

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/article_58e61337c2ccd6.55822991

Андронов С.Ю., канд. техн. н. доц.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

ТЕХНОЛОГИЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ХОЛОДНОГО ЩЕБЁНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТА

atomic@yandex.ru

Предложена холодная технология производства композиционного дисперсно-армированного холодного щебёночно-мастичного асфальта. Теоретически проанализированы процессы структурообразования композиционного холодного дисперсно-армированного асфальта. Исследованы основные дорожно-технические свойства холодного композиционного дисперсно-армированного щебёночно-мастичного асфальта. Композиционный дисперсно-армированный холодный щебёночно-мастичный асфальт целесообразно применять для строительства и ремонта дорожных покрытий, эксплуатирующихся в условиях повышенных летних температур и транспортных нагрузок

Ключевые слова: технология композиционного материала, дисперсное армирование волокнами, базальтовая фибра, щебёночно-мастичный асфальт, колеобразование, асфальт с дисперсным битумом.

Введение. Основное отличие щебёночно-мастичного асфальта (ЩМА) от обычного асфальта заключается в его жесткой каркасной структуре, которая обеспечивает передачу нагрузки с поверхности в нижележащие слои через непосредственно контактирующие друг с другом отдельные крупные частицы каменного материала. Тем самым достигается существенное снижение деформаций колеености покрытия. ЩМА представляет самостоятельную разновидность асфальта, обеспечивающую в отличие от других типов смесей одновременно водонепроницаемость, трещиностойкость, сдвигоустойчивость и шероховатость верхнего слоя покрытия [1].

В России существует ГОСТ 31015-2002 [2], где регламентированы смеси ЩМА-10, ЩМА-15 и ЩМА-20, которые приготавливаются на основе щебня крупностью до 10, 15 и 20 мм. Данные смеси предназначены для устройства верхних слоев дорожных покрытий.

Основная часть. Процесс приготовления и укладки ЩМА смесей практически аналогичен традиционным горячим асфальтовым смесям по ГОСТ 9128-2013 [3]. Спецификой смеси ЩМА является, в частности, более высокая, по сравнению с обычными асфальтовыми смесями, требуемая температура на выходе из смесителя – до 180 °С [1]. Это связано, с одной стороны, с изменением реологических свойств по температурной чувствительности, а с другой – тем, что смесь укладывается, как правило, более тонкими слоями (3–5 см) в сравнении с обычными асфальтовыми смесями, поэтому склонна к быстрому охлаждению.

Температурный режим приготовления ЩМА смесей, так же как и традиционных горячих асфальтовых смесей требует больших затрат остродефицитной тепловой и электрической энергии, неизбежно сопровождается выбросом в атмосферу большого количества минеральной пыли, окислов азота, серы, углерода, канцерогенных углеводородов, наносящих ущерб окружающей среде, вызывающие профессиональные заболевания рабочих (астма, бронхит и др.). Известно также, что в горячих асфальтовых смесях на стадии их приготовления вяжущее уже стареет на 50–70 %, что соответствует 7–10 летнему сроку эксплуатации покрытия [4].

Одним из условий получения щебёночно-мастичной смеси является наличие в ней повышенного количества битума (в пределах 6,0–8,5 %). Удорожает стоимость ЩМА необходимость применения специальных стабилизирующих добавок, предотвращающих стекание излишков вяжущего в ходе транспортирования и укладки. Добавки-стабилизаторы представляют собой гранулированные целлюлозные волокна с битумным покрытием. Более 90 % стабилизаторов для ЩМА производится в Германии. Кроме того для введения гранул стабилизатора в смеситель асфальтобетонного завода (АБЗ) требуется дополнительное оборудование.

Альтернативой горячим асфальтовым смесям являются смеси на битумных эмульсиях. Необходимость заблаговременного производства битумных эмульсий приготавливаемых с использованием дорогостоящих поверхностно-активных эмульгаторов и оборудования эмульсионных баз, нередко зарубежного производства

существенно удорожает производство асфальтов.

