https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.23.117

УДК 625.7/.8

Онищенко А. М.[1], *д-р техн. наук, доц., https://orcid.org/0000-0002-1040-4530*
Гаркуша М. В.[1], *канд. техн. наук, доц., https://orcid.org/0000-0002-5388-0561*
Плазій Є. П.[1], *https://orcid.org/0000-0002-9269-4518*
Федоренко О. В.[2], *https://orcid.org/0000-0002-3464-597X*

[1] *Національний транспортний університет, м. Київ, Україна*
[2] *Комунальна корпорація «Київавтодор», м. Київ, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОНУ, АРМОВАНОГО БАЗАЛЬТОВОЮ ФІБРОЮ

Анотація

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 і асфальтобетон дорожній з використанням базальтової фібри.

Застосовувати сумішей асфальтобетонних і асфальтобетону дорожнього з використанням базальтової фібри, дає можливість підвищити механічні характеристики – міцність на розтяг та стійкості до втоми від дії повторних навантажень, що підвищує тріщиностійкість асфальтобетонних шарів конструкцій дорожнього одягу, а також стійкості до зміни форми, що підвищує стійкість асфальтобетону до накопичення залишкових деформацій.

Проблематика. Із літературного аналізу встановлено, що покриття нежорсткого дорожнього одягу перебуває у складних умовах експлуатації, що підтверджується інтенсивним зростанням дефектів у вигляді колії, зсувів, напливів, тріщин, у зв'язку з ростом параметрів транспортних навантажень та високих літніх температур, тому існує необхідність в застосуванні нових матеріалів.

Мета. Полягає в дослідженні впливу ефективності застосування асфальтобетону армованого базальтовою фіброю.

Результати. Отримано результати фізико-механічних властивостей асфальтобетонів із застосуванням базальтової фібри. Отримано результати утворення залишкових деформацій у вигляді колії в асфальтобетоні із застосуванням базальтової фібри. В результаті проведених досліджень виконано аналіз ефективності застосування базальтової фібри в асфальтобетонній суміші.

На основі проведених досліджень встановлено основні вимоги до асфальтобетонної суміші із застосуванням базальтової фібри

Висновки. Результати досліджень знайшли застосування при розробці нормативних документів для проектування, будівництва та ремонту асфальтобетонних шарів автомобільних доріг України.

Ключові слова: асфальтобетон дорожній з базальтовою фіброю, асфальтобетонні суміші з базальтовою фіброю, навантаження, покриття, стійкість, температура.

Актуальність роботи

На даний час на автомобільних дорогах України, як і в цілому світі, переважають нежорсткі дорожні одяги з асфальтобетонними шарами. Такі дорожні одяги нерідко під дією транспортного навантаження досить швидко руйнуються та вимагають передчасних ремонтів. Руйнування проявляються різною мірою в залежності від режиму і характеру навантаження. В останні роки для підвищення довговічності асфальтобетонів на практиці досить широко застосовують армуючі матеріали у вигляді дисперсно розподілених мікроволокон.

Одним з перспективних матеріалів для дисперсного армування є базальтова фібра. На даний час розроблені технології виробництва з гірських базальтових порід штапельного та безперервних волокон. Базальтові волокна і матеріали на їх основі мають високі конструкційні властивості. Температурний інтервал застосування базальтової фібри становить від мінус 270 °С до плюс 700 °С, їх гігроскопічність менше ніж 1 %. Базальтові волокна відносяться до першого гідролітичного класу по кислотності, лужності, паростійкості. Аналіз результатів досліджень [1–5], показує: армування асфальтобетонів базальтовою фіброю може значно підвищити модуль пружності, міцність на розтяг, опір циклічній втомі, а, ймовірно, і зсувостійкість асфальтобетону.

Застосування базальтової фібри для армування асфальтобетонів в дорожньому будівництві дозволяє істотно підвищити характеристики міцності, тріщиностійкість, збільшити терміни і міжремонтні ресурси експлуатації дорожніх покриттів.

Експериментальні дослідження

Предмет дослідження

Проведення експериментальних досліджень впливу базальтової фібри розміром 5,0 мм, 12 мм на властивості асфальтобетону щільного, типу Б, неперервчастої гранулометрії, марки І, на бітумі БНД 60/90, (з максимальним розміром заповнювача до 20 мм) в кількості 0,2 %; 0,4 %; 0,6 % від маси заповнювача.

Вимоги до складу сумішей

Зерновий склад мінеральної частини та орієнтовна кількість бітуму $АС_{БФ}$ відповідає вимогам [6].

