

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Андронов С.Ю.

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов,
e-mail: vdt_sstu@mail.ru*

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.

Ключевые слова: дисперсно-армированный асфальтобетон, фибра, полиакрилонитрильное волокно, лабораторные испытания, контрольные образцы, физико-механические показатели, технология композиционных материалов

COMPARISON OF PRODUCING FIBROUS COMPOSITE ASPHALT MIXTURES

Andronov S.Yu.

Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, e-mail: vdt_sstu@mail.ru

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 into a mixture of small size (discrete) components allows achieving their uniform distribution (dispersion) in the mixture and obtain a «composite» material having a high physical and mechanical properties in the finished structural member. During the experimental formulations were selected 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 cutting length, 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 to improve the asphalt mixture physico-mechanical properties of the coatings of asphaltic concrete road.

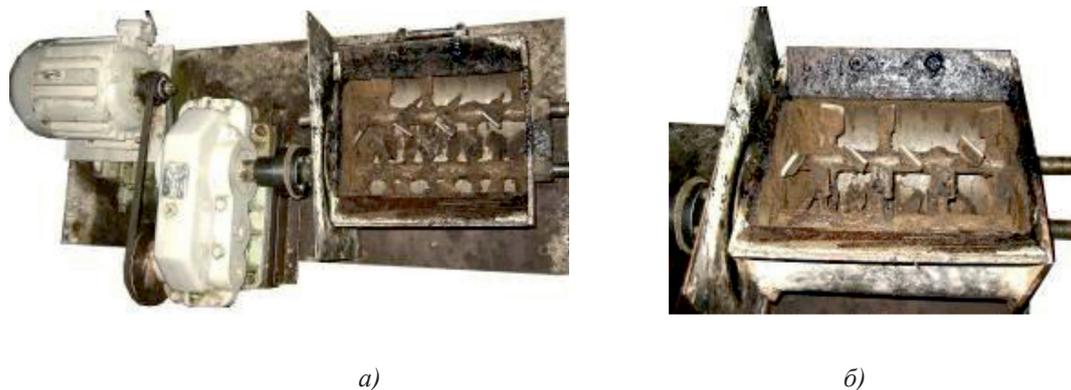
Keywords: dispersion-reinforced asphalt concrete, fiber, acrylic fiber, laboratory tests, control samples, physical and mechanical properties, composite materials technology

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 состав волокон и нитей. 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 фибры на серийно выпускаемых смесителях асфальтобетонных заводов в нашей стране также отсутствует.

С учётом отсутствия опыта введения 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 горизонтально расположенными валами с лопатками (рисунок).



Мешалка лабораторная (с горизонтально расположенными валами с лопатками:
а) общий вид; б) рабочая камера

Таблица 1

Зависимость прочности образцов композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона при 50 °С от плотности полиакрилонитрильной 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 полиакрилонитрильной 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	0,17 текс	1,6
			1,50	0,33 текс	1,7
			1,50	0,56 текс	2,0

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 фибры в состав асфальтобетонной смеси выполнялось с помощью воздуходувки сразу после введения в асфальтобетонные смеси вяжущего.

В состав смесей вводилось полиакрилонитрильное волокно 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 полиакрилонитрильного волокна испытывались по показателям связанным с устойчивостью асфальтобетона к колебности: 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 полиакрилонитрильной фибры в количестве 0,09% по массе смеси. Применялась полиакрилонитрильная фибра с длиной нарезки 12 мм.

Все результаты испытаний сравнивались с 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 полиакрилонитрильной фибры с различной плотностью, можно сделать выводы, что введение полиакрилонитрильной фибры в состав смеси приводит к увеличению и улучшению прочности при 50 °С. Все показатели предела прочности на сжатие при 50 °С лучше, чем у смеси без добавки полиакрилонитрильной фибры, и в среднем улучшение составляет 20%. Установлена зависимость увеличения прочности при 50 °С с увеличением плотности фибры.

