

УДК 625.852

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ НА ГРАНИТНОМ И ИЗВЕСТНЯКОВОМ ЩЕБНЕ

С.В. Ефремов, доц., к.т.н.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Изучено влияние температуры на долговечность асфальтобетонов, работающих в жидких агрессивных средах совместно с нагрузками. Произведён теоретический анализ работы покрытий автомобильных дорог из асфальтобетонов с использованием гранитных и известняковых составляющих, которые работают в условиях воздействия жидких агрессивных сред.

Ключевые слова: асфальтобетон, гранит, известняк, долговечность, агрессивные среды, коэффициент агрессивной устойчивости асфальтобетона.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ У АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ НА ГРАНІТНОМУ І ВАПНЯКОВОМУ ЩЕБЕНІ

С.В. Єфремов, доц., к.т.н.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Вивчено вплив температури на довговічність асфальтобетонів, що працюють у рідких агресивних середовищах спільно з навантаженнями. Проведено теоретичний аналіз роботи покриттів автомобільних доріг з асфальтобетонів із використанням гранітних і вапнякових складових, які працюють в умовах дії рідких агресивних середовищ.

Ключові слова: асфальтобетон, граніт, вапняк, довговічність, агресивні середовища, коефіцієнт агресивної стійкості асфальтобетону.

THE EFFECT OF TEMPERATURE ON DURABILITY IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS OF ASPHALT CONCRETE WITH GRANITE AND LIMESTONE CRUSHED STONE

S. Yefremov, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),

Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The influence of operating temperature on the durability of asphalt concrete, which operates in aggressive liquids under loading is studied. The theoretical analysis of the pavement of automobile roads made of asphalt concrete, using granite and limestone components, working in conditions of exposure to liquid aggressive environment is performed.

Key words: asphalt concrete, granite, limestone, durability, aggressive environment, coefficient of aggressive sustainability of asphalt concrete.

Введение

Одновременное действие механических нагрузок и жидких агрессивных сред, влияющих на долговечность асфальтобетонов,

является одной из главных причин преждевременного разрушения нежестких покрытий автомобильных дорог с использованием бетонов на органических вяжущих материалах [1]. Особые условия работы дорожных по-

крытий, связанные с постоянным одновременным воздействием механических нагрузок и жидких агрессивных сред, усиленные различными климатическими факторами, неблагоприятно сказываются на долговечность этих покрытий, что, в свою очередь, ведёт к сокращению времени их межремонтных сроков и дополнительным финансовым затратам на ремонтно-восстановительные работы.

Анализ публикаций

В украинских нормативных документах, таких как ДСТУ Б В.2.7-119:2011 [2], регламентирующих технические условия асфальтобетонных смесей и асфальто-бетонов, и ДСТУ Б В.2.7-319:2016 [3], обуславливающих методы испытаний, указано, что водостойчивость асфальто-бетона оценивается степенью снижения прочностных показателей после выдерживания образцов асфальтобетона в водной среде в течение определённого времени. До настоящего времени по аналогии с этим определяли устойчивость асфальтобетона против действия различных жидких агрессивных сред [4–8].

Нормативный критерий оценки водостойчивости асфальтобетона полностью базируется на снижении показателя его прочности в условиях действия воды в определённом временном интервале, но разрушающее действие водной среды и нагружение асфальтобетона при сжатии до разрушения происходит не одновременно, а время действия нагрузки краткосрочно. Время напряжённого состояния асфальтобетонного образца при определении предела прочности на сжатие обусловлено заданной нормативной скоростью деформирования и прочностью материала, которое обычно не превышает 3 минут. Даже если бы такие испытания производились бы в условиях совместного действия нагрузки и водной среды, за такой относительно короткий временной промежуток экспериментальная совместность двух воздействий могла бы не обнаружиться. В условиях реального эксплуатации покрытий автомобильных дорог время воздействия сред на них может быть достаточно длительным [4–8]. Поэтому определение долговечности, выражающееся во времени сохранения целостности асфальтобетона, должно предусматривать значительную длительность воздействия агрессивной среды на

асфальтобетон при одновременном действии нагрузки. В условиях действия очень малых нагрузок время воздействия среды на асфальтобетон очень велико и может привести к значительной разнице в показателях времени до разрушения асфальтобетона, испытанного на воздухе и в различных по агрессивности жидких средах.