Підбір складу асфальтобетонних сумішей виконано згідно з додатком А ДСТУ ХХХХ-202Х [6].

Визначення середньої щільності та водонасичення

Випробування проводилося згідно з ДСТУ Б В.2.7-319 [7]. Результати дослідження середньої щільності та водонасичення асфальтобюетону з базальтовою фіброю наведені в **табл. 1**.

Таблиця 1

Визначення фізичних властивостей асфальтобетону

Кількість базальтової фібри	Середнє значення середньої щільності, г/см^3	Середнє значення водонасичення, W, %
Тип Б без базальтової фібри	2,39	1,33
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 5,0 мм 0,2 % від маси заповнювача	2,38	1,35
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 5,0 мм 0,4 % від маси заповнювача	2,36	1,86
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 5,0 мм 0,6 % від маси заповнювача	2,34	2,28

Кінець таблиці 1

Кількість базальтової фібри	Середнє значення середньої щільності, г/см^3	Середнє значення водонасичення, W, %
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 12,0 мм 0,2 % від маси заповнювача	2,36	1,86
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 12,0 мм 0,4 % від маси заповнювача	2,35	2,70
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 12,0 мм 0,6 % від маси заповнювача	2,32	3,08

Визначення механічних властивостей

Випробування проводилося згідно з ДСТУ Б В.2.7-319 [7]. Результати дослідження границі міцності при стисканні асфальтобюетону з базальтовою фіброю наведені в **табл. 2**.

Таблиця 2

Визначення границі міцності при стисканні асфальтобюетону з базальтовою фіброю

Кількість базальтової фібри	Границя міцності при стиску, МПа, за температури:			
	0 °С середнє значення	20 °С середнє значення	20 °С водонасичене середнє значення	50 °С середнє значення
Тип Б без базальтової фібри	11,41	4,75	4,95	1,20
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 5,0 мм 0,2 % від маси заповнювача	8,10	4,87	5,41	1,58
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 5,0 мм 0,4 % від маси заповнювача	10,11	5,70	5,91	2,16
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 5,0 мм 0,6 % від маси заповнювача	8,81	5,86	5,95	1,61
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 12,0 мм 0,2 % від маси заповнювача	9,72	6,19	5,78	2,56
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 12,0 мм 0,4 % від маси заповнювача	9,36	4,97	5,12	1,29
Тип Б ($Б_{БФ}$) з кількістю базальтової фібри розміром 12,0 мм 0,6 % від маси заповнювача	8,68	4,52	4,68	1,05

Визначення показника накопичення залишкових деформацій у вигляді колії

Методика полягає у випробуванні на стійкість до накопичення залишкових деформацій

зразка-плити із асфальтобетонної суміші з базальтовою фіброю типу Б ($Б_{БФ}$), I марки (з максимальною крупністю зерен 20 мм) на бітумі марки БНД 60/90 з використанням волокон базальту розміром 5,0 мм та 12,0 мм у кількості 0,2 %, 0,4 %, 0,6 % від маси заповнювача при підвищених температурах шляхом циклічного його навантаження через випробувальне колесо. Випробування зразків на стійкість до накопичення залишкових деформацій виконували на секторному пресі огумленим сталевим колесом діаметром (203,5 ± 1) мм, при навантаженні на колесо (700 ± 10) Н, за температури (+50 ± 1) °С. Максимальна кількість прикладених навантажень на досліджувані зразки становила 10000 проходів сталевого колеса по одному сліду [8, 9].

Зразок у формі розташовують на рухомій платформі, що здійснює зворотно-поступальний рух. На зразок встановлюють спеціальний навантажувальний пристрій у вигляді випробувального колеса та пристрій для вимірювання глибини колії. Випробування здійснюються шляхом повторного прокочування завантаженого колеса по поверхні підготовленого зразка-плити при заданій температурі з послідуючим вимірюванням глибини колії як характеристики стійкості досліджуваних дрібнозернистих асфальтобетонів до накопичення залишкових деформацій.

Результати дослідження наведено на **рис. 1**.

