



КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ДОРОЖНЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОНЫ ПОВЫШЕННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

В. И. Братчун¹, В. Л. Беспалов², Е. А. Ромасюк³, Д. В. Гуляк⁴, О. Н. Нарижная⁵

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 286123.

E-mail: ¹bratv09@yandex.ua, ²bespalovvit@yandex.ru, ³frazer@mail.ua,

⁴guldenis@yandex.ru, ⁵plastmass55@mail.ru

Получена 15 августа 2019; принята 27 сентября 2019.

Аннотация. Исследованы и определены физико-механические свойства комплексно-модифицированного этиленглицидиакрилатом горячего асфальтобетона, содержащего поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидиакрилатом минеральные материалы (щебень, песок, минеральный порошок в мелкозернистом асфальтобетоне типа Б) и модифицированный нефтяной дорожный битум (2 % мас. этиленглицидиакрилата совместно с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты). Комплексно-модифицированный этиленглицидиакрилатом асфальтополимербетон характеризуется устойчивостью по Маршаллу, $R = 30$ кН; более высокой устойчивостью к формированию колеи, на 23...36 % меньше, чем немодифицированные асфальтобетоны; водостойкостью после 90 суток водонасыщения – $K_{\text{вд}} = 0,91$; коэффициентом морозостойкости после 100 циклов $F = 0,88$, коэффициентом теплового старения после 2 000 часов (температура прогрева 75 °С при ультрафиолетовом облучении) $K_{\text{ст}} = 1,2$.

Ключевые слова: асфальтополимербетон, этиленглицидиакрилат, состав и структура, физико-механические свойства.

КОМПЛЕКСНО-МОДИФІКОВАНІ ДОРОЖНІ АСФАЛЬТОБЕТОНІ ПІДВИЩЕНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ

В. І. Братчун¹, В. Л. Беспалов², Є. О. Ромасюк³, Д. В. Гуляк⁴, О. М. Наріжна⁵

ДОН ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,

2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 286123.

E-mail: ¹bratv09@yandex.ua, ²bespalovvit@yandex.ru, ³frazer@mail.ua,

⁴guldenis@yandex.ru, ⁵plastmass55@mail.ru

Отримана 15 серпня 2019; прийнята 27 вересня 2019.

Анотація. Досліджено та визначено фізико-механічні властивості комплексно-модифікованого етиленгліцидиакрилатом гарячого асфальтобетону, що містить поверхнево-активовані 0,7 % мас. етиленгліцидиакрилату мінеральні матеріали (щебінь, пісок, мінеральний порошок в дрібнозернистому асфальтобетоні типа Б) і модифікований нафтовий дорожній бітум (2 % мас. етиленгліцидиакрилату спільно з 0,2 % мас. поліфосфornoї кислоти). Комплексно-модифікований етиленгліцидиакрилатом асфальтополімербетон характеризується стійкістю по Маршаллу, $R = 30$ кН; більш високою стійкістю до формування колейності, на 23...36% менше, ніж немодифіковані асфальтобетони; водостійкістю після 90 діб водонасичення $K_{\text{вд}} = 0,91$; коефіцієнтом морозостійкості після 100 циклів $F = 0,88$, коефіцієнтом теплового старіння після 2 000 годин (температура прогріву 75 °С при ультрафіолетовому опроміненні) $K_{\text{ст}} = 1,2$.

Ключові слова: асфальтополімербетон, етиленгліцидиакрилат, склад і структура, фізико-механічні властивості.

COMPLEX-MODIFIED ROAD ASPHALTIC STEELS OF INCREASED DURABILITY

Valeriy Bratchun¹, Vitaliy Bepalov², Romasyuk Evgeniy³, Denis Gulyak⁴, Olga Narygnaya⁵

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavin Str., Makeevka, DPR, 83123.

E-mail: ¹bratv09@yandex.ua, ²bepalovvit@yandex.ru, ³frazier@mail.ua,

⁴guldenis@yandex.ru, ⁵plastmass55@mail.ru

Received 15 August 2019; accepted 27 September 2019.

