

Онищенко А.М. канд. техн. наук, Гаркуша М.В., Аксьонов С.Ю., Білан О.О.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ МІКРОВОЛОКОН НА ПІДВИЩЕННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ТА КОЛІЄСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ВИПРОБУВАНОВОГО НА КІЛЬЦЕВОМУ СТЕНДІ

Анотація. В статті наведено отримані результати експериментальних досліджень, що підтвердили відомі дані про підвищення характеристик асфальтобетонів, армованих мікрОВОЛОКНАМИ: забезпечуються та покращуються стандартні властивості асфальтобетону, підвищується стійкість до дії повторних навантажень, покращується тріщиностійкість і колієстійкість асфальтобетону, армованого мікрОВОЛОКНАМИ.

Ключові слова: асфальтобетон армований мікрОВОЛОКНАМИ, армуючі мікрОВОЛОКНА, фізико-механічні властивості асфальтобетону, колієстійкість асфальтобетону, стендові випробування.

Аннотация. В статье приведены полученные результаты экспериментальных исследований, что подтвердили известные данные о повышении характеристик асфальтобетонов, армированных микрофибрами: обеспечиваются и улучшаются стандартные свойства асфальтобетона, повышается устойчивость к действию повторных нагрузок, улучшается трещиностойкость и колеестойкость асфальтобетона, армированного микрофибрами.

Ключевые слова: асфальтобетон армированный микрофибрами, армирующие микрофибра, физико-механические свойства асфальтобетона, колеестойкость асфальтобетона, стендовые испытания.

Annotation. In clause the received results of experimental researches are given, that have confirmed the known data on increase of the descriptions of the asphalt concretes, reinforced by microfibres: are provided and the standard properties

asphalt concretes are improved, the stability to action of repeated loadings raises, is improved crack stable and rutting stable asphalt concretes, reinforced by microfibres.

Key words: asphalt concretes reinforced by microfibres, reinforcing microfibres, physical and mechanical properties asphalt concretes, rutting stable of asphalt concretes, bench testing.

Вступ. У наш час для автомобільних доріг актуальним є питання з покращення експлуатаційного стану дорожнього покриття та підвищення безпеки дорожнього руху. У значній мірі на довговічність дорожнього покриття та безпеку руху, рівність покриття, що в значній мірі залежить від тріщиностійкості та колієстійкості асфальтобетонного покриття. Колієстійкість і зсувостійкість асфальтобетонного покриття визначається його фізико-механічними властивостями, і стійкістю до дії зсувних напружень, які виникають під дією колісного навантаження від транспорту, що рухається автомобільною дорогою [1, 2]. У теперішній час прогресивним напрямком підвищення тріщиностійкості та колієстійкості асфальтобетонних покриттів є метод армування з використанням різних армуючих матеріалів у тому числі мікроармуючих волокон. Дослідження мікроармованого асфальтобетону проводяться вже давно як в нашій країні так і за кордоном. Однак порівнюючи із зарубіжною практикою в Україні застосування мікроармуючих волокон для асфальтобетонів в останні 20 років носив епізодичний пошуковий характер, незважаючи на отримані позитивні результати від армування асфальтобетону мікрОВОлокнами, основою причиною стримування широкого практичного впровадження є не вирішення питання в технології введення мікрОВОлокон в асфальтобетонну суміш. Існуючі до цього часу обладнання та способи введення мікрОВОлокон в асфальтобетонну суміш не дозволяли отримувати однорідну суміш без комкування волокон водночас в останні роки в різних напрямках будівельного матеріалознавства інтенсивно і широко впроваджуються різноманітні волокна (фібра) із застосування ефективних технологій їх введення та перемішування в суміші, в тому числі за останні роки значно вдосконалено технологію виробництва асфальтобетонних сумішей із застосуванням мікрОВОлокон все це викликало потребу у з'ясуванні можливостей застосування мікрОВОлокон для приготування асфальтобетонних сумішей, влаштування із них асфальтобетонного покриття та перевірки його

поведінки під дією великовантажних транспортних засобів, використовуючи найбільш характерні і доступні для застосування мікрОВОлокна [3-9].