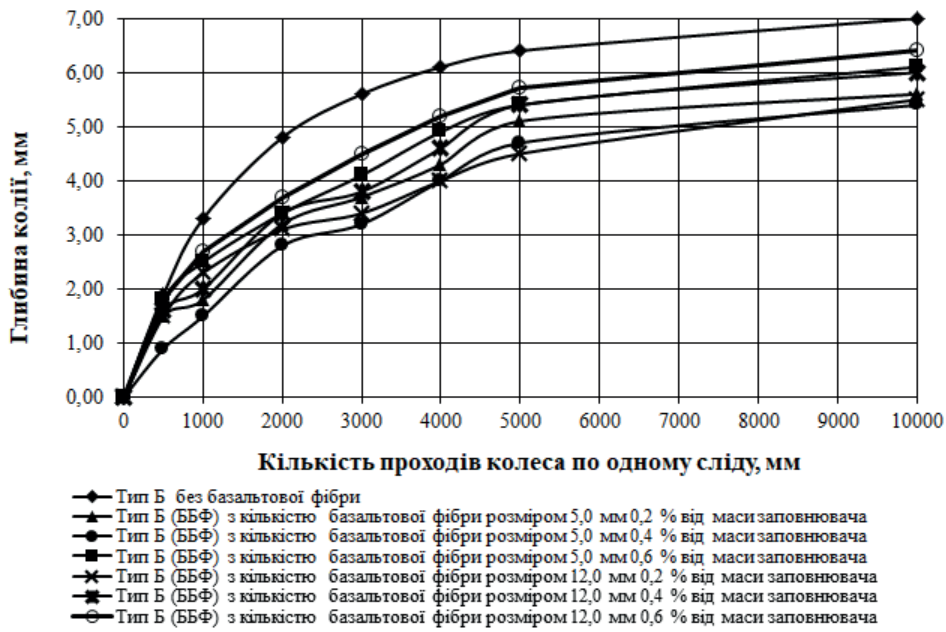

Рисунок 1 — Визначення залишкових деформацій у вигляді колії дрібнозернистого асфальтобетону типу Б, I марки з використанням базальтової фібри розміром 5,0 мм та 12,0 мм у кількості 0,2 %, 0,4 %, 0,6 % від маси заповнювача

Встановлення основних вимог до асфальтобетонної суміші із застосуванням базальтової фібри

Вимоги до матеріалів

Матеріали для приготування асфальтобетонної суміші з базальтовою фіброю повинні відповідати вимогам ДСТУ XXXX-202X [6].

Вимоги до базальтової фібри

Базальтова фібра повинна мати сертифікат відповідності або декларацію постачальника про відповідність згідно з ДСТУ ISO/IEC 17050-1, ДСТУ ISO/IEC 17050-2 [10, 11].

Базальтова фібра повинна відповідати вимогам нормативних документів України та виготовлятися згідно з технічних умов на неї.

Для виробництва базальтової фібри застосовують вивержені вулканічні породи (базальт, габродіабаз, діабаз, долерит, порфірит, амфібол і т.п.), а також суміші перерахованих порід, що забезпечують отримання базальтової фібри відповідно до вимог цього стандарту і пройшли радіологічний контроль (радіонуклідів Аеф не більше 740 Бк/кг).

Базальтова фібра виготовляється з безперервних елементарних ниток або ровінгів з базальтів різних типів.

При виготовленні базальтової фібри використовують технологічні, прямі змащувачі.

Базальтова фібра не горюча, не вибухонебезпечна, не токсична.

Базальтова фібра виготовляється з ровінгу або комплексних ниток шляхом його рубання. Ровінг виготовляють з діаметром елементарних ниток від 7 мкм до 20 мкм, із застосуванням замаслювача та лінійною щільністю від 45 текс до 7 000 текс.

Фібра та/або ровінг базальтові виготовляється з комплексних ниток, які виготовлені з елементарних ниток (монофіломенти базальтові).

Директ-ровінгу виготовляється з елементарних ниток, які отримують шляхом витягування базальтового розплаву через отвори у фільєрних живильниках з послідуючим змочуванням утворених ниток замаслюючою рідиною з полімеризацією.

Показники властивостей базальтової фібри, які застосовуються для $АС_{БФ}$ наведені в **табл. 3**.

