

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:
РЕСИН В.И.

(председатель)

БАРИНОВА Л.С.

БУТКЕВИЧ Г.Р.

ВАЙСБЕРГ Л.А.

ВЕДЕРНИКОВ Г.В.

ВЕРЕЩАГИН В.И.

ГОНЧАРОВ Ю.А.

ГОРИН В.М.

ГРИДЧИН А.М.

ЖУРАВЛЕВ А.А.

КОВАЛЬ С.В.

КОЗИНА В.Л.

КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.

ЛЕСОВИК В.С.

ПИЧУГИН А.П.

РУДЫЧЕВ А.А.

ФЕДОСОВ С.В.

ФИЛИППОВ Е.В.

ХИХЛУХА Л.В.

ЧЕРНЫШОВ Е.М.

ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

Авторы

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

Редакция

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

Перепечатка

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

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

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

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

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

Материалы для дорожного строительства

А.А. СЕМЕНОВ

**Российский рынок щебня и гравия: тенденции последних лет
и перспективы развития**4

В.А. ДУБОВ, А.С. КНЯЗЕВ, Н.В. СОЛОДКОВ, М.А. МОРОЗОВ, Е.А. НИКИФОРОВ

Об эффективности переработки горных пород8

Представлены разработки ЗАО «Волгоцемсервис» по повышению эффективности переработки отсевов дробления и слабых разностей, ранее направляемых в отвалы, с целью применения их в стройиндустрии, сельском хозяйстве и животноводстве. При разработке технологий преимущество отдается энергосберегающему отечественному оборудованию.

В.Ю. МОХУНОВ, Ю.М. ЛОЦМАНОВ

**Перспективы применения современных линий производства
минерального порошка в различных отраслях строительства**10

Приведены основные направления использования минерального порошка и его влияние на свойства строительных материалов. Описаны виды порошков и способы их производства. Представлена технология производства минерального порошка с использованием оборудования компании «Строммашина».

В.Г. ПОТЕМКИН, Б.Г. ПЕЧЕНЬИЙ

Пути совершенствования автоматизации асфальтобетонных заводов13

Приведен анализ автоматизированных систем управления асфальтобетонных установок. Выявлены недостатки и предложены варианты их устранения. Рассмотрены факторы, влияющие на качество асфальтобетонных смесей, и предложена система контроля качества на основе спектра акустического шума, излучаемого компонентами смеси при перемешивании.

А.В. РУДЕНСКИЙ

**Возможности энергосбережения при производстве и применении
дорожно-строительных материалов**16

Приведены способы энергосбережения при строительстве и ремонте дорожных покрытий за счет использования новых составов асфальтобетонных смесей, применения местных материалов и отходов промышленного производства. Расчеты показывают, что при использовании разработанных энергосберегающих технических решений может быть обеспечено сокращение энергозатрат на 10–15%.

А.В. КОЧЕТКОВ, Р.М. ЯНАБАЕВ, М.А. БУШУЕВ, М.В. СТЕПАНОВ

**Применение технологий авиастроения в методах расчета и монтажа
полимерных дорожных сеток**19

Рассмотрены вопросы применения технологий авиастроения в методах расчета и монтажа полимерных дорожных сеток на основе инкрементальной теории наведенной неоднородности и типовых задач гибки с растяжением деформируемых тел. Приведенные теоретические положения были положены в основу разработки и производства новых геосинтетических материалов на ОАО «ВАТИ». Приведены характеристики материалов и особенности их применения.

Д.М. АНТОНОВСКИЙ

Учет ползучести армирующих геосинтетических материалов24

Показано, что эффективность и надежность инженерных решений с применением геосинтетических материалов существенно зависит от специфики их работы и требует значительной проработки вопросов учета их долговременного поведения в конструкции. Пренебрежение ползучестью этих материалов и процессом снижения их прочностных характеристик в процессе эксплуатации может привести к нежелательным последствиям.

А.Е. МЕРЗЛИКИН, Н.В. КАПУСТНИКОВ

Погрешности, возникающие при расчете дорожных одежд с помощью метода конечных элементов26

Применение метода конечных элементов к расчету дорожных одежд позволяет прогнозировать развитие трещин в процессе службы покрытия; отображать особенности распределения давления, приложенного к покрытию, в зависимости от типа протектора шины и получать другие практически важные результаты для задач, аналитическое решение которых неизвестно. В настоящей работе представлено исследование погрешности МКЭ при оценке напряженно-деформированного состояния модели упругого слоистого полупространства.

С. И. РОМАНОВ, А.Ю. СТАДНИК

Показатели шероховатости асфальтобетонных дорожных покрытий30

Приведены результаты измерений шероховатости по средней глубине впадин на поверхности дорожных покрытий, построенных из асфальтобетонов различных типов, отличающихся содержанием щебня. Использована математическая статистика для определения коэффициентов вариации шероховатости в фактически установленных диапазонах на участках отдельных дорог.

И.Б. СТРУГОВЕЦ, Ю.А. КУТЬИН

Применение полимерно-битумных вяжущих при устройстве дорожного асфальтобетонного покрытия на мостовом переходе через реку Уфа32

Рассмотрен опыт применения полимерно-битумного вяжущего при приготовлении асфальтобетонных смесей и устройстве асфальтобетонного покрытия на мостовом переходе через реку Уфа в районе Каменной переправы. Приведены составы, а также количественные и качественные характеристики полимерно-битумного вяжущего и асфальтобетона на его основе.

Д.А. АЮПОВ, А.В. МУРАФА, Д.Б. МАКАРОВ, Ю.Н. ХАКИМУЛЛИН, В.Г. ХОЗИН

Наномодифицированные битумные вяжущие для асфальтобетона34

Представлен принципиально новый подход к модификации нефтяного битума девулканизированной резиновой крошкой непосредственно в среде битума. Этот метод приводит к значительному положительному эффекту в свойствах битумов и асфальтобетона на их основе. А использование отходов резины автомобильных покрышек улучшает экологию в целом.

И.Г. ОВЧИННИКОВ, М.Ю. ШПРАНКЕЛЬ

Прогнозирование долговечности защитных антикоррозионных покрытий мостовых и дорожных металлоконструкций36

Рассматривается задача прогнозирования долговечности антикоррозионных покрытий на мостовых и дорожных металлоконструкциях. Приведены три модели снижения сплошности защитных покрытий и показана степень их применимости для прогнозирования долговечности.

В.В. БАБКОВ, И.В. НЕДОСЕКО, Р.Ш. ДИСТАНОВ, М.А. ИВЛЕВ, Ю.Д. ФЕДОТОВ, И.Б. СТРУГОВЕЦ, М.М. ЛАТЫПОВ

Сталефибробетон в производстве изделий и конструкций дорожного назначения40

Использование дисперсно-армированного бетона в технологии производства изделий и конструкций дорожного и транспортного назначения, таких как звенья малопроектных арочных мостов и водопропускных труб, телескопических водосбросных лотков, позволяет упростить технологию производства, а также повысить несущую способность и эксплуатационную надежность изделий. Проведены теоретические и экспериментальные исследования прочностных и упругодеформативных характеристик фибробетона как композитного материала. Показан опыт производства и эксплуатации сталефибробетонных дорожных изделий в Республике Башкортостан.

Конференция горняков-стройматериальщиков 40 лет.**История, достижения, перспективы (Информация)46**

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ

Литой асфальтобетон для конструкций дорожной одежды мостового полотна49

Приведена подробная технология устройства дорожной одежды мостового полотна литой асфальтобетонной смесью, на металлической ортотронной плите, а также на металлической ортотронной плите с литым сероасфальтобетоном. Технология дана как для устройства часоп, так и для тротуара.

А.В. КОРОЧКИН

Опыт устройства тонких асфальтобетонных слоев на цементно-бетонном основании54

Успешный многолетний российский и зарубежный опыт строительства и эксплуатации жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием небольшой толщины показал, что данная конструкция обладает значительной прочностью и высокими транспортно-эксплуатационными качествами. Исследования подтверждают, что возможный срок службы цементобетона может составить 40–45 лет. В случае использования асфальтобетона небольшой толщины как слоя износа существенно повышается долговечность дорожной одежды.

Г.А. ТКАЧЕНКО, В.П. ЕРОФЕЕВ, А.П. ЕРОФЕЕВ

Бетоны повышенной трещиностойкости для изготовления дорожных изделий57

С целью повышения трещиностойкости пропаренных бетонов апробирован прием модифицирования структуры за счет введения комплексной добавки, содержащей в качестве демпфирующего компонента дробленый керамзит фракции 1,25–5 мм и пластификатор «Полипласт Р» в оптимальных соотношениях. Бетон с комплексной добавкой имеет меньшую среднюю плотность, большую призмную прочность и высокую сопротивляемость трещинообразованию.

С.П. АРЖАНУХИНА

Отраслевые особенности применения хлорида кальция60

Приведены способы производства безводного хлорида кальция и его физико-химические свойства. Показано, что среди прочих перспективным направлением является применение хлорида кальция при строительстве дорог, в работах по их содержанию и уходу в виде концентрированного раствора, гранул материала, в составе комплексных реагентов. Реагенты на основе хлорида кальция имеют низкую коррозионную активность и относительно невысокие нормы расхода.

С.И. ВОЗНЫЙ, С.М. ЕВТЕЕВА

Физико-химическое взаимодействие термопластичных разметочных материалов с поверхностью асфальтобетонных дорожных покрытий62

Термопластичные материалы получили широкое распространение для разметки автомобильных дорог. Значительное влияние на функциональную долговечность и фактический срок службы горизонтальной дорожной разметки, выполненной термопластиком, оказывает характер адгезионного взаимодействия термопластичного разметочного материала с материалом покрытия автомобильной дороги.

И.С. КУЛЯСОВА, Е.А. ДАНИЛЬЯН, Б.Г. ПЕЧЕНЬ, В.Л. КУРБАТОВ

Оптимизация технологии приготовления горячих цветных пластобетонных смесей65

В связи со старением и изменением свойств и цвета горячих цветных пластобетонных смесей в процессе приготовления, транспортирования и укладки предлагается определять допустимое время для выполнения этих технологических операций по времени старения цветных пластобетонных смесей при температуре 130–150°C в слое 10 мм до достижения показателя трещиностойкости – прочности при сжатии при 0°C нормативного предела – 13 МПа и изменения цвета, отличающегося от заданного. Показано различие допустимого значения времени выполнения технологических операций в зависимости от температуры старения, вида и содержания пигмента в пластобетонной смеси.

Д.Е. БАРАБАШ, А.В. ШУБИН, Р.В. ШУБИН

Термопластичный материал для разметки автомобильных дорог68

Обсуждены требования, предъявляемые к термопластичным материалам для разметки автомобильных дорог. Приведены результаты исследований основных термопластичных материалов, применяемых в настоящее время на территории России. Предлагается состав эффективного термопластика с физико-механическими характеристиками, превышающими аналогичные показатели отечественных и зарубежных разметочных материалов.

С.М. ЕВТЕЕВА

Опыт контроля качества горизонтальной дорожной разметки в Приволжском федеральном округе71

Значительный рост интенсивности движения на автомобильных дорогах обуславливает необходимость обеспечения высоких потребительских качеств дорожной разметки как эффективного средства организации движения транспортных средств. Систематический контроль качества дорожной разметки и применяемых разметочных материалов способствует своевременному выявлению несоответствия тех или иных параметров дорожной разметки нормативным требованиям и предупреждению снижения уровня безопасности дорожного движения.

Результаты научных исследований

Н.И. МАКРИДИН, И.Н. МАКСИМОВА, Ю.В. ОВСЮКОВА

Долговременная прочность модифицированной структуры цементного камня. Часть 174

Приведен анализ фазового состава новообразований, степени гидратации, пористости и долговременной прочности модифицированной суперпластификатором С-3 гидратационной структуры цементного камня.

А.П. ПУСТОВГАР, А.Ф. БУРЬЯНОВ, Е.В. ВАСИЛЬЕВ

Применение метакаолина в сухих строительных смесях78

Метакаолин в качестве активной минеральной добавки находит применение в сухих строительных смесях различного назначения. Показано, что эффективность применения метакаолина различных производителей неодинакова и зависит от правильного выбора и строгого соблюдения технологических режимов обжига и измельчения.

Новости82

Российский рынок щебня и гравия: тенденции последних лет и перспективы развития

В 2005–2008 гг. производство щебня и гравия в стране стабильно возрастало, что было обусловлено увеличивающимися объемами дорожного строительства и строительства зданий и сооружений всех типов. При этом темпы роста производства в 2005–2007 гг. варьировались в диапазоне 110–120%. Производство щебня и гравия в России по итогам 2008 г. составило, по данным Росстата, 199,8 млн м³ (8,2% к аналогичному периоду 2007 г.) Замедление темпов роста производства было связано с негативным влиянием кризиса на российскую экономику в целом и строительную отрасль, в частности во втором полугодии. В 2009 г. ситуация с производством щебня и гравия в стране еще более усугубилась. По итогам года объем выпуска этой продукции снизился на 30,3% по сравнению с предыдущим годом и составил всего 139,3 млн м³. Таким образом, по объему производства щебня и гравия Россия вернулась на уровень 2005 г.

В первом полугодии текущего года производство щебня в стране начало постепенно восстанавливаться: по итогам I квартала объем производства этой продукции увеличился на 2,5% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, по итогам 6 мес 2010 г. — на 5,6%.

Следует отметить, что, несмотря на падение спроса на щебень и гравий в связи с кризисом, в 2009 г. российские компании продолжили инвестировать средства в создание новых производственных мощностей. Так, ООО «Евробетон» (входит в состав холдинга «ЕВРОЦЕМЕНТ груп») в 2009 г. ввело в эксплуатацию новый дробильно-сортировочный завод в Республике Карелия (ООО «Лобское-5») мощностью около 3 млн т/год (по горной массе) и ведет строительство 3 новых карьеров в Воронежской обл., Челябинской обл. и Республике Карелия суммарной проектной мощностью около 30 млн т/год, ввод которых в эксплуатацию запланирован к 2012 г.

В Курганинском районе Краснодарского края в 2009 г. на базе месторождения ПГС был введен в эксплу-

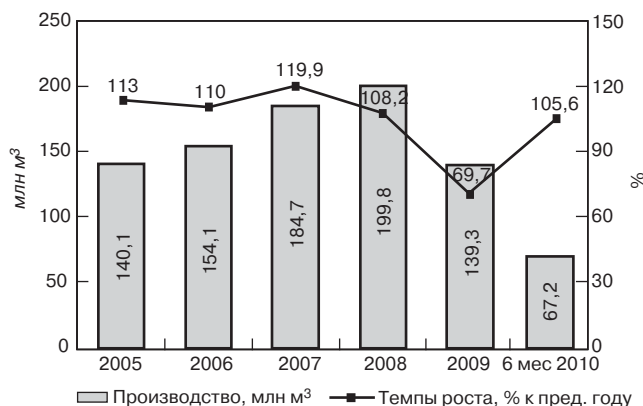


Рис. 1. Динамика производства щебня и гравия в России за период 2005 – 6 мес 2010 г., млн м³ (Оценка «ГС-Эксперт» на основе данных Росстата)

атацию новый дробильно-сортировочный завод компании «Выбор-С» мощностью 2 млн м³ нерудных материалов в год, в том числе 1,4 млн м³ щебня.

Наибольшие объемы производства щебня характерны для Уральского, Центрального и Северо-Западного федеральных округов. В 2009 г. в этих регионах суммарно было произведено около 53% щебня и гравия, в то же время на долю Дальневосточного округа пришлось менее 6% российского производства. Однако за последние годы региональная структура производства претерпела существенные изменения: наблюдается значительное сокращение долей Северо-Западного, Приволжского, Уральского и Сибирского округов на фоне увеличения доли производства щебня в Южном и Центральном округах (рис. 2).

По итогам 2009 г. во всех федеральных округах было отмечено сокращение производства щебня по сравнению с предыдущим годом. Наиболее сильно производство этой продукции снизилось в Приволжском, Уральском и Сибирском федеральных округах (на 36,1–39,9% по сравнению с 2008 г.). Меньше всего кризисные явления отразились на производстве щебня в Дальневосточном федеральном округе: в 2009 г. производство сократилось всего на 1,7% по сравнению с предыдущим годом.

По итогам 6 мес 2010 г. в 5 из 8 федеральных округов отмечен рост производства щебня и гравия. Лидером по темпам наращивания выпуска этой продукции стал Южный федеральный округ, производство в котором увеличилось почти в 1,5 раза по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. Столь высокие темпы роста производства связаны с активизацией строительства олимпийских объектов в Краснодарском крае и соответствующим ростом спроса на нерудные стройматериалы.

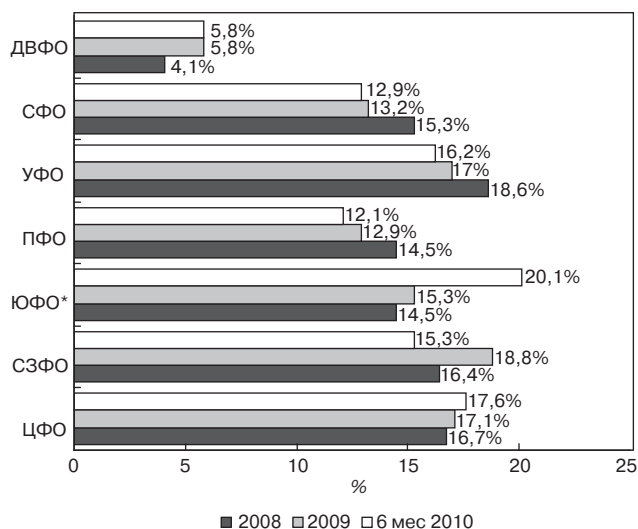


Рис. 2. Региональная структура производства щебня и гравия в России за период 2008 – 6 мес 2010 г., % (* – 6 мес 2010 г., с учетом Северо-Кавказского федерального округа) (Оценка «ГС-Эксперт» на основе данных Росстата)

Таблица 1

Федеральный округ	Темпы роста производства, %		
	2008 2007	2009 2008	6 мес 2010 6 мес 2009
Центральный	104,4	71,3	106,6
Северо-Западный	104,7	79,8	94,5
Южный	111,8	73,3	146,1 (124,4*)
Северо-Кавказский	–	–	87,5
Приволжский	115,4	62	93,5
Уральский	107,3	63,9	104
Сибирский	106,4	60,4	105,5
Дальневосточный	113,5	98,3	113,3
Российская Федерация	108,2	69,7	105,6

* С учетом Северо-Кавказского федерального округа.

(Оценка «ГС-Эксперт» на основе данных Росстата)

За период с 2005 по 2008 г. потребление щебня и гравия в России увеличилось более чем на 43% и превысило 209 млн м³. При этом в 2005–2007 гг. темпы роста потребления щебня и гравия в России сохранялись на уровне не менее 10% и имели тенденцию к росту. Однако по итогам 2008 г. темпы роста потребления щебня в России несколько снизились по сравнению с 2007 г., что было связано с негативным влиянием кризиса на российскую экономику во втором полугодии. В 2009 г. на фоне развития кризисных явлений в российской экономике и сокращения объемов строительных работ потребление щебня сократилось более чем на 30% по сравнению с 2008 г., до 146 млн м³, т. е. по объемам потребления щебня страна вернулась к уровню 2005 г.

Однако в первом полугодии 2010 г. рост потребления щебня в стране возобновился. По оценкам «ГС-Эксперт», объем потребления этой продукции в январе–июне текущего года увеличился на 7,3% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года до 71,3 млн м³.

Следует отметить, что на долю экспортных поставок российской продукции в рассматриваемом периоде приходилось менее 0,3% объема производства щебня и гравия. В то же время доля импортных поставок в последние годы имела тенденцию к росту, что обусловлено дефицитом высокопрочного щебня в Центральном и Южном регионах страны, и, как следствие, ростом объемов импорта, прежде всего из Украины (на долю поставок из этой страны приходится свыше 85% общего объ-

ема импорта щебня). Стоит отметить, что еще одним конкурентным преимуществом украинского щебня являются относительно низкие цены по сравнению с продукцией российского производства.

Рассмотрим региональную структуру потребления щебня и гравия в стране. В табл. 2 приведен баланс производства-потребления этой продукции по итогам 2009 г. Как видно из приведенных данных, в прошедшем году наибольший дефицит щебня отмечался в Центральном федеральном округе, что обусловило значительные объемы импорта щебня и его поставок из других регионов.

Однако следует отметить, что представленные в табл. 2 данные недостаточно точно отражают региональную структуру потребления щебня в стране, так как при расчетах экспертами учитывались только межрегиональные поставки железнодорожным транспортом, на долю которых приходится только около 60% от общего объема перевозок щебня. Остальной объем продукции поставляется автомобильным и водным транспортом.

Для оценки региональной структуры потребления щебня и гравия в стране был применен комплексный подход на основе трех методик расчета. В качестве этих методик были использованы: оценка «видимого» потребления щебня и гравия в разрезе федеральных округов (метод 1), оценка расчетной потребности в щебне и гравии по федеральным округам (метод 2) и оценка объемов работ по виду деятельности «Строительство» в каждом из округов (метод 3). Полученные

Таблица 2

Федеральные округа	Производство, млн м ³	Потребление, млн м ³	Доля в потреблении, %	Баланс (производство-потребление), млн м ³
Центральный	23,75	36,56	25	-12,81
Северо-Западный	26,19	22,79	15,6	3,4
Южный	21,27	20,79	14,2	0,48
Приволжский	17,9	22,6	15,5	-4,7
Уральский	23,72	16,8	11,5	6,92
Сибирский	18,42	18,74	12,8	-0,32
Дальневосточный	8,03	7,72	5,4	0,31
Россия, всего:	139,29	146	100	-6,71

(Оценка «ГС-Эксперт» на основе данных Росстата, ФТС РФ и статистики внутренних ж/д перевозок)

Таблица 3

Федеральный округ	Метод 1	Метод 2	Метод 3	Среднее
Центральный	25	27,1	27,4	26,5
Северо-Западный	15,6	12,2	15	14,3
Южный	14,2	12,2	12	12,8
Приволжский	15,5	20,2	16,7	17,5
Уральский	11,5	7,9	13,4	10,9
Сибирский	12,8	14,9	8,8	12,2
Дальневосточный	5,4	5,5	6,7	5,9
Россия, всего:	100	100	100	100

(Оценка «ГС-Эксперт»)

данные усреднялись. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Основной объем потребления щебня и гравия в России в 2009 г. – 26,5% общероссийского потребления этой продукции, или около 39 млн м³ по оценкам «ГС-Эксперт», пришелся на долю Центрального федерального округа. Наименьшие объемы потребления традиционно характерны для Дальневосточного федерального округа: в регионе было использовано менее 9 млн м³ исследуемой продукции, что составляет менее 6% общероссийского потребления.

По оценкам «ГС-Эксперт», в 2009 г. основной объем щебня – около 69% использовался для строительства и ремонта автомобильных и железных дорог. На долю потребления щебня в строительстве (производство сборных железобетонных изделий и конструкций и производство бетонной смеси) пришлось около 28% общего объема потребления щебня в стране.

Среднегодовые цены производителей на щебень и гравий российского производства за период с 2005 по 2009 г. увеличились в 1,9 раза и превысили 320 р/м³ без НДС. При этом в 2006–2007 гг. рост среднегодовой цены производителей составлял около 20%, а в 2008 г. средние цены производителей на щебень и гравий выросли еще на 31,1%. В 2009 г. на фоне кризисных явлений в российской экономике и при существенном падении спроса на нерудные стройматериалы со стороны предприятий строительного комплекса и дорожного хозяйства среднегодовые цены производителей остались на уровне предыдущего года. Однако если проследить помесечную динамику изменения цен, то можно отметить снижение средних цен производителей к декабрю 2009 г. примерно на 7% по сравнению с началом года. В 2010 г. цены продолжали снижаться.

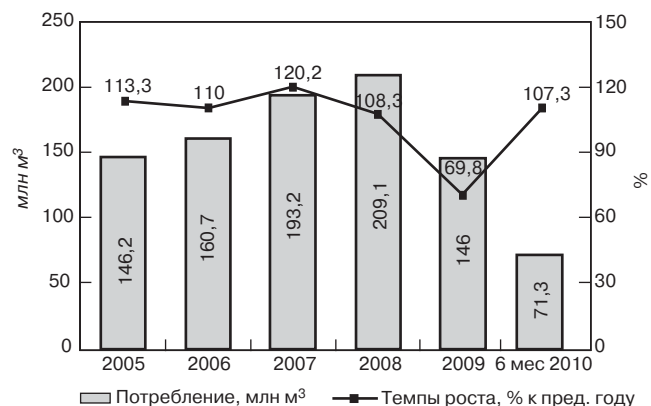


Рис. 3. Динамика потребления щебня и гравия в России за период 2005 – 6 мес 2010 гг., млн м³ (Оценка «ГС-Эксперт»)

Средние цены приобретения щебня строительными и подрядными организациями, по данным Росстата, в 2,4–2,8 раза превышают средние цены производителей на эту продукцию. При этом в последнее время темпы роста цен приобретения были несколько ниже темпов роста цен производителей, что объясняется существенно возросшей конкуренцией на рынке в условиях снижения спроса. Так, по итогам 2009 г. средние цены приобретения щебня снизились на 19%, в то время как средние цены производителей за этот же период снизились всего на 6,8%. Аналогичная ситуация сохранилась и в первом полугодии 2010 г.: средние цены производителей снизились на 7,1% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, а средние цены приобретения щебня – на 6,1%.

Среди российских регионов цены приобретения выше средних по стране традиционно характерны для Центрального и Приволжского федеральных округов, что связано с недостаточным уровнем производства высококачественного щебня и, как следствие, необходимостью его транспортировки из других регионов, что ведет к существенному удорожанию этой продукции. В 2009 г. также существенно выросли цены на щебень в Дальневосточном федеральном округе вследствие существенно возросшего спроса на него в рамках строительства объектов саммита АТЭС-2012.

В целом по РФ наиболее высокие цены приобретения щебня в 2009 г. были характерны для Москвы и Московской области, Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Астраханской, Кировской, Магаданской, Новгородской, Пензенской, Самарской, Томской и Тюменской областей, республик Мордовия, Чувашия, Саха (Якутия). Минимальные цены были зафиксированы в республиках Карелия, Адыгея, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия – Алания, Башкортостан, а также в Ставропольском, Приморском и Красноярском краях, Свердловской, Челябинской и Кемеровской областях.

По оценкам «ГС-Эксперт», в 2010 г. в России вероятно увеличение объемов производства щебня и гравия на 5–7% по сравнению с предыдущим годом, или до 146–148 млн м³.

Позитивное влияние на рынок щебня в 2010 г. будет оказывать бюджетное финансирование транспортного

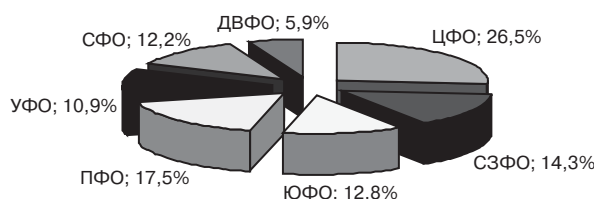


Рис. 4. Региональная структура потребления щебня и гравия в России в 2009 г., % (Оценка «ГС-Эксперт»)

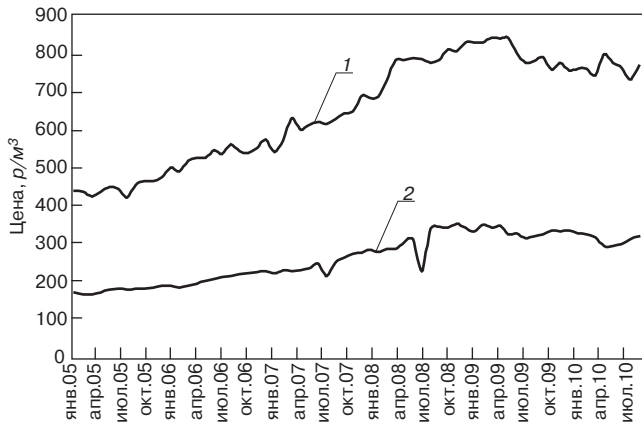


Рис. 5. Помесячная динамика средних цен производителей и средних цен приобретения щебня в России за период 2005 – 6 мес 2010 г., р/м³: 1 – средние цены приобретения; 2 – средние цены производителей (По данным Росстата)

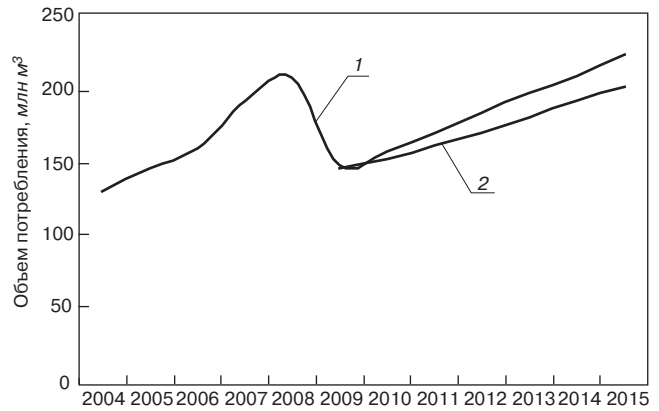


Рис. 7. Прогноз потребления щебня в России в 2010–2015 гг., млн м³: 1 – оптимистический; 2 – пессимистический (Оценка «ГС-Эксперт»)

строительства, строительства объектов Олимпиады-2014 в ЮФО и саммита АТЭС-2012 в ДВФО, ряда других проектов, а также поддержка жилищного строительства. Однако эффект от реализации этих мероприятий будет проявляться преимущественно на региональном уровне.

Негативное влияние на объемы производства щебня в 2010 г. по-прежнему будут оказывать большие объемы импорта дешевого щебня из Украины, дефицит бюджетного финансирования строительства и ремонта дорожной сети на региональном и муниципальном уровне, прогнозируемое сокращение объемов жилищного строительства.

При благоприятном развитии экономической ситуации в России объем производства щебня и гравия в 2015 г. может вернуться на докризисный уровень. В противном случае выпуск этой продукции не превысит 170 млн м³.

На сегодняшний день потенциальная емкость российского рынка щебня и гравия «ГС-Эксперт» примерно 200–220 млн м³. По нашим оценкам, в 2010 г. потребление щебня и гравия в стране превысит уровень 2009 г. и составит порядка 155–158 млн м³. При этом во многом объемы потребления будут зависеть от успехов реализации государственной поддержки строительной отрасли и объемов бюджетного финансирования строительства и ремонта автомобильных дорог на региональном и федеральном уровнях.

Как уже отмечалось, стабильными источниками спроса на щебень в ближайшие годы станут строитель-

ство олимпийских объектов и развитие транспортной инфраструктуры в Краснодарском крае, а также строительство комплекса объектов в Приморском крае для саммита АТЭС-2012, так как для их строительства предусмотрено бюджетное финансирование.

Следует также отметить, что в связи с существенным падением цен на цемент, арматуру и ряд других стройматериалов в ближайшее время возможна активизация строительной деятельности компаниями, которые смогут получить доступ к источникам финансирования своих проектов. В частности, группа компаний СУ-155 заявила о намерении увеличить в 2010–2011 гг. объемы строительного-монтажных работ на 18–20% за счет площадок в регионах РФ. В 2010 г. компания планирует построить до 1,66 млн м² жилья (объем строительства в 2009 г. составил 1,51 млн м²).

Группа компаний «ПИК» в 2010 г. планирует увеличить объемы строительства жилья на 13% до 1 млн м² (90% будет построено в Московском регионе).

Компания «Интеко» активно наращивает свое присутствие в регионах. Компания осуществляет комплексную застройку территорий в Ростовской области, Краснодарском крае, Санкт-Петербурге и Ленинградской области, Самарской области и ряде других регионов страны. При этом строительство жилья предполагается осуществлять, в том числе и с применением технологии крупнопанельного домостроения, для чего «Интеко» приобретает и модернизирует домостроительные комбинаты в указанных регионах. По оценкам компании, к 2013 г. спрос на жилье может выйти на докризисный уровень.

В 2012–2014 гг. вероятно некоторое увеличение темпов роста потребления щебня в стране, которое будет обусловлено существенной активизацией строительных работ «с нуля», так как к 2012 г. большинство объектов незавершенного строительства будет достроено, а из-за сокращения объемов нового строительства в конце 2008 – начале 2010 гг. может образоваться дефицит объектов завершенного строительства (как жилых, так и нежилых зданий), который приведет к росту цен на недвижимость и повышению инвестиционной привлекательности строительной отрасли. Однако этот сценарий сможет быть реализован только в случае улучшения экономической ситуации в стране в краткосрочной перспективе и при отсутствии второй волны кризиса.

Таким образом, к 2015 г. объем потребления щебня и гравия в России, по нашим оценкам, составит 200–220 млн м³. То есть даже при благоприятном развитии экономической ситуации в стране объемов потребления этой продукции на докризисном уровне удастся достичь не ранее 2014–2015 гг.



Рис. 6. Динамика средних цен производителей и средних цен приобретения щебня за период 2005 – 6 мес 2010 гг. (на конец периода), р/м³ (По данным Росстата)

УДК 622

В.А. ДУБОВ, д-р эконом. наук, А.С. КНЯЗЕВ, канд. техн. наук,
Н.В. СОЛОДКОВ, инженер, ЗАО «Волгоцемсервис»;
М.А. МОРОЗОВ, инженер, ООО «Волга Карб» (г. Тольятти Самарской обл.);
Е.А. НИКИФОРОВ, канд. эконом. наук, ООО «Диатомит» (Ульяновская обл.)

Об эффективности переработки горных пород

Об эффективности переработки осадочных горных пород много написано, а для ее повышения много сделано. Сегодня уже не так много текущих отсевов дробления направляется в отвалы, хотя это явление еще имеет место. При этом основной причиной направления в отвал подобных материалов наряду с отсутствием специализированного оборудования является недостаточность научных и маркетинговых исследований по их переработке и применению.

В последние годы значительно возрос спрос на минеральные порошки для асфальтобетонов, на тонкодисперсные и фракционированные заполнители сухих строительных смесей и различные наполнители. При этом прибыль от реализации указанных материалов окупает затраты на организацию их выпуска в течение 1,5 лет и менее, а для их производства могут быть использованы материалы, зачастую направляемые в отвалы или использующиеся малоэффективно.

ЗАО «Волгоцемсервис» (г. Тольятти) проводит большую работу по повышению эффективности переработки отсевов дробления и слабых разностей, ранее направляемых в отвалы, с целью применения их в стройиндустрии, сельском хозяйстве и животноводстве. Все работы, осуществляемые компанией, ведутся «под ключ»: исследование процессов дробления, измельчения и обогащения; разработка технологии и технологических регламентов на переработку; разработка проектов установок, фабрик и заводов. При необходимости осуществляются поставки оборудования и технический надзор за строительством. При прочих равных условиях при разработке технологий преимущество отдается энергосберегающему оборудованию.

С 1996 г. в п. Кикерино Волосовского района Ленинградской обл. по проекту ЗАО «Волгоцемсервис» работает установка для производства до 20 т/ч активированного минерального порошка для асфальтобетона в соответствии с ГОСТ Р52129–2003. Согласно проекту установка предусматривала измельчение щебня фр. 5–20 мм в пресс-валковом измельчителе, а затем в двух мельницах 1456А производства завода «Строммашина» (Самара).

Характеристики мельницы 1456А

Номинальный рабочий объем барабана, м ³	8
Диаметр барабана (внутренний без футеровки), мм	1512
Длина барабана, мм	5600
Производительность, т/ч	2–8
Габариты (длина×ширина×высота), мм	1200×2600×2300
Масса мельницы с мелющими телами, т	38530
Масса мелющих тел, т	11000
Установленная мощность двигателя, кВт	132
Напряжение в сети, В	380

Битум и ПАВ подаются в мельницу вместе со щебнем. В силу ряда причин пресс-валковый измельчитель был исключен из процесса, а повышение производительности мельниц было достигнуто за счет подачи на измельчение отсевов дробления фр. 0–5 (10) мм. Указанная фракция получалась в результате дробления щебня фракции от 20 (40) до 250 мм, получаемого после отсева продукта дробления горной массы в щековой дробилке крупного дробления СМД-111.

При переработке неравнопрочных горных пород, не загрязненных примесями, имеются слабые разности, прочность которых не превышает марки 200. Как правило, они направляются в отвалы или на рекультивацию после высева их из горной массы или из продукта крупного дробления в виде фр. от 0 до 5, 10, 20 и даже до 40 мм. В то же время они являются прекрасным материалом для производства минерального порошка или муки для сельского хозяйства.

Технология переработки подобных материалов реализована в установке по производству до 20 т/ч активированного минерального порошка для асфальтобетона во Владимирском карьероуправлении (п. Мелехово Ковровского р-на Владимирской обл.). Здесь отсевы крупного дробления фракции 0–20 мм вместе с битумом и ПАВ подвергаются измельчению в молотковой мельнице тангенциального типа ММТ2000/2590/750к производства ОАО «Тяжмаш» (г. Сызрань Самарской обл.).

Характеристики мельницы ММТ2000/2590/750к

Диаметр ротора, мм	2000
Длина ротора, мм	2590
Габариты (длина×ширина×высота), мм	7800×7000×5550
Температура подаваемого газа, °С, не более	700
Масса мельницы без электрического оборудования, т	52
Расход сушильного агента, м ³ /ч	42000–50000
Тип сепаратора	динамический
Установленная мощность электродвигателя, кВт	1000

На ОАО «Тяжмаш» разработана модификация данной мельницы с динамическим сепаратором и с возможностью вывода сверхмерного материала. Это позволяет получать два продукта – тонкодисперсный и более грубый. Последнее очень важно, особенно при производстве муки известняковой, крупность и влажность которой меняется в широких пределах.

Сравнение энергоемкости производства минерального порошка в шаровой и молотковой мельницах показывает большую эффективность последней. В молотковой мельнице энергоемкость меньше на 10%. В то же время оба способа успешно применяются для производства минеральных порошков. Эффективность производства в шаровой мельнице значительно повышается за счет снабжения ее сепаратором. При этом повышается и производительность, и качество готового продукта. Например, в Лаишевском районе Республики Татарстан в 2009 г. введена в эксплуатацию помыльная установка для производства активированного минерального порошка, состоящая из трех мельниц 1456А, снабженных сепараторами динамического типа. Производительность одной мельницы по выпуску порошка составила 5 т/ч. При этом остаток на сите 71 мкм составил 11%, что значительно ниже предусмотренного ГОСТом (до 20%).

Фирма «Волга Карб» (г. Тольятти) осуществляет поставки минерального порошка для производства сухих смесей и асфальтобетона, а также муки известняковой для сельского хозяйства в соответствии с ГОСТ14050–93. Технология и оборудование позволяют получать до 4 т/ч готового продукта. Основу технологической линии составляет беспровальная молотковая мельница-сушилка со следующими характеристиками:

Место отбора пробы	Выход, %								
	Размеры фракций, мкм								
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-10	10-20	20-50	50-100
Циклон I ступени	1,78	4,48	5,04	4,72	4,71	24,18	30,78	19,88	3,8
Циклон II ступени	2,05	6,19	8,12	8,28	8,19	38,12	25,49	3,55	0
Фильтр	4,97	15,32	17,24	13,57	10,17	30,79	7,95	0	0
Готовый продукт	1,82	4,36	4,97	4,68	4,63	24,42	30,23	21,47	3,41

Длина приемного отверстия, мм 400
 Ширина 200
 Установленная мощность, кВт 30
 Масса, т 1,15
 Расход сушильного агента, м³/ч 10000
 Разрежение за мельницей, мм 1500
 Температура газов, °С
 на входе в мельницу 500
 на выходе из мельницы 60
 Габариты (длина×ширина×высота), мм 1100×1031×1150

Мельница получена в результате модернизации дробилки молотковой СМД-112А производства ОАО «Строммашина» (Рязанская обл.). Технология переработки запатентована ООО «Волга Карб». Затраты энергии на измельчение составляют 7,5 кВт·ч/т. Переработке подвергаются отсеvy дробления Сокского КУ (Самара), Жигулевского КУ и Жигулевского известкового завода (г. Жигулевск Самарской обл.) фр. 0–10 мм. В 2009 г. предприятие увеличило объем поставки готовой продукции за счет выпуска муки известняковой для сельского хозяйства и фракционированных песков для производства комбикормов и премиксов в соответствии с ГОСТ 26826–86.

Отгрузка готовой продукции осуществляется автомобильным и железнодорожным транспортом в биг-бэгах емкостью до 1200 кг и навалом в автоцементовозах. Допустимые нормы запыленности воздуха, выбрасываемого в атмосферу, не превышают 20 мг/м³. В настоящее время ведется реконструкция предприятия с доведением мощности до 150 тыс. т.

Для производства до 20 т/ч минерального порошка для асфальтобетона из отсеvов дробления фр. 0–5 мм влажностью до 10% в ОАО «Пятовское КУ» (Калужская обл.) ЗАО «Волгоцемсервис» разработало проект технологической линии с применением двух мельниц ММТ1300/2030/750К производства ОАО «Тяжмаш» (г. Сызрань Самарской обл.).

Характеристики мельницы ММТ1300/2030/750К

Диаметр ротора, мм 1300
 Длина ротора, мм 2030
 Габариты (длина×ширина×высота), мм 6250×5540×2320
 Установленная мощность двигателя, кВт 250
 Масса мельницы без электрооборудования, т 17,8
 Температура подаваемого газа, °С, не более 700
 Расход сушильного агента, м³/ч 1500–2100
 Тип сепаратора центробежный

Технологическая линия находится в стадии строительства. Отгрузка продукции планируется в биг-бэги и цементовозами.

С целью расширения области применения готовой продукции Каменищенскому карьере (Нижегородская обл.) предложена помольно-сушильная установка с применением молотковых мельниц ММТ1300/2030/750К и ММТ1300/2030/750. Вторая мельница отличается от первой исполнением сепаратора: у первой он центробежного типа, у второй – инерционного типа. Последний позволяет получать более крупный продукт, который может быть применен в качестве муки известняковой для производства комбикормов. При этом производительность мельницы повышается до 15 т/ч. Для регулирования ре-

жима работы установки по крупности выпускаемого продукта мельница ММТ1300/2030/750 снабжена дополнительным сепаратором динамического типа.

Представляет интерес новая, запатентованная ЗАО «Волгоцемсервис» и ООО «Диатомит» (Ульяновская обл.) технология переработки диатомита. Проект переработки сырья предусматривает получение 20 тыс. т высушенного порошка и 50 тыс. т фракционированного и порошкообразного обожженного диатомита.

Исходным материалом служит горная масса влажностью до 50%. Исследованиями на экспериментальном стенде ЗАО «Волгоцемсервис» и в промышленных условиях была установлена возможность сушки и измельчения диатомита в одну стадию с применением молотковых мельниц ММТ1300/2030/750К.

Готовый продукт с тониной помола с остатком на сите 50 мкм в количестве 5% и влажностью до 5% улавливается в циклонах I и II ступеней и далее в рукавном фильтре фирмы «Спейс Моторс» (Санкт-Петербург).

Зерновой состав продукта измельчения представлен в таблице.

Отгрузка высушенного диатомита предусмотрена в биг-бэгах емкостью до 1м³ или цементовозами. Часть продукции предполагается использовать для производства премиксов.



ЗАО «ВОЛГОЦЕМСЕРВИС»

ЭТО:



- ✓ Лауреат национальной премии ТПП РФ в сфере строительства.
- ✓ 20 лет на рынке строительных материалов.
- ✓ Более 30 действующих дробильно-сортировочных и помольных установок в России и за рубежом.
- ✓ Работа «под ключ».
- ✓ Энергосберегающие технологии для переработки горных пород влажностью до 50%.
- ✓ Экологически чистые производства строительных материалов.
- ✓ Запатентованные технологии производства щебня и тонкодисперстных материалов на уровне нанотехнологий.

Мы работаем на Вас и решаем Ваши проблемы при организации производства строительных материалов.



Россия, 445030, Самарская обл., г. Тольятти, ул. 40 лет Победы, 48, сек. 4
 тел. (8482) 73-33-02, 73-09-33, факс (8482) 75-94-15, e-mail: vcszao@yandex.ru
 www.vcszao.narod.ru

Р
е
к
л
а
м
а

В.Ю. МОХУНОВ, Ю.М. ЛОЦМАНОВ, ЗАО «ТД Строммашина» (Самара)

Перспективы применения современных линий производства минерального порошка в различных отраслях строительства

Целесообразность использования минерального порошка в производстве строительных материалов пока еще не оценена по достоинству, а ведь применение этого ценного продукта может быть самым разнообразным.

Производство минерального порошка основано на дроблении, помоле и сушке карбонатных осадочных пород химического происхождения (известняк плотный, известняк оолитовый, известковый туф, натечный известняк, доломит, мергель), а также твердых отходов промышленного производства.

Минеральный порошок служит отличной минеральной добавкой при производстве комбикормов для животных и птиц, а также применяется для раскисления почв при проведении агрохимических мероприятий в сельском хозяйстве. Основная область его применения — изготовление асфальта, где минеральный порошок служит в качестве заполнителя. Минеральный порошок является неотъемлемой составной частью асфальтобетона (до 18% состава АБС). На его долю приходится до 90–95% суммарной поверхности минеральных зерен, входящих в состав асфальтобетона. Основное назначение минерального порошка состоит в переводе объемного битума в тонкопленочное состояние. Совместно с битумом минеральный порошок образует структурированную дисперсную систему, которая и выполняет функцию вяжущего материала в асфальтобетоне. Другое назначение минерального

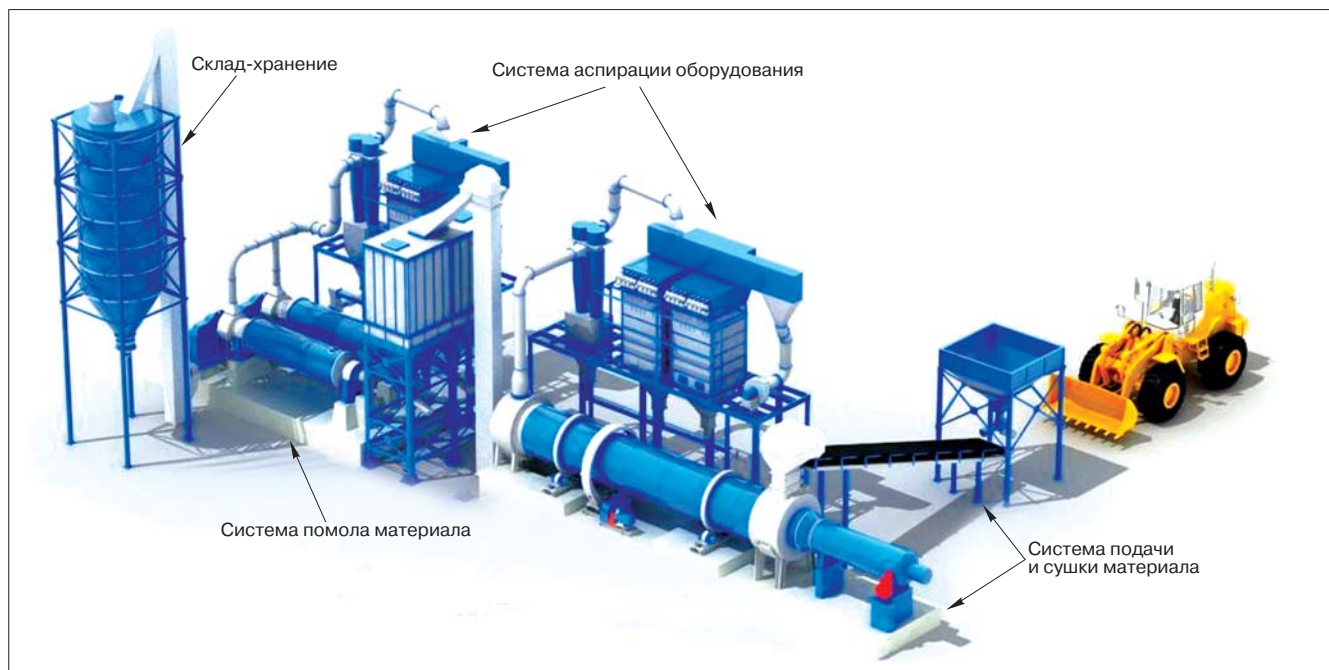
порошка — заполнение мелких пор между более крупными частицами.

Адсорбирующая поверхность минерального порошка поглощает существенную часть нефтяного битума, придавая асфальтобетону прочность и устойчивость к деформациям. Благодаря этому качество получаемого асфальтобетона и всего будущего дорожного покрытия существенно повышается.

Минеральный порошок необходим и в производстве кровельных материалов — это битумные и битумно-полимерные (наплавляемые, ненаплавляемые) рулонные материалы, где он используется как наполнитель (до 40%).

Кроме того, минеральный порошок используют как наполнитель для производства сухих смесей. Его можно применять в фильтрах для тепловых электростанций, для очистки дыма от вредных механических примесей. Данная технология активно используется в странах Западной Европы, но в России пока не имеет распространения.

Одним из новых и перспективных направлений является применение минерального порошка в качестве специальной добавки в бетон. Данная технология рекомендована Научно-исследовательским институтом бетона и железобетона при строительстве сооружений и в настоящее время используется при строительстве комплекса Москва-Сити. В настоящее время в состав



Технология получения активированного минерального порошка

Технические характеристики линии

Параметры линии	«СТРОМ-МИН-8»	«СТРОМ-МИН-15»
Производительность*, т/ч, не более	8	15
Фракционный состав исходного материала, мм, не более	50	50
Фракционный состав конечного продукта, мм	В соответствии с ГОСТ Р 52129–2003	
Влажность исходного материала, %, не более	15	15
Установленная мощность*, кВт, не более	210	370
Расход природного газа*, м³/ч, не более	135	254
Габаритные размеры, м Длина×ширина×высота	50×15×20	50×35×20
Масса, т	75	125
* Характеристики линии уточняются в каждом конкретном случае с учетом свойств исходного материала и требований к конечному продукту.		

бетона активно вводятся химические и комплексные органические добавки, значительно улучшающие физико-химические характеристики бетона. Минеральный порошок и микрокремнезем (МКЗ), используемые в составе бетонной смеси в качестве минеральных добавок, также позитивно влияют на свойства бетона, улучшая его качественные характеристики: уменьшается водопоглощение, увеличивается прочность, морозостойчивость, химическая стойкость, износостойкость. Минеральные добавки можно использовать как при производстве ЖБИ методом вибролитья, так и при производстве ЖБИ способом вибропрессования. Введение минеральных добавок позволяет увеличить долговечность и сопротивляемость ЖБИ внешним воздействиям. При этом стоимость минерального порошка значительно ниже стоимости цемента.

Минеральные порошки делятся на неактивированные и активированные. В последние вводится смесь поверхностно-активных веществ, включающих нефтяной битум. В зависимости от применяемого сырья и проектных характеристик минеральные порошки подразделяют на две основные марки МП-1 и МП-2.

Минеральный порошок МП-1 может быть активированным или неактивированным и получается помолом карбонатных пород, а также битуминозного сырья.

Минеральный порошок МП-2 производится из некарбонатных пород, а также из вторичных отходов промышленного производства – металлургических шлаков, золы-уноса ТЭЦ, цементной пыли уноса и др.

Помимо различия в марках минеральные порошки отличаются зерновым составом, гидрофобностью, пористостью и начальной влажностью, набуханием образцов из смеси с битумом, удельной эффективной активностью и др. Выбор того или иного вида порошка зависит от марки и типа асфальтобетона, в котором он будет применяться.

Самарский завод «Строммашина» плодотворно работает на рынке оборудования для сушки и помола строительных горных пород более 50 лет. Сейчас завод является крупнейшим разработчиком и производителем высокотехнологического оборудования для производства минерального порошка.

Инженерный центр компании разработал комплексную линию по производству минерального порошка «СТРОМ-МИН». В этом решении были воплощены все идеи улучшения качества получаемого продукта, усовершенствования оборудования. И как показывает



Отрасли применения нашего оборудования

Строительная промышленность
 Нефтегазовая промышленность
 Горнорудная промышленность
 Химическая промышленность
 Угольная промышленность

Технологические линии

Линия по производству гипсовых вяжущих
 Линия производства минерального порошка
 Линия производства керамики
 Линия помола и сушки инертных материалов
 Линия термической утилизации отходов бурения



Оборудование



Оборудование для обжига (вращающиеся печи)



Оборудование для производства ЖБИ (бетононарезатчики и бетоноукладчики)



Сушильное оборудование (сушильные барабаны)



Транспортирующее оборудование (конвейеры, питатели, элеваторы)



Размольное оборудование (шаровые и стержневые мельницы)



Обеспыливающее оборудование (циклоны, рукавные фильтры)

Инжиниринговые и сервисные услуги

- Разработка технической концепции проекта
- Предварительная коммерческая оценка проекта
- Выполнение проектных работ
- Шеф-монтаж (технический и авторский надзор)
- Обслуживание и ремонт оборудования
- Поставка запчастей по согласованному графику
- Технический аудит оборудования
- Гарантийное сопровождение проекта

E-mail: TD@strommash.ru
 Самара
 www.strommash.ru

Р
 е
 к
 л
 а
 м
 а

практика применения данной линии, старания были оправданны.