Abstract. The physical and mechanical properties of complex-modified ethylene glycidylacrylate hot asphalt concrete containing surface-activated 0,7% by weight of ethylene glycidylacrylate mineral materials (crushed stone, sand, mineral powder in fine-grained asphalt concrete type B) and modified petroleum road bitumen (2% wt. ethylene glycidylacrylate together with 0,2% wt. polyphosphoric acid) have been determined and investigated. The asphalt polymer concrete modified holistically by ethylene glycol acrylate is characterized by Marshall resistance, $P = 30$ kH; higher resistance to rutting formation, 23...36 % less than unmodified asphalt concrete; water resistance after 90 days of water saturation is $K_{ws} = 0,91$; the frost resistance coefficient after 100 cycles is $F = 0,88$, the coefficient of heat aging after 2000 hours (the temperature of heating is 75°C under UV irradiation) is $K_{ag} = 1,2$.

Keywords: asphalt polymer concrete, ethyleneglycidylacrylate, composition and structure, physical and mechanical properties.

Актуальность темы

Дорожный асфальтобетон является сложным полидисперсным многофазным композиционным материалом с коагуляционным типом контактов, который в зависимости от температуры, времени действия, интенсивности нагрузки и вида напряжённого состояния в процессе эксплуатации проявляет свойства вязкопластичных, изотропных и нелинейно деформируемых материалов [1–3]. При использовании качественных компонентов и оптимальной структуры асфальтобетона (достигнута максимальная плотная упаковка частиц минерального остова, обеспечена непрерывная пространственная сетка асфальтовязующего вещества при минимальной толщине адсорбционно-сольватного слоя битума на поверхности минеральных частиц) наиболее плодотворным направлением структурообразования асфальтобетона, исходя из опре-

деляющего вклада асфальтовязующего вещества на качество асфальтобетона, является физико-химическое регулирование свойств объемного и структурированного битума модифицирующими добавками и повышение энергии взаимодействия на поверхности раздела фаз «минеральные материалы – нефтяной дорожный битум» [4–14].

Одним из эффективных комплексных способов модификации микро-, мезо- и макроструктуры является модификация нефтяного дорожного битума этиленглицидилакрилатом (2 % мас.) в комбинации с полифосфорной кислотой (0,2 % мас.) с одновременной поверхностной активацией минеральных материалов этиленглицидилакрилатом (0,7 % мас.) [5].

В то же время отсутствуют комплексные исследования показателей качества асфальтополимербетонных, обеспечивающих повышенную

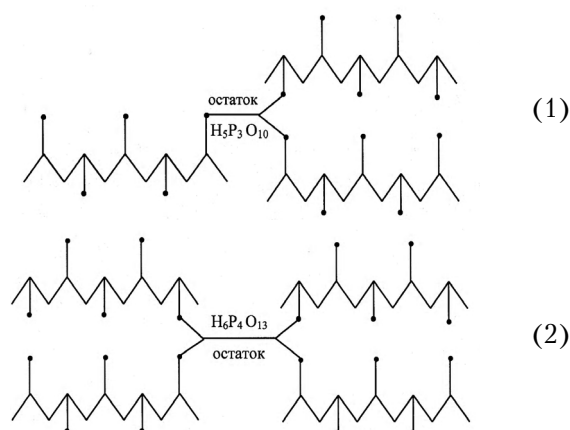
долговечность покрытий нежестких дорожных одежд, построенных из асфальтополимербетонных смесей с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой.

Цель работы

Исследование физико-механических свойств асфальтополимербетонов, в которых нефтяной дорожный битум модифицирован этиленглицидилакрилатом (2 % мас.) в комплексе с полифосфорной кислотой ПФК-105 (0,2 % мас.) с одновременной активацией поверхности минеральных материалов (щебень, искусственный песок, минеральный порошок) этиленглицидилакрилатом (0,7 % мас.).

Экспериментальные исследования

Олеофильный структурно-упрочненный слой этиленглицидилакрилата при массовой концентрации 0,7 % мас. на активированной поверхности минеральных материалов обеспечивает молекулярное сродство с активированной поверхностью минеральных материалов битумополимерным вяжущим. При этом на поверхности минеральных материалов образуются сетчатые структуры по схемам (1, 2), что определяет монолитность и изотропность модифицированного асфальтобетона.



Асфальтобетонные смеси, модифицированные этиленглицидилакрилатом, в значительно меньшей мере, на порядок ниже, подвержены технологическому старению, чем традиционные горячие асфальтобетонные смеси.