Аналіз впливу мікроармуючих волокон на властивості асфальтобетонів при лабораторних дослідженнях

Проблемою світового рівня є забезпечення надійності дорожнього одягу автомагістралей, від якого залежить вантажообіг і безпека учасників руху [1 2]. Багато в чому надійність доріг визначається якістю асфальтобетону і в першу чергу властивостями його в'язучого.

Конструкції дорожнього одягу досить часто не витримують інтенсивного руху сучасних транспортних засобів. Пов'язано це з багатьма факторами, на сам перед:

- не завжди забезпечується потрібна якість компонентів асфальтобетонної суміші (бітуму, мінерального заповнювача);
- підвищенням навантаження на вісь транспортних засобів, особливо автопоїздів;
- підвищенням дозволеної швидкості руху, особливо на дорогах категорії Іа, що призводить до збільшення динамічного удару від коліс транспортних засобів на дорожній одяг.

Вище наведені фактори, які суттєво зменшують нормативний строк служби дорожнього покриття. У той же час в будівельних конструкціях з мінеральних бетонів, у полімерних виробках підвищити фізико-механічні властивості композитів вдається шляхом мікро- і макроармування [3-9]. Дані елементи в об'ємно стиснутому стані набагато повніше перерозподіляють енергію напруження. Реалізація даного підходу в дорожніх бітумних в'язучих суттєво підвищить їх фізико-механічні властивості за рахунок утворення високомодульної сітки.

Як показав аналіз науково-технічної інформації, в останні десятиліття проведено досить багато досліджень по дисперсному армуванню будівельних матеріалів. Дисперсне армування різних композицій відбувається за рахунок введення в систему волокон (фібри), які ефективно перерозподіляють енергію механічних напружень [10-11].

При виконанні лабораторних робіт перевіряли підтвердження даних про вплив мікроармуючих волокон на покращення механічних властивостей асфальтобетону. З цією метою були використанні найбільш поширені типи

асфальтобетонів (тип Б та тип В), а також найбільш характерні мікрОВОлокна крупнотонажного виробництва, що доступні для мікроармування асфальтобетону.

В ході лабораторних досліджень оцінювали вплив мікрОВОлокон та їх вмісту на фізико-механічні властивості та розрахункові характеристики асфальтобетонів.

Згідно розроблених методик виготовлялись зразки з додаванням різної кількості мікрОВОлокон КС-12 (0,1-0,6%) в асфальтобетон типу В наступного складу: щебінь фракції 5-10 мм – 29 %; відсів фракції 0-5 мм – 65 %; мінеральний порошок – 6 %; бітум – 6 %; асфальтобетон типу Б: щебінь фракції 5-10 мм – 37 %; відсів фракції 0-5 мм – 56 %; мінеральний порошок – 7 %; бітум – 6,3 %.

На першому етапі роботи визначали вплив ВОлокон на фізичні властивості. З отриманих результатів досліджень фізичних властивостей асфальтобетону, а саме залежності його середньої щільності від вмісту мікрОВОлокон, видно (рис. 1, 2), що із збільшенням кількості ВОлокон щільність асфальтобетону (при оптимальній кількості бітуму БНД 60/90 – 6,0%) зменшується. Це приводить до збільшення величини водонасичення та набрякання (рис. 1).

