

А.О. Добрынин, В.В. Опарина

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Россия

СРАВНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЩМА С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАБИЛИЗАТОРА-МОДИФИКАТОРА «УНИРЕМ» И СТАБИЛИЗАТОРА «ХРИЗОТОП»

Приведены результаты исследования влияния стабилизирующих добавок на физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА), полученные при испытаниях лабораторных образцов. Проведено экономическое сравнение подобранных составов щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси.

Ключевые слова: щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь (ЩМАС), щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), стабилизирующая добавка.

Целью данной работы является подбор состава ЩМА, проведение испытаний и сравнение физико-механических свойств ЩМА с использованием стабилизирующей и модифицирующей добавки «Унирем» (ООО «УНИКОМ», г. Москва) и стабилизирующей добавки «Хризотоп» (ООО «Хризотоп», г. Екатеринбург).

Задачи исследования:

- 1) подбор оптимального процентного содержания модификатора-стабилизатора «Унирем» и стабилизатора «Хризотоп» в ЩМА, при котором материалы будут удовлетворять требованиям ГОСТ 31015–2002;
- 2) экономическое сравнение двух подобранных составов с разными добавками.

Модифицирующая – стабилизирующая сыпучая добавка «Унирем» для производства ЩМА (г. Москва). Универсальный модификатор асфальтобетонов «Унирем» представляет собой сыпучий композиционный материал на основе активного порошка дискретно девулканизованной резины, получаемого методом высокотемпературного сдвигового измельчения из несортированных отработанных автопокрышек отечественного и импортного производства.

При введении модификатора «Унирем» в горячий битум происходит быстрый распад частиц модификатора на наноблоки, которые приводят к образованию структурированного на наноуровне резинобитумного вяжущего. «Унирем» изменяет структуру битума, делая его стойким к растрескиванию в широком интервале температур, а также существенно увеличивает стойкость покрытия к образованию колеи.

Модификатор «Унирем» не требует предварительного подогрева и вводится в смеситель асфальтобетонной смеси одновременно с битумом или сразу же после введения битума. При производстве ЩМА с «Унирем» не возникает необходимости использования стабилизирующих добавок на основе целлюлозного волокна.

Для строительства дорог в зонах умеренного климата рекомендуемое содержание модификатора «Унирем» составляет:

- в асфальтобетонах типа А, Б – 10 % от содержания битума;
- в асфальтобетонах типа ЩМА – 10 % от содержания битума;

при этом не требуется введения дополнительных стабилизирующих добавок.

Стабилизирующая гранулированная добавка «Хризотоп» для производства ЩМА (г. Екатеринбург). Хризотоп – гранулированный стабилизатор для щебеночно-мастичного асфальтобетона, представляет собой спрессованные гранулы минерального волокна с органическим связующим. В его состав входит хризотил, который является магнезиальным гидросиликатом и имеет волокнистое строение. Важными физико-химическими свойствами хризотила являются прочность его волокон на разрыв, эластичность, прядильные качества, огнеупорность, щелочестойкость. Он ценится за высокие сорбционные, тепло-, звуко- и электроизоляционные свойства, способность отражать радиационное излучение и др.

Добавка изготавливается из минерального (хризотилового) волокна и обладает рядом существенных преимуществ перед аналогичными продуктами.

Благодаря высокой термостойкости (до 700 °С) волокно не обгорает, не оплавляется и не теряет своих свойств под воздействием температуры, поэтому нет необходимости в строгом технологическом контроле за температурой процесса при смешивании с разогретым каменным материалом.

Высокая прочность хризотилового волокна на разрыв придает повышенную прочность асфальтобетону.

Способность волокна пушиться на более мелкое, а не истираться в пыль улучшает армирующие свойства добавки.

Являясь неорганическим веществом, хризотиловое волокно не подвержено воздействию сырости, бактерий, грибков и грызунов, благодаря чему нет необходимости сооружать специальные отапливаемые склады для его хранения.

Рекомендуемый расход добавки составляет 0,3–0,5 %.

В качестве материала для проведения испытаний был выбран ЩМА-20. На первом этапе был сделан подбор зернового состава ЩМА, с использованием следующих материалов (табл. 1):

- щебень фр. 10–20 мм – карьер ЗАО «Габбро», Свердловская обл.;
- щебень фр. 5–10 мм – карьер ЗАО «Габбро», Свердловская обл.;
- песок из отсевов дробленый фр. 0–5 мм – ООО «Карьер Восточный», Свердловская обл.;
- минеральный порошок МП-1 активированный – ООО «Прогресс», г. Невьянск;
- битум нефтяной дорожный вязкий БНД 90/130 – ООО «ЛУКОЙЛ–Пермнефтеоргсинтез», г. Пермь.