Предлагаемая технология композиционного холодного дисперсно-армированного ЩМА с дисперсным битумом является дальнейшим развитием разработанной в СГТУ под руководством профессора Н.А. Горнаева и запатентованной [5] эффективной холодной технологии производства и применения асфальта с дисперсным битумом.

На рис. 1 представлена принципиальная технологическая схема приготовления дисперсно-армированной щебёночно-мастичной ас-

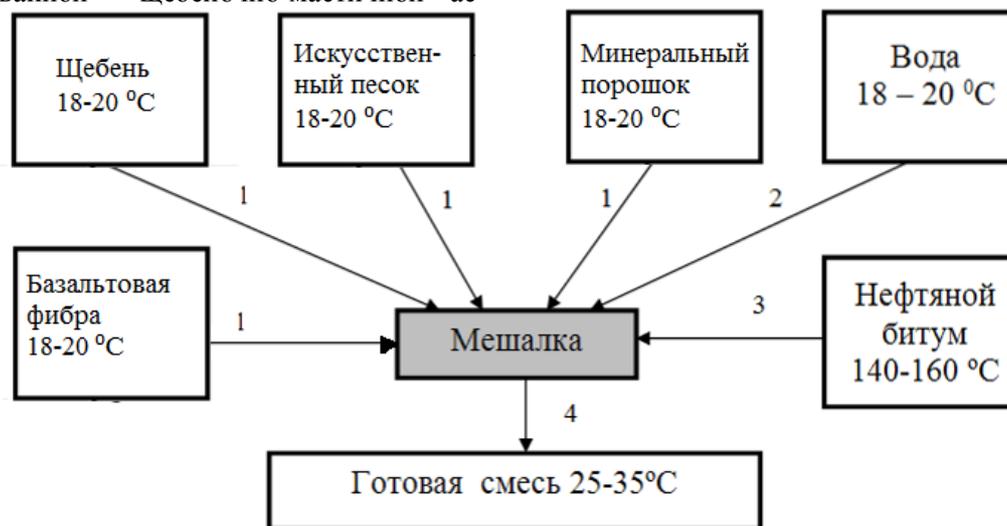


Рис. 1. Схема приготовления композиционной холодной дисперсно-армированной щебёночно-мастичной асфальтовой смеси 1-3 – последовательность операций

Отличительной особенностью предлагаемой холодной технологии композиционного дисперсно-армированного ЩМА является образование в процессе перемешивания в объёме асфальтовой смеси прямой медленнораспадающейся битумной эмульсии на твердом эмульгаторе, роль которого могут выполнять обычно применяемые минеральные порошки. В результате получается асфальт на битумной эмульсии, без заблаговременного производства и применения эмульсии. Для создания каркаса устойчивого к сдвиговым деформациям от транспортной нагрузки в состав композиционных холодных щебёночно-мастичных смесей вводится 70–80 % щебня с улучшенной (кубовидной) формой зерен и 15–30 % искусственного песка из отсевов дробления. Для снижения пористости слоя покрытия в состав композиционного холодного ЩМА с дисперсным битумом вводится 10–12 % известнякового минерального порошка и не менее 6,5 % вязкого нефтяного битума. Кроме этого формированию каркаса и его последующей стабильности способствует добавка базальтовой фибры, выполняющей армирующую функцию в объёме асфальтобетона.

фальтовой смеси с дисперсным битумом. Минеральные составляющие естественной температуры и влажности подаются в мешалку. Одновременно с минеральными составляющими вводится добавка базальтовой фибры. Затем вводится дополнительное количество воды, и подаётся битум с рабочей температурой 140–150 °С, перемешивание продолжается до полного диспергирования битума на глобулы размером обычно до 100 мкм. Готовая смесь практически холодная.

