

УДК 625.731.1

**А. Г. ДОЛЯ, А. А. СТУКАЛОВ, Д. Э. ЖЕРДЕВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОНЫ,  
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ РЕЗИНОВЫМ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОМ**

**Аннотация.** В работе приведены результаты исследований физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонов марок ЩМА-10 и ЩМА-15, модифицированных высокоэффективным модификатором-стабилизатором – резиновым термоэластопластом (РТЭП). Количество добавки РТЭП варьировалось в пределах от 0,1 до 0,5 % от массы минеральных материалов в щебеночно-мастичной смеси. Графически представлены зависимости, определяющие влияние содержания добавки РТЭП на водостойкость, предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С щебеночно-мастичных асфальтобетонов. Сформулированы обобщающие выводы о повышении срока службы асфальтобетонных покрытий при использовании комплексного модификатора-стабилизатора РТЭП в щебеночно-мастичных смесях.

**Ключевые слова:** резиновый термоэластопласт, щебеночно-мастичный асфальтобетон, водостойкость, предел прочности при сжатии, предел прочности на растяжение при расколе.

Автомобильные дороги с асфальтобетонным покрытием составляют более 80 % от общего количества автомобильных дорог мира. Одним из дефектов таких покрытий являются пластические деформации. Причинами накопления пластических деформаций при температурах в диапазоне +20 °С – +50 °С являются возросшая интенсивность движения автомобилей и значительные нагрузки на ось колеса транспортных средств. Возникновение данного дефекта обуславливает необходимость обеспечения сдвигоустойчивости и прочности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

Существует два основных способа повышения сдвигоустойчивости асфальтобетона: повышение когезии и эластичности вяжущего его модификацией; создание каркасности минерального остова.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) сочетает преимущества высокоплотных и предельно-каркасных многощебенистых асфальтобетонов. Существенное увеличение концентрации щебня в зерновом составе минеральной части ЩМА вызывает необходимость применения высококачественного щебня. На этом основано требование прежде всего, о применении щебня кубовидной формы, имеющего высокую марку прочности, определяемую при дроблении щебня. В ЩМА роль битума в формировании прочности не является первостепенной, но содержание его должно быть оптимальным. Свойства ЩМА могут быть еще более усилены, если в качестве вяжущего используются битумы, модифицированные полимерами (БМП) – они дают щебеночно-мастичному асфальтобетону дополнительные преимущества.

В качестве модификатора битума в работе использована комплексная структурирующая добавка, которая, с одной стороны, содержит полимерный модификатор, а с другой – активный стабилизирующий и армирующий компонент, что существенно упрощает технологию и снижает стоимость ЩМА. Такой комплексной структурирующей и армирующей добавкой является высокоэффективный модификатор-стабилизатор, резиновый термоэластопласт (РТЭП), включающий взятые в оптимальных соотношениях: полимерный компонент, шинную резиновую крошку, битумное вяжущее, поверхностно-активное вещество, а также антиоксиданты [1, 2]. РТЭП имеет вид гранул темного цвета неправильной шарообразной формы диаметром около 3 мм с насыпной плотностью 0,3...0,4 г/см<sup>3</sup>. Резиновый термоэластопласт имеет повышенную износ- и морозостойкость и должен соответствовать требованиям, изложенным в ТУ 5718-001-79259416-06 «Термоэластопласт резиновый РТЭП».

© А. Г. Доля, А. А. Стукалов, Д. Э. Жердев, 2020

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований физико-механических свойств ЩМА-10 и ЩМА-15 приведены в табл. 1 и 2. Концентрация добавки РТЭП варьировалась в пределах от 0,1 до 0,5 % от массы минеральных материалов.