Таблиця 3

Характеристика базальтової фібри

Ч. ч.	Назва показників	Значення	Визначення
1	Діаметр елементарного волокна, мкм	7 — 20	ГОСТ 6943.17 [12], ISO 5025 [13]
2	Довжина фібри, мм	5 — 12	ДСТУ ISO 1888 [14]
3	Щільність, кг/м^3	2 600 — 3 000	ISO 1889 [15], ISO 15100 [16]
4	Міцність при розтягу елементарних ниток, МПа, не менше ніж	1100	ДСТУ ISO 2062 [17]
5	Міцність на розтяг (випробування сухого пучка), мН/текс, не менше ніж	550	ASTMD 3822 [18]
6	Модуль пружності, кг/мм^2	8 500 — 11 000	ДСТУ ISO 6892-1 [19], ASTM C1557 [20]
7	Питоме розривне навантаження, мН/текс, не менше ніж	200	ДСТУ ISO 6892-1 [19], ASTM D2343 [21]
8	8 Розривне навантаження елементарних ниток, МПа, не менше ніж	1 300	ДСТУ ISO 6892-1[19]
9	Відносне подовження при розриві, %	1,5 — 3,1	ISO 3341 [22], ASTM D5034 [23]
10	Температуростійкість, ° С	мінус 260 — 700	ISO 11357-3 [24]
11	Залишкова міцність при розтягу кг/мм^2 за температури 20 °С	100	ДСТУ EN ISO 527-1 [25]

Кінець таблиці 3

Ч. ч.	Назва показників	Значення	Визначення
12	Хімічна стійкість волокна (втрата маси після 3 годин кип'ятіння), % не більше ніж H_2O NaOH (20% водний розчин)	 1,6 2,75	ISO 175 [26]
13	Втрата міцності базальтового волокна (150–200 елементарних ниток у волокні), % не більше ніж (після 2 год кип'ятіння) NaOH (10 % водний розчин)	30	ASTM C 1557 [20]
14	Вміст вологи, %	не більше ніж 1,0	ISO 3344 [27]
15	Масова частка змащувача, % технологічний прямий	 не більше ніж 1,0 не менше ніж 0,3	ISO 3344 [27]

Для армування асфальтобетону базальтова фібра повинні мати довжину від 5 мм до 12 мм, вологість не більше ніж 1 %, повинна не комкуватися та не злипатися. Базальтові волокна не повинні містити забруднюючих домішок.

У базальтовій фібрі не допускаються такі дефекти зовнішнього вигляду:

– яскраво виражена різнотінність;
– масляні плями, забруднюючі домішки.

Базальтова фібра повинна легко і рівномірно розсипатися на окремі нитки (при умові не застосування базальтової фібри в гранульованому вигляді), не комкуватися і не злипатися.

Оптимальна кількість фібри визначається при підборі складу асфальтобетонної суміші, армованого базальтовою фіброю та, орієнтовно, знаходиться в межах від 0,3 % до 0,6 % від маси заповнювача.

Обґрунтування придатності базальтової фібри і оптимального їх вмісту в $АС_{БФ}$ визначають безпосередньо проведенням випробування зразків асфальтобетону, приготовлених з їх використанням згідно з ДСТУ Б В.2.7-319 [7].

Вимоги до виробництва, укладання та ущільнення асфальтобетонних сумішей з базальтовою фіброю

Асфальтобетонну суміш виробляють, зберігають, укладають та ущільнюють відповідно до вимог цього стандарту за технологічною документацією, що розроблена згідно з ДБН А.3.1-5 [28] та затверджена в установленому порядку.

Температура кам'яних матеріалів на виході з сушильного барабану для асфальтобетонних сумішей з базальтовою фіброю має бути на (15–20) °С вища за температуру нагрівання в'яжучого.

Указані температури уточнюють експериментально для кожного запроектованого складу асфальтобетонної суміші в конкретних умовах виробництва.

Допустима похибка дозування компонентів під час виробництва суміші не повинна перевищувати для щебеню і піску ± 3 %, мінерального порошку та в'яжучого ± 1,5 %, базальтової фібри ± 5,0 %, від маси відповідних компонентів. Відхилення зернового складу мінеральної частини асфальтобетонної суміші в межах вимог **табл. 6** не допускається.

Асфальтобетонну суміш з базальтовою фіброю готують в асфальтобетонних установках, обладнаних лінією подачі і дозування базальтового волокна.

Система дозування базальтового волокна може бути об'ємна або вагова.

Технологічний процес приготування суміші рекомендується виконувати в наступному

порядку:

– пофракційне дозування гарячих мінеральних матеріалів (щебеню і піску), холодного мінерального порошку, холодної базальтової фібри, гарячого бітуму;

– подача віддозованих мінеральних матеріалів в змішувач;

– подача віддозованих мінерального порошку та базальтового волокна (з одного або двох дозаторів);

– «сухе» перемішування мінеральних матеріалів з мінеральним порошком і базальтовим волокном (15–20) с;

– подача віддозованого бітуму в змішувач і вологе перемішування мінеральних матеріалів з бітумом (20–30) с;

– вивантаження готової суміші в накопичувальний бункер або кузов автомобіля-самоскида.

