

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА ЩЕБЁНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

М. В. ХОЛОХОРЕНКО,
магистр Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства
СПбПУ Петра Великого;

Н. В. МАЙДАНОВА,
к. т. н., зам. директора по качеству, руководитель НИЦ ОАО «АБЗ-1»;

А. Н. НОВИК,
к. в. н., доцент СПбПУ Петра Великого

В СВЯЗИ С ВВЕДЕНИЕМ В ДЕЙСТВИЕ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ РФ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА «БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ» (ТР ТС 014/2011) БЫЛ РАЗРАБОТАН РЯД НОВЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ТРЕБОВАНИЯ К ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫМ АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ СМЕСЯМ (ЩМАС) ОПРЕДЕЛЕНЫ В ГОСТ Р 58406.1-2020, КОТОРЫЙ С 01.06.2020 ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ ВЗАМЕН ПНСТ 184-2019.

Повышенные требования к эксплуатационным показателям щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА), в том числе и к глубине колеи, требуют введения дополнительных модифицирующих добавок. Асфальтосмесительные установки (АСУ) чаще всего оснащены только производственной линией по вводу стабилизирующей добавки, поэтому целесообразно использовать в составе ЩМАС комплексные модификаторы, включающего в себя стабилизирующие волокна и полимерную или иную структурирующую составляющую.

ВВЕДЕНИЕ

Верхний слой покрытия дорожной одежды является одним из наиболее важных конструктивных элементов дороги, так как он непосредственно воспринимает на-

грузку от воздействия транспортных средств, а также природно-климатических факторов. Для борьбы с такими проблемами, как интенсивное разрушение данного слоя, пластические деформации вследствие высокой нагрузки транспортных сетей и применения шипованных шин, а также с целью увеличения срока службы покрытия, был разработан специальный вид асфальтобетонных смесей и асфальтобетона на их основе с более жесткой каркасной структурой и увеличенным содержанием битумного вяжущего, известные как ЩМАС и асфальтобетон на их основе (ЩМА).

Структура ЩМА обеспечивает высокую сопротивляемость сдвиговым деформациям вследствие передачи нагрузки с поверхности покрытия на нижние конструктивные элементы дороги через крупные частицы одномерного кубовидного щебня, находящиеся в плотном

контакте между собой. Увеличенное содержание вяжущего повышает деформативность, водо- и морозостойкость, трещиностойкость, препятствуя проникновению воды в слой покрытия и, таким образом, увеличивая срок эксплуатации дороги.

Для решения проблемы стекания битумного вяжущего с поверхности зерен минерального заполнителя во время промежуточного хранения, перевозки и укладки асфальтобетонной смеси, в состав ЩМА вводят стабилизирующие добавки, волокна которых увеличивают вязкость мастичной части. При этом появляется возможность создать более толстую и стабильную пленку на поверхности минерального заполнителя, а также обеспечить присутствие «объемного» (свободного) битума.

Для решения задач по повышению эксплуатационных характеристик в мировой практике часто применяют комплексные модификаторы в составе ЩМА, состоящие из стабилизирующих волокон и модифицирующей битум матрицы (полимеры, воск, природные битумы, модификаторы на основе тонкодисперсного резинового порошка). Выбор комплексного модификатора, его количество зависит от климатических условий эксплуатации и от транспортной нагрузки на каждом конкретном объекте, от марки используемого битума, сроков открытия движения, наличия вспомогательного производственно-технологического оборудования и поэтому нуждается в научно-исследовательском и технико-экономическом обосновании [1-4].

В данной работе проанализирована эффективность комплексных модификаторов для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей, которые состоят из структурирующих волокон и полимерной матрицы.

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИКАТОРОВ

Серийно выпускаемые модификаторы Стилорит XL и VIATOP plus CT-40, свойства которых представлены в табл. 1 и 2, были использованы в количестве, которое рекомендовали производители добавок. В качестве полимерной матрицы в этих модификаторах применяются воски, которые в большей степени являются технологическими добавками, позволяющими оптимизировать процессы перемешивания и уплотнения смеси, а также повысить вязкость нефтяного битума в стабилизированном асфальтобетоне.

В табл. 3 представлены свойства комплексной добавки PROpolymer MA-CK, которая разработана под требования ОАО «АБЗ-1» компанией ООО «Прогрессивные полимеры».