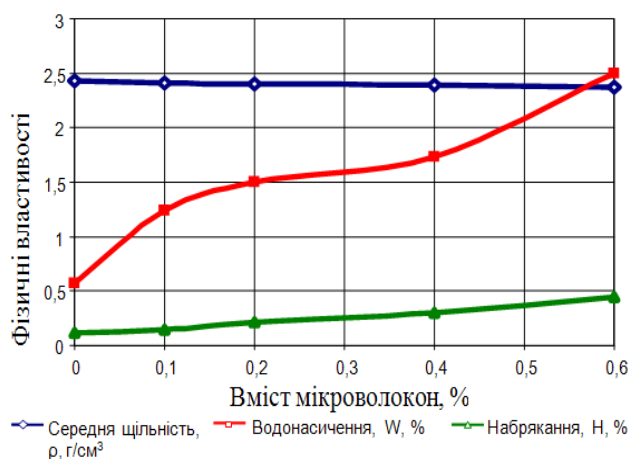


Рисунок 1 – Залежність фізичних властивостей асфальтобетону типу В від вмісту мікрОВОлокон

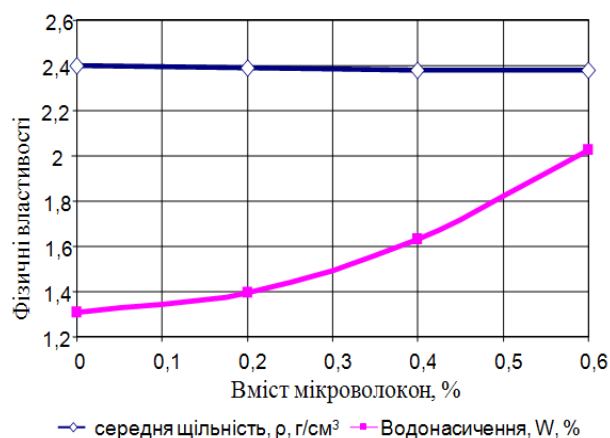


Рисунок 2 – Залежність фізичних властивостей асфальтобетону типу Б від вмісту мікрОВОлокон

Отримані результати фізичних властивостей асфальтобетону показали, що зі збільшенням кількості ВОлокон всі показники погіршуються, а саме

середня щільність, водонасичення та набрякання. Це говорить про те, що при введенні мікрОВОЛОКОН необхідно збільшувати вміст бітуму. Тому на основі отриманих результатів згідно рис. 1 було поставлене завдання оцінити вплив різної кількості бітуму при оптимальній кількості волокон, а саме 0,4% і 0,6% (рис. 3, 4), на властивості асфальтобетону.

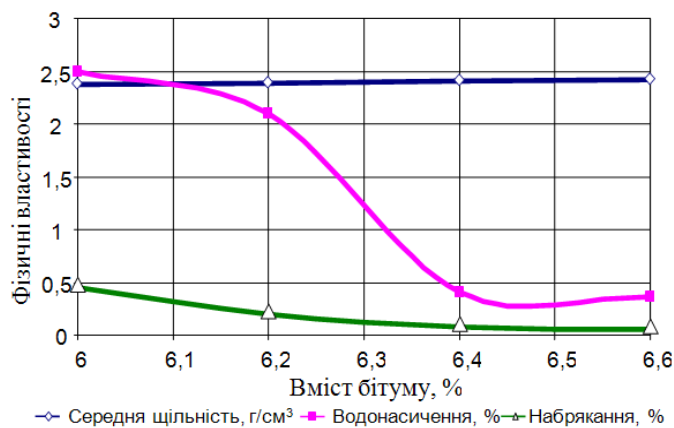
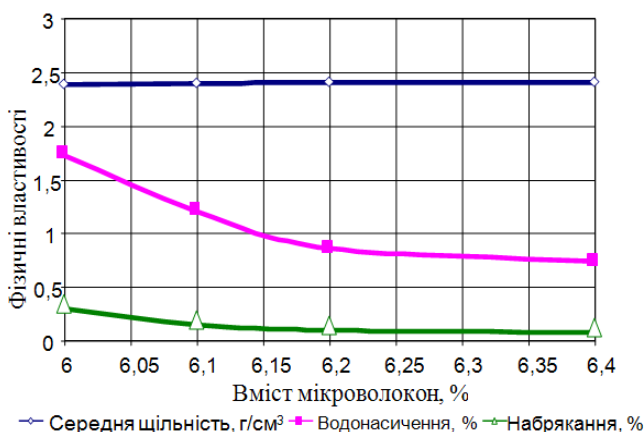