По результатам испытаний композиционных дисперсно-армированных асфальто-

бетонных смесей, изготовленных с использованием полиакрилонитрильной фибры с различной плотностью, можно сделать выводы, что введение полиакрилонитрильной фибры в состав смеси приводит к улучшению показателя сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения. В среднем показатель улучшается на 2%. Установлена зависимость улучшения сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения с уменьшением плотности полиакрилонитрильной фибры. По-видимому, с уменьшением плотности полиакрилонитрильной фибры происходит более интенсивное её переплетение с каркасными зернами смеси с увеличением показателя

сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения.

По результатам испытаний композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона с добавкой полиакрилонитрильной фибры с различной плотностью можно сделать выводы, что введение полиакрилонитрильной фибры в состав смеси приводит к улучшению показателя сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С. В смесях с полиакрилонитрильной фиброй в среднем показатель улучшается на 4,7%. Наблюдается зависимость улучшения сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения при 50 °С с увеличением плотности полиакрилонитрильной фибры.

Таблица 2

Зависимость сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона от плотности полиакрилонитрильной фибры

Показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения					
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон типа Б марки I без добавок полиакрилонитрильной фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с различной плотностью фибры	
от	÷	до		Плотность нити	Показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения
0,83			0,83	0,17 текс	0,90
				0,33 текс	0,87
				0,56 текс	0,86

Таблица 3

Зависимость сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона от плотности полиакрилонитрильной 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 полиакрилонитрильной фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с полиакрилонитрильной фиброй с различной плотностью фибры	
от	÷	до		Плотность нити	Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С
0,38			0,44	0,17 текс	0,46
				0,33 текс	0,48
				0,56 текс	0,51

Таблица 4

Зависимость показателя трещиностойкости композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси от плотности полиакрилонитрильной фибры

Показатель трещиностойкости					
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон марки I типа Б без добавки полиакрилонитрильной фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с добавкой полиакрилонитрильной фибры с различной плотностью нити	
от	÷	до		Плотность нити	Показатель трещиностойкости
4,0	÷	6,5	4,30	0,17 текс	4,30
				0,33 текс	4,35
				0,56 текс	4,30

Таблица 5

Физико-механические показатели композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонов при введении полиакрилонитрильной фибры в виде смеси с минеральным порошком нагретой до температуры 150 °С

Наименование показателя	Ед. изм.	Требования ГОСТ 9128-2013 к смеси марка I тип Б	Фактические значения			
			Асфальтобетон типа Б, марки I	Асфальтобетон типа Б марки I с постепенным введением в состав смеси полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком	Асфальтобетон типа Б марки I с введением сразу всей навеской в состав смеси полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком	Асфальтобетон типа Б марки I с введением в первую мешалку смеси полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком, а затем всех остальных компонентов
Средняя плотность уплотненного материала из смеси,	г/см ³	–	2,45	2,46	2,46	2,47
Водонасыщение для смесей	%	от 1,5 до 4,0	1,57	1,6	2,2	5,2
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С	МПа	От 2,5	4,5	5,5	5,5	5,0
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов при температуре 20 °С	МПа	–	4,43	4,9	4,7	4,1
Предел прочности при сжатии при температуре 0 °С	МПа	До 13,0	7,47	8,5	7,50	7,7
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С	МПа	От 1,30	1,7	2,5	2,0	1,6
Водостойкость,	–	От 0,85	0,98	0,89	0,85	0,82
Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения,	–	От 0,83	0,83	0,87	0,85	0,79
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С		От 0,38	0,6	0,65	0,61	0,55
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин	МПа	От 4,0 до 6,5	4,2	5,2	5,5	4,1

По результатам испытаний композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона, изготовленного с использованием полиакрилонитрильной фибры с различной плотностью, можно сделать выводы, что введение полиакрилонитрильной фибры в состав асфальтовых смесей практически

не приводит к изменению показателя трещиностойкости.

