

УДК 625.856

ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН СО СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ДОБАВКОЙ

¹Ястремский Д.А., ¹Абайдуллина Т.Н., ²Кудяков А.И.

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: yaster.dmitry@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», Томск

В данной статье рассмотрено повышение физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА) за счёт введения комплексной стабилизирующей добавки на основе целлюлозы, оказывающей полифункциональный эффект на асфальтобетонную смесь. Показана целесообразность её разработки. Разработана комплексная стабилизирующая добавка для ЩМА, включающая целлюлозосодержащие волокна из макулатуры. Приведены результаты лабораторных исследований по подбору оптимального состава стабилизирующей добавки. Установлено, что добавка, состоящая из волокон длиной 0,8–2 мм в количестве 90%, резиновой крошки диаметром 0,5 мм в количестве 5% и битума БНД 90/130 – 5%, позволяет получить щебеночно-мастичный асфальтобетон с улучшенными физико-механическими свойствами по пределу прочности при сжатии при 50 °С (на 12%) и водонасыщению. Представлена технологическая схема и описание процессов производства комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавки и ЩМА на ее основе. Выполнена технико-экономическая оценка стоимости ЩМА-20 с разработанной добавкой на 1 т смеси. Установлено, что стоимость 1 т ЩМА с разработанной добавкой снижается на 5,4%, что составляет 111,21 руб. на каждую тонну асфальтобетона в текущем уровне цен.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, целлюлозосодержащее сырье, состав и свойства стабилизирующей добавки, технология добавки, технология ЩМА с добавкой, технико-экономическая эффективность

STONE MASTIC ASPHALT CONCRETE WITH STABILIZING CELLULAR CONTAINING ADDITIVE

¹Yastremskiy D.A., ¹Abaydullina T.N., ²Kudyakov A.I.

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: yaster.dmitry@yandex.ru;

²Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk

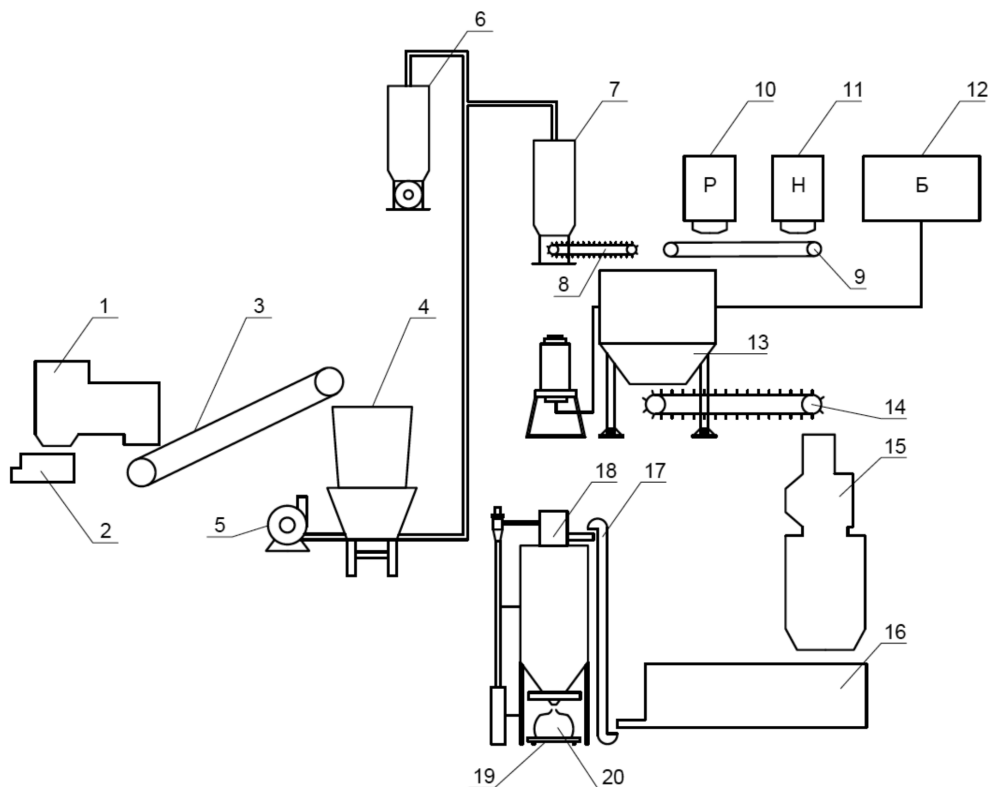
This article discusses the improvement of the physicomaterial properties of crushed stone-mastic asphalt concrete (SMA) due to the introduction of a complex stabilizing additive based on cellulose, which has a multifunctional effect on the asphalt concrete mix. The expediency of its development is shown. A complex stabilizing additive for SMA, including cellulose-containing fibers from waste paper, has been developed. The results of laboratory studies on the selection of the optimal composition of a stabilizing additive are given. It has been established that the additive consisting of fibers with a length of 0.8-2 mm in the amount of 90%, crumb rubber with a diameter of 0.5 mm in the amount of 5% and BND 90/130 bitumen – 5%, allows to get crushed stone and mastic asphalt concrete with improved physical properties. – mechanical properties for ultimate compressive strength at 50 °C (12%) and water saturation. A flow chart and a description of the production processes of the complex cellulose-containing stabilizing additive and SMA based on it are presented. The technical and economic evaluation of the cost of SchMA-20 with the developed additive per 1 ton of the mixture was carried out. It was established that the cost of 1 ton of SMA with the developed additive is reduced by 5.4%, which amounts to 111.21 rub. for each ton of asphalt concrete at the current price level.