Таблица 1 – Физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона

№ п/п	Наименование показателей	ДСТУ Б.В.2.7-127:2015	0 % РТЭП	0,1 % РТЭП	0,2 % РТЭП	0,3 % РТЭП	0,5 % РТЭП
1	Плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,39	2,40	2,40	2,41	2,41
2	Остаточная пористость, %	2,0–4,0	3,761	3,358	3,358	2,956	2,956
3	Водонасыщение, % по объему	1,5–4,0	2,82	2,33	2,23	2,16	2,01
4	Предел прочности при сжатии, МПа при температуре: 20 °С 50 °С	не менее 2,5 не менее 0,70	3,29 0,75	3,52 0,87	3,67 1,00	3,99 1,11	4,12 1,12
5	Коэффициент вариации R <sub>50</sub>	не более 0,18	0,06	0,08	0,09	0,11	0,14
6	Коэффициент водостойкости	не нормируется	0,86	0,92	0,94	0,95	0,97
7	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении (15 суток)	не менее 0,75	0,79	0,86	0,88	0,91	0,92
8	Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,0–6,5	3,48	3,82	3,99	4,21	4,16
9	Коэффициент внутреннего трения, tg φ	не менее 0,94	0,89	0,90	0,92	0,92	0,91
10	Сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,20	0,18	0,33	0,57	0,60	0,65
11	Показатель стекания вяжущего, %	не более 0,20	0,20	0,19	0,18	0,15	0,11

Таблица 2 – Физико-механические показатели щебеночно-мастичного асфальтобетона

№ п/п	Наименование показателей	ДСТУ Б.В.2.7-127:2015	0 % РТЭП	0,1 % РТЭП	0,2 % РТЭП	0,3 % РТЭП	0,5 % РТЭП
1	Плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,38	2,39	2,395	2,406	2,410
2	Остаточная пористость, %	2,0–4,0	3,64	3,57	3,13	2,46	1,83
3	Водонасыщение, % по объему	1,5–4,0	3,07	2,68	2,52	2,33	2,05
4	Предел прочности при сжатии, МПа при температуре: 20 °С 50 °С	не менее 2,5 не менее 0,70	3,51 0,72	4,08 0,78	4,26 0,85	4,59 0,89	4,72 0,92
5	Коэффициент вариации R <sub>50</sub>	не более 0,18	0,07	0,08	0,09	0,08	0,15
6	Коэффициент водостойкости	не нормируется	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94
7	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении (15 суток)	не менее 0,75	0,83	0,84	0,87	0,89	0,91
8	Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,0–6,5	3,95	4,36	4,58	4,75	4,66
9	Коэффициент внутреннего трения, tg φ	не менее 0,94	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93
10	Сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,20	0,20	0,32	0,55	0,59	0,63
11	Показатель стекания вяжущего, %	не более 0,20	0,20	0,19	0,15	0,13	0,11

Добавка РТЭП существенно влияет на водостойкость щебеночно-мастичного асфальтобетона, о чем свидетельствуют полученные данные (рис. 1 и 2). Содержание модификатора в ЩМА в количестве 0,3 % снижает водонасыщение асфальтобетона на 23...24 %, что связано с улучшением сцепления модифицированного вяжущего с поверхностью минеральных материалов, а также с уменьшением остаточной пористости асфальтобетона. Заметно улучшается водостойкость ЩМА как при ускоренном (на 8...10 %), так и при длительном водонасыщении (на 7...15 %). Это косвенно указывает на повышение морозостойкости щебеночно-мастичного асфальтобетона, а соответственно и повышение долговечности покрытия. Но даже при отсутствии модификатора коэффициент водостойкости соответствует требованиям нормативных документов [3].

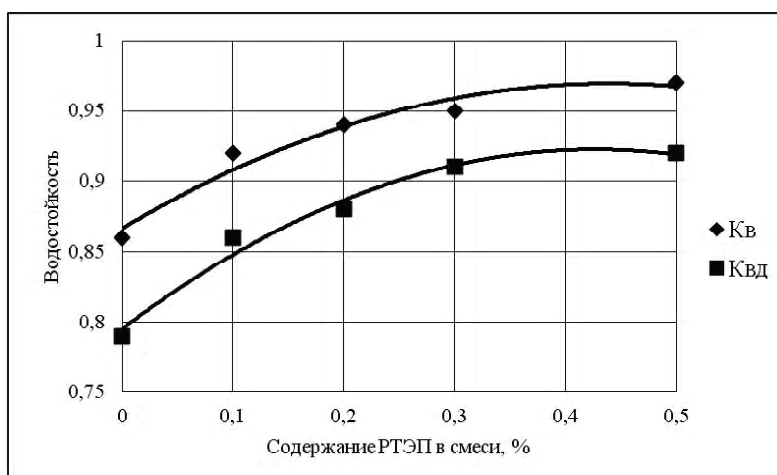


Рисунок 1 – Влияние добавки РТЭП на водостойкость ЩМА-10.

