УДК 66-963

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

Андронов С.Ю., Трофименко Ю.А.

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

Асфальтобетоны подвержены трещинообразованию, шелушению, выкрашиванию, образованию колей, волн и впадин. Одним из способов повышения стойкости асфальтобетона к внешним нагрузкам является применение в его составе армирующих элементов, в качестве которых применяются волокна и нити. 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. Перспективными в качестве армирующих волокон в асфальтобетонную смесь, исходя из своих физико-механических показателей, являются – фибра из углеродных нитей и прекурсоров для их производства. В процессе выполнения работы определено влияние температурного режима на показатели качества композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей, проведены эксперименты по установлению влияния стандартного температурного режима приготовления асфальтобетонных смесей на свойства дисперсно-армированного асфальтобетона. Ведение в состав асфальтобетонных смесей полиакрилонитрильной фибры способствует увеличению показателей качества асфальтобетона. Выполненные исследования позволили установить, что по сравнению с исходной смесью композиционная дисперсно-армированная асфальтобетонная смесь с добавкой полиакрилонитрильной фибры имеет более высокие показатели качества.

Ключевые слова: технология производства композитов, композиционные дисперсно-армированные асфальтобетонные смеси, фибра, температурный режим, свойства композиционного асфальтобетона

EFFECTS OF TEMPERATURE REGIME OF PREPARATION COMPOSITES DISPERSION- REINFORCED ASPHALT MIXTURES QUALITY INDICATORS

Andronov S.Y., Trofimenko Y.A.

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

Asphalt concrete exposed to cracking, flaking, chipping, formation of ruts, waves and troughs. One way to improve resistance to external loads of asphalt concrete is used in its composition reinforcement elements, which are used as 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. Promising as reinforcing fibers in the asphalt mix on the basis of their physical and mechanical properties, are – fiber made of carbon fibers and precursors for their production. In carrying out work determined the effect of temperature on the performance quality of the composite dispersion-reinforced asphalt mixtures, experiments were performed to establish the effect of a standard preparation temperature of asphalt mixes on the properties of dispersion-reinforced asphalt concrete. Maintenance of the asphalt mixtures polyacrylonitrile fiber helps to increase the quality of performance of asphalt concrete. The investigations revealed that compared to the initial mixture of the composite dispersion-reinforced asphalt concrete mixture with the addition of polyacrylonitrile fiber has higher quality scores.

Keywords: composites manufacturing technology, composite dispersion-reinforced asphalt mixtures, fiber, temperature, properties of composite asphalt concrete

В практике дорожного аэродромного и мостового строительства широко используется такой композиционный материал, как асфальтобетон. Асфальтобетон работает в сложных климатических особых эксплуатационных условиях (воздействие тепла и мороза, динамической и статической нагрузки, деформаций и т.д.). Асфальтобетоны подвержены трещинообразованию, шелушению, выкрашиванию, образованию колей, волн и впадин. Одним из способов повышения стойкости асфальтобетона к внешним нагрузкам является применение в его составе армирующих элементов, в качестве которых применяются волокна и нити. 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 [1]. Перспективными в качестве армирующих волокон в асфальтобетонную смесь, исходя из своих физико-механических показателей, являются – фибра из углеродных нитей и прекурсоров для их производства.

В настоящее время в России действуют методические рекомендации по технологии армирования асфальтобетонных покрытий добавками базальтовых волокон (фиброй) [2]. Однако широкого применения базальтовая фибра не получила. Основной проблемой использования фибры из различных волокон в асфальтобетонных смесях, по результатам проведенных исследований, а также зарубежным литературным источникам [3, 4], является отработка технологии введения фибры в состав смеси. В России широкого опыта изготовления на асфальтобетонных заводах смесей с фиброй на сегодняшний момент нет. За рубежом нарабатывается опыт применения фибры для армирования асфальтобетонных смесей [5, 6].

Целью работы является исследование влияния температурного режима приготовления композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей на качественные показатели композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона, а также установление показателей изменения физико-механических свойств асфальтобетонов при введении в состав смесей полиакрилонитрильной фибры.

Материалы и методы исследования

Для приготовления композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей применялись следующие материалы: щебень гранитный фр. 5–15 мм; песок из отсевов дробления горных пород; песок речной мелкий; порошок минеральный МП-1; битум нефтяной дорожный БНД 60/90; фибра полиакрилонитрильная.

Композиционные дисперсно-армированные асфальтобетонные смеси готовились по стандартной методике с учётом необходимости введения полиакрилонитрильной фибры в смесь разогретых до рабочих стандартных температур компонентов асфальтобетона. Компоненты смешивались в лабораторной мешалке объёмом 6 л, сконструированной по типу смесителя асфальтобетонного завода и моделирующей его работу (рис. 1).