Keywords: crushed stone-mastic asphalt concrete, cellulose-containing raw materials, composition and properties of stabilizing additive, technology of additive, technology of SMA with additive, technical and economic efficiency

На качество щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА) существенно влияют вид применяемых стабилизирующих добавок (СД), которые способствуют повышению адсорбции и увеличению толщины битумного слоя на поверхности минеральной части асфальтобетона, предотвращая сегрегацию и расслоение смеси в процессе кратковременного хранения и транспортирования материала к месту укладки в покрытие автомобильной дороги [1–3].

Вид и свойства применяемых стабилизирующих добавок, а также модифицированного асфальтобетона должны соответство-

вать требованиям ГОСТ и национальным стандартам [4, 5]. В нормативных документах отсутствуют требования к исходному сырью для производства СД. В настоящее время на российском строительном рынке предлагается много разновидностей СД для ЩМА, предназначенных для предотвращения стекания вяжущего. Однако, данные добавки не оказывают существенного влияния на основные физико-механические свойства асфальтобетона. Кроме того, они имеют необоснованно высокую стоимость [6, 7], а структурированные ими смеси обладают расслоением [8–10].



Технологический комплекс по производству комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетона

В связи с этим целью данной работы является разработка научно обоснованных составов комплексной стабилизирующей добавки на основе целлюлозосодержащего сырья из макулатуры, модифицированного этой добавкой щебеночно-мастичного асфальтобетона повышенного качества, а также технологического комплекса для их производства. Кроме того, необходимо разработать нормативный документ, разрешающий использование разработанной добавки в производстве ЩМА. Вопросы переработки макулатуры для получения целлюлозных волокон и стабилизирующих добавок на их основе занимались М.В. Севостьянов, Т.Н. Ильина, И.А. Кузнецова, А.В. Осокин, И.Г. Мартакова, М.В. Ванчаков, А.В. Кулешов, Г.Н. Коновалов, В.В. Ядыкина [11–13].

Материалы и методы исследования

Исходным сырьём для производства комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавки является макулатура группы А или группы Б по ГОСТ 10700 [14], резиновая крошка и битум. Добавка, изготовляемая из данного сы-

рьевого материала, не должна содержать парафиновые углеводороды, а также полиэтилен, пластмассы, лаки, смолы. Поэтому поступающее на завод сырье проходит тщательный контроль на содержание вредных компонентов.

Технология производства комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетона представлена на рисунке.

Технологический комплекс по производству комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавки состоит из трех основных блоков:

- 1) блок получения целлюлозных волокон необходимой длины и диаметра;
- 2) блок дозирования и смешения компонентов добавки;
- 3) блок гранулирования комплексной добавки.