Для смеси, при постепенном внесении полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком, были определены все показатели по ГОСТ 9128-2013 [3]. Для смеси, при внесении полиакрилонитрильной фи-

бры с минеральным порошком всей навески сразу, определялись плотность, водонасыщение, прочность при 20 °С и 50 °С.

Для смеси, при внесении полиакрилонитрильной фибры в мешалку, с последующим внесением остальных компонентов, определялись плотность, водонасыщение, прочность при 20 °С, 0 °С и 50 °С, сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения, и сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С [5].

Для сопоставления результатов исследований в качестве исходных смесей (без полиакрилонитрильной фибры) использовались смеси марки I типа Б с вяжущим БНД 60/90. Состав и физико-механические показатели исходных смесей приведены в табл. 3.

Было исследовано 3 способа введения смеси полиакрилонитрильной фибры и минерального порошка в состав композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей.

1. Смесь полиакрилонитрильной фибры и минерального порошка вносилась постепенно в разогретую минеральную часть смеси с одновременным перемешиванием и последующим добавлением вяжущего и перемешиванием до однородного состояния.

2. Смесь полиакрилонитрильной фибры и минерального порошка вносилась сразу всей навеской на разогретую минеральную часть смеси, перемешивалась, затем вводилось вяжущее и перемешивалось до однородного состояния.

3. Смесь полиакрилонитрильной фибры и минерального порошка вносилась сразу всей навеской в работающую лабораторную мешалку, затем вносились разогретые компоненты минеральной части смеси, компоненты перемешивались, затем вводилось вяжущее и все перемешивалось до однородного состояния.

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

При введении в состав асфальтобетонных смесей полиакрилонитрильной фибры происходит улучшение (увеличение) показателей предела прочности на сжатие при 50 °С и сдвигоустойчивости. Показатель трещиностойкости практически не изменяется при введении в асфальтовые смеси полиакрилонитрильной фибры. Установлено, что с увеличением плотности по-

лиакрилонитрильной фибры показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения при 50 °С улучшается. С уменьшением плотности полиакрилонитрильной фибры происходит улучшение сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения. С увеличением плотности полиакрилонитрильной фибры происходит увеличение (улучшение) показателя предела прочности образцов асфальтобетона на сжатие при 50 °С.

Основываясь на результатах выполненных исследований, установлено, что введение полиакрилонитрильной фибры 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 дисперсно-армированного асфальтобетона.

Список литературы

1. ГОСТ 9128-2013 Смесей асфальтобетонные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Москва: СтандартИнформ, 2013.
2. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний – Москва: СтандартИнформ, 1998.
3. 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). URL: <http://www.science-education.ru/120-16410>.
4. Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий. Методические рекомендации. – Омск: СибАДИ, 2004.
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.

References

1. GOST 9128-2013 Smesi asfaltbetonnyye, ajerodromnyye i asfaltbeton. Tehnicheskie uslovija. Moskva: StandartInform, 2013.
2. GOST 12801-98 Materialy na osnove organanicheskikh vjazhushchih dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitelstva. Metody ispytaniy Moskva: StandartInform, 1998.
3. Metodicheskie rekomendacii po tehnologii armirovanija asfaltbetonnyh pokrytij dobavkami bazaltovyh volokon (fibroj) pri stroitelstve i remonte avtomobilnyh dorog (Utverzhdeno rasporjazheniem Rosavtodora no. OS-12-r ot 11.01.2002). URL: <http://www.science-education.ru/120-16410>.
4. Tehnologicheskoe obespechenie kachestva stroitelstva asfaltbetonnyh pokrytij. Metodicheskie rekomendacii. Omsk: SibADI, 2004.
5. Chelpanov I.B. Standartizacija ispytaniy stroitelnyh, dorozhnyh materialov i izdelij / Chelpanov I.B., Evteeva S.M., Talalaj V.V., Kochetkov A.V., Jushkov B.S. // Transport. Transportnye sooruzhenija. Jekologija. 2011. no. 2. pp. 57–68.