Таблица 1.
Характеристики добавки Стилорит-XL

| Наименование показателя | Нормы показателя |
|--|------------------|
| Насыпная плотность, кг/м ³ , не более | 950 |
| Влажность, % по массе, не более | 3 |
| Термостойкость при температуре 220 °С по изменению массы из гранул при прогреве, %, не более | 3 |
| Содержание технологической мелочи, %, не более | 3,5 |
| Снижение показателя стекания, % от массы смеси, не менее | 0,25 |
| Суммарная удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг, не более | 740 |

Таблица 2.
Характеристики добавки VIATOP plus CT-40

| Наименование показателя | Нормы показателя |
|---------------------------------------|------------------|
| Средняя длина гранул, мм | 3-12 |
| Средняя толщина гранул, мм | 3,5±1 |
| Объемная плотность, кг/м ³ | 450-550 |
| Содержание целлюлозы, % | 60 |
| Содержание присадки, % | 40 |
| Влажность, % | Не более 5 |
| Температура плавления присадки, °С | 100 |

Таблица 3.
Характеристики добавки PROpolymer MA-CK

| Наименование показателя | Нормы показателя |
|---|--|
| Форма выпуска, мм: | |
| Гранулы | от 2,0 до 5,0 |
| Чешуйки | от 1,0 до 5,0 |
| Температура плавления, °С | от 120 до 130 |
| Влажность, % | не более 5,0 |
| Содержание полимеров, % | не менее 50 |
| Дозировка в ЩМАС, % | От 0,6 до 1,0 |
| Содержание целлюлозных или минеральных волокон, % | Не менее 45 |
| Насыпная плотность, кг/м ³ | Не менее 500 (гранулы), не менее 300 (чешуйки) |

В процессе выбора оптимальной рецептуры PROpolymer MA-CK были рассмотрены несколько вариантов, состоящих из целлюлозных или минеральных волокон, различных видов полимеров, взятых в различных процентных соотношениях. После анализа степени совмещения полимерной матрицы с нефтяным битумом и оценки влияния на показатель стекания целлюлозных или минеральных волокон, оптимальным составом была определена рецептура из композиции, состоящей из 50% смеси полимеров в первичных формах и 50% целлюлозных волокон.

Для выполнения работы были использованы минеральные материалы традиционных фракций, отобранные на производственном складе ОАО «АБЗ-1» в октябре 2019 года:

- щебень габбро-диабазовый фр. 5-10 мм, 10-15 мм и фр. 15-20 мм, поставщик ООО «Карелкамень», месторождение «Южно-Каккаровское»

- песок из отсевов дробления габбро-диабазового щебня фр. 0-5 мм, поставщик ООО «КарелФлотИнвест», месторождение «Западно-Каккаровское»;

- минеральный порошок, неактивированный, поставщик ООО «Центр-Известняк».

Свойства исходных минеральных материалов представлены в табл. 4–7.

Таблица 4.
Физико-механические свойства щебней
в соответствии с требованиями ГОСТ 32703-2014

| Наименование показателей | Фактические значения | | |
|---|----------------------|-------|-------|
| | 5–10 | 10–15 | 15–20 |
| Размер фракции, мм | 5–10 | 10–15 | 15–20 |
| Максимальная плотность, г/см ³ | 3,024 | 3,024 | 3,032 |
| Объемная плотность, г/см ³ | 2,992 | 3,001 | 3,006 |
| Истираемость по Микро-Деваль, % | 6,4 | 5,6 | 5,4 |
| Марка по дробимости | 1400 | 1400 | 1400 |
| Содержание зерен лещадной и игловой форм, % | 13,6 | 9,8 | 3,5 |
| Содержание пылевидных и глинистых частиц, % | 0,5 | 0,3 | 0,3 |
| Абсорбция, % | 0,36 | 0,29 | 0,27 |

Выбор данных размеров фракций обусловлен текущей ситуацией в конце 2019 года — отсутствие на рынке системных поставок всей линейки еврофракций щебней в соответствии с требованиями