Кроме этого, значительную роль в продолжительности времени работоспособности асфальтобетонных покрытий играет происхождение и минеральный состав каменных материалов, входящих в состав асфальтобетонных смесей. Минеральный состав используемых горных пород также влияет на сцепление с битумом. Карбонатные горные породы лучше взаимодействуют с битумом по сравнению с кислыми [9–13]. Плотные мраморовидные известняки имеют следующий минеральный состав: кальцит, доломит. В химическую формулу известняка входят следующие соединения: CaCO_3 , MgCO_3 [14, 15]. Взаимодействие этих соединений положительно влияет на сцепление битума с минеральной поверхностью карбонатных пород [9–13]. Сравнительный (эталонный) гранитный материал как кислая магматическая порода по минеральному составу был представлен: кварцем (>50 %); плагиоклазом; полевыми шпатами; слюдами. Химический состав гранита: SiO_2 ; K_2O ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; TiO_2 ; FeO [14, 15]. Поскольку гранит относится к кислым породам, сцепление битума с его минеральной поверхностью хуже, чем с карбонатными поверхностями, что подтверждается данными табл. 1.

Таблица 1 Сцепление (С) битумов марок БНД 40/60, БНД 60/90 и БНД 130/200 с минеральными поверхностями известняка и гранита в дистиллированной воде

Марка битума	Сцепление (С) с минеральной поверхностью, %	
	Известняк	Гранит
БНД 40/60	100	69
БНД 60/90	100	62
БНД 130/200	95	55

Хорошее сцепление битума с карбонатными поверхностями даёт предпосылки к качественно лучшему структурообразованию асфальтобетона по сравнению со структурообразованием с использованием кислых горных пород. Но долговечность асфальто-

бетона зависит не только от сцепления с минеральными поверхностями, имеющими различную природу происхождения, а также от ряда факторов и условий, одним из которых является температура эксплуатации асфальтобетонных покрытий дорог.

Цель и постановка задачи

Выполнение испытаний по определению долговечности, которая выражалась во времени до разрушения асфальтобетонов с использованием гранитных и известняковых минеральных составляющих, осуществлялось в условиях поддержания трёх постоянных температур (2 °С, 12 °С и 22 °С) и действующих напряжений: 0,50; 0,75; 1,00; 1,51; 2,01 и 2,51 МПа. В испытаниях были использованы две агрессивные среды: 2 %-й водный раствор серной кислоты и дизельное топливо. На рис. 1 приведены зависимости времени до разрушения асфальтобетона с содержанием вяжущего 6,0 % в 2 %-м водном растворе серной кислоты и дизельном топливе. Все полученные зависимости являются линейными и располагаются под небольшим углом друг к другу.

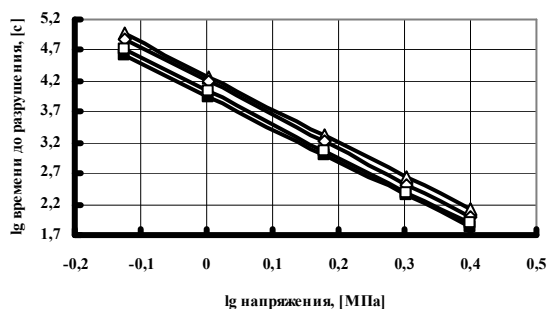


Рис. 1. Зависимость времени до разрушения асфальтобетона типа «В» на граните с 6 % битума БНД 60/90 от напряжения, испытанного при 22 °С: Δ – в воздушной среде; \diamond – в дистиллированной воде; \square – в 2 %-м водном растворе H_2SO_4 ; \blacksquare – в дизельном топливе

С увеличением агрессивности среды, в которой испытывался асфальтобетон, угол наклона зависимостей к оси напряжений незначительно уменьшается, но долговечность значительно уменьшается. Максимальной долговечности отвечают испытания на воздухе, минимальной – испытания в дизельном топливе.

Критерием оценки совместного действия механических нагрузок и агрессивных сред на покрытие служил коэффициент устойчивости асфальтобетона в агрессивных средах ($K_{a.c}$), который определялся из отношения (1) времени до разрушения в среде (t_{ac}), к времени до разрушения на воздухе (t_B)

$$K_{a.c} = \frac{t_{ac}}{t_B} \quad (1)$$

Значение коэффициента устойчивости асфальтобетона в агрессивных средах снижается при увеличении агрессивности среды. Наибольшее снижение $K_{a.c}$ наблюдается в области наивысших температур испытания асфальтобетона (рис. 2).

