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. Шлакощелочные цементы и бетоны. Киев: Будівельник, 1978. 184 с.
3. Глуховский В.Д. и др. Временные технические условия на изготовление изделий из грунтосиликатного бетона для сельского строительства (ВТУ 01–1969). Киев: Министерство сельского строительства УССР, 1969.
4. Глуховский В.Д. и др. Вяжущее шлакощелочное. ТУ 67 УССР 181–74. Украинское отделение Госстандарта СССР, 1974.
5. Глуховский В.Д. и др. Изделия бетонные и железобетонные на шлакощелочном вяжущем. ТУ 67 УССР 182–74. Украинское отделение Госстандарта СССР, 1974.
6. Карнаухов Ю.П., Шарова В.В., Подвольская Е.Н. Вяжущее на основе отвальной золошлаковой смеси и жидкого стекла из микрокремнезема // Строительные материалы. 1998. № 5. С. 12–13.
7. Комар А.Г., Величко Е.Г., Белякова Ж.С. О некоторых аспектах управления структурообразованием и свойствами шлакосиликатного бетона // Строительные материалы. 2001. № 7. С. 12–15.
8. Иванов Н.К., Радаев С.С., Шорохов С.М. Структурообразование в системах на основе жидкого стекла и опаловых пород // Строительные материалы. 1998. № 8. С. 24–25.
9. Davidovits I. Mineral polymers and methods of making them, US patent 4.349.386. 1982.
10. Сычев М.М. Неорганические клеи. Л.: Химия, 1986. 152 с.
11. Гутьшварц А.Н. и др. Композиция для изготовления теплоизоляционного материала. Патент РФ № 2018497, 1992.
12. Затворницкая Т.А. и др. Способ получения ячеистого жаростойкого бетона. Патент РФ № 2103239, 1996.

ООО «НТЦ ЭМИТ»
ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ,
ИЗДЕЛИЯ, ТЕХНОЛОГИИ
Тел./факс: (495) 351-96-73

Компания **KELLER HCW GmbH** получила крупный заказ в г. Аомар (Алжир)

Немецкая компания KELLER HCW, крупнейший производитель оборудования для керамической промышленности, намерена построить один из самых современных кирпичных заводов на африканском континенте в г. Аомар (Алжир).

Генеральный директор KELLER HCW г-н Лауренс Авербек отметил после подписания контракта, что благодаря инновационной концепции KELLER HCW на африканском континенте появится самый современный завод и это позволит алжирской компании S.A.R.L. MACTELL создать ощутимое присутствие на рынке кирпича Северной Африки.

В г. Аомар на севере Алжира по заказу компании S.A.R.L. MACTELL подразделение KELLER реализует проект по строительству ультрасовременной линии для производства пустотельных кирпичей с продольными отверстиями и кирпичей для заполнения перекрытий. Станки и оборудование для отделений массоподготовки и формовки поставляет компания Rieter; печь, сушилку и технологическое оборудование поставляет KELLER HCW.

Мощность нового завода на первом этапе строительства рассчитана на годовую производительность 220 тыс. т, на втором этапе возможно повышение мощности до 440 тыс. т в год.

Благодаря взаимному сотрудничеству компаний KELLER HCW, Morando и Rieter в проекте будет использовано ноу-хау подразделения KELLER.



На фото (слева направо): г-н Марк Гердес (Keller HCW), г-н Жан Стефано Марчизио (Morando), г-н Мусса Дауди (S.A.R.L. Mactell), г-н Лауренс Авербек (Keller HCW), г-жа Насера Буларби и г-н Карл-Петер Хакер (Representant Algerien), г-н Мухамед Дауди (S.A.R.L. Mactell)

В результате с учетом низкого потребления энергии для сушилки, печи, станков и оборудования, эффективного управления производством, высокого качества продукции, сложилась концепция завода, отвечающая самым высоким требованиям и ориентированная на будущее.

