

*Королев Е. В., д-р техн. наук, проф.
Московский государственный строительный университет
Тарасов Р. В., канд. техн. наук, доц.,
Макарова Л. В., канд. техн. наук, доц.,
Самошин А. П., канд. техн. наук, доц.,
Иноземцев С. С., аспирант*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА НАНОМОДИФИЦИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ*

dovz-ig@yandex.ru

Разработаны четыре варианта наноразмерного модификатора для асфальтобетонов широкой номенклатуры. Установлено, что наиболее эффективным способом повышения показателей качества асфальтобетонных смесей является органоминеральная модификация.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, наноразмерный модификатор, органоминеральная модификация.

Сроки службы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, построенных с соблюдением действующих нормативных документов, существенно ниже установленных нормами.

Достигнутый к настоящему времени уровень автомобилизации в Российской Федерации и наличие в составе транспортных средств значительной доли грузовых автомобилей с повышенными нагрузками оказывают разрушающее воздействие на дорожное покрытие, приводят к преждевременному разрушению, сокращению межремонтных сроков эксплуатации автомобильных дорог, особенно в районах с неблагоприятными природно-климатическими условиями.

Серьезной проблемой отечественных дорог остается образование колеиности. Ее появление вызвано повышением интенсивности движения и одновременным увеличением динамических нагрузок в связи с ростом скоростей, увеличением количества автомобилей с шипованными покрышками, низким качеством дорожно-строительных материалов [1].

Для обеспечения долговечности дорожных одежд (покрытий) крайне необходимы инновационные технологии создания новых асфальто-

бетонов, обладающих повышенной способностью к сопротивлению старению, сдвигоустойчивостью и других эксплуатационных свойств. При этом разработка наиболее эффективных композиций, подбор компонентов асфальтобетонных смесей должны базироваться на закономерностях изменения физико-механических свойств каждого отдельного из компонентов смеси в зависимости от условий эксплуатации и их совместного влияния на прочностные показатели асфальтобетона.

Одно из перспективных направлений повышения качества и срока службы асфальтобетонных покрытий – разработка технологии производства асфальтобетонных смесей, модифицированных добавками. Классификация способов модифицирования асфальтобетонов приведена на рис. 1.

Анализ литературных источников [2...12] позволил сформулировать технические варианты наноразмерного модификатора асфальтобетонов (табл. 1).

Для оценки вариантов модифицирования использовали критериальный подход. В качестве критерия предлагается использовать обобщенный критерий качества, который в общем случае имеет вид

$$K = \alpha_1 \sum_{i=1}^n \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k k_j} = \alpha_1 \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n k_{1,j_1}} + \alpha_2 \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k k_{1,j_2}} + \alpha_3 \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m k_{1,j_3}} + \alpha_4 \sqrt[l]{\prod_{j=1}^l k_{1,j_4}},$$

где α_i – коэффициенты весомости; k_j – частные критерии качества.

В условиях отсутствия достоверной информации о приоритетах выбранных частных критериев целесообразно принять равнозначный вариант, то есть

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0,25.$$

В качестве частных критериев выбраны группы критериев переменной длины:

1) Критерий, учитывающий затраты электроэнергии на помол k_3 (максимальное значение критерия принимается у варианта модифицирования, предполагающего использование минимальных энергозатрат);

2) Критерий k_4 , учитывающий затраты энергии на сушку модификатора (максимальное значение критерия принимается у варианта модифицирования, предполагающего использование минимальных энергозатрат на сушку);

3) Интегральный критерий $k_{инт}$, учитывающий повышение эксплуатационных свойств асфальтобетона.

Результаты расчета частных и обобщенного критериев по различным экспертным и экспериментальным данным приведены в табл. 2.

4) Топологический критерий k_m .



