

УДК 625.768

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДРІБНОЗЕРНИСТОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ З РІЗНИМИ ВИДАМИ ДОБАВОК**

**STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FINE-GRAINED ASPHALT CONCRETE WITH DIFFERENT TYPES OF ADDITIVES**

**Кузло М.Т. д.т.н., проф., Гуйван Є.Ф., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)**

**Kuzlo M.T. doctor of technical sciences, professor, Gyvan E.F., postgraduate student (National university of water and environmental engineering, Rivne)**

У статті наведені результати дослідження впливу добавок на фізико-механічні властивості асфальтобетону, гарячого, щільного, дрібнозернистого, типу А та його стійкості до колієутворення в лабораторних умовах.

At present, an acute question has arisen regarding the search for optimal modifying additives to improve the physical and mechanical characteristics of asphalt concrete. The current operation of roads with a non-rigid road surface, increased intensity and transported goods outside the weight standards, led to a faster destruction of asphalt concrete surfaces. Accelerating the formation of track leads to a decrease in the life of the coating and leads to an increase in the number of accidents among vehicles.

Asphalt concrete coatings and repair maps that are made of ordinary not modified asphalt concrete, under the current realities of loading, are not able to provide appropriate physical and mechanical characteristics. As a result, it became necessary to find modifying additives that can improve strength, accelerating the formation of track leads and be economically justified.

**Ключові слова:** модифікуючі добавки, бітум, асфальтобетон, міцність, колієстійкість, колієутворення.  
modifying additive, bitumen. asphalt concrete, strength, track resistance, track formation.

**Вступ.** На даний час є актуальне питання, щодо пошуку оптимальних модифікуючих добавок для підвищення фізико-механічних характеристик

асфальтобетонів. Існуюча практика експлуатації автомобільних доріг з нежорстким дорожнім покриттям, що характеризується перевезенням вантажів поза ваговими нормами з підвищеною інтенсивністю, привела до швидшої руйнації асфальтобетонних покриттів. Утворення колійності веде за собою зниження строків служби покриття та приводить до збільшення кількості аварій серед транспортних засобів.

Асфальтобетонні покриття та ремонтні карти, що влаштовані із звичайного не модифікованого асфальтобетону, при нинішніх навантаженнях не здатні забезпечити нормативні терміни їх експлуатації. У зв'язку з цим, виникла необхідність у пошуку економічно обґрунтованих модифікуючих добавок, що зможуть покращити міцнісні характеристики асфальтобетонів, зменшити колієутворення дорожніх покриттів.

**Аналіз існуючих досліджень.** Автори робіт [1,2] досліджували фактори та їх вплив на руйнування та утворення колійності у нежорсткому асфальтобетонному покритті. Також розглядали питання підвищення міцності та стійкості до колієутворення асфальтобетонного покриття.

Огляд наукових досліджень Жданюка В.К., [3,4], Золотарьова В.О. [5] показує, що з додаванням різних модифікуючих добавок в бітум або в асфальтобетонну суміш при перемішуванні, відбувається покращення фізико-механічних властивостей асфальтобетонного покриття. Такі асфальтобетони мають покращенні міцнісні показники, що в свою чергу зменшують поперечні і повздовжні деформації, які приводять до руйнування асфальтобетонного покриття при збільшенні навантаження та інтенсивності руху транспортних засобів.

**Мета досліджень.** Встановлення ефективних добавок, що покращують фізико-механічні властивості асфальтобетонну.

**Задачі дослідження:** Дослідження серії контрольних зразків з визначення деформації, границі на розтяг при розколі та міцності при стиску контрольного не модифікованого асфальтобетону та модифікованих різними добавками.

**Методика досліджень.** Дослідження проводилися на базі дорожньо-будівельної лабораторії АТ «URD УКРАЇНСЬКІ ДОРОГИ» м. Хмельницький, що є філіалом кафедри «Автомобільних доріг основ та фундаментів» Національного університету водного господарства та природокористування.

Всі зразки були виготовленні на асфальтобетонному заводі. Випробування зразків асфальтобетону проводилися за стандартними методами згідно ДСТУ Б В.2.7-319:2016 [6]. Додатково проводилися випробування щодо замірів утворення колії асфальтобетону при постійному навантаженні в агресивному середовищі (у воді при температурі +55 °C на приладі SMARTTRACKER™ Hamburg version AASHTO T324 (Matest Італія) за ДСТУ EN 12697-22:2018 [7].

**Проведення дослідження.** Для проведення досліджень було взято бітум нафтовий дорожній марки 70/100 Кременчуцького нафтопереробного заводу (виробництво Україна) з характеристиками: penetрація 84 при 25°C, температура розм'якшення 48,9°C, розтяжність 100см. Щебінь Новоград-Волинського та Клесівського кар'єрів. Модифікуючі добаки Superflex, ПКМ, Road Plus PE, Starflex, Ric-RoleCell, Elvaloy, Lotader AX 8900, UP-65k, Butonal NS 198.

Виготовлення асфальтобетонних сумішей проводилися на асфальтобетонному заводі Кредмаш ДС-168. Відсотковий вміст добавок та модифікування асфальтобетонних сумішей проводилися згідно регламентних вимог виробників.

Для визначення границі міцності циліндричних зразків асфальтобетону при одноосьовому стиску за температури 0 °C, 20 °C та 50 °C використовувався прилад Універсальний тестер ( S215A Universal multispeed load frame, 50 kN digital measurement, Matest, Італія) (рис.1.)



Рис. 1. Універсальний тестер ( S215A Universal multispeed load frame, 50 kN digital measurement, Matest, Італія)

Для оцінки накопичення залишкових деформацій у вигляді утворення колій модифікованого і не модифікованого дрібнозернистого асфальтобетону проводились дослідження на приладі Matest SMARTRACKER™ - Multi wheels hamburg wheel tracker (рис.2). Випробування відбувались багаторазовими проходами сталевого колеса (203x47) по одному сліду у прямому та

зворотньому напрямку по поверхні асфальтобетонних зразків при навантаженні 705 Н/мм<sup>2</sup> за температури 60 °С.



Рис. 2. Прилад Matest SMARTRACKER™ - Multi wheels hamburg wheel tracker для дослідження колісстворення

При цьому, дані зразки перед початком випробування термостатувалися протягом 1 години за температури 60 °С. Зразки для проведення експериментального дослідження на визначення глибини утворення колії виготовлялися у гіраторному ущільнювачі (Gyrotronic - Superpave Gyrotory Compacto) за ДСТУ EN 12697 (рис. 3).



Рис. 3. Гіраторний компактор з формування зразків для визначення колійності

**Результати досліджень.** Результати досліджень фізико-механічних властивостей зразків асфальтобетону наведені у табл.1. Їх аналіз показав, що більшість модифікованих зразків задовольняють вимоги [8].

Таблиця 1

Показники фізико-механічних властивостей асфальтобетону

Добавка, відсотковий вміст	Середня щільність т/м <sup>3</sup>	Водона- сичення, % за об'ємом	Гр. міц. на розтяг при розколі за температури 0 °С, МПа	Межа міцності при стиску МПа, за	
				20°С	50°С
Не модифікований асфальтобетон	2,42	2,5	2,1	2,7	1,3
Superflex - 4%	2,43	2,0	4,7	4,9	1,8
ПКМ - 4%	2,44	2,1	2,3	6,0	2,3
Road Plus PE - 4 %	2,43	2,85	4,3	4,45	1,7
Starflex - 4,0 %	2,42	2,9	4,1	5,0	2,15
Starflex - 3,5 %	2,42	2,85	4,6	4,7	1,75
Ric-RolyCell - 4%	2,43	2,7	4,3	4,5	1,5
Elvaloy - 2 %	2,42	1,7	4,9	4,8	2,5
Lotader AX 8900 – 2%	2,41	2,2	4,2	5,4	2,3
UP-65k - 3 %	2,40	4,6	2,75	3,3	0,8
Butonal NS 198 -3%	2,40	2,3	4,1	4,6	1,7

Випробування зразків асфальтобетону при одноосьовому стиску за температури 50 °С показує зростання показнику границі міцності з додаванням в бітум добавок до його складу, в порівнянні з асфальтобетоном з контрольними зразками без добавки. Міцність модифікованих зразків в середньому збільшилася на 42%.

За температури 20 °С середня міцність зразків зросла на 29%. Добавка Ric-RolyCell хоча збільшила показник до 1.5МПа, проте отриманий показник не відповідає вимогам міцності ДСТУ 8959:2019 [8]. Добавка UP-65k знизилася показник міцності на 38%.

Проведення випробування границі міцності на розтяг при розколі за температури 0 °С в середньому збільшило показники на 47%. Добавки ПКМ та UP-65k не показали значних результатів в порівнянні з контрольними зразками.

Результати досліджень дозволяють припустити, що асфальтобетонне покриття влаштоване з модифікованих сумішей мають підвищені характеристики щодо міцності, опору утворення зсувів та появи колій. Проте

добавки Ric-RolyCell, UP-65, ПКМ показали не значні результати і навіть відбулося зниження показників в порівнянні з контрольними зразками.

Контрольні зразки асфальтобетону, які були виготовлені з використанням не модифікованого бітуму показали, що при 5000 проходах сталевого колеса по одному сліду глибина колії становила 8,56мм. При таких даних подальше випробування даних зразків є недоцільним і було зупинене.

Результати досліджень зразків, що були виготовлені з використанням модифікованих асфальтобетонних сумішей та оцінки накопичення залишкових деформацій у вигляді утворення колій наведення у табл.2.

Таблиця 2

Показники утворення колійності в дрібнозернистому асфальтобетонні

Добавка, відсотковий вміст	Прокатування колеса за гамбурзьким методом при 10000 проходів, 55 °С		Відсоткове зменшення глибини колії в порівнянні з контрольним зразком
Не модифікований асфальтобетон	(Л) 8,45 мм	(П) 8,56 мм	-
Superflex - 4%	(Л) 2,03 мм	(П) 2,43 мм	73%
ПКМ - 4%	(Л) 1,21 мм	(П) 1,2 мм	85%
Road Plus PE - 4 %	(Л) 3,84 мм	(П) 3,61 мм	56%
Starflex - 4,0 %	(Л) 1,14 мм	(П) 1,76 мм	82%
Starflex - 3,5 %	(Л) 2,23 мм	(П) 1,6 мм	77%
Ric-RolyCell - 4%	(Л) за 9000 проходів 6,02 мм	(П) за 9000 проходів 3,0 мм	47%
Elvaloy - 2 %	(Л) 1,18 мм	(П) 1,83 мм	82%
Lotader AX 8900 - 2%	(Л) за 9542 проходів 4,95 мм	(П) за 9542 проходів 6,27 мм	34%
UP-65k - 3 %	(Л) за 3344 проходів 4,47 мм	(П) за 2204 проходів 4,71 мм	46%
Butonal NS 198 -3%	(Л) 3080 за проходів 4,96 мм	(П) 5474 за проходів 3,94 мм	47%

**Висновки.** Аналіз отриманих результатів дослідження показує про суттєвий вплив певних добавок на фізико-механічні показники асфальтобетону. Модифікований дрібнозернистий асфальтобетон типу А за температури 50 °С при одноосьовому навантаженні показав збільшення границі міцності на 42%, а за температури 20 °С середня міцність зразків зросла на 29%. Випробування границі міцності на розтяг при розколі за температури 0 °С в середньому збільшило дані показники на 47%. Випробування на колієвимірному стенді модифікованих зразків показало підвищену стійкість, щодо деформацій та утворенню колії. В середньому покращення колієстійкості модифікованих зразків становить 63% в порівнянні з немодифікованими зразками. Отримані дані свідчать про суттєвий вплив на підвищення довговічності даних дорожніх покриттів та можливість їх експлуатації при більш високих температурах навколишнього середовища. Однак, деякі добавки не впливають на фізико-механічні показники асфальтобетону і його колієстійкості та навіть можуть знижувати їх показники у порівнянні з не модифікованими асфальтобетонами. Тому виникає потреба в більш глибокому дослідженні добавок та їх економічному обґрунтуванні.

1. Мішутін А.В. Фактори, які впливають на стійкість асфальтобетонного покриття до утворення колії / Мішутін А.В., Заволока М.В., Твердохліб О.Л. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2017 вип.№68 С.76 – 85

Mishutin A.V. Faktory, yaki vplyvaiut na stiikest asphaltobetonnoho pokryttia do utvorennia kolii / Mishutin A.V., Zavoloka M.V., Tverdokhlib O.L. // Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, 2017 vyp.№68 S.76 - 85

2. Куцман А.М., Баран С.А., Мерзлякин А.Е., Мозговой В.В. и др. Влияние терморологических процессов на прочность и долговечность асфальтобетонного покрытия жестких дорожных одежд // Дороги и мосты. – 2015. Вып. 34/2. – С.102-112

Kutsman A.M., Baran S.A., Merzlykyn A.E., Mozghovoi V.V. y dr. Vlyaniye termoreolohycheskykh protsessov na prochnost y dolhovechnost asphaltobetonnoho pokrytyia nezhestkykh dorozhnykh odezhd // Dorohy y mosty. – 2015. Vyp. 34/2. – S.102-112

3. Жданюк В.К. Вплив модифікації бітумів на властивості та колієстійкість щebeneво-мастикових асфальтобетонів. / Жданюк В.К. Костін Д.Ю. // Науково-технічний збірник, «Автомобільні дороги та дорожнє будівництво». 2017. №100. С.57-67

Zhdaniuk V.K. Vplyv modyfikatsii bitumiv na vlastyvosti ta koliiestiikest shchebenevo-mastykovykh asphaltobetoniv. / Zhdaniuk V.K. Kostin D.Iu. // Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk, «Avtomobilni dorohy ta dorozhnie budivnytstvo». 2017. №100. S.57-67

4. В.К.Жданюк. Дослідження властивостей дрібнозернистого асфальтобетону з добавкою «TRINIDSD EPURE Z 0/8 / В.К.Жданюк, О.О.Воловик, Д.Ю.Костін // Науково-технічний збірник Містобудування та територіальне планування випуск №40 С.395- 400

V.K.Zhdaniuk. Doslidzhennia vlastyvosteі dribnozernystoho asphaltobetonu z dobavkoіu «TRINIDSD EPURE Z 0/8 / V.K.Zhdaniuk, O.O.Volovyk, D.Iu.Kostin // Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia vypusk №40 S.395- 400

5. Золотарев В.А., Беспалова Л. А., Братчун В.И. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. Пер. с франц. Всемирная дорожная ассоциация. Технический комитет «Нежесткие дороги» (С8). 2003. 229 с

Zolotarev V.A., Bepalova L. A., Bratchun V.Y. Modyfytsyrovannye bytumnye viazhushchye, spetsyalnye bytумы y bytумы s dobavkamy v dorozhnom stroytelstve. Per. s frants. Vsemyrnaia dorozhnaia assotsyatsiya. Tekhnycheskyi komytet «Nezhestkые dorohy» (S8). 2003. 229 s

6. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань - [Чинний від 01.04.2017] - Технічний комітет стандартизації ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди» (ДП «ДерждорНДІ») – (Державний стандарт України).

DSTU B V.2.7-319:2016 Sumishi asfaltobetonna i asfaltobeton dorozhnii ta aerodromnyi. Metody vyprobuvan - [Chynnyi vid 01.04.2017] - Tekhnichniy komitet standartyzatsii TK 307 «Avtomobilni dorohy i transportni sporudy» (DP «DerzhdorNDI») – (Derzhavnyi standart Ukrainy).

7. ДСТУ EN 12697-22:2018 Бітумомінеральні суміші. Методи випробування гарячих асфальтобетонних сумішей. Частина 22. Колійність (EN 12697-22:2003+A1:2007, IDT) - [Чинний від 01.07.2019] - Технічний комітет стандартизації ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди» (ДП «ДерждорНДІ») – (Державний стандарт України).

DSTU EN 12697-22:2018 Bitumomineralni sumishi. Metody vyprobuвання hariachykh asfaltobetonnykh sumishei. Chastyna 22. Koliinist (EN 12697-22:2003+A1:2007, IDT) - [Chynnyi vid 01.07.2019] - Tekhnichniy komitet standartyzatsii TK 307 «Avtomobilni dorohy i transportni sporudy» (DP «DerzhdorNDI») – (Derzhavnyi standart Ukrainy).

8. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови - [Чинний від 01.10.2012] - Національний транспортний університет (НТУ).

DSTU B V.2.7-119:2011 Sumishi asfaltobetonna i asfaltobeton dorozhnii ta aerodromnyi. Tekhnichni umovy - [Chynnyi vid 01.10.2012] - Natsionalnyi transportnyi universytet (NTU).