



КОМБИНИРОВАННАЯ АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ СМЕСЬ SMA-MA ДЛЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Ширяев Н.И.^{1*}

¹кандидат технических наук, технический менеджер по развитию бизнеса Отдела
«Дорожное строительство», Ltd J. Rettenmaier & Sons

* Корреспондент автор: nikita.shiryaev@rus-jrs.ru

Аннотация. В статье рассматривается инновационная комбинированная асфальтобетонная смесь SMA-MA, предназначенная для применения на мостовых сооружениях. Актуальность исследования связана с необходимостью повышения долговечности дорожных покрытий, устойчивости к пластическим деформациям, водонасыщению и усталостному трещинообразованию. Цель работы — изучить эффективность применения SMA-MA в сравнении с традиционными литыми, плотными и щебеночно-мастичными асфальтобетонами. Представлены методики лабораторных испытаний, включая определение содержания воздушных пустот, устойчивости к стеканию, глубины колеи и усталостных характеристик. Исследованы составы SMA-MA 11 с применением модифицирующих и стабилизирующих добавок Viator 66 и Viator Plus FER. Результаты показывают, что смесь SMA-MA с многофункциональной добавкой демонстрирует улучшенные показатели устойчивости к колееобразованию (до 12 %) и усталостному разрушению (до 15 %) по сравнению с традиционными составами. Практическая значимость заключается в возможности использования SMA-MA в покрытиях мостов для повышения срока службы конструкций и снижения эксплуатационных затрат.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, SMA-MA, мостовые сооружения, асфальтобетон, Viator, Viator plus FER, деформации, трещиностойкость, колееобразование.

Введение

Слои покрытия дорожной одежды на искусственных сооружениях существенно влияет на долговечность конструкции моста. Правильно спроектированная дорожная одежда должна обеспечивать транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильной дороги, такие как:

- равномерное распределения нагрузки на мосту;
- сопротивление воздействию динамических транспортных нагрузок;
- обеспечение межслойного сцепление;
- обеспечение устойчивости к низкотемпературному растрескиванию и усталостным трещинам;
- обладать высокой устойчивостью к пластическим деформациям.

Анализ зарубежного и отечественного опыта применения слоев покрытия из асфальтобетонов позволяет сделать вывод, что одной из основных причин преждевременных разрушений, является низкое межслойное сцепление между бетонной плитой и покрытием, вызванное низким качеством гидроизоляционного слоя.

Повреждения поверхности покрытия могут быть вызваны возникающими деформациями и недостаточной устойчивостью к трещинообразованию. Эти деформации особенно заметны на ортотропных мостовых конструкциях.

В качестве традиционных материалов применяемых при устройстве слоев покрытий являются литые асфальтобетонные смеси, щебеночные мелкозернистые плотные асфальтобетонные смеси типа Б и щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси.

Применения наиболее плотных асфальтобетонных смесей позволяет повысить гидроизоляционные свойства покрытия, но при этом снижает устойчивость к пластическим деформациям.

Таким образом, литой асфальтобетон обладающие низким процентом водонасыщения не способен обеспечить соответствующую устойчивость к колееобразованию. Также, к негативному фактору относится высокая температура производства и применения литых асфальтобетонных смесей.

При применении плотных асфальтобетонов и щебеночно-мастичных существует риск высокое содержание воздушных пустот, что существенно снижает водостойкость и трещиностойкость покрытия.

Технологическим решением данной задачи может быть применения инновационных материалов. С этой целью в Германии с 2011 г. в качестве верхнего слоя покрытия или слоя износа применяют комбинированный асфальтобетон SMA-MA. Высокое содержание щебня и мастичного вяжущего представляет собой творческой сочетание технологии щебеночно-мастичного асфальтобетона и литого. Высокое содержание щебня устраняет недостатки литого асфальтобетона, а высокое содержание мастичного вяжущего обеспечивает гидроизоляцию. Содержания воздушных в данном материале варьируется от 0,5-2 %. Данное условие достигается при содержании вяжущего от 7,5-9,5 %.