Забороняється додавати базальтову фібру в готову асфальтобетонну суміш, щоб уникнути утворення грудок і «їжаків» базальтової фібри.

Асфальтобетонну суміш з базальтовою фіброю укладають асфальтоукладачем і ущільнюють ланкою катків, що забезпечує необхідний темп будівництва шару асфальтобетонного покриття.

Укладання та ущільнення асфальтобетонної суміші з базальтовою фіброю ведуть за типовими технологічними схемами з особливим контролем температурного режиму.

Всі роботи по підготовці поверхні основи або нижнього шару покриття слід проводити в суху погоду, на сухому нижньому шарі при температурі повітря не нижче плюс 5 °С і силі вітру не більше 6 м/с.

Обробку поверхні нижчого шару бітумом (бітумною емульсією) виконують на всю ширину укладання щільним шаром без розривів.

Температура бітуму повинна становити від 140 °С до 160 °С, температура бітумної емульсії при температурі повітря 20 °С і вище, рівна температурі повітря, при температурі повітря нижче ніж 20 °С — температура бітумної емульсії не нижче ніж 50 °С.

Температура асфальтобетонної суміші в автомобілях-самоскидах на місці укладання, на початку ущільнення покладеної суміші і в кінці процесу ущільнення повинна відповідати вимогам **табл. 4**.

Таблиця 4

Температура асфальтобетонної суміші з базальтовою фіброю при транспортуванні та влаштуванні

Ч. ч.	Марка в'яжучого	Температура, °С		
		в автомобілі-самоскиді на місці укладання (не нижче ніж)	в шарі на початку укладання (не вище ніж)	в шарі в кінці укладання (не нижче ніж)
1	БМПА 50/70-60	175	150	115
2	БМПА 70/100-55,	170	145	110
3	БМПА 100/150-50	160	140	105

Товщина ущільненого шару дорожнього покриття із асфальтобетонної суміші повинна бути не меншою двох з половиною діаметрів максимального розміру щебеню та відповідати вимогам ДБН В.2.3-4 [29].

Влаштування асфальтобетонних шарів із застосуванням базальтової фібри

Асфальтобетонна суміш з базальтовою фіброю застосовувалася на об'єктах транспортної інфраструктури, рис. 2–4.

Рисунок 2 — Влаштування асфальтобетонного покриття по вул. Механізаторів, м. Київ

Рисунок 3 — Влаштування асфальтобетонного покриття по вул. Міжнародна, м. Київ

Рисунок 4 — Влаштування асфальтобетонного покриття Міст через р. Дніпро на км 23+068 автомобільної дороги Н-16 Золотоноша – Черкаси – Сміла – Умань, Черкаська область

Висновки

Введення базальтової фібри в гарячі асфальтобетонні суміші забезпечує тріщиностійкість покриття та формування стійкої структури асфальтобетону до коливань температури, що також сприятиме підвищенню зсувостійкості асфальтобетону. Завдяки дисперсному армуванню асфальтобетонні покриття мають високі показники міцності на розтяг при згині та значну зсувостійкість. Можна прогнозувати збільшення строку служби дорожнього покриття у 1,5 рази.

Результати досліджень було впроваджено під час улаштування асфальтобетонних шарів на автомобільних дорогах України.