Рисунок 3 – Залежність фізичних властивостей асфальтобетону типу В від вмісту бітуму при оптимальній кількості мікрОВОЛОКОН – 0,4%

Рисунок 4 – Залежність фізичних властивостей асфальтобетону типу В від вмісту бітуму при оптимальній кількості мікрОВОЛОКОН – 0,6%

На другому етапі досліджень оцінювали вплив мікрОВОЛОКОН на механічні властивості асфальтобетону. Результати представлені на рис. 5-9.

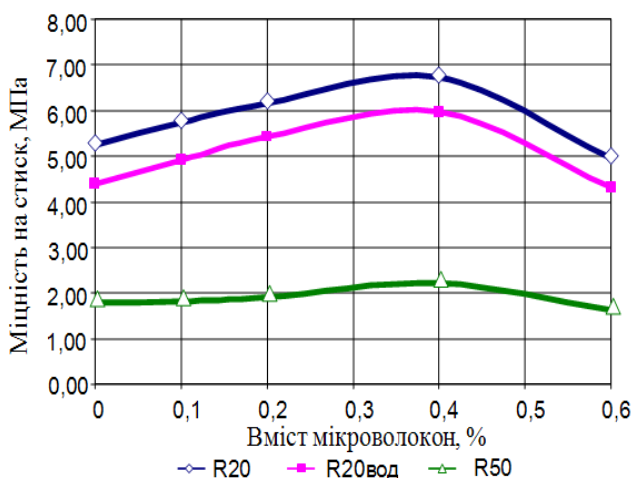


Рисунок 5 – Залежність міцності асфальтобетону типу В від вмісту мікрОВОЛОКОН

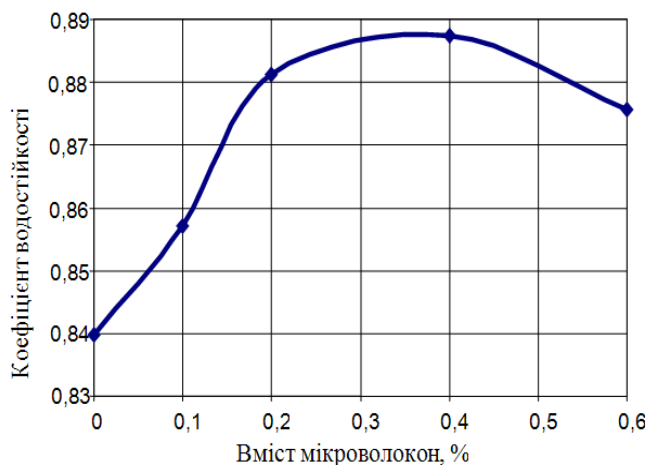


Рисунок 6 – Залежність коефіцієнта водостійкості асфальтобетону типу В від вмісту мікрОВОЛОКОН