Рассмотрение влияния комплексной модификации микро-, мезо- и макроструктуры горячего асфальтобетона этиленглицидилакрилатом на стандартные физико-механические свойства и сравнение их с традиционными (ДСТУ Б В.2.7-119:2011, ГОСТ 91219-2013) (таблица 1) показывает, что комплексно-модифицированные этиленглицидилакрилатом асфальтобетоны характеризуются более высокой средней плотностью и длительной водостойкостью, меньшей температурной чувствительностью и более высокими значениями предела прочности при сжатии в области высоких положительных температур.

Асфальтополимербетоны с комплексно-модифицированной структурой характеризуются более высокими значениями предела прочности на растяжение при изгибе, например, при температуре 20 °C, $R_{изг} = 1,9-2,3$ МПа.

В интервале температур от +20 °C до -10 °C усталостная долговечность асфальтобетонов с комплексно-модифицированной структурой значительно выше, по сравнению со стандартными асфальтобетонами (рисунок 1).

Повышение усталостной долговечности в 1,5–2,0 раза наблюдается у асфальтобетона, в котором битум модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидилакрилата марки Элвалой АМ в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК-105, а минеральные материалы поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидилакрилата марки Элвалой АМ, и в 1,1–1,5 раза у комплексно-модифицированного литого асфальтобетона, в котором битум модифицирован 2,0 % мас. бутадиенметилстирольного каучука СКМС-30 совместно с 30 % мас. технической серы, а минеральный порошок поверхностно-активированный 0,5 % мас. СКМС-30.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон, минеральные материалы которого поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидилакрилата, а нефтяной дорожный битум $\Pi_{25} = 75-0,1$ мм модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидилакрилатом совместно с полифосфорной кислотой ПФК-105 0,2 % мас., содержащей 0,2 % мас. стабилизирующей целлюлозной добавки «Antrocel-6», характеризуется в 1,6 раза более высокой усталостной долговечностью, чем немодифицированный ЩМА-10.

Таблица 1. Физико-механические свойства асфальтобетона

Показатели	Состав мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа Б	
	Стандартная асфальтобетонная смесь приготовлена на битуме $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм, известняковый минеральный порошок неактивирован	Асфальтополимербетонная смесь, в которой битум $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм, модифицирован этиленглицидилакрилатом (2,0 % мас.) в комбинации с полифосфорной кислотой ПФК-105 (0,2 % мас.); минеральные материалы (щебень, песок, минеральный порошок), поверхностно-активированные этиленглицидилакрилатом (0,7 % мас.)
Средняя плотность, ρ_0^a , кг / м ³	2 338	2 453
Набухание, Н, % от объема	0,6	0
Водонасыщение, W, % от объема	2,94	0,25
Предел прочности при сжатии, МПа, при:		
0°C	6,8	7,8
20°C	3,1	6,1
50°C	1,2	2,3
75°C	0,3	1,2
Коэффициент длительной водостойкости, $K_{вд}$	0,83	1,0
Коэффициент теплостойкости, $K_T = R_0/R_{75}$	22,7	6,5

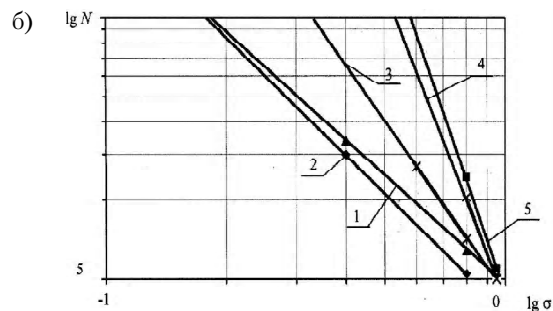
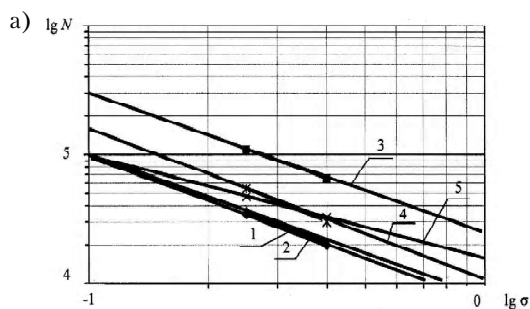


Рисунок 1. Усталостная долговечность асфальтобетонов: а) 20 °C; б) минус 10 °C. 1 – асфальтобетон на битуме $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм (тип «А»); 2 – асфальтобетон на битуме $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм (тип «Б»); 3 – асфальтобетон на битуме $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм (тип «Б») с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой этиленглицидилакрилата Элвалой АМ; 4 – литой асфальтобетон с комплексно-модифицированной микроструктурой СКМС-30. 5 – ЦМА-10 с добавкой Antrocel-G.