Список літератури

1. Крылов Б.А. Фибробетон и его свойства (Обзор). Москва, 1979. 45 с.
2. Джигис Д.Д., Махова М.Ф., Сергеев В.П. Базальтоволоконные материалы (Обзор). *Промышленные строительные материлы*. Москва, 1989. 6 (3). 72 с.
3. Андреев И.А., Губарин Н.И., Демченко Ю.Н. Исследование грубых базальтовых волокон в цементо-волокнистых строительных композициях. *Химическое машиностроение.* 1985. С. 51–54.
4. Сытник Н.И., Махова М.Ф., Зинченко Ю.Н. Стойкость грубых базальтовых волокон в твердеющем цементе. *Строит. Матер. Констр*. Москва 1985. Том 3. С. 35–36.
5. Гамеляк И.П. Разработка методики рационального конструирования дорожных одежд со слоями из дисперсно-армированого асфальтобетона : автореф. дис. … канд. техн. наук. Москва, 1992. 20 с.
6. ДСТУ XXXX-202X Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон дорожній з базальтовою фіброю. Технічні умови (Інформація та документація).
7. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань. Київ, 2016. 64 с. (Інформація та документація).
8. СОУ 45.2-00018112-020:2009 Будівельні матеріали. Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій. Київ, 2009. 12 с. (Інформація та документація).
9. СОУ 45.2-00018112-039:2008 Будівельні матеріали. Способи оцінки стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії. Методи випробувань. Київ, 2008. 15 с. (Інформація та документація).
10. ДСТУ ISO/IEC 17050-1:2006 Оцінювання відповідності. Декларація постачальника про відповідність. Частина 1. Загальні вимоги. Київ, 2007. 11 с. (Інформація та документація).
11. ДСТУ ISO/IEC 17050-2:2006 Оцінювання відповідності. Декларація постачальника про відповідність. Частина 2. Підтверджувальна документація. Київ, 2007. 6 с. (Інформація та документація).
12. ГОСТ 6943.17-94 Стекловолокно. Ткани. Нетканые материалы. Метод определения ширины и длины. Москва, 1996. 8 с. (Інформація та документація).
13. ISO 5025:2017 Reinforcement products — Woven fabrics — Determination of width and length. 2017. 4 p. (Інформація та документація).
14. ДСТУ ISO 1888:2009 (ISO 1888:2006, IDT) Скловолокно. Елементарні волокна чи нитки. Метод визначення середнього діаметра. Київ, 2018. 8 с. (Інформація та документація).
15. ISO 1889:2009 Reinforcement yarns — Determination of linear density. 2009. 6 p. (Інформація та документація).
16. ISO 15100:2000. Plastics — Reinforcement fibres — Chopped strands — Determination of bulk density. 2000. 4 p. (Інформація та документація).
17. ДСТУ ISO 2062:2004 (ISO 2062:1995, IDT) Текстиль. Пряжа з паковань. Визначення розривального навантаження та видовження під час розриву. Київ, 2006. 12 с. (Інформація та документація).
18. ASTM D3822 Standard test method for tensile properties of single textile fibers. 2020. 11 p. (Інформація та документація).
19. ДСТУ ISO 6892-1:2019 (ISO 6892-1:2016, IDT) Металеві матеріали. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури. Київ, 2020. 75 с. (Інформація та документація).
20. ASTM C1557 Standard test method for tensile strength and young’s modulus of fibers. 11 p. (Інформація та документація).

21. ASTM D2343 Standard test method for tensile properties of glass fiber strands, yarns, and rovings used in reinforced plastics. 2017. 7 p. (Інформація та документація).

22. ISO 3341:2000 Textile glass — Yarns — Determination of breaking force and breaking elongation. 2000. 7 p. (Інформація та документація).

23. ASTM D5034 Standard test method for breaking strength and elongation of textile fabrics (Grab Test). 2017. 8 p. (Інформація та документація).

24. ISO 11357-3:2018 Plastics — Differential scanning calorimetry (DSC) — Part 3: Determination of temperature and enthalpy of melting and crystallization. 2018. 6 p. (Інформація та документація).

25. ДСТУ EN ISO 527-1:2017 Пластмаси. Визначення властивостей під час розтягування. Частина 1. Загальні принципи (EN ISO 527-1:2012, IDT; ISO 527-1:2012, IDT). Київ, 2018. 22 с. (Інформація та документація).

26. ISO 175:2010 Plastics — Methods of test for the determination of the effects of immersion in liquid chemicals. 2010. 20 p. (Інформація та документація).

27. ISO 3344:1997 Reinforcement products — Determination of moisture content. 1997. 5 p. (Інформація та документація).

28. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. Київ, 2016. 51 с. (Інформація та документація).

29. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування Частина ІІ. Будівництво. Київ, 2015. 104 с. (Інформація та документація).

References

1. Krylov B.A. Fibrobeton i ego svoystva (Obzor) [Fiber concrete and its properties (Review)]. *Industrial building materials*. Moscow, 1979. (4). P. 45. [in Russian].

2. Dzhigis D.D., Makhova M.F., Sergeev V.P. Bazaltovolokonnyye materialy (Obzor) [Basalt fiber materials (Review)]. *Industrial. Builds. Mater*. Moscow, 1989. 6 (3). P 72. [in Russian].

3. Andreev I.A., Gubarin N.I., Demchenko Yu.N. Issledovaniye grubykh bazaltovykh volokon v tsemento-voloknistykh stroitelnykh kompozitsiyakh [Investigation of coarse basalt fibers in cement-fiber building compositions]. *Chem. Mash.* 1985. P. 51–54. [in Russian].

