

Строительные материалы и изделия

УДК 69.055 + 005.922.1

DOI: 10.14529/build160406

УЛУЧШЕНИЕ ПАРАМЕТРА УКРЫВИСТОСТИ БИТУМОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

П.И. Грехов, С.В. Заводов

Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, г. Курган

Исследована возможность введения тонкоизмельчённой опоки в состав асфальтобетона в качестве минеральной добавки. Показаны результаты исследований влияния опоки на сцепление битума с минеральным материалом в асфальтобетонной смеси. Полученные результаты позволяют получить асфальтобетонную смесь с повышенным показателем сцепления битума с минеральным материалом. Приведена технология производства асфальтобетона с введением опоки в качестве минеральной добавки.

Ключевые слова: опока, минеральная добавка, показатель сцепления, битум, асфальтобетонная смесь.

В настоящее время большинство дорог между субъектами РФ не может обеспечить необходимую пропускную способность и выдержать нагрузку от многотонного транспорта, ежедневно движущегося в больших объемах, в результате чего дорожные покрытия быстро приходят в негодность. Так как автомобильные перевозки составляют 4/5 от всего объема транспортировки грузов различными видами транспорта, разрушение дорог приводит к ряду проблем, которые требуют неотложного решения. В связи с этим необходимо постоянное совершенствование методов строительства автомобильных дорог и изменение состава асфальтобетонных смесей для улучшения физико-механических свойств дорожного покрытия.

Минеральный порошок, представляющий собой полидисперсный материал, является важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетона. На его долю приходится до 90–95 % суммарной поверхности минеральных зерен, входящих в состав асфальтобетона. Основное назначение минерального порошка как наполнителя битума состоит в том, чтобы переводить объемный битум в пленочное состояние. В таком состоянии повышается вязкость и прочность битума. Вместе с битумом минеральный порошок образует структурированную дисперсную систему, которая и выполняет роль вяжущего материала в асфальтобетоне. В качестве нового минерального компонента, вводимого в состав асфальтобетона, возможно применение тонкоизмельчённой опоки [2, 3, 8]. В Далматовском районе Курганской области на карьере по добыче кварцевого порфира опока является отходом производства (вскрышей). Ее запасы только в отвалах составляют порядка 2 млн м³, что достаточно для использования ее в качестве

минерального заполнителя в промышленных объемах.

При исследовании и построении математической модели в качестве варьируемых факторов были приняты:

- X_1 – битум в интервале 5...7 %;
- X_2 – минеральный порошок (опока) в интервале 5...7 % (в % от общей массы);
- X_3 – песок (минеральный компонент) в интервале 86...90 %.

Принята модель исследования по методу «черного ящика», по схеме «состав – свойство». В табл. 1 представлено процентное содержание факторных компонентов, а также кодировка положения составов на факторном пространстве [1].

Таблица 1
Матрица планирования эксперимента

№ состава	Факторы					
	X_1		X_2		X_3	
	код	%	код	%	код	%
1	1	7	0	5	0	88
2	2/3	6,32	0	5	1/3	88,6
3	1/3	5,66	0	5	2/3	89,34
4	2/3	6,32	1/3	5,66	0	88
5	1/3	5,66	2/3	6,32	0	88
6	0	5	1	7	0	88
7	0	5	2/3	6,32	1/3	88,68
8	0	5	0	5	1	90
9	0	5	1/3	5,66	2/3	89,34
10	1/3	5,66	1/3	5,66	1/3	88,68

Показатель сцепления определяли по методу красителей. В качестве красителя использовали метиленовый голубой, обладающий способностью избирательно адсорбироваться на поверхности

Строительные материалы и изделия

минерального материала, не покрытого пленкой вяжущего, не адсорбируясь на самом вяжущем [4–7]. Количественная оценка проведена на органо-минеральной смеси после полного цикла испытаний в соответствии с ГОСТ 11508-74.

По предварительно полученной калибровочной кривой зависимости оптической плотности (D) от концентрации (C) метиленового голубого установили концентрацию (мг/мл) красителя до адсорбции (C_1) и после нее (C_2) (рис. 1).