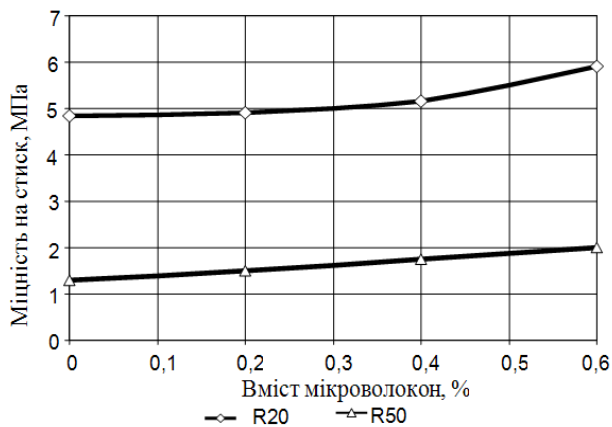


Рисунок 7 – Залежність міцності асфальтобетону типу Б від вмісту мікрОВОЛОКОН

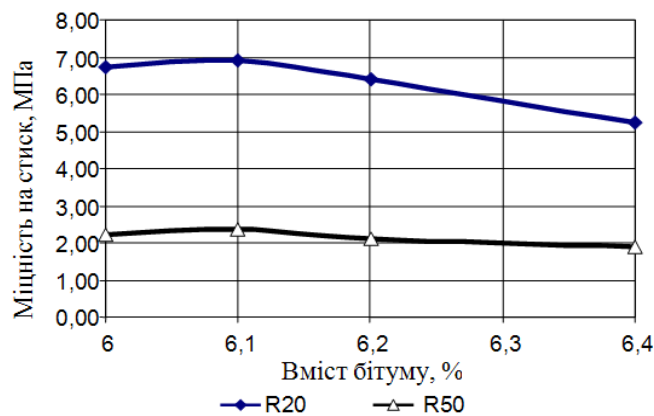


Рисунок 8 – Залежність міцності асфальтобетону від вмісту бітуму при оптимальній кількості мікрОВОЛОКНА – 0,4%

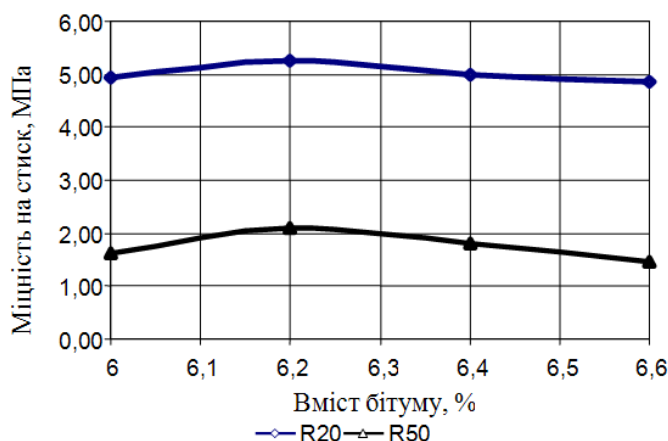


Рисунок 9 – Залежність міцності асфальтобетону типу В від вмісту бітуму при оптимальній кількості мікрОВОЛОКНА – 0,6%

Отримані результати фізико-механічних показників асфальтобетону, армованого різною кількістю мікрОВОЛОКОН при різному вмісті бітуму, дозволи встановити оптимальну кількість мікрОВОЛОКОН для асфальтобетону типів В, Б, а саме 0,4-0,6%.

На третьому етапі досліджень оцінювали вплив мікрОВОЛОКОН на розрахункові характеристики асфальтобетону, результати яких представлені у табл. 1.

Таблиця 1 – Розрахункові характеристики армованого асфальтобетону

Кількість волокон, %	Асфальтобетон			
	Тип В		Тип Б	
	E , МПа	R_{32} , МПа	E , МПа	R_{32} , МПа
0	2570	9	3268	9,9
0,1	2670	9,4	3456	10,2
0,2	2723	10,5	3589	10,7
0,4	2762	11	4200	11,8
0,6	2743	10,5	4358	12,2

Таким чином отримані результати лабораторних досліджень показали про можливість створення рецептів асфальтобетонів, армованих мікрОВОлокнами, що задовольняють або можуть і покращувати стандартні властивості асфальтобетонів. Введення мікроармуючих волокон дозволяє отримувати однорідну асфальтобетонну суміш, що легко ущільнюється методами укочування. Асфальтобетон армований мікрОВОлокнами має підвищені фізико-механічні характеристики, порівнюючи з контрольним складом асфальтобетонів без мікрОВОлокон. В результаті лабораторних досліджень R_{32} асфальтобетону типу В збільшується до 18% в порівнянні з традиційним, а R_{32} асфальтобетону типу Б збільшується до 19% в порівнянні з традиційним. А модуль пружності асфальтобетону типу В збільшується до 7% в порівнянні з традиційним, а модуль пружності асфальтобетону типу Б збільшується до 25% в порівнянні з традиційним.