Таблица 1

Зерновой состав смеси

№ п/п	Материал (производитель)	Содержание, %	Зерновой состав (прошло через сито с отверстием, мм), % по массе									
			20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,07
1	Щебень 10–20 мм (к-р «Габбро»)	62	59,3	31,2	3,2	0	0	0	0	0	0	0
2	Щебень 5–10 мм (к-р «Габбро»)	10	10	10	9,5	0,2	0	0	0	0	0	0
3	Песок 0–5 мм (к-р «Восточный»)	14	14	14	14	13,3	8,7	6,2	3,7	2,1	1,5	1,0
4	МП активир. (г. Невьянск)	14	14	14	14	14	14	14	14	13,9	12,6	11,5
ИТОГО		100	97,3	69,2	40,7	27,5	22,7	20,2	17,7	16,0	14,1	12,5
Непрерывный состав по ГОСТ 31015-2002		min	90	50	25	20	15	13	11	9	8	8
		max	100	70	42	30	25	24	21	19	15	13

Испытания материалов для приготовления щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси (ЩМАС) были проведены согласно требованиям ГОСТ 31015–2002 п. 5.10 «Требования к материалам». Полученные результаты испытаний используемых материалов соответствуют его требованиям (рисунок).

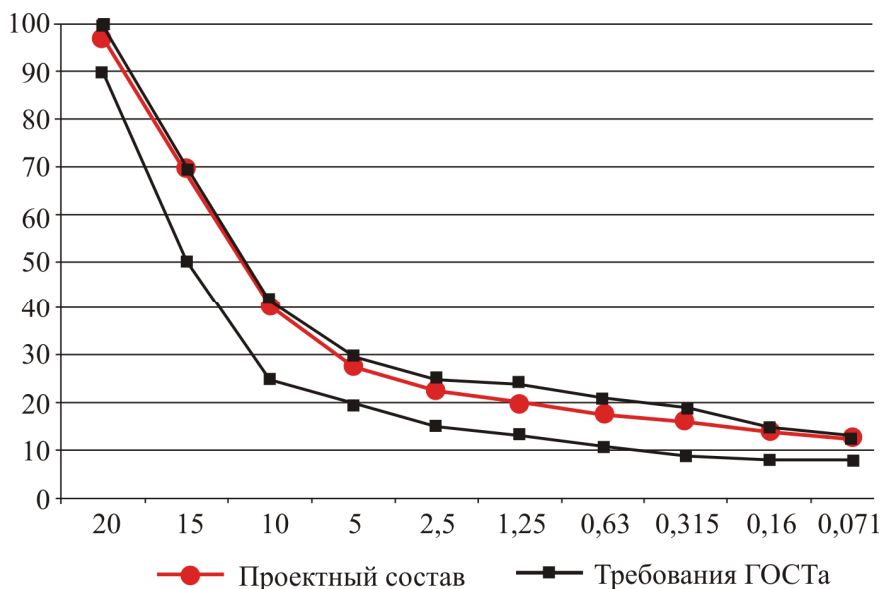


Рис. Зерновой состав минеральной части

Далее было изготовлено три серии образцов со различным содержанием битума нефтяного дорожного (БНД 90/130) и модифицирующей и стабилизирующей добавки «Унирем» (табл. 2).

Таблица 2

Состав образцов смеси БНД 90/130 и «Унирем», %

Номер состава	БНД 90/130	«Унирем»
1	6,0	0,60
2	6,5	0,65
3	7,0	0,70

Для определения физико-механических свойств были проведены испытания на соответствие требованиям ГОСТ 31015–2002. Полученные результаты сведены в табл. 3.