Встречное вращение валов мешалки обеспечивает передачу материала из зоны действия лопастей одного вала в зону лопастей другого вала. Благодаря этому достигается хорошее качество перемешивания смеси. Привод валов осуществляется от электродвигателя *(3)* через редуктор *(2)*. Выгрузка готовой смеси осуществляется опрокидыванием корпуса *(5)* вместе с валом *(7)* вокруг ведущего вала *(6)*. После изготовления из смесей изготавливались в необходимом количестве контрольные образцы для испытаний.

Для исследований влияния на свойства композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона фибры полиакрилонитрильной с различной плотностью и длиной нарезки были использованы добавки фибры, имеющей следующие основные показатели: плотность 0,17; 0,33; 0,56; 0,68; 0,77 текс с нарезкой длиной по 6; 12; 18; 28 мм.

Добавка полиакрилонитрильной фибры вносилась в подобранный состав асфальтобетонной смеси марки I типа Б по ГОСТ 9128-2013 [7] способом вдувания с одновременным перемешиванием в лабораторной мешалке с разогретой минеральной частью «по сухому» с последующим внесением и смешиванием с разогретым битумом до однородного состояния.

Из готовой композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси в соответствии с методикой ГОСТ 12801-98 [8] изготавливались контрольные образцы. Уплотнение образцов производилось прессованием на гидравлическом прессе в форме с внутренним диаметром 71,4 мм в течение 3 минут под давлением (40,0 ± 0,5) МПа.

Образец для испытаний на колееобразование изготавливался уплотнением горячей смеси в форме на установке для моделирования условий нагружения дорожных покрытий, которая была разработана и запатентована (А.с. № 1216012 [9]) в Саратовском политехническом институте. Схема установки показана на рис. 2.

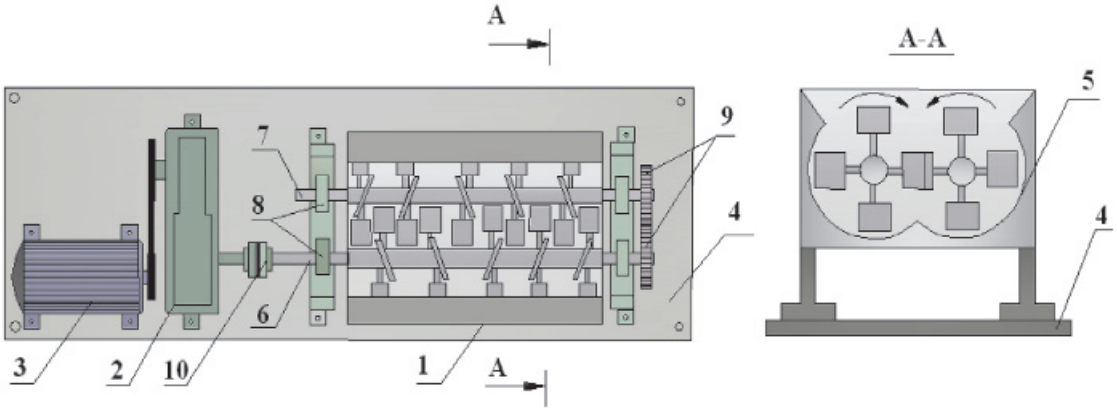

Рис. 1. Схема лабораторной мешалки:
1 – корпус; 2 – редуктор; 3 – электродвигатель; 4 – станина; 5 – мешалка;
6 – ведущий вал; 7 – ведомый вал; 8– подшипник; 9 – шестерня; 10 – муфта