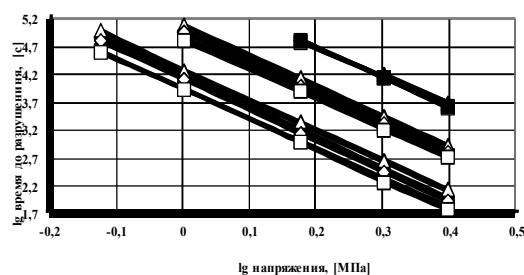


Рис. 2. Зависимость времени до разрушения асфальтобетона типа «В» на граните и известняке с 6 % битума БНД 60/90 от напряжения, испытанного при 2 °С (верхние зависимости), 12 °С (средние зависимости) и 22 °С (нижние зависимости): Δ – в воздушной среде; \diamond – в дистиллированной воде; \square – в 2 %-м водном растворе H_2SO_4 ; \blacksquare – в дизельном топливе

При температуре испытания 2 °С коэффициент устойчивости асфальтобетона в агрессивных средах имеет максимальные значения, находящиеся в пределах от 0,87 до 0,90, что подтверждается значениями, приведенными в табл. 2.

Таблица 2 Коэффициент устойчивости асфальтобетона в агрессивных средах при температуре 2 °С и напряжении 2,00 МПа

Наименование минеральных материалов в асфальтобетонной смеси	Долговечность (с) и $K_{a.c}$ в разных агрессивных средах		
	Воздух	Дистиллированная вода	Дизельное топливо
Известняк	15848	14224	13905
	$K_{a.c}$	0,90	0,88
Гранит	16005	14198	13947
	$K_{a.c}$	0,89	0,87

Максимально высокие значения $K_{a,c}$ при минимально низкой температуре испытания объясняются значительным замедлением процессов воздействия агрессивных сред на битумную плёнку, обволакивающую минеральные зёрна, в результате уменьшения диффузных явлений и увеличения вязкости как самой среды, так и битумной плёнки, приводящей к её упрочнению. По мере возрастания температуры испытания значения $K_{a,c}$ снижаются, что наглядно иллюстрируется данными табл. 3.

Таблица 3 Коэффициент устойчивости асфальтобетона в агрессивных средах при температуре 12 °С и напряжении 1,00 МПа

Наименование минеральных материалов в асфальтобетонной смеси	Долговечность (с) и $K_{a,c}$ в разных агрессивных средах		
	Воздух	Дистиллированная вода	Дизельное топливо
Известняк	123561	91638	65109
	$K_{a,c}$	0,74	0,53
Гранит	118077	95420	74019
	$K_{a,c}$	0,81	0,63

Кроме этого, заметны значительные различия между $K_{a,c}$ асфальтобетонов на гранитных и известняковых составляющих, что свидетельствует о снижении сопротивляемости асфальтобетона на известняке по сравнению с гранитом на 15,9 % к воздействию дизельного топлива при увеличении температуры испытания на 10 °С.

Таблица 4 Коэффициент устойчивости асфальтобетона в агрессивных средах при температуре 22 °С и напряжении 1,00 МПа

Наименование минеральных материалов в асфальтобетонной смеси	Долговечность (с) и $K_{a,c}$ в разных агрессивных средах		
	Воздух	Дистиллированная вода	Дизельное топливо
Известняк	18975	13275	8793
	$K_{a,c}$	0,70	0,46
Гранит	17790	15146	8817
	$K_{a,c}$	0,85	0,50

Последующее увеличение температуры испытания на 10 °С привело к снижению $K_{a,c}$ на 15,2 %, что показано в таблице 4. Такое значительное падение агрессивной устойчивости асфальтобетона при повышении температуры испытания свидетельствует об усилении интенсификации процессов диффузного воздействия и увеличении интенсивности отслаивания битумной плёнки от

минеральной поверхности за счёт увеличения проникающей способности агрессивной среды.

Повышение температуры испытания, приводящее к падению агрессивной устойчивости асфальтобетона, в первую очередь может объясняться ослаблением прочности битумной плёнки, покрывающей минеральные зёрна, и возможностью образования дефектов на её поверхности, в результате чего зёрна не полностью покрыты битумной плёнкой, и это даёт возможность проникновения среды между битумной плёнкой и минеральной поверхностью, а также в результате растворяющей способности дизельного топлива, что облегчает его проникновение к поверхности минерального материала.