Таблица 5.
Гранулометрический состав щебней в соответствии с требованиями ГОСТ 32703-2014

| Наименование материалов | Содержание зерен минерального материала, мм, % | | | | | | | |
|-------------------------|--|-------|-------|------|------|------|-----|-----|
| | 31,5 | 22,4 | 16,0 | 11,2 | 8,0 | 5,6 | 4,0 | 2,0 |
| Фр. «5-10» мм | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 98,9 | 71,9 | 16,7 | 0,4 | 0,0 |
| Фр. «10-15» мм | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 40,7 | 1,2 | 0,3 | 0,0 | 0,0 |
| Фр. «15-20» мм | 100,0 | 100,0 | 61,6 | 0,9 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Таблица 6.
Гранулометрический состав и физико-механические свойства песков из отсевов дробления габбро-диабазов (фр. 0-2 мм) в соответствии с требованиями ГОСТ 32730-2014

| Содержание зерен минерального материала, мм, % | | | | | | | | | | Абсорбция, % | Объемная плотность, г/см ³ | Максимальная плотность, г/см ³ | Содержание глинистых частиц, % |
|--|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------------|---------------------------------------|---|--------------------------------|
| 11,2 | 8,0 | 5,6 | 4,0 | 2,0 | 1,0 | 0,5 | 0,250 | 0,125 | 0,063 | | | | |
| 100,0 | 100,0 | 100,0 | 96,2 | 73,4 | 44,5 | 23,4 | 8,5 | 2,4 | 1,4 | 0,91 | 2,913 | 2,952 | 1,0 |

Таблица 7.
Гранулометрический состав и физико-механические свойства минерального неактивированного порошка в соответствии с требованиями ГОСТ 32761-2014

| Содержание зерен минерального материала, мм, % | | | Пористость, % по объему | Истинная плотность, г/см ³ | Битумо-емкость, г | Набухание, % по объему | Влажность, % | Средняя плотность, г/см ³ |
|--|-------|-------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------------|--------------|--------------------------------------|
| 2,0 | 0,125 | 0,063 | | | | | | |
| 100,0 | 89,6 | 76,4 | 29,5 | 2,69 | 59,0 | 1,8 | 0,3 | 1,87 |

ГОСТ 32703-2014. Поэтому в лабораторных условиях была проведена оценка соответствия выбранных фракций ГОСТ 32703, общую массу затем разделили на узкие фракции и оценили возможность выпуска в производственных условиях ЩМА-16 на традиционных фракциях (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 мм).

В качестве базового битума для приготовления асфальтобетонных смесей использовали битум нефтяной дорожный вязкий производства АО «Газпромнефть-БМ – МНПЗ» марки БНД 70/100 с вязкостью при 60°C 240 Па*с и глубиной проникания иглы при 25°C 78*0,1 мм, отобранный из расходной емкости на производственной площадке ОАО «АБЗ-1».

В связи с необходимостью использования дорожно-строительных материалов, соответствующих требованиям ТР ТС 014/2011, при ремонте и строительстве автомобильных дорог общего пользования в рамках национального проекта «БКАД» целесообразно при-

менять в верхних слоях дорожных покрытий щебеночно-мастичные асфальтобетоны марки ЩМА-16, как наиболее распространенной в Северо-Западном и Центральном федеральных округах. Поэтому для оценки влияния комплексных модификаторов использовали марку ЩМА-16 по ГОСТ 58406.1-2020 [5].

ЩМА-16, предварительно запроектированные, в необходимых количествах были приготовлены в лабораторных условиях в соответствии с подобранными оптимальными рецептурами, указанными в табл. 8. После приготовления ЩМА дополнительно протермостатировали для стабилизации свойств при температурах 160-175 °С, в зависимости от применяемого модификатора. После термостатирования в течение 1 часа были приготовлены образцы асфальтобетона и испытаны через 24–48 ч. Гранулометрические составы смесей сведены в табл. 9. Результаты физико-механических испытаний представлены в табл. 10.

Таблица 8.
Составы испытываемых асфальтобетонных смесей марки ЩМА-16

| Состав смеси (с выделением всех элементов) | Содержание компонентов, % | | | |
|---|---------------------------|----------------|---------------------|-------------|
| | С PRO-polymer MA-CK | Со Стилобит XL | С VIATOP plus CT-40 | С VIATOP 66 |
| Щебень габбро-диабазовый фр. 15–20 мм | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 |
| Щебень габбро-диабазовый фр. 10–15 мм | 36,9 | 36,9 | 36,9 | 36,9 |
| Щебень габбро-диабазовый фр. 5–10 мм | 22,4 | 22,4 | 22,4 | 22,4 |
| Песок из отсевов дробления габбро-диабазов фр. 0–2 мм | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 |
| Пыль габбро-диабазовая | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| Неактивированный минеральный порошок | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 |
| PROpolymer MA-CK | 0,6 | | | |
| Стилобит XL | | 0,6 | | |
| VIATOP plus CT-40 | | | 0,6 | |
| VIATOP 66 | | | | 0,40 |
| Битум нефтяной БНД 70/100 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 5,0 |

