

УДК 625.855.3

А. А. СТУКАЛОВ, А. А. БУГАЕЦ, В. В. ШАБЛЯ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ НЕФТЯНОГО
ДОРОЖНОГО БИТУМА В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА**

Аннотация. В статье приведены данные, свидетельствующие о том, что приготовление асфальтовяжущего вещества смешиванием минерального порошка с нефтяным дорожным битумом принципиально изменяет процесс термоокислительного старения битума в тонких пленках (менее 160 мкм). Битум в «свободной пленке» подвергается термоокислительной диффузии кислорода воздуха на всю глубину пленочного органического вяжущего, а пленки битума на поверхности минерального материала подвергаются термоокислительному старению в значительной степени за счет вовлеченного кислорода воздуха при смешивании компонентов асфальтобетонной смеси. Для минимизирования процессов технологического старения необходимо предотвратить диффузию воздуха в битум и в асфальто-смеситель, а также с целью повышения стойкости к термоокислительному старению целесообразно выполнять модификацию нефтяного дорожного битума полимерами, в частности, стирол-бутадиен-стирольным каучуком.

Ключевые слова: битум вязкий дорожный, технологическое старение, термоокислительное старение, уменьшение массы, минеральный порошок, асфальтовяжущее.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Асфальтобетонные смеси остаются наиболее широко применяемым материалом для строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог. По данным исследования Alto Consulting Group, в 2020 году в России произведено более 56,5 млн тонн асфальтобетонных смесей [1]. Существенным недостатком асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов является склонность к старению, что приводит к необратимому изменению их состава, структуры и свойств. Процессы старения сопровождаются асфальтобетонное покрытие на протяжении всего жизненного цикла, включая этапы производства асфальтобетонной смеси, термостатирования в термосбункере, транспортирования к месту укладки смеси в конструктивные слои дорожных одежд и непосредственно при эксплуатации покрытия. Необратимые изменения свойств асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов в процессе старения обусловлены такими внешними факторами, как воздействие кислорода воздуха, температуры, ультрафиолетового и радиационного излучения, воды, а также факторами, определяемыми составом и структурой компонентов асфальтобетонной смеси (структурно-реологический тип и консистенция битума, химико-минералогический состав, структура и текстура минеральных компонентов асфальтобетона, тип гранулометрии).

На практике приведенные выше утверждения проявляются в несоответствии сроков службы асфальтобетонных покрытий предъявляемым нормативными документами требованиям.

В работе [2] рассматривается технологическое старение вязкого нефтяного дорожного битума в слоях различной толщины. В частности, для битума БНД 60/90 была определена средняя скорость уменьшения массы битума в тонких слоях ($\delta \leq 0,16$ мм) при температуре 163 °С в течение 5 ч при свободном доступе воздуха $\nu = 0,79$ %/ч. При этом следует отметить, что наличие минеральной подложки может существенно изменить эту величину [3, 4].

Целью данной работы является определение влияния минерального порошка на интенсивность термоокислительного старения битума БНД 60/90.

В статье уменьшение массы принято основным критерием термоокислительного старения нефтяного дорожного битума [2, 5]. В качестве минерального порошка использовали доломитовый минеральный порошок фракции 0,071...0,14 мм с удельной поверхностью $S_{уд} = 670 \text{ см}^2/\text{г}$, рассчитанной в соответствии с [3]. Средняя толщина слоя битума на поверхности минерального порошка (δ) рассчитана по расходу битума и $S_{уд}$ минерального порошка.

Асфальто вяжущее вещество приготовлено в лабораторных условиях по следующему алгоритму: минеральный порошок и битум нагревали в термощкафу до температуры $160 \text{ }^\circ\text{C}$ и смешивали в течение 3 минут в металлической чашке.

Полученное асфальто вяжущее вещество помещали равномерным слоем в чашку Петри и выдерживали в термощкафу при температуре $(163 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ в течение заданного периода времени. Учет процессов адсорбции и десорбции влаги (из воздуха) обеспечивали соблюдением условий охлаждения и взвешивания. Приведенные в статье данные по убыли массы (Δm) следует относить только к битуму в составе асфальто вяжущего вещества.

Наряду с экспериментами по термоокислительному старению асфальто вяжущего вещества в свободно уложенном слое выполнены эксперименты для уплотненного слоя и слоя, защищенного от доступа кислорода воздуха.