KELLER HCW

www.keller-hcw.ru

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**



Редакция журнала «Строительные материалы»® при поддержке ITE СИБИРСКАЯ ЯРМАРКА, ООО НПП «Баскей» в рамках проекта КЕРАМТЭКС проводит научно-технический семинар, посвященный проблемам производства керамических стеновых материалов и перспективам развития отрасли в Сибири «Инновационные технологии для кирпичных заводов средней и малой мощности».

Новосибирск, Экспоцентр

1 февраля 2012 г.

Обсуждаемые вопросы:

- Перспективы развития отрасли.
- Состояние нормативной базы отрасли.
- Проблемы старых заводов по производству керамического кирпича. Инновационные направления технологической и аппаратурной реконструкции.
- Перспективы метода полусухого прессования.
- Производство новых видов изделий стеновой керамики.
- Проблемы привлечения инвестиций для реконструкции заводов средней и малой мощности.

Семинар организован при поддержке фирмы **KELLER HCW**

В рамках семинара предусмотрено посещение нового кирпичного завода «Ликолор» (2 февраля 2012 г.)

Приглашаем Вас принять участие в семинаре и дискуссии по обсуждаемым вопросам.

Телефоны для справок: +7 (499) 976-22-08, 976-20-36, т/ф: +7 (910) 437-03-98 –Лескова Елена Львовна

В Подмосковье открыт новый завод

В пос. Старая Купавна (Московская область) состоялось открытие завода по производству газобетонных блоков автоклавного твердения на основе производственных линий HESS AAC Systems B.V.

Первая линия с российским оборудованием мощностью 200 тыс. м³ в год была запущена в 2008 г. Объем инвестиций составил около 15 млн евро. В октябре 2011 г. была запущена вторая линия мощностью 450 тыс. м³ в год. Оборудование линии было установлено немецко-голландской компанией HESS. Сумма инвестиций составила 35 млн евро.

Продукция новой технологической линии HESS AAC будет поставляться на российский рынок под брен-

дом Бонолит (Bonolit) с гарантией HESS AAC на всю продукцию.

Точная геометрия, крупные размеры, легкость обработки блоков существенно сокращают сроки строительства. Блоки предназначены для высотного и малоэтажного строительства зданий жилого и промышленного назначения. Стоимость готового дома площадью 100 м² с тремя спальнями и 30-метровой гостиной с камином составит 300 тыс. р. В начале 2012 г. рынку будут представлены первые готовые дома с пятью различными вариантами внешней отделки.

По материалам компании «Бонолит Констракшн Солюшнс»

«БазэлЦемент-Пикалево» инвестирует в производство

С сентября 2010 г. «БазэлЦемент-Пикалево» вложил в производство около 500 млн р. Существенная часть средств направлена на развитие сырьевой базы.

В связи с растущим спросом на известняк «БазэлЦемент-Пикалево» начал инвестировать в развитие технологического комплекса по разработке месторождения известняка. Приобретена современная техника, в том числе шагающий экскаватор ЭШ 11/70 стоимостью 346 млн р. Все оборудование задействовано на горно-капитальных работах по вскрытию разрезной траншеи северного участка карьера Западный.

Ранее завод разрабатывал один участок месторождения в Ленобласти – карьер Новый на территории Бокситогорского района производительностью свыше 2 млн т известняка в год. В октябре 2010 г. была введена в эксплуатацию первая очередь карьера Западный, расположенного в 36 км от действующего месторождения. В середине 2011 г. начаты горно-капитальные работы на северном участке ка-

рьера Западный. Его ввод в эксплуатацию позволит увеличить общие мощности до 3 и более млн т известняка в год. Общий объем инвестиций в разработку карьера превысит 700 млн р.

В настоящее время текущие потребности «БазэлЦемент-Пикалево» в известняке составляют 2 млн т в год, еще около 700 тыс. т приобретает «Пикалевский цемент» (входит в «Евроцемент груп»), который в перспективе готов закупать 1,4 млн т известняка ежегодно.

«БазэлЦемент-Пикалево» уже начал проектирование нового карьера Восточный, залежи которого оцениваются примерно в 25 млн т известняка. Приступить к строительству технологического комплекса планируется в 2012 г. Ввод в эксплуатацию намечен на 2014–2015 гг. Объем инвестиций около 800 млн р.

