

EDN: [HQA0AI](#)

УДК 625.85

К. Р. ГУБА^а, В. В. ЖЕВАНОВ^б, А. Г. ЯЦЕНКО^б^а Автомобильно-дорожный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. Горловка;^б ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевка, г. Макеевка

ИЗУЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЛАСТИЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Аннотация. Разрушение асфальтобетонных покрытий в процессе эксплуатации, заставляет задуматься о возможности приведения физико-механических свойств асфальтобетонов с целью увеличения срока службы дорожных одежд. Асфальтобетонная смесь состоит из минеральных материалов (гравия или щебня, природного или дробленого песка, минерального порошка) и органического вяжущего (битума). Правильно подобранный состав асфальтобетонной смеси позволяет асфальтобетонному в дорожном покрытии обеспечить заданные значения прочности при изгибе, при сдвиге модуля упругости, устойчивости к воздействию воды (водостойкость), обеспечить химическую стойкость, обеспечить удобоукладываемость смеси. К неудовлетворительным показателям качества асфальтобетона в дорожном покрытии при длительной эксплуатации следует отнести изменение реологических свойств от изменения температуры, от пластического до хрупкого, старение битума (изменение физико-химических связей, уменьшение толщины битумной пленки на минеральных частицах). Поэтому изучению свойств асфальтобетонной смеси и асфальтобетона необходимо уделять всестороннее внимание.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, асфальтобетон, битум, реологические свойства, пластичность, упругость.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Асфальтобетон нежестких дорожных покрытий автомобильных дорог постоянно находится в довольно жестких условиях работы. Дорожные покрытия воспринимают нагрузки от транспортных средств, интенсивность действия которых приводит к накоплению остаточных деформаций и последующему разрушению покрытия. Негативное влияние на эксплуатационное состояние асфальтобетонного покрытия оказывают погодно-климатические условия с часто изменяющимися температурными переходами от высоких до низкотемпературных. Под действием перечисленных факторов, в покрытии, развиваются и накапливаются как обратимые, так и необратимые деформации. Накопленные деформации и разрушения приводят к снижению срока службы асфальтобетонных покрытий, и выполнению различного вида ремонтных работ. Также возможно использование старого асфальтобетона в новой смеси с восстановлением физико-механических свойств битума. Поэтому необходимо особое внимание уделять свойствам нового асфальтобетона.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В публикациях Г. С. Бахраха, В. А. Золотарева, В. И. Братчуна, А. С. Колбановской и ряда других ученых рассматривается процесс старения асфальтобетона, который происходит как при приготовлении (технологическое старение), так и во время длительной эксплуатации (накопительная и окончательная стадия) [1–4]. Старение асфальтобетона влияет и зависит от внешних и внутренних факторов [5, 6].

В работе В. А. Золотарева [7] рассматривается напряженное состояние асфальтобетона, а также этапы его деформирования (линейные вязкоупругие, нелинейные вязкоупругие, пластические). Исследования реологических свойств асфальтобетона необходимо проводить с учетом взаимосвязи



соответствующих напряжений и деформаций. Испытания позволяющие установить взаимосвязь могут быть как статическими, так и динамическими. Каждый из методов испытаний позволяет провести испытания на сжатие, растяжение, изгиб, сдвиг.

Целью работы является изучение реологических свойств, и прежде всего, пластичности асфальтобетона.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Асфальтобетон является композиционным материалом, в котором за время эксплуатации происходят изменения, затрагивающие структурно-механические, физико-химические и механические свойства. Изменение перечисленных свойств асфальтобетона приводит к образованию дефектов и разрушений, как в верхних, так и в нижних слоях дорожной одежды. При этом особое внимание необходимо уделять зоне контакта взаимодействия минеральной части и органического вяжущего. Данная зона является наиболее подверженной изменениям, происходящим под влиянием транспортных средств и окружающей среды.

Во время эксплуатации асфальтобетон в зависимости от напряженно-деформационного может проявить себя как линейно-деформируемое упругое тело или проявить свойства вязко-пластических и недеформируемых материалов.

В работах И. А. Рыбьева, С. В. Сукощева, Е. В. Угловой [8, 9, 5] и других рассматриваются этапы разрушения асфальтобетона (рис. 1).

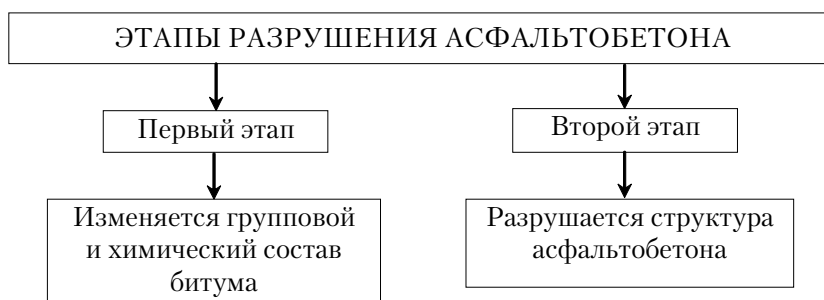


Рисунок 1 – Структура разрушения асфальтобетона.