Также, как и в традиционный щебеночно-мастичный асфальтобетон, данный материал обладает высоким содержанием органического вяжущего, для обеспечения устойчивости к расслаиванию, необходимо применять стабилизирующие добавки типа Viator. Для предотвращения расслаивания применяют стабилизирующие добавки Viator 66.

С целью повышения устойчивости к пластическим деформациями увеличению долговечности покрытия, рекомендуется применение модифицирующих добавок. В данной работе применялась комплексная добавка обладающей модифицирующим и стабилизирующим эффектом Viator plus FER. Данная добавка состоит на 20 % из целлюлозная волокна и на 80 % из полимерной функциональной добавки. Концентрация добавки для традиционного щебеночно-мастичного асфальтобетона составляет 0,9 %, когда для асфальтобетона SMA-MA 0,11 %.

Таблица 1- Рекомендуемые требования к составу асфальтобетонной смеси SMA-MA 11:

Наименование материала	Содержание (мас. %)
Щебень фр 4-11мм	60-70
Песок дроблёный	15-20
Минеральный порошок	8-12
Модифицированный битум	7,5-9,0
Стабилизирующие добавки	0,3-0,5

Фактический состав смеси SMA-MA11:

Кривая гранулометрического состава — SMA-MA (пример, сита 16, 11, 8, 4, 2, 0 мм)

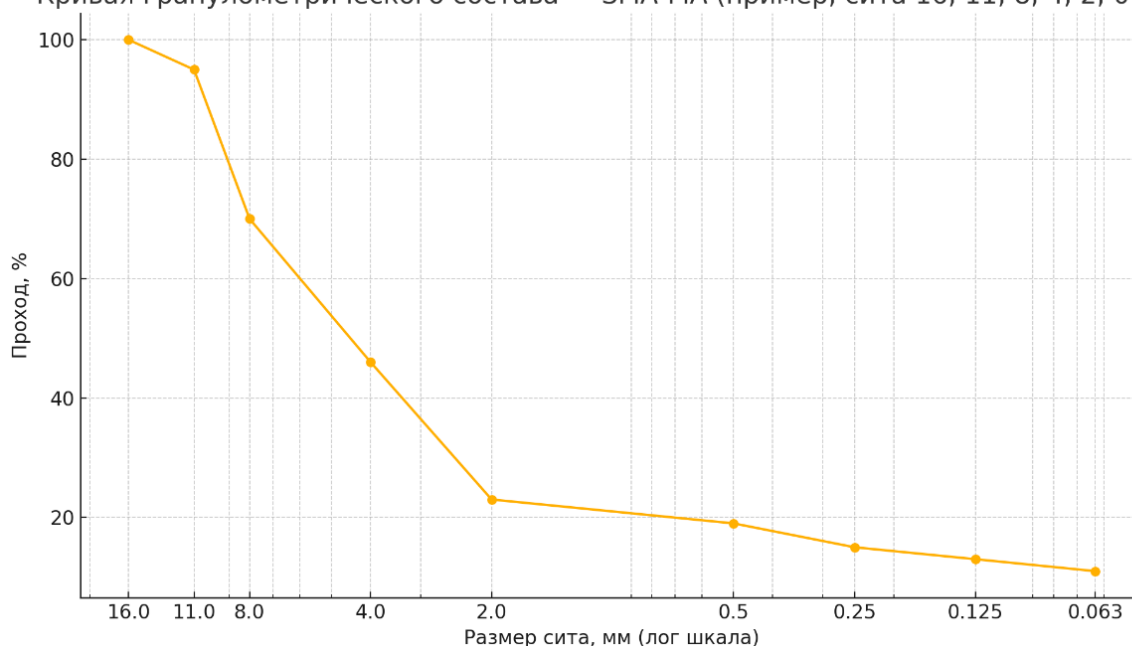
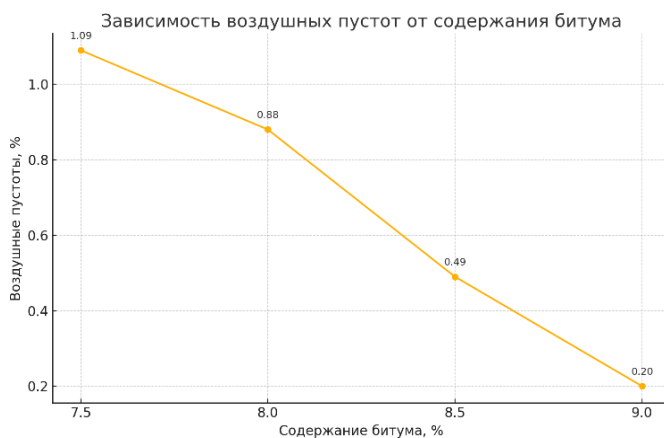
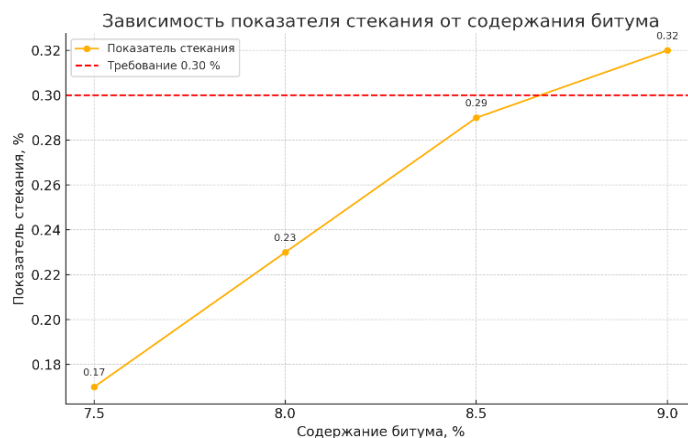