На фоне влияния взятых в испытании жидких агрессивных сред на долговечность и устойчивость асфальтобетона в этих средах, действие дистиллированной воды на асфальтобетон является наименее агрессивным. В этом случае величина снижения значения $K_{a,c}$ асфальтобетона, испытанного в дистиллированной воде, менее значительна и составляет 0,04, а в дизельном топливе – 0,13, что в 3,25 раза меньше. Характер снижения долговечности асфальтобетонов при увеличении температуры испытания сохраняется как для асфальтобетонов с использованием гранитных компонентов, так и для известняковых составляющих.

Выводы

Долговечность асфальтобетонных покрытий всех дорог Украины зависит от их способности противодействовать совместному влиянию жидких агрессивных сред и механических нагрузок. Снижение температуры эксплуатации асфальтобетонного покрытия замедляет все процессы агрессивного воздействия сред и повышает долговечность. Увеличению долговечности асфальтобетонных покрытий в условиях совместного воздействия жидких агрессивных сред и механических нагрузок способствует применение гранитных компонентов асфальтобетонных смесей, при условии оптимального содержания битума, минимально-нормативном показателе остаточной пористости и нормативном содержании щебня для каждого гранулометрического типа асфальтобетона.

Литература

1. Золотарёв В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов / В.А. Золотарёв. – Х.: Вища школа, 1977. – 116 с.
2. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон дорожный и аэродромный. Технические условия: ДСТУ Б В. 2.7-119:2011. – Действует от 2012-10-01. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 38 с.
3. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань : ДСТУ Б В.2.7-319:2016. – Чинний від 2017-04-01. – К.: ДП «Укр. НДНЦ», 2017. – 116 с. – (Національний стандарт України).
4. Седов А.В. Профилактика разрушений дорожных асфальтобетонных покрытий в агрессивных средах хлористых противогололёдных материалов: автореф. дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук: спец. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / А. В. Седов. – Харьков, 1999. – 19 с.
5. Ковалёв Н.С. Средство борьбы с гололёдом на автомобильных дорогах / Н.С. Ковалёв. – Воронеж: Изд-во Воронежского инженерно-строительного института, 1990. – 8 с.
6. Гавриленко А.Д. Повышение устойчивости асфальтобетонов в агрессивных средах животноводческих комплексов: автореф. дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук: спец. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / А.Д. Гавриленко. – Харьков, 1984. – 20 с.
7. Отчёт по научно-исследовательской работе на тему «Исследование и разработка рекомендаций по типам дорожных покрытий, работающих в условиях агрессивных сред животноводческих комплексов». – Х.: ХАДИ, 1981. – 138 с.
8. Швагирева О.А. Исследование влияния противогололёдных реагентов на изменение структуры и свойств асфальтового бетона: автореф. дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук: спец. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / О. А. Швагирева. – Москва, 1999. – 20 с.
9. Колбановская А.С. Сцепление битума с минеральной поверхностью / А.С. Колбановская // Исследование гидро- и теплоизоляционных материалов и конструкций. – М.: Издательство по строительству и архитектуре, 1955. – С. 66–70.
10. О стабильности битумов и взаимодействии их с минеральными материалами / А.И. Лысихина, Р.М. Сицкая, Н.М. Авласова, Л. Н. Ястребова. – М.: Дориздат, 1952. – 176 с.
11. Колбановская А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов – М.: Транспорт, 1973. – 260 с.
12. Руденская И.М. Органические вяжущие для дорожного строительства / И.М. Руденская, А.В. Руденский. – М.: Транспорт, 1984. – 228 с.
13. Лысихина А.И. Дорожные покрытия и основания с применением битумов и дегтей / А.И. Лысихина. – М.: Автотрансиздат, 1962. – 360 с.
14. Левинсон-Лессинг Ф.Ю. Петрография / Ф.Ю. Левинсон-Лессинг. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1955. – 448 с.
15. Лазаренко Е.К. Курс минералогии / Е.К. Лазаренко. – К.: Государственное издательство технической литературы Украины, 1951. – 688 с.

Рецензент: В.А. Золотарев, профессор, д.т.н., ХНАДУ.