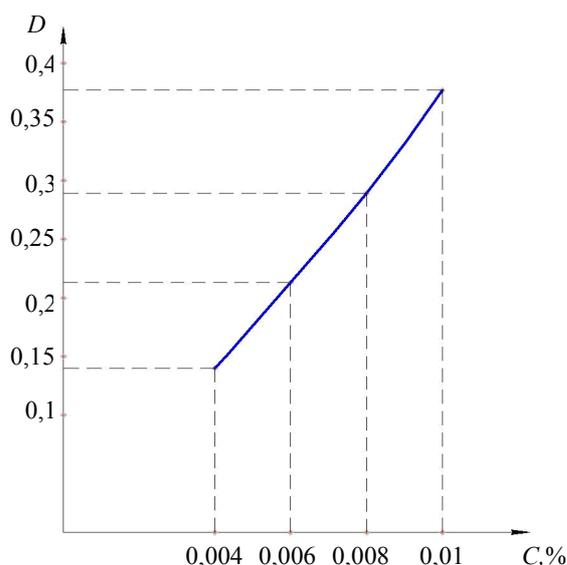


Рис. 1. Градуировочная кривая

Величину адсорбции красителя q_n (мг/г) вычисляют по формуле:

$$q_n = \frac{(C_1 - C_2)V}{G}, \quad (1)$$

где V – объем раствора красителя, мл; G – навеска органо-минерального материала, г.

За величину адсорбции принимают среднее арифметическое результатов испытания трех образцов; расхождение между ними не должно превышать 5 %.

По величине избирательной адсорбции вычисляют относительную площадь поверхности минерального материала S_0 (%), не покрытую вяжущим:

$$S_0 = \frac{q_n}{q_0} 100, \quad (2)$$

где q_0 – величина адсорбции на исходном минеральном материале, мг/г.

Площадь поверхности минерального материала, покрытую вяжущим, S_n (табл. 2) рассчитывают по формуле:

$$S_n = 100 - S_0. \quad (3)$$

После обработки результатов были получены поверхности отклика (рис. 2, 3) и уравнение регрессии зависимости показателя укрывистости (Y) от факторов (X_1 – битум, X_2 – опока, X_3 – песок):

$$Y = 79,2662 \cdot X_1 + 70,3662 \cdot X_2 + 73,9376 \cdot X_3 + 19,5472 \cdot X_1 \cdot X_2 + 4,94143 \cdot X_1 \cdot X_3 + 5,25643 \cdot X_2 \cdot X_3 + 7,87717 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (4)$$

В результате проведенных исследований в составах № 1–5, 10 покрытие зерен минеральных частиц битумом улучшилось по сравнению с чистым битумом, это говорит о положительном влиянии опоки на обволакивание минеральных частиц битумом. Наилучшие показатели наблюдаются в составе № 4, в котором укрывистость составила 82,18 %, что почти на 7 % больше, чем у чистого битума, при соотношении компонентов:

- битум 6,32 % (мас.);
- опока 5,66 %;
- песок 88 %.

Таблица 2

Результаты испытаний по определению укрывистости

№ состава	№ испытания	D , диоп.	C_2 , %	q_n , мг/г	q_0 , мг/г	S_0 , %	S_n , %	$S_{пер}$, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0,34	0,009197	0,009497	0,053282	17,82	82,18	78,91
	2	0,33	0,008971	0,012106		22,72	77,28	
	3	0,33	0,008971	0,012106		22,72	77,28	
2	1	0,33	0,008971	0,012106		22,72	77,28	78,12
	2	0,335	0,009085	0,010765		20,2	77,28	
	3	0,33	0,008971	0,012106		22,72	79,8	
3	1	0,33	0,008971	0,012106		22,72	77,28	77,28
	2	0,33	0,008971	0,012106		22,72	77,28	
	3	0,33	0,008971	0,012106		22,72	77,28	
4	1	0,34	0,009197	0,009497		17,82	82,18	82,18
	2	0,34	0,009197	0,009497		17,82	82,18	
	3	0,34	0,009197	0,009497		17,82	82,18	
5	1	0,335	0,009085	0,010765		20,2	79,8	76,14
	2	0,33	0,008971	0,012106		22,72	77,28	
	3	0,32	0,008702	0,015271		28,66	71,34	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	1	0,32	0,008702	0,015271	0,053282	28,66	71,34	71,34
	2	0,32	0,008702	0,015271		28,66	71,34	
	3	0,32	0,008702	0,015271		28,66	71,34	
7	1	0,32	0,008702	0,015271		28,66	71,34	71,34
	2	0,32	0,008702	0,015271		28,66	71,34	
	3	0,32	0,008702	0,015271		28,66	71,34	
8	1	0,33	0,008971	0,012106		22,72	77,28	73,32
	2	0,32	0,008702	0,015271		28,66	71,34	
	3	0,32	0,008702	0,015271		28,66	71,34	
9	1	0,33	0,008971	0,012106		22,72	77,28	75,3
	2	0,33	0,008971	0,012106	22,72	77,28		
	3	0,32	0,008702	0,015271	28,66	71,34		
10	1	0,335	0,009085	0,010765	20,2	79,8	78,12	
	2	0,33	0,008971	0,012106	22,72	77,28		
	3	0,33	0,008971	0,012106	22,72	77,28		
Песок	1	0,19	0,005381	0,054341	100	0	0	
	2	0,20	0,005651	0,051165				
	3	0,19	0,005381	0,054341				
Контроль-ный	1	0,33	0,008971	0,012106	22,72	77,28	75,3	
	2	0,33	0,008971	0,012106	22,72	77,28		
	3	0,32	0,008702	0,015271	28,66	71,34		