Стендові випробування асфальтобетону, армованого мікрОВОлокнами. При стендових випробуваннях здійснювали проїзди випробувальних транспортних засобів по влаштованим ділянкам ДНТЦ Дорякості, за якими вели спостереження. Співставляли поведінку асфальтобетонного покриття на дослідних ділянках із мікроармованого асфальтобетону із поведінкою покриття із щебенево-мастикового асфальтобетону на суміжних секціях кільцевого стану [11].

Витривалість асфальтобетону визначалась шляхом оцінки колієстійкості покриття під дією проходів електромобілів з навантаженням на кожну вісь рівному розрахунковому, що становило 11,5 т. Перед початком руху електромобілів, і далі після кожних 400 обертів стану (один оберт стану

дорівнює двом проходам електромобілів або чотирьом проходам розрахункових осей по кожному з контрольних створів), проводилися виміри поперечного профілю покриття стенду на контрольних створах. На рисунках 10, наведено зовнішній вигляд покриттів з армованих асфальтобетонів після 400, 4000 та 6400 обертів стенду відповідно. Для порівняння колійності, що виникла на покритті з армованого асфальтобетону і на покритті з асфальтобетону без мікрОВОЛОКОН, виконували виміри поперечного профілю на створах секцій II, III і IV з покриттям влаштованим з традиційних асфальтобетонів типу Б і ЩМА. Результати вимірів на створах було оброблено і за цими даними побудовано графіки інтенсивності утворення колії, які наведено на рисунках 11-12.



Рисунок 10 – Вигляд покриття з асфальтобетону армованого мікрОВОЛОКНАМИ КС- 12 після 6400 обертів стенду

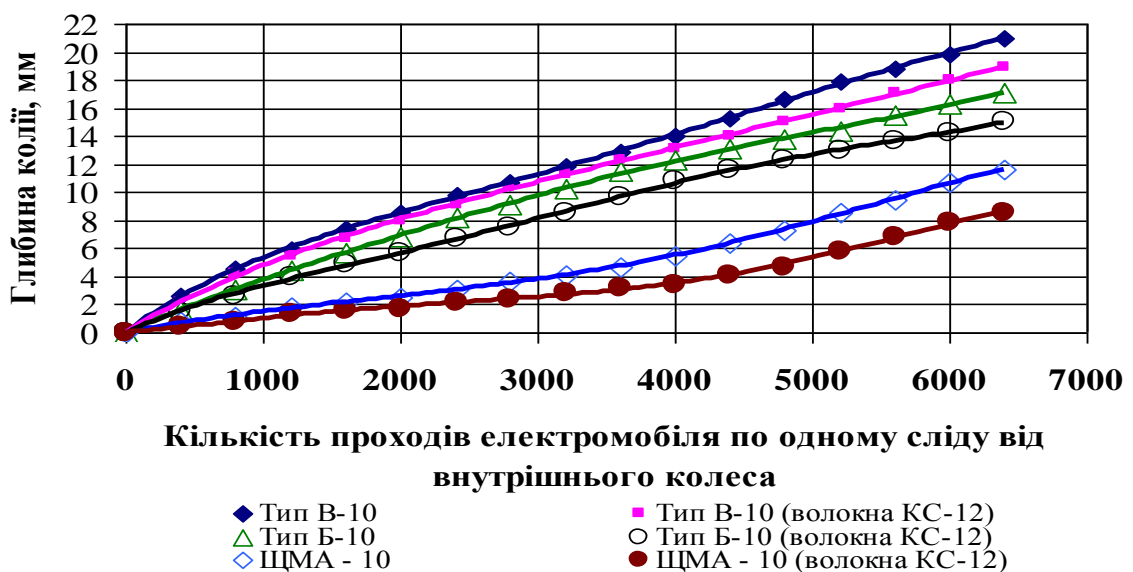


Рисунок 11 – Інтенсивність утворення колії покриття від кількості проходів електромобіля (внутрішнє колесо)