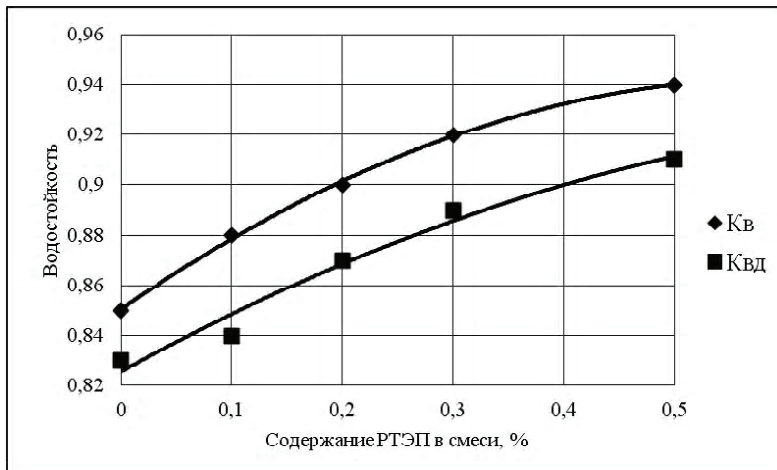
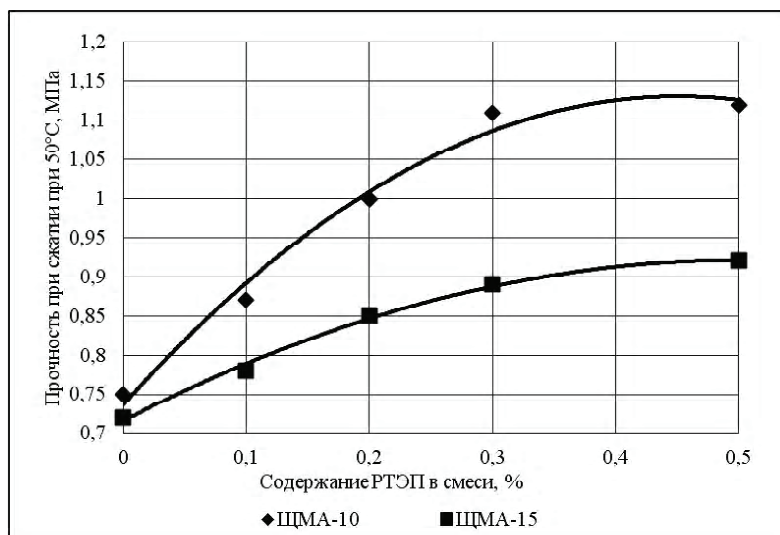


Рисунок 2 – Влияние добавки РТЭП на водостойкость ЩМА-15.