Рисунок 1 - Кривая гранулометрического состава

На начальном этапе были проведены испытания по определению содержания воздушных пустот и стекания.



SMA-MA 11 на ПБВ 50/70 + Viator 66



SMA-MA 11 на БНД 60/90 + Viator plus FEP

Рисунок 2 - Результаты испытания SMA-MA 11 по показателям содержания воздушных пустот и стекания

По результатам испытания можно сделать вывод, что оптимальным содержанием вяжущего является 8,0 %, так как результаты испытания соответствует предъявляемым требованиям.

Результаты и Обсуждение

Для определения эффективности применения полимерного SMA-MA 11 асфальтобетона были проведены испытания по показателям «глубина колеи» и усталостные свойства».

Результаты испытания представлены ниже:

Таблица 2 - Изменение глубины колеи при приложении нагрузки

Количество проходов	SMA-MA 11 на ПБВ 50/70 + Viator 66		SMA-MA 11 на битуме БНД 60/90 + Viator plus FEP	
	Образец №1	Образец №2	Образец №1	Образец №2
100	0,91	0,92	0,76	0,83
500	0,98	1,03	0,94	0,99
1000	1,12	1,22	1,06	1,14
5000	1,54	1,68	1,28	1,37
10000	1,91	2,03	1,45	1,61
15000	2,09	2,18	1,86	1,93
20000	2,20	2,27	2,08	2,19
25000	2,45	2,64	2,29	2,34
30000	2,67	2,82	2,43	2,52
Средняя глубина колеи	2,75		2,48	

Образец	Глубина колеи	Среднее значение	диапазон
	[mm]		
Лево	2,67	2,75	0,15
Право	2,82		