Таблица 3

**Физико-механические свойства составов
с добавкой «Унирем»**

Показатель	Требования ГОСТ 31015– 2002	Фактические показатели		
		Битум 6,0 %+ Унирем 0,6%	Битум 6,5%+ Унирем 0,65%	Битум 7,0%+ Унирем 0,7%
Средняя плотность, г/см ³	Не нормируется	2,54	2,54	2,55
Пористость минеральной части по объему, %	Св. 15–19	17,5	17,9	18
Остаточная пористость по объему, %	Св. 1,5–4,5	3,13	2,38	1,28
Водонасыщение по объему, %	От 1,0–4,0	2,57	1,75	1,18
Предел прочности при сжатии, МПа: при температуре 20 °С при температуре 50 °С	Не менее 2,2 Не менее 0,65	2,65 1,08	2,40 0,94	2,05 0,73
Водостойкость при длительном водонасыщении	Не менее 0,85	0,80	0,86	0,89
Сцепление вяжущего с поверхностью минеральной части	Должна выдерживать	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает
Набухание по объему, %	Не нормируется	0,17	0,05	0,02
Предел прочности на растяжение при расколе, МПа	От 2,5–6,0	2,80	2,70	2,4
Сдвигоустойчивость: коэффициент внутреннего трения	Не менее 0,93	0,95	0,95	0,95
сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	Не менее 0,18	0,26	0,22	0,17
Показатель стекания вяжущего по массе, %	Не более 0,20	0,17	0,18	0,22

Из табл. 3 видно, что состав с содержанием битума в количестве 6,5 % и стабилизатора-модификатора «Унирем» в количестве 0,65 % по всем характеристикам удовлетворяет требованиям ГОСТ 31015–2002.

Для испытания стабилизатора «Хризотоп» также были изготовлены три серии образцов. Так как «Хризотоп» не является модифицирующей добавкой, для равноценного сравнения в составе ЩМА смеси было использовано полимерно-битумное вяжущее (БНД 90/130 + ДАД-1). ДАД-1 – адгезионная добавка. Однородная подвижная паста темно-коричневого цвета, не летучая, не взрывоопасная, не токсичная (ООО «Селена», Белгородская обл.) (табл. 4).

Таблица 4

**Состав образцов смеси БНД 90/130 + ДАД-1
и «Хризотоп», %**

Номер состава	БНД 90/130	ДАД-1	«Хризотоп»
1	6,5	0,5	0,30
2	6,5	0,5	0,40
3	6,5	0,5	0,50

Для определения физико-механических свойств были проведены испытания на соответствие требованиям ГОСТ 31015–2002. Полученные результаты сведены в табл. 5.

Таблица 5

**Физико-механические свойства составов
с добавкой «Хризотоп»**

Показатель	Требования ГОСТ 31015–2002	Фактические показатели		
		Битум 6,5%+ ДАД-1 0,5%+ Хризотоп 0,3%	Битум 6,5%+ ДАД-1 0,5%+ Хризотоп 0,4%	Битум 6,5%+ ДАД-1 0,5%+ Хризотоп 0,5%
Средняя плотность, г/см ³	Не нормируется	2,57	2,55	2,56
Пористость минеральной части по объему, %	Св. 15–19	14,11	15,59	16,07
Остаточная пористость по объему, %	Св. 1,5–4,5	1,23	1,99	1,61
Водонасыщение по объему, %	От 1,0–4,0	2,32	2,05	2,99
Предел прочности при сжатии, МПа: при температуре 20 °С при температуре 50 °С	Не менее 2,2	1,66	2,41	2,46
	Не менее 0,65	0,48	0,66	0,77
Водостойкость при длительном водонасыщении	Не менее 0,85	0,68	0,86	0,64
Сцепление вяжущего с поверхностью минеральной части	Должна выдерживать	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает
Набухание по объему, %	Не нормируется	0,17	0,05	0,05

Окончание табл. 5

Показатель	Требования ГОСТ 31015– 2002	Фактические показатели		
		Битум 6,5%+ ДАД-1 0,5%+ Хризотоп 0,3%	Битум 6,5%+ ДАД-1 0,5%+ Хризотоп 0,4%	Битум 6,5%+ ДАД-1 0,5%+ Хризотоп 0,5%
Предел прочности на растяжение при рас- коле, МПа	От 2,5–6,0	1,59	2,67	2,7
Сдвигоустойчи- вость: коэффициент внутреннего трения сцепление при сдвиге при темпера- туре 50 °С, МПа	Не менее 0,93	0,95	0,94	0,95
	Не менее 0,18	0,46	0,50	0,50
Показатель стекания по массе, %	Не более 0,20	0,17	0,17	0,17

Из табл. 5 видно, что состав с содержанием битума в количестве 6,5 %, стабилизатора «Хризотоп» в количестве 0,4 % и добавки ДАД-1 в количестве 0,5 % по всем характеристикам удовлетворяет требованиям ГОСТ 31015–2002.

