

УДК 625.852

С. З. КУРБОНОВ

Автомобильно-дорожный научно-исследовательский институт, Ташкент, Узбекистан

ПРИМЕНЕНИЕ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬБЕТОНА В УСЛОВИЯХ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН УЗБЕКИСТАНА

Выполнено сравнение физико-механических характеристик щебеночно-мастичных асфальтобетонов и используемых в настоящее время в Узбекистане горячих мелкозернистых плотных асфальтобетонных смесей. Представлены параметры щебеночно-мастичных асфальтобетонов, которые следует использовать в качестве исходных данных при расчетах дорожных покрытий.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, дорожное покрытие, колея, расчетные параметры.

В настоящее время в Узбекистане при эксплуатации автодорог возникают проблемы, связанные с состоянием верхнего слоя дорожного покрытия. В частности, в условиях жаркого и сухого климата в уложенной асфальтобетонной смеси под воздействием тяжелых автомобилей на поверхности дороги образуются следы колес (колея). С целью анализа причин их появления выполнен ряд экспериментов. Результаты определения физико-механических характеристик горячих мелкозернистых плотных асфальтобетонных смесей типа Б марки I, эксплуатируемых в различных регионах страны, представлены в таблице 1.

Полученные в результате экспериментов данные демонстрируют, что свойства асфальтобетона, применяемого во всех дорожно-климатических зонах Узбекистана, в большинстве случаев соответствуют требованиям ГОСТ 9128-2013 [1]. Однако глубина колеи при температуре 60 °С, которая является технико-эксплуатационным показателем асфальтобетонного покрытия, в 3,5–6,0 раз превышает требования существующих стандартов (по ГОСТ Р 58401.2-2019 [2] максимально должно быть 3,5 мм). Это означает, что асфальтобетонные смеси, произведенные на основе стандарта [1], не соответствуют сегодняшнему сухому жаркому климату нашей страны и не могут применяться абсолютно на всех объектах. В качестве пути решения описанной проблемы может рассматриваться замена горячего мелкозернистого плотного асфальтобетона марки Б на щебеночно-мастичный асфальтобетон, полимерасфальтобетон, сероасфальтобетон и асфальтобетон на основе каучука. Поэтому имеется необходимость исследования свойств смесей, которые могут быть использованы для формирования верхнего слоя асфальтобетонного покрытия.

В настоящее время Автомобильно-дорожный научно-исследовательский институт проводит исследования щебеночно-мастичных асфальтобетонов, технические требования к которым приведены в ГОСТ 31015-2002 [3]. В данной статье обобщаются результаты этих работ.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики горячей мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа Б марки I

Показатель	Дорожно-климатическая зона						
	Кытаб	Андижан	Ахангаран	Ташкент	Фергана	Ургенч	Хавос
Водонасыщение по объему, %	1,5	2,2	4,0	2,5	2,9	3,0	2,4
Пористость минеральной части, %	15,3	16,0	18,8	16,9	15,9	16,5	15,1
Остаточная пористость, %	2,5	2,9	4,3	3,7	3,1	2,8	2,5
Предел прочности при сжатии, при температуре 50 °С, МПа	2,1	1,6	1,3	1,4	1,6	1,5	1,7
Предел прочности при сжатии, при температуре 20 °С, МПа	5,5	3,9	2,9	3,4	4,1	4,5	4,7
Предел прочности при сжатии, при температуре 0 °С, МПа	8,3	10,5	12,7	11,3	10,8	9,3	9,5
Водостойкость	0,94	0,91	0,85	0,89	0,91	0,90	0,95
Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения	0,98	0,93	0,88	0,91	0,93	0,97	0,99
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	0,43	0,39	0,36	0,39	0,38	0,41	0,42
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	4,6	5,5	6,6	5,3	5,1	4,3	4,5
Глубина колеи при температуре 60 °С, мм	12,3	14,1	20,5	15,9	14,6	13,8	12,9
Средняя плотность, кг/м ³	2450	2360	2300	2340	2360	2440	2450

Щебеночно-мастичный асфальтобетон представляет собой уплотненную щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь, в качестве которой выступает рационально подобранная смесь минеральных материалов (щебня, песка и минерального порошка), дорожного битума (с полимерными или другими добавками или без них) и стабилизирующей добавки, взятых в определенных пропорциях и перемешанных в нагретом состоянии.

Щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси и щебеночно-мастичный асфальтобетон (далее – асфальтобетон) в зависимости от крупности применяемого щебня подразделяют на три вида: ЩМА-20, ЩМА-15, ЩМА-10 (число соответствует наибольшему размеру щебня в мм). В щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси добавляют щебень, который должен соответствовать ГОСТ 8267-93 [4], песок (ГОСТ 8736-2014 [5] и ГОСТ 31424-2010 [6]), порошок минеральный (ГОСТ 16557-2005 [7]) и вязкие нефтяные битумы (их характеристики приведены в ГОСТ 22245-90 [8] и ГОСТ 33133-2014 [9]). Расход щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси составляет 25,0 кг/м².

Учеными разных стран мира проводятся исследования свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей с целью определения оптимального состава и размеров частиц добавок для получения более высокой прочности дорожного покрытия и снижения износа его поверхности. Так, в работах [10, 11] рассматривается применение резиновой крошки, в [12–15] – волокон целлюлозы, в [16, 17] – отходов теплоэлектростанций и цементного производства. В статье [18] анализируется влияние на колеобразование полимерных модификаторов. Механические характеристики щебеночно-мастичного асфальтобетона анализируются в [19].

Выполнено определение физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонов на основе добавок РКМ-2 и TOPCEL с применением методик испытаний, представленных в ГОСТ 12801-98 [20] и приложениях В и Г ГОСТ 31015-2002 [3]. Результаты исследования, демонстрирующие соответствие измеренных значений нормативным требованиям, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики щебеночно-мастичного асфальтобетона

Показатель	Требование ГОСТ 31015-2002	Состав	
		на основе до- бавки РКМ-2	на основе до- бавки TOPCEL
Водонасыщение по объему, %	1,5–4,0	2,5	4,0
Пористость минеральной части, %	15–19	16,7	16,7
Остаточная пористость, %	2,0–4,5	2,1	3,4
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа	Не менее 0,7	1,5	0,9
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С, МПа	Не менее 2,5	5,0	3,0
Коэффициент внутреннего трения	Не менее 0,94	0,95	0,94
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	Не менее 0,20	0,29	0,23
Водостойкость при длительном водонасыщении	Не менее 0,75	0,86	0,77
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,0–6,5	5,1	4,2
Глубина колеи при температуре 60 °С, мм	–	3,50	8,85
Средняя плотность, кг/м ³	–	2370	2340

При расчетах дорожных покрытий с учетом выполненных исследований рекомендовано использовать значения физико-механических характеристик щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси в соответствии с ПНСТ 265-2018 [21], которые приведены в таблицах 3–5. Средняя плотность асфальтобетона составляет 2400 кг/м³, коэффициент теплопроводности – 1,4 Вт/м·К.

Таблица 3 – Характеристики асфальтобетонов при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками

Асфальтобетон на битуме марки	Расчетный модуль упругости E_y , ГПа	m	α	Нормативное сопротивление растяжению при изгибе R_o , МПа
БНД 40/60	7,40	6,0	5,6	10,0
БНД 60/90	5,60	5,5	5,9	9,8
БНД 90/130	4,55	5,0	6,3	9,5

Примечание – m – показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя; α – коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности.

Таблица 4 – Значение кратковременного модуля упругости E_y для расчета по допускаемому упругому прогибу и по условию сдвигоустойчивости
В гигапаскалях

Марка битума	При температурах покрытия, °С			
	+10	+30	+40	+50
БНД 40/60	5,4	2,10	1,20	0,70
БНД 60/90	4,7	1,70	0,86	0,60
БНД 90/130	4,0	1,16	0,73	0,53

Таблица 5 – Расчетные значения модуля упругости E асфальтобетонов при расчете на длительную нагрузку

Температура, °С	+20	+30	+40	+50
Модуль упругости, МПа	380	320	280	240

В результате исследований установлено, что на дорогах из щебеночно-мастичного асфальтобетона, спроектированных в соответствии с приведенными в таблицах 3–5 данными, глубина колеи снижается до допускаемых значений, как это видно на рисунке 1.