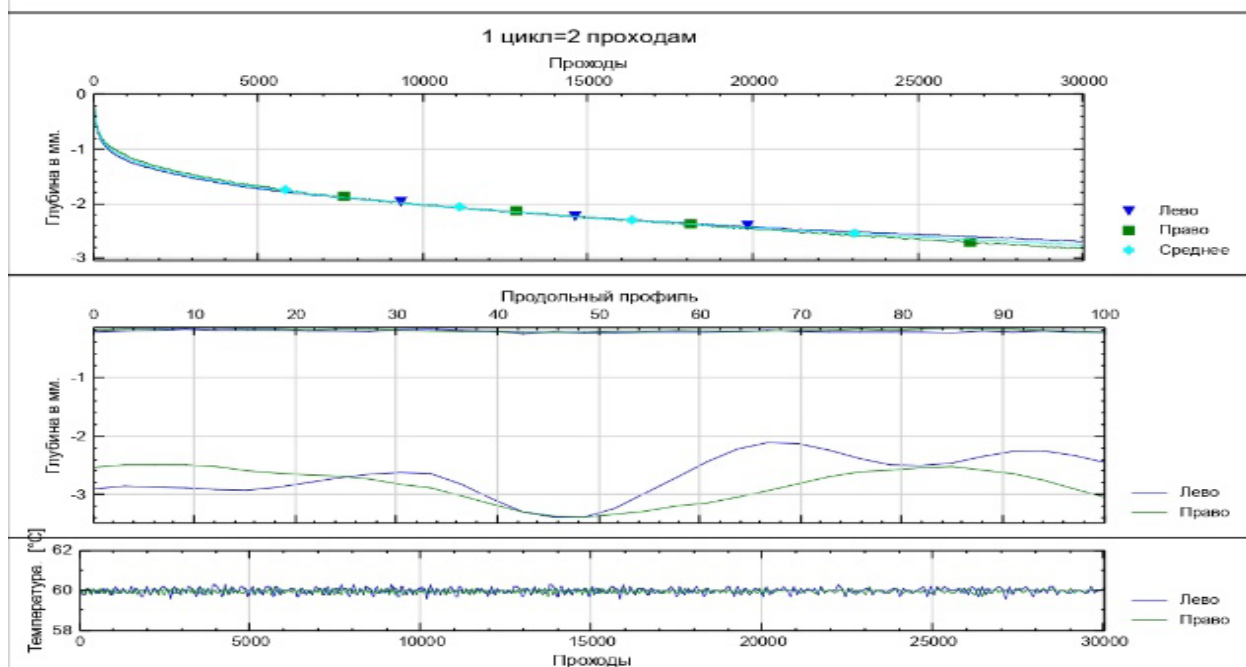


Рисунок 3 - Глубина колеи асфальтобетона SMA-MA 16 со стабилизирующей добавкой «Viator 66»

Образец	Глубина колеи	Среднее значение	диапазон
	[mm]	[mm]	[mm]
Лево	2,43	2,48	0,09
Право	2,52		