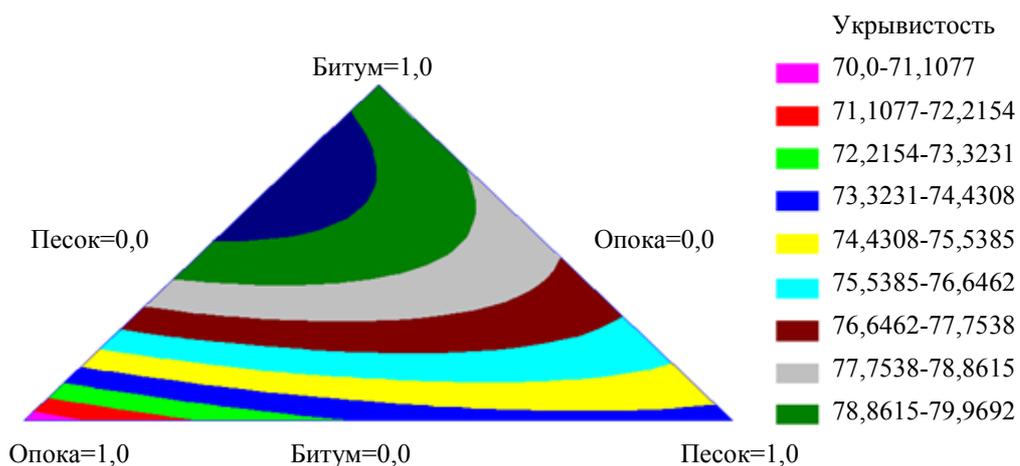


Рис. 2. Контуры предполагаемой поверхности отклика укрывистости

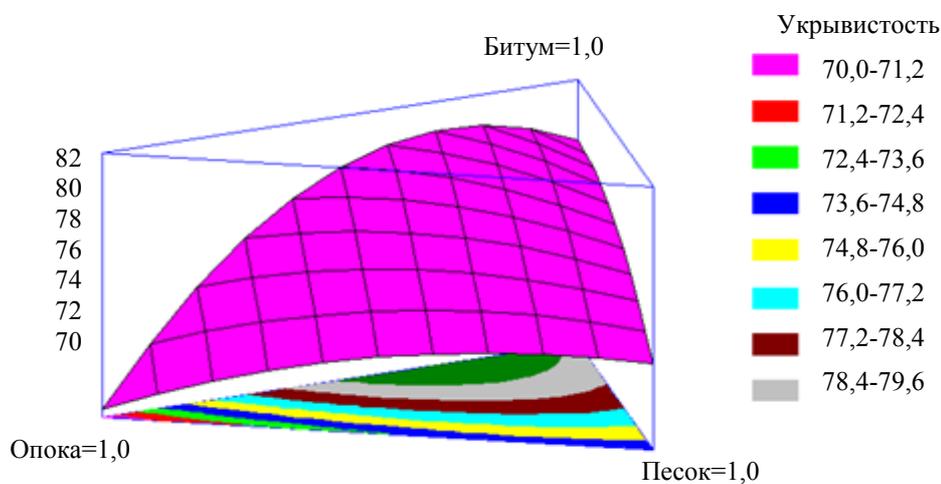


Рис. 3. Расчетная поверхность отклика укрывистости

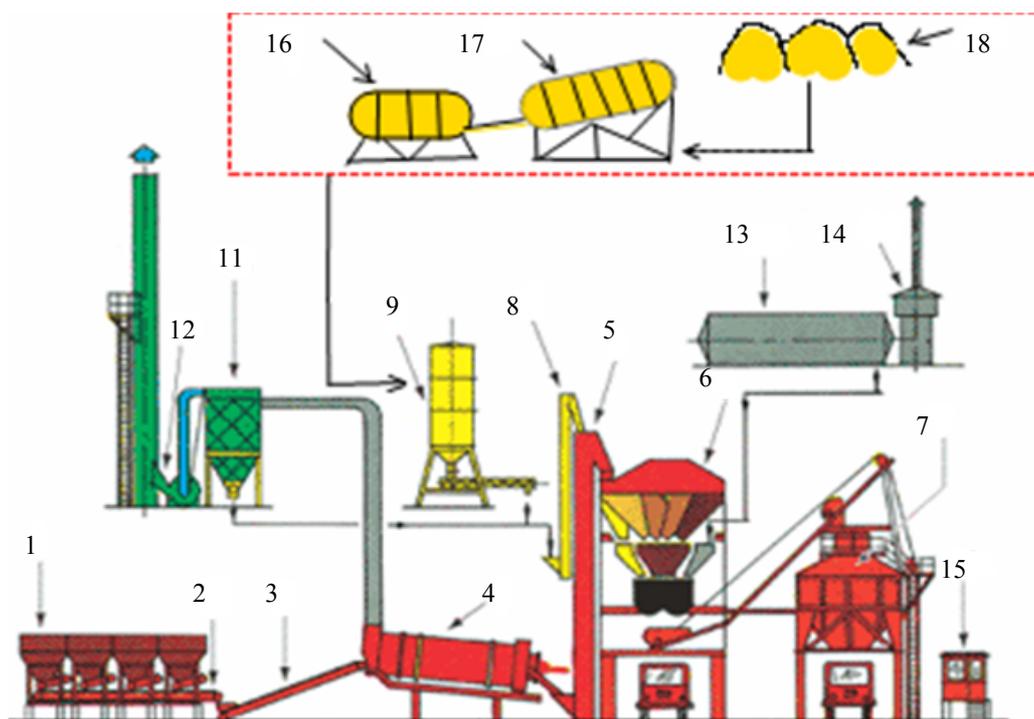


Рис. 4. Технологическая схема производства асфальтобетона с применением минерального порошка из опоки: 1 – бункеры – преддозаторы; 2 – сборный конвейер; 3 – конвейер сушильного барабана; 4 – сушильный барабан; 5 – «горячий» элеватор; 6 – смесительная башня; 7 – накопительный бункер; 8 – элеватор минпорошка; 9 – силос минпорошка; 11 – пылеуловитель и силос пыли; 12 – пылесос-вентилятор; 13 – битумный бак – цистерна; 14 – нагреватель масла; 15 – кабина управления; 16 – мельница тонкого помола; 17 – сушильный барабан; 18 – отвалы опоки; – участок подготовки минерального порошка (опоки)

Результатом введения минерального порошка из опоки является снижение потенциала битумно-минеральной смеси, и возникновению двойного электрического слоя на поверхности минеральных частиц, что приводит к снижению сил взаимного отталкивания битума и минеральных частиц. На поверхности частицы в результате физико-химического взаимодействия образуются адсорбционно-сольватные слои связанного битума. Следовательно, при адсорбционном взаимодействии, схватывающем граничный слой битума, изменяется структура битума, что позволяет увеличить укрывистость.

Наиболее благоприятным фактором, влияющим на укрывистость минеральных зерен, является сочетание битума и минерального порошка (опоки). Так как коэффициент регрессии при комбинации X_1X_2 составляет 19,5472, что значительно выше, чем при других комбинациях.

Технология производства асфальтобетона с введением опоки в качестве минерального порошка не отличается от традиционной схемы изготовления. Главным отличием является дополнительное оборудование, с помощью которого производится сушка и помол опоки до нужной фракции (рис. 4). Высушенная и помолотая опока хранится в силосах для минерального порошка. С силосов минеральный порошок подается с помощью доза-

торов в смеситель, при этом обеспечивается заданное содержание порошка в смеси. Далее все оставшиеся материалы подаются в смеситель и перемешиваются. Затем готовая продукция выгружается в автомобили-самосвалы и отправляется к месту укладки [9].