На стадии выполнения лабораторных исследований базальтовая фибра вводилась навеской непосредственно в лабораторную мешалку. Для улучшения показателей физико-механических свойств асфальтобетона вводится добавка базальтовой фибры в подобранном оптимальном количестве 0,4 % по массе смеси. На стадии производства композиционной холодной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси дозированная базальтовая фибра вводится непосредственно через технологическое отверстие смесителя асфальтобетонного завода.

Предлагаемая технология имеет ряд значимых достоинств: **энергосбережение**, так как отпадает необходимость высушивания и нагрева минеральных составляющих; **ресурсосбережение**, за счет исключения из технологической линии асфальтобетонного завода сушильного барабана, форсунки, топочного хозяйства, пылеуловительной установки, грохота, необходимости их обслуживания, снижения металлоемкости завода; **экологическая безопасность**, так как, благодаря холодному и влажному приготовлению смесей, исключается выброс в атмосферу пыли, канцерогенных углеводородов и др.

При производстве холодной композиционной дисперсно-армированной щебёночно-мастичной асфальтовой смеси не требуется добавка гранул стабилизатора и дополнительного оборудования для его введения в смеситель АБЗ

Разрабатываемое под руководством Н. А. Горнаева в СГТУ научное направление «Технология холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими» и разработки его учеников позволили теоретически обосновать процессы структурообразования в холодном композиционном дисперсно-армированном ЩМА с привлечением представлений физической химии с позиции термодинамики. Формирование структуры асфальта начинается в момент объединения всех составляющих, а заканчивается в покрытии, в ходе его эксплуатации. Холодная композиционная дисперсно-армированная щебёночно-мастичная асфальтовая смесь представляет собой гетерогенную необратимую систему открытого типа, протекающие в ней процессы происходят в направлении уменьшения суммарной избыточной поверхностной энергии, достижения устойчивого равновесия. Скорость протекания этих процессов обуславливается составом, свойствами, температурами исходных материалов, погодными условиями. Важнейшими стадиями процессов структурообразования являются: смачивание водой минеральных составляющих и поверхности базальтовой фибры, диспергирование и стабилизация битума; формирование битумной плёнки; адгезия битума; уплотнение.

В холодной композиционной дисперсно-армированной щебёночно-мастичной смеси исключительно важное значение имеет вода. Являясь обязательной, незаменимой составляющей, она участвует и определяет характер взаимодействий на всех этапах процессов структурообразования и свойств асфальта. Введение в минеральную смесь дополнительной воды лиофилизует систему и создаёт благоприятные условия для диспергирования вязкого нефтяного битума.

Диспергирование вязкого битума осуществляется в объёме увлажнённой смеси через образование битумных нитей длиной до нескольких десятков миллиметров и их последующий распад на глобулы по достижении критической для данных условий толщины (температуры, содержание минерального порошка, воды и др.). Стабилизация битумных глобул осуществляется через остаточный (ориентированный) слой воды по Б. В. Дерягину [6].

Формирование битумных плёнок на поверхности минеральных частиц и базальтового волокна происходит в результате смачивания

битумом воды, а затем по мере её испарения и твёрдых поверхностей. Битумные плёнки формируются тем быстрее, чем выше степень дисперсности битума и ниже его вязкость. Адгезия битума происходит через остаточный слой воды с последующей диффузией ПАВ битума (главным образом анионоактивных) на границу раздела [10].

На стадии уплотнения композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси определяющее значение имеет содержание воды. В первый момент увлажнённая смесь легко уплотняется за счёт повышенного содержания воды. Однако, вода, заполняя все поры смеси и являясь практически несжимаемой препятствует уплотнению, поэтому холодный композиционный дисперсно-армированный ЩМА имеет остаточную пористость 8–10 % и согласно ГОСТ 9128-2013 [3] относится к пористым. Уплотнению способствуют особенности взаимодействия воды с гидрофильными составляющими смеси (песком, минеральным порошком, щебнем и базальтовыми волокнами). По мере испарения воды за счёт песка и минерального порошка в смеси образуется большое количество заполненных водой тонких капилляров, возникающее при этом лапласовское давление стремится сблизить минеральные зёрна. Вода за счёт капиллярных сил проявляет как бы связующие свойства, что позволяет открывать движение транспорта по покрытиям из холодных композиционных дисперсно-армированных ЩМА сразу после завершения работ.[9]