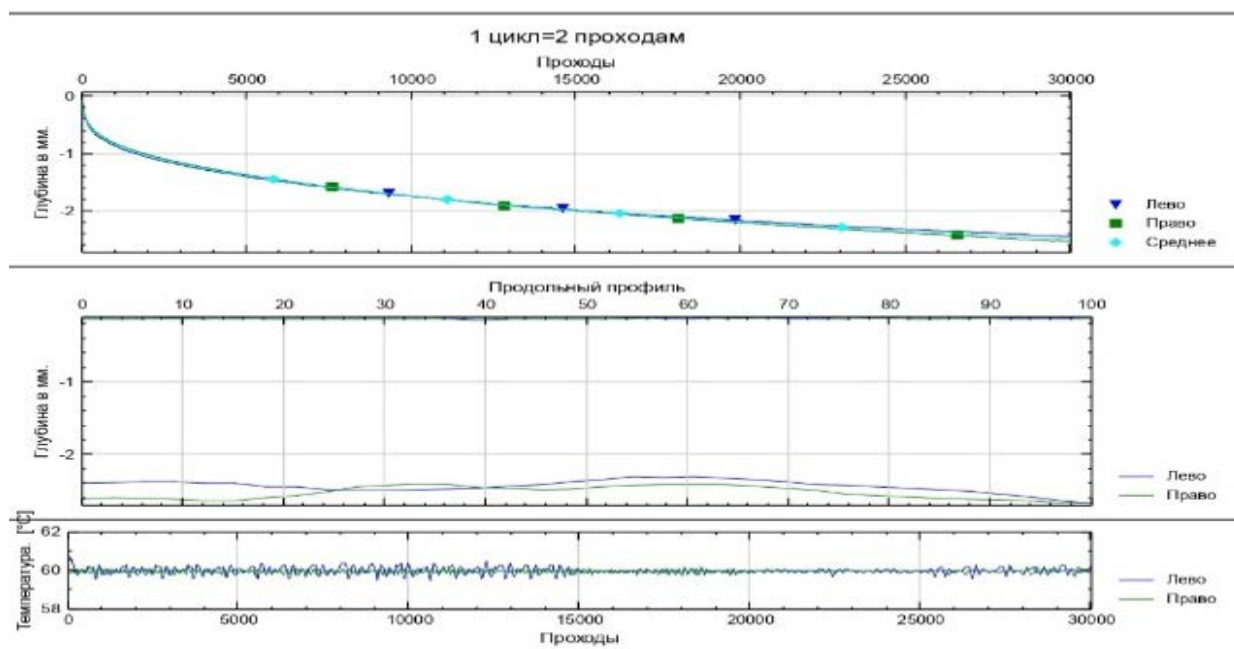
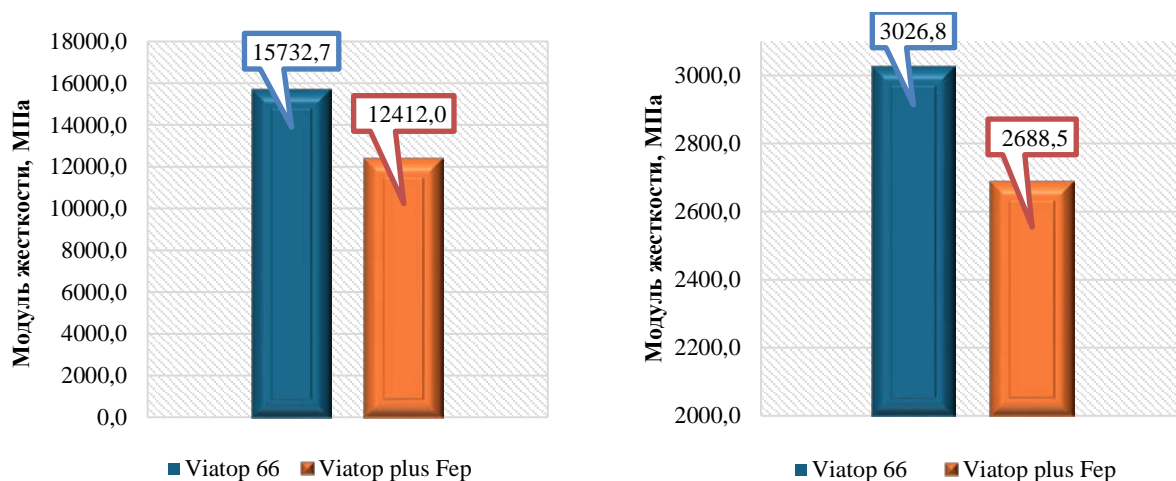


Рисунок 4 - Глубина колеи асфальтобетона SMA-MA 11 со стабилизирующей добавкой «Viator Plus FEP»

По результатам испытания можно сделать вывод о том, что асфальтобетон SMA-MA с многофункциональной добавкой «Viator Plus FEP» на 12 % более устойчив к возникновению пластических деформаций, чем асфальтобетон на полимернобитумном вяжущем РМБ 25/55.