Для детального рассмотрения первого и второго этапов (рис. 1) необходимо установить свойства битума. Индекс пенетрации битума определяется по формуле:

$$0,02 \cdot \frac{20 - ИП}{10 + ИП} = \frac{\lg 800 - \lg P}{T_p - 25}, \quad (1)$$

где $ИП$ – индекс пенетрации;
 P – пенетрация, P_{25} при 25°C ;
 T_p – температура размягчения битума, определяемая по методу «Кольцо и шар», $^\circ\text{C}$.

Для определения стандартных свойств битума используют формулу:

$$K_{СТ} = \frac{T_p - T_{xp}}{D}, \quad (2)$$

где T_p – температура размягчения битума, $^\circ\text{C}$;
 T_{xp} – температура хрупкости битума, $^\circ\text{C}$;
 D – растяжимость битума при температуре 25°C , см.

В процессе деформирования асфальтобетона особое место играет скорость, с которой происходит этот процесс. На начальном этапе деформации, статические и динамические модули упругости, рассматривают через некоторые константы. Это позволяет рассматривать статические и динамические характеристики асфальтобетона. За связь статических и динамических характеристик отвечает коэффициент пластичности, который определяется по формуле:

$$E_{дин} = E_{ст} \cdot \left(\frac{t_{ст}}{t_{дин}} \right)^P, \quad (3)$$

где $E_{дин}$ – динамический модуль упругости;
 $E_{ст}$ – статический модуль упругости;
 $t_{ст}$ – длительность действия статической нагрузки;
 $t_{дин}$ – длительность действия динамической нагрузки;
 P – степень пластичности материала.

Проведенные исследования асфальтобетона при температурах до минус 30 °С показывают, что возвращение асфальтобетона в первоначальное положение происходит намного медленнее, чем ниже становится температура асфальтобетона. В таком случае коэффициент пластичности можно определить по формуле:

$$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^m, \quad (4)$$

где E_1, E_2 – модули упругости при соответствующей частоте деформирования;
 f_1, f_2 – частоты деформирования;
 m – коэффициент пластичности.

Для определения модуля упругости асфальтобетона и его пластичности используем формулу (5):

$$Lg(E_0) = 2,2 \cdot (1 - P) + 3, \quad (5)$$

где E_0 – модуль упругости асфальтобетона;
 P – пластичность асфальтобетона.

Определение пластичности по формулам (3) и (5) соответствует разработкам полученным Н. Н. Ивановым и М. Я. Телегиным, которые рассматривали прочность материала совместно со скоростью приложения нагрузки. В результате была предложена формула, в которой учтены соотношения прочностей и скоростей деформирования материала, с учетом коэффициента пластичности:

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^m, \quad (6)$$

где R_1, R_2 – прочность материала при соответствующей скорости приложения нагрузки;
 V_1, V_2 – скорость приложения нагрузки;
 m – коэффициент пластичности.

На рисунке 2 приведена кривая коэффициента пластичности асфальтобетона. Коэффициент пластичности асфальтобетона на битуме БНД 60/90 при температуре от минус 20 °С до 0 °С находится

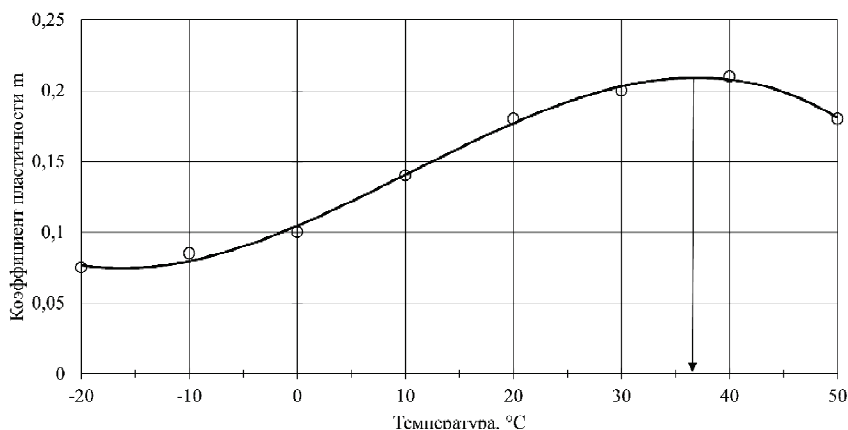


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента пластичности асфальтобетона от температуры.

в пределах 0,075–0,1. При температуре от 0 до 20 °С происходит плавный набор пластичности и значения находятся в пределах 0,1–0,18. При температуре от 20 °С продолжается набор пластичности до 36 °С и достигает своего максимального значения 0,21. При наборе максимальной температуры 36 °С коэффициент пластичности снижается и к температуре 50 °С имеет значение 0,18.

График изменения пластичности показывает восстановительные возможности от деформирования асфальтобетона, и обуславливается отношением интенсивности восстановительных процессов и механического воздействия на него. Смещение коэффициента пластичности асфальтобетона в сторону отрицательных температур, приведет к повышению трещиностойкости асфальтобетона.