Экспериментальные исследования проводились на холодных композиционных дисперсно-армированных щебёночно-мастичных смесях с наибольшей крупностью щебня 10, 15 и 20 мм. Для приготовления смесей применялся нефтяной битум марки БНД 90/130, известняковый минеральный порошок марки МП-1, гранитный щебень марки 1200 и полученный из него искусственный песок. Для дисперсного армирования применялась добавка базальтовой фибры длиной нарезки 15–18 мм. Компонентные и зерновые составы холодных композиционных дисперсно-армированных щебёночно-мастичных смесей подбирались аналогично щебёночно-мастичным смесям горячего приготовления в соответствии с ГОСТ 31015-2002 [2] и показаны в табл. 1 и 2. Содержание в смеси базальтового волокна (0,4 %) по массе смеси устанавливалось на основе предварительно выполненных лабораторных исследований с целью обеспечения минимального расхода базальтового волокна для получения максимального увеличения комплекса физико-механических показателей свойств

композиционной дисперсно-армированной
ЩМА смеси и асфальтобетона.

Таблица 1

**Компонентный состав холодной композиционной дисперсно-армированной
щебёночно-мастичной смеси**

Материал	Содержание в материале, % по массе		
	Наибольшая крупность зёрен щебня, мм		
	10	15	20
Щебень фракций, мм:	-	-	-
5-10	61	21	12
10-15	-	45	22
15-20	-	-	38
Песок из отсевов дробления	27	23	18
Минеральный порошок (в пересчёте на частицы мельче 0,071 мм)	12	11	10
Битум (сверх 100 % минеральной части)	7,0	6,5	6,0
Вода (сверх 100 % минеральной части)	10	9	8
Базальтовое волокно длиной 15-18 мм (% по массе смеси)	0,4	0,4	0,4

Таблица 2

**Зерновой состав холодной композиционной дисперсно-армированной щебёночно-мастичной
смеси**

Наибольшая крупность зёрен щебня, мм	Размер зёрен, мм, мельче									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
10	-	-	100	39	25	20	16	14	12	12
15	-	100	55	34	25	20	17	14	12	11
20	100	62	40	28	22	19	15	14	12	10

Холодные композиционные дисперсно-армированные щебёночно-мастичные смеси приготавливались в лабораторной мешалке, изготовленной по типу серийно выпускаемых для АБЗ. Для исследования свойств холодного композиционного ЩМА с дисперсным битумом изготавливались стандартные цилиндрические образцы диаметром 71,4 мм, которые согласно ГОСТ 31015-2002 [2], уплотнялись прессованием в течение 3 минут под нагрузкой 40 МПа.

При подготовке к испытаниям образцы высушивались 12 часов при температуре 100 °С. Такая методика воспроизводит условия формирования асфальта в покрытии и позволяет получать образцы со свойствами, близкими к свойствам образцов формировавшихся в естественных условиях. Образцы испытывались по методике ГОСТ 12801-98 [7] принятой для ЩМА горячего приготовления.

Степень дисперсности битума в холодной композиционной дисперсно-армированной добавкой базальтового волокна щебёночно-мастичной смеси оценивалась средним диаметром глобул и определялась на биологическом микроскопе с применением расчетного метода дисперсионного анализа И. А. Плотниковой [8]. Диспергирование битума происходит через вытягивание его в нити длиной до 30 мм с последующим распадом на глобулы средним диамет-

ром до 80 мкм. Установлено, что для обеспечения достаточной степени дисперсности битума (до 100 мкм), а также свойств композиционного дисперсно-армированного холодного щебёночно-мастичного асфальта в составе смеси должно содержаться 10–12 % минеральных частиц мельче 0,071, вязкого нефтяного битума – 6–8 %. Влажность смеси должна составлять 8 и 10 % при содержании минерального порошка 10 и 12 % соответственно.