Технологический процесс получения активированного минерального порошка состоит из трех основных переделов — сушки исходного сырья, измельчения материала и смешивания его с активирующей добавкой (см. рисунок).

Сырье с открытого склада подается в расходный бункер, а затем ленточным питателем дозируется и попадает в загрузочную камеру сушильного барабана. Сушка известняка с начальной влажностью 8–10% до конечной влажности 1% происходит в прямооточном сушильном барабане дымовыми газами при прямом контакте материала и теплоносителя. Сжигание топлива происходит в теплогенераторе.

Карбонатные породы поступают в сушильный барабан через загрузочную камеру, разгрузка происходит через разгрузочную камеру и элеватором подается в расходные бункеры шаровых мельниц.

Отходящие дымовые газы проходят двухступенчатую очистку циклонами и рукавными фильтрами. Если исходный материал имеет влажность не более 2%, то сушка материала исключается.

Технологический процесс измельчения начинается с равномерного дозирования материала в шаровые мельницы ленточными питателями, подвешенными к бункерам запаса. В шаровых мельницах непрерывного действия кроме помола происходит смешивание минерального материала с активирующей смесью.

Характеристики исходного материала

Фракционный состав, мм, не более	40
Влажность, %, не более	10
Прочность, Па, не более	400

Оборудование, выпускаемое Самарским заводом «Строммашина», характеризуется максимальной надежностью работы, высокой производительностью, безупречным качеством получаемой продукции, универсальностью, современным уровнем автоматизации и конкурентной стоимостью. Отличная сбалансированность оборудования по всем узлам, использование лучших комплектующих, простота в управлении выгодно отличает линию производства минерального порошка среди аналогичного оборудования.

Являясь разработчиком, компания «Строммашина» имеет уникальную возможность производить оборудование, учитывая все пожелания заказчика и требования к конечной продукции.

«Строммашина» предоставляет весь спектр инжиниринговых услуг:

- разработку технической концепции проекта;
- предварительную оценку проекта;
- выполнение проектных работ;
- шеф-монтаж (технический авторский надзор).

Основной задачей в инжиниринге является внедрение современного оборудования для эффективной оптимизации и повышение качества производства. Для этого мы используем как свою ресурсную базу, так и ресурсы профессионально надежных партнеров, что позволяет решать поставленные заказчиком задачи практически во всех отраслях промышленности.

Сервисная служба компании имеет многолетний опыт монтажа, сервисного обслуживания и ремонта оборудования.

На основании большого опыта работы сотрудники сервисной службы могут дать рекомендации по оптимальному использованию оборудования, проконсультировать и обучить обслуживающий персонал.



НОВОМАСТ

Реклама

Производство битумно-полимерных герметиков «НОВОМАСТ» для герметизации швов и трещин покрытий автодорог и аэродромов

Конкурентные преимущества

- Качество и надежность, проверенные временем
- Оптимальное соотношение цена–качество
- Короткие сроки поставки
- Совершенное технологическое и лабораторное оборудование
- Возможность получения мастик с заданными параметрами для конкретных условий
- Рациональная упаковка для перевозки, хранения и применения мастик

Телефоны: (495) 797 59 08, (495) 979 03 95 E-mail: dormast@mail.ru

УДК 691.16:004.89

В.Г. ПОТЕМКИН, инженер (skf-bgtu@yandex.ru),
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова;
Б.Г. ПЕЧЕНЬИЙ, д-р техн. наук, Северо-Кавказский филиал Белгородского
государственного технологического университета им. В.Г. Шухова
(г. Минеральные воды, Ставропольский край)

Пути совершенствования автоматизации асфальтобетонных заводов

Производство асфальтобетона – сложный технологический процесс, неотъемлемой частью которого является поддержание физических параметров сырья и асфальтобетонной смеси (АБС) в заданных диапазонах. Влажность и температура сырья минерального заполнителя (МЗ) являются одними из ключевых параметров, определяющих конечное качество асфальтобетона. Часто они коррелируют между собой, так как процесс парообразования энергоемок, протекает со значительным поглощением тепла. Если температура не будет стабилизирована, ее падение приведет к снижению интенсивности испарения. Для стабилизации колебаний влажности и температуры сырья на асфальтобетонных заводах (АБЗ) применяют сушильные установки, оснащенные автоматизированными системами управления (АСУ). Поддержание жестких термодинамических условий смесеобразования в целом и вяжущего в частности вызвано тем, что битум представляет собой термопластичное химическое соединение, что сказывается на зависимости его вязкости от температуры, т. е. способности обволакивать отдельные элементы различных фракций МЗ (рис. 1) [1].

Однако с повышением температуры возрастает не только проникающая способность битума и интенсивность протекания процесса смесеобразования АБС, но и окисления, вызывающего потерю пластичности, что снижает трещиностойкость асфальтобетона, а следовательно, долговечность дорожного покрытия [2]. При снижении температуры битума до 130–140°C (зависит от марки), высокая вязкость замедляет покрытие поверхности МЗ, что в конечном итоге снижает прочность и водостойкость асфальтобетона. В зависимости от марки битума и рецептуры АБС температура в процессе смесеобразования должна составлять 160–170°C с допустимым колебанием $\pm 10^\circ\text{C}$ [3].

Поэтому создаваемые в настоящее время АБЗ, как отечественные так и зарубежные, оснащаются с помощью АСУ количеством топлива, подаваемого на горелку сушильного барабана (СБ) на основе информации от датчиков температуры МЗ. В реальных условиях выдержать температуру в столь узком диапазоне – сложная задача. Это обусловлено тем, что сырье МЗ (щебень, песок) различной фракции хранится в большинстве случаев в отвалах под открытым небом, поэтому влажность заполнителей на разных уровнях в отвале значительно колеблется.

Процессы теплопередачи, протекающие в СБ, инерционны, и информация о температуре МЗ снимается датчиками на выходе из барабана, а не отслеживается в динамике на различных этапах – уровнях сушки, поэтому адекватность реакции АСУ на колебания температуры снижается. Решить технически данную задачу очень сложно без изменения конструкции измерительного узла СБ и принципа устройства датчиков. За рубежом

данную проблему наряду с терморегулированием решают комплексом мер, способствующих снижению влажности сырья до уровня не более 5% – это возведение вентилируемых защитных сооружений (ангаров, навесов), что не всегда экономически оправданно, особенно для передвижных или временных АБЗ [4].

Обзор предложений фирм по модернизации АБЗ показал, что спектр мероприятий по обновлению оборудования достаточно узок, сводится к замене устаревших агрегатов, в основном агрегатов дозирования, на более совершенные, оснащенные простой автоматикой. В настоящее время парк эксплуатируемых в России АБЗ на 70 % состоит из установок под управлением АСУ первого и второго поколений. Функциональная схема АСУ АБЗ первого поколения состояла из узлов автоматизации на базе релейно-контактных схем: механическая дозировка компонентов АБС, механически программируемый таймер управления смесителем, пороговый регулятор температуры сырья МЗ на выходе из СБ, управление и защита электроприводами агрегатов. Одним из основных достижений АСУ АБЗ второго поколения – плавное управление пламенем горелки, применяя данные, получаемые от инерционного термоматчика (термопары). Применение датчиков данного класса из-за инерционности и случайного характера взаимодействия с элементами МЗ является одной из главных причин запаздывания реакции АСУ, что часто приводит к ложным срабатываниям, увеличивающим колебания температуры. АСУ третьего поколения спроектировано на базе микропроцессоров, что расширило спектр источников диагностической информации; работа системы стала более надежной и адекватной. Однако оснащение такой системой АБЗ предыду-

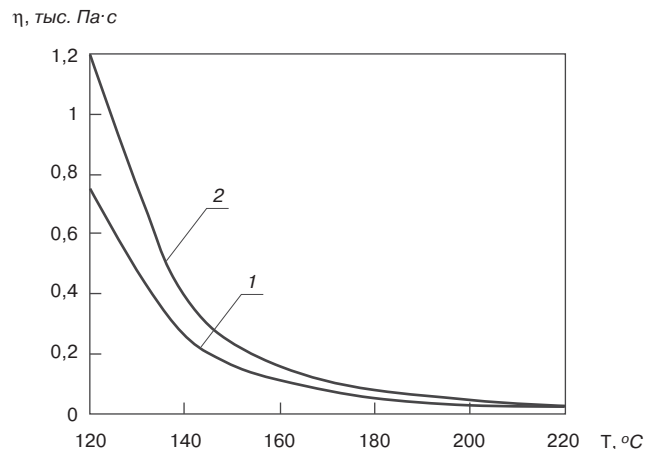


Рис. 1. Зависимость вязкости (η) битумов марок БНД 60/90 (1) и БНД 40/60 (2) от температуры (Т)

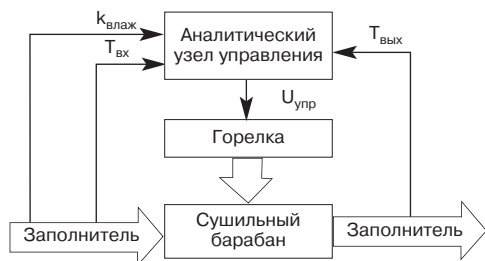


Рис. 2. Структурная схема устройства АСУ пламенем горелки, где $k_{\text{влаж}}$ – значение возмущающего воздействия на систему в виде влажности; $T_{\text{вх}}$ – температура заполнителя перед сушилкой; $T_{\text{вых}}$ – температура заполнителя после сушилки; $U_{\text{упр}}$ – управляющее воздействие со стороны аналитического узла на горелку

щих поколений требует затраты порядка 40 % их рыночной стоимости.

При исследовании особенностей процессов смесеобразования двух АБЗ – Teltomat 100 и ДС-185 под управлением АСУ второго поколения выявилась неэффективность использования резервов агрегатов. Для АБЗ ДС-185 колебания температуры на выходе из СБ составили $\pm 4-7^{\circ}\text{C}$ при влажности сырья до 5%. После того как слой отвала был выработан, подачу осуществляли из последующих с влажностью 2–3%, при этом температура на выходе из СБ возросла до $178-185^{\circ}\text{C}$ и стабилизировалась в течение трех замесов. Из рис. 1 следует, что для битума марки БНД 40/60 вязкость падает в 1,34 раза; во столько же раз согласно [3] должно уменьшиться время перемешивания для достижения заданной гомогенности. Следовательно, в течение трех замесов АБС подвергалась продолжительному воздействию высокой температуры, что приводит к снижению качества асфальтобетона [2].

Разброс температуры АБС на выходе из смесителя АБЗ Teltomat 100 при схожих условиях работы был в пределах $\pm 4-6^{\circ}\text{C}$, что соответствовало изменению продолжительности смесеобразования на $\pm 1-3$ с. Такие результаты объясняются более совершенной конструкцией камеры замера температуры МЗ.

Ввиду того что на данный момент повсеместно в агрегаты дозирования внедряют тензометрические датчики, проблема погрешности дозирования уже не актуальна [4]. Поэтому одним из путей совершенствования существующих схем управления АБЗ является внедрение безинерционных оптических (гигрометры) [5] или микроволновых датчиков влажности и оптических датчиков температуры (пирометры) для диагностики концентрации влаги в сырье МЗ и контроля температуры во время его подачи в СБ, а также на выходе из него. Показания датчиков данного класса фиксируются мгновенно, что значительно повышает скорость и адекватность реакции АСУ на возмущающее воздействие. То есть возмущение в виде влажности $k_{\text{влаж}}$ анализируется, и вырабатывается реакция на него $U_{\text{упр}}$ раньше, чем оно повлияло на процесс нагревания (рис. 2).

Однако без математической модели, построенной на базе глубокого анализа и формализации термодинамических процессов, протекающих в системе, с учетом

влияния на них показателей влажности, реализация АСУ в данном случае невозможна.

Исходя из приведенных рассуждений была предложена АСУ, основанная на том факте, что влияние на параметры конечного качества асфальтобетона при сушке в СБ менее выражено, нежели при перемешивании в смесителе. Компенсировать последствия колебания температуры заполнителя на выходе из СБ возможно варьированием продолжительности перемешивания компонентов АБС в смесителе.

При проведении исследований на АБЗ выявилась закономерность в изменении уровня звукового давления акустического шума (АШ), излучаемого элементами компонентов АБС при соударении между собой и рабочими органами смесителя, от стадии перемешивания. Информативность АШ заключается в изменении как в распределении спектра, так и в суммарной мощности излучаемого сигнала (звуковое давление) от уровня гомогенности АБС. Этот эффект объясняется следующим: на начальном этапе перемешивания (сухом этапе) взаимодействие (удары) крупных фракции МЗ между собой и рабочими органами смесителя порождает значительные амплитуды акустических низкочастотных колебаний, что отчетливо видно на диаграмме, приведенной на рис. 3, этап 2.

Введение МЗ более мелкого фракционного состава и минерального порошка приводит к снижению амплитуд низкочастотной части спектра (200–700 Гц) АШ, вызванному демпфированием ударней элементов крупных фракций более мелкими. Взаимодействия элементов в зоне перемешивания АБС приобретают касательный, скользящий характер, что сказывается на расширении спектра АШ в сторону средних и высоких частот (до 8 кГц). При введении битума (мокрый этап перемешивания) происходит резкое поглощение вводимым вяжущим минерального порошка и мелких фракций. В результате этого образуются комья, обладающие пластичностью, блокируют перемещение компонентов смеси. На этом этапе межфракционное взаимодействие приобретает турбулентный характер с вытеснением крупных фракций из зоны активного перемешивания под действием центробежных сил. Это сопровождается возрастанием низкочастотных амплитудных всплесков АШ от ударов крупных фракций о корпус смесителя и лопастей (рис. 3, этап 5, 70–85 с). Под действием этих же сил происходит смещение комков к корпусу смесителя, где они разбиваются и образовавшийся щебень обволакивается битумом. Одновременно с этим мелкие фракции прилипают к щебню. По мере распределения битума на поверхности зерен заполнителя процесс перемещения приобретает ламинарные черты. При таком перемещении значение силы трения, действующей на элементы, уменьшается, а нагрузка на вал электропривода падает. Поэтому закономерно повышение частот излучаемого АШ с последующим снижением амплитуд колебаний и выравнивание их распределения по всему частотному спектру. Как видно из диаграммы (рис. 3), на этапе 7 мощность сигнала

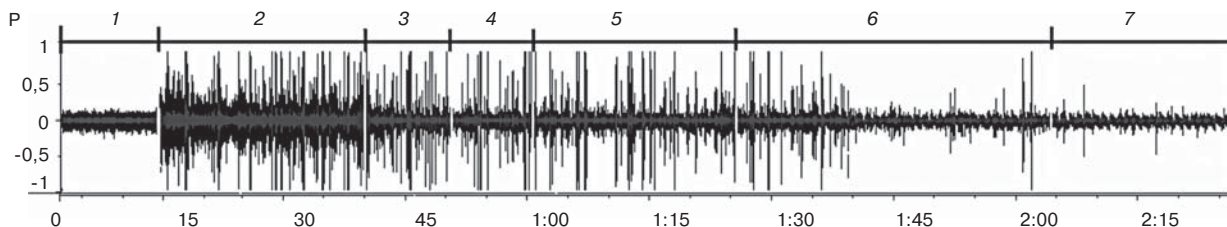


Рис. 3. Диаграмма зависимости звукового давления P во времени t на различных этапах смесеобразования: 1 – холостая работа смесителя; 2 – введение фракций 20–10 и 10–5 заполнителя и их сухое перемешивание; 3 – введение фракции 5–0,014; 4 – введение минерального порошка; 5 – введение битума и перемешивание; 6 – мокрое перемешивание; 7 – стадия достижения готовности смеси

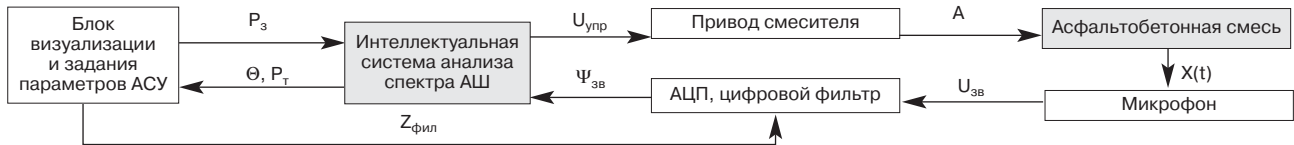


Рис. 4. Структурная схема системы управления приводом смесителя, где: P_3 – текущее значение стадии готовности рецептуры; $U_{упр}$ – управляющее воздействие; A – работа смесителя по перемешиванию; Θ – косвенная характеристика готовности смеси; P_T – стадия готовности; Ψ_{zv} – интенсивность звука; $Z_{фил}$ – параметры фильтра; U_{zv} – аналоговый сигнал; $X(t)$ – анализируемые данные

меньше, чем при холостой работе на этапе 1 – это объясняется демпфирующими свойствами АБС, приглушающей вибрации смесителя. Согласно приведенным закономерностям была предложена структурная схема АСУ смесителем (рис. 4).

Интеллектуальная система анализа спектра АСУ смесителя получает информацию о стадии готовности АБС. Анализируемые данные (АШ) $x(t)$ считываются посредством датчика акустических сигналов – микрофона.

После оцифровки аналогового сигнала U_3 производится цифровая фильтрация и прореживание спектра шума для каждой конкретной рецептуры по вектору настройки параметров фильтра $Z_{фил}$. Задача интеллектуальной системы анализа спектра состоит в том, чтобы на основании шаблонового знания о звуковом давлении в определенном частотном диапазоне АШ при достижении стадии готовности АБС, полученного эмпирическим или при помощи математической модели P_T , считываемой из базы данных для заданной оператором рецептуры производить сопоставление с текущим значением P_3 . При этом вычисляется синдром Θ (тэта) – косвенная характеристика готовности смеси, отображающая на экране визуализации. При достижении Θ заданного значения выдается управляющее воздействие $U_{упр}$, отключающего смеситель, совершающего работу A по перемешиванию АБС:

$$\Theta = P_3 - P_T \quad (1)$$

Анализ имеющейся литературы показал, что на данный момент не существует более оперативного метода определения качества АБС, чем предложенный. Обзор аналогов выявил наличие модели контроля качества АБС, которая сводилась к мониторингу активной мощности двигателя привода смесителя [7]. Из-за инерционности механизмов привода и редуктора, сглаживаю-

№ смеси	Фракция заполнителя	Процентная доля, %
1	20–10	15
2	10–5	30
3	5–0,014	42
4	Минеральный порошок	13

щих незначительные перепады нагрузок, не проявляется четкая зависимость характеристик нагрузок от однородности смеси. Информативность акустического контроля смесеобразования превосходит информативность метода анализа мощности. На рис. 5 приведена выборка звукового давления на основании АШ на основании звукового сигнала, приведенного на рис. 3, для рецептуры АБС с содержанием 6% битума марки БНД 60/90. Рецептура составов четырех смесей по заполнителю приведена в таблице.

Так, для предлагаемой методики контроля качества АБС изменение пиковых значений спектра мощности АШ на частоте 7 кГц от этапа перемешивания составляет 26 дБ, то есть увеличивается в 400 раз, это без учета амплитуд единичных ударений щебня, которые нивелируются фильтром. Известные аналоги имеют куда более скромные результаты – около 12–15%.

Предлагается реализовать АСУ асфальтобетонного смесителя на основе структурной схемы, изображенной на рис. 4. При этом штатная АСУ не разукрупняется с АБЗ, а дополнительно оснащает АСУ смесителя. Это дает возможность создать гибкую самонастраивающуюся систему управления на основе анализа показателей асфальтобетонной смеси на всех этапах смесеобразования, что позволит сэкономить значительные средства на модернизацию АБЗ.

Ключевые слова: качество асфальтобетонной смеси, однородность, акустический контроль, активная мощность, звуковое давление акустического шума.

Список литературы

1. Гун Р.Б. Нефтяные битумы. М.: Химия, 1973. 438 с.
2. Печеный Б.Г. Битумы и битумные композиции. М.: Химия, 1990. 256 с.
3. Иноземцев А.А. Битумно-минеральные материалы. Л.: Издательство литературы по строительству, 1972. 152 с.
4. Марышев Б.С., Соловьев Б.Н. Асфальтобетонные заводы и технологическое оборудование для их оснащения: Каталог-справочник «Дорожная техника». СПб.: Славутич, 2004.
5. Козлов М.Г., Кустикова М.А. Исследование датчиков влажности газов, основанных на поглощении вакуумного ультрафиолетового излучения // Оптический журнал. Т. 72, № 1. 2005. С. 17–18.
6. Исмаилов М.М., Петренко А.А., Астафьев А.А., Петренко А.Г. Инфракрасный радиометр для определения тепловых профилей и индикации разности температур // Приборы и техника эксперимента. 1994. № 4. 196 с.
7. Королев И.В. Дорожный теплый асфальтобетон. Киев: Вища школа, 2-е изд., испр. и доп., 1984. 199 с.

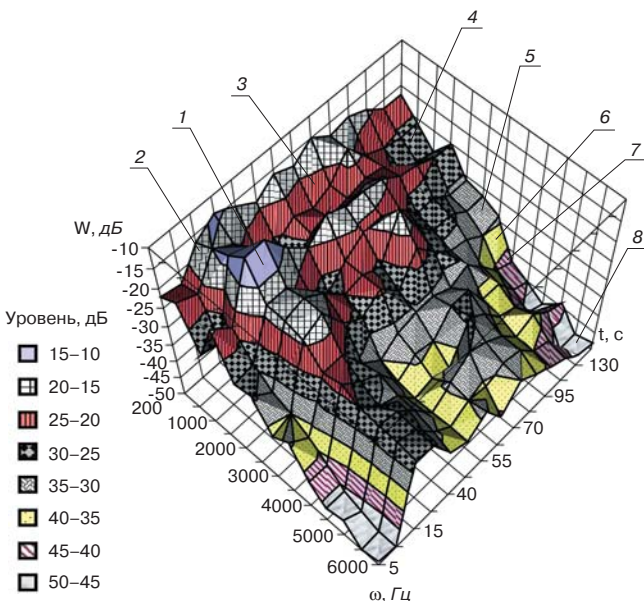


Рис. 5. Диаграмма зависимости уровней спектральной мощности W (дБ) от частоты (ω) и этапа перемешивания во времени t : 1 – 15–10; 2 – 20–15; 3 – 25–20; 4 – 30–25; 5 – 35–30; 6 – 40–35; 7 – 45–40; 8 – 50–45

А.В. РУДЕНСКИЙ, д-р техн. наук, ГУП «НИИМосстрой» (Москва)

Возможности энергосбережения при производстве и применении дорожно-строительных материалов

Дорожное строительство располагает значительными резервами энергосбережения при производстве работ по строительству и ремонту дорожных конструкций. Это связано в первую очередь со значительными объемами применения дорожно-строительных материалов.

Экономия энергозатрат может быть обеспечена на стадиях производства дорожно-строительных материалов, их транспортирования к месту производства работ, совершенствования технологических процессов и повышения эффективности работ по строительству и ремонту автомобильных дорог.

Так, в частности, на устройство 1 км дорожного асфальтобетонного покрытия требуется 1,5–2 тыс. т асфальтобетонной смеси (при расчетной ширине покрытия 7 м и толщине слоев 10 см). Это требует расхода 0,7–1,2 тыс. т высокопрочного щебня; 0,6–0,8 тыс. т песка; 75–120 т минерального порошка; 80–100 т нефтяного битума.

Соответственно на устройство 100 км дорожных асфальтобетонных покрытий требуется в среднем 170 тыс. т асфальтобетонной смеси, для производства которой израсходуется (в среднем): щебня около 82 тыс. т, песка – 62 тыс. т, минерального порошка – 17 тыс. т, битума – 9 тыс. т. Общая стоимость применяемых материалов составляет около 300 млн р.

Удельный расход дорожно-строительных материалов при ремонте 1 км дорожного покрытия (при укладке нового слоя покрытия толщиной 5 см) в среднем составляет 350 м³, или около 0,8 тыс. т, что требует соответственно щебня около 0,4 тыс. т; песка – 0,3 тыс. т; минерального порошка – 60 т; нефтяного битума – 40 т.

При этом энергетические затраты на производство, переработку и транспортирование требуемых для ремонта дорожных покрытий материальных ресурсов составляют порядка 500 ГДж на 1 км дороги (около 10 т условного топлива, или 60 тыс. кВт·ч). Дополнительно следует учитывать расход дорожно-строительных материалов на проведение работ по новому строительству и реконструкции дорожных асфальтобетонных покрытий в мегаполисе. При этом затраты материальных ресурсов на новое строительство (при расчете на полосу шириной 7 м) составляют около 1,6 тыс. т асфальтобетонной смеси, что требует соответственно щебня около 0,8 тыс. т; песка – 0,6 тыс. т; минерального порошка – 0,12 тыс. т; нефтяного битума – 80 т и соответственно затрат энергоресурсов около 1 тыс. ГДж.

Ресурсосбережение за счет применения местных материалов и отходов промышленного производства осуществляется за счет разработки технологий, позволяющих использовать в составе асфальтобетонных смесей (при сохранении требуемого уровня качества) такие компоненты, как щебень и гравий из местных карьеров, щебень из металлургических шлаков и щебень, получаемый дроблением старого цементобетона, минеральные

порошки из золы-уноса ТЭС, природные битумсодержащие материалы, продукты переработки старого (отфрезерованного) асфальтобетона и другие.

В частности, экономия энергозатрат за счет сокращения объемов дробления известняка для производства стандартного минерального порошка при использовании порошкообразных отходов промышленности может составить в дорожной отрасли в целом до 7–10 тыс. ГДж в год (7–10 ТДж/г.).

Щебень, производимый в результате переработки металлургических шлаков и старого бетона, может быть использован при приготовлении асфальтобетонных смесей. Объемы применения такого щебня в дорожной отрасли могут составить до 7 млн м³ в год. При этом экономия энергозатрат за счет расширения применения щебня из местных карьеров и отходов промышленности и соответствующего сокращения транспортных расходов может составить порядка 150–170 ТДж/г., что эквивалентно экономии 4,5–5 тыс. т условного топлива в год.

Объемы использования альтернативных видов органических вяжущих материалов наряду с традиционным нефтяным битумом либо включение их в состав дорожных битумов в виде компаундирующих или модифицирующих компонентов (продукты нефтехимических, коксохимических и др. производств, отходы резинотехнических изделий, серы и пр.) могут составлять до 10–15% от объема применения нефтяных битумов. При этом экономия энергоресурсов за счет сокращения объема потребления битумов составит порядка 30–40 ТДж/г., что эквивалентно экономии 0,9–1,2 тыс. т условного топлива в год.

Итого общие объемы экономии энергоресурсов в дорожной отрасли только за счет использования вторичных материальных ресурсов и отходов промышленности могут достигать ежегодно около 200 ТДж/г., что эквивалентно экономии порядка 6 тыс. т условного топлива в год.

Анализ структуры энергозатрат при строительстве и ремонте дорожных асфальтобетонных покрытий показывает, что они складываются из затрат на производство исходных материалов для приготовления асфальтобетонных смесей и транспортирования их к асфальтобетонному заводу (АБЗ), подготовки исходных материалов и приготовления асфальтобетонных смесей, транспортирования, укладки и уплотнения готовой смеси при устройстве покрытия.

Анализ распределения энергозатрат показывает, что на транспортирование материалов расходуется 25–45% от общей суммы энергозатрат на их производство.

Энергозатраты на производство исходных материалов для приготовления асфальтобетонных смесей складываются из затрат на производство битума, щебня и минерального порошка, а также добычи песка из прирассовых карьеров.

Таблица 1

Наименование материала	Расход энергии на производство 1 т, ГДж	Эквивалентный расход условного топлива, л
Портландцемент	7,63	250
Битум	0,62	20
Щебень	0,016	2
Песок, гравий	0,06	0,5
Минеральный порошок	0,06	2
Арматурная сталь	25	800

Энергозатраты на производство 1 т нефтяного битума составляют 0,55–0,65 ГДж в зависимости от характеристик исходного сырья, используемого технологического оборудования и марки получаемого битума. Для сравнения, удельные затраты энергии на производство 1 т цемента значительно выше и составляют 3,8–7,5 ГДж в зависимости от качества сырья, технологии производства и марки получаемого цемента.

Энергозатраты на производство щебня составляют в среднем 0,05–0,07 ГДж/т. На производство 0,5–1 тыс. т щебня, необходимых для приготовления асфальтобетонной смеси, требующейся для устройства 1 км дорожного покрытия, затраты энергии составляют 35–75 ГДж. С учетом затрат на производство минерального порошка и добычи песка суммарные энергозатраты на получение материалов для приготовления асфальтобетонной смеси, необходимой для устройства 1 км дорожного покрытия, составляют 130–165 ГДж. Данные об энергозатратах на производство основных дорожно-строительных материалов приведены в табл. 1.

Энергозатраты на транспортирование щебня, песка, минерального порошка и битума к месту приготовления асфальтобетонной смеси зависят от дальности и способа перевозки материалов.

При перевозке щебня железнодорожным транспортом удельный расход энергоресурсов составляет в среднем 98,9 кВт·ч на 10 тыс. т·км.

С учетом коэффициента пересчета на условное топливо эквивалентный расход его на 10 тыс. т·км для электровозной тяги составляет 33,6 кг, а для тепловозной тяги – 45 кг.

Средний расход энергоресурсов на перевозку 10 тыс. т·км грузов железнодорожным транспортом составляет 39 кг условного топлива, или 273 Мкал, что эквивалентно 1,15 ГДж.

Таблица 2

Марка битума	Температура нагрева, °С	Энергозатраты на 1 т смеси, МДж
БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130	130–150	100–110
БНД 130/200, БНД 200/300	100–120	80–90
МГ* 130/200, СГ** 130/200	90–100	65–70
МГ 70/130, СГ 70/130	80–90	55–65
МГ 40/70, СГ 40/70	70–80	45–55
МГ 25/40, СГ 25/40	60–70	40–50

* медленногустеющий; ** среднегустеющий.

Перевозка по железной дороге 0,5–1 тыс. т щебня, необходимого для устройства слоя толщиной 10 см (при расчетной дальности возки 1,5 тыс. км), требует затрат энергии в размере 85–170 ГДж (а с учетом затрат на погрузо-разгрузочные операции 100–200 ГДж). Перевозка того же количества местного щебня автомобилями (на расстояние в среднем 35 км) требует затрат энергии в размере 15–30 ГДж (принимая среднюю норму расхода энергоресурсов при перевозке автомобилями 39 кг условного топлива на 1 тыс. т·км). Перевозка 0,5–1 тыс. т песка автомобилями также требует затрат энергии в размере 15–30 ГДж.

Расход энергии на погрузку и разгрузку щебня или песка при перевозках автомобилями составляет 4,64 МДж/т. Таким образом, энергозатраты на погрузо-разгрузочные работы при перевозке 0,5–1 тыс. т песка равны 2,3–4,6 ГДж.

Перевозка 100–120 т битума по железной дороге требует затрат энергии в размере 17–20 ГДж, а перевозка 65–200 т минерального порошка – 20–35 ГДж. Таким образом, общие затраты энергии на транспортирование материалов, необходимых для устройства 1 км дорожного покрытия, составляют 180–300 ГДж при использовании привозного щебня и 120–150 ГДж при использовании местного щебня.

Затраты энергии на технологические операции по приготовлению асфальтобетонных смесей складываются из затрат на нагрев материалов, подготовительные операции и перемешивание компонентов смеси.

На разогрев битума при сливе в битумохранилище из бункерного полувагона вместимостью 40 т расходуется около 220 Мкал (0,92 ГДж), то есть на разогрев и слив 100 т битума затрачивается 2,5 ГДж. Такое же количество энергии затрачивается и при повторном разогреве битума при подаче его из хранилища в котел.

Для нагрева 1 т щебня на 1°С необходимо затратить около 0,7 МДж. Следовательно, на нагрев 1,4 тыс. т щебня и песка до температуры 160–180°С при приготовлении горячих асфальтобетонных смесей требуется затратить 150–160 ГДж энергии. При производстве холодных асфальтобетонных смесей нагрев щебня и песка до 100–120°С требует затрат энергии в размере 100 ГДж. Таким образом, на приготовление 1,65 тыс. т холодной асфальтобетонной смеси расходуется примерно на 50–60 ГДж энергии меньше, чем на производство горячей асфальтобетонной смеси. Данные о температуре нагрева битумов разных марок и соответствующих энергозатратах на приготовление 1 т асфальтобетонной смеси приведены в табл. 2.

Значительных затрат энергоресурсов требует сушка минеральных материалов. Данные о расходе энергоресурсов на сушку минеральных материалов в зависимости от их влажности приведены в табл. 3.

Расход топлива при работе сушильного барабана составляет в среднем 250–300 кг/ч, а установленная мощность электродвигателей – 60–110 кВт (при производительности 25–50 т/ч). При производительности 100 т/ч расход топлива составляет 1,14 тыс. кг/ч, а мощность электродвигателей – 153 кВт.

Таблица 3

Влажность минерального материала, %	Расход условного топлива на сушку 1 т минерального материала, л	Эквивалентный расход энергоресурсов, МДж
10	11,5	449
8	9,9	385
6	8,3	323
4	6,7	260
2	5,1	198

Ориентировочно можно принимать, что общий расход топлива на нагрев и сушку составляет 0,8–1,2% от массы минерального материала. Таким образом, нагрев и сушка 1,4 тыс. т щебня и песка, используемых при приготовлении асфальтобетонной смеси, потребуют расхода 12–15 т условного топлива, т. е. затрат энергии в количестве 350–400 ГДж.

Энергозатраты на перемешивание 1 т горячей асфальтобетонной смеси составляют в среднем 1,9–2 кВт·ч при производительности установок 25–30 т/ч, или 4–4,5 кВт·ч для асфальтосмесительных установок производительностью 40–50 т/ч. При расчетах следует учитывать, что на выработку 1 кВт·ч электроэнергии расходуется 170 г условного топлива, т. е. 1 т условного топлива (мазута) дает 6 тыс. кВт·ч электроэнергии.

Таким образом, энергозатраты на перемешивание 1 т горячей асфальтобетонной смеси составляют 0,015–0,03 ГДж, а на перемешивание 1,65 тыс. т – 25–50 ГДж.

Суммарные затраты энергии при производстве асфальтобетонной смеси на АБЗ складываются из затрат на хранение и подготовку битума (в среднем 0,007 ГДж/т); внутризаводского перемещения минеральных компонентов смеси (0,005 ГДж/т); работы сушильного барабана и газопылеуловителей (0,005 ГДж/т); работы смесителя (4,1 МДж/т) и составляют в среднем около

0,021 ГДж/т. На приготовление 1,65 тыс. т асфальтобетонной смеси на АБЗ требуется затратить 57–60 ГДж энергии.

Энергозатраты на транспортирование готовой асфальтобетонной смеси к месту устройства дорожного покрытия (при средней дальности перевозки 20–25 км) составляют около 0,07–0,1 ГДж/т. Транспортирование 1,65 тыс. т готовой асфальтобетонной смеси к месту укладки потребует затрат энергии в размере 120–165 ГДж.

Принимая, что энергозатраты на укладку и уплотнение смеси составляют в среднем около 0,017 ГДж/т, выполнение этих работ при устройстве 1 км покрытия потребует ориентировочно 28–30 ГДж энергии. Суммарная энергоёмкость строительства 1 км покрытия из горячего асфальтобетона слоем толщиной 10 см составляет 0,8–1,2 тыс. ГДж (табл. 4).

Удельный расход энергии на устройство 1 м² асфальтобетонного покрытия равен 0,125–0,17 ГДж (в среднем около 0,15 ГДж).

Таким образом, анализ энергозатрат на устройство асфальтобетонных покрытий показывает, что затраты на транспортные операции составляют с учетом погрузо-разгрузочных работ в среднем около 25–30% от общей суммы энергозатрат, в том числе непосредственно на транспортирование готовой горячей смеси к месту укладки около 10–15%.

Энергозатраты на приготовление асфальтобетонной смеси составляют около 40–50% общего объема энергозатрат, а непосредственно укладка и уплотнение требуют около 5% от общего объема энергозатрат.

Проведенный анализ позволяет определить наиболее эффективные пути снижения расхода энергии при строительстве и ремонте дорожных асфальтобетонных покрытий.

На основании проведенного анализа основных направлений ресурсосбережения при строительстве и ремонте дорожных асфальтобетонных покрытий разработан комплекс технических решений, обеспечивающих продление сроков службы покрытий, повышения качества асфальтобетона за счет использования новых модифицированных составов асфальтобетонных смесей, применения местных материалов и отходов промышленного производства.

В числе разработанных технических решений, способствующих экономии энергозатрат, следует отметить рекомендации по повышению сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий на основе учета особенностей климатических условий района строительства при назначении требований к прочностным и деформативным характеристикам асфальтобетона. К другим энергосберегающим технологиям относятся разработки по применению холодных асфальтобетонов на основе жидких нефтяных остаточных битумов (гудронов), позволяющие снизить температуру приготовления и применения асфальтобетонных смесей, а также технология приготовления асфальтобетонов на основе разнопрочных каменных материалов, обеспечивающая сокращение энергозатрат за счет более широкого использования местных каменных материалов. Экономии энергозатрат обеспечивают также технические рекомендации по использованию старого асфальтобетона при производстве новых асфальтобетонных смесей и ряд других технических решений.

Реализация разработанного комплекса ресурсосберегающих технических решений обеспечивает значительную экономию материальных и энергетических ресурсов. Расчеты показывают, что при использовании разработанных энергосберегающих технических решений может быть обеспечено сокращение энергозатрат на 10–15%, то есть порядка 100–150 ГДж на 1 км дороги.

Ключевые слова: энергозатраты, битум, асфальтобетон, строительство покрытий, пути энергосбережения.

Таблица 4

Основные виды энергозатрат	Расход энергии, ГДж	Доля от общего объема энергозатрат, %
Производство материалов (тыс. т): Битум (0,1–0,15) Щебень (0,5–1) Песок (0,5–1) Минеральный порошок (0,1–0,2 т)	55–95 35–75 10–15 15–20	
Итого	130–195	15–20
Транспортирование материалов (с учетом погрузо-разгрузочных работ): щебня по железной дороге (на расстояние 1500 км) щебня автомобильным транспортом (25 км) песка минерального порошка битума	100–200 30–50 20–40 20–35 15–20	
Итого	120–300	12–25
Приготовление асфальтобетонной смеси: Подготовка битума Нагрев минеральных материалов Сушка минеральных материалов Перемешивание компонентов горячей смеси	2025 150–160 200–300 55–60	
Итого	425–530	40–50
Транспортирование смеси, укладка и уплотнение: Транспортирование, укладка и уплотнение минеральных материалов:	120–165 25–30	
Итого	145–195	15–20
Суммарные затраты энергии	800–1200	100

А.В. КОЧЕТКОВ, д-р техн. наук, академик транспорта, ФГУП «РОСДОРНИИ» (Москва);
 Р.М. ЯНАБАЕВ, директор по развитию, М.А. БУШУЕВ, инженер,
 ОАО «ВАТИ» (г. Волжский, Ставропольский край);
 М.В. СТЕПАНОВ, главный инженер проекта ООО «М-Дорсервис» (Москва)

Применение технологий авиастроения в методах расчета и монтажа полимерных дорожных сеток

К доминирующим факторам нарушения устойчивости и накопления поврежденности дорожных и аэродромных конструкций относятся сдвиговые и температурные деформации, интенсивность и состав транспортного потока, периодические внерасчетные посадки тяжелых транспортных самолетов, переувлажнение грунта, накопленные поврежденности.

Эффективным инструментом их решения является применение геосинтетических материалов и изделий на этапах строительства и реконструкции автомобильных дорог, а также наземной транспортной инфраструктуры аэропортов и аэродромов [1, 2]. Геосетку применяют для армирования грунтов как средство берегоукрепления и противоэрозионной защиты.

Новым является выбор и управление состоянием различных современных геосинтетических материалов и изделий при реализации внедрения в укрепляемые среды. Разделяют задачи укрепления откосов автомобильных дорог и дорожных покрытий.

Использование инкрементальности, т. е. расчета в приращениях перемещений, позволяет процесс деформирования укрепляемой среды, например среды грунт-жидкость, описать последовательностью состояний равновесия $S_0, S_1, \dots, S_n, S_{n+1}, \dots, S_f$, где S_0 – исходное, например естественное, природное, состояние среды. В природном состоянии среда имеет естественную влажность и природное давление; S_f – конечное состояние, для которого решаются задачи определения напряженно-деформированного состояния; S_n – произвольное промежуточное равновесное состояние с известными параметрами внешнего и внутреннего процесса: уровень приложенных нагрузок, уровень деградации среды, тензоры напряжений и деформаций в точках среды, вектор перемещения точек объема. Также считаются известными состояния S_1, \dots, S_{n-1} . Каждое состояние называется шагом процесса. Теория подробно разработана в Саратовской школе механиков профессора В.В. Петрова.

На основе информации об известных состояниях S_n и найденных приращениях ΔS_{n+1} шага получают переменные состояния S_{n+1} . Алгоритм вычисления выполняет роль дискретизации непрерывной математической модели процесса деформирования.

Полагают, что воздействие увлажнения среды таково, что это приводит к увеличению деформаций по объему среды при неизменных напряжениях. Дополнительные деформации, вызванные увеличением сжимаемости увлажненной среды, приводят к снижению ее прочностных характеристик. Для среды грунт-жидкость применяется идеализация аналогично применяемой в теории пластичности. Вводится обобщенная диаграмма напряжения среды, представляющая собой

функциональную зависимость интенсивности напряжений от интенсивности деформаций для любого уровня напряжения:

$$\sigma_i = \sigma_i(e_i), \quad (1)$$

где e_i – напряженное состояние в «i».

Имеется непрерывно зависящее от уровня напряжений семейство вложенных поверхностей деформирования, занимающих объем, каждая точка которого соответствует определенной совокупности четырех параметров $\sigma_i, e_i, \sigma_3, C$, где σ_3 – напряжение или его эквивалент, при котором происходило взаимодействие среды основания с процессом увлажнения. В любой момент процесса деформирования компоненты девиатора напряжения σ_{ij} пропорциональны компонентам девиатора деформаций ζ_{ij} ; коэффициент пропорциональности представляет собой функцию, заданную диаграммой деформирования среды $\sigma_i = \sigma_i(e_i) : \sigma_{ij} = \lambda \zeta_{ij}$, где λ – коэффициент пропорциональности.

Для средних (гидростатических) напряжений и деформаций имеем:

$$\sigma = 3Ke,$$

где K – объемный модуль, не зависящий от напряженно-деформированного состояния в точке; e – напряженное состояние.

Определяющие соотношения для деградационных функций опираются на общие законы, применяемые при феноменологическом моделировании, поэтому их структура не зависит от конкретных свойств процесса и материала среды. Уравнения состояния среды в теории наведенной неоднородности определяются на основе данных экспериментального исследования среды по влиянию увлажнения на ее деформационные свойства. Рассматривается гипотеза несжимаемости. Используются функции деградации φ_i ($i=1, 2, \dots, m$) среды, вводимые в диаграмму деформирования среды $\sigma_i(e_i, \varphi_1, \dots, \varphi_m)$. Тогда пропорциональность девиаторов деформаций λ и напряжений имеет вид $s_{ij} = \lambda e_{ij}$, причем коэффициент λ , являющийся коэффициентом пропорциональности, выражается через секущий модуль диаграммы деформирования E_c ; S – деформация напряжений.

$$\lambda = \left(\frac{2}{3}\right) E_c. \quad (2)$$

Переходя к приращениям, имеем

$$\Delta s_{ij} = \Delta \lambda e_{ij} + \lambda \Delta e_{ij}. \quad (3)$$

Определяется выражение для $\Delta \lambda$:

$$\Delta \lambda = \frac{2}{3} \left[\frac{E_k - E_c}{e_i} \frac{\partial e_i}{\partial e_{kl}} \Delta e_{kl} + \frac{1}{e_i} \frac{\partial \sigma_i}{\partial \varphi_m} \Delta \varphi_m \right], \quad (4)$$

где E_k – касательный модуль диаграммы деформирования.

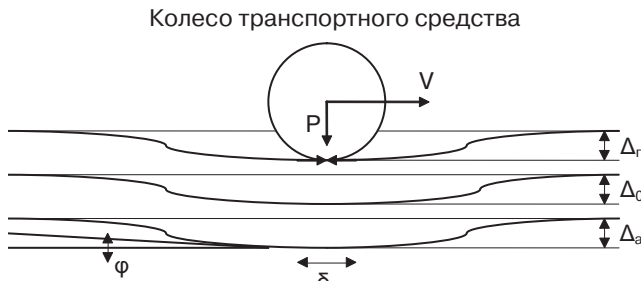


Рис. 1. Геометрический анализ расчетной схемы деформирования горизонтальных линий полупространства дорожного покрытия: Δ_r – граница полупространства, Δ_0 – нулевая линия, Δ_a – линия работы арматуры

Группируя члены с приращениями деформаций, получаем:

$$\Delta s_{ij} = \frac{2}{3} \left[\left(\frac{E_K - E_C}{e_i} - \frac{2}{3e_i} e_{kl} e_{ij} + E_C \delta_{ik} \delta_{jl} \right) \Delta e_{kl} + \frac{e_{ij}}{e_i} \frac{\partial \sigma_i}{\partial \varphi_m} \Delta \varphi_m \right], \quad (5)$$

где

$$J_{klij} = \frac{2}{3} \left[\left(\frac{E_K - E_C}{e_i} - \frac{2}{3e_i} e_{kl} e_{ij} + E_C \delta_{ik} \delta_{jl} \right) \right];$$

$$f_{ij} = \frac{2}{3} \left[\frac{e_{ij}}{e_i} \frac{\partial \sigma_i}{\partial \varphi_m} \Delta \varphi_m \right].$$

Уравнения состояния среды получаются в виде:

$$\Delta s_{ij} = J_{ijkl} \Delta e_{kl} + f_{ij},$$

где J и f – обобщенные функции.

Уравнения состояния могут быть решены относительно приращений деформаций:

$$\Delta e_{ij} = S_{ijkl} \Delta s_{kl} + G_{ij}. \quad (6)$$

Последние уравнения похожи на уравнения состояния в теории пластичности.

Однако в теории пластического течения считается, что материал остается однородным, а в теории наведенной неоднородности J_{klij} не является изотропным тензором четвертого порядка: среда меняет свои деформационные свойства. Коэффициенты зависят от нагружения, деградации свойств и от текущих значений напряжений в точке.

Для анализа расчетной схемы взаимодействия дорожного покрытия, укрепленного геосеткой, применяются предположения и гипотезы.

1. Колесо транспортного средства движется со скоростью V по дорожному покрытию. Геометрический анализ расчетной схемы деформирования горизонтальных линий полупространства дорожного покрытия представлен на рис. 1. На упругопластическое полупространство воздействует сосредоточенная нагрузка P .

2. Горизонтальные слои испытывают вертикальный прогиб Δ и деформации гибки с растяжением через опору (колесо транспортного средства). В упрощенном случае принимаем равенство или соответствие типовому закону деформаций прогиба границы полупространства (поверхности дорожного покрытия Δ_r), нулевой линии

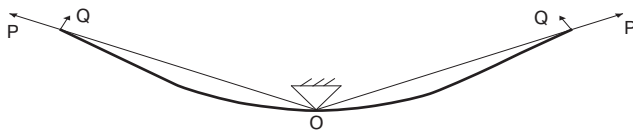


Рис. 2. Линии гибки с растяжением через центральную точку опоры, где: P – растяжение; Q – изгибающие силы

Δ_0 и линии работы арматуры Δ_a . Линия деформируемой поверхности дорожного покрытия испытывает сжатие – относительное сокращение размеров δ_r , т. е. отрицательные относительные деформации. Нулевая линия не испытывает деформаций растяжения-сжатия $\delta_0=0$. Линия работы арматуры испытывает относительные деформации растяжения δ_a ; φ – угол наклона деформированного состояния линии работы арматуры к исходному.

Анализ схемы взаимодействия колеса транспортного средства и дорожного покрытия позволяет перейти к близкому аналогу – модели гибки с растяжением балки через центральную точечную опору. Линии гибки с растяжением через центральную точечную опору изображены на рис. 2.

При гибке с растяжением балки длиной $2L$ через центральную точечную опору балка подвергается предварительному растяжению силами P и последующему изгибу силами Q . Очевидно, что деформация балки будет зеркально симметричной относительно центральной опоры, поэтому будем рассматривать только одну ее половину; в этом случае система сводится к изгибу с растяжением консольной балки с заделанным концом (рис. 2, 3).

В пределах малых деформаций угол поворота сечения, если пренебречь деформацией сдвига, имеет вид:

$$\theta = \frac{dy}{dz},$$

где кривая $y(z)$ определяет положение осевой линии изогнутой балки, следовательно:

$$k(z) = \frac{d\theta}{dz} = \frac{d^2y}{dz^2}, \quad (7)$$

где $k(z)$ – кривизна по длине балки.

При условии, что созданные силой P напряжения предварительного растяжения выводят материал в зону наступления пластических деформаций и по всему сечению заготовки напряжения сжатия при изгибе не превышают предела упругости, зависимость кривизны заготовки от изгибающего момента можно представить в виде:

$$k(z) = \frac{M(z)}{\lambda}, \quad (8)$$

где λ – параметр, характеризующий свойства материала заготовки и геометрические параметры поперечного сечения балки.

С учетом (1) и (2) дифференциальное уравнение осевой линии балки имеет вид:

$$\frac{d^2y}{dz^2} = \frac{M(z)}{\lambda}. \quad (9)$$

Выразим изгибающий момент $M(z)$ через силы P и Q (рис. 2):

$$M(z) = (L-z)(Q \cos(\Delta\varphi) - P \sin(\Delta\varphi)), \quad (10)$$

где

$$\Delta\varphi = \varphi(z) - \varphi_A = \arcsin\left(\frac{y_A - y(z)}{L-z}\right) - \arcsin\left(\frac{y_A}{L}\right);$$

y_A – перемещение конца балки – точки A : $y_A = y(L)$.

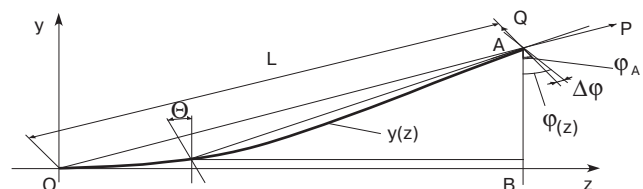


Рис. 3. Линии гибки с растяжением балки длиной $2L$ через центральную точечную опору, где: θ – угол поворота сечения; φ – угол наклона

Считая углы относительно малыми, принимаем $\sin(x)=x$, $\arcsin(x)=x$, тогда выражение (4) приводится к виду:

$$M(z) = (L-z) \left(Q - P \left(\frac{y_A - y(z)}{L-z} - \frac{y_A}{L} \right) \right). \quad (11)$$

Подставив (5) в (3), получим:

$$\frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{(L-z) \left(Q - P \left(\frac{y_A - y(z)}{L-z} - \frac{y_A}{L} \right) \right)}{\lambda}. \quad (12)$$

Решая это уравнение с учетом начальных условий ($y(0)=0$, $y'(0)=0$), получим:

$$y(z) = \frac{zy_A}{L} + \frac{Q}{P} \left(z - L + Le^{\left(\frac{z}{\sqrt{\lambda}}\right)} \right) + \left(e^{\left(\frac{-z}{\sqrt{\lambda}}\right)} - e^{\left(\frac{z}{\sqrt{\lambda}}\right)} \right) \left(\frac{QL\sqrt{\lambda} + y_A P\sqrt{\lambda} + LQ\sqrt{P}}{2PL\sqrt{P}} \right). \quad (13)$$

Принимая во внимание, что $y_A=y(L)$, решим (13) для y_A :

$$y_A = \frac{LQ \left(L\sqrt{P\lambda} - \lambda \right) e^{\left(\frac{2L}{\sqrt{\lambda}}\right)} + L\sqrt{P\lambda} + \lambda}{P\lambda \left(e^{\left(\frac{2L}{\sqrt{\lambda}}\right)} - 1 \right)}. \quad (14)$$

Подставив это выражение в (13), получим уравнение осевой линии изогнутой балки:

$$y(z) = \frac{LQ}{P} \left(-1 + \frac{z\sqrt{P} \left(1 + e^{\left(\frac{2L}{\sqrt{\lambda}}\right)} \right) + \sqrt{\lambda} \left(e^{\left(\frac{(2L-z)}{\sqrt{\lambda}}\right)} - e^{\left(\frac{z}{\sqrt{\lambda}}\right)} \right)}{\sqrt{\lambda} \left(e^{\left(\frac{2L}{\sqrt{\lambda}}\right)} - 1 \right)} \right). \quad (15)$$

Кривизна балки по ее длине:

$$\kappa(z) = \frac{d^2 y}{dz^2},$$

следовательно, продифференцировав выражение (9) дважды, получаем:

$$\kappa(z) = \frac{LQ \left(e^{\left(\frac{2(L-z)}{\sqrt{\lambda}}\right)} - 1 \right) e^{\left(\frac{z}{\sqrt{\lambda}}\right)}}{\lambda \left(e^{\left(\frac{2L}{\sqrt{\lambda}}\right)} - 1 \right)}. \quad (16)$$

Выражение (16) определяет значение кривизны в нагруженном состоянии того слоя изогнутой балки, который задается формулой (8).