Общий объем инвестиций в программу развития известнякового рудника на 2010–2020 гг. оценивается в 1,692 млрд р.

По материалам компании «БазэлЦемент-Пикалево»

На территории СНГ запущен еще один завод германской группы КНАУФ

В конце сентября в г. Каган Бухарской области (Республика Узбекистан) на предприятии «КНАУФ ГИПС Бухара» состоялся запуск завода по производству КНАУФ-листов. Производственная мощность нового предприятия составляет 20 млн м² гипсокартонных листов в год. Объем инвестиций группы КНАУФ в создание нового производства составил 51,5 млн USD.

Строительство завода КНАУФ-листов началось в ноябре 2009 г. Летом 2010 г. был начат монтаж оборудования новой линии, который вели специалисты из Узбекистана, Германии, России, Украины и Казахстана.

В настоящее время в СНГ у компании 17 предприятий, заканчивается строительство завода в Новоиркутске. В Казахстане заводы расположены в Капшагае и в Атырауской области.

По материалам агентства «КазИнформ»

Новый завод в Краснодарском крае

В конце сентября в г. Курганинске группой компаний «Выбор-С» запущен четвертый завод, предназначенный для производства элементов благоустройства.

На новом заводе установлена немецкая линия HESS Multimat 2000 стоимостью 6,5 млн евро. Заемные средства составляют лишь треть от инвестированной суммы, остальные собственные вложения компании. До запуска этого завода производственные мощности компании позволяли выпускать 2 млн м² тротуарной плитки в год, теперь этот показатель увеличен до 3 млн м².

С 2009 г. на территории предприятия работала дробильно-сортировочная фабрика, производящая щебень различных фракций, ее производительность составляла 2 млн м³ в год. В настоящее время компания установила новое оборудование: плавучий грейферный земснаряд производства немецкой компании ROHR Bagger стоимостью

3,5 млн евро является единственным в России и позволяет производить добычу материала из карьера с глубины до 100 м. Производительность земснаряда составляет 800 т в час, или 5 млн т в год. Добытая с глубины карьера (емкость ковша до 30 т) порода передается на берег и далее по цепочке конвейеров на место переработки. Это дает ощутимый экономический эффект по сравнению с затратами, связанными с использованием автомобильного грузового транспорта. В узлах и механизмах применены только биологически разлагаемые масла, что делает плавучий грейферный земснаряд экологически безопасным. При добыче материал интенсивно промывается, что способствует удалению большей части пылевидных и глинистых частиц.

Применение экологически чистых технологий добычи материала из карьера позволяет после завершения разработки использовать полученный водоем как место отдыха.

По материалам ООО «Выбор-С»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Производство нерудных строительных материалов увеличилось

Производство нерудных строительных материалов в августе 2011 г. увеличилось на 16,8% к уровню августа 2010 г. и составило 40 млн м³. В январе–августе 2011 г. производство нерудных строительных материалов увеличилось на 16,3%, до 217,9 млн м³. Из них производство гальки, гравия, щебня составило 121,6 млн т; известняка, дробленого доломита и прочих известняковых камней 2,8 млн т; природного дробленого камня 8,5 млн т; каменных гранул, крошки и порошка 2,6 млн т; природного песка 82,4 млн т.

Максимальный рост производства нерудных строительных материалов в августе текущего года в абсолютном выражении наблюдался на заводах Северо-Западного федерального округа +2,2 млн м³, или +35,6% к уровню августа 2010 г.; Уральского федерального округа +1,3 млн м³ (+18,9%); Центрального федерального округа +0,9 млн м³ (+13,0%). Незначительное сокращение производства нерудных строительных материалов отмечено в Сибирском федеральном округе: -0,01 млн м³, или -0,2% от уровня августа 2010 г.

По материалам инвестиционной компании «СМПро»

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

Индекс уверенности бизнеса в строительстве упал

Индекс предпринимательской уверенности в строительстве в России понизился в III квартале 2011 г. на 8%, свидетельствуют данные Росстата.