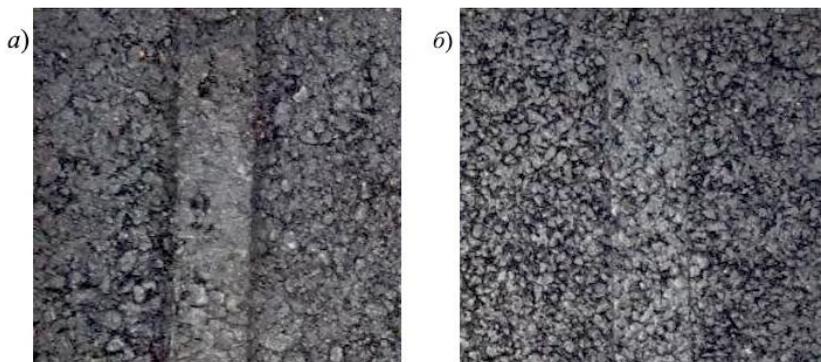


Рисунок 1 – Наблюдаемая глубина колеи: горячий мелкозернистый плотный асфальтобетон типа Б (а) и щебеночно-мастичный асфальтобетон (б)

Разработанная в Узбекистане в результате обширных исследований щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь была опробована на верхних слоях двух участков дорожного строительства: трехуровневого путепровода, соединяющего Юкори-Чирчикский и Кибрайский районы Ташкентской области, и на путепровode на автодороге Кичик – Халка в Юнусабадском районе Ташкента. Уложенный щебеночно-мастичный асфальтобетон за время сезонных наблюдений изменений не выявил, также на покрытии не наблюдались следы от колеи. Это позволило включить результаты полученных научно-исследовательских работ в ведомственный строительный норматив ИКН 46-2021 [22]. В нем установлены технические требования по минимальным температурам хрупкости и размягчения вязких нефтяных битумов, при которых обеспечивается допускаяемый размер колеи. Некоторые их значения представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Региональные технические требования к битуму асфальтобетона для дорожно-климатических зон Узбекистана

Республика, область, район	Глубина колеи, мм, не более	Технические требования к битуму	
		Температура хрупкости, °С, не ниже	Температура размягчения, °С, не ниже
Республика Каракалпакстан:			
Нукус	5,0	-19	51
Каракалпакия	5,0	-23	50
Муйнак	5,0	-18	50
Чимбай	5,0	-19	51
Кашкадарьинская область:			
Карши	3,0	-14	55
Гузар	4,0	-16	53
Муборек	3,5	-15	54
Шахрисабз	5,0	-18	52
Сурхандарьинская область:			
Термез	3,0	-14	55
Денау	4,0	-16	53
Шерабад	4,5	-18	52
Ферганская область:			
Фергана	4,5	-18	52
Коканд	4,5	-18	52
Наманганская область:			
Наманган	4,5	-19	51
Поп	5,5	-21	50
Чуст	5,5	-20	50
Ташкентская область:			
Алмалык	4,5	-17	51
Бекабад	4,5	-17	51
Ангрен	5,0	-21	50
Ташкент	4,0	-18	53

Также внесены изменения в градостроительные нормы и правила ШНК 2.05.02-07 [23] разработки проектной документации по применению щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси в Узбекистане и ШНК 3.06.03-08 [24] реализации технологии строительства.

Таким образом в ходе выполненных исследований получены следующие основные результаты:

- использование щебеночно-мастичного асфальтобетона позволило существенно увеличить срок службы нежесткой конструкции дорожной одежды;
- его применение позволяет существенно улучшить содержание дорог;
- достигается высокая технико-экономическая эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – Введ. РФ 01.11.14. – М. : Стандартинформ, 2014. – 51 с.

2 ГОСТ Р 58401.2-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования. – Введ. РФ 31.05.19. – М. : Стандартинформ, 2019. – 15 с.

3 ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия. – Введ. РФ 01.05.03. – М. : Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 2003. – 23 с.

4 ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия – Введ. РФ 01.01.95. – М. : Стандартинформ, 2018. – 12 с.

5 ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия. – Введ. РФ 18.11.14. – М. : Стандартинформ, 2019. – 21 с.