При вычислительном эксперименте были получены результаты, вполне соответствующие процессу гибки с растяжением балки через неподвижную опору с постоянным радиусом кривизны (рис. 4).

Проведенные в дорожном хозяйстве широкомаштабные исследования прочности грунтов в различных регионах позволили установить характер зависимости между прогибом покрытия и модуля упругости, близком к линейному (обратнопропорциональный). Например, воздействие на поверхность покрытия осуществляется через жесткий штамп с площадью, равной отпечатку следа расчетного автомобиля.

Ряд методик расчета и оценки прочности дорожных одежд адаптирован к учету геометрии чаши прогиба дорожной конструкции. Результаты экспериментальных исследований показали, что наиболее близко очертание чаши прогиба (значение прогиба в рассматриваемой

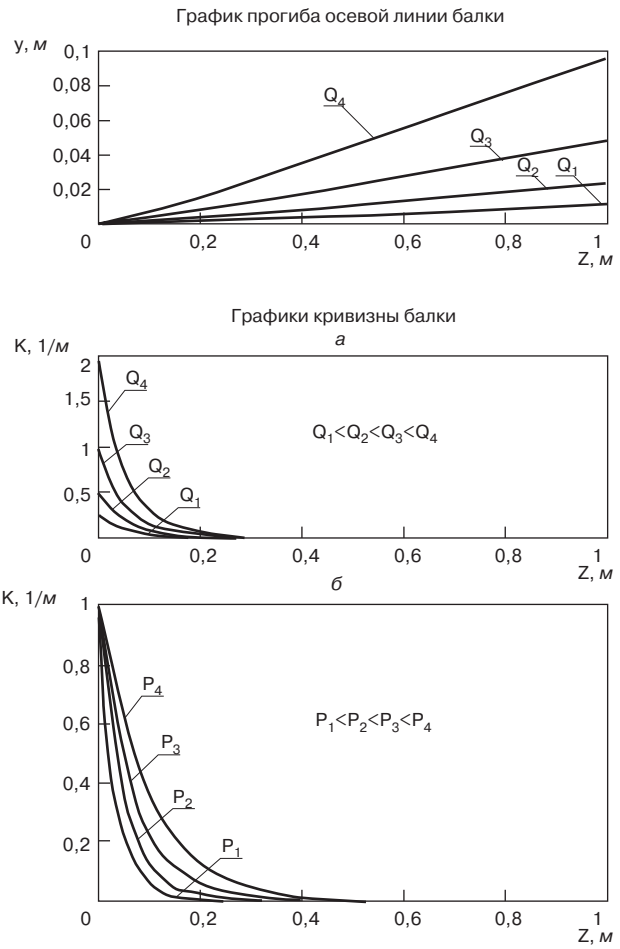


Рис. 4. Графики прогиба оси балки для гибки с растяжением через центральную точечную опору

точке) описывает полиномиальная зависимость пятого порядка от текущей координаты (расстояние от центра штампа до рассматриваемой точки). Коэффициенты аппроксимирующих функций определяются с помощью компьютерных программ.

Очертание чаши прогиба с увеличением числа приложений изменяется. Учеными МАДИ установлено, что эта тенденция оказалась достаточно общей. Типовые соотношения между модулями упругости и радиусами кривизны позволяют перейти от силовых параметров к метрическим и решать геометрическую задачу в приращениях перемещений (в деформациях).

Специалистами ОАО «ВАТИ» в качестве концептуальной идеи изготовления и применения геосинтетических материалов и изделий был принят принцип технологии авиастроения и судостроения – производство узлов и компонентов с учетом математической модели конечного изделия (самолета, ракеты, корабля) и их формообразования в приращениях перемещений, реализующих относительные технологические деформации.

Это позволило с учетом собственного многолетнего опыта изготовления строительных материалов выбрать в качестве средств производства технологию и оборудование немецких фирм «Карл Майер Текстильмашинен-фабрик Гмбх» и «Карл Менцель Машиненфабрик Гмбх и К^о». Например, это оборудование позволяет после оттяжки материала основовязанного полотна подавать его на пропитывающую установку без процесса наматки, который часто сопровождается накоплением повреждений. Это дает реальную возможность обеспечить устойчивость к деформациям, связанным с различными ви-

дами относительных перемещений на последующих этапах жизненного цикла изделия.

Геосетки АГМ-дор и АГМ-Грунт производства ОАО «ВАТИ» обладают свойством отсутствия люфта, при распределении легко приобретают плоскую форму или требуемую форму укрепляемой поверхности, из-за использования немецкой пропитки органичны с укрепляемой средой, могут изгибаться с растяжением, обтягивать непрямолинейные поверхности, поверхности со знакопеременной кривизной. После их монтажа не требуется технологической операции калибровки. Применение геосеток также позволяет эффективно решить задачу выравнивания гидростатического давления в дорожных покрытиях ездового полотна мостовых сооружений.

Новыми возможностями обладает композиционный материал АГМ-Композит в виде нетканого полотна, усиленного сеткой из полиэфирных нитей. В качестве уникального предложения в виде производства изделий двойных технологий могут быть поставлены геосинтетические материалы из кевлара, а также других современных материалов по желанию заказчика. Принципы работы этого материала тождественны особенностям формообразования и ремонта объемных и силовых элементов самолета (объемная обтяжка, плоская гибка с растяжением).

Разработанный стандарт организации [1] распространяется на методы монтажа полимерных сеток дорожных марок АГМ-Дор (П), предназначенных для применения в качестве армирующего материала асфальтобетонных покрытий при ремонте и строительстве дорожных одежд и автомобильных дорог. Условия применения полимерных дорожных сеток в конструкции дорожной одежды определяются проектными решениями. Сетки вырабатывают из полиэфирных волокон, расположенных в продольном и поперечном направлении с прошивкой и последующей пропиткой.

Сетка должна соответствовать требованиям [3], в частности по физико-механическим показателям, указанным в таблице.

Возможно производство геосетки другой структуры: других размеров ячейки и массы единицы площади. Геосетка должна вырабатываться шириной 540 см с допустимым отклонением $\pm 2\%$ от установленной ширины. По согласованию с потребителем, возможно изготовление геосетки другой ширины. Геосетка должна быть намотана в рулон на валики, гильзы или без них. Длина

Наименование показателей	Марка геосетки
	АГМ-дор (П) 50/50-40
Разрывная нагрузка, кН/м, не менее: продольные нити поперечные нити	50
	50
Удлинение при разрыве, %, не более: по продольным нитям по поперечным нитям	13
	13
Размеры ячеек, мм	40×40
Ширина, см	540±10
Потеря прочности при проверке морозостойкости (25 циклов заморозки-оттаивания), %, не более	10
Водостойкость после 8 ч кипячения в воде, %, не более	4,5
Адгезионная способность битумного вяжущего к пропитанной сетке, %, не менее	0,98

сетки в рулоне 200 п. м. По согласованию с потребителем допускается намотка геосетки другой длины.

Конструкция укрепления откосов из геосетки служит для противоэрозионной защиты и обеспечения устойчивости откоса. Она представляет собой сплошной ковер из геосеток, засыпанных заполнителем (песком, пескогравийной смесью, смесью песка и щебня, щебнем, растительным грунтом).

Назначение геосеток, геотекстиля или другого геосинтетического материала для укрепления откосов зависит от характеристик поверхностных вод, воздействию которых может подвергнуться конструкция укрепления откоса. Оценка водопроницаемости подстилающего грунта и возможность оплывания подтопленных откосов необходима с точки зрения общей устойчивости откоса.

Анализ устойчивости конструкции укрепления на откосе включает определение составляющих статических и динамических сил, действующих на арматуру, а также распределение анкерных стержней. Решаемой задачей является повышение несущей способности укрепляемых грунтовых поверхностей за счет обеспечения работы геосетки в относительных деформациях гибки с растяжением, а также уменьшение риска недостижения требуемого срока службы возводимых сооружений.

Особенностью применения геосетки является то, что если ее при монтаже не переводят в преднапряженное состояние для работы в верхней зоне упругих деформаций, то она может испытывать люфт и укрепленная поверхность начинает без механического взаимодействия испытывать накопление повреждений даже при обычных рабочих нагрузках. Однако преднапряжение расчетной силой неэффективно из-за вариации размерно-механических параметров сетки. Поэтому ее необходимо преднапрягать не расчетной силой, а путем выполнения расчетной относительной деформации в диапазоне 0,5–1% относительного удлинения шва.

Способ монтажа геосетки включает подготовку поверхности переменной кривизны, растяжение геосетки до проектных размеров и крепление монтажными анкерами к поверхности по всему периметру, отличающегося тем, что растяжение осуществляется по приращению перемещений на величину относительной деформации 0,1–2%, а распределение геосетки на поверхности производят путем пространственной гибки с растяжением, причем гибку с растяжением проводят по координатному или силовому замыканию, а после гибки с растяжением проводят калибровку путем дополнительного растяжения на величину относительной деформации нитей геосетки 0,1–1%.

При распределении конструкции геосетки на поверхности путем гибки с растяжением образуется равномерно распределенный по непрерывной поверхности сеточный каркас, предназначенный для фиксации наполнителя (грунт, песок, щебень и т. д.).

В процессе эксплуатации рекомендуется проводить мониторинг состояния укрепленной поверхности и геотехнической арматуры, проводить мероприятия по обеспечению требуемых характеристик для них.

На первом этапе предстоит правильно разбить участок и выполнить все земляные работы. Производится планировка поверхности откоса с использованием механизмов или ручного инструмента — лопат, скребок-гладилок и т. д. Рекомендуется использовать монтируемые тросовые ковши-планировщики. Перед установкой геосетки следует устранить поверхностные неровности грунта, выровнять поверхность и, если требуется, расстелить дренажную прослойку из нетканого геотекстиля. Если почва соответствует хорошим геотехническим условиям (гравий, уплотненные

пески, щебень), то можно уложить геосетку непосредственно на поверхность. Анкеры устанавливаются по контуру каждого элемента геосетки для обеспечения ее правильного растяжения в виде прямоугольника. Если откос отсыпной, производят уплотнение верхнего слоя с помощью ручного катка или виброплиты.

Модули геосетки разворачивают и фиксируют по периметру. В верхней части откоса геосетка должна выходить на горизонтальную поверхность (минимально на 0,5 м от бровки) и заглубляться относительно верхней нулевой отметки. При правильном натяжении типовой модуль геосетки имеет несколько большие размеры, чем исходные.

При процессе монтажа сначала фиксируют анкерами верхнюю сторону. После этого бригада рабочих одновременно натягивает геосетку по касательной к укрепляемой поверхности, после чего всеми рабочими геосетка обтягивается (процесс гибки с растяжением) относительно укрепляемой поверхности. В конечном (натянутом) положении геосетку фиксируют по нижнему краю. После этого ее натягивают и фиксируют анкерами с боков. Соединение соседних геосеток производят с помощью пневмо степлера или укреплением их общими анкерами.

При установке геотехнической арматуры выполняют контрольные операции: проверяют равномерность натяжения отдельных сеток; производят контроль параллельности сторон модулей; контролируют отсутствие пустот под геосеткой (плотное прилегание к поверхности откоса).

Применяют грунт, щебень морозостойкостью не ниже М200. Так как сегменты геосетки очень легкие, их можно переносить вручную, быстро передвигать и распределять по подготовленной поверхности.

Засыпка геосетки может быть выполнена с помощью обычного оборудования — погрузчиков, бульдозеров и экскаваторов с обратной лопатой. Запрещается движение тяжелой техники до уплотнения заполнителя при укладке геосетки на нестабильное земляное полотно. Способность системы распределять нагрузку значительно возрастает при обеспечении однородного уплотнения. После засыпки геосетки часть монтажных анкеров может быть извлечена, остальные выполняют функцию несущих.

При уплотнении размер и тип уплотняющего оборудования назначают в зависимости от несущей способности грунта земляного полотна.

Методы уплотнения должны быть определены в начале работы, для того чтобы установить оптимальный первоначальный уровень засыпки и объем работ для достижения требуемой плотности заполнителя. Минеральный материал может быть уплотнен вручную или с помощью трамбующей плиты а также с использованием обратной стороны гладкого ковша.

Чрезмерное уплотнение заполнителя может замедлить процесс развития растительности. Поддержание влажности, близкой к оптимальной, обеспечит максимальную плотность. Сразу же после укладки засыпного материала необходимо произвести посев и уложить временные противоэрозийные экраны (покрытия). Нетканый геотекстиль плотностью 150–300 г/м² рекомендуется применять в качестве подстилающего слоя для предотвращения размыва укрепляемого грунта.

Рекомендуется устраивать нагорный водоотвод в районе верхних анкеров, установить водосбросные лотки, если предусмотрено проектом. Необходимо обеспечить защиту подошвы откоса от размыва. Концентрированный сток поверхностных вод может привести к образованию размывов в материале заполнителя, если гидродинамические усилия являются достаточно высокими. Не рекомендуется использование самосвалов с

кузовом, опрокидывающимся назад, или допускать падения мелкого минерального материала с высоты более 1 м или крупного минерального материала с высоты более 0,5 м. Грунт равномерно распределяется механизированно или вручную, сверху вниз по откосу.

Укладку пластиковой геотехнической арматуры производят вручную, работу проводят сверху вниз. Арматуру растягивают до проектных размеров и крепят монтажными анкерами к поверхности по всему периметру.

Следующую арматуру растягивают и присоединяют вплотную к первой. Ребра последующей арматуры соединяют с предыдущими при помощи скреп.

Укладку наполнителя в ячейки пластиковой геотехнической арматуры выполняют с помощью ковшовых погрузчиков или экскаваторов. Засыпной материал при укладке должен быть выше поверхности сетки на 3–5 см.

Рекомендуется проводить мониторинг состояния укрепленной поверхности с выполнением необходимых работ по восстановлению ее эксплуатационных характеристик. Предполагается, что растительный покров полностью сформируется до воздействия расчетного стока поверхностных вод.

Техническим результатом является возможность получения укрепленной дорожной или грунтовой поверхности, а также повышение качества проектирования, изготовления и монтажа геосетки, что обеспечивает повышение несущей способности укрепляемых грунтов в зависимости от вида грунта и типа сооружений, а также уменьшает риск недостижения требуемого срока службы возводимых сооружений.

Ключевые слова: полимерные дорожные сетки, методы монтажа, накопление повреждений, относительные деформации, приращения перемещений, гибка с растяжением, инкрементальная теория наведенной неоднородности.

Список литературы

1. ОДМ. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. М.: РОСАВТОДОР, 2003.
2. Типовые решения по восстановлению несущей способности земляного полотна и обеспечению прочности и морозоустойчивости дорожной одежды на пучинистых участках автомобильных дорог. Российское дорожное агентство. М.: РОСАВТОДОР, 2000.
3. СТО 00149363-3115–2010 Сетки полимерные дорожные марок АГМ-ДОР(П). Методы монтажа. г. Волжский, Ставропольский край: ОАО «ВАТИ», 2010. 13 с.

**ПОДПИСКА
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ**

журнала «Строительные материалы»®



<http://ejournal.rifsm.ru/>

Д.М. АНТОНОВСКИЙ, инженер,
Представительство HUESKER Synthetic GmbH (ФРГ) (Москва)

Учет ползучести армирующих геосинтетических материалов

Прогнозирование поведения армирующих геосинтетических материалов в процессе всего срока эксплуатации сооружения является залогом безопасности и эффективности работы. Ключевым является учет развития ползучести, то есть процесса нарастания относительного удлинения и активизированной прочности во времени в процессе восприятия нагрузок при работе материала в конструкции. На стадии проектирования крайне важно оценить активизированную прочность и относительное удлинение армирующего геосинтетического материала в момент окончания расчетного срока службы сооружения, а также разницу между относительным удлинением материала в начале и в конце работы материала.

Армирующие геосинтетические материалы находят широкое применение в различных отраслях строительства, в том числе в сооружениях с максимальной степенью ответственности и расчетным сроком службы 100 лет и выше. Перед использованием каких-либо материалов в подобных ситуациях необходимо предварительное тщательное исследование их ползучести.

Для прогнозирования поведения материала в долгосрочной перспективе необходимо проведение лабораторных испытаний на протяжении по меньшей мере 10 тыс. ч (почти 14 мес непрерывных испытаний). Для сокращения расходимости расчетной модели и фактического поведения материала необходимо проведение серии испытаний материалов после их работы в конструкции не менее 100 тыс. ч (около 11 лет и 5 мес). Данную трудоемкую и длительную работу проводят независимые научно-исследовательские организации и лаборатории, после чего производят сертификацию материала (или группы разных по прочности материалов,

но со схожими свойствами по деформативности, произведенных по одной технологии на одинаковом оборудовании и из однотипного исходного сырья) с присвоением специфического семейства кривых. Пример такого семейства изохрон, получаемых производителем по результатам сертификации, приведен на рис. 1 (без шкалы относительного удлинения).

Изохрона представляет собой зависимость относительного удлинения материала от его прочности (обычно в процентах от кратковременной) при работе (активизации определенной прочности) материала в течение определенного периода. Изохрона получается путем аппроксимации фактических значений прочности и относительной деформации и чаще всего имеет вид многочлена четвертой степени:

$$y_t = a_t \cdot x_t^4 + b_t \cdot x_t^3 + c_t \cdot x_t^2 + d_t \cdot x_t + e_t, \quad (1)$$

где x_t — относительное удлинение материала при его работе в течение периода времени t , %; y_t — прочность материала (в процентах от кратковременной прочности материала на разрыв) при относительном удлинении x_t при его работе в течение периода времени t ; a_t, b_t, c_t, d_t, e_t — безразмерные коэффициенты уравнения зависимости прочности материала (в процентах от кратковременной) от относительного удлинения при его работе в течение периода времени t .

Однако зависимость $y_t = f(x_t)$ может иметь другой вид, отличный от формулы (1), в случае, если удастся аппроксимировать данную функцию другой зависимостью с меньшим значением среднеквадратичного отклонения.

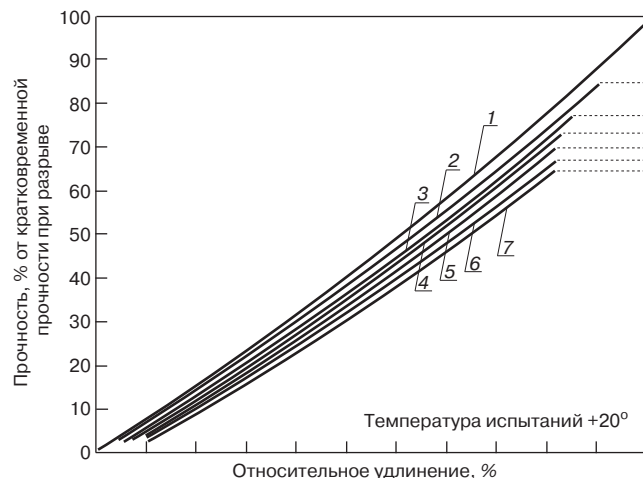


Рис. 1. Общий вид семейства изохрон по результатам сертификации полимерных геосинтетических материалов на ползучесть: 1 — кратковременное испытание на разрыв; 2 — 2 мин; 3 — 1 сут; 4 — 1 мес; 5 — 1 год; 6 — 10 лет; 7 — 114 лет; — прочность при разрыве

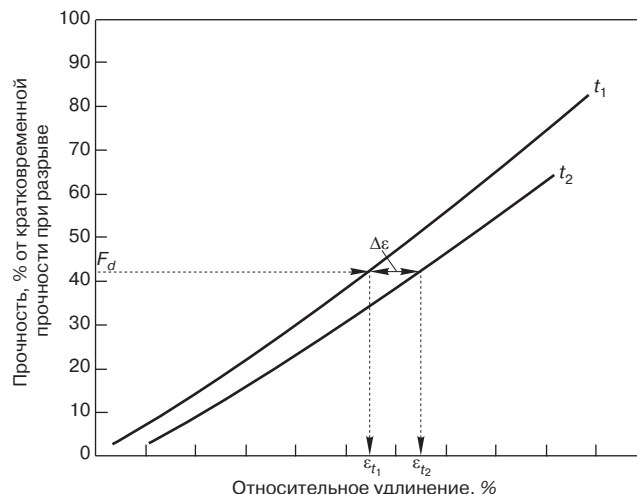


Рис. 2. Определение разности относительного удлинения материала за определенный промежуток времени его эксплуатации

Таким образом, существует бесконечное множество подобных изохрон для каждого материала. В любом времени с начала работы материала в конструкции существует точка на соответствующей данному моменту времени изохроне, однозначно определяющая относительное удлинение материала при определенном значении активизированной прочности. Процесс ползучести материала графически представляет собой перемещение данной точки по различным изохронам.

Для практических целей чаще всего хватает изохрон для значений периодов эксплуатации материала в конструкции, приведенных на рис. 1. Понятно, что чем больше работает материал в конструкции, тем ниже становится его прочность при разрыве.

Одной из основных задач при проектировании сооружений с применением геосинтетических материалов является ограничение активизированной (расчетной) долговременной прочности материала F_d таким образом, чтобы не была достигнута разрывная прочность (с учетом соответствующего коэффициента запаса) на момент окончания эксплуатации сооружения. Для практических целей часто используют методику EBGEO [1], изложенную в [2]. Для учета ползучести материала используется специальный понижающий коэффициент A_1 , который подлежит сертификации при различных расчетных сроках эксплуатации материала.

В большинстве случаев необходимо также ограничивать разницу $\Delta\epsilon$ между относительным удлинением материала в конце срока службы (период времени t_2) и удлинением в момент начала его работы в конструкции (период времени t_1):

$$\Delta\epsilon = \epsilon_{t_2} - \epsilon_{t_1} \quad (2)$$

Алгоритм определения величины $\Delta\epsilon$ по значению расчетной долговременной прочности F_d по двум изохронам, соответствующим периодам времени t_1 и t_2 , проиллюстрирован на рис. 2. Чаще всего значение t_1 определяется временем начала эксплуатации сооружения, исключая период строительства. В частности, табл. 24 Стандарта Великобритании BS 8006 [3] ограничивает значение $\Delta\epsilon$ при расчетах по второму предельному состоянию следующими максимально допустимыми значениями:

$\Delta\epsilon = 0,5\%$ при использовании армирующих геосинтетических материалов в устоях мостовых сооружений;
 $\Delta\epsilon = 1\%$ при использовании армирующих геосинтетических материалов в подпорных стенах.

В случае, если данное условие по ограничению ползучести материала не выполняется, возможны два варианта: — снижение относительной расчетной прочности материала, т. е. повышение кратковременной прочности на разрыв;
 — использование материала из другого, менее ползучего сырья.

Наибольшая ползучесть при минимальной прочности наблюдается у нетканых геосинтетических материалов, поэтому они никогда не используются для выполнения функции армирования. Материалы из полиэтилена также крайне редко используются для армирования ввиду высокой ползучести. Материалы из полипропилена и полиэстера ведут себя лучше, однако их эффективность в сооружениях с высокой степенью ответственности недостаточна. Особо следует выделить материалы из полиэстера, производимые по специально запатентованной технологии со щадящей пропиткой при невысоких температурах, которая заметно снижает ползучесть полиэстера, что значительно повышает эффективность их использования.

Из армирующих материалов, производимых, в частности, по ткацкой технологии из высокомолекулярного

полимерного сырья, хорошо зарекомендовали себя материалы из нерастворимого водой поливинилалкоголя, позволяющие с высокой технической и экономической эффективностью решать ответственные инженерные задачи. Для решения экстремально сложных инженерных задач применяются армирующие материалы из арамида.

Эффективность и надежность инженерных решений с применением геосинтетических материалов сильно зависят от учета специфики их работы и требуют значительной проработки вопросов учета их долговременного поведения в конструкции. Пренебрежение ползучестью геосинтетических материалов и процессом снижения их прочностных характеристик при эксплуатации может привести к нежелательным последствиям, огромному ущербу и дискредитации самой идеи их использования в тех или иных сооружениях.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, ползучесть, изохрона, армирование, прочность, относительное удлинение.

Список литературы

1. EBGEO. Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen. Essen: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. 2010. 348 S.
2. Антоновский Д.М., Ладнер И.С. Прогнозирование расчетной долговременной прочности геосинтетических материалов // Строит. материалы. 2009. № 11. С. 60–61.
3. British Standard BS 8006:1995. Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills. London: BSI, 1995. 206 p.

HUESKER

HUESKER Synthetic GmbH (Германия) на протяжении многих десятилетий разрабатывает, производит и реализует по всему миру инженерные проекты с применением геосинтетических материалов собственного производства для различных отраслей строительства и промышленности.

Представительство

Huesker Synthetic GmbH в России:

Телефон: +7 (495) 221-42-58

+7 (495) 221-42-61

Факс: +7 (499) 725-79-08

E-Mail: info@huesker.ru

Internet: www.huesker.ru

Реклама

А.Е. МЕРЗЛИКИН, канд. техн. наук, ФГУП «РОСДОРНИИ»;
Н.В. КАПУСТНИКОВ, студент, Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ ТУ)

Погрешности, возникающие при расчете дорожных одежд с помощью метода конечных элементов

Введение

Применение метода конечных элементов (далее – МКЭ) к расчету дорожных одежд – весьма перспективное направление. Этот метод позволяет принять во внимание зависимость механических характеристик материала от напряжений: увеличение модуля сдвига с ростом всестороннего давления и уменьшение модуля связного грунта с ростом девиатора напряжений. МКЭ дает возможность прогнозировать развитие трещин в процессе службы покрытия; отобразить особенности распределения давления, приложенного к покрытию, в зависимости от типа протектора шины и получать другие практически важные результаты для задач, аналитическое решение которых неизвестно. На первом этапе решения этих задач МКЭ требуется смоделировать слоистое полупространство. В качестве геометрической его модели обычно принимают прямую призму или цилиндр с некоторой высотой и ограниченными размерами в плане. При этом боковые поверхности и подошва модели могут иметь несколько степеней свободы (жесткая заделка, свободное вертикальное перемещение и т. п.).

В работе представлено исследование погрешности¹ МКЭ при оценке напряженно-деформированного состояния (далее – НДС) модели упругого слоистого полупространства, имеющего вид цилиндра, равномерно

загруженного единичной нормальной нагрузкой по площади круга. Исследование проведено в классическом интерфейсе программного комплекса ANSYS версии 11. Конечно-элементную сетку генерировали равнономерную по всему объему модели (на первом этапе без сгущений, а затем со сгущениями) на базе трехмерного кубического элемента Solid186 с 20 узлами, который способен моделировать механические свойства широкого диапазона материалов (упругость, пластичность, вязкоупругость и т. п.). В качестве точных значений напряжений и перемещений использовали значения, полученные с помощью компьютерной программы АЛГОФОРТ, реализующей строгое решение задачи теории упругости о НДС многослойного полупространства при нормальной нагрузке А.К. Приварникова [1].

Однородное полупространство

На начальном этапе исследования НДС с целью оценить влияние слоистости модели полупространства на ее рациональные геометрические размеры рассмотрели модель однородного полупространства. Механические характеристики материала модели назначили следующими: модуль упругости – 100 МПа, коэффициент Пуассона – 0,35. Геометрические размеры модели цилиндрической формы изменяли в диапазонах: диаметр (D) – 1,5–20 м, высоту (H) – 1,5–3 м. Узлы КЭ (I) на подошве модели ограничили в перемещении по 3 осям (x, y, z), а

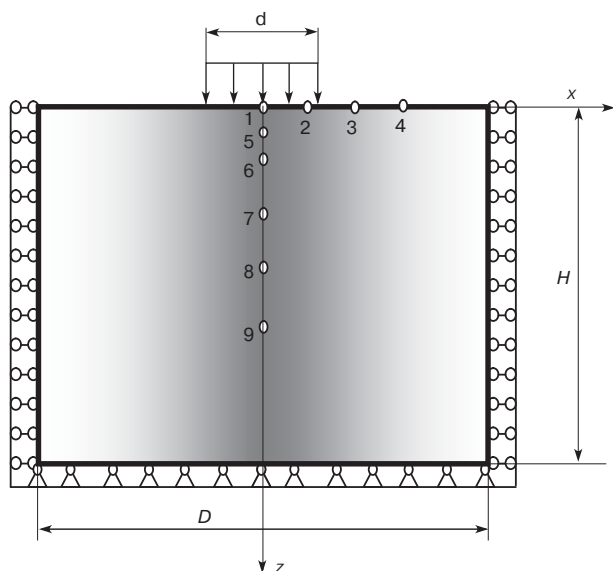


Рис. 1. Модель однородного полупространства и координаты точек

№ точки	Координаты					
	Абсолютные, м			Относительные		
	z	x	y	z/d	x/d	y/d
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0,179	0	0	0,5	0
3	0	0,36	0	0	1	0
4	0	0,54	0	0	1,5	0
5	0,09	0	0	0,25	0	0
6	0,18	0	0	0,5	0	0
7	0,36	0	0	1	0	0
8	0,54	0	0	1,5	0	0
9	0,72	0	0	2	0	0

¹ Погрешность – разность x-a, где a – данное число, которое рассматривается как приближенное значение некоторой величины, точное значение которой равно x. Разность x-a называется также абсолютной погрешностью. Отношение x-a к a называется относительной погрешностью числа a.

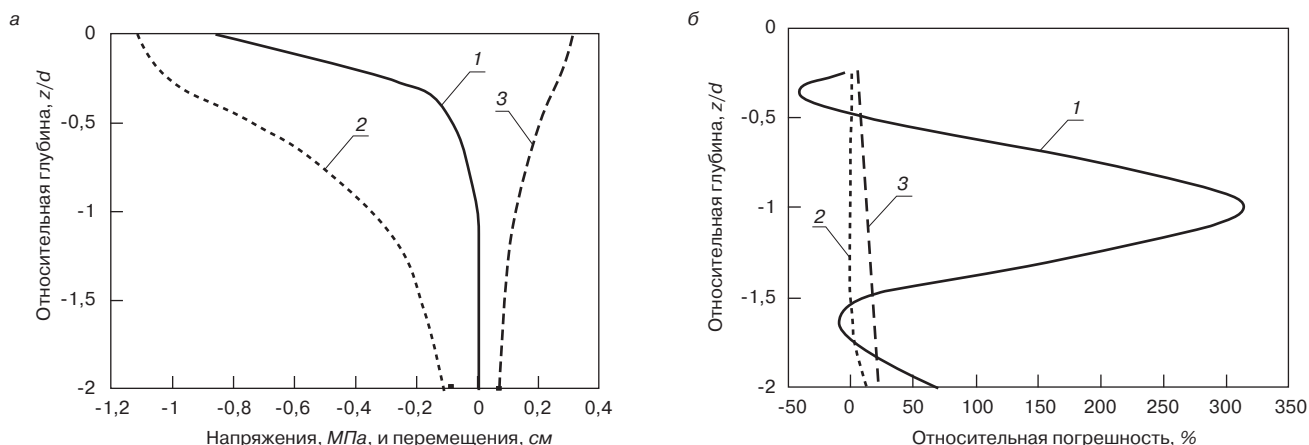


Рис. 2. а – напряжения и перемещения в однородном полупространстве: 1 – $\sigma_x(z)$, 2 – $\sigma_z(z)$, 3 – $U_z(z)$; б – погрешности определения соответствующих напряжений и перемещений методом КЭ в модели с размерами $H/D=3/3$ при длине ребра элемента 0,06 м: 1 – $\sigma_x(z)$, 2 – $\sigma_z(z)$, 3 – $U_z(z)$

Размеры модели H/D , м	Относительная погрешность компонентов НДС в точках 1 и 5–9 при длине ребра КЭ, м		
	0,06	0,12	0,18
σ_z			
3/2	0--5	+1--5	-2--37
3/3	0--1	+1--5	-3--37
U_z			
3/2	+1--3	-1--3	+1--4
3/3	-5--23	-4--23	-3--23

на образующей поверхности ограничили только по осям x и y . Размеры ребер КЭ (1) варьировали в диапазоне 0,06–0,18 м. Нагрузку приложили на оси симметрии модели равномерно по площади круга, имеющего диаметр $d = 0,36$ м, с интенсивностью $q = 1$ МПа. Для оценки погрешности НДС модели однородного полупространства, определяемого с помощью МКЭ, выбрали 9 точек, расположение и координаты которых показаны на рис. 1.

При анализе НДС полупространства представительными считали компоненты: вертикальные (σ_z) и горизонтальные (σ_x) нормальные напряжения в точках 1, 5, 6, 7, 8, 9 и вертикальные перемещения (U_z) в точках 1, 2, 3, 4.

Численные эксперименты показали, что варьирование геометрическими размерами модели и КЭ оказывает существенное влияние на погрешности компонентов НДС.

Относительная погрешность σ_z и U_z точек, принадлежащих оси симметрии модели $D = 1,5–5$ м и $H = 1,5–3$ м

при длине ребра КЭ, равной 0,06 м, практически всегда нарастает с увеличением глубины их расположения. Нарастание относительной погрешности уменьшается с увеличением высоты модели. При высоте $H = 3$ м увеличение ее диаметра от 1,5 до 5 м относительная погрешность σ_z и U_z точек на всех глубинах интенсивно уменьшается. При этом наилучшее соотношение высоты и диаметра модели различно для σ_z и U_z : относительная погрешность σ_z , равная 0 – -1%, наблюдается при $H/D = 3$ м / 3 м (далее – $H/D = 3/3$), относительная погрешность U_z , равная 1–3%, наблюдается при $H/D = 3/2$. Влияние размера КЭ на погрешности при определении σ_z и U_z представлены в табл. 1.

При $H/D = 3/2$ относительная погрешность U_z точек, принадлежащих верхней поверхности модели (точки 1–4), имеет значения -1–+2%. Изменение диаметра от 1,5 до 5 м модели высотой 3 м приводит к изменению знака погрешности U_z поверхностных точек от плюса к минусу, то есть при малых диаметрах модели конечно-элементное вертикальное перемещение завышено, а при больших диаметрах занижено.

При неизменных геометрических размерах модели, например, когда $H/D = 3/3$, представляет интерес изменение погрешности U_z , σ_z и σ_x точек на оси симметрии модели при увеличении глубины их залегания.

Для наглядности на рис. 2 показано, как выглядят функции $U_z(z)$, $\sigma_z(z)$ и $\sigma_x(z)$ при точной постановке задачи для однородного полупространства (решение А.К. Приварникова) и график изменения соответствующих погрешностей, если длина ребра КЭ $l = 0,06$ м при равномерном их распределении (без сгущений) во всем массиве модели.

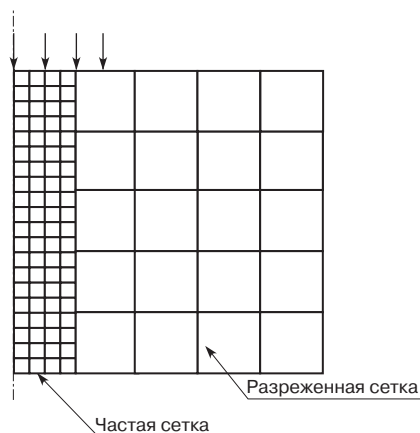


Рис. 3. Схема сгущения сетки

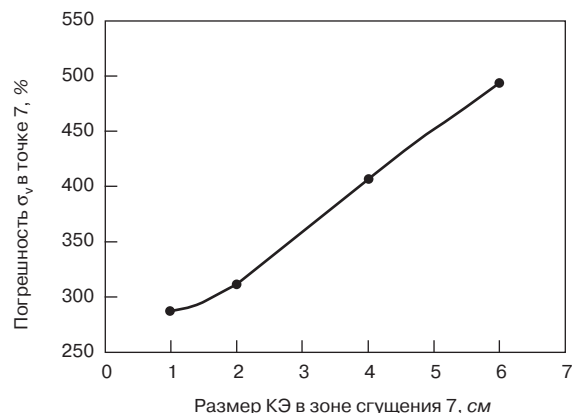


Рис. 4. Влияние сгущения сетки на погрешность определения σ_x

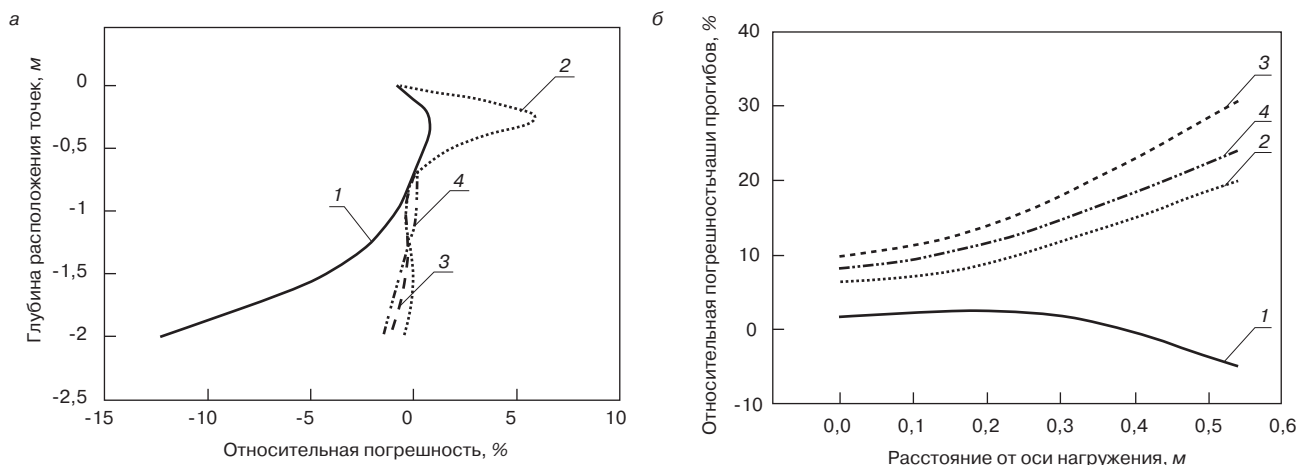


Рис. 5. Относительные погрешности: а – вертикальные нормальные напряжения σ_z для точек, расположенных на вертикальной оси z: 1 – $H/D=2,5/1,7$; 2 – $H/D=3,6/10$; 3 – $H/D=2,5/5$; 4 – $H/D=3/3$; б – вертикальные перемещения U_z для точек, расположенных на горизонтальной оси x верхней поверхности модели (чаша прогибов): 1 – $H/D=2,5/1,7$; 2 – $H/D=3,6/10$; 3 – $H/D=2,5/5$; 4 – $H/D=3/3$

Переход $\sigma_x(z)$ через «0» (рис. 2 а) приводит к всплеску погрешности на 2 порядка (рис. 2 б). Плавное и медленное убывание $\sigma_z(z)$ с глубиной приводит к незначительному увеличению погрешности от 0,5 до 0,6 % при изменении z/d от 0,25 до 1,5, а плавное и быстрое убывание $U_z(z)$ по глубине приводит к значительному увеличению погрешности от 6 до 18 % при изменении z/d от 0,25 до 1,5.

Рис. 2 показал, что, приступая к конечно-элементному анализу дорожной одежды, следует уяснить не только какая часть конструкции должна исследоваться подробнее [2], но и как ведет себя в полупространстве исследуемая компонента НДС. Ожидая большой градиент перемещений или напряжений, численный эксперимент для оценки влияния сгущения сетки на погрешность компонентов НДС поставили следующим образом. Около оси нагружения выделили зону, в которой сгущали сетку от 6 до 1 см, а на внешней части модели сетку разрежали (рис. 3). Размеры зон сгущения и разрежения модели, а также соотношение размеров КЭ в этих зонах подобрали так, чтобы в модели с $H/D=3/3$ количество узлов было примерно одинаковым (239–248 тыс.). На рис. 4 представлены результаты расчетов погрешности определения σ_x в точке 7, расположенной на глубине 0,36 м.

Двухслойное полупространство

Для определенности толщину верхнего слоя модели h_1 приняли равной 18 см, так как параметры нагрузки не изменяли ($d = 0,36$ м, $q = 1$ МПа), то $h_1/d = 0,5$. Модуль упругости верхнего слоя E_1 варьировали в диапазоне 0,5–5 тыс. МПа, при этом коэффициент Пуассона оставляли неизменным: $\mu_1 = 0,25$. Толщина нижнего слоя модели $h_2 = H - h_1$. Длину ребра КЭ в верхнем и нижнем слоях модели приняли равной 0,06 м. Механические характеристики нижнего слоя сохранили такими же, как характеристики однородного полупространства первой части исследования: $E_2 = 100$ МПа, $\mu_2 = 0,35$. В расположение контрольных точек изменений не вносили. При этом полагали, что точка 6, расположенная на пограничной поверхности слоев, принадлежит верхнему слою. Пограничную поверхность модели двухслойного полупространства создавали путем «склеивания» поверхностей верхнего и нижнего слоев (ANSYS-команда AGLUE).

Для исследования конечно-элементной двухслойной модели дорожной одежды, которая имеет незначительную жесткость, установили $E_1/E_2 = 5$.

На рис. 5 представлены относительные погрешности этой модели: вертикальных нормальных напряжений σ_z для точек, расположенных на вертикальной оси z

(рис. 5, а), и вертикальных перемещений U_z для точек, расположенных на горизонтальной оси x верхней поверхности модели (чаша прогибов) (рис. 5, б).

Как видно на рис. 5, а, модели, имеющие размеры $H = 2,5–3$ м и $D = 3–5$ м, обеспечивают относительную погрешность определения $\sigma_z -3+3\%$, которая допустима для инженерных расчетов. Значительные размеры модели, например $H/D = 3,6/10$, а также модели с малым диаметром, например $H/D = 2,5/1,7$, не обеспечивают допустимую погрешность.

Рис. 5, б показывает, что при определении вертикальных перемещений U_z верхней поверхности модели для обеспечения допустимой погрешности ($\pm 3\%$) существует рациональное соотношение ее высоты и диаметра близко к $H/D = 2,5/1,7$.

Для двухслойной модели дорожной одежды, которая имеет значительную жесткость, задали $E_1/E_2 = 50$.

При неизменных размерах конечно-элементной модели увеличение модуля упругости верхнего слоя от 0,1 тыс. до 5 тыс. МПа приводит к увеличению погрешности определения всех компонентов НДС. Например, в модели с геометрическими размерами $H/D = 3/3$ в точках, расположенных на оси z, погрешности увеличиваются следующим образом:

U_z на 8–27%; σ_z на 0–48%; σ_x на 2–1,3 тыс. %.

Увеличивая диаметр модели от 3 до 9 м при неизменной высоте $H = 3$ м, можно уменьшить погрешности компонентов НДС на оси z по всей исследуемой глубине модели. Например, на глубинах z/d от 0,25 до 2:

- погрешность U_z уменьшается не более чем на 1,25%;
- погрешность σ_z уменьшается не более чем на 0,8%;
- погрешность σ_x уменьшается более чем в 5 раз, а именно, на глубине $z/d = 2$ при $D = 3$ м погрешность была 1,424 тыс. %, а при $D = 9$ м стала 0,282 тыс. %.

Таким образом, при создании конечно-элементной модели дорожной одежды с целью исследования НДС, инициированного какими-либо особенностями типа трещин, арматуры и т. п., целесообразно прежде установить рациональные с точки зрения получения приемлемых погрешностей геометрические размеры и граничные условия для модели, а также вид и размеры КЭ, опираясь на известные строгие решения теорий упругости или вязкоупругости слоистого полупространства.

Использование МКЭ предъявляет повышенные требования к квалификации специалиста в отношении ввода исходных параметров (геометрических размеров рассматриваемой области, условий на ее границах, размеров элементов и густоты сетки), интерпретации ре-

зультатов расчета и анализа погрешности, особенно в тех случаях, когда точного решения не имеется.

К сожалению, многие специалисты, например [3], не отдают себе отчета в необходимости предварительной калибровки стандартного конечно-элементного программного комплекса применительно к рассматриваемой конструкции и считают возможным калибровать и проверять расчетную схему МКЭ путем сравнения с экспериментально измеренными деформациями в асфальтобетонном покрытии. Проведенные авторами расчеты свидетельствуют о неприемлемости такого подхода, поскольку расчетная схема МКЭ для данной конструкции должна варьироваться в зависимости от толщин слоев, их температуры и даже от того, какой именно компонент напряжения или деформации рассчитывается.

Ключевые слова: метод конечных элементов, программа ANSYS, модель слоистого полупространства, погрешность определения напряженно-деформированного состояния.

Список литературы

1. Приварников А.К. Устойчивость и прочность элементов конструкций. Днепропетровск: Днепропетр. ун-т, 1973, с. 27–45.
2. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 269 с.
3. Al-Qadi I.L., H. Wang. Full-depth pavement responses under various tire configurations: accelerated pavement testing and finite element modeling. // Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists. Vol. 78, 2009. Pp. 721–760.

**В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
ВЫШЕЛ ДАЙДЖЕСТ
«Сухие строительные смеси»
Часть 2**

В дайджест вошли статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»® за 2004–2008 гг. – всего более 60 статей по тематическим разделам:

- компоненты для производства ССС;
- технология и оборудование;
- результаты научных исследований;
- применение ССС;
- рынок ССС.



Для приобретения дайджеста следует направлять заявку произвольной формы в издательство по факсу или электронной почте.

Не забудьте указать наименование организации, почтовый адрес доставки, ФИО получателя.

**Телефон/факс:
(495) 976-20-36, 976-22-08**

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

GT

ГЕОТРАНС

География Транспорта
www.madi.ru/gt, gt@madi.ru

125319, Москва, Ленинградский просп., 64. Тел.: +7(499)155-0465(3)

**Автомобильно-дорожная интерактивная система
с возможностью интеграции, обработки и
визуализации разнородных данных
www.geotransport.ru**

Видеомониторинг инженерных сооружений
обследования состояния и сбор данных по инфраструктуре
создание сессий мегапиксельных изображений с линейной и абсолютной привязкой

Управление базами данных по инженерным сооружениям
круглосуточный доступ к информации (ввод данных и печать отчетов)
создание интерактивных отчетов по введенным данным (линейные графики, аналитические записки)

Картографический веб-сервис территорий
послойные карты (границы управления, коммуникации, здания и т.д.)
дистанционный автоматизированный контроль производства работ

Реклама

С. И. РОМАНОВ, д-р техн. наук, А.Ю. СТАДНИК, инженер (info@vgasu.ru),
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Показатели шероховатости асфальтобетонных дорожных покрытий

Главными факторами качества дорожной конструкции являются прочность, водостойкость, ровность и шероховатость. Необходимую величину модуля упругости определяют в целом для конструкции дорожной одежды. Ровность и шероховатость характеризуют эксплуатационные качества поверхности покрытия дороги, обеспечивая максимальную скорость и безопасность движения. Показатель ровности нормирован [1], а шероховатость до настоящего времени не нормирована для различных типов асфальтобетона дорожных покрытий. Коэффициент сцепления колес движущихся автомобилей с поверхностью покрытия зависит от микро- и макрошероховатостей, которые должны быть стабильны, с минимальным коэффициентом вариации на всей поверхности данной дороги. Рекомендуемые значения коэффициента сцепления полезно дополнить показателем шероховатости, зависящим от состава асфальтобетона, предопределяющего его физико-механические свойства. Стандартом (ГОСТ 9128–97) предусмотрен показатель однородности прочности асфальтобетона при 50°C для массовой продукции асфальтобетонных заводов. Однако технологические факторы строительства зачастую значительно снижают однородность, которую следует регламентировать. Повышение однородности шероховатости на поверхности асфальтобетонного покрытия, закономерно связанного с составом и соответствующими физико-механическими свойствами асфальтобетона, как известно, способствует увеличению срока службы дороги и одновременно улучшает безопасность движения.

Наиболее удобная оценка шероховатости дорожного покрытия осуществляется методом песчаного пятна и определением средней глубины впадин в миллиметрах на поверхности покрытия [2]. Этот прямой метод измерений трудоемок и недостаточно оперативен, поскольку на одно измерение затрачивается не менее 10 мин, а значительная протяженность строящейся дороги требует определенной достоверности на основе многочисленных измерений. Поэтому необходимо использовать надежный экспресс-метод в простом аппаратном исполнении, доступном для любой дорожной организации. Снижение случайной погрешности оценки шероховатости обеспечивается, как известно, увеличением числа измерений, применением статистического контроля, что особенно необходимо для больших площадей дорог. Поэтому следует отдавать предпочтение быстрым и нетрудоемким экспресс-методам, которые могут быть косвенными, но обладать достаточной корреляцией, надежной связью с результатами прямого метода измерений. Показатель однородности шероховатости, оцениваемый коэффициентом вариации для данной дороги, влияет на ее работоспособность и, очевидно, зависит от стабильности состава, физико-механических свойств асфальтобетона, а также от ряда технологических факторов строительства верхнего слоя покры-

тия. Параметры шероховатости по средней глубине впадин поверхности покрытия были установлены для различных типов их шероховатости от 0,02 до 7 мм, но при этом нет разграничений для различных составов асфальтобетонов.

Определение параметров средней высоты выступов по следам из гипса или быстротвердеющего цемента как дополнительного параметра шероховатости требует весьма значительных затрат времени и труда, поэтому в практике статистического контроля качества для больших площадей дорог не может быть принято. Основным недостатком методологии применения лазерного измерителя с разработанным программным обеспечением обработки автоматической записи шероховатости [3] заключается в оценке линейной, профильной, а не поверхностной шероховатости на определенной площади покрытия.

До настоящего времени отсутствуют разработанные нормативы по оценке шероховатости и ее коэффициента вариации для достаточно уплотненных асфальтобетонных покрытий в зависимости от содержания щебня, типа асфальтобетона. Поэтому актуальным является подробное изучение таких показателей на площади дороги и ее изменчивости для различных типов асфальтобетона дорожного покрытия.

Выбор на основе теоретического обоснования различий определенных физических свойств воздуха и асфальтобетона экспресс-метод косвенной оценки шероховатости позволяет мгновенно измерять с автоматическим выводом цифровых показателей на прибор; цифровые показатели закономерно связаны с показателями по методу песчаного пятна. Корреляция между показателями косвенных измерений и глубиной впадин по методу песчаного пятна находится в диапазоне 0,85–0,88 по результатам экспериментально построенных тарировочных графиков для различных асфальтобетонов. Обязательными условиями применимости выбранного метода являются отсутствие воды в асфальтобетоне и на поверхности контролируемого покрытия, а также построение индивидуальных тарировочных графиков для различных типов асфальтобетона с целью перевода косвенных показателей в величины глубины шероховатости.

Методика косвенных измерений экспресс-методом включает обеспечение хорошего контакта плоского датчика отечественного сертифицированного прибора с контролируемым асфальтобетонным покрытием за счет ручного придавливания (0,5 кг), последующим мгновенным автоматическим снятием показаний, соответствующих пяти местам контакта датчика на поверхности, равновеликой следу колеса расчетного автомобиля. Среднее значение пяти измерений принято за результат косвенного показателя в одном контролируемом месте покрытия с переводом в миллиметры средней глубины впадин шероховатости исходя из установленной тарировочной зависимости по единому уравнению с инди-

Типы асфальтобетонов на покрытиях различных дорог	В, ГОСТ 9128-97	Б, ГОСТ 9128-97	ЩМА-20, ГОСТ 31015	Литой с «втапливанием» щебня
Глубина шероховатости, мм	0,15-0,27	0,48-0,62	0,84-1,32	0,73-1,6
Коэффициент вариации	0,15	0,07	0,12	0,25
Длина контролируемого участка дороги, м	1650	950	1450	300
Количество мест для 5-кратных измерений на участке	64	55	60	12

видуальными коэффициентами, свойственными для различных асфальтобетонов.

$$П = a + v / x,$$

где: П – величина средней глубины впадин по методу песчаного пятна, мм; а, v – коэффициенты, соответствующие тарировочной зависимости; x – показания измерений экспресс-методом.

Например, для определенного состава асфальтобетона типа Б уравнение имеет вид:

$$П = - 0,76 + 26,16/x.$$

Показатели шероховатости, полученные при замерах на дорогах Волгоградской области, приведены в таблице.

Достоверность результатов измерений соответствует вероятности 0,95.

Показатель глубины впадин шероховатости возрастает с увеличением количества щебня в соответствии с типами асфальтобетонов. Наилучшая однородность шероховатости свойственна анализируемому покрытию из асфальтобетона типа Б. Наихудшая – литому асфальтобетону, на поверхности которого был недостаточно однородно «втапливаем» щебень, поскольку коэффициент вариации шероховатости равен 0,25. Поэтому качество «втапливания» признано неудовлетворительным, ухудшающим безопасность движения. Следует отметить очень высокую однородность по коэффициенту вариации 0,03 для ЩМА-20 на другом объекте, не включенном в таблицу, а именно на развязке у моста через реку Волгу. Отмеченная высокая однородность шероховатости является благоприятным фактором состояния дороги с позиций снижения вероятности преждевременных локальных разрушений и улучшения безопасности движения по ней. К достоинствам ЩМА-20 относится повышенная летняя сдвигоустойчивость дорожного покрытия, хорошее сцепление колес транспорта с покрытием.