Целлюлозосодержащее сырье (макулатура) проверяется по влажности, которая не должна превышать 8%, а также из него вручную удаляется крупный мусор в виде плёнок, скотчей, пружин и т.д. Подготовленный к дальнейшей переработке материал отправляется на склад. Сырьё повышен-

ной влажности направляется в сушильную камеру. Отсортированное сырьё вводится в шредер крупного помола 1, оборудованный магнитным сепаратором, который удерживает скрепки, булавки, пружины и т.д., сбрасывая их в бункер-накопитель металлических отходов 2, крупно измельчённый материал поступает на ленточный конвейер 3 и далее в рабочую камеру измельчения 4. В данной камере с помощью дисковой мельницы принудительного действия макулатура измельчается до волокон размером 0,8–2 мм. Полученное волокно пневматическим способом при помощи камерного компрессора 5 поднимается и загружается в бункер-накопитель 7, волокна размером менее 0,8 мм, потоком сжатого воздуха, поднимаются в циклон 6, где осаждаются и в дальнейшем утилизируются. Волокна размером выше 2 мм продолжают разбиваться до необходимых размеров и распределяются аналогичным образом.

Из накопителя 7 целлюлозное волокно скребковым транспортёром 8 подаётся в смеситель 13. В смеситель же ленточным транспортёром 9 из расходного бункера 10 порционно дозируется резиновая крошка в количестве 5% от массы целлюлозного волокна. Для непрерывной работы технологического комплекса, по окончании материала в расходном бункере, резиновая крошка подается из бункера-накопителя 11, параллельно загружается резиновой крошкой бункер 10. В качестве связующего применяется битум БНД 90/130 в количестве 5%, разогретый до температуры 110 °С. Битум подаётся из емкости 12 насосом и через форсунки равномерно распределяется по поверхности волокна в момент перемешивания. В смесителе 13 все компоненты тщательно перемешиваются до однородного состояния в течение 2 мин. Готовая смесь выгружается на шнековый транспортёр закрытого типа 14, по которому поступает в аппарат гранулирования 15. В грануляторе волокно прессуется в цилиндрические гранулы диаметром 5 мм и длиной от 6 до 10 мм. Готовые гранулы в процессе приготовления разогреваются до 100 °С, поэтому далее они поступают в камеру термостабилизации 16, где с помощью вентиляторов охлаждаются до температуры 20 °С. Охлаждённые гранулы по лопастному элеватору 17 попадают в бункер-запасник 18, с роторным шлюзом-питателем. Готовая комплексная добавка порционно, через дозирующий шлюз выгружается на весы 19, где фасуется в мешки готовой продукции 20, массой по 500 кг.

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения оптимального соотношения компонентов комплексной целлюлозо-содержащей стабилизирующей добавки, обеспечивающей максимальное повышение качества ЦМА, готовили смесь различных составов, формовали стандартные образцы-цилиндры [15]. Для приготовленной ЦМАС определяли показатель стекания вяжущего, а у изготовленных стандартных образцов – среднюю плотность, водонасыщение и прочность при сжатии при 50 °С. Состав добавки и результаты определения физико-механических свойств ЦМА представлены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что оптимальным является следующий состав стабилизирующей добавки: волокна целлюлозо-содержащего компонента длиной от 0,8 до 2 мм – 90%, резиновая крошка диаметром 0,5 мм – 5%, вязкий нефтяной дорожный битум марки БНД 90/130 – 5%. Установлено, что прочность образцов ЦМА с разработанной комплексной стабилизирующей добавкой при температуре 50 °С выше на 12%, по сравнению с аналогичными образцами, содержащими традиционную добавку на целлюлозной основе. Также отмечается снижение водонасыщения образцов ЦМА с разработанной комплексной целлюлозо-содержащей стабилизирующей добавкой. Возможно, это объясняется уменьшением остаточной пористости и образованием новых пространственных связей в структуре асфальтобетона.

Технология приготовления щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси приведена в табл. 2.