ВЫВОД

Пластичность асфальтобетона играет большую роль при эксплуатации автомобильных дорог. На изменения пластичности влияют: нагрузки, передаваемые транспортным средством на дорожное покрытие, а также скорость передачи этой нагрузки; погодно-климатические условия (особенно переходы температуры через ноль); прочность материала и другие факторы. Нарастание коэффициента пластичности происходит постепенно при положительных температурах и после набора своего максимума начинает медленное снижение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахрах, Г. С. Усталостное разрушение асфальтобетонных покрытий и пути замедления этого процесса / Г. С. Бахрах. – Текст : непосредственный // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог: Экспресс-информация ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. – 1980. – Выпуск 9. – С. 40.
2. Золотарев, В. А. Долговечность дорожных асфальтобетонов / В. А. Золотарев. – Харьков : Вища школа, 1977. – 116 с. – Текст : непосредственный.
3. Братчун, В. И. Повышение долговечности бетонов на органических вяжущих регулированием свойств микро-структуры / В. И. Братчун. – Текст : непосредственный // Вестник Харьковского автомобильно-дорожного технического университета. – 2000. – Выпуск 12–13. – С. 141–144.
4. Колбановская, А. С. Дорожные битумы / А. С. Колбановская, Е. В. Михайлов. – Москва : Транспорт. – 1973. – 264 с. – Текст : непосредственный.
5. Углова, Е. В. Усталостная долговечность эксплуатируемых асфальтобетонных покрытий / Е. В. Углова, С. К. Илиополов, М. Г. Селезнев. – Ростов-на-Дону : РГСУ, 2009. – 244 с. – Текст : непосредственный.
6. Печеный, Б. Г. Об изменении состава и свойств битумов в процессе их старения / Б. Г. Печеный, Е. П. Железко. – Текст : непосредственный // Научно-технический журнал «Нефтепереработка и нефтехимия». – 1975. – № 8. – С. 10–13.
7. Золотарев, В. А. Изучение характерных реологических состояний асфальтобетона в процессе деформирования / В. А. Золотарев. – Текст : непосредственный // Труды Союздорнии. – 1975. – Выпуск 79. – С. 56–64.
8. Рыбьев, И. А. Закономерности в структурно-механических свойствах асфальтового бетона / И. А. Рыбьев. – Текст : непосредственный // ВЗИСИ : сборник трудов. – 1957. – Том 1. – С. 78–95.
9. Причины старения битумоминеральных смесей / С. В. Сукорцев, П. Б. Рапопорт, Н. А. Хухрянская [и др.]. – Текст : непосредственный // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2010. – № 3. – С. 31–32.

Получена 09.01.2024

Принята 26.01.2024

KONSTANTIN GUBA ^a, VYACHESLAV ZHEVANOV ^b, ALEXANDER YATSENKO ^b STUDY OF THE PLASTICITY COEFFICIENT OF ASPHALT CONCRETE

^a Automobile and Highway Institute (branch) of the FSBEI HE «Donetsk National Technical University», Russian Federation, Donetsk People's Republic, Gorlovka; ^b FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Donetsk People's Republic, Makeevka

Abstract. The destruction of asphalt concrete coatings during operation makes us think about the possibility of bringing the physical and mechanical properties of asphalt concrete in order to increase the service life of road clothes. Asphalt concrete mix consists of mineral materials (gravel or crushed stone, natural or crushed sand, mineral powder) and organic binder (bitumen). The correctly selected composition of the asphalt concrete mixture allows the asphalt concrete in the road surface to provide the specified values of bending strength, shear modulus of elasticity, resistance to water (water resistance), ensure chemical resistance, and ensure the workability of the mixture. Unsatisfactory indicators of the quality of asphalt concrete in the road surface during long-term operation include changes in rheological properties from temperature changes, from plastic to brittle, bitumen aging (changes in physico-chemical bonds, a decrease

in the thickness of the bitumen film on mineral particles). Therefore, it is necessary to pay comprehensive attention to the study of the properties of asphalt concrete mixture and asphalt concrete.

Keywords: asphalt concrete mixture, asphalt concrete, bitumen, rheological properties, plasticity, elasticity.

Губа Константин Романович – старший преподаватель кафедры автомобильных дорог и искусственных сооружений автомобильно-дорожного института (филиал) ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: использование старого асфальтобетона для приготовления новых смесей; возможность модифицирования вяжущего.

Жеванов Вячеслав Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд.

Яценко Александр Гаврилович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: механика взаимодействия автомобильных шин транспортных средств с асфальтобетонным покрытием.

Guba Konstantin – senior lecturer, Highways and Artificial Structures Department, Automobile and Highway Institute (branch) of the FSBEI HE «Donetsk National Technical University». Scientific interests: the use of old asphalt concrete for the preparation of new mixtures; the possibility of modifying the binder.

Zhevanov Vyacheslav – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: getting-tech and durable road concretes for building structural layers of non-rigid road covers.

Yatsenko Alexander – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Automobile Transport, Service and Operation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: mechanics of interaction between vehicle tires and asphalt concrete pavement.