

УДК 66-963

**СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ
С ДОБАВКОЙ БАЗАЛЬТОВОГО ФИБРОВОЛОКНА**

**COMPARISON OF PRODUCING COMPOSITE ASPHALT MIXTURES ADDITIVE
DISPERSION-REINFORCEMENT FIBERGLASS BASALT**

Андронов Сергей Юрьевич,
кандидат техн. наук, доцент, e-mail: atomic08@yandex.ru

Andronov Sergey J., C. Sc., Associate Professor

Задирака Алексей Анатольевич,
аспирант, e-mail: alex.zadiraka@mail.ru

Zadiraka Aleksey A., postgraduate

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. 410054, Россия
г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, 410054, Russia, Saratov, st. Polytechnique, 77

Аннотация. Способом повышения устойчивости асфальтобетона к внешним нагрузкам является введение в его состав волокон и нитей. Введение в смесь длинных (протяженных) элементов – нитей, волокон или проволоки, при удовлетворении и постоянстве качественных показателей, а также удобства ее использования, в настоящее время является неразрешимой проблемой. Введение в смесь небольших по размеру (дискретных) элементов позволяет добиться их равномерного распределения (дисперсии) в смеси, и получить «композитный» материал с более высокими физико-механическими показателями в готовом конструктивном элементе. В ходе работы были подобраны опытные составы композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей и определено влияние на их свойства способа введения в смесь фибры с различной плотностью и длиной нарезки, проведены эксперименты по отработке режимов приготовления и введения фибры в состав композиционных смесей. Выполненные исследования позволили установить эффективность способа введения предварительно приготовленной смеси полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком в смесь компонентов асфальтобетонной смеси для улучшения показателей физико-механических свойств асфальтобетона в покрытиях автомобильных дорог. В процессе выполнения работы подобраны составы композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей и определено влияние на их свойства базальтовой фибры с различной плотностью, проведены эксперименты по отработке режимов приготовления и введения базальтовой фибры в состав смеси. Основное отличие щебеночно-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 келейности покрытия. ЩМА представляет самостоятельную разновидность асфальта, обеспечивающую в отличие от других типов смесей одновременно водонепроницаемость, сдвигоустойчивость и шероховатость верхнего слоя покрытия.

Abstract. A method of increasing the stability of asphalt concrete to external loads is the introduction into its structure of fibers and yarns. Introduction to the mixture of long (extended) elements - yarns, fibers or wires, with satisfaction and constancy of quality indicators, as well as ease of use, now is an insoluble problem. Introduction to the mix of small size (discrete) elements can achieve their uniform distribution (dispersion) in the mixture, and get a "composite" materials with higher physical and mechanical properties in the finished structural member during the operation were selected by experienced compositions composite dispersion-reinforced asphalt mixtures and determined the impact on their property in the way of the introduction of a mixture of fibers of different densities and length cutting, performed experiments to simulate cooking modes and the introduction of fiber in the composite mixture. The studies have established the effectiveness of the method of administration premix polyacrylonitrile fiber with a mineral powder in the mixture of components for improving the bituminous mixture physico-mechanical properties of the coatings of asphaltic concrete road. In the process of the job selected compositions of composite dispersion-reinforced asphalt mixtures and determined the effect on the properties of basalt fibers with different densities, performed experiments to simulate cooking modes and the intro-

duction of basalt fiber in the mixture. The main difference crushed stone mastic asphalt (SMA) from conventional asphalt lies in its rigid frame structure which provides the load transfer from the surface to the underlying layers through direct contact with each other separate large particles of hard material. This achieves a significant reduction secretiveness cover deformation. SMA is an independent kind of asphalt that ensures, unlike other types of mixtures of both water resistance, sdvigoustoychivost and roughness of the topcoat layer

Ключевые слова: дисперсно-армированный композиционный асфальтобетон, базальтовая фибра, волокна, лабораторные испытания, контрольные образцы, физико-механические показатели, технология композиционных материалов.

Keywords: dispersion-reinforced composite asphalt, basalt fiber, fiber, laboratory tests, control samples, physical and mechanical properties, composite materials technology.

В транспортном строительстве повсеместно применяется асфальтобетон. Одним из основных недостатков асфальтобетонов является подверженность трещинообразованию, шелушению, выкрашиванию, образованию колеи, волн и впадин. Известно, что способом повышения устойчивости к внешним нагрузкам является введение в его со-

горизонтально расположенными валами с лопатками (рис. 1).