Комплексная целлюлозо-содержащая стабилизирующая добавка вводится в смеситель асфальтосмесительной установки на разогретый каменный материал вместе с минеральным порошком, производится «сухое» перемешивание в смесителях принудительного действия в течение 20 с. За 5 с гранулы добавки контактируют с разогретым инертным материалом и лопастями смесителя, за счёт чего распускаются на отдельные волокна и равномерно распределяются в объеме смеси. После «сухого» перемешивания вводится органическое вяжущее, которое в течение 10 с интенсивно перемешивается до полного обволакивания минеральной части битумом.

Технико-экономическая оценка разработанной комплексной целлюлозо-содержащей стабилизирующей добавки в сравнении с традиционно применяемым импортным аналогом в базисном уровне цен 2001 г. приведена на примере расчета стоимости 1 т ЦМА.

Таблица 1

Состав комплексной добавки на основе целлюлозы и свойства ЩМА

№ п/п	Целлюлозо-содержащий компонент, %	Резиновая крошка, %	Битум, %	Стекание, %	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, %	Прочность образцов при 50°С, МПа
1	97,0	3	0	0,09	2,41	2,45	0,99
2	96,0	4	0	0,09	2,42	2,45	1,10
3	95,0	5	0	0,10	2,42	2,41	1,30
4	94,0	6	0	0,10	2,42	2,41	1,40
5	97,0	0	3,0	0,09	2,40	2,17	0,98
6	96,5	0	3,5	0,09	2,40	2,09	1,00
7	96,0	0	4,0	0,09	2,40	2,01	1,01
8	95,5	0	4,5	0,09	2,40	1,89	1,04
9	95,0	0	5,0	0,10	2,40	1,83	1,04
10	94,5	0	5,5	0,10	2,40	1,74	1,09
11	94,0	0	6,0	0,12	2,40	1,69	1,08
12	94,0	3	3,0	0,11	2,41	1,94	1,28
13	93,5	3	3,5	0,11	2,41	1,92	1,28
14	93,0	3	4,0	0,12	2,41	1,9	1,36
15	92,5	3	4,5	0,12	2,41	1,85	1,48
16	92,0	3	5,0	0,13	2,41	1,81	1,52
17	91,5	3	5,5	0,13	2,41	1,79	1,53
18	91,0	3	6,0	0,15	2,41	1,72	1,53
19	93,0	4	3,0	0,10	2,42	1,78	1,52
20	92,5	4	3,5	0,10	2,42	1,73	1,60
21	92,0	4	4,0	0,11	2,42	1,66	1,66
22	91,5	4	4,5	0,11	2,42	1,65	1,68
23	91,0	4	5,0	0,11	2,42	1,64	1,70
24	90,5	4	5,5	0,12	2,42	1,64	1,70
25	90,0	4	6,0	0,13	2,42	1,62	1,69
26	92,0	5	3,0	0,11	2,42	1,71	1,68
27	91,5	5	3,5	0,11	2,42	1,67	1,70
28	91,0	5	4,0	0,11	2,42	1,67	1,70
29	90,5	5	4,5	0,12	2,42	1,65	1,71
30	90,0	5	5,0	0,12	2,42	1,64	1,73
31	89,5	5	5,5	0,13	2,42	1,64	1,72
32	89,0	5	6,0	0,13	2,42	1,59	1,71
33	91,0	6	3,0	0,12	2,42	1,81	1,65
34	90,5	6	3,5	0,13	2,42	1,81	1,66
35	90,0	6	4,0	0,13	2,42	1,77	1,68
36	89,5	6	4,5	0,14	2,42	1,76	1,69
37	89,0	6	5,0	0,14	2,42	1,71	1,69
38	88,5	6	5,5	0,14	2,42	1,71	1,70
39	88,0	6	6,0	0,14	2,42	1,69	1,70

Таблица 2

Технологические процессы приготовления ЩМА с комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавкой

Щебень, песок из отсева дробления	15 сек				
Минеральный порошок	20 сек			Время смешения	
Стабилизирующая добавка	5 сек			>53 сек	
Битум			15 сек		
«Мокрое» перемешивание				10 сек	
Выгрузка					8 сек