Результаты испытания образцов-балочек из асфальтобетона ШМА-16 с многофункциональной добавкой «Viator Plus FEP» и стабилизирующей добавкой «Viator 66», по определению усталостного трещинообразования при температуре 20⁰С и 0⁰С представлены на рисунках ниже:

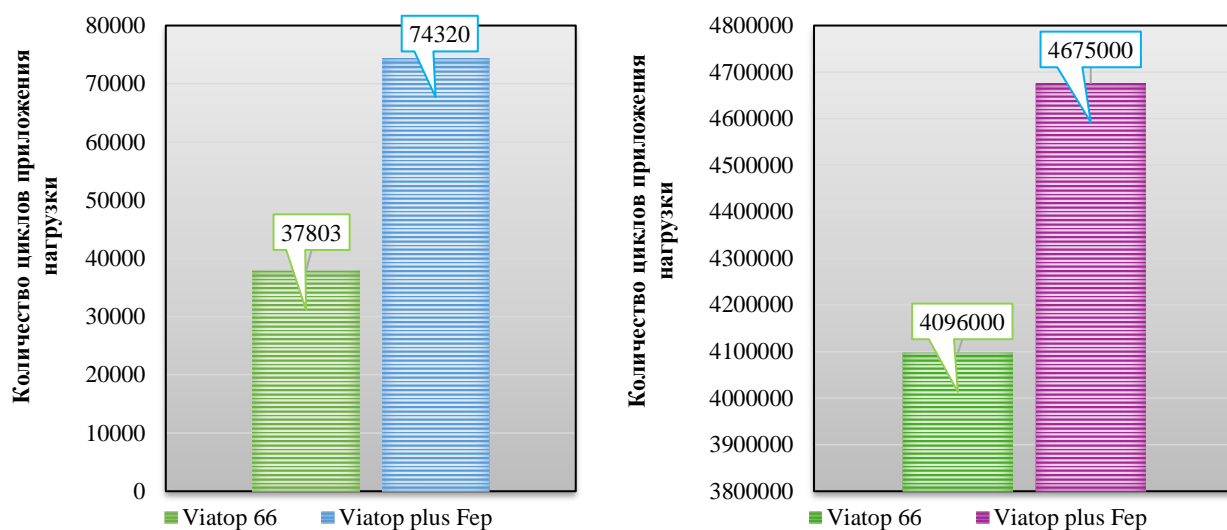


Модуль жесткости образцов асфальтобетона SMA-MA 11 при 20⁰С

Модуль жесткости образцов асфальтобетона SMA-MA 11 при температуре 20⁰С

температуре 0°C

Рисунок 5 - Модуль жесткости образцов асфальтобетона SMA-MA 11 при температуре 0°C и 20°C



Усталостное трещинообразование образцов асфальтобетона SMA-MA 11 при температуре 0°C

Усталостное трещинообразование образцов асфальтобетона SMA-MA 11 при температуре 20°C

Рисунок 6 - Усталостное трещинообразование образцов асфальтобетона SMA-MA 11 при температуре 0°C и 20°C

Полученные результаты испытаний на усталостное трещинообразование позволяют сделать вывод о положительном влиянии многофункциональной добавки «Viatop Plus FEP» в составе асфальтобетона SMA-MA. Таким образом, устойчивость к усталостному трещинообразованию у образцов-балочек, сформированных из асфальтобетона SMA-MA 11 с применением модификатора на 15 % лучше по сравнению с традиционной смесью.

На мостах укладка SMA-MA выполняется с учётом особенностей конструкции и ограничений по нагрузке на плиту. Температура смеси при выгрузке в бункер асфальтоукладчика должна составлять 180-185 °C. Основание должно быть сухим и чистым, на него перед укладкой наносят тонкий равномерный слой битумной эмульсии или праймера для обеспечения надёжного сцепления с гидроизоляцией.

Асфальтоукладчик должен работать с постоянной подачей смеси, без остановок, чтобы не образовывались холодные швы. Толщина укладываемого слоя на мосту обычно составляет 25 - 40 мм, чаще около 30 мм. Смесь распределяется равномерно по всей ширине проезжей части, продольные стыки уплотняются «горячим по горячему» либо обрабатываются мастикой.