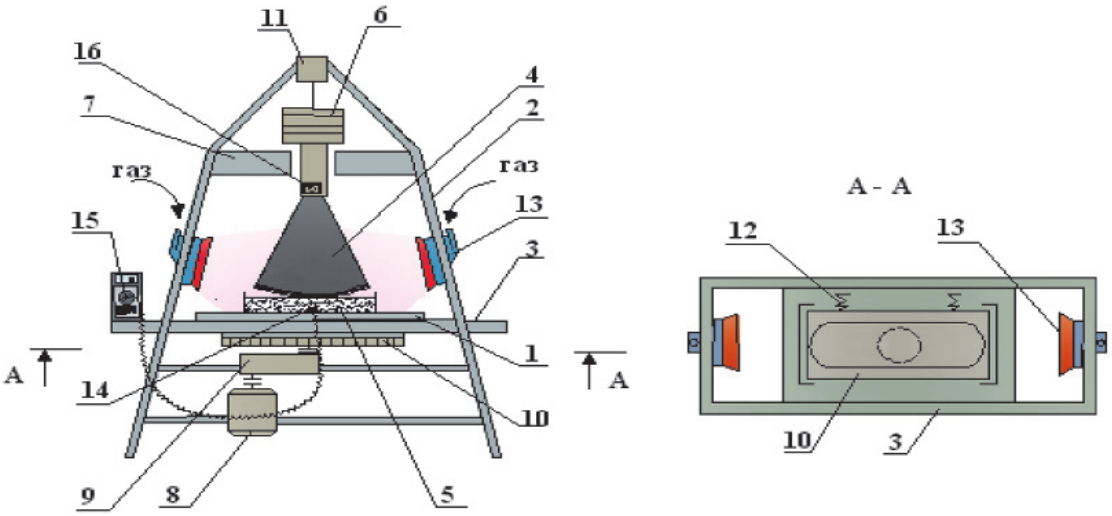

Рис. 2. Схема установки для моделирования условий нагружения дорожного покрытия: 1 – стол; 2 – рама; 3 – ползуны; 4 – обрезиненный рабочий орган; 5 – форма; 6 – груз; 7 – вертикальные направляющие; 8 – электродвигатель; 9 – редуктор и целевочная передача; 10 – ведомое звено; 11 – лебедка; 12 – выжимное устройство; 13 – инфракрасные излучатели; 14 – термопара; 15 – мультиметр; 16 – датчик линейных перемещений

Установка состоит из смонтированного на раме *(2)* стола *(1)*, перемещающегося в горизонтальной плоскости по ползунам *(3)*, рабочего органа *(4)*, выполненного в виде сектора с обрезиненной рабочей поверхностью, шарнирно закрепленного на грузе *(6)*, помещенном в вертикальных направляющих *(7)*, и формы *(5),* закреплённой на столе с помощью болтов. Привод стола выполнен в виде электродвигателя *(8)*, редуктора *(9)* и целевочной передачи с внутренним зацеплением, ведомое звено *(10)* которой выполнено О-образным в плане и жестко закреплено на столе.

Требуемая плотность в образце достигалась подбором необходимого количества проходов обрезиненного рабочего органа (4) и давления, передающегося через него. Для установления режима уплотнения, необходимого для получения коэффициента уплотнения, равного 1,0 (для смесей типа Б по СНиП 3.06.03-85 [10] не менее 0,99), на сформованном образце определялся показатель средней плотности, который затем сравнивался с плотностью для образца, сформованного на гидравлическом прессе по ГОСТ 12801-98 [8].

В процессе изготовления смесей были выявлены следующие особенности: с увеличением плотности композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси, время на перемешивание уменьшалось (необходимая навеска фибры на замес вносилась быстрее); с уменьшением плотности композиционной дисперсно-армированной резко увеличивались «летучие» свойства фибры (увеличивалось время на осадку взвешенной полиакрилонитрильной фибры на перемешиваемую смесь); с увеличением длины нарезки полиакрилонитрильной фибры смесь перемешивалась хуже, особенно это проявилось при длине нарезки 18 и 28 мм, при которых смесь приобретала форму кома (сгустка), что может вызывать проблему при перемешивании и укладке в производственных условиях; при длине нарезки полиакрилонитрильной фибры 18 и 28 мм возникала проблема с разбиением ее на отдельные нити, и она часто вносилась в смесь во вспушенном состоянии.

Оптимальной по качественному внесению в смесь (способом вдувания) можно назвать полиакрилонитрильную фибру с длиной нарезки 6 и 12 мм. На основании результатов испытаний образцов композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона устанавливались составы композиционных смесей, позволяющие обеспечить максимальные показатели качества.

Состав асфальтобетонной смеси марки I тип Б: гранитный щебень фр. 5–15 – 41,7 %; песок из отсевов дробления – 43,6 %; песок природный мелкий – 4,75 %; порошок минеральный МП-1 – 4,74 %; битум марки БНД 60/90 – 5,21 %. Основные показатели свойств данного состава приведены в табл. 1. Состав композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси марки I типа Б с добавкой полиакрилонитрильной фибры: гранитный щебень фр. 5–15 – 41,7 %; песок из отсевов дробления – 43,6 %; песок природный мелкий – 4,75 %; порошок минеральный МП – 1–4,74; битум марки БНД 60/90 – 5,11 %; полиакрилонитрильная фибра 0,56 текс 12 мм – 0,1 %. Основные физико-механические показатели свойств данного состава приведены в табл. 2.

Помимо основных показателей, регламентированных ГОСТ 9128-2013 [7], для всех составов определен показатель – средняя скорость увеличения глубины колеи в слое при температуре 50 °С от движущегося обрезиненного сектора с давлением 0,6 МПа.