Аналіз інтенсивності утворення колії показав, що глибина колії, яка утворилася на даному секторі, де влаштований тип асфальтобетону В-10 після 6400 проходів електромобіля при температурі покриття 56 °С на внутрішній стороні кола становила 21 мм, при цьому типу В-10 з волокнами КС-12 вона зменшилася на 2 мм, для типу Б-10 колія становила 17 мм, для типу Б-10 з волокнами вона зменшилася на 2 мм, для ЩМА-10 становила 12 мм, в ЩМА-10 з волокнами КС-12 вона зменшилася на 3 мм.

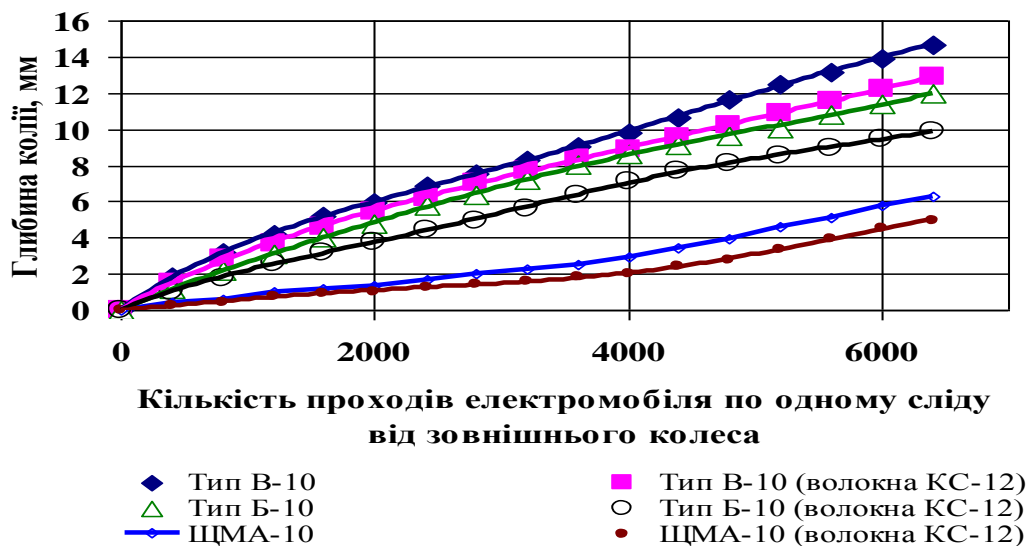


Рисунок 12 – Інтенсивність утворення колії покриття від кількості проходів електромобіля (зовнішнє колесо)

Аналіз інтенсивності утворення колії показав, що глибина колії, яка утворилася на даному секторі, де влаштований тип асфальтобетону В-10 після 6400 проходів електромобіля при температурі покриття 56 °С на зовнішній стороні кола становила 15 мм, при цьому типу В-10 з волокнами КС-12 вона зменшилася на 2 мм, для типу Б-10 колія становила 12 мм, для типу Б-10 з волокнами вона зменшилася на 2 мм, для ЩМА-10 становила 6 мм, в ЩМА-10 з волокнами КС-12 вона становила 5 мм.

Оцінка ефективності застосування армуючих мікрОВОЛОКОН в асфальтобетоні. Якість армуючих мікрОВОЛОКОН в асфальтобетоні повинно

відповідати вимогам нормативно-технічної документації, підтверджуватися документом про якість і контролюватися за методами, наведеними у нормативній документації на мікрОВОлокна конкретного виду (ДСТУ, ГОСТ, ТУ).