Наиболее устойчивым к воздействию агрессивных сред является литой асфальтобетон с комплексно-модифицированной микроструктурой бутадиенметилстирольного каучука и технической серы (рисунок 2).

Реологическим методом на модельной системе (дегтеполимерное вяжущее вещество (ДПВВ): деготь $C_{30}^{10} = 180$ с, модифицированный 1,5 % мас. отсева поливинилхлорида и структурированный шламом нейтрализации травильных

растворов (ШН), который поверхностно-активированный 2 % мас. полимерсодержащих отходов производства эпоксидных смол (ПОЭС), установлено, что толщина ДПВВ на поверхности $h_{25} = 3,22 \cdot 10^{-6}$ м, при 40°C , $h_{40} = 2,87 \cdot 10^{-6}$ м. Если ШН не активирован, то $h_{25} = 1,66 \cdot 10^{-6}$ м, а $h_{40} = 1,28 \cdot 10^{-6}$ м. Это

подтверждается и электронно-микроскопическими исследованиями (рисунок 3).

Так, например, дегтеполивинилхлоридное вяжущее формирует на поверхности активированного минерального порошка сложную адсорбционно-сольватную пленку (рисунок 3).

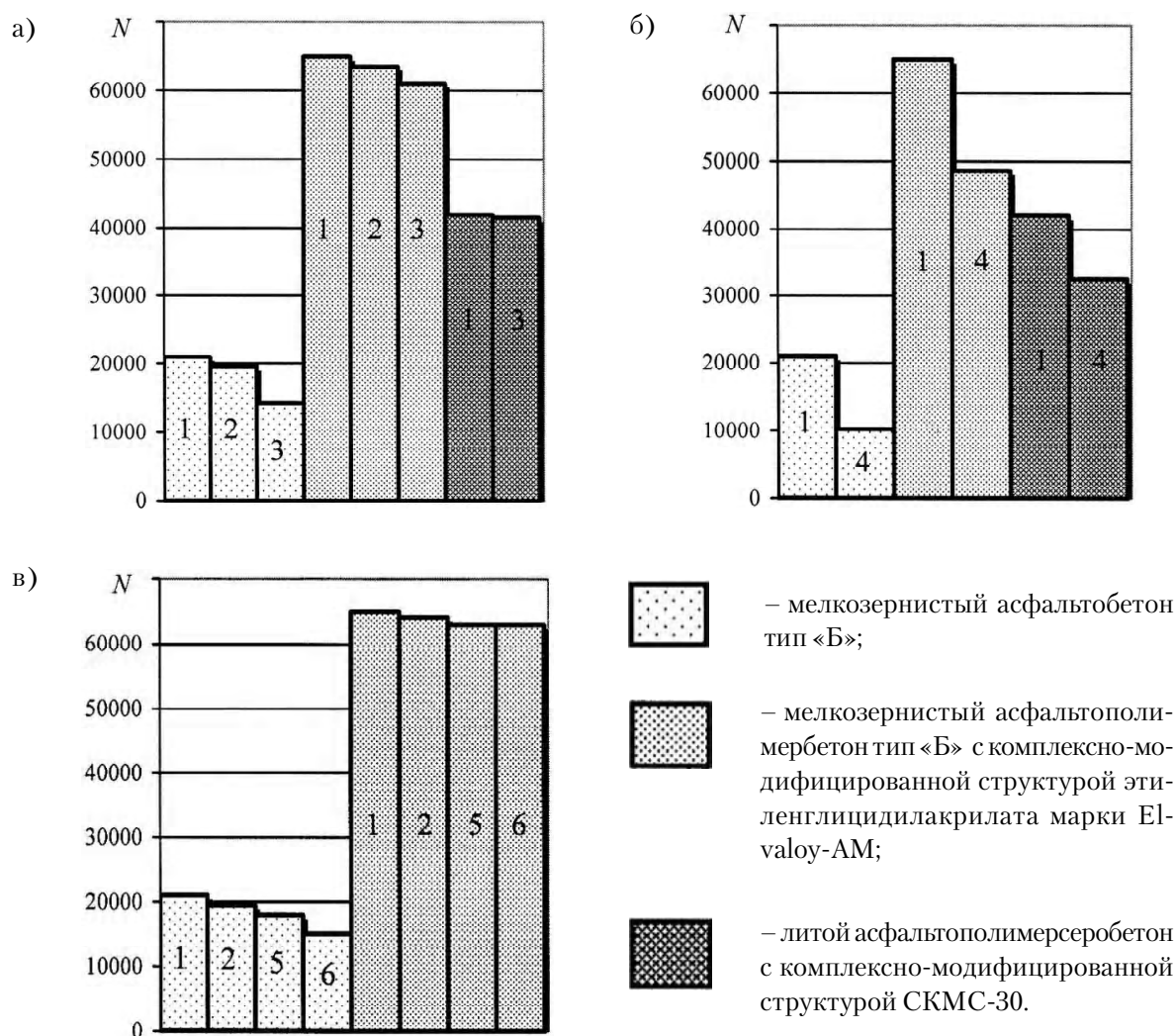