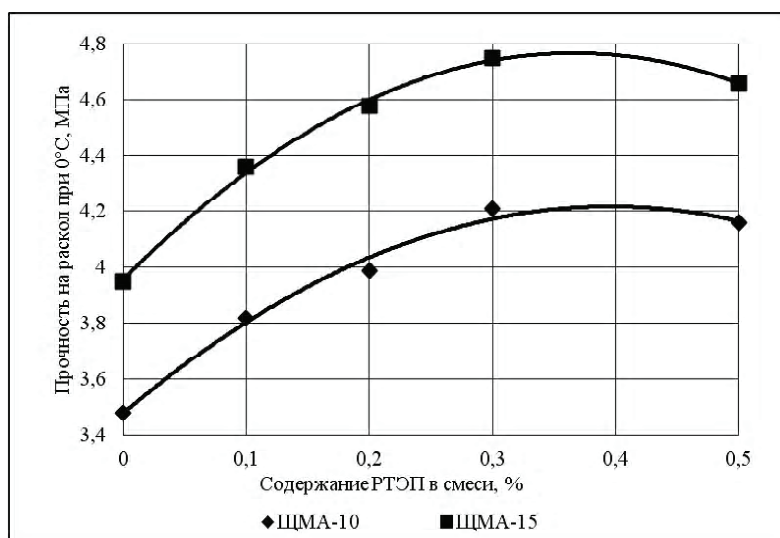
Прочность ЩМА с использованием микроармирующих добавок при высоких летних температурах увеличивается на 50...100 % по сравнению с традиционными асфальтобетонами [4]. Следует также отметить значительное повышение прочностных характеристик асфальтополимербетонов при 50 °С для ЩМА-10 и ЩМА-15 (рис. 3) с увеличением количества добавки на 36...48 и 20...39 % соответственно (табл. 1 и 2). Очевидно, что такое увеличение прочности связано с улучшением свойств битума при модификации его добавкой РТЭП, а именно повышению его теплостойкости.

С целью определения работоспособности ЩМА при низких температурах в нормативных документах регламентируется показатель прочности на сжатие образцов-цилиндров по образующей при 0 °С (прочность на растяжение при расколе). Однако сравнительные испытания показывают, что



**Рисунок 3** – Влияние добавки РТЭП на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона при высоких температурах.

этот метод имеет мало общего с работой асфальтобетона в покрытии и по характеру получаемых результатов близок к испытанию на сжатие [5]. В то же время известно, что предел прочности на сжатие при 0 °С позволяет ограничить жесткость асфальтобетона. Однако недостатком этого способа борьбы с трещиностойкостью является то, что высокая прочность сама по себе не является негативным фактором, которую стоило бы ограничивать. Необходимо, чтобы асфальтобетон имел высокую прочность при изгибе или растяжении. При введении добавки повышается прочность на растяжение при расколе при температуре 0 °С (рис. 4), но при количестве добавки более 0,3 % наблюдается снижение прочности. В то же время предел прочности на растяжение при всех концентрациях добавки находится в пределах нормируемых [3]. Таким образом трещиностойкость ЩМА с добавкой РТЭП является удовлетворительной.



**Рисунок 4** – Влияние добавки РТЭП на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона при высоких температурах.

Результаты выполненных исследований в соответствии с требованиями [3] показывают, что добавка резинового термоэластопласта РТЭП улучшает все свойства ЩМА. Однако специалисты разных стран придерживаются мнения, что более подходящим для оценки механических свойств ЩМА является испытание с использованием колемера, что позволяет определить способность

материала сопротивляться сдвиговым усилиям. Показатель глубины колеи, используемый в эксперименте критерием оценки, применяется только для качественного сравнения различных асфальтобетонных покрытий.

## ВЫВОДЫ

Использование комплексного модификатора-стабилизатора РТЭП в щебеночно-мастичных смесях позволяет: оптимизировать состав и стабилизировать однородность состава щебеночно-мастичной смеси на стадии приготовления; повысить прочностные характеристики щебеночно-мастичного асфальтобетона марок ЩМА-10 и ЩМА-15 на 25-50 и 20...40 % соответственно; снизить водонасыщение и повысить плотность асфальтобетона на 20...25 %; повысить трещиностойкость асфальтобетона на 20...25 %; повысить коэффициент водостойкости на 8...15 % и в 1,7...2,0 раза срок службы асфальтобетонных покрытий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2266934, МПК, С08L 95/00. Резиносодержащий полимерный модификатор битума [Текст] / С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, А. Г. Щеглов, Е. Н. Чубенко [и др.] ; патентообладатель С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, А. Г. Щеглов, Е. Н. Чубенко [и др.]. – № 2004124006/04 ; заяв. 2004-08-05 ; опубл. 2005-12-27. – Бюл. № 36. – 8 с.
2. Патент РФ № 2272795, МПК, С04В 26/26. Полимерно-армирующий гранулированный стабилизатор для щебеночно-мастичного асфальтобетона [Текст] / С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, К. А. Дьяков, А. Г. Щеглов [и др.] ; патентообладатель С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, К. А. Дьяков, А. Г. Щеглов [и др.]. – № 2004124279/03 ; заяв. 2004-08-09 ; опубл. 2006-01-27. – Бюл. № 9. – 8 с.
3. ДСТУ Б.В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастиковий. Технічні умови [Текст]. – Надано чинності 2016-07-01. – Київ : Мінрегіон України, 2015. – 30 с.
4. Данильян, Е. А. Исследование устойчивости к расслаиванию щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей и физико-механических свойств ЩМА [Текст] / Е. А. Данильян, С. А. Лисогор, Б. Г. Печеный // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2008. – № 2(15). – С. 56–58.
5. Руденский, А. В. Реологические свойства битумо-минеральных материалов [Текст] / А. В. Руденский. – Москва : Высшая школа, 1971. – 132 с.