Для исследований применялась асфальтобетонная смесь типа Б, марки I по ГОСТ 9128-2013 [3]. Смеси для исследований готовились по обычной стандартной технологии производства горячих асфальтобетонных смесей. Введение

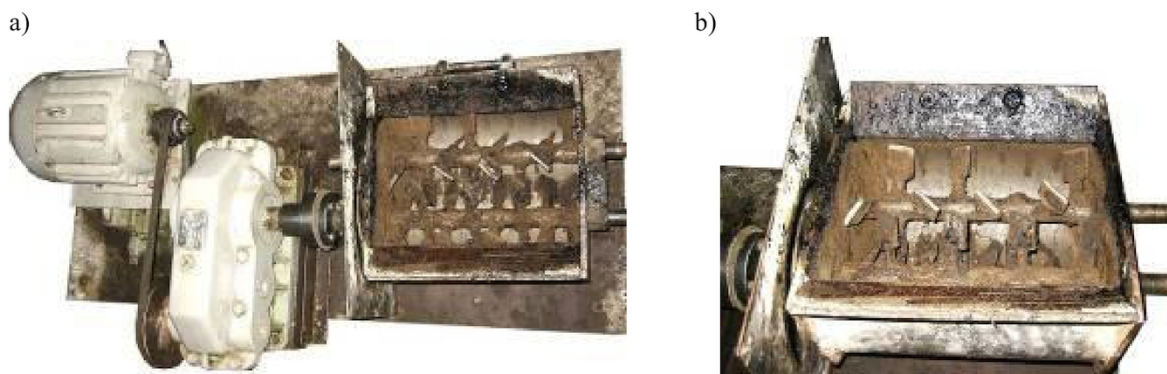


Рисунок 1 – Мешалка лабораторная (с горизонтально расположенными валами с лопатками)
 а) Общий вид; б) Рабочая камера

став волокон и нитей. [10,13] Введение в асфальтобетонную смесь небольших по размеру (дискретных) элементов позволяет добиться их равномерного распределения (дисперсии) в смеси, и получить “композитный” материал с более высокими физико-механическими показателями в готовом конструктивном элементе [1].

В России действуют методические рекомендации по армированию асфальтобетонных покрытий базальтовыми волокнами (фиброй) [2], но по причине отсутствия технологии и опыта введения фибры в состав смеси широкого применения в асфальтобетонных смесях базальтовая фибра не получила. Опыт изготовления асфальтобетонных смесей с добавками базальтовой фибры на серийно выпускаемых смесителях асфальтобетонных заводов в нашей стране также отсутствует. [6,7]

С учётом отсутствия опыта введения базальтовых волокон в смесители асфальтобетонных заводов в настоящей работе приготовление композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей осуществлялось в лабораторной мешалке, принцип действия которой аналогичен смесителю асфальтобетонного завода, с вращающимися

базальтовой фибры в состав асфальтобетонной смеси выполнялось с помощью воздуходувки сразу после введения в асфальтобетонные смеси вяжущего. [5]

В состав смесей вводилось базальтовая фибра с различной плотностью. Изготовление контрольных образцов из этих смесей и их испытание выполнялось в соответствии с ГОСТ 12801 - 98 [4]. Исходная асфальтобетонная смесь типа Б марки I и асфальтобетонные смеси типа Б марки I с добавкой базальтового волокна испытывались по показателям связанным с устойчивостью асфальтобетона к колеиности: предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения, сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50°С, трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0°С и скорости деформирования 50 мм/мин. В асфальтобетонные смеси вводилась добавка базальтовой фибры в количестве 0,4% по массе смеси в соответствии с рекомендациями [2,6]. Применялась базальтовая фибра с длиной нарезки 12 мм.

Все результаты испытаний, сравнивались с

Таблица 1 - Зависимость прочности образцов композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона при 50 °С от плотности базальтовой фибры

Показатель предела прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа					
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон марки I типа Б без добавки базальтовой фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с различной плотностью фибры	
от	÷	до		Плотность нити	Показатель предела прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа
1,3			1,6	54 текс	2,0
				120 текс	2,2
				240 текс	2,7

Таблица 2 - Зависимость сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона от плотности базальтовой фибры

Показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения					
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон типа Б марки I без добавок базальтовой фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с различной плотностью базальтовой фибры	
от	÷	до		Плотность нити	Показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения
0,83			0,83	54 текс	0,93
				120 текс	0,89
				240 текс	0,94

Таблица 3- Зависимость сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона от плотности базальтовой фибры

Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С					
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон марки I типа Б без добавки базальтовой фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с базальтовой фиброй с различной плотностью фибры	
от	÷	до		Плотность нити	Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С
0,38			0,44	54 текс	0,49
				120 текс	0,50
				240 текс	0,52

Таблица 4 – Зависимость показателя трещиностойкости композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси от плотности базальтовой фибры

Показатель трещиностойкости					
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон марки I типа Б без добавки базальтовой фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с добавкой базальтовой фибры с различной плотностью нити	
от	÷	до		Плотность нити	Показатель трещиностойкости
4,0	÷	6,5	4,30	54 текс	4,30
				120 текс	4,35
				240 текс	4,30

показателями исходной смеси без фибры марки I типа Б и друг с другом. Результаты приведены в табл/1-4.

