

УДК 66-963

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ВВЕДЕНИЯ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНОЙ ФИБРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМПОЗИЦИОННОГО ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Андронов С.Ю., Трофименко Ю.А.

*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: композиционный материал, технология производства композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей, полиакрилонитрильная фибра, контрольные образцы асфальтобетона, лабораторные испытания

STUDY OF METHOD OF INTRODUCTION POLYACRYLONITRILE FIBRO ON PHYSICAL AND MECHANICAL PERFORMANCE OF COMPOSITE DISPERSION-REINFORCED ASPHALT

Andronov S.Yu., Trofimenko Yu.A.

Saratov State Technical University named after Y.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: composite material, the production technology of composite dispersion-reinforced asphalt mixtures, polyacrylonitrile fiber, control of asphalt concrete samples, laboratory tests

В транспортном строительстве широко используется асфальтобетон, который работает в сложных климатических условиях под воздействием динамической и статической нагрузки, деформаций и т.д. Асфальтобетоны подвержены трещинообразованию, шелушению, выкрашиванию, образованию колеи, волн и впадин. 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 ис-

пользования, в настоящее время является неразрешимой проблемой.

Цель исследования

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 [1]. В качестве армирующих волокон в асфальтобетонной смеси исходя из технико-экономических соображений применяется фибра из углеродных нитей.

Материалы и методы исследования

Выполнялись исследования способов введения в состав композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей предварительно приготовленных смесей (навесок) из полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком, а также предварительно приготовленных смесей (навесок) из полиакрилонитрильной фибры с песком.

Для установления влияния температуры и оптимального соотношения минерального порошка и полиакрилонитрильной фибры изготавливались опытные замесы. Использовались следующие компоненты: фибра полиакрилонитрильная 0,56 текс 12 мм; минеральный порошок МП-1. Смешивание осуществлялось в керамической цилиндрической емкости объемом 3 л с диаметром дна 150 мм. Емкость с минеральным порошком и полиакрилонитрильной фиброй размещалась на электроплитке, оснащенной регулятором скорости нагрева. Скорость нагрева составляла 10–12 °С в минуту. Контроль температуры выполнялся ртутным термометром. Перемешивание выполнялось вручную металлическим шпателем (примерно одно круговое движение в секунду). При смешении фиксировались температуры, при которых: смесь становилась «однородной» (то есть достигалось наилучшее качество смешивания); в смеси образовывались сгустки и комья, происходило разделение на фибру и минеральный порошок (то есть качество смешивания ухудшалось). Было изготовлено 5 смесей.

По результатам исследований можно сделать вывод, что полиакрилонитрильная фибра с минеральным порошком смешивается до однородной смеси при соотношении не более 2% полиакрилонитрильной фибры и 98% минерального порошка. Большие соотношения полиакрилонитрильной фибры не позволяют ей смешиваться с минеральным порошком до однородного состояния. Было установлено, что нагрев и интенсивность смешивания положительно влияют на качество и однородность перемешивания. Интервал температур от 100 до 200 °С для перемешивания является наиболее оптимальным. В указанном интервале температур компоненты быстро перемешиваются между собой и для этого требуется 5–7 круговых движений. Наилучшая температура смешивания

составляет 160 °С. При температурах свыше 200 °С или приводит к тому, что образуются комья, сгустки и происходит спекание полиакрилонитрильной фибры в минеральном порошке. Понижение температуры ниже 100 °С также приводит к повторному образованию комьев и ухудшению качества полученной ранее смеси.

Результаты исследования и их обсуждение

Фотографии готовых смесей в конце смешивания приведены на рис. 1–2. Оценка однородности смесей, при перемешивании с нагревом полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком, представлена в табл. 1.

На основании выполненных исследований в дальнейшем рекомендуется использование предварительно подготовленной смеси из минерального порошка с полиакрилонитрильной фиброй не более 2% по массе с нагревом при смешивании до температуры 150 °С. Также на основании выполненных исследований было установлено, что температура применения смеси должна быть не ниже 95–100 °С.

Выполнялось исследование возможности качественного смешивания полиакрилонитрильной фибры с песком. Для исследований применялся мелкий речной песок. Методика исследований аналогична исследованиям возможности предварительно смешивания с минеральным порошком. На рис. 3–4 показаны фото смесей. В табл. 2 представлена оценка смесей при перемешивании с нагревом полиакрилонитрильной фибры с песком.

На основании выполненных исследований можно сделать вывод, что достигнуть равномерного смешивания полиакрилонитрильной фибры с песком не представляется возможным.

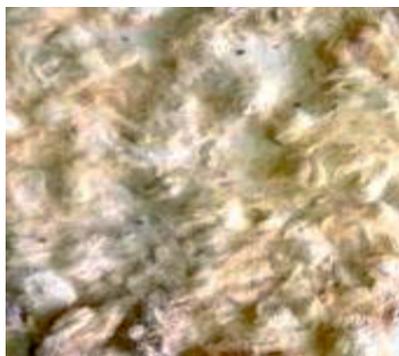


Рис. 1. Смесь полиакрилонитрильной фибры 5% с минеральным порошком 95% после перемешивания с нагревом до 210 °С



Рис. 2. Смесь полиакрилонитрильной фибры 2,5% с минеральным порошком 97,5% после перемешивания с нагревом до 210 °С

Для определения влияния на качество композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси технологии изготовления, при которой компоненты смеси смешиваются с предварительно приготовленной смесью полиакрилонитрильной фибры и минерального порошка, было изготовлено 3 смеси.