Полученные результаты приведены в таблице, в которой также приведены результаты экспериментальных данных для исходного битума с открытой и защищенной от доступа кислорода воздуха поверхностью. Средняя скорость уменьшения массы битума в асфальто вяжущем веществе (v_{AB}) и в слое битума (v_B) за время t рассчитана как отношение $v = \Delta m/t$.

Из таблицы следует, что при длительности термоокислительного старения $t = 5 \text{ ч}$ средняя скорость уменьшения массы битума в асфальто вяжущем веществе (v_{AB}) составляет $0,17 \text{ \%}/\text{ч}$ (при толщине пленки битума $\delta = 7,46 \text{ мкм}$) и $0,31 \text{ \%}/\text{ч}$ (при $\delta = 2,39 \text{ мкм}$), что существенно меньше $v_B = 0,79 \text{ \%}/\text{ч}$ для исходного битума БНД 60/90 ($\delta = 54 \text{ мкм}$, а согласно данным [5], при любом значении $\delta \leq 160 \text{ мкм}$).

Таблица – Уменьшение массы битума БНД 60/90 в асфальто вяжущем веществе при термоокислительном старении ($163 \text{ }^\circ\text{C}$)

Характеристика асфальто вяжущего вещества			Время старения, t , ч	Уменьшение массы битума Δm , % к исходному битуму	Средняя скорость, v , % /ч	$\frac{v_{AB}}{v_B}$
Содержание битума, % масс.	Средняя толщина слоя битума, δ , мкм	Средняя толщина слоя асфальто вяжущего вещества, h , мм				
39,3	7,46	11	1	0,305	0,305	0,39
		11	2	0,429	0,215	0,27
		11	5	0,838	0,169	0,21
		4 (уплотнен)	5	0,78	0,156	0,20
16,0	2,39	15	1	0,91	0,91	1,15
		8	2	1,25	0,63	0,80
		8	5	1,54	0,31	0,39
		3 (уплотнен)	5	1,74	0,35	0,44
		3 (поверхность защищена)	5	0,79	0,16	0,2
Исходный битум, БНД 60/90	54	открытая поверхность	5	3,94	0,79	1,0
	2 500		5	0,422	0,0844	–
	2 500	поверхность защищена	5	0,019	0,004	–

При этом уплотнение слоя асфальто вяжущего вещества почти в 3 раза меньше отражается на значениях v_{AB} , а изоляция уплотненного асфальто вяжущего от доступа кислорода воздуха не исключает его термоокислительного старения, лишь снижая значение v_{AB} всего в два раза. Эти данные подтверждают результаты исследований J. D. Brock [5], согласно которым термоокислительное старение битума в асфальто бетоне происходит в результате вовлечения воздуха при смешивании битума с минеральными материалами в процессе производства асфальто бетонной смеси.

Исходя из этого, становится понятным понижение средней скорости термоокислительного старения v_{AB} с увеличением времени экспозиции, а также ее возрастание с уменьшением толщины пленки битума на поверхности минерального порошка.

ВЫВОДЫ

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что технологическое старение дорожного битума в асфальтобетонной смеси происходит в тонких пленках в значительной мере за счет кислорода воздуха, вовлеченного в смесь при перемешивании битума с минеральными материалами в процессе производства асфальтобетонной смеси. Следовательно, для минимизирования процессов технологического старения необходимо предотвратить диффузию воздуха в битум и в асфальтосмеситель.