Выполненные многочисленные (140 мест) измерения на городских дорогах Волгограда вдоль улиц им. Гагарина и Советская показали значения шероховатости 0,24–1,85 мм. Наблюдается снижение шероховатости в процессе эксплуатации дороги с высокой интенсивностью движения. Это в первую очередь вызвано износом покрытия и полируемостью щебня на поверхности асфальтобетонного покрытия.

Чувствительность принятого экспресс-метода позволяет использовать его во всем возможном диапазоне шероховатости по средней глубине впадин на поверхности дорожного покрытия 0,02–7 мм.

Получаемые результаты быстрых измерений шероховатости на поверхности асфальтобетонных дорожных покрытий позволяют определять тип их макрошероховатости и оценивать однородность состояния поверхности покрытия на основе фактического коэффициента вариации, прогнозируя в некоторой мере и эксплуатационную работоспособность дороги. Оптимальной будет

та технология строительства асфальтобетонного дорожного покрытия, которая обеспечит минимальный коэффициент вариации заданной шероховатости, состава и лучших физико-механических свойств асфальтобетона.

Ключевые слова: асфальтобетон, покрытие, шероховатость, измерение, коэффициент вариации.

Список литературы


1. СНиП 3.06.03–85. Автомобильные дороги. М., 1998. С. 109.
2. Операционный контроль качества земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. А.Я. Тулаева. М., 1985. С. 202–207.
3. Кочетков А.В., Чванов А.В., Аржанухина С.П. Научные основы нормирования шероховатых поверхностей дорожных покрытий // Вестник Волгоградского ГАСУ, 2009. Вып. 14 (33). С. 80–86.

Новая книга

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: (495) 976-22-08, 976-20-36

E-mail: mail@rifsm.ru

И.Б. СТРУГОВЕЦ, канд. техн. наук, ОАО «Башкиравтодор»;
Ю.А. КУТЬИН, канд. техн. наук, ГУП «Институт нефтехимпереработки РБ» (Уфа)

Применение полимерно-битумных вяжущих при устройстве дорожного асфальтобетонного покрытия на мостовом переходе через реку Уфа

Известно, что применение даже самого качественного битума не всегда может полностью гарантировать высокое качество дорожного покрытия, которое зависит от многих факторов [1]:

- состава и свойств органического вяжущего – битума;
- качества и гранулометрического состава минерального наполнителя;
- соблюдения технологии при производстве асфальтобетонной смеси;
- условий эксплуатации дорожного покрытия и т. д.

В целях поиска решений задачи повышения качества автомобильных дорог и увеличения безремонтного срока их эксплуатации ОАО «Башкиравтодор» совместно с ГУП «Институт нефтехимпереработки РБ» проводят комплексные исследования в следующих направлениях:

- выбор дорожных битумов, в наибольшей степени отвечающих требованиям, сформулированным при их применении;
- улучшение адгезионных характеристик дорожных битумов к минеральным материалам различного происхождения с применением специальных присадок;
- модификация битумов полимерными материалами.

Существенное влияние на качество и долговечность асфальтобетонов оказывают полимерные материалы, применяемые для модификации битумов. Модификацию битумов полимерами проводят направленно с целью улучшения тех или иных эксплуатационных характеристик как самих битумов, так и асфальтобетонных смесей на их основе.

Результатом совместной исследовательской и практической деятельности ГУП «ИНХП РБ» и ОАО «Баш-

киравтодор» явилась разработка нового для Республики Башкортостан дорожно-строительного материала полимербитумного вяжущего ПБВ и полимерасфальтобетона на его основе. Дорожное покрытие, верхний и нижний слои которого изготовлены из полимерасфальтобетона, впервые в истории дорожного строительства РБ было построено в октябре 2008 г. на мосту через р. Уфа в районе Каменной переправы. Покрытие из полимерасфальтобетона уложено на поверхности проезжей части мостового перехода длиной 630 м, шириной 11,5 м, суммарная толщина верхнего и нижнего слоев составила 11 см.

В состав полимербитумного вяжущего, использованного при изготовлении полимерасфальтобетона для покрытия проезжей части моста, вошли: дорожный битум марки БНД 90/130, произведенный на ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» по технологии ГУП «ИНХП РБ»; термоэластопласт марки ДСТ-30Р-01; пластификатор – экстракт селективной очистки масел; адгезионная присадка катионного типа.

Качество полученного полимербитумного вяжущего ПБВ 60 в сравнении с требованиями ГОСТ Р 52056–2003 «Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блок-сополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия» представлено в табл. 1.

Из представленных в табл. 1 данных следует, что все без исключения показатели качества ПБВ 60 по ГОСТ 52056–2003 превосходят аналогичные показатели для битума марки БНД 60/90. В то же время качественные характеристики опытно-промышленной партии ПБВ 60, изготовленной по нашим совместным разработкам, существенно превосходят требования действующего стандарта на ПБВ той же марки.



Рис. 1. Укладка полимерасфальтобетона на проезжей части моста через реку Уфа



Рис. 2. Экспресс-метод контроля степени уплотнения полимерасфальтобетонного покрытия

Таблица 1

Фактические показатели качества ПБВ 60							
Пенетрация, 0,1 мм при 25°C	Пенетрация, 0,1 мм при 0°C	Растяжимость, см, при +25°C	Растяжимость, см, при 0°C	Температура размягчения по КиШ, °C	Изменение температуры размягчения, °C	Температура хрупкости по Фраасу, °C	Температура вспышки, °C
73	39	72	30	63	4	-29	240
Требования ГОСТ Р 52056–2003 для марки ПБВ 60							
не менее 60	не менее 32	не менее 25	не менее 11	не ниже 54	не более 5	не выше -20	не ниже 230
Требования ГОСТ 22245–90 для битума марки БНД 60/90							
61–90	не менее 20	не менее 55	не менее 3,5	не ниже 47	не более 5	не выше -15	не ниже 230

Таблица 2

Предел прочности при сжатии, МПа при			Водонасыщенность, %	Водостойкость	Трещиностойкость на растяжение при расколе при 0°C, МПа	Сдвигоустойчивость, по коэффициенту внутреннего трения	Сцепление при сдвиге при 50°C, МПа
+50°C	+20°C	0°C					
1,7	4,3	8,4	4,4	0,95	3,7	0,88	0,35
Требования ГОСТ 9128–97 для асфальтобетонных смесей типа «А» марки I							
не менее 1	не менее 2,5	не более 11	от 2 до 5	не менее 0,9	не менее 3,5 не более 6	не менее 0,87	не менее 0,27

Таблица 3

Предел прочности при сжатии, МПа при			Водонасыщенность, %	Водостойкость,	Трещиностойкость на растяжение при расколе при 0°C, МПа	Сдвигоустойчивость, по коэффициенту внутреннего трения	Сцепление при сдвиге при 50°C, МПа
+50°C	+20°C	0°C					
2,9	4,7	8,5	3,9	0,96	3,9	0,85	0,63
Требования ГОСТ 9128–97 для асфальтобетонных смесей типа «Б» марки I							
не менее 1,2	не менее 2,5	не более 11	от 1,5 до 4	не менее 0,9	не менее 3,5 не более 6	не менее 0,81	не менее 0,25

Работы по производству, укладке (рис. 1) и уплотнению полимерасфальтобетона проводились в октябре 2008 г. силами Кармаскалинского и Чишминского ДРСУ в следующем порядке:

– 4 и 5 октября наработано и уложено в нижний слой проезжей части покрытия 1155 т крупнозернистой плотной горячей асфальтобетонной смеси марки I типа «А» с характеристиками, указанными в табл. 2, на основе полимерно-битумного вяжущего толщиной 6 см;

– 6 октября наработано и уложено в верхний слой покрытия 1045 тонн мелкозернистой плотной горячей асфальтобетонной смеси марки I типа «Б» на основе полимербитумного вяжущего толщиной 5 см с характеристиками, указанными в табл. 3. Верхний слой покрытия уложен без продольных и поперечных швов двумя асфальтоукладчиками с применением перегружателя за одну рабочую смену.

Контроль степени уплотнения полимерасфальтобетона производили прибором модели 2701-B Rave TrackerTM Plus. Процесс уплотнения контролировали непрерывно.

В результате комплексного обследования покрытия комиссией (рис. 2) в составе представителей Министерства строительства, архитектуры и транспорта Республики Башкортостан, Управления дорожного хозяйства РБ, ГУП «Институт нефтехимпереработки РБ», ООО «Клариса» и ОАО «Башкиравтодор» было отмечено: «...полимерасфальтобетонное покрытие на мосту через

р. Уфа, обладает повышенной трещиностойкостью и сдвигоустойчивостью по сравнению со стандартным асфальтобетоном. При предполагаемой грузонапряженности и интенсивности движения автотранспорта дорожное покрытие проезжей части моста должно обеспечить повышенную долговременную прочность, погоду- и износоустойчивость».

Практическое подтверждение сделанному выводу дают фактические результаты. За два года, прошедшие после открытия движения на мосту, каких-либо видимых изменений в состоянии покрытия не произошло, несмотря на значительные перепады температур (от -40°C зимой до +50°C летом), высокий коэффициент линейного расширения стальной ортотропной плиты и повышенную интенсивность движения. В связи с этим можно рекомендовать данный полимерный материал и технологию при устройстве дорожных покрытий как на стадиях строительства, так и ремонта мостов и путепроводов.

Ключевые слова: битум, полимерно-битумное вяжущее, асфальтобетонная смесь, асфальтобетонное покрытие.

Литература

1. Аминов Ш.Х., Кутын Ю.А., Струговец И.Б., Теляшев Э.Г. Современные битумные вяжущие и асфальтобетоны на их основе. СПб.: Недра. 2007. 334 с.

Д.А. АЮПОВ, инженер (Ayupov_Damir@rambler.ru), А.В. МУРАФА, канд. техн. наук, Д.Б. МАКАРОВ, канд. техн. наук, Ю.Н. ХАКИМУЛЛИН, д-р техн. наук, В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук, Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Наномодифицированные битумные вяжущие для асфальтобетона

В последние десятилетия XX в. в промышленно развитых странах произошел переход от концепции безопасного обращения с отходами, условно называемой «контроль на трубе», к концепции «промышленного метаболизма», идеологией которого является повторное вовлечение в промышленное производство отходов, а также самой продукции после истечения срока эксплуатации.

Основной отход автотранспортного комплекса — изношенные автомобильные шины. Проблема вторичного использования каучука путем переработки изношенных резиновых изделий исключительно актуальна.

Ежегодный объем образования изношенных автомобильных покрышек в России составляет, по разным оценкам, 0,72–1 млн т, в Европе — около 2 млн т, а в США — 2,8 млн т. Только в Москве из эксплуатации выводится свыше 0,6 млн покрышек (до 0,1 млн т) в год. В мире ежегодно образуется 3 млрд шин (не менее 7 млн т), что наносит вред окружающей среде и здоровью людей. Общешмировые запасы изношенных автошин оцениваются в 25 млн т. За последние 5 лет годовой прирост объема изношенных покрышек составляет около 3%, в то же время из них рециклингу подвергается всего 2%. [1]

В настоящее время существуют следующие технологии утилизации автошин:

1. Использование целых шин при изготовлении труб и звукоизолирующих покрытий вдоль автострад для защиты склонов от эрозии. Однако контакт шин с дождевыми осадками и грунтовыми водами сопровождается вымыванием токсичных органических соединений — дифениламина, дибутилфталата, фенантрена и т. д.

2. Сжигание шин с целью получения энергии, пиролиз в условиях относительно низких температур с получением легкого дистиллята, твердого топлива, близкого по свойствам к древесному углю, и металла. При этом все же следует отметить, что сжигание изношенных шин не только экологически, но и энергетически неперспективно. Так, для изготовления покрышки требуется энергия, которую можно получить при сжигании 35 л нефти. При сжигании покрышки получают энергию, эквивалентную энергии, получаемой при сжигании всего 8 л нефти. [2] Таким образом, в связи с тем, что энергосодержание шины меньше той энергии, которая была израсходована на ее производство, приоритет должен быть отдан нетермическим способам вторичного использования шин.

3. Переработка шин в резиновую крошку и порошки для изготовления полимерных смесей и строительных материалов.

4. Получение регенерата для производства резиновых смесей и резинобитумных композиций.

Переработанную в крошку резину, а также пластичный регенерат применяют преимущественно для изготовления полимерных смесей. При этом основной целью является удешевление производства материалов, а не улучшение их свойств.

В связи с этим более серьезного изучения заслуживает возможность применения переработанных резиновых отходов в качестве модификаторов битумов. При этом с учетом важнейших экологического и экономического аспектов решается и важнейшая проблема улучшения основных свойств битума.

Простейшим способом утилизации резин в битумах является прямое введение в него резиновой крошки (РК), однако полученные таким образом промышленно выпускаемые материалы, такие как Изол и Бризол, оказались вопреки ожиданиям недолговечными: вулканизированная резиновая крошка не смогла реализовать в битуме своих полимерных свойств, создавая лишь центры эластичности и не образуя единой полимерной сетки. Асфальтобетон, полученный с применением этих вяжущих, хрупкий: резиновая крошка выкрашивалась из него ввиду низкой адгезии к минеральному наполнителю.

Указанные недостатки возможно устранить путем девулканизации резины, т. е. разрушения вулканизационных мостиков — поперечных связей, чаще всего серных, реже смоляных или перекисных. На первый взгляд кажется, что степень девулканизации резины зависит от количества отщепленной серы, химически связанной с каучуком. Однако обессеривание резины полностью не удается, так как выделение химически связанной серы обычно сопровождается разрушением структуры вулканизата.

Проведенные в этом направлении опыты ряда исследователей, как-то: Гена, Бари, Генрихсхема и Киндшера, Гарриеса и др., а также проверка патента Гарриеса Бызовым и Никольской показали, что удаление серы из резины происходит лишь при одновременном глубоком распаде каучукового вещества, что приводит к потере практической ценности регенерата. Анализ содержания связанной серы в продуктах, подвергаемых обработке в процессе регенерации каучука, показывает, что количество связанной серы не уменьшается, а наоборот, в некоторых случаях даже увеличивается за счет перехода свободной серы в связанную.

Представление о процессе регенерации каучука как о процессе, обратном (реверсивном) вулканизации, как следует из сказанного, теряет смысл.

Тем не менее по всему миру главным направлением переработки изношенных шин и некоторых других изделий является регенерация резины, осуществляемая различными физико-химическими способами.

Таким образом, при регенерации резин основной задачей является полное разрушение поперечных связей при максимально возможном сохранении основных цепей каучука, что позволит получить наноразмерный модификатор битума.

В рассматриваемой работе был использован принципиально новый подход к модификации нефтяного битума: девулканизация резиновой крошки непосредственно в среде битума, при этом авторы использовали различные

Таблица 1

	Температура размягчения, Т _p , °С	Пенетрация, П ₂₅ , 0,1 мм	Дуктильность, Д ₂₅ , см	Эластичность, Э ₂₅ , %	Гибкость на стержне с закругл., R ₂₅ мм, Г, °С	Адгезия к металлу, МПа	Теплостойкость, °С	Адгезия к минеральному наполнителю, № обр.
БНД 90/130	42	97	72	13	0	0,127	50	2
ДА1	61	53,1	14	83,6	-10	0,46	90	1
ДА2	62	50	8,4	76,4	-8	0,57	100	1
ДА3	64	52	7,5	72,4	-7	0,56	115	1
ДА4	58	45,4	7,2	79,2	-5	0,51	80	1

Примечание. Характер отрыва образца от металла когезионный.

Таблица 2

Составы, %	Объемная масса, кг/м ³	Водонасыщение, об. %	Набухание, об. %	Предел прочности при сжатии, МПа			К _в
				R ₂₀	R ₂₀ ^B	R ₅₀	
Мин. часть – 100; БНД 90/130 - 6	2330	3,1	0,9	1,9	1,2	0,6	0,63
Мин. часть – 100; комп. с ДА1 - 6	2340	2,2	0,1	2,5	2,3	1,4	0,92
Мин. часть – 100; комп. с ДА2 - 6	2360	1,8	0	2,2	2	1,2	0,91
Мин. часть – 100; комп. с ДА3 - 6	2350	1,9	0	2,8	2,6	1,8	0,93
Мин. часть – 100; комп. с ДА4 - 6	2350	1,9	0	2,1	1,8	1,1	0,87
ГОСТ 9128-97	–	2-5	–	>2,2	–	>1	>0,85

по химическому составу девулканизирующие агенты (ДА), в том числе и наноразмерные. Оптимизировали не только концентрации ДА, но и режим совмещения РК с битумом. Установлены время, температура, среда, при которых происходит наиболее полная девулканизация РК по серным мостикам при сохранении основной цепи каучука.

Технология такой модификации следующая: в разогретый нефтяной битум БНД 90/130 при постоянном перемешивании вводили резиновую крошку и ДА.

В табл. 1 представлены результаты основных свойств модифицированных битумных композиций, полученных по оптимальным режиму и концентрациям девулканизирующих агентов (ДА1, ДА2, ДА3, ДА4) в сравнении с чистым битумом БНД 90/130.

Как видно из табл. 1, температура размягчения композиций по сравнению с чистым битумом возросла на 19–22°С. Пенетрация оптимальных составов, характеризующая их твердость, снизилась в 2–2,3 раза, дуктильность уменьшилась с 72 см до 7,2–14 см, эластичность возросла с 13 до 83,6%.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что выбранные ДА и разработанный режим девулканизации РК в среде битума позволяют ей максимально проявить свои полимерные свойства, что приводит к повышению основных показателей битумно-полимерных композиций. Судя по полученным результатам, разработанные составы могут быть использованы в качестве связующего для асфальтобетона. Были проведены также испытания по определению адгезии вяжущих к минеральному наполнителю (ГОСТ 11508–74). Оптимальные составы показали высокую адгезию, т. е. поверхность минерального заполнителя после испытания была полностью покрыта битумной пленкой, в то время как чистый битум после испытания лишь частично сохранился на поверхности минерального наполнителя, что говорит о худшем по сравнению с модифицированными составами сцеплении последнего с минеральными компонентами.

Таким образом, модификация битумов резиновой крошкой, девулканизируемой в их среде по определенно-

му режиму, позволяет не только улучшить основные свойства вяжущего – температуру размягчения, твердость, эластичность, теплостойкость, но и придать ему высокую адгезию к минеральному наполнителю, что является гарантией получения качественного асфальтобетона.

В табл. 2 представлены составы и основные свойства асфальтобетона на разработанных битумных вяжущих и для сравнения на чистом битуме.

Результаты испытания асфальтобетона на модифицированном вяжущем свидетельствуют о явном положительном эффекте при использовании выбранных девулканизаторов резиновой крошки (водопоглощение 1,8–2,2%, эталон 3,1; набухание 0–0,1%, эталон 0,9%; прочность при сжатии при 20°С 2,2–2,8 МПа, эталон 1,9 МПа, а при 50°С 1–1,8 МПа, эталон 0,6 МПа; в водонасыщенном состоянии 1,8–2,6 МПа, эталон 1,2 МПа и коэффициент водостойкости 0,9–0,93, эталон – 0,63).

Модификация дорожных битумов девулканизаторами РК по разработанному методу приводит к значительно положительному эффекту в свойствах и битумов, и асфальтобетона на их основе. С учетом низкой стоимости вулканизаторов технико-экономическая эффективность их применения значительно выше, чем использование для модификации битумов промышленных каучуков. Кроме того, использование отходов резины улучшает экологию окружающей среды.

Ключевые слова: битум, девулканизация, модификация, резиновая крошка.

Список литературы

1. Петов Н.А. Оценка накопления изношенных покрышек в регионах России // Твердые бытовые отходы. 2008. № 11. С. 50–52.
2. Макаров В.М., Дроздовский В.Ф. Использование амортизированных шин и отходов производства резиновых изделий. Л.: Химия, 1986. 240 с.

И.Г. ОВЧИННИКОВ, д-р техн. наук, М.Ю. ШПРАНКЕЛЬ, инженер,
Саратовский государственный технический университет

Прогнозирование долговечности защитных антикоррозионных покрытий мостовых и дорожных металлоконструкций

Мостовые металлоконструкции, а также металлические конструкции обстановки пути автомобильных дорог в процессе эксплуатации подвергаются воздействию не только нагрузок, температуры, но и различных агрессивных сред, вызывающих их разрушение, то есть коррозию. В большинстве случаев эти факторы действуют совместно, что вызывает ускорение процесса коррозионного разрушения и приводит к достаточно быстрому уменьшению несущей способности и значительному сокращению долговечности конструкций, эксплуатируемых в агрессивной среде. На рисунке приведен пример коррозионных дефектов Троицкого моста в Санкт-Петербурге, которые были обнаружены в процессе обследования.

Нормами проектирования предусмотрено обязательное выполнение антикоррозионной защиты металлоконструкций в зависимости от степени агрессивности эксплуатационной среды (СНиП 2.03.11–85). Поэтому при расчете напряженно-деформированного состояния и долговечности конструкций с защитными покрытиями необходимо учитывать срок службы защитных покрытий, то есть моделировать кинетику изменения коррозионной стойкости защитных покрытий. В табл. 1 приведены некоторые модели, используемые для описания экспериментальных данных по коррозионной стойкости защитных покрытий металлоконструкций.

Таблица 1

Вид модели
$\Delta = a_1 (1 - \exp(-a_2 t))$, г/м ²
$\tau_F = \frac{\delta_0}{V} (1 + U_F (W \sigma V))$, г
$M = a + Kt$, $K = K_0 e^{-\frac{a}{t}}$, г/мм ²
$y = 2,75 + 0,75x_1 + 0,25x_2 + 0,25x_3 - 0,5x_2x_3 - 0,25x_1x_3 - 0,25x_1x_2x_3$
$\delta = at^2$, мм
$\Delta_k = bl (C^2 + \sqrt{C^2 + 1} + m\Delta_0)$, мм
$\Delta_k = D \frac{t^2}{n^3}$, мм

Где: $\alpha_1, \alpha_2, V, U_F, W, \alpha, K, x_1, x_2, x_3, b, c, m, l, D, n$ – параметры; t – время, σ – напряжение; $\Delta, \delta_0, M, \Delta_k, \Delta_0, \delta$ – характеристики коррозионной стойкости защитных покрытий.

Для оценки долговечности защитных покрытий можно использовать различные подходы. Анализ экспериментальных данных и исследований по работе защитных покрытий [1, 2] показывает, что потеря работоспособности может произойти вследствие нарушения сплошности, достижения напряжениями в покрытии предельных значений или же потери адгезии его к поверхности защищаемой конструкции.

Рассмотрим задачу построения и анализа моделей снижения защитных свойств покрытий при нарушении их сплошности.

В этом случае для описания сплошности вводится специальный параметр сплошности Ψ , изменяющийся от 1 в начальном состоянии до некоторого предельного значения Ψ_p в конечном состоянии. От известного параметра сплошности в теории длительной прочности, предложенного Л.М. Качановым [3], данный параметр отличается тем, что параметр сплошности Л.М. Качанова относится к точке материала, а предлагаемый параметр сплошности относится к точке поверхности защитного покрытия и характеризует его сплошность в данной точке по всей толщине покрытия.

Кинетические зависимости, описывающие изменение сплошности защитных покрытий, могут быть приняты в следующем виде.

Зависимость 1:

$$\frac{d\Psi}{dt} = -\alpha(1 + k\sigma^m), \Psi(0) = 1. \quad (1)$$

Здесь α – коэффициент, учитывающий влияние вида, толщины защитного покрытия и характер агрессивной



Вид на ферму в зоне замкового шарнира. На нижней поверхности горизонтального листа нижнего пояса видны потеки воды и ржавчины, что привело к распухиванию пакета листов и интенсивной коррозии металла свеса

Таблица 2

Время, сут	ХС-068	ГФ-0119	Сурик	Сурик+ БТ-577	Состав 1	Состав 1+ БТ-577
12	0,481	0,531	0,823	0,82	0,887	0,884
34	0,206	0,226	0,378	0,732	0,536	0,809
66	0,178	0,125	0,251	0,653	0,471	0,749

Таблица 3

Время, сут	ФЛ-03К	ФЛ-03К +2% сост. 2	ФЛ-03К +5% сост. 2	ГФ-0119	ГФ-0119 +2% сост. 2	ГФ-0119 +5% сост. 2	БТ-577	БТ-577 +2% сост. 2	БТ-577 +5% сост. 2
16	0,877	0,981	0,981	0,917	0,967	0,967	0,901	0,703	0,73
24	0,871	0,935	0,881	0,917	0,796	0,967	0,841	0,523	0,712
40	0,691	0,857	0,745	0,851	0,785	0,691	0,512	0,505	0,671
60	0,659	0,857	0,655	0,785	0,701	0,581	0,391	0,401	0,671
76	0,647	0,851	0,631	0,555	0,669	0,581	0,259	0,236	0,585

среды; k, m – коэффициенты, учитывающие влияние уровня напряженного состояния на кинетику снижения защитных свойств покрытия; σ – эквивалентное напряжение.

При постоянном напряжении интеграл уравнения будет:

$$\Psi = 1 - \alpha(1 + k\sigma^m) t. \quad (2)$$

Зависимость 2:

$$\frac{d\Psi}{dt} = -\alpha(1 + k\sigma^m) t^b, \Psi(0) = 1. \quad (3)$$

При постоянном напряжении интеграл уравнения будет:

$$\Psi = 1 - \frac{\alpha(1 + k\sigma^m) t^{b+1}}{b+1}, \quad (4)$$

где α, b, k, m – коэффициенты.

Зависимость 3:

$$\frac{d\Psi}{dt} = -\frac{\alpha(1 + k\sigma^m) t^{b-1}}{\left(1 + \frac{\alpha t^b}{b}\right)^2}, \Psi(0) = 1. \quad (5)$$

При постоянном напряжении интеграл уравнения будет:

$$\Psi = \frac{1}{1 + \alpha(1 + k\sigma^m) \frac{t^b}{b}}. \quad (6)$$

В работе [4] приведены некоторые экспериментальные данные по снижению защитной способности ряда покрытий при испытании в различных агрессивных средах. При этом в качестве параметра, характеризующего

Таблица 4

Покрытие	Зависимость 1		Зависимость 2			Зависимость 3		
	$\alpha, 10^{-3}$	k	$\alpha, 10^{-2}$	b	k	$\alpha, 10^{-2}$	b	K
ХС-068	15,5	0	7,53	-0,718	0	11,7	0,89	0
ГФ-0119	15,9	0	7,15	-0,624	0	5,28	1,22	0
Сурик	12,9	0	1,92	-0,122	0	0,751	1,58	0
Сурик + БТ-577	6	0	2,66	-0,615	0	3,13	0,52	0
Состав 1	9,2	0	1,15	-0,055	0	0,726	1,33	0
Состав 1 + БТ-577	4,3	0	1,71	-0,545	0	1,84	0,55	0

Таблица 5

Покрытие	Зависимость 1 (1)		Зависимость 2 (3)			Зависимость 3 (5)		
	$\alpha, 10^{-3}$	K	$\alpha, 10^{-3}$	b	k	$\alpha, 10^{-3}$	b	K
ФЛ-03К	5,5	0	12,2	-0,1	0	7,45	1	0
ФЛ-03К + 2% сост. 2	2,3	0	1,18	0,3	0	0,946	1,4	0
ФЛ-03К + 5% сост. 2	5,3	0	0,45	0,8	0	0,234	2,1	0
ГФ-0119	4,7	0	3,7	0	0	2,39	1,3	0
ГФ-0119 + 2% сост. 2	4,8	0	2,39	0,3	0	1,67	1,5	0
ГФ-0119 + 5% сост. 2	6	0	0,25	1	0	0,094	2,3	0
БТ-577	10	0	3,47	0,4	0	0,547	2,2	0
БТ-577 + 2% сост. 2	11	0	41	-0,5	0	24,6	1,1	0
БТ-577 + 2% сост. 2	6,4	0	27,1	-0,8	0	54,1	0,4	0

щего снижение защитных свойств покрытия, принят обобщенный показатель качества защитного покрытия K_3 . Исследования защитных свойств покрытий проводили в соответствии с ГОСТ 9.042–75 и ГОСТ 9.074–77, в процессе испытаний учитывали образование пузырей, растрескивание покрытий, отслаивание, наличие коррозионных пятен, размеры повреждения. Оценку защитных свойств покрытий проводили по методике М.И. Карякиной [5], согласно которой обобщенный показатель качества K_3 определяется по формуле:

$$K_3 = 0,1a_n + 0,1a_p + 0,3a_k + 0,3a_{pn} + 0,1a_{om}, \quad (7)$$

где a_n, a_p, a_k, a_{pn} – относительные оценки степени разрушения в результате пузырей, растрескивания, коррозии, отслаивания; a_{om} – относительная оценка размера повреждения. Полученные в эксперименте значения обобщенного показателя качества защитного покрытия K_3 в разные моменты времени для разных покрытий и сред приведены в табл. 2 (при испытаниях в промышленной атмосфере) и 3 (при испытаниях в растворе NaCl). В табл. 4 приведены значения коэффициентов зависимостей 1, 2 и 3 снижения защитных свойств для первой группы покрытий. В табл. 2, 3, 4, 5 – ХС, ГФ, БТ, ФЛ – условные обозначения защитных покрытий. В табл. 5 приведены значения коэффициентов зависимостей 1, 2 и 3 снижения защитных свойств для второй группы покрытий.

Как видно, в экспериментах в качестве агрессивных сред использовали «промышленную атмосферу» и 3% раствор NaCl. Для проверки применимости вышеприведенных зависимостей описания снижения защитных свойств покрытий была проведена идентификация зависимостей (без учета влияния напряженного состояния, так как в экспериментах этот эффект не анализировали) по экспериментальным данным из вышеприведенных таблиц. Результаты идентификации

предложенных зависимостей для первой группы покрытий, испытываемых в условиях промышленной атмосферы, приведены в табл. 4, а для второй группы покрытий, испытанных в 3% растворе NaCl, – в табл. 5.

Сопоставление экспериментальных данных и результатов расчета с использованием предложенных моделей с найденными значениями коэффициентов показало, что отличие во всех случаях не превышает 7,3%.

Ключевые слова: антикоррозионное покрытие, мостовое сооружение, обстановка пути, коррозия металлоконструкций.

Список литературы

1. Овчинников И.Г., Кудайбергенов Н.Б., Гатауллин И.Г. Прогнозирование работоспособности защитных покрытий и элементов конструкций с защитными покрытиями // Обзор. Ч. 1. Деп. в ВИНТИ 13.11.92. № 3257-В92. / Саратов. политехн. ин-т, 1992. 38 с.
2. Овчинников И.Г., Кудайбергенов Н.Б., Гатауллин И.Г. Прогнозирование работоспособности защитных покрытий и элементов конструкций с защитными покрытиями // Обзор. Ч. 2. Деп. в ВИНТИ 13.11.92. № 3256-В92. / Саратов. политехн. ин-т. 1992. 32 с.
3. Петров В.В., Овчинников И.Г., Шихов Ю.М. Расчет элементов конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой. Саратов. ун-т, 1987. 288 с.
5. Горохов Е.В., Высоцкий Ю.Б., Доя А.П. и др. О прогнозировании времени жизни антикоррозионных покрытий по стали Ст. 3 // Защита металлов. 1994. Т. 30. № 2. С. 191–195.
6. Карякина М.И. Физико-химические основы процессов формирования и старения покрытий. М.: Химия, 1980. 198 с.

Реклама



Активатор
измельчение активация синтез

Российские промышленные эллиптические шаровые мельницы "Активатор" интенсивного помола.

	Activator-C100	Activator-C500	Activator-C1000	Activator-C5000
произв-сть	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
тонина помола	1-3 мкм	4-7 мкм	20-50 мкм	50-70 мкм
потребляемая мощность	5,5 кВт/ч	11 кВт/ч	30 кВт/ч	75 кВт/ч
габариты, мм	1020×570×1230	1122×750×1500	1710×925×1815	2850×1700×2950

Результаты активации цемента и помола материалов - на нашем сайте.

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

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

[>>](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



подготовка шихты для керамической плитки

помол пигментов

получение сухих смесей

активация цемента

смешение компонентов пенобетона

АКЦИЯ

В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» Вы можете приобрести дайджесты и специальную литературу по антикризисным ценам

Тематические дайджесты серии «Совершенствование строительных материалов»

Дайджест «**Ячеистые бетоны – производство и применение**» (Часть 1). В настоящее время он выпущен на CD. В части 2 представлены технологии и оборудование, опыт применения, результаты научных исследований.

Дайджест «**Кровельные и изоляционные материалы**» включает статьи по темам: битумные, битумно-полимерные, полимерные материалы, гидроизоляция сооружений, жесткие кровли и др.

Дайджест «**Керамические строительные материалы**». Часть 1 выпущена на CD. В части 2 информация представлена по следующим направлениям: отраслевые проблемы, сырьевая база, оборудование и технология, контроль качества, ограждающие конструкции.

Дайджесты «**Сухие строительные смеси**». Часть 1 выпущена на CD. В 2009 г. В части 2 представлены рубрики: технологии и оборудование, компоненты ССС, результаты научных исследований, применение.

Дайджест «**Современные бетоны: наука и практика**» содержит более 100 статей по тематическим разделам: исследование составов и свойств бетонов, исследования технологических аспектов производства бетонов, заполнители для бетонов, коррозия бетона, технология и оборудование, применение бетона и др.

Дайджест «**Материалы для дорожного строительства**» содержит более 100 статей по тематическим разделам: нормативная и методическая база отрасли; материалы для дорожного строительства; ремонт дорог.



Специальная литература

Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Рассмотрены основные методы отбора проб, испытаний сырьевых материалов, контроля и исследования технологических процессов, а также определения свойств готовой продукции, применяемые в керамической, огнеупорной и смежных отраслях промышленности. Пособие может быть использовано не только как учебное, но и в качестве полезного руководства для инженеров заводских и научно-исследовательских лабораторий.



Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – заслуженный деятель науки России, д-р техн. наук Л.М. Ковальчук.

В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления ДКК, показаны области их применения, описаны материалы для их изготовления. Особое внимание уделено вопросам оценки качества, методам испытаний, приемке и сертификации клееных конструкций. В книге приведен полный перечень отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих производство и применение ДКК.



Книга «Производство железобетонных преднапряженных конструкций на длинных стендах.

Варианты расчетов конструкций.»

Автор – канд. техн. наук С.Н. Кучихин

Настоящее пособие по выборам вариантов применения и расчетам железобетонных преднапряженных конструкций явилось результатом многолетней практики внедрения новых технологий в строительство с использованием отечественного и зарубежного опыта. Учтена необходимость комплексного подхода к выбору оптимального решения (проектирование, производство, строительство).

Рекомендовано использовать в работе проектным институтам, предприятиям стройиндустрии, строителям и специализированным вузам.



Книга «Керамические пигменты»

Авторы – доктора техн. наук Г.Н. Масленникова, И.В. Пиц

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики.

Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок. Будет полезна для специалистов других отраслей промышленности, где применяются высокотемпературные пигменты.

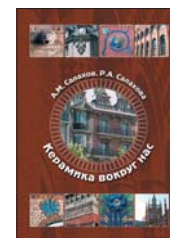


Книга «Керамика вокруг нас»

Авторы – А.М. Салахов, Р.А. Салахова

Авторы представляют керамику как искусство и как продукт тонкой технологии. Показано, что свойства керамических изделий определяются химическим, минералогическим и гранулометрическим составом исходных компонентов. Множество иллюстраций наглядно демонстрируют возможности использования керамических материалов в строительстве и архитектуре.

Книга предназначена специалистам предприятий, производящих керамические материалы, ученым-материаловедам, преподавателям, аспирантам и студентам, всем заинтересованным лицам.



Подробнее на www.rifsm.ru

Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

Тел./факс: (495) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru

В.В. БАБКОВ, И.В. НЕДОСЕКО, доктора техн. наук, Р.Ш. ДИСТАНОВ, канд. техн. наук, М.А. ИВЛЕВ, инженер, Ю.Д. ФЕДОТОВ, инженер, Уфимский государственный нефтяной технический университет; И.Б. СТРУГОВЕЦ, канд. техн. наук, ОАО «Башкиравтодор»; М.М. ЛАТЫПОВ, инженер, ООО «Дортрансстрой» (Уфа)

Сталефибробетон в производстве изделий и конструкций дорожного назначения

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

Улучшить физико-механические характеристики дорожных бетонов и частично повысить долговечность производимых изделий и конструкций позволяют технологии, основанные на принудительном уплотнении бетонных смесей (центрифугирование, вибропрессование, интенсивные режимы виброуплотнения), а также на понижении водоцементного отношения за счет применения суперпластификаторов. Наиболее радикальным способом повышения статической прочности и ударной выносливости бетонов является введение в бетонную смесь дисперсной арматуры в виде фибры [1]. Достоинствами сталефибробетона являются высокая прочность на растяжение (до 3–6 раз), повышенная прочность на сжатие (на 25–40%), многократное повышение ударной выносливости, а также повышенная морозостойкость, водонепроницаемость и низкая истираемость.

Использование сталефибробетона в несущих конструктивных элементах существенно повышает их несущую способность и трещиностойкость, что позволяет в ряде случаев полностью или частично отказаться от применения традиционного стержневого армирования, а также исключить использование предварительного напряжения в производстве конструкций. Данное обстоятельство является особенно актуальным при производстве широкой номенклатуры железобетонных изделий и конструкций дорожного и транспортного назначения, в частности звеньев малопролетных арочных мостов и водопропускных труб, водосбросных и прикромочных лотков, дорожных и аэродромных плит, железнодорожных шпал [2–4].

Важным шагом в развитии производства сталефибробетона является введение в действие нормативного документа СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции», позволяющего осуществлять расчеты и проектирование сталефибробетонных изделий и конструкций.

Важнейшей характеристикой фибры является ее жесткость, характеризуемая модулем упругости E_f . По величине модуля упругости всю производимую фибру целесообразно классифицировать по двум группам (табл. 1). К первой группе относится высокомодульная

фибра с $E_f=(70-250)\cdot 10^3$ МПа, включающая стальную и неметаллические виды фибры на основе базальтовых, асбестовых и стеклянных волокон, а также такие специфические модификации, нашедшие в последние годы применение в производстве фиброармированных пластиков (ФАП), тканых рулонных материалов, композитных лент, как углеродное, арамидное, карбоновое волокна с $E_f=(200-700)\cdot 10^3$ МПа, применяемые для усиления и ремонта строительных конструкций, в первую очередь железобетонных. Последняя группа волокон, обладающая сочетанием высокой жесткости и прочности на растяжение ($R_{f,u}$ до $3,5-4\cdot 10^3$ МПа), значительно более рациональна при использовании в виде изделий с одно- или двухнаправленным размещением волокон, а не в качестве хаотично распределенной в объеме фибры.

Высокомодульная фибра является одновременно высокопрочной, и она способна обеспечить значительное упрочнение фибробетона по отношению к исходному бетону-матрице при значительном повышении трещиностойкости (по образованию и ширине раскрытия трещин) как за счет высокого соотношения модулей упругости фибры и бетона $E_f/E_b\approx 7-30$, так и за счет высокого соотношения их прочностей ($R_{f,u}/R_{b,u}\approx 10-100$ для прочности бетона при сжатии; $R_{f,u}/R_{bt,u}\approx 100-1000$ для прочности при растяжении). Фибробетон на основе высокомодульной фибры обеспечивает также повышенную ударную стойкость, морозостойкость, водонепроницаемость, истираемость.

Таблица 1

Фибра (волокно)	Плотность γ_f , г/см ³	Прочность при растяжении $R_{f,u}$, МПа $\times 10^3$	Модуль упругости E_f , МПа $\times 10^3$	Удлинение при разрыве, %
Металлическая				
Стальная	7,8	0,5–1,5	190–210	2–6
Неметаллическая высокомодульная				
Асбестовая	2,6	0,9–3,1	68–70	0,6–1
Стеклянная	2,6	1,8–3,9	70–80	1,5–3,5
Базальтовая	2,6	1,6–3,2	100–130	1,4–3,6
Арамидная	1,4	2,9–3,5	75–110	1,4
Углеродная	2	2,5–4	200–700	1–1,6
Карбоновая	1,63	1,2–4	280–380	2–2,2
Полимерная низкомодульная				
Полиамидная	0,9	0,72–0,9	1,9–5	5–20
Полипропиленовая	0,9	0,4–0,77	3,5–8	10–25
Нейлоновая	1,1	0,77–0,84	4,2–4,5	16–20
Вискозная	1,2	0,66–0,7	5,6–5,8	14–16

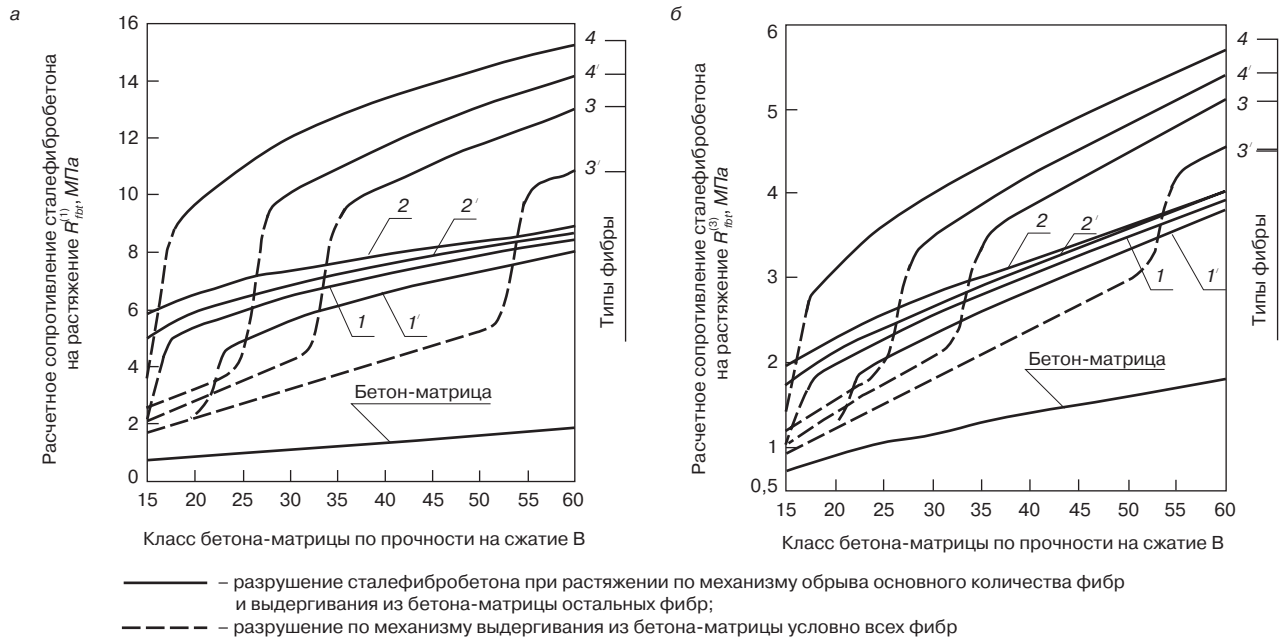


Рис. 1. Зависимости расчетного сопротивления сталефибробетона на растяжение от класса бетона-матрицы по прочности при сжатии В для однонаправленной $R^{(1)}_{fbr}$ (а) и объемно-произвольной $R^{(3)}_{fbr}$ (б) ориентации фибры при ее объемной концентрации $\mu_{fv}=0,015$ для фибры четырех типов: типа 1 (1') – $R_f=440$ МПа, $l_f/d_f=50$; типа 2 (2') – $R_f=440$ МПа, $l_f/d_f=100$; типа 3 (3') – $R_f=950$ МПа, $l_f/d_f=50$; типа 4 (4') – $R_f=950$ МПа, $l_f/d_f=100$; для фибры типов 1–4 и 1'–4' значения коэффициентов, учитывающих анкеровку фибры η_f , равны соответственно 0,6 и 0,9

Вторая по жесткости группа – низко модульная фибра производится на полимерной основе. Она имеет модуль упругости $(2-10) \cdot 10^3$ МПа, что ниже по жесткости фибры первой группы примерно на два десятичных порядка. Эта фибра оказывает минимальное позитивное влияние на статическую прочность, но обеспечивает в значительной мере снижение усадочного растрескивания, снижает усадку, повышает ударную вязкость и морозостойкость бетона, в частности неавтоклавно пенобетона, обеспечивает водоудерживающую способность бетонной смеси.

Для конструктивных элементов, работающих на действие статических нагрузок, важнейшей характеристикой является прочность сталефибробетона при растяжении $R_{u,fbr}$ и соответствующее ей расчетное сопротивление при растяжении R_{fbr} . Эти характеристики соответствуют стадии работы композита с выключенной из работы матрицей в силу низкой растяжимости бетона в

сочетании с двумя возможными механизмами работы фибры в предельной стадии – разрывом (механизм 1) или выдергиванием из бетонной матрицы (механизм 2). Выгодным с точки зрения достигаемого эффекта и влияния на прочность сталефибробетона при растяжении является разрыв фибры. В этом случае прочностные возможности фибры реализуются максимально. Разрушение по механизму вырыва обуславливает использование прочностных возможностей фибры на уровне ниже прочности фибры при разрыве, а при слабом сцеплении или малой глубине (длине) анкеровки фибры – на очень низком уровне.

В общем случае соотношение разрываемых и выдергиваемых фибр на стадии разрушения будет связано с расчетной длиной анкеровки, определяемой из условия баланса несущих способностей фибры при разрыве и выдергивании:

$$l_{f,an} = \frac{\eta_f R_{f,u} d_f}{4 R_{u,bond}}, \quad (1)$$

где $R_{u,bond}$ – прочностная характеристика сцепления фибры с бетоном-матрицей; d_f – диаметр фибры; η_f – коэффициент, учитывающий эффективность анкеровки фибры; его максимальное значение соответствует гладкой фибре, меньшее значение – фибре с повышенной анкеровкой за счет завитости, шероховатости поверхности, анкеров на концах.

Можно видеть, что при $l_{f,an} < l_f/2$, разрушение будет реализовываться разрывом некоторого количества фибр и выдергиванием остальных; при $l_{f,an} \geq l_f/2$ – выдергиванием условно всех фибр.

Таким образом, повышению прочности сталефибробетона на растяжение будут содействовать факторы, способствующие уменьшению расчетной длины анкеровки и повышению соотношения разрываемых и выдергиваемых фибр: увеличение длины фибры l_f , увеличение относительной длины l_f/d_f , повышение прочности бетона-матрицы на сжатие через повышение его модуля упругости и эффекта анкеровки фибры, повышение характеристик сцепления фибры с бетоном-матрицей $R_{u,bond}$.

При этом влияние прочности фибры $R_{f,u}$ на прочность сталефибробетона при растяжении будет неод-

Таблица 2

Тип стальной фибры	Расчетное сопротивление растяжению R_f , МПа	Длина фибры, l_f , мм	Относительная длина l_f/d_f	Коэффициент η_f , учитывающий анкеровку фибры в бетоне-матрице
1* (1'**)	440–580	35–50	≈50	0,6–0,7* (0,8–0,9**)
2* (2'**)		70–100	≈100	0,6–0,7* (0,8–0,9**)
3* (3'**)	950–1050	35–50	≈50	0,6–0,7* (0,8–0,9**)
4* (4'**)		70–100	≈100	0,6–0,7* (0,8–0,9**)

Примечание: * тип фибры и соответствующее ему эффективное значение коэффициента η_f за счет завитости, шероховатости поверхности, анкеров на концах; ** тип фибры и соответствующее ему пониженное по эффективности значение коэффициента η_f (гладкая фибра).

Тип и пролет арки, стрела подъема f	Тип грунта основания	Высота засыпки, м					
		1	2	3	4	5	6
Трехшарнирная пролетом 6 м, $f=1,6-2,3$ м	Скальный	$A_s+A'_s$	$F; A_s+A'_s$	F			
	Мягкопластичный суглинок	$A_s+A'_s$		$F; F+A_s$	F		
Двухшарнирная пролетом 4 м, $f=2$ м	Скальный	$A_s+A'_s$	$F; F+A_s$	F			
	Мягкопластичный суглинок	$A_s+A'_s$		$F; F+A_s$	F		

Варианты армирования: F – фиброармирование; $F+A_s, F+A'_s$ – комбинированное; $A_s+A'_s$ – традиционное стержневое.

нозначным. С одной стороны, повышение $R_{f,u}$ согласно (1) соответствует повышению $l_{f,an}$ и при прочих равных условиях будет ухудшать (снижать) соотношение разрываемых и выдергиваемых фибр. Однако это обстоятельство может быть компенсировано на стадии разрушения высокой прочностью оставшихся фибр, работающих по механизму разрыва. Прочностные возможности высокопрочной фибры могут быть реализованы в сталефибробетоне также через повышение геометрических параметров фибры $l_f, l_f/d_f$, повышение прочности бетона и характеристики $R_{u,bond}$. Вместе с этим очевидно, что при идентичности геометрических характеристик фибры и параметров сцепления в силу различия механизмов разрушения прочность сталефибробетона на растяжение при использовании высокопрочной фибры в ряде случаев может быть ниже прочности композита на фибре обыкновенной прочности.

Производимая предприятиями РФ стальная фибра по уровню расчетного сопротивления при растяжении R_f соответствует двум диапазонам прочности: 1 – фибра обыкновенной прочности при $R_f=440-580$ МПа (группы фибры 1 и 2 по СП); 2 – высокопрочная фибра при $R_f=950-1050$ МПа (группа 3 по СП). Длина производимой фибры l_f варьируется в пределах от 30 до 100 мм при варьировании диаметра d_f в пределах 0,3–1 мм.

На основе приведенного анализа влияния основных параметров фибры на прочность сталефибробетона авторами была предложена классификация стальной фибры по ее прочности на растяжение и типоразмерам с учетом коэффициента η_f , учитывающего эффективность анкеровки фибры в бетоне-матрице (табл. 2).

Описанный выше характер связи прочности сталефибробетона на растяжение с характеристиками фибры подтверждается данными расчета R_{fb} с использованием полученных на основе большого экспериментального материала зависимостей СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции» для диапазона изменения классов прочности бетона на сжатие В15–В60 и вышеназванных 4 типов фибры (рис. 1).

Анализ данных рис. 1 показывает, в частности, что высокопрочная ($R_f=950$ МПа) относительно короткая фибра ($l_f/d_f=50$) в сочетании с неэффективным коэффициентом анкеровки $\eta_f=0,9$ во всем диапазоне классов

прочности бетона-матрицы <B55 обуславливает разрушение сталефибробетона по механизму 2 (кривая 3') и в рабочем диапазоне прочности бетона В25–В45 ниже по эффективности (значение расчетного сопротивления сталефибробетона на растяжение R_{fb}) на 20–30% фибры обыкновенной прочности ($R_f=440$ МПа) при их одинаковых геометрических параметрах (кривая 1, 1').

Таким образом, сталефибробетон в зависимости от характеристик и объемного содержания фибры, характеристик бетона-матрицы обеспечивает повышение прочности (расчетного сопротивления) исходного бетона на растяжение, как это следует из рис. 1, в 2,5–7 раз, при повышении прочности при сжатии на 15–35%, что в определенных условиях позволяет использовать сталефибробетон как самостоятельный конструкционный материал для несущих конструкций [5].

Расширение возможностей применения сталефибробетона как конструкционного материала стало возможным в том числе в связи с тем, что в последние годы в Российской Федерации появился ряд крупных производств стальной фибры. На Южном Урале – это предприятия в Магнитогорске (НПО «Магфибрастрой», ООО «ММК-МЕТИЗ»), Челябинске (НПК «Волвек»), Кургане («Курганстальмост»), Уфе (НПП «Инвертор»).

Для исследования напряженно-деформированного состояния малопроектных засыпных арочных мостов и водопропускных труб, работающих в составе насыпи в условиях плоской деформации, был использован программный комплекс «Plaxis 8.2», позволяющий моделировать физико-механические характеристики грунтов основания и засыпки, а также реализовать совместную работу изделий с грунтом под действием нагрузок от автотранспорта и собственного веса грунта.