4. Sytnik NI, Makhova MF, Zinchenko Yu.N. Stoykost grubykh bazaltovykh volokon v tverdeyushchem tsemente [Resistance of coarse basalt fibers in hardening cement]. *Stroit. Mater. Constr*. 1985. 3. P. 35–36. [in Russian].

5. Gamelyak I.P. Razrabotka metodiki ratsionalnogo konstruirovaniya dorozhnykh odezhd so sloyami iz dispersno-armirovanogo asfaltobetona [Development of methods of rational design of road clothes with layers from disperse-reinforced asphalt concrete] : thesis (PhD). Moscow, 1992. 20 p. [in Russian].

6. DSTU XXXX-202X Asphalt and asphalt road mixtures with basalt fiber. Specifications (Information and documentation) [in Ukrainian].

7. DSTU B V.2.7-319:2016 Sumishi asfaltobetonni i asfaltobeton dorozhniy ta aerodromnii. Metody vyprobuvan [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-319:2016) Mixtures of asphalt and asphalt road and airfield. Test methods]. Kyiv, 2016. 64 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

8. SOU 45.2-00018112-020:2009 Budivelni materialy. Asfaltobeton dorozhnii. Metod vyprobuvannia na stiikist do nakopychennia zalyshkovykh deformatsii [Standard of organization of Ukraine (SOU 45.2-00018112-020:2009) Building materials. Asphalt concrete is road. Test method for resistance to accumulation of residual deformations]. Kyiv, 2019. 12 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

9. SOU 45.2-00018112-039:2008 Budivelni materialy. Sposoby otsinky stiikosti asfaltobetonnykh pokryttiv do utvorennia kolii. Metody vyprobuvan [Methods for assessing the resistance of asphalt pavements to track formation. Test methods]. Kyiv, 2008. 15 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

10. DSTU ISO/IEC 17050-1:2006 Otsiniuvannia vidpovidnosti. Deklaratsiia postachalnyka pro vidpovidnist. Chastyna 1. Zahalni vymohy [State Standard of Ukraine (DSTU ISO/IEC 17050-1:2006) Conformity assessment. Supplier's declaration of conformity. Part 1. General requirements]. Kyiv, 2018. 8 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

11. DSTU ISO/IEC 17050-2:2006 [State Standard of Ukraine (DSTU ISO/IEC 17050-2:2006) Conformity

assessment. Supplier's declaration of conformity. Part 2. Supporting documentation]. Kyiv, 2007. 6 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

12. HOST 6943.17-94 Steklovolokno. Tkani. Netkanyye materialy. Metod opredeleniya shiriny i dliny [State Standard (HOST 6943.17-94) Fiberglass. Fabrics. Non-woven materials. Method of determining the width and length]. Moscow, 1996. 8 p. (Information and documentation) [in Russian].

13. ISO 5025:2017 Reinforcement products — Woven fabrics — Determination of width and length. 2017. 4 p. (Information and documentation) [in English].

14. DSTU ISO 1888:2009 (ISO 1888: 2006, IDT) [State Standard of Ukraine (DSTU ISO 1888:2009 (ISO 1888: 2006, IDT)) Fiberglass. Elemental fibers or threads. Method for determining the average diameter]. Kyiv, 2018. 8 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

15. ISO 1889:2009 Reinforcement yarns — Determination of linear density. 2009. 6 p. (Information and documentation) [in English].

16. ISO 15100:2000 Plastics - Reinforcement fibers - Chopped strands - Determination of bulk density. 2000. 4 p. (Information and documentation) [in English].

17. DSTU ISO 2062:2004 (ISO 2062: 1995, IDT) Tekstyl. Priazha z pakovan. Vyznachennia rozryvalnoho navantazhennia ta vydovzhennia pid chas rozryvu [State Standard of Ukraine (DSTU ISO 2062:2004 (ISO 2062: 1995, IDT) Textiles. Yarn from packages. Determination of breaking load and elongation during rupture]. Kyiv, 2006. 12 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

18. ASTM D3822 Standard test method for tensile properties of single textile fibers. 2020. 11 p. (Information and documentation) [in English].

19. DSTU ISO 6892-1:2019 (ISO 6892-1:2016, IDT) Metalevi materialy. Vyprobuvannia na roztiah. Chastyna 1. Metod vyprobuvannia za kimnatnoi temperatury [State Standard of Ukraine (DSTU ISO 6892-1:2019 (ISO 6892-1: 2016, IDT)) Metallic materials. Tensile tests. Part 1. Test method at room temperature]. Kyiv, 2020. 75 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

20. ASTM C1557 Standard test method for tensile strength and young's modulus of fibers. 2020. 11 p. (Information and documentation) [in English].