Получена 10.01.2020

### А. Г. ДОЛЯ, О. А. СТУКАЛОВ, Д. Э. ЖЕРДЕВ ЩЕБЕНЕВО-МАСТИЧНІ АСФАЛЬТОБЕТОНИ, МОДИФІКОВАНІ ГУМОВИМ ТЕРМОЕЛАСТОПЛАСТОМ ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У роботі наведено результати досліджень фізико-механічних властивостей щебенево-мастичних асфальтобетонів марок ЩМА-10 та ЩМА-15, модифікованих високоефективним модифікатором-стабілізатором – гумовим термоеластопластом (РТЕП). Кількість добавки РТЕП варіювалася в межах від 0,1 до 0,5 % від маси мінеральних матеріалів в щебенево-мастиковій суміші. Графічно представлені залежності, що визначають вплив вмісту добавки РТЕП на водостійкість, міцність при стисненні при температурі 50 °С, міцність на розтяг при розколі при температурі 0 °С щебенево-мастикових асфальтобетонів. Сформульовані узагальнюючі висновки про підвищення терміну служби асфальтобетонних покриттів при використанні комплексного модифікатора-стабілізатора РТЕП в щебенево-мастикових сумішах.

**Ключові слова:** гумовий термоеластопласт, щебенево-мастичний асфальтобетон, водостійкість, міцність на стиск, міцність на розтягнення при розколі

### ANATOLIY DOLYA, ALEKSANDR STUKALOV, DENIS ZHERDEV CRUSHED STONE-MASTIC ASPHALT CONCRETE, MODIFIED WITH RUBBER THERMOELASTOPLAST Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The paper presents the results of research on the physical and mechanical properties of crushed-mastic asphalt concrete of the schma-10 and schma-15 grades, modified with a highly effective modifier-stabilizer – rubber thermoelastoplast (RTEP). The amount of RTEP additive varied from 0.1 to 0.5% of the

weight of mineral materials in the crushed stone-mastic mixture. Graphically, the dependencies that determine the effect of the RTEP additive content on water resistance, compressive strength at 50°C, and tensile strength at split at 0°C of crushed-mastic asphalt concrete are presented. Generalizing conclusions about increasing the service life of asphalt concrete coatings when using a complex modifier-stabilizer RTEP in crushed stone-mastic mixtures are formulated.

**Key words:** rubber thermoelastoplast, crushed stone-mastic asphalt concrete, water resistance, compressive strength, tensile strength at split.

**Доля Анатолий Григорьевич** – кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

**Стукалов Александр Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Жердев Денис Эдуардович** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

**Доля Анатолий Григорович** – кандидат технічних наук, професор кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

**Стукалов Олександр Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

**Жердев Денис Едуардович** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

**Dolya Anatoliy** – Ph. D. (Eng.), Professor; Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: application of processed raw materials in road building.

**Stukalov Aleksandr** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receiving of technological and lasting road concretes for building of constructive layers of non-rigid road covers on the basis of modification of organic astringents.

**Zherdev Denis** – master's student, Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.