В качестве конструктивной схемы малопроектных засыпных мостов рассмотрены 2 варианта арок – двухшарнирная пролетом 4 м и трехшарнирная пролетом 6 м. С целью обоснования рационального очертания арочных конструкций в обоих вариантах были рассмотрены круговая и параболическая арки при изменении стрелы подъема $f=1,4-2$ м для двухшарнирной арки пролетом 4 м и $f=1,6-3$ м – для трехшарнирной арки пролетом 6 м. Расчеты выполнены для нескольких типов грунтового основания арочных мостов при варьиро-

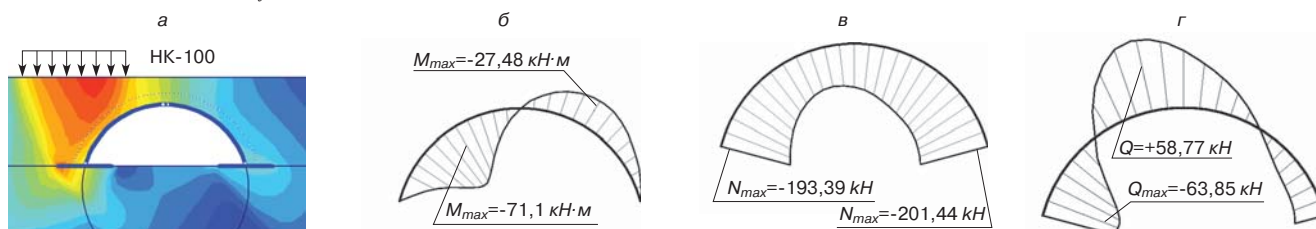


Рис. 2. Пример расчета трехшарнирной арки единичной длины пролетом 6 м для варианта 3 асимметричного расположения нагрузки НК-100 ($h=1$ м, грунт основания – мягкопластичный суглинок): а – геометрическая модель с изополями общих перемещений грунта; б, в, г – эпюры изгибающих моментов, продольных сжимающих сил, поперечных сил

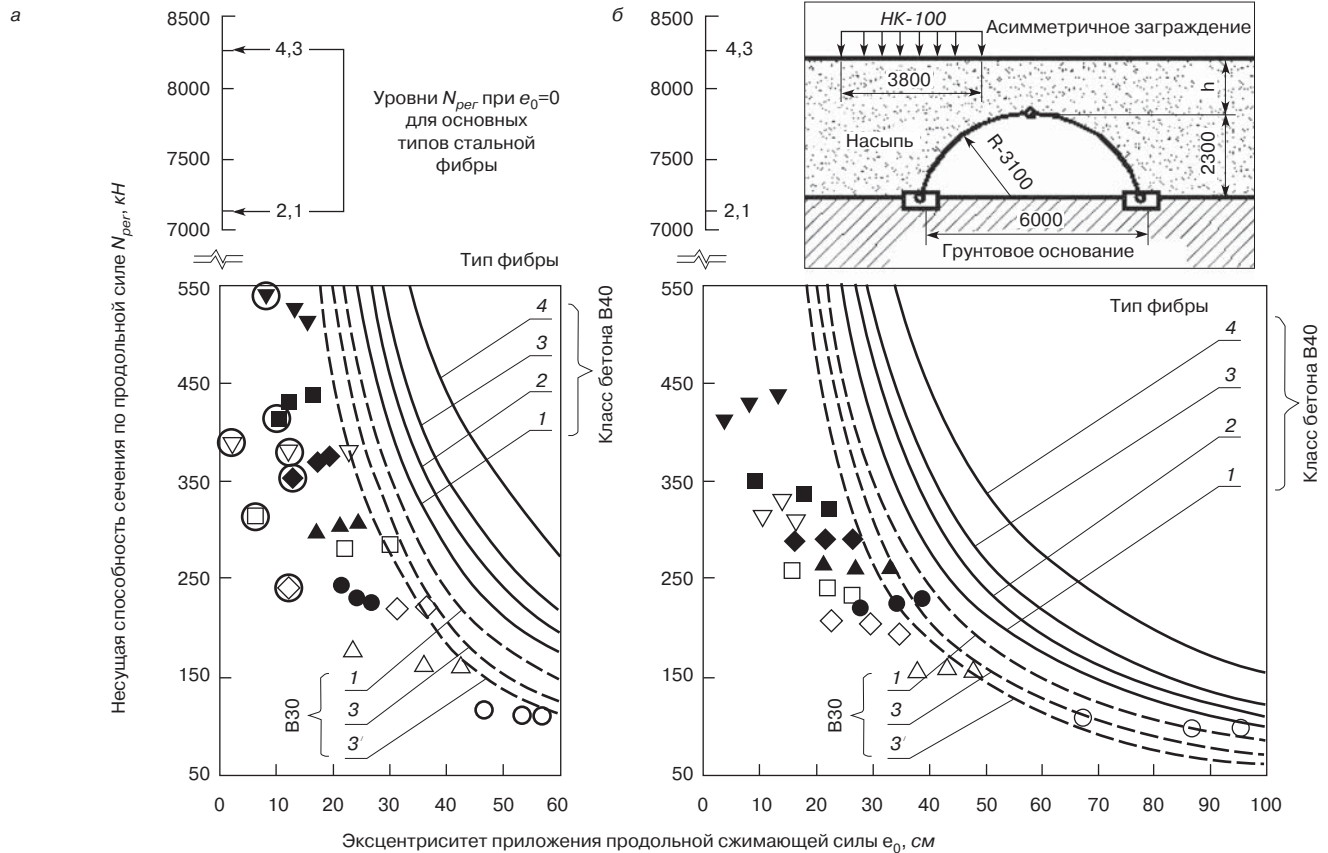


Рис. 3. Зависимости несущей способности $N_{per} - e_0$ сталефибробетонного сечения арки $1 \times 0,25$ м для бетона классов прочности В30, В40 и четырех типов фибры

вании высоты засыпки из песчаного грунта $h=1-6$ м и различном расположении подвижных нагрузок НК-80, НК-100 в пределах пролета.

Исследования показали, что для обоих типов и пролетов арок в условиях переменного положения временной нагрузки в пределах пролета параболическое очертание не имеет значимых преимуществ перед круговым очертанием. Поэтому оптимальным для двухшарнирной арки пролетом 4 м и 6-метровой трехшарнирной арки принято круговое очертание.

Для оптимальных очертаний были выполнены расчеты (рис. 2) силового состояния арок с использованием ПК «Plaxis 8.2». Расчеты выполнены для стадии начального нагружения и стадии эксплуатации при реализации деформаций ползучести сталефибробетона.

На рис. 3 представлены номограммы несущих способностей $N_{per} - e_0$ сечения арки $1 \times 0,25$ м, выполненной в сталефибробетоне на основе бетона-матрицы классов прочности В30 и В40 для характерных типов фибры 1 – 4, 3' согласно приведенной классификации при $\mu_{fv}=0,015$.

Точки соответствуют расчетным значениям усилий для трехшарнирной арки пролетом 6 м и $f=2,3$ м: $\odot(\bullet)$ – наибольший положительный (отрицательный) изгибающий момент в сечениях арки при высоте засыпки $h=1$ м; $-$ то же при $h=2$ м; $\diamond(\blacklozenge)$ – то же при $h=3$ м; $\square(\blacksquare)$ – то же при $h=4$ м; $\nabla(\blacktriangledown)$ – то же при $h=6$ м; а – для скального основания; б – для основания в виде мягкопластичного суглинка. Остальные пояснения к рис. 3 даны в тексте.

Зависимости $N_{per} - e_0$ отражают позитивное влияние на несущую способность сталефибробетонного сечения повышения прочности бетона (на 10–15% при использовании бетона класса В40 по отношению к классу В30 для одинакового типа фибры), отражают преимущества

оптимальных по длине типов фибры (типы 2 и 4 по отношению к 1 и 3), фиксируют неэффективность использования относительно короткой высокопрочной фибры (типы 3, 3'; $R_f=950$ МПа) по использованию ее прочностных характеристик и достигаемому упрочнению бетона-матрицы на растяжение. Данные рис. 3 указывают на рациональность применения фибры типа 1 обыкновенной прочности ($R_f=440$ МПа) при $l_f/d_f \approx 40-50$. Этот тип фибры характеризуется эффективным коэффициентом анкеровки $\eta_f=0,6$ за счет завитости волокна (ТУ 0991-123-53832025-2001, НПО «Магфибрастрой», г. Магнитогорск), устройства отгибов на концевых участках (ТУ 1276-002-51484465-2002, НПК «Волтек», Челябинск).

На рис. 3 на фоне номограмм несущих способностей сечений арок представлены точки значений расчетных усилий $N - e_0$ в наиболее нагруженных сечениях трехшарнирной арки пролетом 6 м при $f=2,3$ м. Значения расчетных усилий $N - e_0$ представлены блоками из трех точек, при этом усилие с наименьшим эксцентриситетом соответствует эксплуатационной стадии работы арки с реализованным упругопластическим характером работы сталефибробетона, а с наибольшим эксцентриситетом – начальной стадии работы, которая в расчетах учитывается начальным модулем упругости сталефибробетона.

Анализ данных, приведенных на рис. 3, показывает, что при скальном грунте основания (или в слабых грунтах при жестком фундаменте в виде свайного ростверка) сечения арки при высоте засыпки 3–6 м работают в условиях, благоприятных по величине эксцентриситета $e_0 \leq 0,5h$, при запасе несущей способности по продольной силе применительно к сталефибробетонному сечению на основе фибры типа 1 и бетона классов В30–В40 (точки $\nabla \blacktriangledown \square \blacksquare \diamond \blacklozenge$ на рис. 3, а). То есть арочные конструкции для этих условий могут быть реализованы в сталефибробетоне без каких-либо ограничений. Для

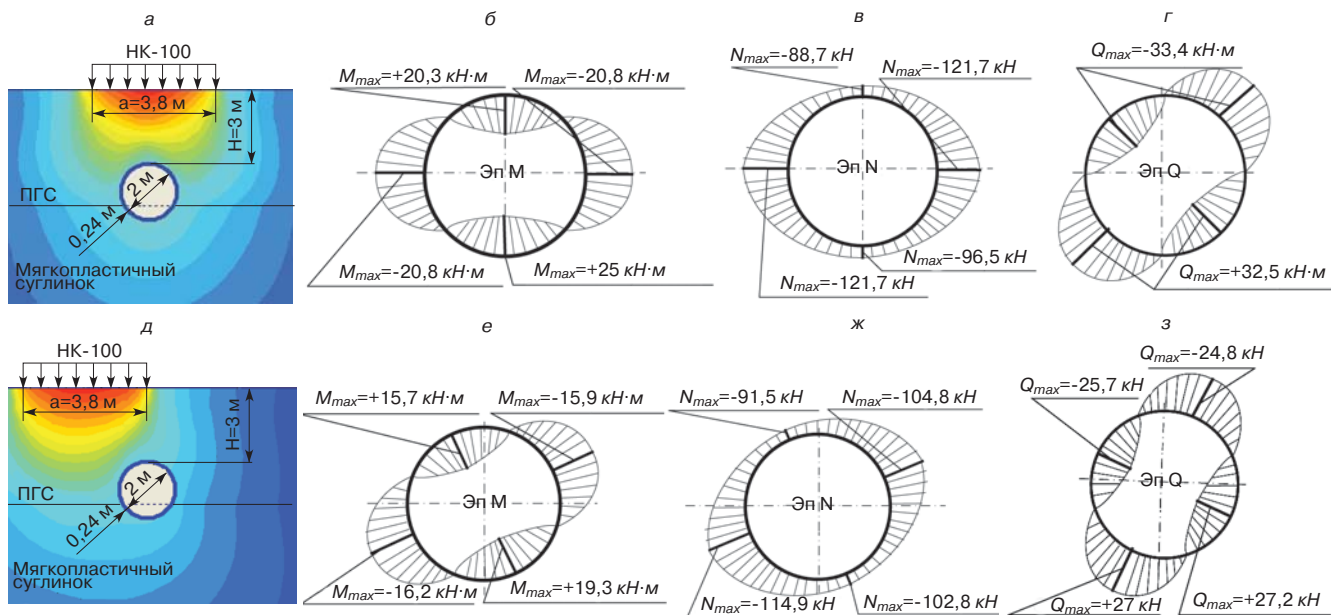


Рис. 4. Пример расчета водопропускной трубы отверстием 2 м, толщиной стенки 24 см под высоту засыпки 3 м для варианта симметричного (а, б, в, г) и асимметричного (д, е, ж, з) расположения нагрузки НК-100 в ПК «Plaxis 8.2»: а, д – геометрическая модель с изополями общих перемещений грунта; б, е – эпюры изгибающих моментов; в, ж – эпюры продольных сжимающих сил; г, д – эпюры поперечных сил. Эпюры усилий приведены для элемента единичной длины

высоты засыпки 2 м (точки Δ на рис. 3, а) значение эксцентриситета приложения продольной сжимающей силы составляет $e_0/0,5h \approx 1,3-1,8$ при запасе прочности по продольной силе относительно несущей способности сечения не менее 4 раз, что также позволяет реализовать конструкции арок в сталефибробетоне.

Наиболее тяжелым случаем, особенно для основания в виде мягкопластичного суглинка (рис. 3, б), является малая высота засыпки 1 м, которой соответствуют большие эксцентриситеты действия продольной сжимающей силы $e_0/0,5h$ до 4–5 при относительно небольших запасах прочности по соотношению N_{per}/N . В данном случае конструкции арок должны решаться с использованием комбинированного армирования. Подобный анализ также выполнен для двухшарнирной арки пролетом 4 м с оптимальной стрелой подъема $f=2$ м.

Таким образом, выполненные исследования указывают на возможность проектирования малопролетных арочных мостов с рациональным очертанием свода и подтверждают возможность изготовления звеньев двухшарнирных арок пролетом 4 м и трехшарнирных арок

пролетом 6 м с использованием бетона классов прочности В30–В50, армированием стальной фиброй при $\mu_f=0,015-0,02$. Результаты исследований позволили сформулировать принципы армирования арок малопролетных засыпных мостов под автомобильные нагрузки, приведенные в табл. 3.

Согласно СНиП 2.05.03–84* «Мосты и трубы» водопропускные трубы рассчитываются на действие изгибающего момента в коньковом сечении трубы без учета сжимающей продольной силы, в реальности существенно разгружающей сечение напряжениями обжатия и частично повышающей ее несущую способность.

Использование программного комплекса «Plaxis 8.2» позволило учесть положительное влияние данного фактора и установить, что перемещения положения расчетной временной автомобильной нагрузки, НК–80 и НК–100 в пределах $e = \pm a/2$ от симметричного положения (вертикальной оси трубы) приводят к определенной асимметрии эпюры изгибающих моментов относительно вертикальной оси при сохранении знакопеременного характера эпюры M и понижения уровня значений всех усилий в критических сечениях (рис. 4).



Рис. 5. Испытания конструкций для дорожного строительства на стенде БашНИИстроля: а – звено водопропускной трубы с плоским опиранием и отверстием 1,5 м, б – трехшарнирная арка пролетом 6 м



Рис. 6. Применение сталефибробетонных водопропускных труб (а), малопролетных засыпных арочных мостов (б), телескопических водосборных лотков (в) на объектах дорожного строительства Республики Башкортостан

Разработана нормативно-техническая документация на производство и применение сталефибробетонных изделий и конструкций, выпускаемых ОАО «Башкиравтодор», в частности Рекомендации по изготовлению и применению малопролетных засыпных арочных мостов и звеньев водопропускных труб, армированных стальной фиброй и Технические условия ТУ 5859-002-03433484–2005 «Блоки водопропускных труб сталефибробетонные круглые сборные».

Вся номенклатура сталефибробетонных изделий, выпускаемая на заводе ОАО «Башкиравтодор», была подвергнута испытаниям на силовом стенде ГУП «БашНИИстрой» (рис. 5 а, б). Результаты испытаний подтвердили расчетные уровни несущей способности конструкций.

В настоящее время завод ЖБИ ОАО «Башкиравтодор» по разработанной нормативной документации освоил данную технологию и перевел большую часть номенклатуры выпускаемых изделий (звенья арочных мостов и водопропускных труб, водосборные телескопические лотки) с традиционного стержневого на дисперсное армирование стальной фиброй. Выпускаемые изделия широко используются на объектах строительства Республики Башкортостан как в новом строительстве, так и при реконструкции (рис. 6). В дальнейшем планируется расширение номенклатуры выпускаемых изделий за счет освоения производства сталефибробетонных дорожных плит повышенной эксплуатационной надежности.

Ключевые слова: бетон-матрица, фибра, дисперсное армирование, анкеровка, расчетное сопротивление, трещиностойкость, водопропускная труба, засыпной арочный мост, водосборный лоток.

Список литературы

1. Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны. М.: Стройиздат, 1989. 176 с.
2. Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Бабков В.В., Недосеко И.В. Водопропускные трубы для автомобильных дорог из сталефибробетона // Строит. материалы. 2003. №10. С. 21.
3. Технические условия ТУ 5859-002-03433484–2005 «Блоки водопропускных труб сталефибробетонные круглые сборные».

4. Бабков В.В., Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Недосеко И.В., Мохов В.Н., Дистанов Р.Ш. Сталефибробетонные конструкции в автомобильном строительстве Республики Башкортостан // Строит. материалы. 2006. № 3. С. 50–53.
5. Бабков В.В., Недосеко И.В., Дистанов Р.Ш. Соотношение расхода стали при фибровом и стержневом армировании в тонкостенных элементах // Строительный вестник Российской инженерной академии: Труды секции «Строительство» Российской инженерной академии. Вып. 10. М., 2009. С. 163–164.

X ЕЖЕГОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ
ЧЕРНОМОРСТРОЙ
 25–27 ноября 2010 · Анапа

Строительство и благоустройство
 Строительные материалы
 Евроремонт
 Энергетика
 ЖКХ
 Озеленение

Ваш мост в мире строительства

РОСТЕКС
 ВЫСТАВКИ ЮГА РОССИИ

(87937) 330-94, 331-79; (863) 240-32-60/61
 kavkaz-expo@mail.ru; www.rostex-expo.ru



Конференция горняков-стройматериальщиков 40 лет.

История, достижения, перспективы



8–10 сентября 2010 г. в Москве прошла XIV конференция «Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов». Ее организаторами выступили Ассоциация «Недра», Московский государственный горный университет, Российское научно-техническое общество строителей и Академия горных наук. Проведение конференций нерудников имеет сорокалетнюю историю, которая началась осенью 1970 г., когда состоялось Всесоюзное совещание работников горной отрасли промышленности строительных материалов. Это было первое мероприятие такого уровня, которое проходило под эгидой НТО (научно-технического общества) стройиндустрии, в то время авторитетной общественно-инженерной организации.

Почему возникла необходимость в проведении всесоюзных совещаний в системе НТО? Горная отрасль промышленности строительных материалов как самостоятельная отрасль сформировалась в XX веке. Она включала тысячи карьеров нерудных строительных материалов (НСМ), сотни карьеров других видов минерального сырья (гипс, асбест, мел, глины и т. п.). К этому времени отрасль обрела весомый научный потенциал. Был накоплен обширный практический опыт. Но предприятия были организационно разобщены. Например, карьеры НСМ входили в состав 50 министерств и ведомств. Разобщенность не только затрудняла проведение единой технической политики. Она проявлялась во многом. Даже заработок трудящихся из-за существования различных тарифных сеток существенно различался. Нужен был вневедомственный, независимый орган. Таким

органом стала секция «Нерудные строительные материалы», созданная по инициативе И.Б. Шлаина в составе НТО стройиндустрии.

Главной задачей секции стало сплочение специалистов для решения общепромышленных проблем. Всесоюзные совещания были признаны инструментом для принятия важнейших решений, так как они основывались на коллективном мнении работников отрасли и учитывали ее особенности. Например, в рудной отрасли необходимо добиваться максимальной степени измельчения руды, чтобы, раскрыв кристаллы, увеличить выход металла. А при производстве щебня фракции менее 5 мм в основном становятся отходами обогащения, что обуславливает накопление десятков миллионов тонн отсевов, то есть потерянного полезного ископаемого. Следовательно, в разных отраслях должны применяться и различные технологии, и разные виды оборудования.

Первое всесоюзное совещание горняков отрасли открыл председатель секции И.Б. Шлаин. С программным докладом выступил ректор Московского горного института В.В. Ржевский. Первоначально основное внимание уделялось промышленности НСМ, поскольку на ее долю приходится примерно 70% объема добываемых в отрасли полезных ископаемых. В настоящее время тематика расширилась и включает цементную, керамическую и другие подотрасли. На конференциях стали выступать потребители продукции горняков – дорожники, бетонщики.

В организации всесоюзных совещаний участвовали отраслевые институты: ВНИПИИстромсырье, Гипронеруд, ВНИИнеруд, СоюздорНИИ, а также Московский горный институт (ныне универси-

тет). Позднее постоянными участниками, но уже конференций стали НПП «Механобр-техника», НИИЖБ и др.

С первой встречи начали складываться традиции: ориентация на запросы промышленности; принятие конкретных итоговых документов; обязательное издание докладов; проведение производственных экскурсий.

Каждое всесоюзное совещание, собиравшее 300 и более участников, становилось значительным событием в жизни горняков. Совещания проходили в различных городах Советского Союза – Донецке и Запорожье (Украина), Ленинграде, Челябинске, Павловске. Их проведение планировалось Государственным комитетом по науке и технике. Войти в этот план было нелегко. Сейчас трудно представить энтузиазм участников первых совещаний. Получить приглашенный билет считалось большой удачей. Необходимо отметить заинтересованное, неравнодушное отношение специалистов, которое проявлялось порой в острых дискуссиях. Люди были уверены, что их мнение не только услышат участники совещания, но оно сможет повлиять на развитие отрасли. Многие рекомендации совещаний реализовывались.

Например, одной из важнейших считалась проблема применения износостойких сит для грохотов, однако отечественная химическая промышленность не стремилась расширять номенклатуру. Тогда в соответствии с рекомендациями совещания было организовано производство резиновых сит на опытно-производственном институте «ВНИПИИстромсырье».

Отрасль нуждалась в кадрах, знающих ее специфику. Удалось решить непростой вопрос введения в горных вузах новой спе-



Выступает Г.Р. Буткевич



А.А. Журавлев (слева) и А.Н. Коровников

специализации: добыча и переработка строительных горных пород. Лидером создания этой специализации стал МГИ при активном участии В.В. Ржевского; она существует около 40 лет. Это можно отнести к числу важнейших осуществленных рекомендаций всесоюзных совещаний нерудников.

Есть другой пример. Принципиальная позиция, занятая на совещании группой специалистов, оградила отрасль от массового применения типового проектирования, плохо совместимого с условиями горных предприятий. В 60-е гг. типовое проектирование считалось государственной политикой, и выступить против модной тенденции было непросто.

Обсуждались перспективы применения вычислительной техники. Хотя до эпохи персональных компьютеров было далеко, опыт накапливался.

Однако предложения о выпуске нового оборудования не нашли отклика у машиностроителей, что обернулось трагедией для отечественного машиностроения, когда получившие свободу выбора горняки стали предпочитать зарубежную технику.

Последнее всесоюзное совещание состоялось в сентябре 1989 г. в Павловске. Выступавшие говорили о будущем отрасли, которое оказалось не таким, как тогда представлялось...

Изменилась ситуация как в экономике, так и в деятельности НТО. Решение о проведении мероприятий различного масштаба теперь можно было принимать не согласовывая с какими-либо государственными органами. Однако организация таких мероприятий требовала больших усилий и материальных затрат. Но главное – изменилась возможность реализации рекомендаций, сформулированных и одобренных на мероприятии.

Менялась и психология участников. Это стало заметно на совещании 1992 г.,

которое состоялось уже в новом государстве. Многие коллеги стали иностранцами, но стремление к общению сохранилось.

Прошли годы. Встречи проводятся регулярно. Еще не поздно высказать глубокую признательность тем руководителям организаций, которые в трудные 1990-е гг. оказывали финансовую поддержку конференциям, обеспечивали их участникам возможность посетить предприятия, обмениваться производственным опытом.

В этот непростой период жизни страны и отрасли была создана Ассоциация «Недра», которая начала энергичную работу по сплочению горняков-строительных материалов. Ассоциация «Недра» также приняла на себя основные хлопоты по продолжению традиции проведения отраслевых научно-технических конференций.

Конференции приобрели статус международных. Стали привычными встречи с коллегами из Белоруссии, Украины, Казахстана, Латвии, Литвы, Эстонии, Германии, Израиля, Испании, США, Финляндии, Чехии. В конференциях участвуют не только горняки, но и геологи, потребители минеральной продукции, машиностроители, управленцы. Проявляют активность крупнейшие отечественные и зарубежные машиностроительные фирмы.

За прошедшие годы горная отрасль промышленности строительных материалов преобразилась. Если раньше на карьерах преобладали экскаваторы с ковшевой емкостью 1–2 м³, то теперь это 5- и 10-кубовые машины. Вместо стационарных ДСЗ внедряются модульные полустационарные и самоходные перерабатывающие комплексы. Изменились задачи, которые нужно решать производственникам, науке, проектантам.

Чтобы наша работа приносила результат, нужны обратные связи и понимание проблем отрасли в государственных

структурах. Горнякам необходимо представлять, какие характеристики минеральной продукции являются оптимальными, каких изменений, требований к продукции следует ожидать. Ведь чтобы создать новое оборудование и технологию, потребуется минимум 10 лет при условии обеспечения финансирования. А реконструкция горного предприятия, запроектированного для выпуска определенных видов продукции с целью изменения ее номенклатуры – процесс продолжительный и дорогостоящий. Но потребители как будто нас не слышат.

У горняков как потребителей оборудования в отношениях с отечественными машиностроителями сложилась противоположная ситуация. Создается впечатление, что коллег-машиностроителей не интересуют предложения об изменениях конструкции оборудования.

Не все специалисты и работники государственных структур адекватно оценивают тот факт, что около половины добываемых твердых полезных ископаемых как в мире, так и в России приходится на сырье для производства только одного вида продукции – НСМ. По этой причине отсутствие четкой государственной политики в области недропользования и стимулирования вовлечения вторичных ресурсов для производства строительных материалов, серьезные недостатки в горном законодательстве затрагивают горную отрасль строительствоматериалов по крайней мере не меньше других горных отраслей. А в российских государственных структурах после ликвидации Госстроя почти не осталось профессионалов-строительных материаловщиков, нет ни одного горняка. Это затрудняет реализацию принимаемых решений. На таком фоне в Ассоциации «Недра» сформировалась группа специалистов, воспринимаемая как неформаль-



Участники XIV конференции «Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов»



Г.И. Газалеева



И.М. Ялтанец



Н.А. Журавлев

ный центр для работы с государственными структурами.

Таковы некоторые факты истории проведения всесоюзных совещаний – отраслевых конференций нерудников.

В какой ситуации продолжается работа отрасли? Эти вопросы обсуждались на XIV конференции. Положение в отрасли и перспективы ее развития были охарактеризованы в докладе А.И. Волкова (Минрегионразвития РФ). Доклад базировался на положениях Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 г. Выступивший затем О.Е. Харо (ФГУП «ВНИПИИстромсырье») высказал сомнения в выполнимости приведенных в Стратегии показателей по выпуску НСМ: за оставшиеся годы нужно увеличить объем производства более чем в 2 раза (с 427 млн м³ – максимума, достигнутого в 2008 г., до 1040 млн м³ в 2020 г.). Пути достижения огромного прироста выпуска продукции не разьяснены.

Участники констатировали, что правительство предприняло некоторые действия для поддержания экономики страны: в программы развития жилищно-

го строительства страны в 2010 г. вложено более 250 млрд р. (около 70% к уровню аналогичного периода 2007 г.). Однако в стране разрушен строительный цикл. Отмеченный в 2010 г. рост жилищного строительства достигнут за счет завершения строительства объектов, которые начали возводить 2–3 года назад. Бюджетных ассигнований для изменения ситуации недостаточно, а внебюджетные средства привлекаются слабо. По этой причине новое строительство почти не ведется. Подобная ситуация складывается и в дорожном строительстве: из запланированных 160 млрд р. освоено менее половины.

В докладах были приведены подробные данные о состоянии минерально-сырьевой базы промышленности НСМ (18% докладов, рис. 1). Отмечено, что из общего количества разведанных месторождений, которые учтены Государственным балансом запасов, в распределенном фонде числится 2/3 месторождений строительного камня и примерно половина месторождений песчано-гравийных пород и песков строительных. Уже не первый раз обращается внимание на существенные расхождения в соотношении объема добычи полезных ископаемых, отнесенных к строительному камню, учтенных Балансом, и объема выпущенного щебня по данным Росстата.

Большое внимание было уделено законодательству о недропользовании. Основной доклад сделал Е.И. Панфилов (УРАН ИПКОН РАН). Выступавшие высказывали критические замечания, говорили о необходимости внесения коренных изменений в законодательство, принятии единого документа – Горного кодекса РФ.

В разделе о технологии горных работ представляют интерес доклады о разработке обводненных запасов песчано-гравийных месторождений (А.С. Чирков и И.М. Ялтанец, МГГУ) и о применении карьерных комбайнов для разработки скальных пород. Доклады по технологии переработки минерального сырья по сложившейся за последние 15 лет традиции в значительной степени посвящались вопросам выпуска щебня 1-й и 2-й групп по ГОСТ 8267–93, так называемого кубовидного.

На основании анализа содержания докладов, выступлений и задаваемых вопросов можно выделить группу проблем, на которых следует сосредоточить внимание инженерной общественности.

1. Участие в формировании государственной доктрины в области недропользования.
2. Принятие Горного кодекса РФ – документа, который должен установить четкий порядок в горном секторе экономики и устранить существующие разночтения с Водным, Земельным и Лесным кодексами и другими документами о недропользовании.
3. Широкое распространение передовых технологий.

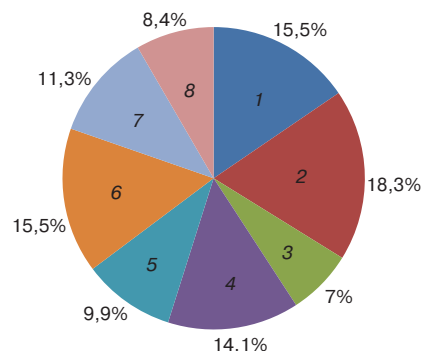


Рис. 1. Распределение тематики докладов: 1 – состояние промышленности; 2 – минерально-сырьевая база; 3 – законодательство о недропользовании. Стандарты; 4 – технология горных работ; 5 – технология переработки минерального и техногенного сырья; 6 – оборудование; 7 – экология и комплексное использование минерального сырья; 8 – другие вопросы

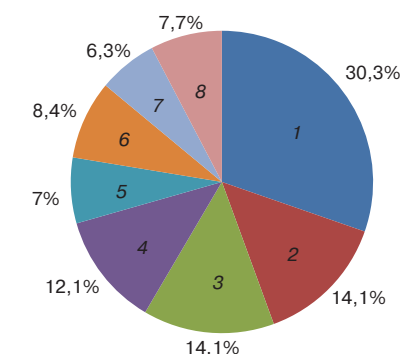


Рис. 2. Распределение участников конференции: 1 – горные предприятия; 2 – машиностроительные предприятия; 3 – научно-исследовательские организации; 4 – университеты; 5 – проектные организации; 6 – государственные организации; 7 – СМИ; 8 – прочие

4. Решение практических вопросов, осложняющих работу предприятий, в частности из-за производства естественных монополий.

В работе конференции приняли участие 204 специалиста, издан тиражом 500 экз. сборник докладов, в который вошли 67 статей. Поскольку конференция являлась юбилейной, ассоциация наградила ветеранов отраслевыми медалями и грамотами. Участники конференции приняли рекомендации, где перечислены вопросы, с которыми предлагается обратиться к Правительству РФ, законодательным и исполнительным органам власти РФ, Минприроды РФ, Роснедра и ФАС. Чтобы добиваться принятия необходимых для развития отрасли решений, нужно объединять усилия. Хочется верить, что совместная работа Ассоциации «Недра», МГГУ, Академии горных наук, РНТО строителей позволит реализовать рекомендации и продолжить традицию проведения конференций.

Г.Р. БУТКЕВИЧ
председатель секции
«Нерудные строительные материалы»
РНТО строителей (Москва)

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

Литой асфальтобетон для конструкций дорожной одежды мостового полотна

В настоящее время в России при ремонте покрытий автомобильных дорог и устройстве полотна на мостах и путепроводах используют литой асфальтобетон. Разработаны рекомендации, определяющие особенности устройства дорожной одежды на стальной ортотропной и железобетонной плите проезжей части мостовых сооружений [1].

При разработке рекомендаций учтен отечественный и зарубежный опыт устройства и эксплуатации мостового полотна на стальной и железобетонной плитах пролетных строений отечественных автодорожных мостов и путепроводов. Эти рекомендации обобщают опыт использования литого асфальтобетона в Саратовской области при сооружении мостового перехода через Волгу у с. Пристанное и в Москве при капитальном ремонте Крылатского моста через Москву-реку, содержат требования к материалам, организации производства работ и технологии устройства конструкции мостового полотна с использованием литых асфальтобетонных смесей. Рекомендации предназначены для практического использования организациями, осущес-

ствляющими проектирование, строительство и эксплуатацию мостового полотна на мостах и путепроводах с металлическим и железобетонным пролетным строением.

В рекомендациях использованы следующие термины и определения:

– мостовое полотно – совокупность всех элементов, расположенных на пролетном строении. Включает дорожную одежду проезжей части, тротуары, ограждающие устройства, устройства для водоотвода, обогрева и освещения, деформационные швы и сопряжения моста с подходами;

– литая асфальтобетонная смесь – рационально подобранная горячая смесь минерального материала (щебня, песка, минерального порошка) и органического вяжущего, характеризующаяся повышенной подвижностью и плотностью после укладки, не требует дополнительного уплотнения. Литые асфальтобетонные смеси изготавливают в соответствии с ТУ 400-24-158;

– литой асфальтобетон – сформировавшаяся литая асфальтобетонная смесь;

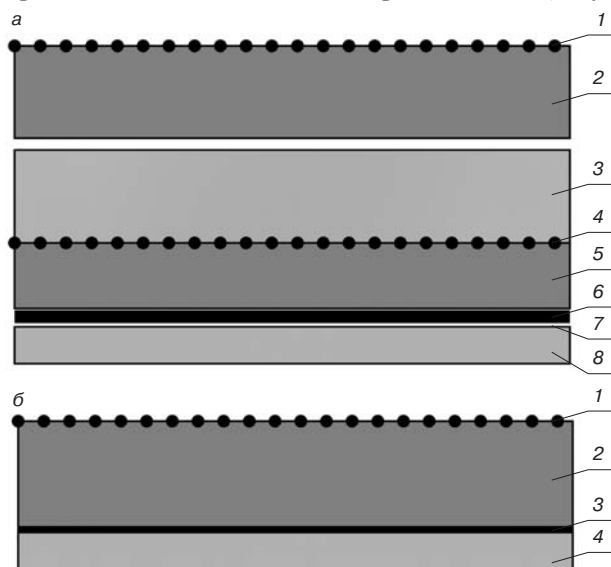


Рис. 1. Конструкции дорожной одежды мостового полотна, рекомендуемые к применению на металлической ортотропной плите А: с покрытием из литой асфальтобетонной смеси: а – проезжая часть: 1 – россыпь черного щебня фр. 5–10 мм, расход 5–8 кг/м²; 2 – литой асфальтобетон I или II типа, слоем 40 мм; 3 – асфальтобетон типа А, Б, слоем 40 мм; 4 – россыпь щебня фр. 5–10 мм, расход 7–10 кг/м²; 5 – мастика изолирующая, расход 55 кг/м², слоем 20 мм; 6 – битумно-полимерное вяжущее, расход 3 кг/м²; 7 – разжиженное битумно-полимерное вяжущее, расход 0,5–0,6 кг/м²; 8 – металлическая ортотропная плита; б – тротуар: 1 – россыпь черного щебня фр. 5–10 мм, расход 5–8 кг/м²; 2 – литой асфальтобетон IV типа, слоем 40 мм; 3 – битумно-полимерное вяжущее, расход 3 кг/м²; 4 – металлическая ортотропная плита

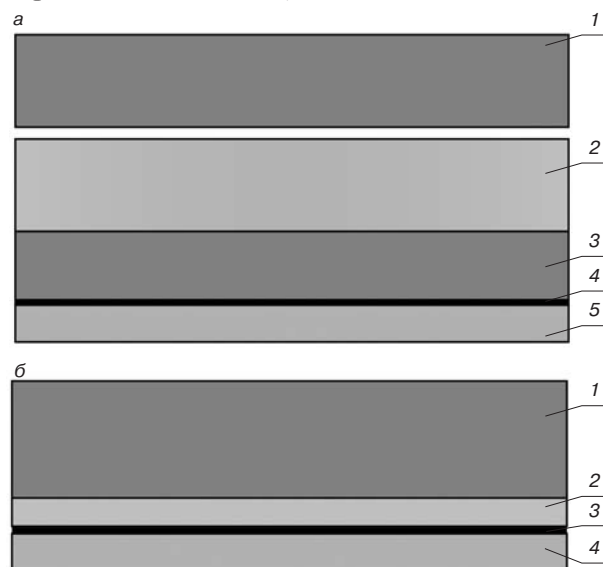


Рис. 2. Конструкции дорожной одежды мостового полотна, рекомендуемые к применению на металлической ортотропной плите Б: с покрытием из литой сероасфальтобетонной смеси: а – проезжая часть: 1 – литой сероасфальтобетон I типа, слоем 40 мм; 2 – асфальтобетон типа А, Б или литой сероасфальтобетон I типа, слоем 40 мм; 3 – мастика битумно-полимерная наполненная, расход 55 кг/м², слоем 20 мм; 4 – битумно-полимерная эмульсия, расход 0,7–0,8 кг/м²; 5 – металлическая ортотропная плита; б – тротуар: 1 – литой сероасфальтобетон II типа, толщиной 30 мм; 2 – мастика битумно-полимерная наполненная, расход 27 кг/м², слоем 10 мм; 3 – битумно-полимерная эмульсия, расход 0,7–0,8 кг/м²; 4 – металлическая ортотропная плита

Таблица 1

Показатель	Норма	Способ определения, документ
Кинематическая вязкость, мм ² /с	12–25	ГОСТ 33-82
Температура размягчения остатка по КиШ, °С, не ниже	70	ГОСТ 11506–73 ОСТ 218.010–98
Растворимость остатка в толуоле, %, не менее	97	
Эластичность остатка при температуре °С, %, не менее	50	
Температура вспышки, °С, не ниже	57	ГОСТ 6356–75
Время высыхания, мин, не более	3	ГОСТ 19007–73
Группа горючести, не ниже	II	ГОСТ 30244–94

Таблица 2

Показатель	Норма	Способ определения, документ
Содержание вяжущего вещества, мас.%, не менее	16,5	ТУ 5775-002-00011168-00
Количество частиц, %, менее: 0,071 мм 2 мм	25–40 >90	
Прогиб 0,1 мм при 25°С при 0°С при -40°С	2,6 0,2 <0,05	
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25°С	50–120	
Эластичность, % при +5°С	>50	ГОСТ 11501–78 ГОСТ 11505–75

– литая сероасфальтобетонная смесь – разновидность литой асфальтобетонной смеси, в которой 40–45% нефтяного битума заменено технической серой. Смесь производится в соответствии с ТУ 5718-001-53737504.

Литой сероасфальтобетон – сформировавшаяся литая сероасфальтобетонная смесь. Характеризуется повышенной тепло- и сдвигоустойчивостью.



Рис. 3. Конструкции дорожной одежды мостового полотна, рекомендуемые к применению на металлической ортотропной плите В: с покрытием из литой сероасфальтобетонной смеси: а – проезжая часть: 1 – литой сероасфальтобетон I типа, слоем 40 мм; 2 – асфальтобетон типа А, Б или литой сероасфальтобетон I типа, слоем 40 мм; 3 – рулонный гидроизоляционный материал слоем 20 мм; 4 – металлическая ортотропная плита; б – тротуар: 1 – литой сероасфальтобетон II типа, слоем 30 мм; 2 – рулонный гидроизоляционный материал, слоем 10 мм; 3 – металлическая ортотропная плита

Конструкции дорожной одежды мостового полотна, рекомендуемые к применению на металлической ортотропной плите, представлены на рис. 1–3, а на железобетонной плите пролетного строения – на рис. 4–6.

Для приготовления смесей применяют щебень крупностью 5–10 и 10–20 мм, параметры которого удовлетворяют требованиям ГОСТ 8267.

Для приготовления асфальтобетонных смесей и мастик применяют песок природный и из отсевов дробления, параметры которого удовлетворяют требованиям ГОСТ 8736 и ГОСТ 26193.

Для приготовления смесей и мастик применяют минеральный порошок в соответствии с требованиями ГОСТ 16557.

Для приготовления смесей, мастик, эмульсий применяют битум по ГОСТ 22245.

Для приготовления смесей, мастик, эмульсий применяют битумно-полимерное вяжущее в соответствии с требованиями ОСТ 218.010.

Параметры вяжущего должны удовлетворять требованиям, приведенным в табл. 1. Требования к мастикам приведены в табл. 2. Параметры литого асфальтобетона должны удовлетворять требованиям ТУ 400-24-158, приведенные в табл. 3. Требования к литым сероасфальтобетонным смесям должны удовлетворять ТУ 5718-001-53737504 и представлены в табл. 4.

Технология устройства дорожной одежды мостового полотна заключается в следующем.

Подготовительные работы. Началу работ по устройству дорожной одежды мостового полотна предшествует разработка проекта этих работ или привязка типовой технологической карты к местным условиям на данном объекте.

В проекте производства работ должны быть представлены: генеральный план строящегося или ремонтируемого объекта; технологическая последовательность выполнения работ; организация движения автомобильного транспорта; схемы движения общественного транспорта в период строительства или ремонта (при наличии движения общественного транспорта); схемы движения технологического транспорта; места установки ограждений, светильников (прожекторов) для выполнения работ в вечернее и ночное время; календарный график производства работ с указанием сроков, объема работ, подлежащих ежедневному выполнению, и необходимого количества технологических машин, инструментов и материалов; циклограмма транспортирования материалов на объект; пояснительная записка, в которой обосновывается организация и технология работ, указываются мероприятия по обеспечению безопасных условий производства, подробно излагаются особенности объекта.

При производстве работ без закрытия движения автомобильного транспорта место производства работ должно быть ограждено щитами, а с боковых сторон – конусами в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50597.

До начала работ следует произвести обучение инженерно-технических работников и рабочих. Бригада рабочих на каждой операции должна быть оснащена необходимым оборудованием и инвентарем.

Подготовка металлической плиты при устройстве мостового полотна на металлической ортотропной плите осуществляется механическим способом с использованием пескоструйной, водоструйной, водопескоструйной, дробеструйной или иной технологии в соответствии с ГОСТ 9.402.

Технологический перерыв между окончанием процесса очистки и нанесением разжиженного битумно-полимерного вяжущего или битумно-полимерной эмульсии с адгезионной добавкой не должен превышать 7 ч при влажности воздуха 70 %, при большей влажнос-

Таблица 3

Показатель	Нормы по типам асфальтобетона			Способ определения, документ
	I	II	IV	
Пористость минерального остатка, об %, не более	20	22	22	ТУ 400-24-158-89*
Водонасыщение, об %, не более	1	1	7	
Глубина вдавливания штампа при 40°C, мм, не более	1-6	1-4	-	
Предел прочности при сжатии при 50°C, МПа, не менее	-	1	0,7	
Подвижность смеси при 200°C, мм, не менее	30	25	-	
Предел прочности при растяжении при изгибе при 0°C (факкультативно), МПа, не менее	6,5	6	-	
Модуль упругости при 0°C (факкультативно), МПа, не более	8	9	-	

ти – 3 ч. Нанесение вышеупомянутых материалов производится пневмораспылителем с широкой факельной форсункой или другими инструментами и оборудовани- ем, позволяющими обеспечить расход 0,5 кг/м².

При устройстве дорожной одежды мостового полотна после обработки металлической поверхности разжи- женным битумно-полимерным вяжущим при темпера- туре воздуха не менее 5°C на него вручную наносят би- тумно-полимерное вяжущее (БПВ 60) из расчета 3 кг/м².

Температура битумно-полимерного вяжущего при укладке должна быть 180–210°C. Битумно-полимерное вяжущее доставляют на место укладки в битумовозах или автогудронаторах, оборудованных трубками для слива с запирающимися кранами. Розлив БПВ произ-

водится вручную на поверхность из металлической лейки и разравнивается термостойкими резиновыми шпателями.

Битумно-полимерную мастику укладывают на слой БПВ или битумно-полимерной эмульсии. До нанесения мастики отверстия под водоотводные трубки уплотняют деревянными заглушками на время изоляционной ра- боты. Мастику изготавливают на асфальтобетонном заво- де при 180–210°C и выгружают в термос-бункер, осна- щенный механической мешалкой и термостатом.

Укладка производится ручным или механизирован- ным способом в один слой. Средний расход мастики составляет 55 кг/м². При ручной укладке смесь из тер- моса-бункера через запорный люк выдают в ручную те- лежку на пневмоходу, которая также оборудована слив- ным люком шандрного типа.

Разравнивание массы по высоте (не более 20 мм) производят скребком, промер толщины слоя – специ- альным металлическим шупом.

При механизированном способе (рис. 2.) укладку производят специализированным асфальтоукладчиком или распределителем для литых асфальтобетонных сме- сей. Температура мастики во время укладки должна быть 180–210°C. Во время укладки температуру мастики постоянно проверяют.

По горячей мастике вручную совковой лопатой распределяют щебень фракции 5–10 мм с расходом 7–10 кг/м². Укатку катком не производят (если это не предусмотрено проектом).

При укладке в качестве гидроизоляции наполненной гидроизоляционной битумно-полимерной мастики распределять сверху щебень не требуется.

Ровность поверхности мастики проверяют 3- или 5- метровой рейкой.

Водоотводные трубки устанавливают на горячую мастику. Готовая поверхность мастики должна быть гладкой, без пор и трещин. В случае их появления изо- ляцию исправляют битумно-полимерным вяжущим БПВ 40 или 60 или полностью заменяют.

Защитный слой из горячего мелкозернистого ас- фальтобетона типов А и Б (ГОСТ 9128) толщиной 40 мм (рис. 1–3) укладывают на слой мастики. Температура смеси должна соответствовать данным табл. 5.

Укладку смеси производят асфальтоукладчиком с резиновыми колесами оборудованным автоматикой для выравнивания укладываемого слоя. Показатель ровности уложенного асфальтобетона должен отвечать требо- ваниям СНиП 3.06.03.

Уплотнение асфальтобетона производят катком мас- сой 3–4 т за 4–5 проходов. Прежде чем уложить основной верхний слой, ровность предыдущего слоя проверяют и возможные неровности исправляют тонким слоем ас- фальтобетона. После укладки слоя асфальтобетона по не- му можно открыть движение только для технологическо- го транспорта, занятого на устройстве мостового полотна.

Защитный слой из литого сероасфальтобетона (рис. 2, 3) толщиной 40 мм укладывают на слой мастики. Транспортирование смеси к месту производства работ производят в специальных самоходных установках с котлом-термосом, оборудованных обогревом и мешал- кой. При транспортировании должны обеспечиваться непрерывное перемешивание и температура смеси 140–160°C, а в необходимых случаях – порционная выгрузка с варьированием скорости выдачи смеси.

Запрещается использовать самоходные установки с приводом вала мешалки от двигателя автомобиля через раздаточную коробку.

Перед началом загрузки котел-термос (бункер) про- гревают до 120–140°C двумя подогревателями или фор- сунками (в зависимости от погодных условий время прогрева может быть увеличено). Запрещается включать

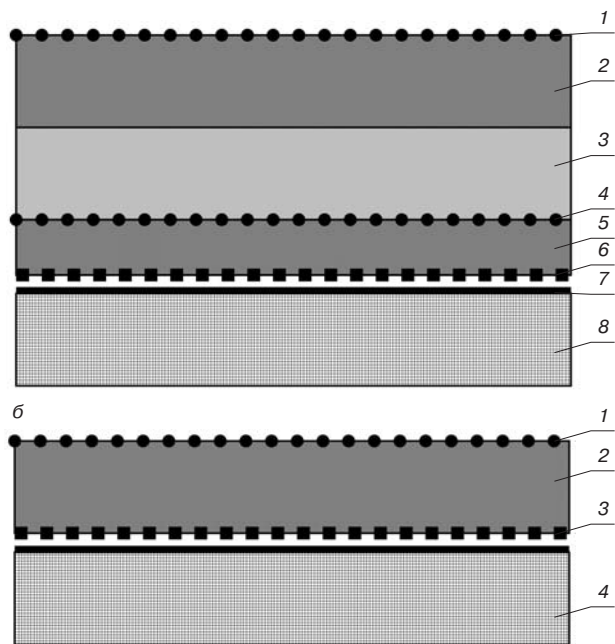


Рис. 4. Конструкции дорожной одежды мостового полотна, рекоменду- емые к применению на железобетонной плите А: с покрытием из литой асфальтобетонной смеси: а – проезжая часть: 1 – россыпь черного щебня фр. 5–10 мм, расход 5–8 кг/м²; 2 – литой асфальтобетон I или II типа, слоем 40 мм; 3 – асфальтобетон типа А, Б, слоем 40 мм; 4 – рос- сыпь щебня фр. 5–10 мм, расход 7–10 кг/м²; 5 – мастика изолирующая, расход 55 кг/м², слоем 20 мм; 6 – сетка из полиэстера; 7 – разжиженное битумно-полимерное вяжущее, расход 0,5–0,6 кг/м²; 8 – железобетон- ная плита; б – тротуар: 1 – россыпь черного щебня фр. 5–10 мм, рас- ход 5–8 кг/м²; 2 – литой асфальтобетон IV типа, слоем 40 мм; 3 – сетка из полиэстера; 4 – железобетонная плита

Таблица 4

Показатель	Нормы для смеси типа асфальтобетона		Способ определения, документ
	I	II	
Пористость минерального остова, об %, не более	22	22	ГОСТ 12801-98
Водонасыщение, об %, не более	0,5	1	
Предел прочности при сжатии при 50°C, МПа, не менее	1	0,7	
Подвижность смеси при 150°C, мм, не менее	30	40	ТУ 400-24-158-89*
Глубина вдавливания штампа при 40°C, мм, в пределах	1-5	3-7	
Предел прочности при растяжении при изгибе при 0°C (факультативно), МПа, не менее	7	6	
Модуль упругости при 0°C (факультативно), МПа, не более	8,5	7,5	

сцепление привода мешалки до прогрева бункера и при наличии в нем остатков затвердевшей (неразогретой) смеси, препятствующей движению лопастей мешалки. Крышка загрузочного отверстия передвигного котла должна быть открыта непосредственно перед подачей автомобиля под погрузку.

В процессе транспортирования перемешивание смеси в передвижной установке должно быть непрерывным. Температуру в котле поддерживают периодическим включением форсунок и водитель контролирует по установленному в кабине водителя прибору. Категорически запрещается нагревать смесь свыше 160°C.

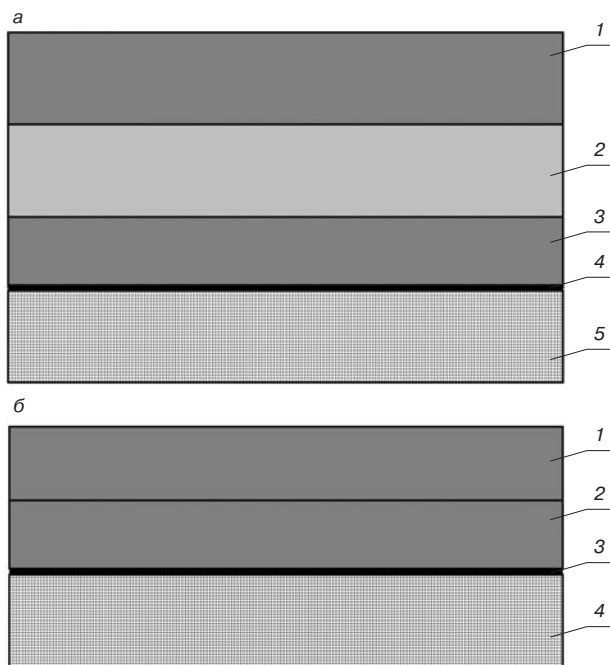


Рис. 5. Конструкции дорожной одежды мостового полотна, рекомендуемые к применению на железобетонной плите Б: с покрытием из литой сероасфальтобетонной смеси: а – проезжая часть: 1 – литой сероасфальтобетон I типа, слоем 40 мм; 2 – асфальтобетон типа А, Б или литой сероасфальтобетон I типа, слоем 40 мм; 3 – мастика битумно-полимерная наполненная, расход 55 кг/м², слоем 20 мм; 4 – эмульсия битумно-полимерная, расход 0,7–0,8 кг/м²; 5 – железобетонная плита; б – тротуар: 1 – литой сероасфальтобетон II типа, слоем 30 мм; 2 – мастика битумно-полимерная наполненная, расход 55 кг/м², слоем 10 мм; 3 – эмульсия битумно-полимерная, расход 0,7–0,8 кг/м²; 4 – железобетонная плита

На месте укладки смесь выгружают при наклоне выпускного лотка и одновременной работе лопастной мешалки в котле.

Перед распределением литой смеси выглаживающую плиту асфальтоукладчика или распределителя устанавливают на край ранее уложенного слоя или на брус, толщина которого соответствует толщине устраиваемого слоя, включают двигатель и приборы разогрева плиты и бункера, устанавливают в рабочее положение следящую систему. Для предотвращения растекания укладываемого слоя применяют скользящую опалубку. При ее отсутствии до начала распределения смеси должны быть установлены в продольном направлении и закреплены упорные деревянные или металлические брусья, состоящие из звеньев длиной до 6 м. Высота бруса должна соответствовать проектной толщине укладываемого слоя. По мере остывания уложенного слоя брусья переставляют. При работе с одним асфальтоукладчиком или распределителем длину захватки устанавливают так, чтобы край уложенной полосы при устройстве смежной полосы имел температуру не менее 70–80°C.

Приемку специализированных автомобилей и выгрузку из них смеси в приемный бункер асфальтоукладчика осуществляют под руководством специально выделенного опытного рабочего сигнальщика в специальной форме. Смесь распределяют специализированными асфальтоукладчиками для литых асфальтобетонных смесей типа Vogele 15-02 GAF или специализированными распределителями типа EB фирмы Linhoff или типа GB фирмы Faendrich AG без последующего уплотнения.