Уплотнение начинают сразу после распределения смеси, пока температура не опустилась ниже 175-180 °C. Первым проходит гладковальцовый каток статического или лёгкого вибрационного действия для предварительного формирования структуры слоя. Затем выполняют 4-6 проходов пневмоколёсным катком с давлением в шинах 0,6-0,8 МПа, который обеспечивает плотное «закрытие» структуры и равномерное распределение мастики по пустотам. Заканчивают уплотнение одним-двумя проходами гладковальцового катка без вибрации для выравнивания поверхности. Работы завершают, когда температура смеси достигает 110-120 °C, не допуская её переохладения, так как это приводит к потере пластичности и ухудшению сцепления внутри слоя.

Заключение

Использование комбинированного асфальтобетона SMA-MA на мостах является эффективным технологическим решением, объединяющим преимущества щебёночно-мастичного и литого асфальтобетона. Высокое содержание щебня обеспечивает устойчивость к пластическим деформациям, а мастичное вяжущее — низкую водопроницаемость и высокую гидроизоляцию. Оптимальное содержание вяжущего составляет около 8,0 %, при котором достигаются нормативные показатели по содержанию воздушных пустот и стеканию.

Применение модифицирующих добавок улучшает стабильность смеси, повышает её устойчивость к колееобразованию (на 10 % по сравнению с SMA-MA на ПБВ 50/70 + Viatop 66) и увеличивает сопротивляемость усталостному трещинообразованию (на 15 %). SMA-MA показывает хорошие эксплуатационные характеристики при правильной технологии укладки: температура смеси 180-185 °С, слой 25-40 мм, немедленное уплотнение гладковальцовыми и пневмоколёсными катками, завершение уплотнения при температуре не ниже 110 °С.

Список литературы

1. EN 13108-5:2016. Bituminous mixtures - Material specifications - Part 5: Stone Mastic Asphalt (SMA). Brussels: European Committee for Standardization, 2016. 38 p. - **нормативный документ / стандарт**
- 2.ZTV Asphalt-StB 07/13. Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Straßenbau. Köln: FGSV Verlag, 2013. 112 S. - **технические условия / стандарт**
- 3.FGSV. Richtlinien für das Decken auf Brücken (RDO-B). Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen - und Verkehrswesen, 2012. 89 S. - **нормативно-техническое руководство**
- 4.Пашенко В. А., Смирнов В. Н. Асфальтобетоны для мостовых сооружений. — М.: Транспорт, 2012. - 256 с. - **книга**
- 5.Сидоренко Б. И., Евтушенко А. И. Дорожные асфальтобетонные смеси: состав, свойства, технология. - М.: Инфра-Инженерия, 2019. - 304 с. - **книга**
- 6.Раевский В. В., Колесников А. С. Модифицированные битумы и асфальтобетоны. — М.: Ассоциация «РОСДОРНИИ», 2017. - 214 с. - **книга**
- 7.Scholz T., Wellner F. Bridge deck surfacing using SMA-MA: performance and technology experience in Germany // Proceedings of the European Asphalt Symposium. - Berlin, 2018. - P. 45–53. - **доклад**
- 8.JRS Rettenmaier. Viatop® Technical Data Sheets. - Rosenberg: J. Rettenmaier & Söhne GmbH + Co KG, 2020. - 20 p. - **корпоративный технический документ**
- 9.Жигунов А. В., Горячев А. В. Влияние стабилизирующих добавок на свойства ЩМА // Дорожная техника и технологии. - 2020. - № 4. - С. 18–24. - **книга**

Сведения об авторах:

Ширяев Никита Игоревич - кандидат технических наук, технический менеджер по развитию бизнеса Отдела «Дорожное строительство», Ltd J. Rettenmaier & Sons

Ширяев Никита Игоревич - техника ғылымдарының кандидаты, «Жол құрылысы» бөлімінің бизнес дамуы бойынша техникалық менеджері, Ltd J. Rettenmaier & Sons

Shiryaev Nikita Igorevich - PhD in Engineering, Technical Business Development Manager, Road Construction Department, Ltd J. Rettenmaier & Sons

Вклад авторов:

Ширяев Н.И. - выполнение экспериментальных исследований, разработка состава комбинированной асфальтобетонной смеси SMA-MA, анализ результативности

модифицирующих и стабилизирующих добавок Viator 66 и Viator Plus FER, обработка лабораторных данных по колееобразованию, усталостным характеристикам и содержанию воздушных пустот, подготовка графических материалов, формирование выводов и практических рекомендаций, а также полное научное и техническое сопровождение исследования.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование искусственного интеллекта (ИИ): Авторы не использовали ИИ при подготовке статьи.