По результатам испытаний композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей, изготовленных с использованием базальтовой

фибры с различной плотностью, можно сделать выводы, что введение базальтовой фибры в состав смесей приводит, к увеличению и улучшению прочности при 50 °С. Все показатели предела прочности на сжатие при 50 °С лучше чем у смеси без добавки базальтовой фибры и в среднем

улучшение составляет 38%. Таким образом, установлена зависимость увеличения прочности при 50 °С с увеличением плотности базальтовой фибры.[15,14]

По результатам испытаний композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей, изготовленных с использованием базальтовой фибры с различной плотностью, можно сделать выводы, что введение базальтовой фибры в состав смеси приводит к улучшению показателя сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения. В среднем показатель улучшается на 11%. Установлена зависимость улучшения сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения с увеличением плотности базальтовой фибры. По-видимому с увеличением плотности базальтовой фибры происходит её более равномерное и однородное распределение между каркасом из минеральных зерен смеси с увеличением показателя сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения.[1,8]

По результатам испытаний композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона с добавкой базальтовой фибры с различной плотностью, можно сделать выводы, что введение базальтовой фибры в состав смеси приводит к улучшению показателя сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С. В смесях с базальтовой фиброй, в среднем, показатель сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге улучшается на 14 %. Наблюдается зависимость улучшения показателя сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге с увеличением плотности базальтовой фибры.[7,9]

По результатам испытаний композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона, изго-

товленного с использованием базальтовой фибры с различной плотностью, можно сделать выводы, что введение базальтовой фибры в состав асфальтовых смесей практически не приводит к изменению показателя трещиностойкости.[10,12]

Выводы по влиянию на свойства композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона плотности базальтовой фибры.

При введении в состав асфальтобетонных смесей базальтовой фибры происходит улучшение (увеличение) показателей предела прочности на сжатие при 50°С и сдвигоустойчивости. Показатель трещиностойкости практически не изменяется при введении в асфальтовые смеси базальтовой фибры. Установлено, что с увеличением плотности базальтовой фибры показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения при 50 °С улучшается. С увеличением плотности базальтовой фибры происходит улучшение сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения. С увеличением плотности базальтовой фибры происходит увеличение (улучшение) показателя предела прочности образцов асфальтобетона на сжатие при 50 °С.

Основываясь на результатах выполненных исследований установлено, что введение базальтовой фибры плотностью 240 текс в состав асфальтобетонных смесей будет способствовать получению композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей с улучшенным комплексом показателей физико-механических свойств, что будет также способствовать увеличению сроков службы дорожных покрытий из композиционного асфальтобетона дисперсно-армированного добавкой базальтового фиброволокна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий. Методические рекомендации – Омск: СибАДИ. 2004.
2. Методические рекомендации по технологии армирования асфальтобетонных покрытий добавками базальтовых волокон (фиброй) при строительстве и ремонте автомобильных дорог (Утверждено распоряжением Росавтодора № ОС-12-р от 11.01.2002).
3. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
4. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний
5. Челпанов И.Б. Стандартизация испытаний строительных, дорожных материалов и изделий / Челпанов И.Б., Евтеева С.М., Талалай В.В., Кочетков А.В., Юшков Б.С. // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2011. – № 2. – С. 57–68.
6. А.с. 1216012 СССР, МКИЗ В 28 В 13/02. Устройство для уплотнения строительных смесей в форме / А.Ф. Иванов, А.В. Потапов, Н.А. Горнаев, И.В. Михайлов (СССР). – № 3834339 ; заявл. 30.12.84 ; опубл. 07.03.86, Бюл. № 9. – 3 с. : ил.
7. Дерягин Б.В. Поверхностные силы / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, В.М. Муллер. – М.: Наука, 1985. – 398 с.
8. Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. Покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. – М. ООО «Издательство «Элит». – 2009. – 176 с.