Рисунок 2. Сравнение значений усталостной долговечности различных типов асфальтобетонов (N) (время нагружения 0,1 сек, напряжение – 0,40–0,45 МПа при температуре +20 °С) в зависимости от воздействия различных агрессивных сред: а) в зависимости от времени водонасыщения; б) после 20 циклов попеременного замораживания-оттаивания; в) в зависимости от воздействия на асфальтобетоны в течение 15 суток агрессивных сред: 1 – усталостная долговечность асфальтобетона в нормальных условиях; 2 – после водонасыщения 15 суток; 3 – после водонасыщения 30 суток; 4 – после 20 циклов попеременного замораживания-оттаивания; 5 – после 15 суток выдерживания в водном 5 % растворе NaCl; 6 – после 15 суток выдерживания в водном 2 % растворе HCl.

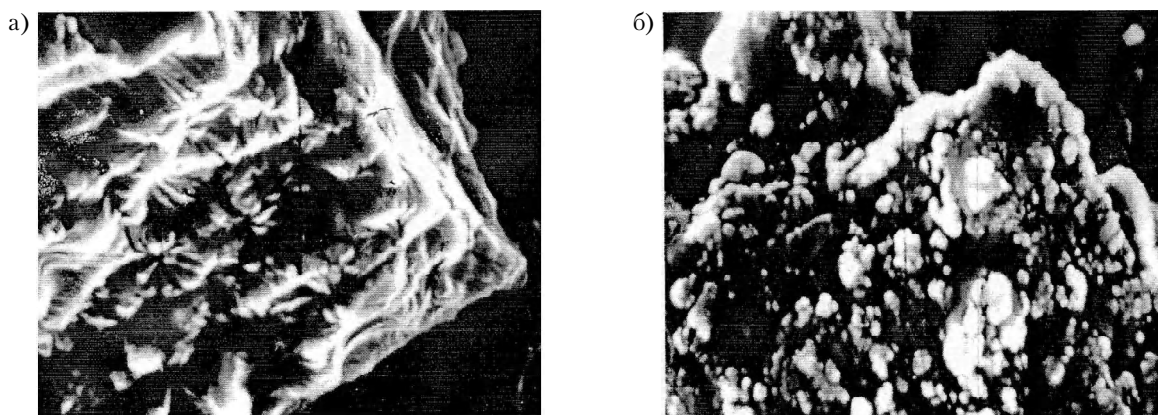


Рисунок 3. Электронные микрофотографии дёгтеполимерных вяжущих веществ ($\times 3000$) состава: а) дёготь $C_{30}^{10} = 215$ с 1,5 % ПВХ, минеральный порошок шлама нейтрализации поверхностно-активированный 2 % ПОЭС; б) дёготь с 1,5 % ПВХ, минеральный порошок ШН не активирован.