Далее была составлена калькуляция на приготовление 100 т ЩМА подобранных составов (табл. 6, 7).

Таблица 6

**Калькуляция на приготовление 100 т ЩМА-20
с добавкой «Унирем»**

№ п/п	Параграф норм	Наименование эле- ментов затрат	Ед. изм.	Количество	Цена, руб.	Сметная стои- мость, руб.
1	СЦМ-408- 0011-1	Щебень фр. 10–20 мм Объем = 57,7:1,6	м ³	36,0625	179,11	6459,15
2	СЦМ-408-0009	Щебень фр. 5–10 мм Объем = 9,4:1,6	м ³	5,875	183,18	1076,18
3	СЦМ-408-0166	Песок из отсеков фр. 0–5 мм Объем = 13,1:1,5	м ³	8,733	64,18	560,50
4	СЦМ-101-1804	Минеральный порошок	т	13,1	701,31	9187,16
5	Прайс	Стабилизирующая модифицирующая добавка «Унирем»	т	0,6	57000	34200
6	СЦМ-101-0073	БНД 90/130	т	6,1	1798,70	10972,07
Итого по материалам						62455,07

**Калькуляция на приготовление 100 т ЩМА-20
с добавкой «Хризотоп»**

№ п/п	Параграф норм	Наименование элементов затрат	Ед. изм.	Количество	Цена, руб.	Сметная стоимость, руб.
1	СЦМ-408-0011-1	Щебень фр. 10–20 мм Объем = 58:1,6	м ³	36,25	179,11	6492,74
2	СЦМ-408-0009	Щебень фр. 5–10 мм Объем = 9,3:1,6	м ³	5,8125	183,18	1064,73
3	СЦМ-408-0166	Песок из отсевов фр. 0–5 мм Объем = 13,1:1,5	м ³	8,733	64,18	560,51
4	СЦМ-101-1804	Минеральный порошок	т	13,1	701,31	9187,16
5	Прайс	Стабилизирующая добавка «Хризотоп»	т	0,4	31000	12200,00
6	СЦМ-101-0073	БНД 90/130	т	6,0695	1798,70	10917,21
7	Прайс	Добавка для битума ДАД-1	т	0,0305	58500	1784,25
Итого по материалам						42206,60

Полученные данные показывают, что приготовление 100 т ЩМА с добавкой «Хризотоп» стоит дешевле, чем с добавкой «Унирем» на 32,4 %.

Подводя итог данной работе, отметим, что составы с добавками «Унирем» 6,5 % и «Хризотоп» 4 % полностью соответствуют требованиям ГОСТ 31015–2002.

Сравнивая эти составы экономически, можно определить, что приготовление ЩМАС с добавкой «Унирем» будет стоить дороже на 32,4 %, чем приготовление ЩМАС с добавкой «Хризотоп». Однако прогнозируемый срок службы покрытия ЩМАС с «Унирем» по данным мониторинга экспериментальных участков составляет 18 лет, а с «Хризотоп» – 12 лет. Определив приведенные затраты на 1 год срока службы покрытия (с «Унирем» – 3469,73, с «Хризотоп» – 3517,22 руб.), делаем вывод, что подобранный состав с модификатором-стабилизатором «Унирем» использовать выгоднее в случае укладки ЩМАС на дорогах высоких категорий (I–II) с нормативным сроком службы 15–20 лет, на дорогах более низких категорий (III–IV) со сроком службы 10–15 лет выгоднее применение состава ЩМАС с добавкой «Хризотоп».

Таким образом, к применению стабилизирующих добавок для ЩМА необходимо подходить, изучая предварительно свойства применяемых каменных материалов, их взаимодействие со стабилизирующими добавками. Приведенный выше пример ни в коем случае не может быть распространен на составы ЩМА из других материалов. Вполне вероятно, что при каком-то другом составе ЩМА лучше будет работать добавка «Хризотоп». Иначе говоря, для достижения экономии при одновременном удовлетворении показателей требованиям ГОСТ необходимо на стадии подбора состава ЩМА изготавливать образцы с применением различных добавок, выявлять, при каком процентном содержании они работают наилучшим образом, после чего определять экономическую выгоду и область применения ЩМАС.

Список литературы

1. ГОСТ 31015–2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия.
2. ГОСТ 12801–98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

Получено 28.02.2012