Специализированные асфальтоукладчики для литого асфальтобетона должны быть оборудованы электронной следящей системой, обогреваемой выглаживающей плитой и обогреваемым бункером, позволяющими осуществлять приемку смеси из передвижных котлов-термосов.

Самоходные распределители оборудуют электронной следящей системой, дистанционным управлением плавности хода и устройством, обеспечивающим однородность смеси при укладке. Распределитель не имеет обогреваемого приемного бункера. Смесь из котлов-термосов выгружают перед распределителем на существующее основание или нижний слой покрытия. Поэтому применять распределитель целесообразно только при температуре воздуха выше 10°C. Если температура ранее уложенной смежной полосы ниже требуемой, ее край на ширину до 150 мм прогревают с помощью линейки-разогревателя, использующей тепловую энергию инфракрасного излучателя.

Линейка-разогреватель обеспечивает разогрев асфальтобетона на глубину 30–40 мм за 2–3 мин до 80–100°C. При сопряжении смежных полос линейку-разогреватель перемещают впереди асфальтоукладчика по краю ранее уложенной полосы асфальтобетона. Обнаруженные дефекты на поверхности покрытия непосредственно после распределения смеси, особенно в местах примыкания к бортовому камню и брускам для упора, обрабатывают вручную с помощью специального ручного инструмента.

По окончании укладки смеси слой ее клинообразно утончается. При возобновлении работ клинообразную часть слоя обрубает вертикально по рейке или шнуру в направлении, перпендикулярном оси дороги. Толщина покрытия в местах обрубки должна быть не меньше проектной.

Температура смеси при укладке должна быть не ниже 140°C в летнее время и не выше 155°C при пониженной температуре.

Движение автомобильного транспорта по готовому покрытию открывается по достижении им температуры

Таблица 5

Вид смеси	Температура смеси, °С, в зависимости от характеристик битума		
	глубины проникания иглы 0,1 мм при 25°С, мм		
	40/60	61/90	91/130
Горячая	150–160	145–155	140–150

наружного воздуха, но не ранее чем через час после завершения работ.

Литой асфальтобетон на битумно-полимерном вяжущем I, II типа укладывают на защитный слой из горячего мелкозернистого асфальтобетона или на защитный слой из литого сероасфальтобетона. Литой асфальтобетон на битумно-полимерном вяжущем IV типа на тротуарах укладывают непосредственно на слой гидроизоляции.

Окончательное приготовление литой асфальтобетонной смеси осуществляют в термосах-бункерах в течение 2 ч, включая время доставки на объект, при 200°С с принудительным перемешиванием массы. Во время укладки температуру смеси постоянно проверяют и она должна быть не менее 190°С.

Перед началом загрузки передвижного котла смесь в нем зажигают форсунки и производят нагрев до 180–190°С. Крышка загрузочного отверстия передвижного котла должна быть открыта не ранее чем за 5 мин до его загрузки смесью. В процессе транспортирования смесь непрерывно перемешивают, а ее температуру в котле поддерживают на уровне 200–210°С.

При укладке (ВСН 60) асфальтобетонных смесей в два и более слоев их продольные швы следует смещать на 100–200 мм, причем продольный шов верхнего слоя должен совпадать с осью дороги.

Смесь из котлов через запорный люк выдают порциями на проезжую часть в зону захвата распределителя литого асфальта или в приемный бункер специализированного асфальтоукладчика, который распределяет смесь и обеспечивает заданную толщину слоя. Следом за распределителем смеси следует распределитель черного щебня крупностью 5–10 мм, который равномерно

распределяет его по уложенной поверхности литого асфальтобетона с расходом 5–8 кг/м². Колеса распределителя щебня не должны перемещаться по свежеложенному асфальтобетону. Через 10–15 мин по слою щебня проходит каток массой 3 т для вдавливания черного щебня в асфальтобетон.

Стыки в местах примыкания литого асфальтобетона к бордюру, стойкам барьерного ограждения, деформационным швам, а также в местах сопряжения слоев проливают битумно-полимерным вяжущим БПВ 60.

Литой асфальтобетон необходимо укладывать только на сухой слой асфальтобетона. Особое внимание необходимо обращать на обеспечение толщины слоев дорожной одежды мостового полотна в зоне деформационных швов. На расстоянии 3 м в обе стороны от оси шва должна быть соблюдена ровность поверхности дорожной одежды мостового полотна как вдоль, так и поперек оси моста на уровне верхней отметки шва.

Доставка смеси к месту укладки должна быть непрерывной и производиться навстречу движению строительного потока. Производительность смесительной установки, количество передвижных котлов и производительность асфальтоукладчика или распределителя должны быть согласованы между собой.

Перед распределением литой смеси выглаживающую плиту асфальтоукладчика устанавливают на край ранее уложенного слоя или на брус, толщина которого соответствует толщине укладываемого слоя. Для предотвращения растекания укладываемого слоя применяется скользящая опалубка, перемещающаяся за асфальтоукладчиком. При ее отсутствии до начала распределения смеси должны быть установлены в продольном направлении и закреплены деревянные или металлические брусья, состоящие из звеньев общей длиной до 20 м. Высота бруса должна соответствовать проектной толщине укладываемого слоя. По мере остывания уложенного слоя брусья переставляют. Распределение смеси производят одновременно и непрерывно по всей ширине проезжей части. При работе нескольких асфальтоукладчиков или распределителей они должны двигаться ступенями с опережением 25–30 м. При работе с одним асфальтоукладчиком или распределителем длина захватки устанавливается так, чтобы край уложенной полосы при устройстве смежной имел температуру 100–130°С.

Обнаруженные дефекты на поверхности покрытия после распределения смеси, особенно в местах примыкания к упорным брусьям, обрабатывают вручную с помощью специальных гладилок.

Черный горячий щебень для вдавливания в покрытие доставляют на объект в автомобилях-самосвалах до начала распределения смеси в количестве, необходимым для бесперебойной работы, и равномерно распределяют щебнераспределителем или вручную по поверхности устраиваемого покрытия.

Движение автомобильного транспорта по готовому покрытию открывают по достижении им температуры наружного воздуха, но не ранее чем через три часа после завершения работ.

Ключевые слова: ремонт автомобильных дорог, стальная ортотропная и железобетонная плиты, асфальтобетонная смесь, асфальтобетон, сероасфальтобетонная смесь, технология укладки.

Литература

1. Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Макаров В.Н., Овчинников И.Г. Устройство конструкций дорожной одежды мостового полотна с использованием литого асфальтобетона. Саратов: АНО ЭК. Проект СТО. 2009.

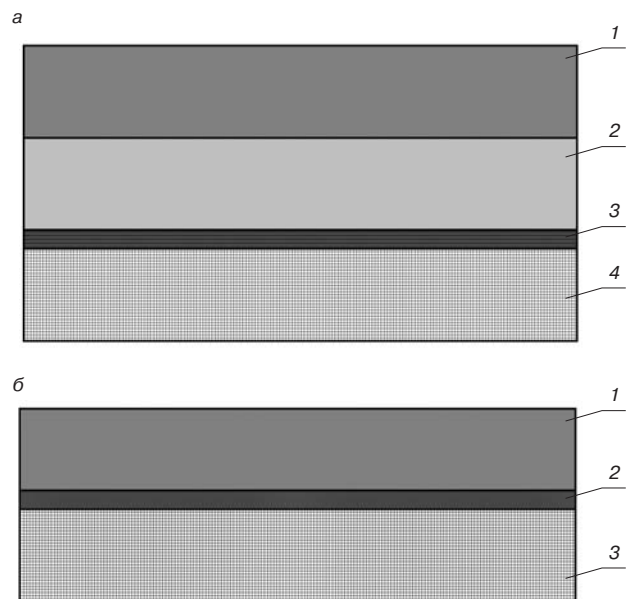


Рис. 6. Конструкции дорожной одежды мостового полотна, рекомендуемые к применению на железобетонной плите В: с покрытием из литой сероасфальтобетонной смеси: а – проезжая часть: 1 – литой сероасфальтобетон I типа, слоем 40 мм; 2 – асфальтобетон типа А, Б или литой сероасфальтобетон I типа, слоем 40 мм; 3 – рулонный гидроизоляционный материал; 4 – железобетонная плита; б – тротуар: 1 – литой сероасфальтобетон II типа, слоем 30 мм; 2 – рулонный гидроизоляционный материал; 3 – железобетонная плита

А.В. КОРОЧКИН, канд. техн. наук, главный инженер филиала «Автодорпроект»
 ГУП МО «Московский областной дорожный центр»

Опыт устройства тонких асфальтобетонных слоев на цементно-бетонном основании

В настоящее время стремительно увеличиваются интенсивность движения транспортных средств, осевые нагрузки и удельная масса грузовых автомобилей в составе транспортного потока. Основная нагрузка ложится на автомобильные магистрали, соединяющие крупные области и районы страны.

Значительная часть автомобильных магистралей имеет жесткую дорожную одежду, что делает возможным движение тяжелых транспортных средств с большой интенсивностью.

В наши дни при проектировании и строительстве автомобильных дорог максимальная расчетная нагрузка согласно СНиП 2.05.02–85 «Автомобильные дороги» составляет 11,5 т. При этом выпускаемые в РФ, а также поставляемые в Россию грузовые автомобили имеют осевую нагрузку порядка 14 т (MAZ, Scania, MAN). С обеспечением пропускной способности столь значительной нагрузки с заданной долговечностью наиболее успешно справляются жесткие конструкции.

Изначально на автомобильных магистралях была устроена жесткая цементно-бетонная дорожная одежда. Во время эксплуатации дороги существующий цементно-бетон перекрывался слоями асфальтобетона. Устройство асфальтобетонных слоев на жесткой плите производили в целях улучшения эксплуатационных свойств дороги, в частности для улучшения ровности и сцепления. Основным несущим элементом конструкции, обеспечивающим достаточную прочность, является цементно-бетонное основание. Другими словами, устройство асфальтобетонных слоев применяли как технологию ремонта жесткой дорожной одежды. При этом ранее уложенные слои асфальтобетона не снимали, что приводило к постоянному и неконтролируемому увеличению толщины асфальтобетонных слоев. К настоящему времени встречаются конструкции дорожной одежды, в которых толщина асфальтобетонных слоев, уложенных на существующее цементно-бетонное покрытие, достигает 40–50 см. В таких условиях конструкция работает нерационально, что приводит к преждевременному ее износу и разрушению.

Под прочностью понимают свойство материала оказывать в определенных условиях и пределах сопротивление разрушению от различных внешних физических воздействий, сопровождающихся возникновением в нем напряжений. Применительно к дорожным одеждам под прочностью понимают ее свойство сохранять сплошность поверхности и ровность в допустимых пределах под воздействием природно-климатических условий и многократно повторяющихся нагрузок автотранспортных средств в течение срока службы.

Одними из первых отечественных ученых, которые внесли огромный вклад в теорию расчета необходимой

толщины асфальтобетонного покрытия, устраиваемого поверх старого цементно-бетонного покрытия, были: Н.Н. Иванов, В.Ф. Бабков, И.А. Медников, А.М. Богуславский, В.С. Орловский, В.А. Чернигов, С.В. Коновалов, Ю.А. Агалаков и др.

Традиционным способом ремонта цементно-бетонных покрытий является перекрытие их асфальтобетонными слоями значительной толщины. В России в соответствии с отраслевыми дорожными нормами на проектирование нежестких дорожных одежд толщину слоев из составов, содержащих органическое вяжущее и укладываемых на верхний слой основания из материалов, укрепленных цементом, для ограничения появления отраженных трещин на покрытии нужно принимать, как правило, не менее толщины слоев, укрепленных цементом. При этом минимальная толщина слоев должна соответствовать требованиям, приведенным в табл. 2.3 из [1]. Таким образом, на автомобильных магистралях с большой интенсивностью движения (более 2 тыс. авт/сут) толщина асфальтобетонных слоев на цементно-бетонном основании составит 18 см. При этом класс бетона по прочности на растяжение при изгибе R_{bt} должен быть 0,8 МПа, а средняя прочность бетона при растяжении при изгибе — 1 МПа. При прочности бетона $R_{bt}=2,8$ МПа допускается устраивать толщину асфальтобетонных слоев не менее 16,5 см.

Считается, что вместо увеличения толщины слоя за счет более правильной ориентации минеральных зерен возможно повысить прочность слоя и, как следствие, трещиностойкость покрытия [2].

В начале 50-х гг. прошлого столетия получили широкое распространение конструкции дорожных одежд с цементно-бетонным покрытием. Как правило, такие

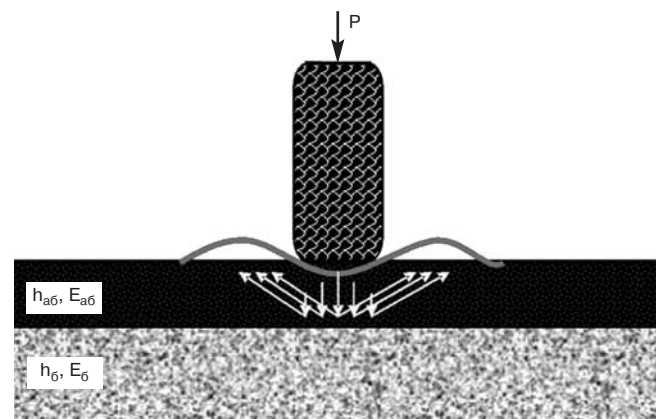


Рис. 1. Схема работы асфальтобетонного покрытия на цементно-бетонном основании

покрытия устраивали на дорогах с тяжелым и интенсивным движением. Эксплуатация таких покрытий показала их состоятельность, и они зарекомендовали себя как надежные со значительным сроком службы.

На сегодняшний день расчетный срок службы при проектировании конструкции дорожной одежды с цементно-бетонным покрытием составляет 25 лет. Опыт эксплуатации цементно-бетонных покрытий в России показал, что фактический срок службы достигает 30–40 лет. В Германии, Австрии, Бельгии, Голландии и др. европейских странах это является обычным делом. Существуют примеры у нас и за рубежом, когда срок службы достигает более 50 лет. Несмотря на такое преимущество по сравнению с асфальтобетонным покрытием, значимой проблемой является его ремонт. Большие затраты на проведение ремонта, технологическая сложность, а иногда и невозможность восстановить покрытие до первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств привели к простому перекрытию их асфальтобетонными слоями.

В последнее время в мировой практике широкое распространение получили тонкие, а также ультратонкие слои износа, которые в первую очередь необходимы для восстановления эксплуатационных показателей, устраиваемых как на асфальтобетонных, так и на цементно-бетонных покрытиях. Их устройство выполняется с целью обеспечения требуемой шероховатости и улучшения ровности покрытия, а также для защиты поверхности покрытия от вредного воздействия эксплуатационных и климатических факторов.

Применение однослойных асфальтобетонных покрытий на цементно-бетонных основаниях в России началось в 1929 г. в Москве; более широкое применение относится к 1950–1955 гг. [3]. Толщина устраиваемых слоев на магистральных улицах Москвы в некоторых случаях достигала 4–4,5 см.

Рассматривая задачу повышения устойчивости однослойных асфальтобетонных покрытий, М.А. Шахназаров, отмечает, что такие покрытия разрушаются значительно быстрее двухслойных. Однако наряду с этим, как показало обследование, имеются отдельные участки с однослойным асфальтобетонным покрытием, существенно не отличающиеся по своим эксплуатационным показателям от двухслойных.

Ремонт цементно-бетонных покрытий тонкими асфальтобетонными слоями показал свою состоятельность в таких странах, как Германия, Франция, Италия, Венгрия, США, а также в странах ближнего и дальнего зарубежья. Существует опыт применения тонких слоев и в России. Так, например, А.В. Вишневецкий в своей работе приводит данные о применении тонких асфальтобетонных слоев толщиной 2,5–5 см на автомобильных дорогах Новосибирской, Кемеровской областей и в Алтайском и Забайкальском краях.

На основе разработанных техничеcких условий (ТУ 218 РСФСР 601–88 «Смеси битумно-минеральные открытые для устройства макрошероховатого слоя дорожных покрытий») Ю.А. Агалаков провел ис-

следование работоспособности тонких асфальтобетонных слоев толщиной до 5 см с повышенным содержанием щебня, оценив их транспортно-эксплуатационные показатели и изменение в течение эксплуатации дороги в реальных условиях. По результатам опытно-производственных исследований дана оценка работоспособности тонких асфальтобетонных покрытий с повышенным содержанием щебня, уложенных на жесткое основание, где работоспособность предлагаемых тонких слоев в 2,5–3 раза выше нормативной. Автор исследований объясняет это тем, что на границе взаимодействия тонких слоев с жестким основанием в процессе эксплуатации возникают большие сжимающие напряжения. Это способствует созданию более прочной и компактной структуры асфальтобетона, которая выдерживает большую разрушающую нагрузку, чем в толстых слоях.

Положительный опыт применения тонких слоев из асфальтобетона имеется в Республике Беларусь [3]. Технология включает после подготовительных работ устройство трещинопрерывающей мембраны, распределение щебня фракции 10–15 мм с последующим устройством защитного тонкого слоя из мелкозернистого асфальтобетона (рис. 2).

Устройство трещинопрерывающей мембраны заключается в распределении битумно-полимерного вяжущего с расходом 2,5–2,8 л/м² при температуре 175–185°С. После чего производится распределение технологического слоя щебня фракции 10–15 мм, обработанного битумом, с расходом 8–10 кг/м². Данный слой служит для обеспечения сплошности мембраны при передвижении асфальтоукладочной техники во время укладки защитного слоя асфальтобетона. Непосредственное устройство защитного слоя из асфальтобетона допускается выполнять на следующие сутки, но не позднее 3 суток после устройства технологического слоя из щебня.

В Германии тонкие слои устраивают из холодного асфальтобетона на автомагистралях с интенсивностью движения 70 тыс. авт/сут. Как отмечает Ю.А. Агалаков, после пяти лет эксплуатации данные слои находились в хорошем состоянии и имели шероховатую поверхность.

Во Франции разработаны классы тонких асфальтобетонных покрытий, которые делают на тонкие слои толщиной 35–50 мм и особо тонкие толщиной менее 30 мм, а также использование предварительно приготовленных промышленным способом тонких ковриков, которые впоследствии приклеивают к цементно-бетонным покрытиям. Такие коврики обладают большей трещиностойкостью, но меньшей износостойкостью.

Широкое распространение в недавнем времени получила технология устройства тонких слоев износа на основе эмульсионно-минеральных смесей. Одной из таких смесей является защитный слой износа типа Сларри Сил, состоящий из катионоактивной битумной эмульсии, дробленого щебня, минерального материала, химических добавок и воды. Назначение компонентов: битум связывает смесь и придает ей пластичность, долговечность и обеспечивает адгезию; щебень и минеральные наполнители обеспечивают стойкость к нагрузкам; химические добавки регулируют скорость формирования смеси на дороге. Наряду с такими преимуществами, как низкая чувствительность к воздействию температуры, активная адгезия к покрытию, высокая водонепроницаемость, низкая шумность и малый выброс каменного материала, слой износа типа Сларри Сил обеспечивают долговечность слою 3–5 лет при толщине 5–15 мм. В общем случае толщина устраиваемого слоя определяется размером самого крупного зерна щебня в смеси.

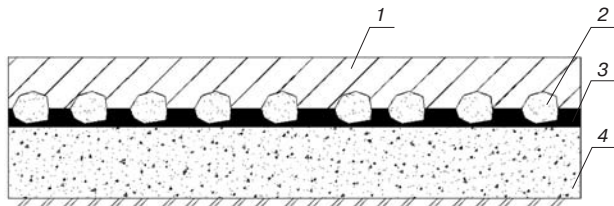


Рис. 2. Конструкция тонкослойного асфальтобетонного покрытия на старом цементобетонном основании в Республике Беларусь: 1 – асфальтобетон 2,5–3 см; 2 – щебень фракции 10–15 мм; 3 – битумно-полимерное вяжущее; 4 – старое цементобетонное покрытие

В США поверх старого цементно-бетонного покрытия хорошо зарекомендовал себя ультратонкий слой из горячей асфальтобетонной смеси Novachip. Применяют три типа зернового состава А, В и С с максимальным размером зерен 4,75, 9,5 и 12,5 мм, что позволяет устраивать толщину слоя соответственно 12,5, 16 и 19 мм. Содержание вяжущего в смеси находится в интервале 4,6–5,8%. Перед распределением смеси под давлением укладочной машины происходит распределение эмульсии в количестве 0,7–1 л/м² в зависимости от состояния перекрываемого покрытия при температуре 50–80°C. Не более чем через 5 с после распределения эмульсии производится устройство слоя из смеси, имеющей температуру 145–165°C со скоростью 10–30 м/мин. После чего необходимо уплотнение смеси двумя проходами 9-тонного катка со стальными вальцами. Открытие движения разрешается сразу после уплотнения при температуре слоя ниже 85°C. Срок службы слоя в США показал свою состоятельность и составляет до 10 лет [4, 5].

В США широко применяется защитный слой из холодной литой смеси Ralumas. Это микропокрытие толщиной 10–15 мм и больше, устраиваемое из плотной смеси каменных материалов и эмульсии на битумно-полимерном вяжущем. Слой Ralumas исправляет продольные неровности, заполняет неглубокую колею и сохраняет существующее асфальтобетонное или цементнобетонное покрытие. Перед нанесением на цементнобетонное покрытие поверхность увлажняют; в случае большой пористости поверхности необходима подгрунтовка. Смесь состоит из мелкозернистого каменного материала плотного зернового состава, медленно распадающейся эмульсии, минерального порошка и добавки, которая регулирует время распада. Упомянутые компоненты готовят в передвижной установке, после чего смесь поступает в короб-распределитель с по-

мощью которого ее укладывают на покрытие без укатки. В случае, если на цементно-бетонном покрытии наблюдается значительная глубина колеи, с помощью специального короба-распределителя колею заполняют, а после формирования материала в колею производят укладку защитного слоя на всю ширину проезжей части.

Таким образом, успешный многолетний российский и зарубежный опыт строительства и эксплуатации жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием небольшой толщины показал, что данная конструкция обладает значительной прочностью и высокими транспортно-эксплуатационными качествами. Теоретические и экспериментальные исследования подтверждают, что возможный срок службы цементобетона может составить порядка 40–45 лет. При этом в случае использования асфальтобетона небольшой толщины исключительно как слоя износа существенно повышается долговечность дорожной одежды.

Список литературы

1. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197–91). М., 2004.
2. Капитальный ремонт цементно-бетонных покрытий автомобильных дорог. М., 2008. 56 с.
3. Кушинский В.А., Радьков Н.В., Игошин Д.Г., Сулимова А.Н. Рекомендации по устройству защитных слоев износа по мембранной технологии на автомобильных дорогах с жесткими дорожными одеждами. Минск, 1999.
4. Novachip. Experimental feature report. Washington, 2008.
5. Samuel B. Cooper, Louay N. Mohammad. Novachip surface treatment. Louisiana, 2004.



1–2 декабря 2010 г.

Москва, МГСУ

С О С Т О И Т С Я

Первая международная конференция

«Российские дни сухих строительных смесей»

Организаторы:

**Московский государственный строительный университет
Международное Сообщество сухих строительных смесей
Российский Союз производителей сухих строительных смесей**

Отрасль сухих строительных смесей является ярким примером инновационного развития отечественного производства. За 15 лет, прошедших с начала внедрения российских научных разработок на стадии становления отрасли, создано более 280 предприятий по производству ССС, которые выпускают продукцию в объеме, превышающем 40 млрд р. в год.

Тематика конференции

- Развитие индустрии ССС в мире, обзор глобального рынка, влияние кризисных явлений, роль технологии и науки, вопросы экологии;
- Развитие Российского строительного комплекса, перспективы развития и роста;
- Обзор рынка ССС в России, тенденции и статистика;
- Оценка и перспективы развития системы нормативной документации на ССС в России;
- Инновации и совершенствование технологии ССС;
- Новые продукты для индустрии ССС;
- Вопросы образования. Подготовка и переподготовка кадров для отрасли.

Прямая трансляция конференции будет проводиться через открытую сеть на 150 Российских вузов и 30 вузов стран СНГ – членов АСВ и 280 саморегулируемых организаций строительного комплекса России

В рамках конференции пройдет отраслевая выставка российской индустрии ССС

Подробнее на сайтах: www.mgsu.ru/, www.spsss.ru/, www.drymix.info/

Оргкомитет конференции:

Тел./факс: (499) 183-3356 e-mail: expo@mgsu.ru, expo-1@mail.ru, expo-1@mgsu.ru

Г.А. ТКАЧЕНКО, канд. техн. наук, В.П. ЕРОФЕЕВ, инженер (vitek_stv@aanet.ru),
А.П. ЕРОФЕЕВ, инженер, Ростовский государственный строительный университет

Бетоны повышенной трещиностойкости для изготовления дорожных изделий

Постоянный рост грузонапряженности и интенсивности эксплуатации дорожных и аэродромных покрытий требует дальнейшего повышения качества дорожного бетона, который должен иметь не только необходимую статическую прочность, но и хорошую выносливость, чтобы надежно воспринимать возрастающие динамические воздействия.

При обследовании состояния эксплуатируемых сборных бетонных и железобетонных изделий, таких как дорожные плиты, плиты аэродромных покрытий (ПАГ), мелкоштучные дорожные изделия (брусчатка), особенно подверженных интенсивному движению транспорта, довольно часто отмечается неудовлетворительное состояние их поверхностных слоев. Об этом свидетельствуют многочисленные дефекты: трещины, сколы, шелушение и т. п. Анализ причин недостаточной эксплуатационной надежности свидетельствует о сниженной трещиностойкости бетона и выносливости при высоких динамических нагрузках. Перечисленные дефекты бетона на лицевых поверхностях изделий не только ухудшают эстетическое восприятие покрытий, но и служат очагами их дальнейшего разрушения за счет циклических атмосферных воздействий, особенно при активном действии на бетон химических реагентов. Следовательно, повышение ударной прочности и выносливости бетона в дорожных изделиях становится важной хозяйственной проблемой, особенно если учесть перспективность дальнейшего их использования и существенные преимущества перед асфальтобетонными покрытиями.

Анализ известных работ ряда ученых показывает, что ударная прочность бетона зависит в основном от скорости нагружения, вида и состава бетонных смесей, условий их твердения. Если кинетическая энергия ударяющего тела невелика, то благодаря возникающему внутреннему трению она может быть полностью поглощена бетоном; незначительная оставшаяся ее часть не способна произвести разрушение, а лишь приведет к накоплению повреждений. При большой интенсивнос-

ти удара возникающие в месте контакта ударяющего тела с материалом напряжения могут превышать предел прочности поверхностного слоя бетона, что является причиной возникновения выколов или даже магистральных трещин.

Существует общепринятое мнение о характере возникновения и развития напряженно-деформированного состояния бетона при ударе, в соответствии с которым решающую роль при испытаниях оказывает соотношение между упругой и неупругой составляющими. Если прочность растворной части бетона, характеризующая его неупругую составляющую, меньше прочности заполнителя, что встречается весьма часто, то нарушение сплошности бетона будет происходить в результате ее хрупкого разрушения. Остаточная деформация как результат микроразрывов в растворной составляющей будет постепенно накапливаться, что приведет к развитию микротрещин и последующему их срастанию в макротрещины.

Если принять за основу исследований положение о том, что главными свойствами при определении ударной стойкости композитов являются упругие и неупругие свойства материалов, причем под неупругими понимать не только их пластичность, но и способность материала поглощать часть энергии внешнего воздействия, то использование приема введения в состав заполнителей демпфирующих добавок можно считать вполне рациональным.

Высказанное мнение было аргументировано многочисленными исследованиями В.В. Бабкова и его учеников по повышению ударной прочности бетона в забиваемых сваях. Цементные бетоны с оптимальным содержанием демпфирующих компонентов не отличались практически от обычных бетонов по прочности на сжатие, но обеспечивали повышение ударной стойкости в 1,5–3 раза [1, 2].

Результаты, подтверждающие значительный рост ударной прочности, были получены авторами в исследованиях мелкозернистых бетонов естественного тверде-

Таблица 1

Вид бетона	Ц	П	Щ	В л/м ³	Керамзит кг/м ³	Добавка, л/м ³	В/Ц	Плотность бетонной смеси, т/м ³
	кг/м ³							
Контрольный	460	610	1260	170	–	–	0,36	2,475
С комплексной добавкой	425	560	1160	140	86	7,3	0,33	2,375

Таблица 2

Вид бетона	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, мас. %	Кубиковая прочность, МПа	Призм. прочность, МПа	Модуль упругости, МПа	Предел сжимаемости, $\varepsilon \times 10^{-3}$
Контрольный	2460	3	57	50,9	51430	1,41
С комплексной добавкой	2370	1,9	56,9	55	38200	1,73

Таблица 3

Вид бетона	Средняя величина напряжений при разрушении, МПа	Средняя величина, λ^*	Разброс единичных коэффициентов K_{IC}^{**}	Средний по серии, K_{IC}	Коэффициент вариации, $V_{K_{IC}}$, %
Контрольный	4,06	0,2	0,322–0,446	0,396	7,3
С комплексной добавкой	4,69	0,22	0,457–0,506	0,486	4,9

* По ГОСТ 29167.
 ** Коэффициент, характеризующий развитие трещин.

ния. В жесткопрессованных бетонах с добавкой вулканического туфа фр. 0,63–1,25 мм прирост ударной прочности доходил до 35%, зато в вибрированных бетонах при введении вулканического туфа он оказывался выше на 70%.

В дальнейших исследованиях для повышения ударной прочности бетонов были использованы комплексные модифицирующие добавки, содержащие не только демпфирующий компонент, но и пластифицирующую химическую добавку. В мелкозернистых жесткопрессованных бетонах с комплексной добавкой пористых зольных микросфер и суперпластификатора С-3 рост ударной прочности составил 51%, а в вибрированных мелкозернистых дорожных бетонах при введении мелкодробленого вулканического туфа и суперпластификатора Мелмент повышение ударной прочности достигло 85,5% [3]. Таким образом, структура модифицированного бетона, определяемая составом компонентов бетонной смеси и способом ее уплотнения, решающим образом влияет на рост ударной прочности. Введение комплексных модифицирующих добавок, содержащих пористый и химический компоненты, следует признать эффективным приемом повышения ударной прочности бетонов.

Исследования в данном направлении были продолжены с пропаренными бетонами. В изготовлении среднезернистого бетона была использована двухкомпонентная модифицирующая добавка, состоящая из мелкодробленого керамзита и пластификатора Полипласт Р. Выбор оптимального соотношения компонентов добавок проводили по результатам предварительных опытов с целью модифицировать растворную составляющую бетона, оказывающую решающее влияние на его ударную прочность. Лучшие результаты были получены с комплексной добавкой, состоящей из дробленого керамзита фр. 1,25–5 мм в количестве 5 мас. % плотных заполнителей, и с пластифицирующей химической добавкой Полипласт Р в количестве 0,5 мас. % цемента. Химическая добавка позволяет улучшить слитность бетонной смеси, а при ее использовании свежееуложенные бетонные смеси допускают жесткие режимы тепловой обработки, что очень важно для производства преднапряженных железобетонных изделий.

В экспериментах использовали гранитный щебень фр. 5–20 мм Павловского карьера, песок средней крупности Малкинского карьера и бездобавочный портландцемент ПЦ500 Новороссийского цемкомбината «Пролетарий». Были приготовлены два состава бетонной смеси – контрольный и с комплексной модифицирующей добавкой, которые приведены в табл. 1.

Из обеих бетонных смесей были изготовлены образцы-кубы с ребром 10 см, образцы-призмы 10×10×40 см и образцы-цилиндры диаметром 10 и высотой 40 см. После выдержки в течение часа образцы были пропарены по режиму (3+8+2) ч при температуре изотермического прогрева 80°С. После остывания и распалубки их помещали в условия нормального твердения и выдерживали 14 сут. Испытания проводили по методикам ГОСТ 10180, 12730, 24452; полученные результаты в обработанном виде представлены в табл. 2.

Сравнение приведенных результатов испытаний позволяет отметить снижение средней плотности бетона с комплексной добавкой и изменение порового пространства за счет снижения открытой пористости. При равной кубиковой прочности получен существенный рост призмной прочности модифицированного бетона, а снижение модуля упругости и рост предельной сжимаемости указывают на существенное улучшение его пластических свойств.

Модифицированный пропаренный бетон оказался достаточно пластичным, что очень важно для повышения его стойкости к динамическим нагрузкам. Для подтверждения этого положения поставлен специальный эксперимент, в котором были определены трещиностойкость и ударная прочность растворных частей двух сравниваемых бетонов.

Оценку трещиностойкости производили на образцах-призмах размером 40×40×160 мм (по 5 в серии). Образцы были изготовлены из растворной части бетонов, пропарены и выдержаны в тех же условиях. Испытания проводили по методике ГОСТ 29167, в соответствии с которой в них были сделаны надрезы (запилы) глубиной до 10 мм. Испытание образцов с искусственной трещиной производили на изгиб по трехточечной схеме нагружения. Все испытания и расчеты выполнили в соответствии с требованиями приведенного стандарта. В табл. 3 приведены результаты испытаний образцов с искусственной трещиной.

Испытания подтвердили более высокую сопротивляемость модифицированного бетона трещинообразованию.

Определение ударной прочности производили на образцах-кубах с ребром 7 см, изготовленных и твердевших одновременно с призмами. Испытание заключалось в последовательном сбрасывании груза массой 5,625 кг с высоты 0,5 м. Изменение структуры бетонов в испытываемых образцах оценивали ультразвуковыми испытаниями, а ударную прочность бетона характеризовали ударной энергией разрушения. Изменение структуры бетона показано в табл. 4.

Таблица 4

Вид бетона	Средняя скорость распространения ультразвука до испытаний (м/с)	Среднее число нанесенных ударов до разрушения	Средняя скорость распространения ультразвука после испытаний (м/с)	Средняя удельная энергия разрушения, кг·см/см ³
Контрольный	4268	271	2840	207
С комплексной добавкой	4312	501	2874	384

В эксперименте отмечен существенный прирост удельной энергии разрушения пропаренного модифицированного бетона. Осмотр образцов, снятых с испытаний, выявил заметную разницу в характере разрушения. Если в образцах контрольного состава отмечался хрупкий характер разрушения за счет появления и развития 1–2 магистральных трещин, то образцы из модифицированного бетона разрушались постепенно за счет осыпания мелких фрагментов по периметру. Таким образом, характер разрушения модифицированного бетона при ударных воздействиях подтвердил положительную роль его неупругой составляющей.

Результаты испытаний позволяют признать целесообразным использование модифицированных бетонов с комбинированной добавкой в производстве сборных бетонных и железобетонных изделий с повышенной выносливостью при эксплуатации в условиях интенсивных динамических нагрузок.

Ключевые слова: трещиностойкость, демпфирующие добавки, дорожные изделия.

Список литературы

1. Бабков В.В., Попов А.В., Мохов В.Н., Колесник Г.С., Якунин В.А. Бетон повышенной ударной стойкости на основе демпфирующих компонентов // Бетон и железобетон. 1985. Т. 2. С. 10–11.
2. Бабков В.В., Мохов В.Н., Давлешин М.Б., Парфенов А.В. Модифицированные бетоны повышенной ударной выносливости // Строит. материалы. 2002. № 5. С. 24–25.
3. Салл М., Рыбинцева Е.С., Ткаченко Г.А. Мелкозернистые бетоны с органоминеральной добавкой для дорожного строительства // Строит. материалы. 2009. № 7. С. 2–4.

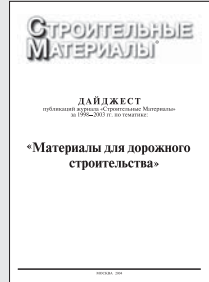
В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

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:
(495) 976-22-08, 976-20-36**

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



**СТРОЙ
МЕХАНИКА**

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «СТРОЙМЕХАНИКА»

+7 (4872) 701 400

Реклама



Винтовые конвейеры серии «VK»



Дисковые затворы



Предохранительные клапаны



Ленточные транспортеры серии «LK»



Рукавные фильтры



Шиберные затворы



Датчик уровня цемента серии SH



Система аэрации силоса



Пережимной клапан SMA

Машиностроительное предприятие «СтройМеханика», РФ, г. Тула, пос. Рудаково, ул. Люлина, д. 6А; Тел/факс +7 (4872) 701 400; e mail: info@penobet.ru www.stroymehanika.ru

УДК 625.768.5

С.П. АРЖАНУХИНА, канд. техн. наук,
главный специалист ФГУП «РОСДОРНИИ» (Москва)

Отраслевые особенности применения хлорида кальция

В современных условиях заметно расширение областей применения безводного хлорида кальция, а также материалов на его основе. Это определяется его физико-химическими свойствами, а также возможностью массового производства.

Химическое название: calcium chloride anhydrous. Внешний вид: белое либо светло-серое гранулированное, зернистое гигроскопичное вещество без запаха. Существует несколько его кристаллогидратов, а именно безводный, двух-, четырех- и шестиводный. Фотографии безводного хлорида кальция и противогололедного материала (ПГМ) на его основе представлены на рис. 1 и 2.

Природный хлорид кальция — это обычно кристаллогидрат $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, который при нагревании теряет сначала четыре молекулы воды, а затем и остальные. Он также встречается в виде редкого минерала антарктицита, содержится в рапе некоторых соляных озер и подземных рассолах. Его получают как побочный продукт в производстве соды аммиачным способом и бертолетовой соли, а также при действии соляной кислоты на известковое молоко. Растворы упаривают и выделяют хлорид кальция в виде белой или сероватой пористой массы (плавленый хлорид кальция). Вещество разлагается при разогреве до высокой температуры и при сжигании с образованием токсичных и едких паров. Водный раствор является слабым основанием.

Молекулярная масса 110,08. Температура плавления 772°C . Температура кипения более 1600° . Плотность $0,0215 \text{ кг/м}^3$ при 20°C . Уровень pH 8–9. Растворимость (1 г на 100 г H_2O): 74 (20°C) и 159 (100°C). При растворении им выделяется много тепла. Водные растворы замерзают: 20%-й при $18,6^\circ\text{C}$, 30%-й при 48°C .

Хлорид кальция — это материал, которым поглощается одно или более веществ из жидких или газообразных сред, контактирующих с ним, и в процессе контакта изменяет свое физическое или химическое состояние или то и другое одновременно. Материал обладает высокой адсорбционной способностью. Его применяют для сушки жидкостей и газов (азота, кислорода, водорода, хлорида водорода, двуокиси серы и др.), а также, чтобы получить сложный эфир, эфир и акриловую смолу. Высушивание гранулированным хлоридом кальция при 25°C понижает влажность газов до $0,14\text{--}0,25 \text{ г}$ воды на 1 м^3 .

Он очень хорошо абсорбирует воду, так как при температуре, не превышающей 30° , образует $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

При относительной влажности 36; 60; 70; 80; 85; 90 и 95% на единицу массы CaCl_2 приходится соответственно 1; 1,6; 2; 2,8; 3,5; 5 и 8,4 % воды.

Однако он не относится к числу быстродействующих осушителей и для высушивания требуется продолжительное время, так как поверхность твердого хлорида кальция покрывается тонким слоем его раствора в извлекаемой воде; при стоянии вода поглощается с образованием твердого низшего гидрата, который в свою очередь также является осушителем.

Например, на ООО «Зиракс» (Волгоград) безводный хлорид кальция получают путем управляемой химической реакции соединения соляной кислоты и известняка с определенными характеристиками. Вещество гигроскопично, хорошо растворяется в воде, его применяют для сушки жидкостей и газов. Смеси этой соли со снегом или мелкоистолченным льдом плавятся при температуре намного ниже нуля. Точка плавления холодильной смеси состава 58,8% $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и 41,2% снега — -55°C .

Существует два основных способа производства хлорида кальция: первый — из природных рассолов после удаления поваренной соли и брома (при необходимости) с последующей обработкой известковым молоком или гидроксидом магния; второй — при производстве соды по способу Сольвея, когда известковое молоко или негашеную известь используют для возвращения в процесс получения аммиака. Затем хлорид кальция осветляют, а непрореагировавшую поваренную соль высаливают.

Хлорид кальция технического выпускают по ГОСТ 450–77, двухводный хлорид кальция — по ТУ 6-09-5077–83.

Хлорид кальция абсорбирует влагу из внешней среды и растворяется в ней с выделением тепла; наличие влаги и тепла способствует увеличению скорости растворения хлорида натрия. Полученный автором типовой способ поглощения влаги хлоридом кальция из внешней среды представлен на рис. 3, где видно, что гранулы хлорида кальция при нормальной температуре превратились в течение часа в капли солевого раствора.

Растворимость хлорида кальция зависит от температуры: чем ниже температура, тем меньше растворимость. Уменьшение растворимости имеет свои пределы — точку, в которой ПГМ больше не растворяется и в которой нельзя снизить температуру замерзания.

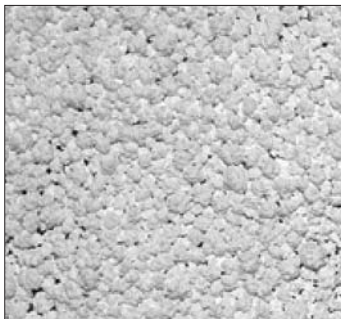


Рис. 1. Хлорид кальция

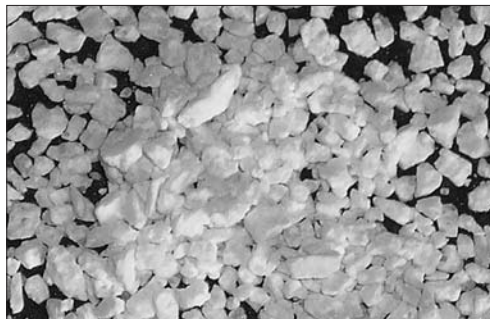


Рис. 2. ПГМ на основе хлорида кальция

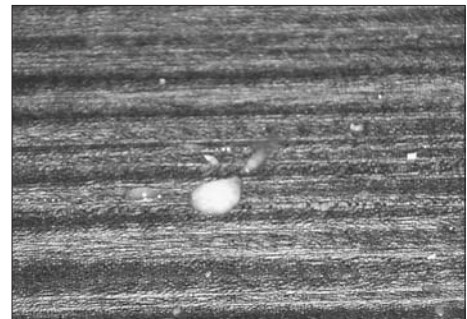


Рис. 3. Поглощение влаги хлоридом кальция из окружающего воздуха



Рис. 4. Обеспыливание грунтовых дорог



Вещество хранят в герметичных мешках, а помещение должно быть снабжено хорошей вентиляцией. Тару располагают таким образом, чтобы была обеспечена циркуляция воздуха: мешки, хранящиеся долгое время, должны быть использованы в первую очередь. Слежавшийся хлорид кальция следует измельчить, иначе он будет медленно растворяться в воде. Хлорид кальция нетоксичен. Если он попадает на кожу или одежду, его смывают водой.

Рекомендуется готовить концентрированный раствор хлорида кальция с последующим его разбавлением; свежеприготовленный раствор обычно теплый, перед употреблением он должен быть охлажден.

В процессе приготовления безводного хлорида кальция (выпаривание насыщенного раствора и последующее прокалывание) обычно в незначительной степени происходит гидролиз соли. Вследствие этого осушитель всегда может содержать небольшое количество гидрата оксида кальция или основной соли кальция. Хлорид кальция образует соединения со спиртами, фенолами, аминами, аминокислотами и амидами.

Хлорид кальция технический применяется в промышленности (химической, лесной, деревообрабатывающей, нефтяной, нефтеперерабатывающей и нефтехимической); в холодильной технике, в строительстве и при изготовлении строительных материалов, в цветной металлургии, при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог, а также в качестве осушителя.

При обработке раствором хлорида кальция грунтовой или щебеночной автомобильной дороги или другой пылящей поверхности она останется влажной намного дольше, чем после полива водой. Это происходит потому, что упругость пара над раствором хлорида кальция очень мала; такой раствор поглощает влагу из воздуха и поэтому долго не высыхает. Примеры обработки грунтовых дорог безводным хлоридом кальция приведены на рис. 4.

Введение хлорида кальция в слои конструкции автомобильной дороги повышает прочность покрытия и

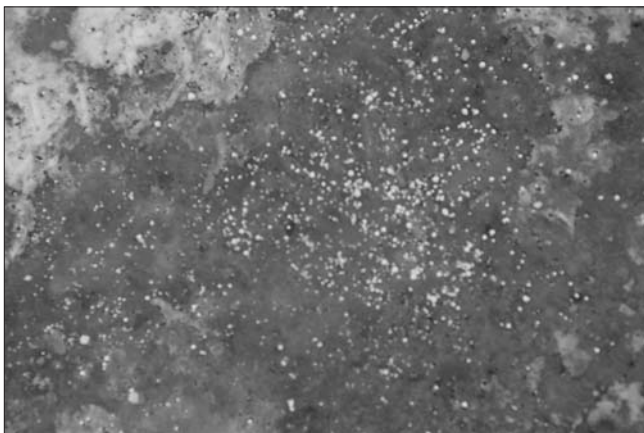


Рис. 5. Обработка безводным хлоридом кальция обледеневшего дорожного покрытия

увеличивает срок службы дороги.

Использование гранулированного хлорида кальция в сравнении с жидким с содержанием CaCl_2 28–32% существенно снижает капитальные и операционные затраты по применению продукта в пересчете на основное вещество.

Хлорид кальция по ГОСТ 450–77 применяется при строительстве дорог, в работах по уходу и содержанию дорог и пешеходных зон (в борьбе со льдом и пылью). Его используют в качестве профилактического средства для предотвращения образования льда перед понижением температуры или во время снегопада, при +2 – -2°C.

Безводный 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. Его используют для повышения эффективности действия хлорида натрия. Ввиду высокой активности расход материала невелик. Он менее вреден с экологической точки зрения, чем техническая соль.

Его используют против обледенения летных полей, железнодорожных рельсов и стрелок.

Работа безводного хлорида кальция как низкотемпературного противогололедного материала показана на рис. 5.

Например, противогололедный материал АЙСМЕЛТ™ (три части хлорида натрия и одна часть безводного хлорида кальция) в Москве успешно применяется с 2004 г., до 20 тыс. т ежегодно. Важным его преимуществом является предельно низкая степень коррозионной активности. Скорость коррозии образцов из стали при погружении в 5%-й раствор составляет 0,056 г/м²·ч, а скорость атмосферной коррозии – до 0,27 мм/год. Что убедительно выглядит в сравнении с водопроводной водой – соответственно 0,116 г/м²·ч и 0,264 мм/год и с нормативами «Требования к противогололедным материалам» – 0,4 мм/год.

Присутствие кальция в химически чистых реагентах снижает количество ионов натрия и их негативное воздействие на окружающую среду. На основе результатов научных изысканий разработан противогололедный материал нового поколения АЙСМЕЛТ™ с ингибиторами коррозии, рекомендуемый к применению при зимнем содержании дорожных покрытий федеральных, территориальных и городских автомобильных дорог. Размерные, физические и физико-химические параметры обеспечивают равномерное распределение его гранул на дорожном покрытии с минимальными потерями. Материал имеет самую низкую норму расхода при температуре воздуха до -20°C.

Ключевые слова: безводный хлорид кальция, отрасли применения, физико-химические свойства, производство.

Литература

1. Карякин Ю.В. Чистые химические реактивы. М.–Л.: Госхимиздат, 1955. 225 с.

С.И. ВОЗНЫЙ, инженер (t_plast@mail.ru), С.М. ЕВТЕЕВА, канд. техн. наук, Саратовский государственный технический университет

Физико-химическое взаимодействие термопластичных разметочных материалов с поверхностью асфальтобетонных дорожных покрытий

Для разметки автомобильных дорог, характеризующихся высокой интенсивностью движения, используют материалы с функциональной долговечностью не менее одного года (термопластики, холодные пластики и др.). Холодные пластики химического отверждения по функциональной долговечности несколько превосходят термопластичные материалы, однако высокая стоимость и отсутствие соответствующей техники для нанесения разметки сдерживают их широкое применение.

Качество термопластиков отечественного производства не уступает лучшим образцам импортных термопластичных материалов, поэтому в настоящее время они получили наиболее широкое применение для разметочных работ. Однако термопластичные материалы обладают некоторыми недостатками, главным из которых является способность к размягчению при высокой температуре, что нередко приводит к отделению его слоя от поверхности дорожного покрытия. Поэтому характер адгезионного взаимодействия термопластичного разметочного материала с материалом дорожного покрытия оказывает значительное влияние на функциональную долговечность и фактический срок службы горизонтальной дорожной разметки.

В зависимости от природы взаимодействующих тел и условий возникновения адгезионных связей различают следующие механизмы ее протекания: механический, адсорбционный (или молекулярный), электрический и диффузионный [1, 2].

Несмотря на достигнутые учеными успехи в исследованиях адгезионного взаимодействия, механизм этого явления остается недостаточно ясным и любой односторонний подход к явлению адгезии не может объяснить его полно. Разработанные ранее теории адгезии претерпели значительную трансформацию, и в настоящее время можно говорить лишь о сближении ряда теорий по некоторым основным положениям. Поэтому для оценки прочности адгезионного соединения необходимо проводить теоретический анализ с целью выявления роли факторов, влияющих на данный показатель в каждом конкретном случае. Для решения практических задач необходимо проводить качественную оценку влияния того или иного фактора на условия образования

адгезионной связи и ее поведение в процессе эксплуатации конкретного рассматриваемого изделия.

Адгезия термопластика к поверхности дорожного покрытия зависит от множества факторов, однако, рассматривая природу этого явления, можно выделить три основных:

- адгезия, обусловленная действием механических связей;
- адгезия химической природы;
- адгезия, связанная с диффузионными процессами.

Исследованиями, проведенными по методике, заключающейся в измерении усилия, требуемого для отрыва слоя термопластика от поверхности асфальтобетона, было установлено процентное соотношение влияния различных факторов на адгезию термопластика к поверхности дорожного покрытия [3]. Вклад каждой из составляющих в формирование суммарной адгезии термопластика к поверхности асфальтобетона: химическая адгезия — 25–30%; механическая — 35–65%; диффузионная — 10–15%.

Адгезия пленки термопластика и проявление клеящего действия начинаются на стадии нанесения термопластичного материала на покрытие, когда термопластик находится в состоянии расплава и заканчивается после полного его застывания. Особенностью адгезии является то, что она происходит при высокой температуре (как правило, до 200°C). Характер адгезии, ее величина зависят от толщины слоя термопластика на поверхности дорожного покрытия и его поверхностной энергии. Натяжение термопластика во многом определяется природой компонентов, связующих его. Большинство наиболее распространенных связующих компонентов, применяемых для производства термопластичных материалов, содержат алифатические углеводороды и сложные эфиры с поверхностной энергией 22–36 мДж/м².

В асфальтобетонных смесях обычно используют минеральные материалы (щебень, песок, минеральный порошок), основными породообразующими минералами которых являются кальцит, кварц, полевой шпат. В таблице приведены их удельные поверхностные энергии (σ) на границе с воздухом, а также с вязким дорожным битумом.

Таким образом, адгезия связана с динамическим процессом, характеризующим изменение свойств расплава термопластика до свойств сформировавшейся пленки разметочного материала.

Учитывая, что поверхность асфальтобетонного покрытия представляет собой мозаичную дифильную структуру, состоящую из гидрофильных и гидрофобных участков, можно выделить два случая адгезии термопластика: к гидрофобным участкам поверхности, обработанным битумом, и к гидрофильным, не покрытым битумом (минеральным материалам). Работа адгезии, то есть работа, требующаяся для отделения слоя термопластика от твердой поверхности (W_a), определяется уравнением Дюпре–Юнга:

$$W_a = \sigma_{TB}(1 + \cos\theta),$$

Материал		Удельная поверхностная энергия, мДж/м ²
Нефтяной дорожный битум		30–35
Основные породообразующие минералы	кальцит	78
	полевой шпат	358
	кварц	780
Поверхности зерен асфальтобетона	покрытые битумом	30–35
	не покрытые битумом	78–780

где $\sigma_{ТВ}$ – поверхностное натяжение термопластика на границе с воздухом, мДж/м²; θ – краевой угол смачивания термопластиком поверхности дорожного покрытия, град.

Из уравнения Дюпре–Юнга видно, что чем лучше расплав термопластика смачивает твердую поверхность, тем выше работа адгезии.

Без учета адсорбции работу адгезии термопластика к гидрофобным участкам поверхности асфальтобетонного покрытия ($W_{ТВ}$), обработанным битумом, можно представить в виде:

$$W_{ТВ} = \sigma_{БВ} + \sigma_{ТВ} - \sigma_{ТВ},$$

где $\sigma_{БВ}$, $\sigma_{ТВ}$, $\sigma_{ТВ}$ – поверхностная энергия на границах раздела битум – воздух, термопластик – воздух и термопластик – битум, мДж/м².

Известно, что в качестве основы связующих современных термопластичных материалов используют так называемые углеводородные смолы, или эфиры канифоли, содержание которых в термопластиках составляет около 30 мас. %. В качестве пластификатора используют масло ПОД (продукт окисления и дегидратирования, отход производства капролактама).