Таблица 3

Технико-экономическая оценка ЦМА с различными СД

Наименование компонента	Содержание компонентов в ЦМА-20, %	Объём по массе, кг	Стоимость, руб.	
			Viatop	КСД
Щебень	73	690	93,78	93,78
Песок из отсева дробления	16	151	25,98	25,98
Минеральный порошок	11	103	13,70	13,70
Стабилизирующая добавка	0,4	4	26,22	12,49
Битум	5,5	52	93,05	93,05
ИТОГО	105,9	1000	252,73	239,0

Как следует из расчётов, приведённых в табл. 3, стоимость 1 т ЦМАС-20 с применением комплексной стабилизирующей добавки в базисном уровне цен (по состоянию на 01.01.2001) по сравнению с традиционно применяемой добавкой на основе целлюлозы ниже на 5,4% или на 13,73 руб. В текущем уровне цен (по состоянию на 4-й квартал 2018 г.) для юга Тюменской области экономия составит 111,21 руб. за каждую тонну асфальтобетона.

Выводы

1. При введении в ЦМА комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавки, состоящей на 90% из целлюлозного волокна размером 0,8–2 мм, 5% резиновой крошки диаметром 0,5 мм и 5% битума БНД 90/130, повышается предел прочности на сжатие при 50 °С на 12%, снижается водонасыщение на 11% и стекание битума с зерен заполнителя минеральной части на 20%.

2. Себестоимость 1 т щебеночно-мастичного асфальтобетона с разработанной комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавкой снижается на 5,4%, что составляет 111,21 руб. с каждой тонны выпущенной щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси в текущем уровне цен (по состоянию на 4-й квартал 2018 г.), без учёта экономии за счёт увеличения срока службы дорожного покрытия и межремонтных сроков.

Список литературы

1. Костин В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий. Нижний Новгород: НГАСУ, 2009. 67 с.
2. Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. Покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. М.: ООО «Издательство «Элит»», 2009. 176 с.
3. Ястремский Д.А., Абайдуллина Т.Н., Чепур П.В., Проблема повышения долговечности асфальтобетонного

покрытия и пути её решения // Современные наукоёмкие технологии. 2016. № 3–2. С. 307–310.

4. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетоны щебеночно-мастичные. Технические условия. 2003-05-01. М.: МНТКС, 2003. 32 с.

5. ПНСТ 183-2016. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетоны щебеночно-мастичные. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 17 с.

6. Ядыкина В.В., Тоболенко С.С., Траутвайн А.И. Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичного асфальтобетона на основе отходов целлюлозно-бумажной промышленности // Известия вузов. Строительство. 2015. № 2. С. 31–36.

7. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Траутвайн А.И. Влияние стабилизирующих добавок из отходов целлюлозно-бумажной промышленности на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 7–11.

8. Кудяков А.И., Эфа А.К., Трофимов И.Н., Базилевич А.Л. Новые подходы в нормировании свойств компонентов и технологии приготовления асфальтобетона // Наука и техника в дорожной отрасли. 2009. № 1 (48). С. 18–21.

9. Базилевич А.Л., Кудяков А.И. Температурная сегрегация асфальтобетонных смесей при строительстве дорожных покрытий // Вестник ТГАСУ. 2009. № 1. С. 116–122.

10. Кудяков А.И., Смирнов А.Г., Петров Г.Г. Проектирование и использование заполнителей с оптимальной межзерновой пустотностью // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1987. № 7. С. 135–138.

11. Ястремский Д.А., Абайдуллина Т.Н., Чепур П.В., Гладких В.А. Исследование долговечности асфальтобетона с добавкой «Армидон» // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 2 (49). С. 63–70.

12. Мухаметханов А.М., Нугманов О.К., Гаврилов В.И. Способ получения стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 6. С. 204–210.

13. Севостьянов М.В., Ильина Т.Н., Кузнецова И.А., Осокин А.В., Мартакова И.Г. Ресурсосберегающий технологический комплекс для производства гранулированных стабилизирующих добавок щебеночно-мастичного асфальтобетона // Вестник ТГТУ. 2016. Т. 22. № 2. С. 272–279.

14. ГОСТ 10700-97. Макулатура бумажная и картонная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 1997. 7 с.

15. Хасанов Н.М., Сайрахмонов Р.Х., Сулейманова М.А. Применение природного волластонита в качестве армирующей и стабилизирующей добавки в составе ЦМА // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3. С. 181–186.