По основным показателям холодный композиционный дисперсно-армированный ЩМА удовлетворяет требованиям ГОСТ 31015-2002 [2] к ЩМА горячего приготовления (табл. 3).

Водонасыщение соответствует пористым асфальтобетонам приближаясь к верхнему пределу показателя для горячего плотного асфальтобетона. Остаточная пористость больше водонасыщения, что объясняется закрытой тонкопористой структурой асфальта.

Выполненные расчеты показывают, что общий народнохозяйственный эффект (складывающийся из экономического, экологического и социального эффектов) применения технологии композиционного дисперсно-армированного холодного щебёночно-мастичного асфальта составит не менее 50 % в сравнении с ЩМА горячего приготовления.

Таблица 3

**Основные физико-механические свойства композиционного дисперсно-армированного
холодного щебёночно-мастичного асфальта**

Наименование показателя	Значение показателя		
	Наибольшая крупность зёрен щебня, мм		
	10	15	20
Пористость минеральной части, %	14	15	17
Остаточная пористость, %	8,9	9,0	7,9
Водонасыщение, % по объёму	7,0	6,3	4,0
Предел прочности при сжатии, МПа при температуре 20 °С при температуре 50 °С	3,5	3,9	4,0
	1,2	1,7	1,9
Сдвигоустойчивость: коэффициент внутреннего трения сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	0,95	0,95	0,94
	0,34	0,32	0,37
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,7	4,0	4,4
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,92	0,94	0,92

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирюхин Г. Н., Смирнов Е.А. Покрытия из щебёночно-мастичного асфальтобетона. М. ООО «Издательство "Элит"». 2009. 176 с.
2. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебёночно-мастичные. Технические условия
3. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
4. Силкин В.В. Марышев Б.С., Ольховиков В.М. Экологически чистые технологии для производства асфальтобетонных смесей // Строительная техника и технология. 2008. № 4. С. 30–33.
5. Пат. № 2351703 Российская Федерация. Способ приготовления холодной органоминеральной смеси для дорожных покрытий / Н. А.

Горнаев, В. Е. Никишин, С. М. Евтеева, С. Ю. Андронов, А. С. Пыжов. Оpubл. 10.04.09.

6. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В. М. Поверхностные силы. М. : Наука, 1985. 398 с.

7. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

8. Ляпина А.И., Плотникова И.А. Анализ сопоставления графического и расчётного методов определения показателей дисперсности битумных эмульсий // Тр. СоюздорНИИ. 1977. № 100. С. 120–130.

9. Aren M. Cleven Investigation of the properties of carbon fiber modified asphalt mixtures // Michigan technological university, 2000.

10. Rebecca Lynn Fitzgerald Novel Applications of Carbon Fiber for Hot Mix. Asphalt Reinforcement and Carbon-Carbon // Michigan technological university, 2000.

Andronov S.Y.

**TECHNOLOGY OF DISPERSE-REINFORCED COMPOSITION COLD
PULP-FILM-MASTIC ASPHALT**

A cold production technology of composite dis-perse-reinforced cold crushed stone mastic asphalt. composite structure formation processes of cold Fibrous asphalt theoretically analyzed. The basic technical characteristics of road cold composite Fibrous crushed stone mastic asphalt. The composite dispersion-reinforced cold crushed stone mastic asphalt is appropriate to apply for the construction and repair of road surfaces, operating in conditions in elevated summer temperatures and traffic loads

Key words: composite material technology, particulate reinforcement fibers, basalt fibers, crushed stone mastic asphalt rutting asphalt bitumen to disperse.

Андронов Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая 77к3.

E-mail: atomic08@yandex.ru