Рис. 1. Классификация способов модифицирования

Таблица 1

Наименования и краткое описание вариантов

Вариант	Наименование и качественная рецептура добавки	Краткое описание и качественное отличие	Схематичное представление структуры материала
1	2	3	4
Вариант №1	Органомодификация (ОМ). Состав: полимерное вещество (водонерастворимое) + модифицирующие добавки	Модифицирование битума полимерными веществами – традиционное направление повышения качества битумов. Введение таких добавок обеспечивает повышение пластичности и расширение температурного интервала эксплуатации асфальтобетона. Применение водных дисперсий полимеров имеет определенные положительные (экологическая безопасность) и отрицательные (повышение энергопотребности производства) эффекты, регулирование величины которых можно проводить посредством введения различных модификаторов, позволяющих повысить агрегативную устойчивость дисперсии и уменьшить водосодержание.	

Продолжение табл. 1

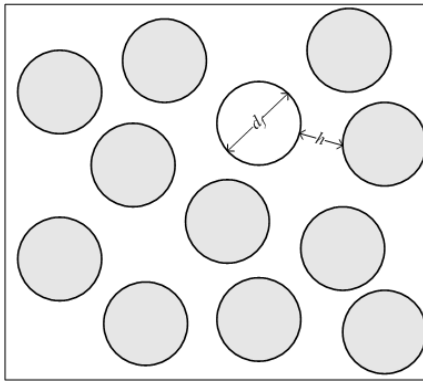
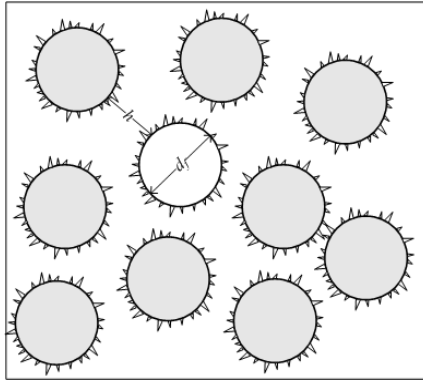
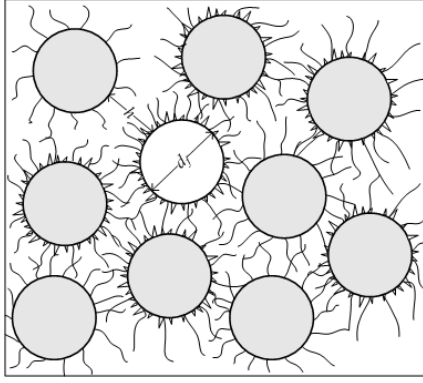
1	2	3	4
Вариант №2	Минеральная модификация гидравлически неактивной добавкой (ММн). Состав: минеральный порошок (отход промышленности) требуемого дисперсионного состава + модифицирующие добавки	Применение минерального порошка – неотъемлемая операция технологического процесса производства асфальтобетона. Они обеспечивают ориентированное расположение компонентов битума на границе раздела фаз, изменяют в граничных областях фракционный состав битума и влияют на их диффузию в процессе эксплуатации материала, т.е. на долговечность асфальтобетона. Применение порошков, содержащих наноразмерные частицы, должно обеспечить повышение величины известных эффектов.	
Вариант №3	Минеральная модификация гидравлически активной добавкой (ММа). Состав: минеральный порошок (минеральное вяжущее вещество) требуемого дисперсионного состава + модифицирующие добавки	Применение гидравлически активного минерального порошка должно обеспечить повышение долговечности асфальтобетона посредством армирования микродефектов, образующихся в процессе эксплуатации дорожного покрытия. Однако взаимодействие частиц (со стандартными размерами) гидравлически активной добавки с водой может сопровождаться также отрицательным эффектом – дополнительным разрушением вследствие возникновения расклинивающего давления от продуктов взаимодействия порошка и воды. Измельчение гидравлически активного порошка до нанометрического размера должно устранить данную проблему	
Вариант №4	Органоминеральная модификация (ОММ). Состав: смесь минеральных порошков (минеральное вяжущее вещество + отход промышленности) требуемого дисперсионного состава + полимерное вещество + модифицирующие добавки	Объединение положительных сторон представленных вариантов – введения полимерного вещества, минерального инертного и гидравлически активного порошка – позволяет существенно повысить эффективность методики модифицирования. Указанные положительные эффекты существенно усиливаются при использовании компонентов нанометрических размеров.	