6 ГОСТ 31424-2010. Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия. – Введ. РФ 16.02.11. – М. : Стандартинформ, 2011. – 14 с.

7 ГОСТ 16557-2005. Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей и органиано-минеральных смесей. Технические условия. – Введ. РБ 08.12.06. – Минск : Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве, 2005. – 24 с.

8 ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. – Введ. 01.01.91. – М. : Изд-во стандартов , 1996. – 9 с.

9 ГОСТ 33133-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. – Введ. РФ 29.05.15. – М. : Стандартинформ, 2015. – 12 с.

10 **Nguyen, H. T. T.** Effects of crumb rubber content and curing time on the properties of asphalt concrete and stone mastic asphalt using dry process / H. T. T. Nguyen, T. N. Tran // International Journal of Pavement Research and Technology. – 2018. – Vol. 11, is. 3. – P. 236–244.

11 **Жданюк, В. К.** Дослідження впливу гумової крихти як стабілізуючої домішки на властивості щебенево-мастикового асфальтобетону / В. К. Жданюк, Д. Ю. Костін, В. І. Петров // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2019. – Т. 2, № 86. – С. 19–23.

12 Rutting and fatigue properties of cellulose fiber-added stone mastic asphalt concrete mixtures / M. Irfan [et al.] // *Advances in Materials Science and Engineering*. – 2019. – Vol. 2019, is. 1. – Article 5604197.

13 Соловьёва, А. А. Стабилизирующие добавки различного производства для щебеночно-мастичного асфальтобетона / А. А. Соловьёва, А. Н. Новик // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2018. – № 6 (69). – С. 25–34.

14 The influence of stabilizing additives on physical and mechanical properties of stone mastic asphalt concrete / V. Yadykina [et al.] // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 117. – P. 376–381.

15 Effect of gradation variation on mixture properties in stone mastic asphalt mixtures with carbon fiber and hybrid aggregate / C. Gürer [et al.] // *Materials Science*. – 2024. – Vol. 30, is. 1. – P. 71–78.

16 Study of crushed stone-mastic asphalt concrete using fiber from fly ash of thermal power plants / A. Bieliatynskiy [et al.] // *Case Studies in Construction Materials*. – 2022. – Vol. 16. – Article e00877.

17 Гончарова, М. А. Применение отходов цементной промышленности в составах щебеночно-мастичных асфальтобетонов / М. А. Гончарова, И. А. Ткачева // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. – 2021. – № 12 (756). – С. 34–40.

18 Ядыкина, В. В. Повышение устойчивости щебеночно-мастичного асфальтобетона к колебобразованию за счет использования полимерных модификаторов / В. В. Ядыкина, С. Н. Наволокина, А. М. Гридчин // *Строительные материалы и изделия*. – 2020. – Т. 3, № 6. – С. 27–34.

19 Исследование модулей упругости щебеночно-мастичного асфальтобетона для расчета конструкций дорожных одежд / Г. Ф. Кадыров [и др.] // *Дороги и мосты*. – 2023. – № 1 (49). – С. 273–297.

20 ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. – Введ. РФ 01.01.99. – М. : Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 1999. – 63 с.

21 ПНСТ 265-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд. – Введ. РФ 11.04.18. – М. : Стандартинформ, 2018. – 77 с.

22 ИКН 46-2021. Инструкция по проектированию нежестких дорожных одежд.

23 ШНҚ 2.05.02-07. Автомобильные дороги. – Введ. 01.06.08. – Ташкент : Госархитектстрой, 2008. – 90 с.

24 ШНҚ 3.06.03-08. Автомобиль йўллари. – Введ. 01.07.09. – Ўзбекистон Республикаси : Давархитекткурилишқўм, 2008. – 130 с.

S. Z. KURBONOV

Automotive Road Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

APPLICATION OF STONE-MASTIC ASPHALT CONCRETE IN CONDITIONS OF UZBEKISTAN ROAD-CLIMATIC ZONES

A comparison of physical and mechanical characteristics of stone-mastic asphalt concrete and hot fine-grained dense asphalt concrete mixtures currently used in Uzbekistan is made. The parameters of the stone-mastic asphalt concrete are presented, they should be used as initial data in road surfaces calculations.

Keywords: stone-mastic asphalt concrete, road surface, rut, design parameters.

Получено 25.10.2024