Таблица 1

Основные показатели физико-механических свойств асфальтобетона марки I, типа Б

Наименование показателя	Ед. изм.	Требования ГОСТ 9128-2013 для марки I типа Б от		до	Фактические показатели физико-механических свойств
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °C	МПа	1,3		–	1,70
Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения		0,83		–	0,85
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °C		0,38		–	0,6
Средняя скорость образования колеи, при нагрузке 0,6 МПа и температуре 50 °C	мм/10000 проходов	–		–	7,08

Таблица 2

Основные показатели физико-механических свойств композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона марки I, типа Б с добавкой полиакрилонитрильной фибры

Наименование показателя	Ед. изм.	Требования ГОСТ 9128-2013 для марки I типа Б от		до	Фактические показатели физико-механических свойств
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °C,	МПа	1,3		–	2,55
Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего тренения		0,83		–	0,89
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °C		0,38		–	0,65
Средняя скорость образования колеи, при нагрузке 0,6 МПа и температуре 50 °C	мм/10000 проходов	–		–	3,55

Результаты исследования и их обсуждение

Технология приготовления горячих плотных асфальтобетонных смесей предполагает просушивание минеральных материалов при температурах до 180–200 °C и использование вяжущего с температурой нагрева до 150–160 °C, как это и было сделано при приготовлении смесей для исследований. Композиционные дисперсно-армированные асфальтобетонные смеси готовились при внесении полиакрилонитрильной фибры способом вдувания. Полиакрилонитрильная фибра вдувалась на предварительно смешанные в необходимых пропорциях минеральные компоненты смеси, разогретые до температуры исследования с последующим внесением и перемешиванием вяжущего разогретого до температуры 130 °C. После чего смесь перемешивалась до однородного состояния в смесителе по типу смесителя асфальтобетонного завода.

Выводы

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что высокие температурные режимы приготовления горячей плотной композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси не влияют на качественные показатели асфальтобетона.

Введение в состав асфальтобетонных смесей полиакрилонитрильной фибры способствует увеличению показателей качества асфальтобетона.

Выполненные исследования позволили установить, что по сравнению с исходной смесью композиционная дисперсно-армированная асфальтобетонная смесь с добавкой полиакрилонитрильной фибры имеет более высокие показатели качества: средняя скорость образования колеи и предел прочности на сжатие при 50 °C улучшаются в среднем на 50 %, что соответственно позволит значительно снизить величину колееобразования на автомобильных дорогах общего пользования.

Таким образом, установлено, что технология композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона способствует снижению колейности и увеличению межремонтных сроков на участках автомобильных дорог общего пользования.

Список литературы

1. 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.

2. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.

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

4. 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).

5. СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги.

6. Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий. Методические рекомендации – Омск: СибАДИ. 2004.

7. Jeff Stempihar P.E. Fiber Reinforced Asphalt Concrete (FRAC) / Graduate Research Associate, 2010.

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

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

10. Saeed Ghaffarpour Jahromi, Ali Khodaii Carbon fiber reinforced asphalt concrete / Department of Civil Engineering, Tehran, Iran.

References

1. A.s. 1216012 SSSR, MKI3 V 28 V 13/02. Ustrojstvo dlja uplotnenija stroitelnyh smesej v forme / A.F. Ivanov, A.V. Potapov, N.A. Gornaev, I.V. Mihajlov (SSSR). no. 3834339; zajavl. 30.12.84; opubl. 07.03.86, Bjul. no. 9. 3 pp.: il.

2. GOST 9128-2013 Smesi asfaltobetonnye, ajerodromnye i asfaltobeton. Tehnicheskie uslovija.

3. GOST 12801-98 Materialy na osnove organicheskih vjazhushhih dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitelstva. Metody ispytanij.

4. Metodicheskie rekomendacii po tehnologii armirovanija asfaltobetonnyh pokrytij dobavkami bazaltovyh volokon (fibroj) pri stroitelstve i remonte avtomobilnyh dorog (Utverzhdeno rasporjazheniem Rosavtodora no. OS-12-r ot 11.01.2002).

5. SNiP 3.06.03-85 Avtomobilnye dorogi.

6. Tehnologicheskoe obespechenie kachestva stroitelstva asfaltobetonnyh pokrytij. Metodicheskie rekomendacii Omsk: SibADI. 2004.

7. Jeff Stempihar, P.E. Fiber Reinforced Asphalt Concrete (FRAC) /Graduate Research Associate, 2010.

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

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

10. Saeed Ghaffarpour Jahromi, Ali Khodaii Carbon fiber reinforced asphalt concrete / Department of Civil Engineering, Tehran, Iran.