21. ASTM D2343 Standard test method for tensile properties of glass fiber strands, yarns, and rovings used in reinforced plastics. (Information and documentation) [in English].

22. ISO 3341:2000 Textile glass - Yarns - Determination of breaking force and breaking elongation. 2000. 7 p. (Information and documentation) [in English].

23. ASTM D5034 Standard test method for breaking strength and elongation of textile fabrics (Grab Test). 2017. 8 p. (Information and documentation) [in English].

24. ISO 11357-3:2018 Plastics - Differential scanning calorimetry (DSC) - Part 3: Determination of temperature and enthalpy of melting and crystallization. 2018. 6 p. (Information and documentation) [in English].

25. DSTU EN ISO 527-1:2017 Plastmasy. Vyznachennia vlastyvostei pid chas roztiahuvannia. Chastyna 1. Zahalni pryntsypy (EN ISO 527-1:2012, IDT; ISO 527-1: 2012, IDT) [State Standard of Ukraine (DSTU EN ISO 527-1:2017) Plastics. Determination of properties during stretching. Part 1. General principles (EN ISO 527-1:2012, IDT; ISO 527-1: 2012, IDT)]. Kyiv, 2018. 22 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

26. ISO 175:2010 Plastics - Test methods for the determination of the effects of immersion in liquid chemicals. 2010. 20 p. (Information and documentation) [in English].

27. ISO 3344:1997 Reinforcement products - Determination of moisture content. 1997. 5 p. (Information and documentation) [in English].

28. DBN A.3.1-5:2016 Orhanizatsiia budivelnoho vyrobnytstva [State Building Norms (DBN A.3.1-5:2016) Organization of construction production]. Kyiv, 2016. 51 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

29. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo [State Building Norms (DBN V.2.3-4:2015) Highways. Part I. Design. Part II. Building]. Kyiv, 2016. 104 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

Artur Onyshchenko[1], *D.Sc., Associate Prof., https://orcid.org/0000-0002-1040-4530*
Mykola Garkusha[1], *Ph.D., Associate Prof., https://orcid.org/0000-0002-5388-0561*
Ievgen Plazii[1], *https://orcid.org/0000-0002-9269-4518*
Oleksandr Fedorenko[2], *https://orcid.org/0000-0002-3464-597X*

[1] *National Transport University, Kyiv, Ukraine*
[2] *KK «Kyivavtodor», Kyiv, Ukraine*

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE EFFICIENCY OF APPLICATION OF ASPHALT CONCRETE REINFORCED BY BASALTIC FIBER

Abstract

Introduction. Increasing the load on highways and constantly increasing the intensity of traffic requires the use of road construction materials with improved physical and mechanical properties. Asphalt concrete is one of the most common and effective materials, which allows to provide the necessary strength and durability of the pavement structure. However, the use of traditional materials for its preparation - mineral material and road bitumen has a limited resource, which does not always meet traffic conditions. Modern scientific research in materials science allows to use mixtures of asphalt concrete and asphalt concrete road with the use of basalt fiber.

Apply mixtures of asphalt concrete and asphalt concrete road with the use of basalt fiber, allows to increase the mechanical characteristics - tensile strength and resistance to fatigue from repeated loads, which increases the crack resistance of asphalt concrete layers of pavement structures, as well as increases resistance to shape change. accumulation of residual deformations.

Problem Statement. From the literature analysis it is established that the coating of non-rigid pavement is in difficult operating conditions, which is confirmed by the intensive growth of defects in the form of tracks, landslides, inflows, cracks, due to increasing parameters of transport loads and high summer temperatures, so there is a need new materials.

Purpose. Is to study the impact of the effectiveness of asphalt concrete reinforced with basalt fiber.

Results. The results of physical and mechanical properties of asphalt concretes with the use of basalt fiber are obtained. The results of formation of residual deformations in the form of track in asphalt concrete with the use of basalt fiber are obtained. As a result of the conducted researches the analysis of efficiency of application of basalt fiber in asphalt concrete mix is executed.

On the basis of the carried-out researches the basic requirements to asphalt concrete mix with use of basalt fiber are established

Conclusions. The research results were used in the development of regulations for the design, construction and repair of asphalt layers of roads in Ukraine.

Keywords: asphalt concrete road with basalt fiber, asphalt concrete mixes with basalt fiber, loading, covering, stability, temperature.