КӨПІР ҚҰРЫЛЫСТАРЫ ҮШІН КОМБИНАЦИЯЛАНҒАН SMA-МА АСФАЛЬТБЕТОН ҚОСПАСЫ

Н.И. Ширяев^{1*}

¹Техника ғылымдарының кандидаты, «Жол құрылысы» бөлімінің бизнес дамуы бойынша техникалық менеджері, Ltd J. Rettenmaier & Sons

*Корреспондент автор: nikita.shiryayev@rus-jrs.ru

Аннотация. Мақалада көпір құрылыстарында қолдануға арналған инновациялық құрама асфальтобетон қоспасы - SMA-МА қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі жол жабындарының беріктігін, пластикалық деформацияларға, суға қанығуға және шаршау жарықтарының пайда болуына төзімділігін арттыру қажеттілігімен байланысты. Жұмыстың мақсаты - SMA-МА қоспасының тиімділігін дәстүрлі құймалы, тығыз және қиыршықтасты-мастикалық асфальтобетондармен салыстыра отырып зерттеу. Зерттеу барысында зертханалық сынақ әдістері ұсынылған, оның ішінде ауа қуыстылығының мөлшерін анықтау, ағуға төзімділік, колея тереңдігі және шаршау сипаттамалары. Viator 66 және Viator Plus FER модификациялаушы және тұрақтандырушы қоспалары қолданылған SMA-МА 11 құрамдары зерттелді. Нәтижелер көрсеткендей, көпфункционалы қоспасы бар SMA-МА қоспасы колеяға төзімділік бойынша (12 %-ға дейін) және шаршаудан бұзылуға төзімділік бойынша (15 %-ға дейін) дәстүрлі қоспалармен салыстырғанда жақсартылған көрсеткіштерге ие. Практикалық маңыздылығы - SMA-МА қоспасын көпірлердің жабындарында қолдана отырып, конструкциялардың қызмет мерзімін ұлғайтуға және пайдалану шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: щебенді-мастикалық асфальтобетон, SMA-МА, көпір құрылыстары, асфальтобетон, Viator, Viator plus FER, деформациялар, жарыққа төзімділік, ойықтану (колееобразование).

COMBINED ASPHALT CONCRETE MIXTURE SMA-MA FOR BRIDGE STRUCTURES

N.I. Shiryayev^{1*}

¹PhD in Engineering, Technical Business Development Manager, Road Construction Department, Ltd J. Rettenmaier & Sons

*Corresponding author: nikita.shiryayev@rus-jrs.ru

Abstract. The article examines an innovative combined asphalt mixture SMA-MA designed for use on bridge structures. The relevance of the study is associated with the need to increase the durability of pavement structures, as well as resistance to plastic deformation, water saturation,

and fatigue cracking. The aim of the work is to evaluate the effectiveness of SMA-MA compared to traditional mastic, dense, and stone mastic asphalt mixtures. Laboratory testing methods are presented, including the determination of air void content, resistance to binder drainage, rut depth, and fatigue characteristics. SMA-MA 11 mixtures modified with Viatop 66 and Viatop Plus FEP additives were investigated. The results show that the SMA-MA mixture with multifunctional additives demonstrates improved rutting resistance (up to 12 %) and fatigue performance (up to 15 %) compared to traditional mixtures. The practical significance lies in the potential use of SMA-MA in bridge pavements to increase the service life of structures and reduce maintenance costs.

Keywords: stone mastic asphalt, SMA-MA, bridge structures, asphalt concrete, Viatop, Viatop plus FEP, deformations, crack resistance, rutting.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).