Смесь полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком использовалась в нагретом виде, при температуре не ниже 100 °С.

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.

Таблица 1

Оценка смесей, при перемешивании с нагревом полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком

№ п/п	Соотношения полиакрилонитрильной фибры и минерального порошка, % по массе	Температура смешивания смеси, °С		Визуальная оценка
		Хорошее качество	Ухудшение качества	
1	Полиакрилонитрильная фибра 5% Минеральный порошок 95%	100	200 °С	Недостаточное
2	Полиакрилонитрильная фибра 2,5% Минеральный порошок 97,5%	95	205 °С	Недостаточное
3	Полиакрилонитрильная фибра 2% Минеральный порошок 98%	95	200 °С	Удовлетворительное
4	Полиакрилонитрильная фибра 1,5% Минеральный порошок 98,5%	100	205 °С	Удовлетворительное
5	Полиакрилонитрильная фибра 1,0% Минеральный порошок 99%	95	205 °С	Хорошее

Таблица 2

Оценка смесей, при перемешивании с нагревом ФСПАНВ с песком

№ п/п.	Соотношения полиакрилонитрильной фибры и песка, % по массе	Температура, смешивания смеси		Визуальная оценка
		Хорошее	Ухудшение качества	
1	Полиакрилонитрильная фибра 5% Песок речной 95%	Не достигнуто	180 °С	Не смешивается
2	Полиакрилонитрильная фибра 1% Песок речной 99%	Не достигнуто	180 °С	Не смешивается

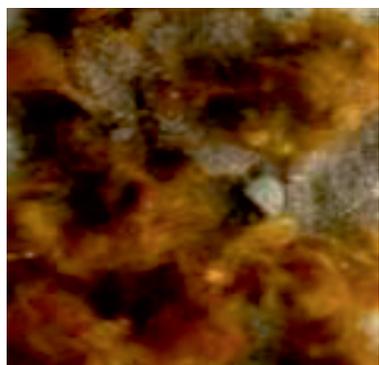


Рис. 3. Смесь полиакрилонитрильной фибры 5% с мелким песком речным 95% после перемешивания с нагревом до 200 °С



Рис. 4. Смесь полиакрилонитрильной фибры 1% с песком речным 99% после перемешивания с нагревом до температуры 200 °С

Таблица 3

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

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 вводилась

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.

Смеси для исследований готовились в лабораторной мешалке объемом 6 л, сконструированной по типу смесителей асфальтобетонного завода.

После приготовления композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей из них изготавливались и испытывались контрольные образцы по ГОСТ 12801-98 [2]. Результаты лабораторных испытаний в сравнении с исходными смесями приведены в табл. 3.

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

При постепенном внесении полиакрилонитрильной фибры в смеси с минеральным порошком в разогретую минеральную часть асфальтобетонной смеси, с одновременным перемешиванием, последующим введением вяжущего и перемешиванием до однородного состояния обеспечивается наиболее высокое качество смеси, и соответственно, композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона. Все основные физико-механические показатели стали выше, чем у исходной асфальтобетонной смеси без добавки фибры. Улучшение показателей физико-механических свойств асфальтобетонной смеси обуславливается равномерным распределением полиакрилонитрильной фибры в объеме асфальтовой смеси [3]. При приготовлении композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси с введением смеси полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком всей навеской в мешалку и затем внесением разогретых компонентов части смеси и перемешиванием получить положительных результатов не удалось [3].

Выводы

Введение в состав композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей предварительно приготовленной смеси полиакрилонитрильной фибры с минеральным порошком позволяет получить положительные результаты при условии обеспечения равномерной подачи такой смеси в мешалку при постоянном перемешивании компонентов асфальтобетонной смеси и использовании ее при температуре не ниже 95–100 °С. 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.

Список литературы

1. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. – М.: СтандартИнформ, 1998.
2. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: СтандартИнформ, 2013.
3. Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий. Методические рекомендации. – Омск: СибАДИ, 2004.
4. 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.
5. 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.

References

1. GOST 12801-98 Materialy na osnove organicheskikh vjazhushchih dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitelstva. Metody ispytanij. M.: StandartInform, 1998.
2. GOST 9128-2013 Smesi asfaltobetonnye, ajerodromnye i asfaltobeton. Tehnicheskie uslovija. M.: StandartInform, 2013.
3. Tehnologicheskoe obespechenie kachestva stroitelstva asfaltobetonnyh pokrytij. Metodicheskie rekomendacii. Omsk: SibADI, 2004.
4. Chelpanov I.B. Standartizacija ispytanij 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. S. 57–68.
5. 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, no. 1. R. 66–72, January-February, 2015. Fibre Chemistry July 2015.