9. Ляпина А.И. Анализ сопоставления графического и расчётного методов определения показателей дисперсности битумных эмульсий / А.И. Ляпина, И.А. Плотникова // Тр. СоюздорНИИ. – 1977. – № 100. – С. 120–130.
10. 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.
11. Installing Composite Surface Treatment and Thin Wearing Courses Using Different Types of Fibre. A.V. Kochetkov, L.V. Yankovskii, I.B. Chelpanov. Translated from Khimicheskie Volokna. – Vol. 47, № 1. – P. 66–72, January-February, 2015. Fibre Chemistry July 2015.
12. Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий. Методические рекомендации – Омск: СибАДИ. 2004.
13. Jeff Stempihar P.E. Fiber Reinforced Asphalt Concrete (FRAC) / Graduate Research Associate, 2010.
14. Aren M. Cleven Investigation of the properties of carbon fiber modified asphalt mixtures / Michigan technological university, 2000.
15. Rebecca Lynn Fitzgerald Novel Applications of Carbon Fiber for Hot Mix. Asphalt Reinforcement and Carbon-Carbon / Michigan technological university, 2000.

REFERENCES

1. Tehnologicheskoe obespechenie kachestva stroitel'stva asfal'tobetonnyh pokrytij. Metodi-cheskie rekomendacii – Омск: SibADI. 2004.
2. Metodicheskie rekomendacii po tehnologii armirovanija asfal'tobetonnyh pokrytij dobav-kami bazal'tovyh volokon (fibroj) pri stroitel'stve i remonte avtomobil'nyh dorog (Utverzhdeno rasporyazheniem Rosavtodora № OS-12-r ot 11.01.2002).
3. GOST 9128-2013 Smesi asfal'tobetonnye, ajerodromnye i asfal'tobeton. Tehnicheskie uslo-vija.
4. GOST 12801-98 Materialy na osnove organicheskikh vjazhushhih dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva. Metody ispytaniij
5. Chelpanov I.B. Standartizacija ispytaniij stroitel'nyh, dorozhnyh materialov i izdelij / Chelpanov I.B., Ev-teeva S.M., Talalaj V.V., Kochetkov A.V., Jushkov B.S. // Transport. Transportnye sooruzhenija. Jekologija. – 2011. – № 2. – S. 57–68.
6. A.s. 1216012 SSSR, MKI3 V 28 V 13/02. Ustrojstvo dlja uplotnenija stroitel'nyh smesej v forme / A.F. Ivanov, A.V. Potapov, N.A. Gornaev, I.V. Mihajlov (SSSR). – № 3834339 ; zajavl. 30.12.84 ; opubl. 07.03.86, Bjul. № 9. – 3 s. : il.
7. Derjagin B.V. Poverhnostnye sily / B.V. Derjagin, N.V. Churaev, V.M. Muller. – M.: Nauka, 1985. – 398 s.
8. Kirjuhin G.N., Smirnov E.A. Pokrytija iz shhebenochno-mastichnogo asfal'tobetona. – M. ООО «Iz-datel'stvo «Jelit». – 2009. – 176 s.
9. Ljapina A.I. Analiz sopostavlenija graficheskogo i raschjotnogo metodov opredelenija pokaza-telej dis-persnosti bitumnyh jemul'sij / A.I. Ljapina, I.A. Plotnikova // Tr. SojuzdorNII. – 1977. – № 100. – S. 120–130.
10. Pat. № 2351703 Rossijskaja Federacija. Sposob prigotovlenija holodnoj organomineral'-noj smesi dlja dorozhnyh pokrytij / N.A. Gornaev, V.E. Nikishin, S.M. Evteeva, S.Ju. Andronov, A.S. Pyzhov. Opubl. 10.04.09.
11. Installing Composite Surface Treatment and Thin Wearing Courses Using Different Types of Fibre. A.V. Kochetkov, L.V. Yankovskii, I.B. Chelpanov. Translated from Khimicheskie Volokna. – Vol. 47, № 1. – R. 66–72, January-February, 2015. Fibre Chemistry July 2015.
12. Tehnologicheskoe obespechenie kachestva stroitel'stva asfal'tobetonnyh pokrytij. Metodicheskie rek-omendacii – Омск: SibADI. 2004.
13. Jeff Stempihar P.E. Fiber Reinforced Asphalt Concrete (FRAC) / Graduate Research Associate, 2010.
14. Aren M. Cleven Investigation of the properties of carbon fiber modified asphalt mixtures / Michigan technological university, 2000.
15. Rebecca Lynn Fitzgerald Novel Applications of Carbon Fiber for Hot Mix. Asphalt Reinforcement and Carbon-Carbon / Michigan technological university, 2000.

Поступило в редакцию 27.02.2017
Received 27.02.2017