В то же время, с учетом основных внутренних факторов, определяющих старение асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов, с целью повышения стойкости к термоокислительному старению целесообразно выполнять модификацию нефтяного дорожного битума полимерами, в частности стирол-бутадиен-стирольным каучуком. Результаты большого количества исследований, в том числе [6], свидетельствуют о значительно большей устойчивости модифицированных полимерными добавками органических вяжущих к воздействию термоокислительных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рынок смесей асфальтобетонных. Текущая ситуация и прогноз. Исследование рынка / Alto Consulting Group. – [Пермь : ООО «Альто-ИнноСистем»], 2021. – [135 с.]. – URL: <https://alto-group.ru/otchet/rossija/373-rynok-smesey-asfaltobetonnyh-v-rossii-tekuschaja-situacija-i-prognoz-2020-2024-gg.html> (дата обращения: 12.01.2022). – Текст : электронный.
2. Пактер, М. К. Термоокислительные превращения дорожного битума в слоях различной толщины / М. К. Пактер, А. А. Стукалов. – Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2015. – Выпуск 2015-1(111) Современные строительные материалы. – С. 79–85.
3. Испытания дорожно-строительных материалов: лабораторный практикум : учебное пособие / В. А. Золотарев, В. И. Братчун, А. В. Космин [и др.]. – Харьков : ХНАДУ, 2012. – 368 с. – Текст : непосредственный.
4. ОДМ 218.3.020-2012. Методические рекомендации по обеспечению устойчивости битумов против старения в технологических процессах изготовления и применения асфальтобетонных смесей : издан на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 17.02.2012 N 47-р. : введен впервые. – Москва : Росавтодор, 2012. – 38 с. – Текст : непосредственный.
5. Brock, J. D. Oxidation of asphalt. Technical Paper T-103 / J. D. Brock. – Chattanooga : Astec Industries, Inc., 1986. – 20 p. – Текст : непосредственный.
6. Lu, X. Aging of bituminous binders in asphalt pavements and laboratory tests / X. Lu, H. Soenen, O.-V. Laukkanen. – Текст : электронный // Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields – Loizos et al. (Eds). – 2017. – Taylor & Francis Group, London – P. 273–280. – ISBN 978-1-138-29595-7. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/318855155> (дата обращения: 12.01.2022).

Получена 28.2.2021

О. А. СТУКАЛОВ, О. А. БУГАЄЦ, В. В. ШАБЛЯ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СТАРІННЯ НАФТОВОГО ДОРОЖНЬОГО БІТУМУ У СКЛАДІ АСФАЛЬТОВ'ЯЖУЧОЇ РЕЧОВИНИ ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті наведено дані, які свідчать про те, що приготування асфальтов'язучої речовини змішуванням мінерального порошку з нафтовим дорожнім бітумом принципово змінює процес термоокислювального старіння бітуму в тонких плівках (менше 160 мкм). Бітум, знаходячись у «вільній плівці», піддається термоокислювальній дифузії кисню повітря на всю глибину плівкового органічного в'язучого, а плівки бітуму на поверхні мінерального матеріалу піддаються термоокислювальному старінню в значній мірі за рахунок залученого кисню повітря при змішуванні компонентів асфальтобетонної суміші. Для мінімізування процесів технологічного старіння необхідно запобігти дифузії повітря в бітум і в асфальтозмішувач, а також з метою підвищення стійкості до термоокислювального старіння доцільно виконувати модифікацію нафтового дорожнього бітуму полімерами, зокрема, стирол-бутадиєн-стироломі.

Ключові слова: бітум в'язкий дорожній, технологічне старіння, термоокислювальне старіння, зменшення маси, мінеральний порошок, асфальтов'язуче.

ALEKSANDR STUKALOV, ALEKSANDR BUGAETS, VLADISLAV SHABLYA
FEATURES OF TECHNOLOGICAL AGING OF OIL ROAD BITUMEN IN THE
COMPOSITION OF ASPHALT BINDER

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article presents data indicating that the preparation of an asphalt binder by mixing mineral powder with petroleum road bitumen fundamentally changes the process of thermal oxidative aging of bitumen in thin films (less than 160 microns). Bitumen in the «free film» undergoes thermooxidative diffusion of air oxygen to the entire depth of the organic binder film, and bitumen films on the surface of the mineral material undergo thermooxidative aging largely due to the air oxygen involved when mixing the components of the asphalt concrete mixture. To minimize technological aging processes, it is necessary to prevent air diffusion into bitumen and into the asphalt mixer, and in order to increase resistance to thermal-oxidative aging, it is advisable to modify petroleum road bitumen with polymers, in particular, styrene-butadiene-styrene rubber.

Key words: viscous road bitumen, technological aging, thermo-oxidative aging, weight loss, mineral powder, asphalt binder.

Стукалов Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Бугаец Александр Артемович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка составов асфальтобетонов повышенной долговечности.

Шабля Владислав Владимирович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка составов асфальтобетонов повышенной долговечности.

Стукалов Олександр Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

Бугаєц Олександр Артемович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка складів асфальтобетонів підвищеної довговічності.

Шабля Владислав Володимирович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка складів асфальтобетонів підвищеної довговічності.

Stukalov Aleksandr – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receiving of technological and lasting road concretes for building of constructive layers of non-rigid road covers on the basis of modification of organic astringents.

Bugaets Aleksandr – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of asphalt concrete compositions of increased durability.

Shablya Vladislav – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of asphalt concrete compositions of increased durability.