При этом положительное значение индекса предпринимательской уверенности в III квартале отмечалось в республиках Адыгея, Дагестан, Башкортостан, Саха (Якутия), Татарстан, Брянской, Тюменской, Омской и Ярославской областях, Санкт-Петербурге и Чукотском автономном округе.

Самое низкое значение индекса предпринимательской уверенности (-38%) зафиксировано в Республике Калмыкия.

Основными факторами, сдерживающими деятельность строительных организаций, являются высокий уровень налогов (на этот фактор указали 55% опрошенных руководителей организаций), высокая стоимость материалов, конструкций, изделий (38%) и конкуренция со стороны других строительных фирм (35%).

В соответствии с федеральной адресной инвестпрограммой на 2011 г. были предусмотрены бюджетные ассигнования на 3,555 тыс. строек, было намечено ввести в действие 2,078 тыс. объектов. Введено в эксплуатацию в январе–августе согласно данным исследования 52 объекта – 39 на полную мощность и 13 объектов частично. Из числа предусмотренных к вводу в последующие годы введен один объект на полную мощность и пять частично. На 621 объекте техническая готовность составляла от 51% до 99,9%.

В счет годового лимита в январе–августе 2011 г. профинансировано из федерального бюджета 342 млрд р., из них на строительство объектов транспортного комплекса 179,9 млрд р., социального комплекса – 121,7 млрд р., специального комплекса – 15,9 млрд р., агропромышленного комплекса – 5 млрд р., из бюджетов субъектов Российской Федерации и прочих источников – 39,7 млрд р.

На 1 сентября 2011 г. полностью было профинансировано 1,211 тыс. объектов.

Производство керамической плитки продолжает расти

Согласно маркетинговому исследованию «Российский рынок керамической плитки в 2005–2010 гг. и прогноз на 2011–2015 гг.» объем российского производства керамической плитки составил в 2010 г. около 126 млн м² в натуральном выражении.

Этот показатель больше значения предыдущего года на 7%, когда объем производства составлял 118 млн м², и пока заметно меньше объемов производства в докризисном 2008 г. (148 млн м²). В 2011 г. производство керамической

плитки продолжило свой рост и за первые 6 месяцев составило около 12% в натуральном выражении.

Самая большая доля российской керамической плитки приходится на керамическую плитку для пола (56%), меньше на глазурованную плитку для внутренней облицовки (43,1%) и всего лишь 0,9% на фасадную плитку.

Объем импорта керамической плитки в 2010 г. вырос на 30% в натуральном выражении до уровня в 617 тыс. т, но так и не достиг показателя 2008 г. в 895 тыс. т. В первом полугодии 2011 г. рост импорта продолжился, составив около 20% в натуральном выражении.

Рынок строительной техники

По данным «Анализа рынка строительной техники в России» в 2009–2010 гг. в России резко сократился спрос на строительную технику, что было обусловлено снижением финансирования и замораживанием большого количества строительных проектов в условиях финансового кризиса. Продажи строительной техники в 2010 г. составили 20,6 тыс. единиц. Рост на 11,2 тыс. шт. относительно 2009 г., однако падение составило 60,7% по отношению к показателю 2008 г.

Стоимостный объем рынка строительной техники в России за период 2006–2010 гг. в целом вырос в 1,6 раза. Динамика оборота рынка строительной техники в 2006–2009 гг. была выше динамики рынка в натуральном выражении благодаря постоянному росту цен. В 2010 г., несмотря

на снижения средней цены, оборот вырос за счет увеличения продаж в натуральном выражении.

Строительная техника отечественного производства в 2006–2010 гг. занимала в среднем 40% от общего объема продаж в натуральном выражении. Превалирование импортной продукции на российском рынке во многом обусловлено более низкой стоимостью иностранной техники, которая завозится, как правило, в подержанном состоянии.

По оценкам аналитиков, в 2011–2015 гг. продажи строительной техники в России в натуральном выражении будут расти в среднем на 16,6% в год и достигнут 56,6 тыс. в 2015 г.

По материалам «РБК. Исследования рынков»

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



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 журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желателен 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 журнала «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.

В 2006 году в журнале «Строительные материалы» был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомится с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf



Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства www.rifsm.ru/page/7