Благодаря химическому сродству связующей части расплава термопластика и нефтяного битума, покрывающего поверхность минеральных составляющих, следует ожидать образования прочного контакта на поверхности раздела термопластик – битум. Отрыв его сформировавшейся пленки на границе раздела с гидрофобной поверхностью асфальтобетона (битумом) будет иметь когезионный характер.

В случае адгезии термопластика к гидрофильной (необработанной битумом) минеральной поверхности работа адгезии ($W_{МТ}$) имеет вид:

$$W_{МТ} = \sigma_{МВ} + \sigma_{ТВ} - \sigma_{МТ},$$

где $\sigma_{МВ}$, $\sigma_{ТВ}$, $\sigma_{МТ}$ – поверхностная энергия на границах раздела минеральная поверхность – воздух, термопластик – воздух и минеральная поверхность – термопластик, мДж/м².

Отрыв слоя термопластика на границе раздела минеральной поверхности – термопластик также будет иметь когезионный характер. На этой стадии адгезии способствует явление абсорбции расплава термопластика в поры и микротрещины минеральных материалов в процессе нанесения разметки. Абсорбированный термопластик подобно анкерам удерживает пленку на поверхности зерен минеральных материалов. Особенностью процесса будет то, что он происходит только на не покрытой битумом минеральной поверхности асфальтобетонного покрытия (зернах щебня, песка, минерального порошка), так как на поверхности, обработанной битумом, процесс абсорбции практически завершился.

Большое значение для адгезии термопластика к не покрытым битумом участкам поверхности асфальтобетонного покрытия (минеральным материалам) имеет характер их поверхности (шероховатость, пористость и др.). Работа адгезии термопластика на шероховатой поверхности не покрытых битумом участках асфальтобетонного покрытия ($W_{МТ}^{III}$) имеет вид [4]:

$$W_{МТ}^{III} = \sigma_{ТВ} + R\Delta(\sigma_{МВ} - \sigma_{МТ}),$$

где $R\Delta$ – отношение фактической площади шероховатой поверхности к проекции на горизонтальную плоскость.

Наряду с процессами физической адсорбции в результате межмолекулярного притяжения будут иметь место хемосорбционные процессы, т. е. образование на границе раздела химически прочных и водостойких соединений, удерживающих пленку термопластика на поверхности минеральных материалов. Хемосорбция имеет большее значение для адгезии термопластика, по-

скольку энергия химических связей значительно превышает энергию физических. Интенсивность процессов хемосорбции будет зависеть от природы и свойств минеральной поверхности, химического состава органической части термопластика и др. С точки зрения его состава наиболее активной является смолистая часть, менее активной – масла. По химическому взаимодействию наиболее активны входящие в состав термопластиков высокомолекулярные соединения углеводородных смол, содержащие активные функциональные группы и алифатические углеводороды.

Согласно электрической теории в образовании адгезионной связи решающую роль играют электростатические силы между термопластиком и минеральными материалами. В результате адсорбционных явлений происходит перераспределение электронов на границе раздела, приводящее к образованию двойного электрического слоя.

Минеральные материалы, обычно применяемые в дорожном строительстве, имеют кристаллические решетки с ионной (гетерополярной) связью. При дроблении этих материалов происходит разрыв ионных связей, в результате чего на минеральной поверхности образуется сложное электрическое поле, знак и величина потенциала которого определяются его химическими особенностями, характером расположения разноименно заряженных ионов в решетке и связей между ними, свойствами ионов и направлением раскола.

Основными породообразующими минералами большинства применяемых каменных материалов являются кварц и кальцит, что обуславливает знак и величину потенциала заряда (энергетически активные центры) их поверхностей.

В качестве органического связующего в составе термопластичных разметочных материалов используют нефтеполимерные, полиэфирные, акриловые смолы, эфиры канифоли. В качестве технологических добавок, снижающих степень загрязняемости линии дорожной разметки, в состав термопластиков вводят полипропиленовые и амидные воски.

Содержащиеся в составе нефтеполимерных и полиэфирных смол такие высокоактивные компоненты, как смоляные, терефталевые кислоты и алифатические углеводородные смолы, несут в своей полярной части отрицательный заряд, поэтому активнее взаимодействуют с положительно заряженными минеральными материалами; положительный заряд поверхности обуславливается нескомпенсированными электровалентными связями ионов кальция Ca²⁺. В результате электростатического притяжения анионы углеводородных смол, карбоновых кислот и их производных образуют с катионами кальция на границе раздела фаз термопластик – минеральная поверхность водонерастворимые поверхностные соединения, которые прочно удерживают пленку термопластика на поверхности асфальтобетонного покрытия.

Нефтеполимерные смолы практически не содержат соединений, способных образовывать электронные связи с отрицательно заряженными минеральными поверхностями, поэтому при взаимодействии с кварцем расплав термопластика почти не вступает в химическую реакцию, преобладает физическая адсорбция.

Химически стойкие полипропиленовые и амидные воски, используемые в составе термопластичных материалов как улучшающая добавка, практически не оказывают влияния на характер адгезионной связи термопластичного материала с поверхностью асфальтобетонного покрытия.

Рассмотренные явления дают основание полагать, что между поверхностью асфальтобетонного покрытия и термопластиком имеются благоприятные условия для создания прочных адгезионных связей. Однако свойство застывшего сформированного термопластика размягчать-

ся под действием высокой температуры может привести к нарушению равновесия образовавшейся системы и повышению вероятности протекания в ней самопроизвольных процессов при изменении условий внешней среды. Интенсивность этих процессов во многом зависит от типа, свойств, структуры поверхности, а также от массового содержания компонентов в материале дорожного покрытия.

В III–V дорожно-климатических зонах продолжительность нагрева асфальтобетона в дорожных покрытиях выше 50°C достигает 250 ч и более. Размягчение термопластичного материала под действием нагрузок проходящего автотранспорта приведет к более глубокому заполнению пор на покрытиях, устраиваемых из крупнозернистых асфальтобетонных смесей, щебеночно-мастичных асфальтов, где большую часть суммарной поверхности составляют не покрытые битумом минеральные материалы. В этом случае следует ожидать повышения адгезии термопластика к покрытию.

На дорожных покрытиях, устраиваемых из песчаных асфальтовых бетонов и литых асфальтов с повышенным содержанием битума, под действием высокой температуры содержащийся в асфальтобетоне битум может выступать на поверхность, нивелируя образовавшимся тонким слоем гидрофильные минеральные материалы, которые «втапливаются» в пастовую часть асфальтобетона. Пленка термопластика под действием высокой температуры также претерпевает структурные изменения. Выше 50°C органическая составляющая термопластика, как и битум, используемый для приготовления асфальтобетона, приобретает реологические свойства высоковязкой структурированной жидкости с коагуляционной структурой со всеми присущими таким системам явлениями (аномалия вязкости, тиксотропия и др.). При этом адгезию термопластика к нивелированной слоем битума поверхности дорожного покрытия можно сопоставить с ад-

гезией жидкости (термопластика) к жидкости (битуму). В этом случае работа адгезии ($W_{\text{БТ}}$) имеет вид:

$$W_{\text{БТ}} = \sigma_{\text{ТВ}} + \sigma_{\text{БВ}} - \sigma_{\text{БТ}},$$

где $\sigma_{\text{ТВ}}$, $\sigma_{\text{БВ}}$, $\sigma_{\text{БТ}}$ – поверхностные энергии на границах раздела расплав термопластика – воздух, битум – воздух и битум – расплав термопластика, мДж/м².

Независимо от абсолютной величины адгезия расплава термопластика к нивелированной битумом поверхности дорожного покрытия практически не влияет на увеличение сцепления между ними, так как расплав термопластика не оказывает сопротивления сдвигу, скользю по поверхности битума. Разрушение контакта имеет только адгезионный характер. В этом случае нередко происходит отделение термопластика от поверхности дорожного покрытия. Этим объясняется распространенное явление «наматывания» термопластика на колеса проходящего автотранспорта под действием высокой атмосферной температуры.

Ключевые слова: дорожная разметка, термопластик, дорожное покрытие, адгезионное взаимодействие, работа адгезии, поверхностная энергия.

Список литературы

1. Берлин А.А. Основы адгезии полимеров. М.: Химия, 1974. 392 с.
2. Москвитин Н.И. Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания. М.: Лесная промышленность, 1974. 192 с.
3. Морозов В.В. Практические рекомендации по нанесению горизонтальной дорожной разметки термопластиком // Дороги России XXI века. 2006. № 3. С. 43–47.
4. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. М.: Химия, 1974. 416 с.



ВОЛГА
Стандарт•D

ООО Производственная фирма «ВолгаСтандарт-D»

Основные направления деятельности:

- контроль качества и технический надзор дорожных работ;
- разработка проектов организации дорожного движения и обустройства автомобильных дорог;
 - паспортизация автомобильных дорог.
 - диагностика автомобильных дорог и др.

«Испытательный лабораторный центр контроля качества дорожно-строительных материалов и дорожной разметки» в составе ООО ПФ «ВолгаСтандарт-D»

осуществляет контроль качества:



- красок (эмалей) для дорожной разметки;
- пластичных материалов для дорожной разметки;
- микростеклошариков для разметки автомобильных дорог;
- лакокрасочных покрытий для противокоррозионной защиты;
- грунтов;
- бетонных смесей;
- нерудных строительных материалов;
- асфальтобетонных, дорожных, аэродромных смесей и асфальтовых бетонов

Все виды работ выполняются на высоком уровне высококвалифицированными практикующими специалистами, кандидатами и докторами наук по техническим специальностям

Саратовская область, Саратовский р-н, промузел «Зоринский»
Тел: (8452) 38-03-22; 93-40-13 Факс: (8452) 35-39-88 e-mail: vstd@list.ru

Реклама

И.С. КУЛЯСОВА, инженер (elbrus20061@yandex.ru), Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Северо-Кавказский филиал (г. Минеральные Воды, Ставропольский край); Е.А. ДАНИЛЬЯН, канд. техн. наук, Северо-Кавказский государственный технический университет (Ставрополь); Б.Г. ПЕЧЕНЬ, д-р техн. наук, В.Л. КУРБАТОВ, д-р эконом. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Северо-Кавказский филиал (г. Минеральные Воды, Ставропольский край)

Оптимизация технологии приготовления горячих цветных пластобетонных смесей

Технологические режимы приготовления горячих композиционных материалов на органических термопластичных вяжущих, как асфальтобетонных, так и цветных пластобетонных смесей определяются вязкостью, смачивающей способностью органического вяжущего поверхности зерен минерального заполнителя, устойчивостью вяжущего к термоокислительному старению при температуре приготовления смесей, продолжительностью перемешивания смесей, их транспортирования и укладки.

Для битумно-минеральных смесей характерно значительное повышение оптимальной температуры перемешивания в зависимости от типа и гранулометрии заполнителя. В частности, при использовании одной и той же марки битума по мере изменения гранулометрии заполнителя в смеси от типа А, Б, В, Г, Д и повышения в смеси содержания минерального порошка оптимальная температура перемешивания значительно возрастает [1, 2].

Горячие цветные пластобетонные смеси на термопластичных вяжущих приготавливают при температуре перемешивания 130–150°C. Перемешивание при более высокой температуре вызывает изменение их цвета и старение (ТУ-400-24-110–76). В связи с присутствием в составе цветных пластобетонных пигментов, чаще всего окислов металлов, изменение цвета и старение пластобетонных смесей происходит с различной интенсивностью в зависимости от вида пигмента, его содержания, температуры приготовления смеси, продолжительности транспортирования ее к месту укладки и самой укладки [3].

Из изложенного следует, что качество и цвет пластобетонных в значительной степени определяются продолжительностью пребывания цветных пластобетонных смесей в горячем состоянии в процессе приготовления, транспортирования и укладки. Очевидно, что этот фактор необходимо учитывать при планировании графика работ по устройству цветных пластобетонных смесей на термопластичном вяжущем. В работе предлагается решение поставленной задачи.

При составлении цветной пластобетонной смеси показатели качества и цвет следует определять после ее выдерживания при температуре приготовления в течение времени транспортирования к месту укладки. Во время старения при высокой технологической температуре композиционных материалов (битумных, битумно-полимерных) происходит повышение показателей теплостойкости и водостойкости и снижение показателей трещиностойкости [4]. В цветных пластобетонах на термопластичных вяжущих изменение качества при высокотемпературном старении будет происходить по схеме, аналогичной для битумно-минеральных композиций.

Таким образом, старение цветных пластобетонных смесей можно оценивать по изменению показателя трещиностойкости и цвета. Показателем трещиностойкости асфальтобетона является прочность при сжатии при 0°C, значение которой для покрытий в IV и V климатических зонах согласно ГОСТ 9128–97 не должно превышать 13 МПа. Время, в течение которого цветная пластобетонная смесь, при высокой технологической температуре 150–130°C (во время перемешивания, транспортирования и укладки), достигает предельного значения прочности при сжатии при 0°C, равной 13 МПа, что может служить ограничивающим пределом по времени транспортирования и укладки цветных смесей при условии сохранения их цвета. В случае изменения при высокотемпературном старении заданного цвета смеси ранее срока достижения прочности при сжатии при 0°C принимается значение времени старения до изменения полученного цвета смеси, отличного от заданного.

Было изучено изменение прочности при сжатии при 0°C и цвета цветных пластобетонных смесей в процессе их выдерживания в сушильном шкафу слоем 10 мм при 150 и 130°C.

Цвет пластобетонных смесей определяли по фотоснимкам. Были изучены цветные пластобетоны 4 составов, содержащих различные пигменты: желтый светопрочный железоксидный (состав 1), зеленый – оксид хрома технический (состав 2), красный железоксидный (составы 3 и 4). Составы цветных пластобетонных смесей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Компоненты	Содержание в составах, мас. %			
	1	2	3	прото-тип
Нефтеполимерная смола	3,8	3,8	3,8	4,2
Экстракт селективной очистки масел	3,4	3,4	3,4	3,8
Песок фракции 0,14–5 мм	80	80	80	80
Минеральный порошок	9,8	10,8	10,8	9
Пигмент железоксидный красный	–	–	2	3
Оксид хрома технический	–	2	–	–
Пигмент желтый светоустойчивый	3	–	–	–

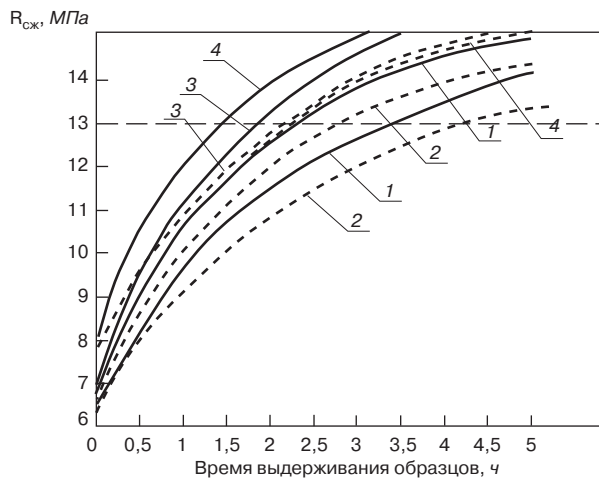


Рис. 1. Изменение прочности при сжатии $R_{сж}$ при 0°C после выдерживания цветной пластобетонной смеси при 150°C (—) и при 130°C (---): 1 – состав 1; 2 – состав 2; 3 – состав 3; 4 – состав 4

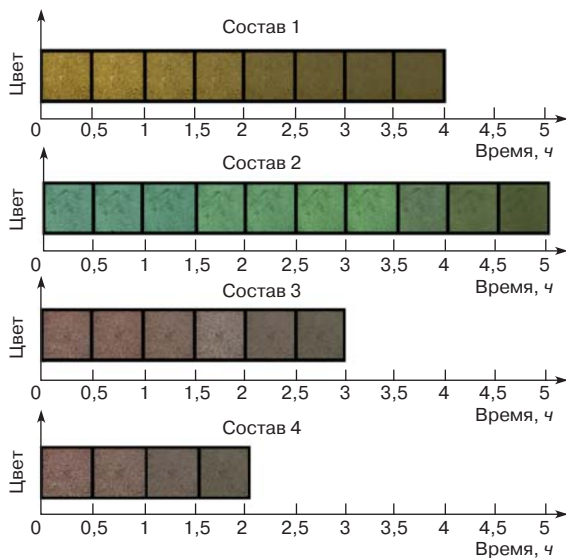


Рис. 2. Изменение цвета пластобетонных смесей в процессе выдерживания при 150°C

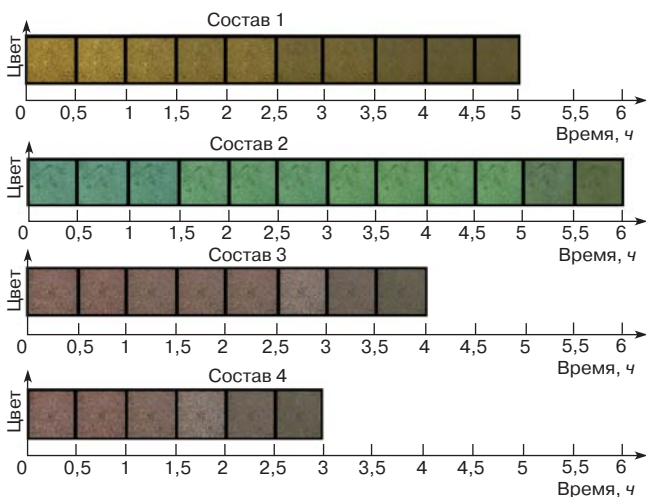


Рис. 3. Изменение цвета пластобетонных смесей в процессе выдерживания при 130°C

Таблица 2

Показатели	№ состава пластобетонной смеси			
	1	2	3	прототип
Время выдерживания, ч	Прочность при сжатии при 0°C, МПа			
0	6,4	6,6	6,7	7,8
0,5	8,88*/8	9/8	9,3/8,7	10,6/8,3
1	10,1/9,2	9,8/8,7	10,9/9,9	11,3/9,2
1,5	11,6/10,1	10,7/9,9	11,7/11	12,9/10,5
2	12,2/11,2	11,8/10,6	13,2/12,2	13,7/11,2
2,5	12,9/11,7	12,2/10,8	13,4/13,1	14,1/12,6
3	13,3/12,2	12,9/11,4	14,2/13,6	14,6/13,4
3,5	14,2/13,1	13,6/12,4	14,9/14	15/13,8
4	14,7/13,3	13,6/12,7	15,6/14,5	15,6/14,3
4,5	14,9/13,8	13,7/12,8	16/14,8	16/14,9
5	15,3/14	14,3/13,2	16,7/15,3	16,4/15,4
5,5	15,5/14,3	14,6/13,5	17,1/15,9	16,9/15,7
6	15,8/14,5	14,9/13,7	-/16,3	-/-
6,5	16/14,9	15,2/14	-/16,6	-/-

* Перед чертой – прочность при сжатии при 0°C после выдерживания при 150°C, за чертой – то же после выдерживания при 130°C

В табл. 2 показано изменение прочности при сжатии при 0°C пластобетонных смесей в процессе выдерживания при 150 и 130°C.

Как следует из табл. 2 и рис. 1, стандартное максимальное значение прочности при 0°C по ГОСТ 9128–97 для IV и V климатических зон, равное 13 МПа, образцы состава 1 достигают через 2,5 ч выдерживания при 150°C и через 3,5 ч выдерживания при 130°C; состава 2 – через 3 ч выдерживания при 150°C и через 4,7 ч – при 130°C. Состав 3 через 2 ч выдерживания при 150°C и через 2,5 ч – при 130°C; при выдерживании смеси состава 4 при 150°C прочность при 0°C достигает стандартного значения через 1,5 ч, а при 130°C – через 2,5 ч.

Как следует из рис. 2 и 3, изменение цвета пластобетонной смеси практически не меняется при выдерживании состава 1 при 150°C в течение 2 ч, при 130°C – в течение 3,5 ч; состава 2 – при выдерживании при 150°C в течение 3,5 ч, при 130°C – в течение 5 ч; состава 3 – соответственно в течение 2 ч и 2,5 ч; состава 4 – при выдерживании при 150°C в течение 1 ч, а при выдерживании при 130°C в течение 2 ч.

Таблица 3

Составы	Время выдерживания смеси, ч, до достижения прочности при 0°C, значения 13 МПа		Продолжительность сохранения цвета смеси, ч, при температуре	
	Температура выдерживания			
	150°C	130°C	150°C	130°C
1	2,5	3,5	2	3,5
2	3	4,7	3,5	5
3	2	2,5	2	3
4	1,5	2,5	1	2

Значения продолжительности выдерживания цветной пластобетонной смеси в горячем состоянии с укладкой в покрытие для составов 1–4 приведены в табл. 3.

Установленная продолжительность выполнения технологических операций при производстве цветных пластобетонных смесей и устройстве из них покрытия была проверена с успешным результатом при выпуске цветной пластобетонной смеси и устройстве покрытия на площадке в главном корпусе СКФ БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Минеральные Воды, а также в полуподземном гараже, ул. Чкалова, 12, г. Кисловодск.

Ключевые слова: цветные пластобетоны, приготовление, устройство покрытий.

Список литературы

1. Данильян Е.А., Печеный Б.Г. Исследование температур перемешивания асфальтобетонных смесей и путей их понижения / Сб. научных трудов СевКавГТУ. Серия «Естественно-научная». Вып. 3. Ставрополь: СевКавГТУ, 2000. С. 41–42.
2. Ещенко А.И., Печеный Б.Г., Данильян Е.А. Влияние содержания минерального порошка и ПАВ на оптимальные температуры перемешивания асфальтобетонных смесей / Сб. научных трудов международной научно-практ. конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития» Т. 7. Технические науки. Одесса: Черноморье, 2005. С. 41–42.
3. Оксак С.В. Свойства цветных дорожных бетонов на термопластичном вяжущем // Вестник ХНАДУ. Вып. 31.2007. С. 146–149.
4. Печеный Б.Г. Битумы и битумные композиции. М.: Химия, 1990. 256 с.



А.В. Ушеров-Маршак
БЕТОНОВЕДЕНИЕ
ЛЕКСИКОН

А.В. Ушеров-Маршак

БЕТОНОВЕДЕНИЕ

ЛЕКСИКОН

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2009. 112 с.

Издание подготовлено в виде толкового словаря, ориентированного на формирование понятийно-терминологического аппарата бетоноведения – одной из динамично развивающихся, сложных и специфических областей материаловедения. Учтены тенденции международной интеграции науки о бетоне и его технологии.

«Бетоноведение: лексикон» содержит более 650 терминов и понятий, 150 аббревиатур международно признанных словосочетаний, наиболее часто употребляемых в профессиональной научно-технической литературе и нормативных документах. Особенность издания состоит в насыщенности информацией физико- и коллоидно-химического характера в связи с возрастающей ролью этих знаний при обосновании составов, структур, свойств, технологических процессов получения и службы бетона.

Издание рассчитано на широкий круг представителей науки, образования, в том числе учащихся вузов и колледжей, практики строительной сферы.

Цена 1 экз. без почтовых услуг 250 р., НДС не облагается

Книгу можно заказать с сайта издательства
www.rifsm.ru

Тел./факс: (495) 976-20-36, 976-22-08
e-mail: mail@rifsm.ru



Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова, Северо-Кавказский филиал, производит подбор составов цветных органоминеральных смесей для дорожных покрытий (проезжей части, площадей, тротуаров, разметки, парковых и спортивных площадок и др.), разработку технических регламентов и нормативной документации на процессы получения органоминеральных смесей и органоминеральных покрытий.

Имеется большой опыт работы.

Заинтересованной стороне обращаться:

**357202, Ставропольский край, г. Минеральные Воды,
ул. Железноводская, 24.
Тел/факс: (87922) 5-53-97**

Реклама

Д.Е. БАРАБАШ, д-р техн. наук, А.В. ШУБИН, инженер (Alokazy5@mail.ru),
Р.В. ШУБИН, инженер (Shubin@vmail.ru),
Военный авиационный инженерный университет (Воронеж)

Термопластичный материал для разметки автомобильных дорог

Дорожная разметка является важным средством организации и упорядочения движения транспортных потоков, позволяет без больших финансовых затрат увеличить скорость движения автомобилей и пропускную способность дороги, а также более чем на 20% уменьшить количество дорожно-транспортных происшествий. Эффективность разметки определяется ее хорошей видимостью в любое время суток, в любую погоду независимо от времени года и обеспечением необходимого сцепления с колесом автомобиля.

Долговечность разметки обеспечивают свойства материала, из которого она выполнена, и условия эксплуатации.

Условия эксплуатации, в свою очередь, определяют классом автомобильной дороги, а следовательно, интенсивностью движения, шириной проезжей части, наличием искривлений и разворотов на автодороге, назначением линий разметки, а также климатическими условиями [1].

Для разметки применяют различные материалы: специальные устойчивые краски, термопластики, спрей-пластики, термопластичные ленты, холодные пластики, а в отдельных случаях керамическую и клинкерную брусчатку, фарфоровую крошку, штучные формы из белого полимер- или цементобетона, цветного асфальтобетона, разметочные блоки и плиты, металлические кнопки и другие материалы (ГОСТ Р 51256–99).

По технологии нанесения дорожно-разметочные материалы (ДРМ) можно разделить на два класса: холодного и горячего применения. К первому относятся краски и эмали на органических растворителях, водно-дисперсионные краски, холодные пластики. К числу ДРМ горячего применения относятся термопластики, спрей-пластики, а также термопластичные ленты, приклеиваемые к асфальту с помощью газовой горелки. Температура воздуха и покрытия при нанесении разметки этими материалами должна быть в интервале 5–35°C.

Преимуществом красок и эмалей на органических растворителях является удобная и безопасная технология применения. Холодные пластики используют для нанесения разметки в местах наибольшего износа, например на пешеходных переходах.

Однако наибольшую долю в общем объеме применяемых для этой цели материалов составляют краски и термопластики, причем последние приобретают все большую популярность. Это обусловлено тем, что толщина наносимого слоя термопластика составляет 3–4 мм, при этом срок эксплуатации возрастает до нескольких лет. Соответственно увеличивается и стоимость израсходованного материала.

Снижение стоимости разметочного материала при сохранении долговечности и эксплуатационных качеств – насущная материаловедческая задача.

Современный разметочный материал – сложная композиционная система, содержащая разнообразные

компоненты, причем каждый из них играет свою роль в обеспечении прочности, истираемости и в конечном счете долговечности разметки.

По европейскому стандарту содержание сухого вещества в дорожно-разметочном материале должно быть не менее 75% для красок и не менее 97% для пластиков. Эти нормативы устанавливаются с целью ограничения выброса растворителей и других легколетучих органических веществ в атмосферу.

Основное отличие применяемых дорожно-разметочных материалов состоит в типе пленкообразующего. Например, в США в качестве связующего традиционно используют различные марки эпоксидных смол, в Японии широко применяют дисперсии полиакрилатов, алкидной или акрилатной смол в органических растворителях типа гексана и толуола.

В России в качестве пленкообразующих преимущественно используют акриловые, инденкумароновые и нефтеполимерные смолы, а также талловую канифоль.

Отечественные пленкообразующие в большинстве своем имеют нестабильный состав, что обуславливает их низкое качество.

В связи с этим дорожно-эксплуатационные организации вынуждены выбирать из широкого ассортимента дорожно-разметочных материалов различных производителей те композиции, которые на их взгляд обеспечивают необходимые в каждом конкретном случае потребительские качества.

В подобной ситуации приходится не только сопоставлять значительное число потенциально удовлетворительных материалов, но и проводить это сравнение по целому ряду разрозненных показателей. При этом, как правило, ни один материал не удовлетворяет всему комплексу показателей, что при отсутствии научно обоснованной иерархии их значимости приводит к субъективности принятия решений о выборе оптимальной композиции.

Представляется целесообразной выработка единого количественного критерия, позволяющего проводить выбор с возможно меньшим субъективизмом. Решение этой задачи требует ответа на последовательный ряд более частных вопросов.

Во-первых, необходимо резко ограничить и унифицировать круг традиционно рассматриваемых физико-механических показателей, характеризующих дорожно-разметочные материалы.

Поскольку при отсутствии деструктивных воздействий от контакта с высокоагрессивными средами все известные разметочные композиции надежны, за основу отбора целесообразно рассматривать взаимосвязь показателя с долговечностью материала в эксплуатационных условиях.

По мнению авторов, в число физико-механических показателей, наиболее тесно связанных с долговечностью разметочных композиций, должны быть включены границы интервала пластичности, температуры

Таблица 1

Наименование показателей и их размерность	Требования ГОСТ Р.51256-99	Cleanosol	Cleanosol 21203	Swarcotherm Sprayplastik HSP100	Swarcotherm HP-25	Prosic-N FIRH280A	Технопласт	Мегатекс
Растекаемость навески массой 100 г, при 20°C, мм	100	115	115	135	107	115	105	120
Время застывания при 20°C, мин	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10
Температура размягчения по КиШ, °С	80-85	92	98	97	95	92	103	110
Коэффициент яркости, %	75-80	80	90	83	93	87	95	70
Адгезия к цементобетону (метод отрыва), МПа	0,8-1,3	1,53	1,67	1,59	1,58	1,68		1,07
Коэффициент сцепления, у. е.	0,4-0,5	0,35	0,35	0,32	0,32	0,3	0,4	0,45
Условная пластичность, у. е.	-	10,5	8,2	7,8	8,1	7,5	9,2	10,1
Температура хрупкости на стержне с радиусом закругления 10 мм, °С	-	+11	+30	+35	+30	+35	+20	+15

размягчения и хрупкости, деформативность при отрицательной температуре, адгезия.

Вторым этапом при установлении единого количественного критерия является выбор наиболее корректной, «идеальной» модели материала, который сводится к определению эталонного уровня по каждому из рассматриваемых свойств. К сожалению, до настоящего времени нет теоретических разработок, позволяющих выдвигать требования к свойствам материалов исходя лишь из положений механики композиционных систем. Поэтому выбор «идеальной» модели базируется на эмпирическом опыте натурных работ, что все-таки вносит определенный элемент субъективизма.

Например, в качестве «идеальной» можно привести эмпирически установленную для северной климатической зоны совокупность оптимальных значений выделенных физико-механических показателей: температура размягчения (по КиШ) 110°C; температура хрупкости минус 5°C; относительное удлинение в момент разрыва при 0°C 20%; адгезия к асфальтобетону 1,8 МПа.

Однако оптимальность представленных значений практически не приводит к росту долговечности и, следовательно, изменение состава композита становится нецелесообразным.

В период эксплуатации разметочный термопластичный материал подвергается не только температурным линейным, но и знакопеременным деформациям от колес автомобилей и неравномерного остывания и нагревания поверхности дорожного покрытия. Указанные деформации со временем вызывают разрушение материала. В связи с этим целесообразно для разметочных материалов дополнительно ввести показатель – количество знакопеременных циклов колебаний при вертикальной деформации. Амплитуда деформаций должна составлять не менее ±2 мм.

Тем не менее при разработке требований к вновь синтезируемым разметочным материалам необходимо исследовать физико-механические характеристики имеющихся композиций.

В табл. 1 представлены результаты испытаний при рабочей температуре 180±10°C дорожно-разметочных материалов отечественного и зарубежного производства. Установлено, например, что температура хрупкости, определяемая на стержне радиусом закругления 10 мм, составила для термопластика Cleanosol +11°C, а для Мегатекс +30°C. Температура размягчения (по КиШ) у термопластика Cleanosol + 85°C, а у Мегатекс +75°C. Уже эти различия косвенно характеризуют долговечность материала.

Сочетание более высоких значений температуры размягчения и адгезии к асфальтобетону с более низкой температурой хрупкости приводит к тому, что срок службы отечественных материалов меньше, чем у рассмотренных зарубежных термопластиков.

Таким образом, решение проблемы повышения долговечности разметки термопластиками зависит от возможности создания оптимальных условий для совместной работы разметки и покрытия автодороги. Это в равной мере относится ко всем разметочным материалам – холодным пластикам, лентам и т. д. Однако тем самым не снимается проблема повышения качества самих материалов, улучшения их структуры с учетом того, что на огромной территории России существует несколько климатических зон и имеются дороги с различной эксплуатационной нагрузкой.

Одним из ключевых показателей качества является хорошая видимость разметки в темное время суток, что достигается использованием светоотражающих стеклянных микрошариков (метод № 1). Светоотражающее свойство микрошариков основано на их способности преломлять свет, идущий от фар автомобиля, и отражать его под другим углом.

Наблюдения за разметкой, выполненной из термопластиков различных фирм, на одном и том же участке дороги показали, что их отражающая способность уже через 3 месяца эксплуатации ниже требований ГОСТа. Это связано с тем, что стеклянные микрошарики не успевают погружаться в разогретый термопластик из-за его высокой вязкости. Вследствие этого они возвышаются над поверхностью материала более чем на половину своего диаметра и при движении и торможении автомобилей вырываются из термопластика.

Для обеспечения погружения стеклянных микрошариков на требуемую глубину можно использовать некоторые технологические приемы: прикатывать их легкими катками; предварительно подогревать до необходимой температуры; использовать стеклянные микрошарики с диаметром более 600 мкм. Указанные приемы усложняют технологию нанесения и требуют дополнительных затрат.

С целью устранения указанных выше недостатков отечественных и зарубежных дорожно-разметочных материалов авторами была разработана разметочная композиция на основе отечественного ДСТ 30Р-01.

В состав разметочного материала входит термоэластопласт с интенсивностью окраски по стеклянной шкале не менее ω, кислотным числом не более 12 на 1 г продукта и температурой плавления выше 150°C.

Наполнение осуществляли дробленным кварцем безлизой не менее 90% и степенью помола не более

Таблица 2

Характеристика	Показатели	
	Требования стандартов	Результаты контрольных испытаний
Внешний вид	Сухая порошковая композиция	Соответствует
Коэффициент яркости, %, не менее	60	90
Температура плавления	85–95	97
Рабочая температура, °С, в пределах	140–200	170–220
Время застывания (отверждения), мин, не более	20	6
Растекаемость, см, пределах	5–15	10
Адгезия к асфальтобетону, МПа	0,8	0,9–1,2
Эластичность при испытаниях на изгиб в нормальных условиях, мм, не более	50	35
Коэффициент сцепления, у. е., не менее	0,32	0,35
Термостойкость при +60°С, мм, не более	3	3
Устойчивость к переменной температуре, циклы, не менее	20	Более 20
Стойкость к хлоридам, ч, не менее	72	72
Стойкость к бензину, мин, не менее	5	5
Стойкость к минеральным маслам, мин, не менее	10	10
Стойкость к УФ излучению, баллы, не менее	8	8
Водопоглощение, %, не более	0,5	0,5

200 мкм и микромармором с цветовым предпочтением по белизне по способу CIE Lab (C/2) 98% (метод № 2).

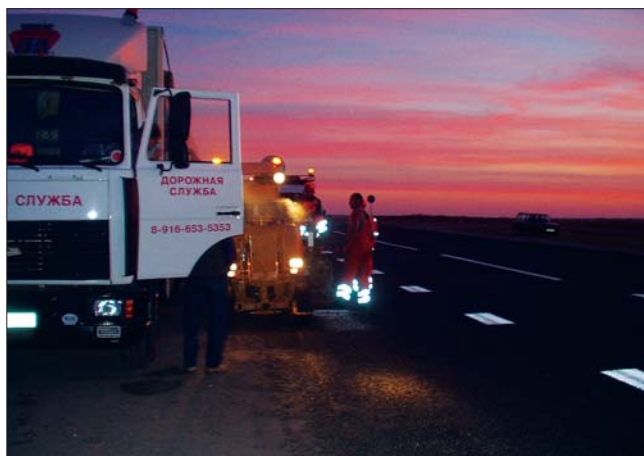
Кроме того, дополнительно использовали оптический отбеливатель с дозированием 0,02–0,05%, который позволяет существенно усилить белизну покрытий даже при использовании отечественных пигментов и наполнителей. Принцип его действия основан на сдвиге спектра отражения ультрафиолетовой составляющей дневного света в его сине-фиолетовую часть. За счет этого возникает видимый эффект усиления белизны, так как при наложении синего цвета на желтый образуется белый цвет (рисунок).

Значения физико-механических характеристик предлагаемого композиционного материала представлены в табл. 2.

В августе 2004 г. опытные партии разметочного материала, изготовленные в соответствии с вариантами № 1 и 2, были применены на участке автодороги М4.

При отладке технологии приготовления и применения разработанного разметочного материала выявлено, что целесообразно термопластик загружать в полиэтиленовой упаковке, с массой порошка не менее 15 кг.

Лабораторные испытания термопластика с введенным в него полиэтиленом (упаковка) показали, что



структура, технологические и физико-механические показатели материала не изменились.

Нанесение разметки осуществляли при помощи штатного оборудования, при этом отклонение размеров линий от установленных проектом не превышало 0,5 мм по ширине линии и 10 мм по длине штрихов и разрывов.

Время отверждения слоя разметочного материала толщиной 3,5–4 мм при температуре воздуха 18°С было не более 10 мин. Контрольный сруб термопластика с проезжей части показал высокую адгезию материала к поверхности асфальтобетона.

Визуальным осмотром установлено, что стеклосферы, нанесенные на поверхность разметочного материала, внедрились на половину своего размера и видимость разметки из автомобиля опытного участка в ночное время при ее освещении светом фар на расстоянии 30 м превышает аналогичные показатели зарубежных материалов.

Через четыре месяца эксплуатации светоотражающая способность разработанного разметочного материала составляла 310 мк·лк·м⁻², что значительно выше, чем у аналогов.

По согласованию с потребителем термопластик можно изготавливать со световозвращающим эффектом (с комплектованием стеклошариками для присыпки сверху и введением их в состав термопластика) или без него. Возможны для поставки цвета термопластика: белый, красный, желтый. Упаковка – полиэтиленовые мешки массой 15; 25 или 50 кг, по согласованию с потребителем. Гарантийный срок хранения в таре поставщика 12 мес.

Качество разработанного термопластика соответствует требованиям ГОСТ Р 51256–99 и ГОСТ 50597–93 (протокол испытаний НТЦ «КАТАФОТ», № 44/НИО от 16.11.2000 г.).

Ключевые слова: дорожная разметка, термопластик.

Список литературы

1. СТП-ОБД-01-02. Технические требования к горизонтальной дорожной разметке.

С.М. ЕВТЕЕВА, канд. техн. наук,
Саратовский государственный технический университет

Опыт контроля качества горизонтальной дорожной разметки в Приволжском федеральном округе

Дорожная разметка является эффективным средством организации движения транспортных средств, способствующим повышению безопасности дорожного движения, снижению количества дорожно-транспортных происшествий, увеличению скорости движения автомобилей и пропускной способности автомобильной дороги.

Значительный рост динамических параметров транспортных средств и интенсивности движения на автомобильных дорогах обуславливает необходимость обеспечения высоких потребительских качеств дорожной разметки. Качество дорожной разметки зависит прежде всего от соблюдения технологии ее нанесения, применяемых материалов, погодных-климатических факторов, состояния покрытия в момент нанесения дорожной разметки и в период ее эксплуатации, а также от условий эксплуатации самой автомобильной дороги. К основным параметрам, определяющим эффективность дорожной разметки, относятся: обеспечение ее видимости в любое время суток в различных условиях эксплуатации, фактический срок службы, функциональная долговечность (срок службы), стоимость применяемых материалов. Для этого их обеспечения необходимо осуществлять систематический контроль качества дорожной разметки и применяемых материалов с целью своевременного выявления несоответствия установленных параметров нормативным требованиям.

Контроль качества дорожной разметки должен осуществляться специализированными организациями, располагающими необходимым оборудованием для квалифицированной оценки качества применяемых материалов и изделий, операционного контроля в процессе нанесения дорожной разметки, приемочного контро-

ля по окончании ее нанесения и контроля качества разметки в процессе ее эксплуатации.

На территории Приволжского федерального округа контроль качества горизонтальной дорожной разметки и применяемых разметочных материалов более пяти лет осуществляет ООО «Производственная фирма «ВолгаСтандарт-Д». К основным направлениям деятельности предприятия относятся:

- контроль качества и технический надзор дорожных работ;
- разработка проектов дорожного движения и обустройства автомобильных дорог;
- паспортизация автомобильных дорог;
- диагностика автомобильных дорог и др.

ООО «Производственная фирма «ВолгаСтандарт-Д» имеет допуск к работам в области инженерных изысканий и подготовке проектной документации, которые оказывают влияние на безопасность сложных технических объектов.

В составе организации имеется независимый «Испытательный лабораторный центр контроля качества дорожно-строительных материалов и дорожной разметки» (ИЛЦ КК ДСМиДР), осуществляющий контроль качества красок (эмалей), пластичных материалов, микростеклошариков для разметки дорог, лакокрасочных покрытий для противокоррозионной защиты, грунтов, бетонных смесей, нерудных строительных материалов, асфальтобетонных смесей для дорог, аэродромов, а также асфальтобетонов.

Специалистами лабораторного центра ИЛЦ КК ДСМиДР с 2004 г. по настоящее время проводятся работы по контролю качества дорожной разметки на автомобильных дорогах федерального и территориального значения,



Рис. 1. Общий вид линии разметки



Рис. 2. Макроснимок линии разметки

расположенных в четырнадцати субъектах Российской Федерации – Самарской, Саратовской, Ульяновской, Кировской, Нижегородской, Оренбургской, Пензенской областях, Пермском крае, республиках Башкортостан, Марий Эл, Мордовия, Татарстан, Удмуртия, Чувашия, а также за пределами Приволжского федерального округа. При входном контроле качества испытано более 20 видов красок (эмалей) и пластичных материалов, более 10 видов микростеклошариков для разметки дорог, проведен операционный, приемочный и эксплуатационный контроль качества горизонтальной дорожной разметки осуществляются специалистами «Производственной фирмы ООО «ВолгаСтандарт-Д» совместно с сотрудниками Саратовского государственного технического университета с 2005 г.

В статье приводится типовой пример результатов входного, операционного и приемочного контроля качества горизонтальной дорожной разметки на федеральной автомобильной дороге М-6 «Каспий» по Саратовской области на участке III технической категории. В качестве разметочных материалов испытывали эмаль АК-511 для разметки дорог и микростеклошарики марки «Люкс 100-600».

Первоначальным этапом является входной контроль качества, устанавливающий соответствие разметочного материала нормативным требованиям ГОСТ Р 52575–2006 по следующим показателям: комплектность, упаковка, маркировка, способ хранения и физико-химические свойства, для определения которых из каждой партии проводили отбор не менее двух проб материала массой 3 кг. На лабораторные испытания были представлены образцы эмали по показателям: координаты цветности, стойкость к статическому воздействию 3% водного раствора хлорида натрия при 0 – +2°C, насыщенного раствора хлорида натрия при 0 – +2°C, воды при 20+2°C и 10% водного раствора щелочи гидроксида натрия при 20+2°C, которые соответствовали требованиям ГОСТ Р 52575–2006. Коэффициент яркости образцов эмали соответствовал классу В-7, вязкость – классу УВ-2, плотность – классу ПК-2, степень перетира – классу СП-2, адгезия к стеклу – классу АС-3, массовая доля нелетучих веществ – классу НВ-2, время высыхания до степени «3» – классу ВВ-4 по ГОСТ Р 52575–2006.

Отобранные для лабораторных испытаний образцы микростеклошариков по внешнему виду, фактической дефектности, наличию инородных веществ, коэффици-

енту преломления света, стойкости к статическому воздействию воды и 3% раствора хлорида кальция соответствовали требованиям ТУ 5927-002-54611645–2005.

Операционный контроль качества осуществляется в процессе нанесения дорожной разметки и состоит в определении параметров процесса ее нанесения на соответствие требованиям технического задания и технической документации на применяемые разметочные материалы, а также на соответствие дорожной разметки требованиям ГОСТ Р 51256–99, ГОСТ Р 52289–2004 и дислокации. При проведении операционного контроля фиксируется наличие у разметочной бригады на месте производства работ необходимой технической документации, производится оценка состояния дорожного покрытия до начала нанесения дорожной разметки, устанавливается соответствие погодных условий требованиям технической документации на применяемые материалы и процесс производства работ. В процессе нанесения разметки выполняется оценка соответствия наносимых линий схеме расположения технических средств организации дорожного движения, геометрических параметров и расхода материалов, включая микростеклошарики.

Кроме того, на данном этапе контролируют светотехнические характеристики линий разметки на соответствие требованиям ГОСТ Р 51256–99 и ГОСТ Р 52289–2004, а также отношение коэффициента сцепления колеса на линии разметки к коэффициенту сцепления на покрытии.

Для нанесения дорожной разметки использовали самоходную машину «Шмель-11А» с безвоздушным способом нанесения разметочного материала. Разметку наносили на асфальтобетонное покрытие с естественной шероховатостью. При визуальном осмотре поверхности покрытия явных дефектов, разрушений и признаков шелушения не было обнаружено, поэтому состояние покрытия было признано удовлетворительным. На контрольном участке покрытие автомобильной дороги было подготовлено к нанесению разметки. Следов масла, битума, пыли и старой разметки, нанесенной по измененной схеме, не было обнаружено. Погодные условия при производстве разметочных работ соответствовали требованиям технической документации на применяемые материалы (температура воздуха составляла 24,3°C, температура покрытия 28,9°C, относительная влажность воздуха 33%).

В ходе операционного контроля качества был установлен средний расход разметочных материалов. Расход для краски определяли по методу изменения толщины

Тип линии по ГОСТ Р 51256–99	Отклонение длины линии штрих / разрыв, см	Отклонение ширины линии, см	Коэффициент световозвращения, мкд·лк ⁻¹ ·м ⁻²		Коэффициент светотражения при диффузном дневном или искусственном освещении в сухом состоянии, мкд·лк ⁻¹ ·м ⁻²	Коэффициент сцепления на разметке	Коэффициент сцепления на покрытии	Отношение коэффициентов сцепления на разметке к коэффициенту сцепления на покрытии
			при сухом покрытии	при влажном покрытии				
1.2.1 Правая Краевая	-1	0	141	50 (30–61)	161 (124–190)	0,26	0,3	0,87
1.5 Осевая	+3/-5	+1	172	39 (33–43)	194 (169–217)	0,25	0,29	0,86
1.2.1 Левая Краевая	-1	0	160	32 (29–39)	195 (175–206)	0,26	0,32	0,81

Примечание. В скобках указаны минимальные и максимальные значения коэффициентов световозвращения и светотражения.

сырого слоя и плотности, при котором ступенчатый брус с шагом 25 мкм на стальных пластинах подкладывали под распыляющее устройство разметочной машины, для микростеклошариков – по методу отбора весовой пробы подвешиванием пробоотборника на распыляющее устройство разметочной машины в момент нанесения линии разметки. Средний расход разметочных материалов на контрольном участке составил: для краски – 469 г/м², для микростеклошариков – 180,4 г/м².

Проведенные испытания светотехнических и сцепных характеристик линий разметки позволили сделать выводы: коэффициент яркости (80%), координаты цветности (0,315; 0,333), коэффициент светоотражения при диффузном дневном или искусственном освещении (225), коэффициент световозвращения при сухом (106) и мокром (36) состоянии покрытия на контрольном участке соответствовали требованиям ГОСТ Р 51256–99 и ГОСТ Р 52289–2004 для дорог третьей технической категории с асфальтобетонным покрытием. Отношение коэффициента сцепления колеса на линии разметки (0,28) к коэффициенту сцепления на покрытии (0,32) соответствовало требованиям ГОСТ Р 51256–99.

Приемочный контроль качества дорожной разметки после окончания работ по ее нанесению выполняли путем объезда всех контролируемых участков визуальным и инструментальным контролем. При визуальном контроле оценивали следующие показатели: соответствие типа нанесенных линий разметки дислокации, наличие видимых следов старой разметки, изменяющих схему ее нанесения, наличие участков с износом линий разметки по площади и прочие дефекты. При визуальном контроле были обнаружены некоторые несоответствия схеме нанесения в виде пропусков краевых

линий на некоторых участках автомобильной дороги. На момент проведения приемочного контроля линии разметки не имели износа по площади. Следов старой разметки, изменяющей схему нанесения, и прочих дефектов в виде раскатов разметочного материала по поверхности автодороги, кривизны линий в плане и т. д. не было обнаружено.

При инструментальном контроле оценивали показатели: отклонение размеров линий разметки от установленных параметров с помощью стальной измерительной ленты Fisco tracker TR 20/520 м, коэффициенты сцепления с колесом на линии разметки и покрытия на приборе ППК-МАДИ ВНИИБД, светотехнические характеристики с использованием ретрорефлектометра ZENHTNER ZRM 1013+ с диапазоном измерения коэффициента световозвращения 0,2 мкд·лк⁻¹·м⁻². Данные инструментального контроля на одном из контрольных участков – на автодороге «Каспий» приведены в таблице.

Данные приемочного контроля качества дорожной разметки показали, что отношение коэффициента сцепления колеса на линии разметки к коэффициенту сцепления на покрытии во всех контрольных точках соответствует требованиям ГОСТ Р 51256–99. Коэффициенты светоотражения, световозвращения при сухом и влажном состоянии покрытия, определенные в контрольных точках, в большинстве случаев соответствуют требованиям ГОСТ Р 52289–2004 для автомобильных дорог данной технической категории с асфальтобетонным покрытием.

Ключевые слова: дорожная разметка, безопасность движения, контроль качества, нормативные требования, краска разметочная, микростеклошарики, дорожное покрытие, световозвращение, износ, сцепление.



В.В. Силкин А.П. Лупанов

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ
работ на производственных
предприятиях дорожного
строительства**

**Издательство Ассоциации строительных вузов
В 2010 году выпустило учебное пособие
«Технология и организация работ на производственных
предприятиях дорожного строительства»**

Учебное пособие подготовлено профессором МАДИ к.т.н. Силкиным В.В. и генеральным директором ОАО АБЗ № 4 «Капотня» к.т.н. Лупановым А.П.

В пособии рассмотрены вопросы организации работы производственных предприятий в условиях линейного дорожного строительства. Приведены сведения о современных асфальтобетонных и цементобетонных заводах, карьерах, производственных базах для приема, хранения и переработки материалов.

Даны рекомендации по рациональным конструкциям складов каменных материалов, цемента, минерального порошка, битума. Освещены вопросы охраны труда и окружающей природной среды на производственных предприятиях дорожного строительства.

Учебное пособие может быть использовано студентами автомобильно-дорожных и строительных вузов, техникумов и колледжей, специалистами, повышающими свою квалификацию и получающими дополнительное образование в области дорожного хозяйства.

ООО «Дорэксперт»:
109429, Москва, Верхние поля 54 стр.1, тел.: (495) 359-55-73, e-mail: dorexper@vandex.ru
Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ):
129337, Москва, Ярославское шоссе 26, отдел реализации – оф. 511, тел., факс: (499) 183-56-83,
e-mail: iasv@mgsu.ru, WWW.iasv.ru

Реклама

Н.И. МАКРИДИН, д-р техн. наук, И.Н. МАКСИМОВА, канд. техн. наук,
Ю.В. ОВСЮКОВА, инженер (ovsukovayuliavladi@rambler.ru),
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Долговременная прочность модифицированной структуры цементного камня. Часть 1

Проблема нарастания прочности цементной дисперсной системы во времени по своей практической значимости остается в центре внимания как отечественных, так и зарубежных исследователей. Однако в публикациях по этой проблеме в основном рассматриваются ранние стадии гидратационного структурообразования. О поздних стадиях [1], существует давно сложившееся мнение, что регулирование свойств цементного камня в этот период практически невозможно, хотя в этом имеется необходимость. По мнению [2], кинетика упрочнения цементного камня во времени описывается не плавной экспоненциальной кривой, а функцией, претерпевающей периодические разрывы. Согласно [3] одной из многих причин пилообразного характера изменения прочности зрелого бетона во времени является гидролиз связей $Si-O-Si$, на долю которых приходится до 50–60% прочности цементного камня. В работе [4] отмечается, что фактор времени вызывает в бетоне проявление двух характерных разнонаправленных процессов – нарастания прочности во времени, определяемого физико-химическими изменениями структуры, и снижения прочности находящегося в напряженном состоянии бетона, связанного с проявлением реологических свойств – ростом деформаций во времени, приводящим к определенным нарушениям внутренних связей в материале на микро- и макроуровнях. Проблема нарастания и регулирования длительной прочности приобретает особый интерес для поиска путей получения и использования бетонов нового поколения, в том числе с очень высокими показателями прочности, однородности и низкой пористости.

В работе исследовано влияние процедуры и концентрации введения суперпластификатора (СП) С-3 в цементно-водную суспензию на формирование длительной прочности цементного камня и показана возможность регулирования макросвойств на поздних стадиях гидратации цемента.