В то же время в системе, где минеральный порошок не активирован ПОЭС, поверхностный слой дегтеполимерного вяжущего не является непрерывным (рисунок 3б). Наблюдаются участки минерального порошка, которые не покрыты ДПВ.

Методом Маршалла определены устойчивость, условная пластичность и условная жесткость мелкозернистых асфальтобетонов типа Б, отличающихся видом модифицированного нефтяного дорожного битума, видом минерального порошка (МП) и активатора МП (таблица 2).

Подтверждением более высокой устойчивости формированию колеиности являются данные, приведенные в таблице 3, которые свидетельствуют, что асфальтополимербетон (тип Б) с комплексно-модифицированной структурой этиленглицидиакрилата после 10 000 циклов прохода нагруженного колеса с шиной при 60 °С и 0,7 МПа нагрузки характеризуются глубиной колеи 5,1 мм (состав 3, таблица 3).

При одном и том же минеральном остове снижение глубины колеи составляет 23 %, что свидетельствует о значительном повышении коэффициента сцепления в результате модификации органического вяжущего полимером и аппретирования этиленглицидиакрилата поверхности минеральных материалов. Аналогичные закономерности наблюдаются в поведении щебеночно-мастичного асфальтобетона по способности противостоять пластическим дефор-

мациям. Щебеночно-мастичный асфальтобетон с комплексно-модифицированной структурой этиленглицидиакрилата после 20 000 циклов прохода нагруженного колеса с шиной на установке Infratest Кат. 20-4000 характеризуется глубиной формирования колеи 1,6 мм против 2,5 мм немодифицированного ЦМА-15.

Вывод

Установлено, что в интервале температур от +20 °С до –10 °С усталостная долговечность асфальтобетонов с комплексно-модифицированной структурой значительно выше, в сравнении со стандартными асфальтобетонами. Повышение усталостной долговечности в 1,5–2,0 раза наблюдается у асфальтобетона, в котором битум модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидиакрилата марки Элвалой АМ +0,2% мас. ПФК-105, а минеральные материалы поверхностно-активированные 0,7 % мас. Этиленглицидиакрилата, и в 1,1–1,5 раза у комплексно-модифицированного асфальтобетона, в котором битум модифицирован 2,0 % мас. бутадиенметилстирольного каучука СКМС-30 + 30 % технической серы, минеральный порошок поверхностно-активированный 0,5 % мас. СКМС-30. Наибольшей усталостной долговечностью в условиях агрессивных химических сред (5% раствор соляной кислоты (HCl) характеризуется литой асфальтополимерсеробетон.

Таблица 2. Значение показателей, характеризующих сдвигоустойчивость бетонов (тип Б) по Маршаллу (температура испытания 60°С)

№ п/п	Состав асфальтобетонной смеси	Условная пластичность, 1/10, мм	Устойчивость, Р, Н	Условная жесткость, А, Н/мм
1	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 40/60 ($P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм); минеральный порошок – известняковый не активирован	46	15 256	3 316
2	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битумополимерсерном вяжущем (битум $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм с 2,0% мас. бутадиенметилстирольного каучука СКМС-30 и 30 % мас. технической серы); минеральный порошок – известняковый поверхностно-активированный 0,5% мас. СКМС-30	39	22 981	5 892
3	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 130/200 ($P_{25} = 151 \cdot 0,1$ мм) с 2,0 % этиленглицидиакрилата и 0,2 % мас. ПФК-105; минеральный порошок – шлам станций нейтрализации сталепроволочно-канатных заводов, поверхностно-активированный 2 % мас. полимерсодержащих отходов производства эпоксидных смол	32	19 050	5 953
4	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 60/90 ($P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм), который модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидиакрилата в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК-105; минеральные материалы, поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидиакрилата	37	30 000	8 108

Таблица 3. Значение глубины колеи при количестве проходов колеса по одному следу

№ п/п	Состав асфальтобетонной смеси	Глубина колеи, мм	
		Количество проходов колеса по одному следу	
		10 000	20 000
1	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 60/90 ($P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм); минеральные материалы поверхностно не активированы	6,6	
2	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битумополимерном вяжущем (битум $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм с 2% этиленглицидиакрилата Элвалой АМ); минеральные материалы поверхностно не активированы	6,2	
3	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битумополимерном вяжущем (битум $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм с 2 % этиленглицидиакрилата Элвалой АМ); минеральные материалы (щебень, искусственный песок, минеральный порошок), поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидиакрилата	5,1	
4	ЩМА-15, приготовленный на (битуме $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм) минеральные материалы поверхностно не активированы		2,5
5	ЩМА-15, приготовленный на битумополимерном вяжущем (битум $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм с 2 % этиленглицидиакрилата Элвалой АМ); минеральные материалы поверхностно не активированы		2,2
6	ЩМА-15, приготовленный на битумополимерном вяжущем (битум $P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм с 2 % этиленглицидиакрилата Элвалой АМ); минеральные материалы (щебень, искусственный песок, минеральный порошок) поверхностно-активированные 0,7% мас. этиленглицидиакрилата		1,6

Литература

1. Дорожный асфальтобетон [Текст] / Л. Б. Гезенцевей, Н. В. Горелышев, А. М. Богуславский, И. В. Королёв. – М. : Транспорт, 1985. – 350 с.
2. Золотарев, В. А. Долговечность дорожных асфальтобетонов [Текст] / В. А. Золотарев. – Харьков : Вища школа, 1977. – 116 с.
3. Руденский, А. В. Дорожные асфальтобетонные покрытия [Текст] / А. В. Руденский. – М. : Транспорт, 1992. – 254 с.
4. Прочность и долговечность асфальтобетона [Текст] / Под ред. Б. И. Ладыгина и И. К. Яцевича. – Минск : Наука и техника, 1972. – 288 с.
5. Асфальтополимербетоны с комплексно-модифицированной микроструктурой [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер, А. Т. Мутташар // Наука и техника в дорожной отрасли : Международный научно-технический журнал. – Российская Федерация : Москва, ЗАО «Издательство «Дороги», 2013. № 3(66). – С. 35–41.
6. Гезенцевей, Л. Б. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов [Текст] / Л. Б. Гезенцевей. – М. : Стройиздат, 1971. – 256 с.
7. Захаров, В. А. Сдвигоустойчивость черных дорожных покрытий [Текст] / В. А. Захаров, А. А. Калерт // Автомобильные дороги. 1967. № 7. С. 16–17.
8. Бахрах, Г. С. Проектирование нежестких дорожных одежд по критерию усталостного растрескивания [Текст] / Г. С. Бахрах // Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. № 2. С. 51–59.
9. Меренцова, Г. С. Улучшение эксплуатационных свойств асфальтобетонных покрытий асфальтобетонных дорог [Текст] / Г. С. Меренцова, М. В. Чуб // Ползуновский вестник. 2011. № 1. С. 282–285.
10. Ramsamooj, D. V. Fatigue cracking of asphalt pavements [Text] / D. V. Ramsamooj // Transp. Res. Rec. 1980. № 756. P. 43–48.
11. Углова, Е. В. Усталостная долговечность эксплуатируемых асфальто-бетонных покрытий [Текст] / Е. В. Углова, С. К. Илиополов, М. Г. Селезнев. – Ростов-на Дону : РГСУ, 2009. – 244 с.
12. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы с добавками в дорожном строительстве [Текст] / Всемирная дорожная ассоциация. Технический комитет «Нежесткие дороги» (S8) // Пер. с франц. В. А. Золотарева, Л. А. Беспаловой ; Под общ. ред. В. А. Золотарева, В. И. Братчуна. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2003. – 229 с.
13. Duriez, M. Nouveau traité de matériaux de construction [Text] / M. Duriez, J. Arrambide; Vol. 3. – Paris : Dunod, 1962. – 274 p.
14. Juolycki, J. Wtasciroosci rcologiczue betone asfaltowego wnisfeich temper sturach [Text] / J. Juolycki // Drogownictwo. 1976. V. 31. № 2. P. 46–51.