Таблица 2

Обоснование выбора варианта модификации

№ п/п	Наименование варианта Модификации	Значения частных критериев				Значение обобщенного критерия
		k_s	k_c	k_{um}	k_m	
1	Органомодификация (ОМ)	0,35	0,31	0,82	0,34	0,417
2	Минеральная модификация гидравлически неактивной добавкой (ММн)	0,23	0,56	0,88	0,38	0,456
3	Минеральная модификация гидравлически активной добавкой (ММа)	0,07	0,91	0,86	0,5	0,407
4	Органоминеральная модификация (ОММ)	0,25	0,36	0,85	0,7	0,481

Анализ табл. 2 показывает, что рассмотренные варианты технического предложения имеют достаточно близкие значения, что косвенно подтверждает их

развитие различными исследователями. В установленном критериальном пространстве рассмотренные варианты можно расположить в ряд:

Вариант №4 > Вариант №2 > Вариант №1 > Вариант №3.

Таким образом, эффективным способом повышения показателей эксплуатационных свойств и долговечности асфальтобетона является метод органоминеральной модификации посредством синтеза наноразмерной органоминеральной добавки.

**Работа выполнялась в рамках выполнения Госконтракта №14.527.11.0001 на тему «Разработка и организация износостойких долговечных асфальтобетонов широкой номенклатуры для эксплуатации в неблагоприятных температурно-влажностных условиях на основе эффективных процессов модификации дорожных нефтяных битумов нанодисперсными минеральными и органическими материалами».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дедюхин, А.Ю. Армирование асфальтобетонных смесей как способ борьбы с колеей [Текст] / А.Ю. Дедюхин // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит.– 2009.– Вып. 16 (35) .– С.88-92.

2. Технические поверхностно-активные вещества из вторичных ресурсов в дорожном строительстве [Текст] / Под ред. И. В. Королева. - М.: Транспорт.- 1991.- 144с.

3. Гохман, Л.М. Применение полимерно-битумных вяжущих в дорожном строительстве [Текст] / Л.М. Гофман, О. Бабак, Т. Старков // Дорожная техника и технологии. – 2001. – № 5. – С. 72–76.

4. Соломенцев, А.Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов [Текст] / А.Б. Соломенцев // Наука и техника в дорожной отрасли.–2008.–№ 1.-с. 14-16

5. Левитин, И.Е. Повышение эффективности строительства и эксплуатации автомобильных дорог [Текст] / И.Е. Левитин // Совещание по вопросу повышения эффективности строительства и эксплуатации автомобильных дорог.- М.- 30.05.2011.

6. Золотарев, В.А. Битумы модифицированные полимерами и асфальтобетоны [Текст] / В.А. Золотарев // Дорожная техника. –№1. – 2009. – С. 16 – 23.

7. Аюпов, Д.А. Наномодифицированные битумные вяжущие для асфальтобетона [Текст] / Д.А. Аюпов, А.В. Мурафа, Ю.Н. Хакимуллин, В.Г. Хозин // Строительные материалы.–2010.– № 10.–С. 34-35.

8. Горельшев, Н. В. Без дефектов и ремонтов [Текст] / Н. В. Горельшев // Дороги России 21 века. – 2002. – № 3. – С. 56–57.

9. Руденский, А. В. Дорожные асфальтобетонные покрытия [Текст] / А. В. Руденский. – М.: Транспорт, 1992. – 255 с.

10. Кретов, В. А. Эффективный путь повышения срока службы дорожных одежд [Текст] / В. А. Кретов, В. П. Лаврухин // Наука и техника в дорожной отрасли. – 1999. – № 3. – С. 16–19.

11. Котов, С.В. Дорожные битумы с модифицирующими добавками [Текст] / С.В. Котов, Г.В. Тимофеева, С.В. Ливанова [и др.] // Химия и технология топлив и масел. – 2003. – № 3.– С. 52–53.

12. Поздняева, Л.В. Асфальтобетонные покрытия с повышенным сроком службы [Текст] / Л.В. Поздняева, А.А. Штромберг, М.И. Лернер // Автомобильные дороги. –2009. – №2 (927). – С. 10–15.