Таблица 9.
Средний фактический зерновой состав минеральной части ЩМА-16

| Вид смеси | Содержание битума, % (в 100%) | Полный остаток, % по массе, на ситах с размерами отверстий, мм | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | 22,4 | 16,0 | 11,2 | 8,0 | 5,6 | 4,0 | 2,0 | 1,0 | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,063 |
| ЩМА-16 | 4,65 | 100,0 | 96,4 | 65,4 | 43,0 | 31,3 | 27,3 | 23,6 | 19,0 | 15,7 | 13,1 | 11,2 | 9,1 |

Таблица 10.
Физико-механические показатели асфальтобетонных смесей марки ЩМА-16

| Наименование показателей | Обозначение НД на методы испытаний | VIATOP 66 | PROpoly-mer MA-CK | Стилобит XL | VIATOP plus CT-40 |
|--|------------------------------------|-----------|-------------------|-------------|-------------------|
| Максимальная плотность, г/см ³ | ГОСТ Р 58401.16-2019 | 2,710 | 2,710 | 2,723 | 2,710 |
| Содержание воздушных пустот, % | ГОСТ Р 58401.8-2019 | 2,6 | 2,8 | 2,2 | 2,0 |
| Пустоты в минеральном заполнителе (ПМЗ), % | ГОСТ Р 58406.10-2020 | 16,3 | 16,4 | 16,1 | 16,1 |
| Средняя глубина колеи, мм | ГОСТ Р 58406.3-2020 | 4,2 | 1,4 | 3,4 | 3,2 |
| Скорость образования колеи, мм/1000 циклов нагрузки | ГОСТ 58406.3-2020 | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,07 |
| Водостойкость | ГОСТ 58401.18-2019 | 0,97 | 0,95 | 0,98 | 0,93 |
| Стекание вяжущего, % | ГОСТ 58406.1-2020 | 0,12 | 0,13 | 0,04 | 0,15 |
| Величина износа от воздействия шипованной резины по методу PRALL, мл | ГОСТ Р 58406.5-2020 | 26 | 21 | 24 | 25 |

ВЫВОДЫ

Показатели воздушных пустот для всех составов ЩМА находятся в пределах нормативных требований, но для ЩМА со Стилобитом XL и с VIATOP plus CT-40 показатели меньше, так как полимерная составляющая этих добавок является воском, который придает асфальтобетонной смеси повышенную подвижность (удобоукладываемость). При приготовлении асфальтобетонной смеси и образцов со Стилобитом XL и с VIATOP plus CT-40 температуры были снижены на 7°C. ЩМА 16 с VIATOP plus CT-40 образцов выглядела более подвижной. Это позволяет предположить,

что полимерная составляющая модификатора наиболее работоспособна, чем у Стилобита XL. При производственном выпуске ЩМА с модификаторами, содержащими воск, температурные режимы приготовления и уплотнения смеси требуют корректировки, чтобы полученные при подборах в лабораторных условиях объемные показатели могли быть воспроизведены в готовом покрытии.

По средней глубине колеи ЩМА-16 с PROpolymer MA-CK показал значение в три раза меньше, чем у ЩМА-16 без комплексного модификатора, что объясняется наличием в модификаторе интерполимерной реакционно-способной матрицы. ■

Литература

Костин В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий. Учебное пособие по курсу «Новые технологии в дорожном строительстве» для студентов специальности 270205 – «Автомобильные дороги и аэродромы» и слушателей системы дополнительного профессионального образования // Н. Новгород, издание ННГАСУ, 2009. – 65 с.

Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. Покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона // М.: ООО «Издательство «Элит», 2009. – 176 с.

Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. Строительство дорожных и аэродромных покрытий из щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей // Автомобильные дороги и мосты: обзорн. информ. Вып. 2. Москва: Информавтор, 2003. – 96 с.

Кирюхин Г.Н. Нормирование состава и свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона в Российской Федерации // Автомобильные дороги. – 2017. – № 9. – С. 78-83.

Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог».