

УДК 625.7./8

DOI <https://doi.org/10.32782/apcmj.2025.1.11>**Плазій Євген Павлович,**

асистент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд
факультету транспортного будівництва,
Національний транспортний університет,
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9269-4518>
E-mail: eplaziy@gmail.com

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИСПЕРСНО-АРМОВАНИХ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ БАЗАЛЬТОВОЮ ФІБРОЮ

Анотація. Унаслідок збільшення інтенсивності дорожнього руху та впливу навколишнього середовища більшість автомобільних доріг з асфальтобетонними шарами не витримують запланованого терміну служби через наявність різних типів пошкоджень, зокрема й залишкових деформацій у формі колії, зсувів, напливів, тріщин, вибоїн. Застосування мікрОВОЛОКОН в асфальтобетонних сумішах виконує армувальну функцію, яка покращує механічні властивості та характеристики дорожньої конструкції.

Ефективність мікроармування асфальтобетону, його модифікації (мікроармування) короткими волокнами показала, що фізичні властивості, характеристики та зносостійкість асфальтобетону можуть бути поліпшені введенням волокон у невеликій кількості. Ефективність цього методу й армувальний ефект головним чином залежать від природи волокна, що може бути підсилено спеціальною підготовкою поверхні волокна перед використанням.

За допомогою проектування складу асфальтобетону знаходять таке співвідношення компонентів (за масою або об'ємом), за якого забезпечуються оптимальна структура та задані показники технічних властивостей асфальтобетону. З величезної кількості можливих варіантів складу вибрано найраціональніше співвідношення компонентів, яке повніше за інші відповідає конкретним умовам технології виробництва асфальтобетону армованого базальтовою фіброю та роботи матеріалу в конструктивних шарах дорожнього одягу.

Додавання волокон до асфальтобетонних сумішей має значний потенціал для покращення властивостей і ефективності асфальтобетонної суміші. Завдяки зміцненню асфальтобетонної матриці волокна підвищують стійкість до утворення колії, стійкість до розтріскування, стійкість до втоми. Застосування асфальтобетонних сумішей з армувальними мікрОВОЛОКНАМИ дає можливість продовжити термін служби дорожнього одягу.

У роботі наведено результати експериментальних досліджень дисперсно-армованих асфальтобетонних сумішей і асфальтобетонів базальтовою фіброю.

Ключові слова: асфальтобетонне покриття, проектування складу асфальтобетонних сумішей, дисперсно-армований асфальтобетон, базальтова фібра.

Plaziy Yevhen. Conducting experimental studies on dispersion-reinforced asphalt concrete mixtures with basalt fiber

Abstract. Due to the increase in traffic intensity and environmental influences, most roads with asphalt concrete layers do not withstand the planned service life due to the presence of various types of damage, including residual deformations in the form of rutting, landslides, inflows, cracks, potholes. The use of microfibers in asphalt concrete mixtures performs a reinforcing function that improves the mechanical properties and characteristics of the road structure.

The effectiveness of microreinforcement of asphalt concrete and its modification (microreinforcement) with short fibers has shown that the physical properties, characteristics and wear resistance of asphalt concrete can be improved by introducing fibers in a small amount. The effectiveness of this method and the reinforcing effect mainly depend on the nature of the fiber, which can be enhanced by special preparation of the fiber surface before use.

By designing the asphalt concrete composition, a ratio of components (by mass or volume) is found that ensures the optimal structure and specified indicators of technical properties of asphalt concrete. From a huge number of possible composition options, the most rational ratio of components was selected, which more fully than others

corresponds to the specific conditions of the production technology of asphalt concrete reinforced with basalt fiber and the work of the material in the structural layers of the road surface.

The addition of fibers to asphalt concrete mixtures has significant potential to improve the properties and performance of the asphalt concrete mixture. By strengthening the asphalt concrete matrix, fibers increase rutting resistance, cracking resistance, and fatigue resistance. The use of asphalt concrete mixtures with reinforcing microfibers makes it possible to extend the service life of the road surface.

The paper presents the results of experimental studies of dispersion-reinforced asphalt concrete mixtures and asphalt concretes with basalt fiber.

Key words: asphalt concrete pavement, design of asphalt concrete mix composition, dispersion-reinforced asphalt concrete, basalt fiber.

Вступ. Підвищення навантаження на автомобільні дороги та постійне збільшення інтенсивності руху транспортних засобів потребує застосування дорожньо-будівельних матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями. Асфальтобетон є одним із найбільш розповсюджених і ефективних матеріалів, що дозволяє забезпечувати необхідну міцність і довговічність конструкції дорожнього одягу. Однак застосування традиційних матеріалів для його приготування – мінерального матеріалу та дорожніх бітумів має обмежений ресурс, що не завжди відповідає умовам дорожнього руху. Сучасні наукові дослідження в матеріалознавстві дозволяють застосовувати суміші асфальтобетонні й асфальтобетон дорожній з використанням дисперсного армування із застосуванням базальтової фібри [1; 2].

Матеріали та методи. На основі отриманих лабораторних результатів були розроблені рецепти для асфальтобетону, армованого мікрОВОлокнами (рис. 1, 2).

Виконано визначення оптимальної кількості бітуму й оптимальної кількості базальтової фібри завдовжки 3,0, 5,0 мм та 12,0, 24,0 мм (0,2, 0,4, 0,6% від маси заповнювача).

Для застосування базальтового волокна в асфальтобетонній суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-319 [3] було проведено його гранулювання із застосуванням бітумної емульсії ДСТУ Б В.2.7-129 [4] для полегшення технологічних операцій.

Результати. Виконано дослідження з визначення фізичних властивостей досліджуваного асфальтобетону згідно з ДСТУ Б В.2.7-319 [3].

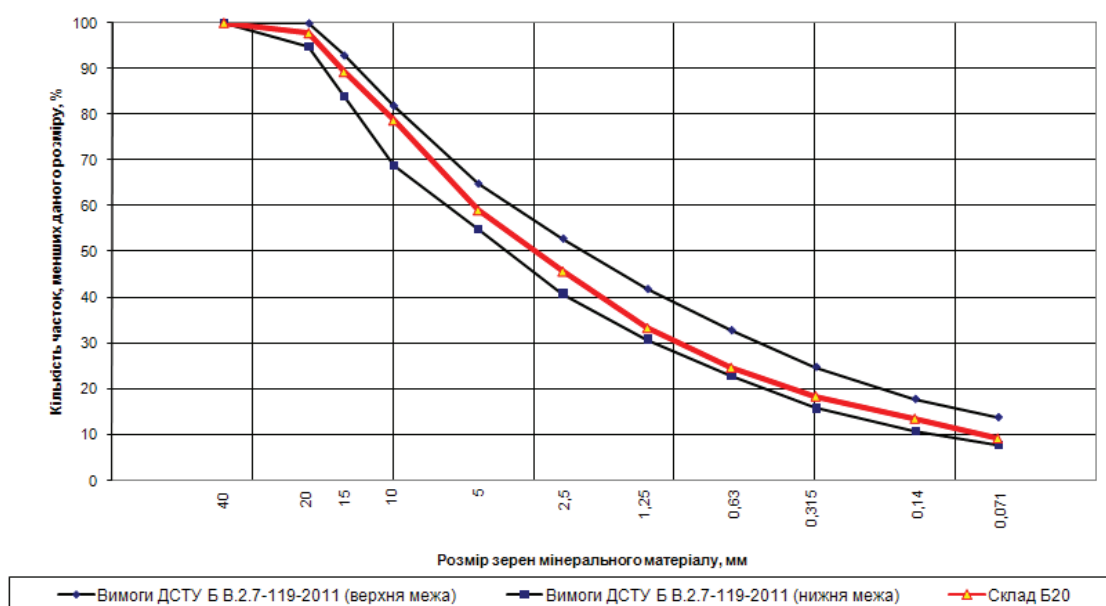


Рис. 1. Розрахунок зернового складу асфальтобетону типу Б-20

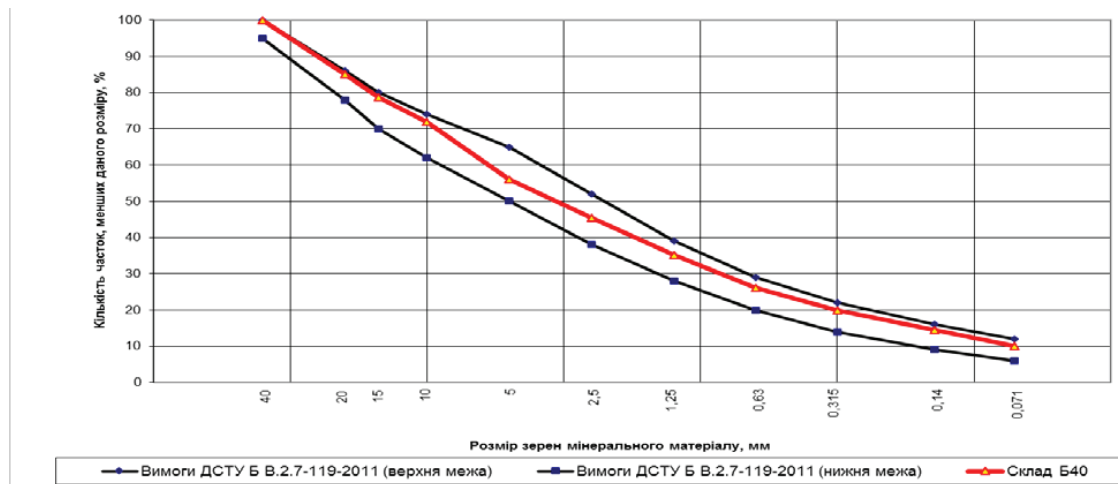


Рис. 2. Розрахунок зернового складу крупнозернистого асфальтобетону типу Б (Б-40), щільного, І марки, непереривчастого складу з максимальною крупністю мінеральних зерен до 40 мм

Визначення середньої щільності ущільненого матеріалу, де випробування полягає у визначенні гідростатичним зважуванням середньої густини зразків досліджуваного асфальтобетону з урахуванням пор, які вони мають. Засоби контролю та допоміжне обладнання – відповідно до ДСТУ Б В.2.7-319 [3].

Зразки асфальтобетону зважують на повітрі. Потім зразки занурюють на 30 хвилин у посудину з водою, яка має температуру $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, таким чином, щоб рівень води в посудині був вище поверхні зразків не менше ніж на 20 мм, після чого зразки асфальтобетону зважують у воді, наглядаючи за тим, щоб на зразках не було бульбашок повітря. Після зважування у воді зразки асфальтобетону обтирають м'якою тканиною і повторно зважують на повітрі.

Середню густину зразка обчислюють за формулою:

$$\rho_{аб} = \frac{g \cdot \rho^B}{g_2 - g_1}, \quad (1)$$

де g – маса зразка, який зважений на повітрі, г;

ρ^B – густина води, яка дорівнює 1 г/см^3 ;

g_1 – маса зразка, який зважений у воді, г;

g_2 – маса зразка, який витриманий протягом 30 хвилин у воді та вдруге зважений на повітрі, г.

За результат визначення середньої густини приймають округлене до другого десяткового знака середньоарифметичне значення результатів визначення середньої густини трьох зразків асфальтобетону.

Визначення водонасичення, де суть методу полягає у визначенні кількості води, яку поглинає зразок за заданого режиму насичення водою. Засоби контролю і допоміжне обладнання – відповідно до ДСТУ Б В.2.7-319 [3].

Зразки, зважені на повітрі й у воді, розміщують у посудині з водою, яка має температуру $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Рівень води над зразками повинен бути не менше 3 см.

Посудину зі зразками встановлюють у вакуумній установці, де створюють і підтримують тиск не більше $2\,000 \text{ Па}$ (15 мм рт. ст.) протягом 1 години, потім тиск доводять до атмосферного, зразки витримують у тій самій посудині за тієї ж температури протягом 30 хв. Після цього зразки видаляють з посудини, зважують у воді, обтирають м'якою тканиною і зважують на повітрі.

Водонасичення зразка W , % обчислюють за формулою:

$$W = \frac{g_5 - g}{g_2 - g_1} \cdot 100. \quad (2)$$

За результат визначення водонасичення приймають округлене до першого десятко-

вого знака середньоарифметичне значення трьох визначень.

Результати дослідження наведено в табл. 1, 2.

Виконано дослідження з визначення механічних властивостей досліджуваного асфальтобетону згідно з ДСТУ Б В.2.7-319 [3].

Суть методу полягає у визначенні навантаження, необхідного для руйнування зразка за заданих умов.

Для випробування готують зразки згідно з ДСТУ Б В.2.7-319 [3]. Перед випробуван-

ням зразки термостатують за заданої температури: (20 ± 2) , (50 ± 2) °C. Зразки з гарячих сумішей витримують за заданої температури протягом 1 години у воді.

Границю міцності за стискання зразків визначають на гідравлічних чи механічних пресах за швидкості переміщення плити преса $(3,0 \pm 0,3)$ мм/хв.

У разі використання гідравлічних пресів швидкість перед проведенням випробування варто встановити за холостого ходу поршня.

Таблиця 1

Визначення фізичних властивостей досліджуваного дрібнозернистого асфальтобетону типу Б-20

Шифр проби	Шифр проби	Середня щільність, г/см ³	Середнє значення середньої щільності, г/см ³	Водонасичення, W, %	Середнє значення водонасичення, W, %
1	2	3	4	5	6
Б-20 без волокон базальту	1.1.1	2,39	2,39	1,42	1,33
	1.1.2	2,39		1,31	
	1.1.3	2,39		1,27	
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 3,0 мм 0,2% від маси заповнювача	2.3.4	2,38	2,38	1,40	1,41
	2.3.5	2,38		1,57	
	2.3.6	2,39		1,26	
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 3,0 мм 0,4% від маси заповнювача	4.3.6	2,37	2,37	2,41	2,21
	4.3.7	2,38		1,88	
	4.3.8	2,37		2,34	
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 4,0 мм 0,6% від маси заповнювача	6.3.6	2,33	2,33	3,33	3,27
	6.3.7	2,33		3,34	
	6.3.8	3,34		3,14	
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 5,0 мм 0,2% від маси заповнювача	2.5.3	2,37	2,38	1,63	1,35
	2.5.4	2,38		1,17	
	2.5.5	2,38		1,26	
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 5,0 мм 0,4% від маси заповнювача	4.5.1	2,35	2,36	2,39	1,86
	4.5.2	2,36		1,41	
	4.5.3	2,36		1,76	
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 5,0 мм 0,6% від маси заповнювача	6.5.7	2,34	2,34	2,54	2,28
	6.5.8	2,34		2,28	
	6.5.9	2,35		2,02	
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 12,0 мм 0,2% від маси заповнювача	2.12.1	2,35	2,36	2,24	1,86
	2.12.2	2,36		1,48	
	2.12.3	2,36		1,85	
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 12,0 мм 0,4% від маси заповнювача	4.12.7	2,35	2,35	3,14	2,90
	4.12.8	2,35		2,79	
	4.12.9	2,36		2,78	
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 12,0 мм 0,6% від маси заповнювача	6.12.4	2,30	2,30	3,70	3,38

Таблиця 2

Визначення середньої щільності та водонасичення за об'ємом зразків-циліндрів, заформованих із крупнозернистої щільної асфальтобетонної суміші типу Б (Б-40)

Шифр проби	Середня щільність, г/см ³	Середнє значення середньої щільності, г/см ³	Водонасичення, W, %	Середнє значення водонасичення, W, %
1	2	3	4	5
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	2,37	2,37	2,56	2,50
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	2,38		2,03	
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	2,37		2,91	
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 5,0 мм	2,37	2,38	1,71	1,15
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 5,0 мм	2,39		0,98	
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 5,0 мм	2,39		0,75	
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 12,0 мм	2,36	2,37	3,96	2,61
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 12,0 мм	2,38		1,83	
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 12,0 мм	2,38		2,05	
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	2,32	2,33	8,28	5,97
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	2,34		5,01	
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	2,34		4,63	
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 24,0 мм	2,36	2,36	3,37	2,95
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 24,0 мм	2,37		2,32	
АСГ.Кр.Щ.А НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 24,0 мм	2,36		3,16	

Зразок, видалений із посудини для термостатування, установлюють у центрі нижньої плити преса, потім опускають верхню плиту та зупиняють її вище рівня поверхні зразка на 1,5–2,0 мм, що може бути досягнуто відповідним підніманням нижньої плити преса. Після цього вмикають електродвигун преса і починають навантаження на досліджуваний зразок. Максимальне значення силовимірювача приймають за руйнівне навантаження.

Межу міцності за стискання $R_{ст}$, МПа, обчислюють за формулою:

$$R_{ст} = \frac{P}{F} \cdot 10^{-2}, \quad (3)$$

де P – руйнівне навантаження, Н;

F – початкова площа поперечного перерізу зразка, см²;

10^{-2} – коефіцієнт перерахунку в МПа.

За результат визначення приймають округлене до першого десяткового знака середньоарифметичне значення випробувань трьох зразків.

Визначення межі міцності на розтягування у процесі розколювання, де суть методу полягає у визначенні навантаження, необхідного для розколювання зразка за твірною.

Засоби контролю та допоміжне обладнання – згідно з ДСТУ Б В.2.7-319 [3].

Для випробування готують зразки згідно з ДСТУ Б В.2.7-319 [3]. Перед випробуванням зразки термостатують за температури $(0 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом 1 години у воді. Температуру $(0 \pm 2)^\circ\text{C}$ створюють змішуванням води та льоду.

Межу міцності на розтягування під час розколювання зразків визначають на пресах за постійної швидкості руху плити преса $(3,0 \pm 0,3)$ мм/хв.

У разі використання гідравлічних пресів цю швидкість перед проведенням випробування варто встановити за холостого ходу поршня.

Зразок, видалений із посудини для термостатування, установлюють у центрі нижньої плити преса, потім опускають верхню плиту і зупиняють її вище рівня поверхні зразка на 1,5–2,0 мм, що може бути досягнуто відповідним підніманням нижньої плити преса. Після цього вмикають електродвигун преса і починають навантаження на зразок. Максимальне значення силовимірника приймають за руйнівне навантаження.

Межу міцності на розтягування під час розколювання $R_{ст}$, МПа, обчислюють за формулою:

$$R_p = \frac{P}{h \cdot d} \cdot 10^{-2}, \quad (4)$$

де P – руйнівне навантаження, Н;

h – висота зразка, см;

d – діаметр зразка, см;

10^{-2} – коефіцієнт перерахунку в МПа.

За результат визначення приймають округлене до першого десяткового знака середньоарифметичне значення випробувань трьох зразків.

Результати дослідження наведено в табл. 3, 4.

Висновки. Отримані результати досліджень фізико-механічних властивостей дрібнозернистої асфальтобетонної суміші типу

Таблиця 3

Фізико-механічні показники зразків-циліндрів із заформованих із дрібнозернистої асфальтобетонної суміші Б-20

Шифр проби	коефіцієнт водостійкості	Границя міцності за стиску, МПа, за температури:				Границя міцності за розколювання за 0 °С
		0 °С середнє значення	20 °С середнє значення	20 °С водне середнє значення	50 °С середнє значення	
Б-20 без волокон базальту	1,00	11,41	4,75	4,95	1,20	4,42
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 3,0 мм 0,2% від маси заповнювача	0,76	11,23	7,89	6,03	2,42	4,21
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 3,0 мм 0,4% від маси заповнювача	0,99	8,09	4,99	4,98	1,37	4,03
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 4,0 мм 0,6% від маси заповнювача	0,92	7,85	5,61	5,15	1,50	3,78
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 5,0 мм 0,2% від маси заповнювача	1,00	8,10	4,87	5,41	1,58	3,29
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 5,0 мм 0,4% від маси заповнювача	1,00	10,11	5,70	5,91	2,16	3,04
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 5,0 мм 0,6% від маси заповнювача	1,00	8,81	5,86	5,95	1,61	3,92
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 12,0 мм 0,2% від маси заповнювача	0,93	9,72	6,19	5,78	2,56	4,25
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 12,0 мм 0,4% від маси заповнювача	1,00	8,68	4,52	4,68	1,29	3,56
Б-20 із кількістю волокон базальту розміром 12,0 мм 0,6% від маси заповнювача	1,00	9,36	4,97	5,12	1,05	3,83

Таблиця 4

Фізико-механічні показники зразків-циліндрів із заформованих із дрібнозернистої асфальтобетонної суміші Б-40

Шифр проби	Границя міцності за стиску, МПа, за температури:			Границя міцності за розколювання за 0 °С
	0 °С	20 °С	50 °С	
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	6,76	4,00	0,89	3,17
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	6,95	4,33	1,01	3,25
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	6,81	4,14	0,93	3,19
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 5,0 мм	7,96	6,13	1,40	4,19
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 5,0 мм	7,84	5,77	1,47	3,94
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 5,0 мм	7,75	5,65	1,37	3,81
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 12,0 мм	7,54	5,60	1,34	3,67
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 12,0 мм	7,79	5,46	1,29	3,88
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 12,0 мм	7,63	5,52	1,23	3,79
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	6,36	4,04	0,91	3,21
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	6,70	4,20	1,11	3,36
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40)	6,91	4,29	1,13	3,40
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 24,0 мм	8,06	4,99	1,24	3,52
АСГ.Кр.Щ.Б НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 24,0 мм	7,90	4,75	1,18	3,40
АСГ.Кр.Щ.А НП.І. (Б-40) Базальтова фібра 24,0 мм	8,13	5,04	1,31	3,64

(Б-20) та асфальтобетону дрібнозернистого з максимальною крупністю зерен 20 мм типу (Б-20) із використанням базальтової фібри завдовжки 3,0, 5,0, 12,0 мм у кількості від 0,2 до 0,6% відповідають усім вимогам згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [5].

За фізико-механічними властивостями крупнозернистий щільний асфальтобетон типу Б з максимальним розміром зерен 40 мм (Б-40), з додаванням базальтової фібри завдовжки 5,0, 12,0, 24,0 мм у кількості 0,4% від маси сухої мінеральної суміші понад 100% відповідає вимогам ДСТУ Б В.2-7-119 [5] за такими показниками, як середня щільність, водонасичення за об'ємом, межа міцності за стиску за температури 0, 20 та 50°C.

Результати випробувань межі міцності на стиск R_0 за температури 0 °С крупнозер-

нистого щільного асфальтобетонну типу Б із максимальним розміром зерен 40 мм (Б-40), з додаванням базальтової фібри завдовжки 5,0, 12,0, 24,0 мм, показали збільшення показника R_0 у (Б-40) у разі додавання базальтової фібри завдовжки 5,0 мм на 15%, за умови додавання базальтової фібри завдовжки 12,0 мм – на 12%, а за додавання базальтової фібри завдовжки 24,0 мм – на 21% порівняно із крупнозернистим щільним асфальтобетонном типу Б.

Результати випробувань межі міцності на стиск R_{20} за температури 20 °С крупнозернистого щільного асфальтобетонну типу Б із максимальним розміром зерен 40 мм (Б-40), з додаванням базальтової фібри завдовжки 5,0, 12,0, 24,0 мм, показали збільшення показника R_{20} у (Б-40) за додавання базальтової фібри

завдовжки 5,0 мм на 41%, у разі додавання базальтової фібри завдовжки 12,0 мм – на 28%, за додавання базальтової фібри завдовжки 24,0 мм – на 17%, порівняно із крупнозернистим щільним асфальтобетоном типу Б.

Результати випробувань межі міцності на стиск R_{50} за температури 50 °С крупнозернистого щільного асфальтобетону типу Б із максимальним розміром зерен 40 мм (Б-40) з додаванням базальтової фібри завдовжки 5,0, 12,0, 24,0 мм показали збільшення показ-

ника R_{50} у (Б-40) за додавання базальтової фібри завдовжки 5,0 мм на 50%, за додавання базальтової фібри завдовжки 12,0 мм – на 37%, у разі додавання базальтової фібри завдовжки 24,0 мм – на 18%, порівняно із крупнозернистим щільним асфальтобетоном типу Б.

Результати дослідження свідчать, що застосування асфальтобетонів, армованих базальтовою фіброю, є ефективним заходом, що може підвищити фізико-механічні властивості асфальтобетону.

Список використаних джерел:

1. Онищенко А.М., Гаркуша М.В., Плазій Є.П. Аналіз і узагальнення існуючого досвіду щодо застосування та впливу армуючих мікрОВОЛОКОН на властивості асфальтобетонів. *Дороги і мости*. 2024. № 29. С. 115–130. URL: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.29.115>.
2. Онищенко А.М., Гаркуша М.В., Плазій Є.П., Федоренко О.В. Дослідження впливу ефективності застосування асфальтобетону, армованого базальтовою фіброю. *Дороги і мости*. 2021. № 23. С. 117–128. URL: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.23.117>.
3. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань: ДСТУ Б В.2.7-319:2016. (Чинний від 01.04.2017 р.). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 75 с.
4. Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-129:2013. (Чинний від 01.04.2014 р.). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. 24 с.
5. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-119:2011. (Чинний від 01.10.2012 р.). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2011. 21 с.

References:

1. Onyshchenko, A.M., Harkusha, M.V., & Plaziy, E.P. (2024). Analiz ta uzahal'ennya isnuuyuchoho dosvidu shchodo zastosuvannya ta vplyvu armuyuchykh mikrovolocon na vlastyvoli asfal'tobetoniv [Analysis and generalization of existing experience in the application and influence of reinforcing microfibers on the properties of asphalt concrete]. *Roads and Bridges*, 29. 115–130. Retrieved from <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.29.115> [in Ukrainian].
2. Onyshchenko, A.M., Harkusha, M.V., Plaziy, E.P., & Fedorenko, O.V. (2021). Doslidzhennya vplyvu efektyvnosti zastosuvannya asfal'tobetonu, armovanoho bazal'tovoyu fibroyu [Research into the influence of the effectiveness of the use of asphalt concrete reinforced with basalt fiber]. *Roads and Bridges*, 23. 117–128. Retrieved from <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.23.117> [in Ukrainian].
3. Sumishi asfal'tobetonni i asfal'tobeton dorozhniy ta aerodromnyy. Metody vyprobuvan' [Asphalt concrete mixtures and asphalt concrete for roads and airfields. Test methods]. (2016). *DSTU B V.2.7-319:2016 from 1st April, 2017*. Kyiv: DP "UkrNDNTS" [in Ukrainian].
4. Emul'siyi bitumni dorozhni. Tekhnichni umovy [Bitumen road emulsions. Technical conditions]. (2013) *DSTU B V.2.7-129:2013 from 1st April, 2014*. Kyiv: DP "UkrNDNTS" [in Ukrainian].
5. Sumishi asfal'tobetonni i asfal'tobeton dorozhniy ta aerodromnyy. Tekhnichni umovy [Asphalt concrete mixtures and asphalt concrete for roads and airfields. Technical conditions]. (2011) *DSTU B V.2.7-119:2011 from 1st October, 2012*. Kyiv: DP "UkrNDNTS" [in Ukrainian].