Для исследования фазового состава новообразований и прочности цементного камня был использован бездобавочный сульфатостойкий портландцемент М400 Вольского завода с нормальной густотой 24%. Из свежего портландцемента было изготовлено девять серий образцов типа I по ГОСТ 29167–91 размером 4×4×16 см с В/Ц, равным 0,18; 0,2 и 0,27. Каждая серия состояла из 12 образцов. Из этого же портландцемента через год было изготовлено еще шесть серий образцов с В/Ц, равным 0,24, по 15 образцов в каждой серии. При изготовлении составов использовали добавку С-3 в разной дозе от массы цемента и с разной процедурой введения СП в цементное тесто. Принятые в эксперименте В/Ц цементной пасты соответствуют современным рекомендациям для производства бетонов нового поколения. В табл. 1 приведены характеристики состава, процедуры

затворения водой и введения добавки СП в цементное тесто. Следует отметить, что приготовление замесов всех 15 серий было двухстадийным по 5 мин. На каждой стадии дозировали 50% общего содержания воды затворения. Процедура дозирования СП в замес отличалась тем, что в ряде составов на первой стадии СП не дозировали, а на второй стадии его дозировали в полном объеме, либо 50% общего объема СП, либо на каждой стадии добавляли 50% дозы СП (табл. 1).

Формование образцов осуществляли на лабораторной виброплощадке со стандартными параметрами виб-

Таблица 1

Серия	В/Ц	С-3, мас. %	Процедура поэтапного дозирования компонентов цементной пасты
1	0,24	–	Ц+0,12Н ₂ О+0,12Н ₂ О
2	0,24	1	Ц+(0,12Н ₂ О+0,5СП)+(0,12Н ₂ О+0,5СП)
3	0,24	0,5	Ц+(0,12Н ₂ О+0,25СП)+(0,12Н ₂ О+0,25СП)
4	0,24	0,5	Ц+0,12Н ₂ О+(0,12Н ₂ О+0,5СП)
5	0,24	0,25	Ц+(0,12Н ₂ О+0,125СП)+(0,12Н ₂ О+0,125СП)
6	0,24	0,25	Ц+0,12Н ₂ О+(0,12Н ₂ О+0,25СП)
7	0,27	–	Ц+0,135Н ₂ О+0,135Н ₂ О
8	0,27	1,0	Ц+(0,135Н ₂ О+0,5СП)+(0,135Н ₂ О+0,5СП)
9	0,27	0,5	Ц+(0,135Н ₂ О+0,25СП)+(0,135Н ₂ О+0,25СП)
10	0,27	0,5	Ц+0,135Н ₂ О+(0,135Н ₂ О+0,5СП)
11	0,27	0,25	Ц+(0,135Н ₂ О+0,125СП)+(0,135Н ₂ О+0,125СП)
12	0,27	0,25	Ц+0,135Н ₂ О+(0,135Н ₂ О+0,25СП)
13	0,27	0,25	Ц+(0,135Н ₂ О+0,25СП)+0,135Н ₂ О
14	0,2	1	Ц+0,1Н ₂ О+(0,1Н ₂ О+ СП)
15	0,18	1	Ц+0,09Н ₂ О+(0,09Н ₂ О+СП)

Таблица 2

Расход на 1 м ³ цементной пасты	Серия образцов					
	1	2	3	4	5	6
Цемент, кг	1746	1758	1732	1708	1736	1719
Вода, л	419	422	416	410	417	413
СП С-3, кг	–	17	8,6	8,5	4,3	4,2
Коэффициент уплотнения, K_y	0,977	0,984	0,97	0,96	0,972	0,963

Таблица 3

Серия образцов	Плотность, кг/м ³ / пористость цементного камня, %					Степень гидратации цемента, %
	После ТВО	28 сут	420 сут	18 лет	После сушки при 105°С	
1	2165	2081/8,4	2090/7,5	2081/8,4	1978/18,7	57,8
2	2197	2091/10,6	2120/7,7	2052/14,5	1954/24,3	44,3
3	2156	2110/4,6	2100/5,6	1991/16,5	1887/26,9	36,9
4	2126	2093/3,3	2091/3,5	1990/13,5	1882/24,4	42,2
5	2157	2120/3,7	2120/3,7	1990/16,7	1888/26,9	37,1
6	2136	2091/4,5	2081/5,5	1958/17,8	1857/27,9	33,9

Примечание. Перед чертой – плотность, после черты – пористость.

рации в течение 3–5 с. Отформованные образцы размещали над водой в закрытой гидравлической ванне. После предварительной выдержки в течение 17 ч образцы подвергали в лаборатории тепловлажностной обработке (ТВО) по режиму: подъем температуры 2 ч, изотермическая выдержка 8 ч при 85–90°С, естественное остывание образцов в пропарочной камере. После ТВО и рас-

палубки все образцы взвешивали с целью контроля изменения их массы и плотности во времени в результате влагообмена с окружающей средой. Далее образцы находились в естественных лабораторных условиях, где в зависимости от сезона температура и относительная влажность изменялись соответственно в диапазоне 8–24°С и 56–90%.

Кинетику изменения физико-механических свойств цементного камня на образцах серий 1–6 наблюдали в течение 18 лет, а на образцах серий 7–15 – 9,5 лет. Следует отметить, что оценку контролируемых параметров во все сроки испытаний проводили в лаборатории при температуре 21–22°С и относительной влажности 58–60%.

В табл. 2 приведены значения расхода цемента, воды, суперпластификатора и коэффициента уплотнения, полученные по уплотненной цементной пасте после формирования опытных образцов. Более однородное распределение диспергированного цемента в составе 2 при дозировке СП 1% массы цемента способствовало получению лучшего значения коэффициента уплотнения рассматриваемой серии образцов. Дозировка СП в количестве 0,5 и 0,25% не оказывала заметного влияния на коэффициент уплотнения.

В табл. 3 приведены численные значения изменения плотности и пористости цементного камня в результате естественного влагообмена с окружающей средой и высушивания опытных образцов до постоянной массы при 105°С, а также степень его гидратации в возрасте 18 лет, которую определяли расчетным путем по неиспаряющейся химически связанной воде с учетом того, что количество неиспаряющейся воды в полностью гидратированном цементе составляет 23% массы цемента.

Из анализа экспериментальных данных (табл. 3) следует, что в первые 28 сут после ТВО большую потерю влаги 10,6 об.% показали образцы серии 2, то есть цементный камень с дозировкой 1% С-3. Вероятно, этот результат можно объяснить тем, что при адсорбции и возникновении двойного электрического слоя (ДЭС) в дисперсной системе С-3 отжимает определенное количество воды во внешнюю диффузную часть ДЭС, ослабляя тем самым ее связь с поверхностью частиц цемента. При меньших дозировках С-3, напротив, наблюдается меньшая потеря влаги.

В возрасте цементного камня 420 сут на образцах серий 1 и 2 зафиксировано небольшое поглощение воды из окружающей среды, тогда как в образцах серий 3; 4 и 6 наблюдалась незначительная потеря влаги, что, вероятно, обусловлено спецификой влияния С-3 на формирование порового пространства этих образцов. Однако в возрасте 18 лет кинетика потери влаги из образцов с С-3 стала значительно превышать показания контрольного состава. В результате возникающая пористость от испарившейся воды на образцах, приготовленных с использованием С-3, стала превышать аналогичную характеристику контрольной серии (1) на 60–112%. Дальнейшее высушивание опытных образцов до постоянной массы при температуре 105°С дало увеличение пористости примерно на 10% практически для всех серий. Вместе с тем следует отметить, что образцы серий 2–6 с С-3 показали относительно контрольной большую суммарную пористость от испарившейся влаги на 30–49% в данных условиях опыта.

Из анализа значений степени гидратации цемента следует, что водоцементное отношение, равное 0,24, не может обеспечить полной гидратации цемента. Использование СП снижает степень гидратации цемента, несмотря на то что СП способствует диспергированию цемента и увеличению площади поверхности его зерен. В этой связи можно отметить, что ничто не должно мешать гидратации цемента.

Таблица 4

Серия	С-3, %	Химический состав фаз	Характер структуры фаз
2	1	CSH(A) C ₃ SH ₂ C ₃ FH ₆ C ₄ FH ₁₃ 3CaO·Fe ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O	Иглы Иглы Округлые изотропные зерна Гексагональные пластинки Игольчатые кристаллы
3	0,5	C-S-H(II) тоберморит 11Å CSH(A) C ₃ SH ₂ C ₄ FH ₁₃ C ₃ FH ₆ 3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaCO ₃ ·12H ₂ O	Волокна Волокна Иглы Иглы Гексагональные пластинки Округлые изотропные зерна Сферолиты
4	0,5	тоберморит 12Å тоберморит 11Å C-S-H(A) C ₃ SH ₂ ксонотлит C ₄ FH ₁₃ C ₃ FH ₆	Волокна Волокна Иглы Иглы Волокнистые агрегаты Гексагональные пластинки Округлые изотропные зерна
5	0,25	CSH(B) тоберморитоподобная фаза C ₄ AH ₁₃ C ₄ FH ₁₃ 3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaCO ₃ ·12H ₂ O	Волокна Волокна Гексагональные пластинки Гексагональные пластинки Сферолиты
6	0,25	C-S-H(II) CSH(A) C ₃ SH ₂ ксонотлит 3CaO·Fe ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·32H ₂ O	Волокна Иглы Иглы Волокнистые агрегаты Игольчатые кристаллы или Удлиненные призмы

Таблица 5

Серия	C-3, %	Химический состав фаз
7	–	Твердый раствор CSH(I): 0,8-1,5CaO·SiO ₂ ·0,5-2,5H ₂ O; тоберморит 11,02Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈1; C ₂ SH(C): 2CaO·SiO ₂ ·0,3-1H ₂ O
8	1	Твердый раствор CSH(B): 0,8-1,5CaO·SiO ₂ ·0,5-2,5H ₂ O; тоберморит 10,54Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈1; ксонотлит: 6CaO·6SiO ₂ ·H ₂ O; C ₂ SH (C): 2CaO·SiO ₂ ·0,3-1H ₂ O
9	0,5	Твердый раствор CSH(B): 0,8-1,5CaO·SiO ₂ ·0,5-2,5H ₂ O; тоберморитоподобная фаза 10Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈3; ксонотлит: 6CaO·6SiO ₂ ·H ₂ O; C ₂ SH(C): 2CaO·SiO ₂ ·0,3-1H ₂ O
10	0,5	Твердый раствор C-S-H(II): 1,5-2CaO·SiO ₂ ·1-4H ₂ O; тоберморит 10,62Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈1; ксонотлит: 6CaO·6SiO ₂ ·H ₂ O; CSH(A): CaO·SiO ₂ ·1,25H ₂ O
11	0,25	Твердый раствор C-S-H(II): 1,5-2CaO·SiO ₂ ·1-4H ₂ O; тоберморит 13,77Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1,4, γ≈2; ксонотлит: 6CaO·6SiO ₂ ·H ₂ O; C ₂ SH(A): CaO·SiO ₂ ·0,3-1H ₂ O
12	0,25	Твердый раствор CSH(B): 0,8-1,5CaO·SiO ₂ ·0,5-2,5H ₂ O; твердый раствор: C-S-H(II): 1,5-2CaO·SiO ₂ ·1-4H ₂ O; тоберморит 9,9Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈3; тоберморит 11,02Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈1; CSH(A): CaO·SiO ₂ ·1,25H ₂ O; C ₂ SH(A): 2CaO·SiO ₂ ·0,9-1,25H ₂ O
13	0,25	Твердый раствор CSH(B): 0,8-1,5CaO·SiO ₂ ·0,5-2,5H ₂ O; тоберморит 18,5Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈2; тоберморит 8,81Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈1; ксонотлит: 6CaO·6SiO ₂ ·H ₂ O; CSH(A): CaO·SiO ₂ ·1,25H ₂ O
14	1	Тоберморит синтетический xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈1; тоберморит синтетический 13,8 Å : xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; тоберморит 14Å: xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1,4, γ≈2; CSH(A): CaO·SiO ₂ ·1,25H ₂ O C ₂ SH(A): 2CaO·SiO ₂ ·0,9-1,25H ₂ O; C ₂ SH(B): 2CaO·SiO ₂ ·1,1-1,5H ₂ O; C ₂ SH(C): 2CaO·SiO ₂ ·0,3-1H ₂ O
15	1	Афвиллит 3CaO·SiO ₂ ·3H ₂ O; ксонотлит: 6CaO·6SiO ₂ ·H ₂ O; тоберморит синтетический xCaO·SiO ₂ ·γH ₂ O; x≈1, γ≈1; твердый раствор C-S-H(II): 1,5-2CaO·SiO ₂ ·1-4H ₂ O

Для оценки фазового состава новообразований цементного камня на опытных образцах получали ионизационные рентгенограммы на дифрактометре ДРОН-2 в интервале брегговских углов $\theta = 2-35^\circ$ с медным анодом и никелевым фильтром.

На образцах серий 1–6 получали рентгенограммы в возрасте цементного камня 420 сут, а на образцах серий 7–15 – в возрасте 4,5 лет. Так как в твердеющей цементной пасте происходит одновременная кристаллизация нескольких фаз из твердого раствора внедрения, происходит смещение и наложение линий одной фазы на линии других фаз. Поэтому идентификация фаз проводилась на основе отдельных, наиболее характерных для каждой фазы линий.

В табл. 4 представлен предполагаемый фазовый состав цементного камня образцов серии 1–6 в возрасте 420 сут.

На полученных ионизационных рентгенограммах образцов всех серий линии размытые, мало интенсивные вследствие наложения линий разных фаз друг на друга, слабой закристаллизованности образовавшихся фаз и блочной структуры фаз. Это позволяет считать, что кристаллические решетки образовавшихся фаз находятся в неравновесном напряженном состоянии.

В табл. 5 представлены результаты анализа фазового состава цементного камня образцов серий 7–15 после 4,5 лет твердения. Анализ рентгенограмм образцов цементного камня после 4,5 лет твердения показывает, что в фазовом составе образцов с C-3 присутствует Ca(OH)₂. На ионизационных рентгенограммах обнаружены линии 4,9; 3,1; 2,62; 1,79 Å, принадлежащие Ca(OH)₂.

В тех образцах, которые получены при затворении цемента вначале только водой, присутствия извести не обнаружено. В образцах цементного камня без C-3 присутствуют следы кальцита (линии 3,86; 3,03; 2,84; 2,09 Å).

Рентгенограммы отражают сложность состава продуктов гидратации. Даже в возрасте 4,5 лет линии рентгенограмм цементного камня малоинтенсивные, особенно в области больших межплоскостных расстояний. Все линии ассиметричны вследствие того, что образовавшиеся в цементном камне фазы имеют неупорядоченную структуру. Такая структура может получаться в случае определенных пространственных затруднений и других факторов, влияющих на кристаллизацию.

В образцах с C-3 образуется больше фаз. Их количество возрастает еще больше при низком водоцементном отношении. При сравнении фазового состава цементного камня в возрасте 28 сут и 4,5 лет следует отметить, что вначале образуется особенно обогащенная оксидом кальция фаза C₂SH₂, которая с течением времени распадается и в образцах в возрасте 4,5 лет отсутствует.

Как известно, на ранних стадиях процесса гидратации цемента образуется твердый раствор внедрения CSH(B). Растворимость в твердом состоянии определяется в первую очередь характером химической связи. Большую роль при этом играет подобие кристаллических решеток и размерный фактор, в соответствии с которыми различие в размерах атомов компонентов при образовании твердого раствора не должно превышать 8–15%. Размеры атомов Si – 1,16; H – 0,529; O – 0,5; Ca – 1,9 Å. Таким образом, различие в размерах атомов этих элементов более 15%. Кроме того, оксид кремния является плохим растворителем вследствие высокой прочности ковалентно-ионной связи Si-O (468,9 кДж/моль). Поэтому образующиеся в цементном камне твердые растворы внедрения неустойчивы и распадаются.

В образцах без C-3 твердый раствор распадается преимущественно на тоберморит и фазу C₂SH(C). Фазы, обогащенной CaO, образуется гораздо меньше (линий мало и все они малоинтенсивны). В остальных образцах твердые растворы внедрения распадаются на несколько фаз: часть фаз обогащена CaO в большей степени, другая часть гидросиликатов кальция обогащена CaO в меньшей степени. Цементный камень без C-3 обладает более однородной структурой, так как образуется преимущественно тоберморит.

Распад твердых растворов, являющийся фазовым превращением, – один из эффективных способов воздействия на структуру и свойства цементного камня. Распад твердых растворов в цементном камне происходит вследствие не только большой разницы в размерах атомов кремния, кальция, кислорода и водорода, но и

Таблица 6

Серия	Прочность при сжатии, МПа / коэффициент β_t				
	28 сут	420 сут	4,5 года	9,5 лет	18 лет
1	76,7/1	87,5/1,14	96,9/1,26	100,3/1,31	90/1,17
2	68,2/1	74,5/1,1	70,6/1,04	84,2/1,23	81,8/1,2
3	94,1/1	103,2/1,1	96,1/1,02	94,3/1	104,7/1,11
4	100,4/1	108/1,08	101,8/1,01	95,0/0,95	119,5/1,19
5	93,2/1	96,5/1,04	97,2/1,04	109,3/1,17	110,6/1,19
6	93,9/1	99,2/1,06	93,6/1	113,6/1,21	94/1
7	101,4/1	108,6/1,07	112,3/1,11	110,5/1,09	-
8	89,9/1	97,2/1,08	85,2/0,95	94,4/1,05	-
9	100,9/1	106,7/1,06	104,4/1,03	107,3/1,06	-
10	106,5/1	111,6/1,05	99,2/0,93	92,6/0,87	-
11	96,2/1	99,8/1,04	90,7/0,94	102,0/1,06	-
12	106/1	110,4/1,04	106,8/1,01	113,9/1,07	-
13	103,4/1	108,3/1,05	97,6/0,94	107,6/1,04	-
14	127,6/1	135,4/1,06	126,5/0,99	137,3/1,08	-
15	123,6/1	127/1,03	108,9/0,88	117,5/0,95	-

наличия в твердом растворе неоднородностей или зон концентрации кальция.

При распаде твердого раствора цементного камня возможно одновременное выделение нескольких фаз, причем каждая из них может проходить через несколько метастабильных состояний. Метастабильные фазы выделяются когерентно из кристаллической решетки твердого раствора. Образующаяся при этом сверхструктура имеет существенно иные свойства, чем твердый раствор со статистически упорядоченной структурой. Так, тоберморит выделяется в виде пластинчатых слоев, фаза C_2SH (А, В, С) – в виде призм.

В табл. 6 представлены результаты оценки долговременной прочности при сжатии 15 серий образцов цементного камня в возрасте от 28 сут до 18 лет, а также коэффициент нарастания прочности во времени β_t , равный отношению фактической прочности цементного камня в возрасте R_t к прочности R_{28} . Контрольные сроки оценки прочности были приняты произвольно.

Анализ данных табл. 6 подтверждает мнение, что конечные механические свойства цементного камня определяются начальными стадиями его твердения. Можно отметить, что изменение прочности во времени для всех 15 серий опытных образцов носит волнообразный характер, однако продолжительность и амплитуда волны для модифицированных и немодифицированных гидратационных структур твердения цементного камня разная.

Результаты исследования развития прочности суперпластифицированного цементного камня с дозировкой С-3 0,25–1% массы цемента при постоянном значении В/Ц свидетельствуют о том, что прочность суперпластифицированного цементного камня может быть выше и ниже, чем у контрольного состава. Различие прочности в суперпластифицированном цементном камне может быть объяснено главным образом изменением условий протекания относительно быстрых химических реакций между цементом и водой в течение времени механического перетирания смеси, что предопределяет величины адсорбции, вязкости и ξ -потенциала в цементной дисперсной системе при изменении дозировки и време-

ни введения СП. Заслуживают внимания и образцы серий 10 и 15, которые показали значения коэффициента нарастания прочности меньше единицы как в возрасте 4,5 года, так и 9,5 лет.

В заключение следует отметить, что проведенные опыты по изучению долговременного поведения суперпластифицированного цементного камня позволяют констатировать наличие четкой тенденции влияния суперпластификатора и процедуры его введения на характер изменения долговременной прочности. Однако это только тенденция, так как факторов влияния значительно больше, чем рассмотрено в данной работе, что свидетельствует о сложности и необходимости более детального изучения этой проблемы с учетом разработки и применения в строительной практике суперпластификаторов нового поколения и композиционных вяжущих веществ.

Ключевые слова: суперпластификатор, цементный камень, фазовый состав, прочность при сжатии, пористость, плотность, структура.

Список литературы

1. Мчедлов-Петросян О.П., Чернявский В.Л., Ольгинский А.Г. Поздние стадии гидратации цемента // Цемент. 1982. № 9. С. 15–17.
2. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.
3. Сычев М.М. Некоторые вопросы химии бетона и цементного камня // ЖПХ АН СССР. 1981. Т. LIV. № 9. С. 2036–2043.
4. Гениев Г.А. Практический метод расчета длительной прочности бетона // Бетон и железобетон. 1995. № 4. С. 25–27.

А.П. ПУСТОВГАР, А.Ф. БУРЬЯНОВ, кандидаты техн. наук,
Е.В. ВАСИЛЬЕВ, инженер (evgenyv2@ya.ru),
ГОУ ВПО Московский государственный строительный университет

Применение метакАОлина в сухих строительных смесях

МетакАОлин представляет собой силикат алюминия, получаемый при термической обработке каолинита в заданном режиме. Каолинит – основная составляющая глины белого цвета (каолинов), образующихся при разрушении (выветривании) гранитов, гнейсов и других горных пород, содержащих полевые шпаты (первичные каолины). Название «каолин» происходит от названия местности в провинции Цзянси в Китае, где впервые был найден каолин. Наиболее крупные месторождения каолина находятся в Великобритании, Германии, Чехии, США, Украине, Казахстане и др. В России крупнейшие залежи каолина находятся на Урале.

Режимы термической обработки оказывают существенное влияние на активность метакАОлина. Оптимальной для обжига считается температура 500–800°C. Низкая температура обжига приводит к неполной дегидратации исходного продукта, а высокая температура обжига приводит к спеканию и формированию муллита. В обоих случаях наблюдается резкое снижение активности метакАОлина как минеральной добавки для составов на основе цементных вяжущих.

Положительный эффект действия метакАОлина базируется на его способности связывать гидроксид кальция, образующийся в результате гидратации минералов портландцемента в присутствии воды при обычной температуре. Данный факт обусловлен содержанием в метакАОлине групп Al_2O_3 и SiO_2 в химически активной форме, поэтому характер и интенсивность взаимодействия с известью различны и зависят от количества Al_2O_3 и SiO_2 , содержание которых может колебаться от 70 до 98%.

В литературных источниках [1, 2, 3, 4] отмечена высокая активность метакАОлина по сравнению с известными пуццолановыми добавками. Однако на практике многие производители сухих строительных смесей сталкиваются с противоречивыми результатами эффективности применения метакАОлина.

Для оценки эффективности применения были проведены сравнительные исследования физико-химических характеристик и строительно-технологических свойств сухих строительных смесей с метакАОлином различных производителей.

С помощью термоанализатора Labsys фирмы Setaram, методами ТГА и ДСК было исследовано пове-

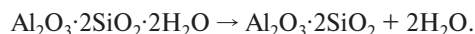
дение и свойства четырех образцов метакАОлина различных производителей. Образцы 1 и 2 зарубежных производителей и образцы 3 и 4 продукции российского производителя ЗАО «ПЛАСТ-РИФЕЙ». Исследования проводились в температурном интервале 40–700°C при постоянной скорости нагрева 10°C/мин в закрытом тигле. Результаты анализа приведены на рис. 1.

При анализе полученных результатов выявлено наличие каолинита ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) в образцах 1 и 2. В образцах 3 и 4 остаточного каолинита не обнаружено.

Содержание каолинита в метакАОлине определялось двумя методами:

1. Методом ТГА по потере массы в температурном интервале 475–625°C.
2. Методом ДСК по площади эндотермического пика в температурном интервале 475–625°C с максимумом при 562°C.

Оба процесса соответствуют термическому удалению воды из каолинита, который протекает по уравнению реакции:



В образце метакАОлина 1 содержится около 30% каолинита. В образце метакАОлина 2 содержится около 35% каолинита. Также в данном образце обнаружено наличие органической добавки, о чем свидетельствуют потеря массы (0,6% мас.) на кривой ТГА в интервале температур 260–320°C и эндотермический эффект на кривой ДСК с максимумом при 295°C, которые соответствуют ее термическому разложению. Сложный характер кривых ТГА и ДСК после 575°C связан с дальнейшими термическими превращениями продуктов распада данной органической добавки.

Наличие каолинита в образцах метакАОлина 1 и 2, вероятно, связано с низкой температурой обжига, недостаточной для полной дегидратации каолинита.

Микроскопический анализ образцов метакАОлина рис. 1 также указывает на наличие остаточного каолинита в образцах 1 и 2.

Химический состав, определенный методом энергодисперсионного анализа различных образцов метакАОлина, показал различное содержание Al_2O_3 и SiO_2

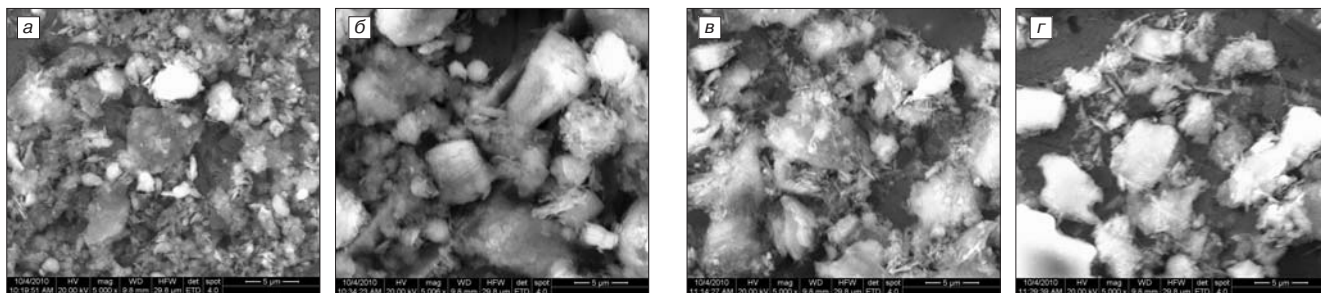


Рис. 1. Микрофотография образцов: а – метакАОлин 1; б – метакАОлин 2; в – метакАОлин 3; г – метакАОлин 4

Таблица 1

Химический состав метакАОлина различных производителей

Элемент	W _t , %			
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Al ₂ O ₃	42,05	36,87	45,08	44,15
SiO ₂	52,47	57,33	51,5	53,2
K ₂ O	0,74	0,44	0,25	0,21
CaO	0,42	0	0,21	0,09
TiO ₂	0,84	0,79	0	0
Fe ₂ O ₃	1,31	1,46	0,73	0,58
CuO	2,17	3,12	2,24	1,76

Таблица 2

Характеристики метакАОлина различных производителей

Образцы метакАОлина	Активность, мг/г за 30 сут	Содержание, %, частиц размером менее 10 мкм	Содержание Al ₂ O ₃ , %
Образец 1	160	80	42,05
Образец 2	137	50	36,87
Образец 3	250	50	45,08
Образец 4	242	50	44,15

(табл. 1), при этом наибольшее содержание Al₂O₃ в образце 3, а наименьшее – в образце 2.

Образцы метакАОлина 2, 3 и 4 имеют приблизительно одинаковый средний размер частиц, при этом кривые распределения частиц по размерам образцов 3 и 4 (рис. 2) отличаются от кривой распределения частиц образца 2. Средний размер частиц образца 1 существенно ниже, чем в образцах метакАОлина 2, 3 и 4.

Использование метакАОлина в составах сухих строительных смесей способствует улучшению реологии, формированию плотной структуры материала, благодаря чему существенно повышаются прочностные характеристики, морозостойкость, устойчивость к различным видам коррозии, снижается проницаемость и усадка.

При определении активности метакАОлина различных производителей использовался метод, основанный на способности поглощения добавками извести из известкового раствора в течение 30 сут. (табл. 2).

Поглощение извести образцами 3 и 4 через 30 сут значительно превышает аналогичный показатель образцов 1 и 2, что, вероятно, обусловлено наличием остаточного каолинита в образцах 1 и 2 и пониженным содержанием активных групп Al₂O₃–SiO₂. Увеличение поглощения извести образца 1 по сравнению с образцом 2 можно объяснить повышенным содержанием Al₂O₃, а также высокой дисперсностью образца 1.

Дальнейшие испытания проводились для составов сухих строительных смесей с различными образцами метакАОлина при замещении ими портландцемента в количестве 10%. Для снижения водопотребности в составы сухих строительных смесей дополнительно вводился суперпластификатор на поликарбоксилатной основе (табл. 3).

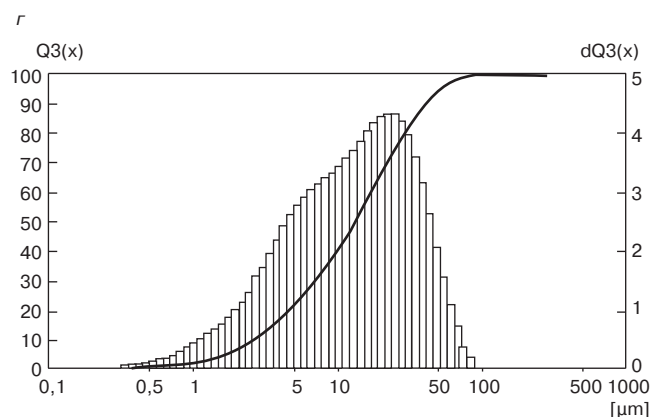
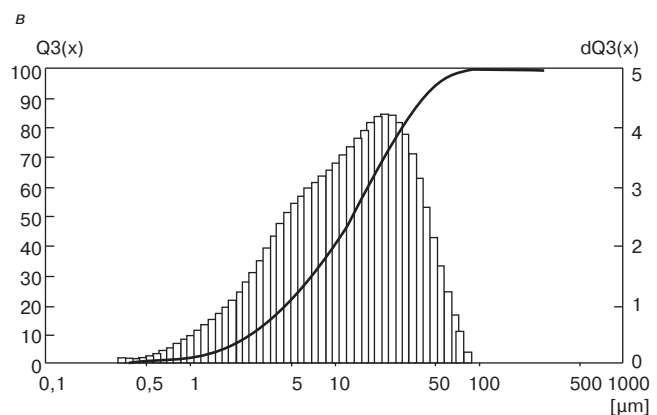
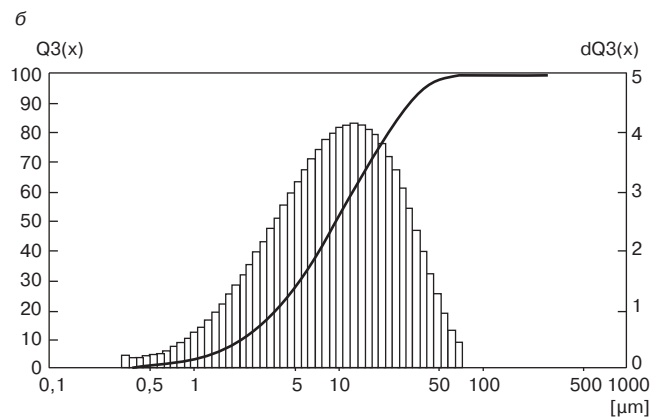
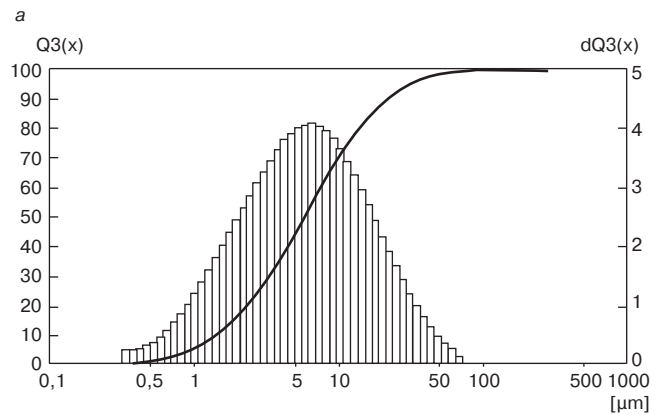


Рис. 2. Распределение частиц по размерам: а – образец 1; б – образец 2; в – образец 3; г – образец 4

Составы сухих строительных смесей для испытаний

Компоненты состава	Экспериментальные составы				
	Контрольный	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Портландцемент М400 Д0 (ОАО Воскресенский цементный завод – Lafarge)	250	225	225	225	225
Песок кварцевый ПБ 150 (ОАО Сибелко Рус)	749,8	749,8	749,8	749,8	749,8
Суперпластификатор	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Метакаолин образец 1	–	25	–	–	–
Метакаолин образец 2	–	–	25	–	–
Метакаолин образец 3	–	–	–	25	–
Метакаолин образец 4	–	–	–	–	25

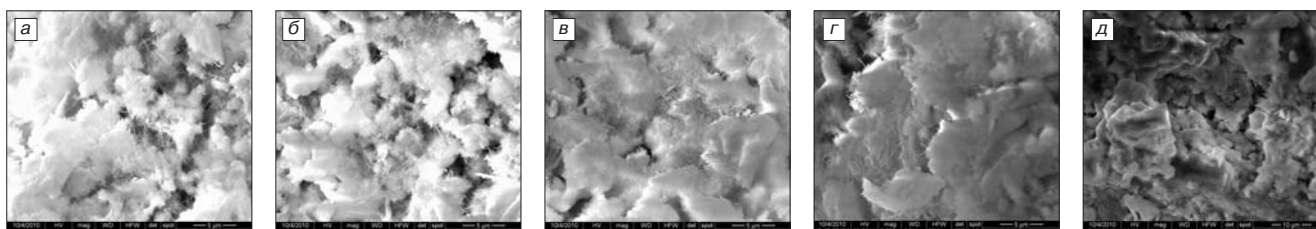


Рис. 3. Микроструктура строительного раствора с метакаолином: а – образец 1; б – образец 2; в – образец 3; г – образец 4; д – контрольный образец

Совместное использование суперпластификатора и метакаолина положительно влияет на формирование плотной структуры строительного раствора (рис. 3) по сравнению с контрольным составом и на прочность затвердевшего раствора в возрасте 28 сут (рис. 4, 5). Однако эффект повышения прочности при использовании различных образцов метакаолина неодинаков, и повышение прочности при сжатии экспериментальных составов № 1 и № 2 незначительно по сравнению с контрольным составом. Напротив, прочность образцов № 3 и № 4 практически в два раза превышает прочность при сжатии образцов контрольного состава. Ранняя прочность при сжатии в возрасте 1 сут для составов № 1 и № 2 ниже аналогичного показателя контрольных образцов, а прочность составов № 3 и № 4 в возрасте 1 сут незначительно превышает прочность образцов контрольного состава.

Исследования показали, что при твердении на воздухе при $t = 20^{\circ}\text{C}$ и $W = 50\%$ составов с метакаолином

существенно снижаются усадочные деформации по сравнению с контрольным образцом (рис. 6) за счет формирования на ранней стадии твердения этtringита, кристаллы которого хорошо видны на рис. 3, а, б, в, г. При этом следует отметить некоторое ускорение сроков схватывания экспериментальных составов, что, вероятно, связано с недостатком гипса на ранней стадии гидратации портландцемента за счет значительного увеличения активных групп Al_2O_3 . Введение в состав строительного раствора гипса позволит избежать сокращения сроков схватывания и может стать дополнительным инструментом компенсации усадочных деформаций.

Эффективность применения метакаолина различных производителей в составах сухих строительных смесей неодинакова и зависит прежде всего от правильного выбора и четкого соблюдения технологических режимов обжига и измельчения. Результаты сравнительных испытаний метакаолина различных производителей по-

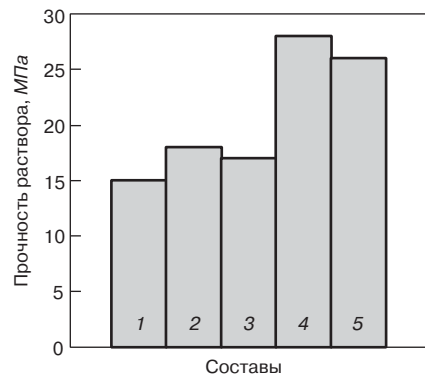


Рис. 4. Прочность экспериментальных составов при сжатии в возрасте 28 сут: 1 – контрольный; 2 – состав 1; 3 – состав 2; 4 – состав 3; 5 – состав 4

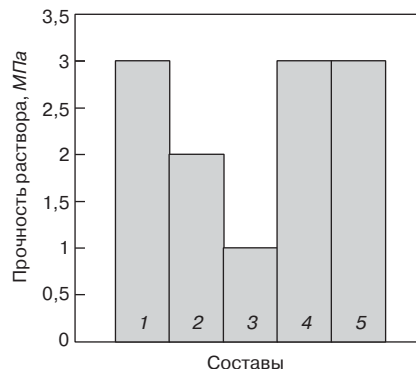


Рис. 5. Прочность экспериментальных составов при сжатии в возрасте 1 сут: 1 – контрольный состав; 2 – состав 1; 3 – состав 2; 4 – состав 3; 5 – состав 4

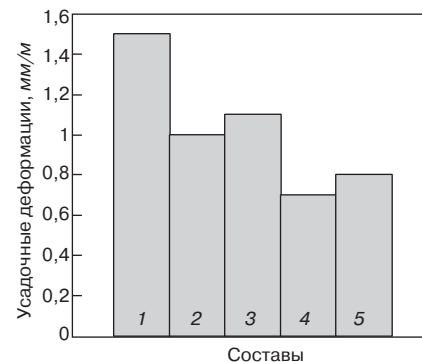


Рис. 6. Усадочные деформации затвердевших растворов в возрасте 28 сут: 1 – контрольный состав; 2 – состав 1; 3 – состав 2; 4 – состав 3; 5 – состав 4

казывают, что в производстве сухих строительных смесей следует использовать продукцию, выпускаемую специально для применения в качестве добавок в ССС и обеспечивающих максимальный эффект действия. Применение таких добавок при оптимальной дозировке, и особенно в сочетании с суперпластификаторами, позволит получать сухие смеси с высокими прочностными характеристиками, низкими усадочными деформациями, высокой морозостойкостью и стойкостью к различным видам коррозии.

Ключевые слова: *метакаолин, каолинит, сухие строительные смеси, суперпластификатор.*

Список литературы

1. *N.J. Saikia et al.*, Cementitious properties of Metakaolin-normal Portland Cement Mixture in the presence of petroleum effluent treatment plant sludge. *Cement and Concrete Research*, 32 (2002): pp. 1717–1724.
2. *Dubey A., Banthia N.* Influence of High Reactivity Metakaolin and Silica Fume on the Flexural Toughness of High Performance Steel Fiber-Reinforced Concrete. // *ACI Materials Journal*. 1998. № 3. P. 284.
3. *Calderone M.A., Gruber K.A.* High Reactivity Metakaolin – A Mineral Admixture for High Performance Concrete. // *Concrete Under Severe Conditions*. 1995. P. 1015–1024.
4. *Kim Hong-Sam, Lee, Sang-Ho, Moon Han-Young* Strength properties and durability aspects of high strength concrete using Korean metakaolin. // *Construction and Building Materials Journal*. 2007. № 1. P. 128.

Информационно-консалтинговая фирма

«ИТКОР»



Научно-практическая конференция
**«Текущее состояние строительного комплекса
 и перспективы посткризисного развития
 промышленности строительных материалов в РФ»**
16 февраля 2011 г. Москва

В программе:

- Текущее состояние строительного комплекса Российской Федерации
- Деятельность подотраслей промышленности строительных материалов за 2008-2010 гг.
- Стратегия развития промышленности строительных материалов до 2020 г.: обсуждение и предложения по дальнейшему совершенствованию
- Перспективные направления инвестиционной деятельности
- Пути преодоления кризисных явлений в отрасли и перспективы посткризисного развития

Докладчики: ведущие отраслевые аналитики и исследователи рынка строительных материалов; руководители профессиональных Союзов и Ассоциаций стройиндустрии; представители органов исполнительной власти и инвестиционных компаний.

www.ikf-itcor.ru, ikf-itcor@ikf-itcor.ru, itkor@mail.ru

Телефон/факс: (495) 232-47-56

Информационные партнеры конференции
 научно-технические и производственные журналы

«Строительные материалы»® и «Жилищное строительство»



МетаКаолин

**АКТИВНАЯ
 ПУЦЦОЛАНОВАЯ
 ДОБАВКА**

**РОССИЯ
 ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ
 г. Пласт
 ул. Магнитогорский тракт, д. 1**

**Тел./ факс: (35160) 2-26-56;
 2-29-45**

**www.kaolinzh.ru
 plast-rifey@chel.surnet.ru**

**ПЛАСТ
 РИФЕЙ
 к а о л и н
 журавлиный лог**

Реклама

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

В Свердловской области начал работу новый завод

В конце сентября в г. Асбест состоялся запуск производства теплоизоляционных материалов под маркой ЭКОВЕР® — гидрофобизированных теплоизоляционных плит на синтетическом связующем из каменной ваты на основе горных пород габбро-базальтовой группы. Ассортимент продукции включает как плиты общего строительного назначения для изоляции любых ненагружаемых конструкций, так и плиты, предназначенные для использования в строительных системах (фасады, кровля, сэндвич-панели).

Проект завода начал разрабатываться в 2007 г. на базе недостроенного цеха по ремонту тягловых агрегатов

ОАО «Ураласбест». Предприятие расположено в непосредственной близости от месторождения сырья. Общая сметная стоимость проекта составила 2,4 млрд р., общая площадь производственных помещений 16880 м². На заводе установлено оборудование из Словении мощностью 42 тыс. т готовой продукции в год, или 6 т/ч.

Создание нового предприятия было обусловлено не только растущим спросом на строительные материалы в целом и на теплоизоляцию в частности, но и необходимостью диверсификации градообразующего предприятия ОАО «Ураласбест». На заводе создано 250 рабочих мест. С пуском второй очереди будет создано еще 350.

По материалам ОАО «Ураласбест»

Lafarge открыл завод по производству щебня

Международная компания открыла высокотехнологическое предприятие по производству щебня на Кошеевском карьере в Киевской области.

Завод построен на Кошеевском гранитном месторождении, которое до этого не разрабатывалось, в 10 км от районного центра — г. Фастова. Сумма инвестиций в открытие завода составила более 12 млн евро. Проектная мощность предприятия составляет 900 тыс. т щебня в год. На производстве задействовано более 100 человек.

Группа Lafarge вышла на украинский рынок строительных материалов в 1999 г. и сейчас на Украине представлена тремя подразделениями. ОАО «Николаевцемент» — цементный завод (Львовская обл.) производ-

ственной мощностью 1,4 млн т цемента в год, выпускает три типа цемента для различных нужд. «Lafarge Щебень Украина», в состав которого входят предприятия: ООО «Клесовский карьер нерудных ископаемых «Технострой» (Ровненская обл.), занимающееся разработкой гранитного карьера и его переработкой на щебень, производственная мощность завода составляет 3,7 млн т щебня в год. ООО «Буковинские строительные материалы» — проект по разработке Майдан-Испаского песчано-гравийного месторождения в Черновицкой области. ЗАО «Лафарж Гипс Украина» — компания, имеющая собственный завод по производству гипсокартона мощностью 15 млн м² (первая очередь), который находится в г. Артемовск (Донецкая обл.)

По материалам пресс-службы компании Lafarge

Компания Samsung инвестирует в производство стройматериалов

ЗАО «Рустона» (дочернее предприятие транснациональной компании Samsung) планирует вложить около 9,4 млрд р. в освоение Ахметовского участка известняков и Тамского участка серпентинитов, а также в строительство предприятий по производству стройматериалов в Карачаево-Черкесской Республике.

По условиям соглашения компания планирует построить завод по производству цемента и ряд предприятий по производству других строительных материалов (известняк, сухих строительных смесей, облицовочного камня) в районе п. Курджиново.

В течение года ЗАО «Рустона» намерено инвестировать первые 400 млн р. в подготовку месторождения це-

ментного сырья, облицовочного камня и щебня для производства стройматериалов. К концу 2012 г. предполагается завершить первую часть проекта и в течение следующих трех лет инвестировать еще 9 млрд р. на завершение строительства цементного завода.

Инвестиционный проект будет реализован в рамках подписанного на форуме в Сочи главой республики и ЗАО «Рустона» меморандума о геологическом изучении и комплексном освоении Ахметовского участка известняков и Тамского участка серпентинитов с целью производства строительных материалов на территории республики.

По материалам Управления пресс-службы и информации Президента и Правительства КЧР

«Новоросцемент» вскоре запускает четвертый цементный завод

ООО «Газметаллпроект» — управляющая компания ОАО «Новоросцемент» планирует во второй половине 2011 г. завершить строительство и ввести в строй цементный завод в Краснодарском крае стоимостью 250 млн евро.

В настоящее время завершаются строительные и начались монтажные работы. Оборудование для строящегося предприятия поставила компания KHD Humboldt Wedag (Германия).

В 2010 г. на реализацию проекта компания направила около 100 млн евро, в прошлом году — около 125 млн евро.

Основным источником финансирования являются привлеченные средства. Из них Сбербанк открыл кре-

дитную линию на 3 млрд р. на финансирование строительно-монтажных работ. Один из немецких банков под страховое покрытие экспортного кредитного агентства «Гермес» предоставил кредит в размере более 100 млн евро на финансирование закупки оборудования. Остальное — собственные средства компании.

Завод производственной мощностью 2,4–2,5 млн т цемента в год строится рядом с действующим заводом «Первомайский». Новый завод будет выпускать цемент по сухой технологии. Его продукцию планируется реализовывать на российском рынке, в первую очередь в Южном регионе.

По материалам компании ООО «Газметаллпроект»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Новое направление
Тимлюйского завода**

Торговый дом «Тимлюйский завод» (Республика Бурятия) открывает новое направление деятельности – поставка оборудования по помолу цемента из полуфабриката клинкера – цементных мельниц нового поколения и другого сопутствующего оборудования с полным инженерным сопровождением. Такое сопровождение включает в себя доставку оборудования, гарантии оплаты-поставки и др. Это направление появилось после успешной реализации на заводе проекта – «Организация помола цемента из полуфабриката клинкера».

В 2008 г. была установлена первая мельница. Летом 2009 г. аттестована лаборатория ООО «Тимлюйский завод». Затем установлена вторая мельница. В 2011 г. планируются к установке третья и четвертая мельницы, после чего проектная мощность производственного комплекса достигнет 300 тыс. т цемента в год. Часовая производительность одной мельницы 5–7 т. В настоящее время дополнительно к помолу установлено оборудование по фасовке цемента в упаковку по 50 кг и 1 т.

Предлагаемое оборудование произведено в Китае, модернизировано и адаптировано специалистами завода для работы в российских условиях.

По материалам ООО ТД «Тимлюйский завод»

Импорт-экспорт цемента в августе 2010 г.

Импорт цемента в августе 2010 г. составил 66736 т, или около 2% от общего объема потребления цемента в России.

Калининградская область, которая раньше почти полностью обеспечивалась цементом компании «Евроцемент», перешла на 100% потребление импортного цемента. Такие регионы, как Брянская и Смоленская области потребляют импортный цемент в пропорциях 26% и 10% соответственно. Потребление Псковской области более чем на треть (35%) состоит из цементов, произведенных за пределами России.

Объемы поставок выглядят так: Белоруссия – 14574 т, Казахстан – 639 т, Китай – 480 т, Латвия – 25026 т, Литва – 4656 т, Польша – 6238 т, Турция – 8359 т.

Количество экспортируемого цемента в 2,5 раза превосходит количество импортируемого. Это означает, что по итогам августа Россия в большей степени экспор-

тер цемента, нежели его импортер. В экспортных поставках принимали участие 20 российских цементных заводов, и суммарное количество цемента, отправленного за рубеж, составило 164736 т.

Наиболее активно экспортом цемента занимались Новотроицкий цементный завод (29741 т), «Кавказ Цемент» (28886 т) и «Вольскцемент» (25 915 т). Причем у Новотроицкого завода доля цемента, отгруженного на экспорт, составила 65% от общей отгрузки по железной дороге.

Наибольшее количество цемента было экспортировано в Казахстан – 79587 т. Азербайджан стал второй по объему страной – потребителем российского цемента – 62227 т. На третьем месте Белоруссия – 17218 т. Остальные рынки сбыта отечественного цемента выглядят следующим образом: Финляндия – 1792 т, Узбекистан – 1107 т, Таджикистан – 915 т, Грузия – 615 т, Кыргызстан и Туркменистан – по 135 т.

По материалам интернет-портала BETON.RU

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

Рынок керамического и силикатного кирпича

В исследовании было построено три варианта прогнозов развития соответствующего рынка. Реалистичный вариант предполагает, что в 2010 г. объем производства керамического и силикатного кирпича составит около 7,3 млрд шт. усл. кирпича, что больше значения аналогичного показателя в 2009 г. лишь на 4,9%. Таким образом, восстановление от последствий кризиса затягивается. Однако в 2011 г. темпы роста производства керамического и силикатного кирпича существенно уве-

личатся и составят 35,2%, а рынок полностью восстановится от последствий кризиса только в 2012 г.

К 2015 г. объем производства керамического и силикатного кирпича должен составить примерно 13,7 млрд шт. усл. кирпича, что больше значения аналогичного показателя в 2009 г. на 6,7 млрд шт. усл. кирпича, или на 96,4%.

Рынок жилищного строительства будет восстанавливаться несколько быстрее: в 2011 г. объем ввода объектов жилой недвижимости составит около 64,6 млн м², что соответствует уровню 2008 г. (64,1 млн м²).

Рынок стеновых блоков из ячеистого бетона

Объем российского рынка стеновых блоков из ячеистого бетона составил в 2009 г. 3,28 млн шт. усл. кирпича, сократившись по сравнению с 2008 г. на 25,5%, что значительно меньше, чем остальные сегменты рынка стеновых строительных материалов (керамический и силикатный кирпич). В 2010 г. наблюдается уверенный рост объема рынка – 30% за первое полугодие. Предполагается, что в 2010 г. объем производства стеновых блоков из ячеистого бетона составит 4,4 млрд усл. кирпича, что больше значения аналогичного показателя 2009 г. на 34,2%. В 2011 г. темп роста производства стеновых блоков из ячеистого бетона несколько уменьшится и составит 27,1%.

Можно утверждать, что рынок стеновых блоков из ячеистого бетона восстанавливается после кризиса

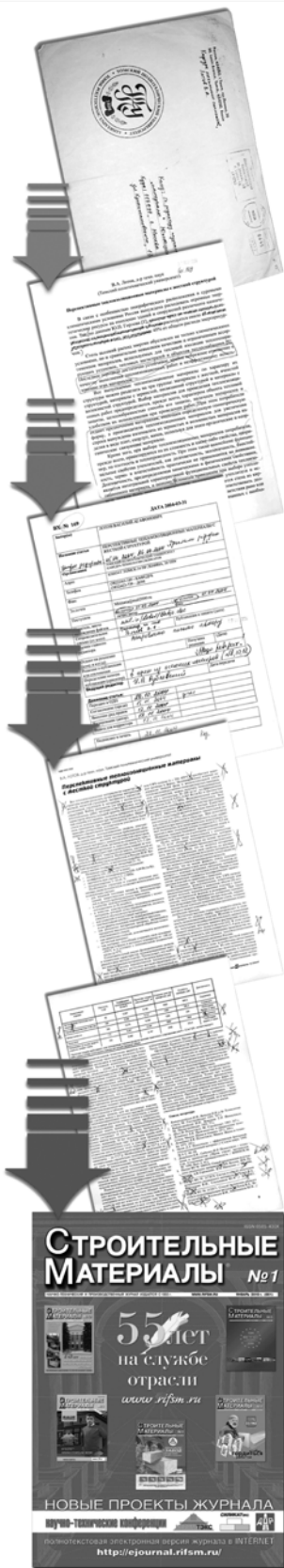
быстрыми темпами и продолжит свой рост в будущем. К 2015 г. объем производства стеновых блоков из ячеистого бетона должен составить примерно 8,1 млрд усл. кирпича, что больше значения аналогичного показателя в 2009 г. на 4,8 млрд усл. кирпича, или на 145,9%.

В исследовании отмечается, что доля стеновых блоков из пено- и газобетона в структуре рынка стеновых строительных материалов также уверенно растет. Так, если в 2005 г. продукция соответствующего вида занимала долю в 18,6%, то в 2007 г. – 23,8%, а в 2009 г. – 30,2%.

Объемы импорта и экспорта стеновых блоков из ячеистого бетона по сравнению с производством достаточно малы.

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, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи и не содержать перечень всего ранее опубликованного автором, что перегружает объем статьи и часто является элементом саморекламы.

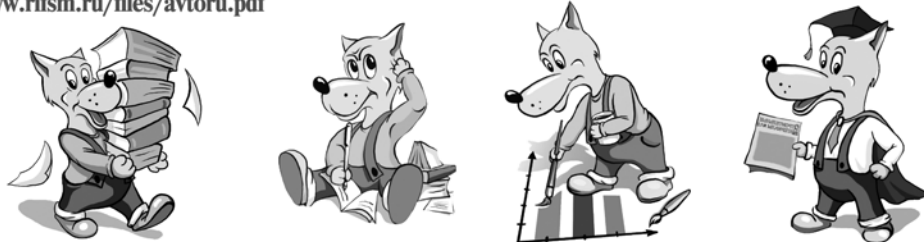
Кроме того, статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий. Статьи, направляемые в редакцию журнала «Строительные материалы»®, должны соответствовать следующим **требованиям:**

- 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, 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); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами;** рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языке; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «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