Литература

1. Абомелик, Т.П. *Методология планирования эксперимента* / Т.П. Абомелик. – УлГТУ, 2011. – 38 с.
2. Вакула, В.Л. *Физическая химия адгезии полимеров* / В.Л. Вакула, Л.М. Притыкин. – М.: Химия, 1984. – 222 с.
3. Грехов, П.И. *Влияние активных минеральных добавок на структуру и физико-механические характеристики известково-кремнезёмистых изделий: дис. ... канд. техн. наук* / П.И. Грехов. – Челябинск, 1997. – 124 с.
4. ГОСТ 22245–90*. *Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия*. – М.: Изд-во стандартов, 1996.
5. ГОСТ 11508–74. *Битумы нефтяные. Методы определения сцепления битума с мрамором и песком*. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 5 с.
6. Золотарев, В.А. *Особенности смачивания битумом поверхности каменных материалов*

В.А. Золотарев // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1991. – № 8. – С. 68–70.

7. Колбановская, А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов. – М.: Транспорт, 1973. – 264 с.

8. Кучма, М.И. Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве / М.И. Кучма. – М.: Транспорт, 1980. – 191 с.

9. Асфальтобетонные заводы. – <http://www.almcor.ru> (27.06.2016)

Грехов Павел Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева (Курган), grehov-pgs@yandex.ru

Заводов Сергей Вадимович, аспирант кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева (Курган), zavodov.sergey45@gmail.com

Поступила в редакцию 21 сентября 2016 г.

DOI: 10.14529/build160406

THE IMPROVEMENT OF BITUMEN APPLICATION PROPERTY BY INTRODUCING MODIFYING ADDITIVES OF NATURAL ORIGIN

P.I. Grehov, grehov-pgs@yandex.ru

S.V. Zavodov, zavodov.sergey45@gmail.com

Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan, Russian Federation

The possibility of the introduction of the flask in asphalt concrete as a mineral supplement. The results of studies of the flask's effect on the bitumen adhesion to the mineral material in the asphalt mixture. The results allow to receive the asphalt mix with a higher index of bitumen adhesion to the mineral material. Shows the production of asphalt concrete technology with the introduction of the flask as a mineral supplement.

Keywords: flask, mineral supplement, the rate of adhesion, bitumen, asphalt concrete mixture.

References

1. Abomelik T. P. *Metodologiya planirovaniya eksperimenta* [The Methodology of Experiment Planning]. Ul'yanovks, IPK «Venets» UIGTU Publ., 2011. 38 p.
2. Vakula V.L., Pritykin L.M. *Fizicheskaya khimiya adgezii polimerov* [Physical Chemistry of Polymer Adhesion]. Moscow, Khimiya Publ., 1984. 222 p.
3. Grekhov P.I. *Vliyaniye aktivnykh mineral'nykh dobavok na strukturu i fiziko-mekhanicheskie kharakteristiki izvestkovo-kremnezemistykh izdeliy*. Kand. diss. [Influence of Active Mineral Additives on the Structure and Physico-Mechanical Properties of Lime-Siliceous Products. Cand.sci.diss.]. Chelyabinsk, 1997. 124 p.
4. GOST 22245–90*. [Bitumen Oil Road Viscous. Specifications]. Moscow, Izd-vo standartov Publ., 1996. (in Russ.).
5. GOST 11508–74. [Bitumen Oil. Methods for Determining the Adhesion of Bitumen With Marble and Sand]. Moscow, Izd-vo Standartov Publ., 1975. 5p. (in Russ.).
6. Zolotarev V.A. [Features of wetting by bitumen of a surface of stone materials]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura* [Proceedings of the Universities. Construction and Architecture]. 1991, no. 8, pp. 68–70. (in Russ.).
7. Kolbanovskaya A.S., Mikhaylov V.V. *Dorozhnye bitumy* [Road Bitumen]. Moscow, Transport Publ., 1973. 264 p.
8. Kuchma M.I. *Poverkhnostno-aktivnye veshchestva v dorozhnom stroitel'stve* [Surfactants in Road Construction]. Moscow, Transport Publ., 1980. 191 p.
9. *Asfal'tobetonnye zavody* [Asphalt Road]. Available at: <http://www.almcor.ru> (27.06.2016). (in Russ.).

Received 21 September 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Грехов, П.И. Улучшение параметра укрывистости битумов при введении модифицирующих добавок природного происхождения / П.И. Грехов, С.В. Заводов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2016. – Т. 16, № 4. – С. 33–37. DOI: 10.14529/build160406

FOR CITATION

Grehov P.I., Zavodov S.V. The Improvement of Bitumen Application Property by Introducing Modifying Additives of Natural Origin. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2016, vol. 16, no. 4, pp. 33–37. (in Russ.). DOI: 10.14529/build160406