References

1. Gezentsvey, L. B.; Gorelyshev, N. V.; Boguslavsky, A. M.; Korolev, I. V. Road asphalt concrete [Text]. Moscow : Transport, 1985. 350 p. (in Russian)
2. Zolotarev, V. A. Durability of road asphalt concrete [Text]. Kharkov: Higher school. 1977. 116 p. (in Russian)
3. Rudensky, A. V. Asphalt concrete pavement [Text]. Moscow : Transport, 1992. 254 p. (in Russian)
4. Strength and durability of asphalt concrete [Text]. Edited by B. I. Ladygina, I. K. Yatsevicha. Minsk : Science and technology, 1972. 288 p. (in Russian)
5. Bratchun, V. I.; Беспалов, V. L.; Pakter, M. K. and others. Asphalt-polymer concrete with a complex-modified microstructure [Text]. In: «*Science and technology in the road industry*»: *international scientific and technical journal*. Russian Federation : Moscow : ZAO «Publishing house “Roads”». 2013, № 3(66). P. 35–41. (in Russian)
6. Gezentsvey, L. B. Asphalt concrete made of activated mineral materials [Text]. Moscow : Stroizdat, 1971. 256 p. (in Russian)
7. Zakharov, V. A.; Kalert, A. A. Shear resistance of black road surfaces [Text]. In: *Motor road*, 1967. № 7. P. 16–17. (in Russian)
8. Bakhrakh, G. S. Design of non-rigid road surfaces based on fatigue cracking criteria [Text]. In: *Science and technology in the road industry*. 2008. № 2. P. 51–59. (in Russian)
9. Merentsova G. S.; Chub M. V. Improvement of performance properties of asphalt concrete pavement of asphalt roads [Text]. In: *Polzunovskii Bulletin*, 2011. № 1. P. 282–285. (in Russian)
10. Ramsamooj, D. V. Fatigue cracking of asphalt pavements [Text]. In: *Transp. Res. Rec.* 1980. № 756. P. 43–48.
11. Uglova, Ye. V.; Iliopolov, S. K.; Seleznev M. G. Fatigue life of asphalt concrete surfaces [Text]. Rostov-on-Don : RSSU. 2009. 244 p. (in Russian)
12. Zolotarev, V. A.; Беспалова L. A. Modified bituminous binders, special bitumens with additives in road construction [Text] / World road Association. Non-Rigid roads technical Committee (S8); under total ed. V. A. Zolotarev, V. I. Bratchun. Kharkov : KhNADU Publishing House. 2003. 229 p. (in Russian)
13. Duriez, M.; Arrambide, J. New construction materials treaty [Text]. Vol. 3. Paris : Dunod. 1962. – 274 p. (in French)
14. Juolycki, J. Wtasciroosci rcologiczue betone asfaltowego wnisfeich temper sturach [Text]. In: *Drogownictwo*. 1976. V. 31. № 2. P. 46–51.

Братчун Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Беспалов Виталий Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: синтез органических вяжущих для производства композиционных дорожно-строительных материалов, используемых при строительстве конструктивных слоев нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности.

Ромасюк Евгений Александрович – 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.

Гуляк Денис Вячеславович – 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.

Нарижная Ольга Николаевна – кандидат химических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химические и аналитические исследования синтетических смол и полимерных материалов.

Братчун Валерій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих і комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Беспалов Віталій Леонідович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: синтез органічних в'язучих для виробництва композиційних дорожньо-будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг підвищеної довговічності.

Ромасюк Євген Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: здобуття технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

Гуляк Денис Вячеславович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: здобуття технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

Наріжна Ольга Миколаївна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічні й аналітичні дослідження синтетичних смол і полімерних матеріалів.

Valeriy Bratchun – D. Sc. (Eng.), Professor, the Head of the Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physical and chemical mechanics of technological and lasting road concretes for building of structural layers of non-rigid road coats on the basis of modification of organic astringent and complex microstructure modification of concretes; development of effective technologies of processing of technogenic raw material in to the components of compositional materials.

Vitaliy Bepalov – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: synthesis of organic binders for the production of composite road-building materials used in the construction of structural layers of non-rigid road surfaces of roads of increased durability.

Evgeny Romasyuk – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concrete for construction of structural layers of non-rigid road surfaces based on modification of organic binders.

Denis Gulyak – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concrete for the construction of structural layers of non-rigid road clothing based on the modification of organic binders.

Olga Narygnaya – Ph. D. (Chem.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physical and chemical and analytical researches of synthetic resins and polymeric materials.