Ефект дії армуючого мікрОВОлокна визначають шляхом зіставлення значень показників якості асфальтобетонів, армованих мікрОВОлокнами, і контрольного складу (без армуючого мікрОВОлокна) [11].

Показник армуючої здатності (P_{AMB}) асфальтобетону, армованого мікрОВОлокнами, характеризує його спроможність збільшувати міцність на розтяг при розколі.

Показник армуючої здатності асфальтобетону армованого мікрОВОлокнами визначають за формулою:

$$P_{AMB} = (R_p - R_{pa}), \quad (1)$$

де R_p – границя міцності на розтягування при вигині в неармованому асфальтобетоні (визначається згідно ДСТУ Б В.2.7-89-99);

R_{pa} – границя міцності на розтягування при вигині в асфальтобетоні, армованому мікрОВОлокнами (визначається згідно ДСТУ Б В.2.7-89-99).

Ефективним вважаються мікрОВОлокна, які забезпечують найбільше значення показника армуючої здатності (P_{AMB}) асфальтобетону, армованого мікрОВОлокнами.

Показник економічної ефективності асфальтобетону, армованого мікрОВОлокнами, визначається за формулою:

$$P_E = P_{AMB} / E_2 - E_1 \quad (2)$$

де P_{AMB} – показник армуючої здатності;

E_1 – кошторисна вартість влаштування 1 м^2 конструкції дорожнього одягу без мікрОВОлокон;

E_2 – кошторисна вартість влаштування 1 м^2 конструкції дорожнього одягу з використанням мікрОВОлокон.

Ефективним вважається мікрОВОлокно, яке має найбільше значення показника економічності.

Вибір мікрОВОлокон для підвищення стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії полягає в порівнянні їх показника економічності за величиною та призначення для застосування того з них, який забезпечує найбільше значення.

Висновки

Ефективність мікроармуванням асфальтобетону і його модифікації (мікроармуванням) короткими волокнами показав, що фізичні властивості, характеристики та зносостійкість асфальтобетону можуть бути поліпшені за рахунок вводу волокон в невеликій кількості. Ефективність цього методу і армуючий ефект головним чином залежать від природи волокна який може бути підсилено спеціальною підготовкою поверхні волокна перед використанням.

Встановлено, що відходи волокон, включаючи кордне волокно зношених автомобільних шин, можуть ефективно використовуватися для мікроармування асфальтобетону. Однак насамперед повинно бути вирішено проблему низької сумісності кордного волокна з бітумом. Для покращення сумісності компонентів в системах волокно/бітум та кращого розподілу волокна в бітумі, а отже і в асфальтобетоні, поверхню волокна треба активізувати (функціоналізувати) фізичною, хімічною, радіаційною чи комбінованою обробкою.

Аналіз результатів проведених стендових випробувань асфальтобетонних покриттів влаштованих сумішей армованих мікрОВОлокнами з відходів переробки автомобільних шин на колієстійкість і тріщиностійкість дозволяє зробити такі висновки:

1. Покриття, влаштовані з асфальтобетонних сумішей армованих мікрОВОлокнами при низьких температурах мають колієстійкість порівняну з колієстійкістю покриттям з ЩМА-10;

2. При високих плюсових температурах колійність збільшується, але за величиною суттєво не відрізняється від колійності, що виникає на покритті з ЩМА-10.

3. Ці експериментальні дослідження, які були виконанні під керівництвом д-ра тех. наук, професора Мозгового В.В.. Колектив авторів йому висловлює щирю подяку.

Література

1. ДВН В 2.3-4-2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
2. ВСН 46-83 Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа.
3. Pat. 4422878 (US), 1991. Asphalt compositions / Frank R.
4. Новицкий АГ, Мазур ВЛ. Базальтовые волокна для армирования бетона // Хімічна промисловість України. – 2003. – Т. 3. – С. 39-42.
5. Акулич А.В. Структура и свойства дисперсно-армированных асфальтобетонов // Автореферат дис. канд. тех. наук., Минск, 17, 1987.
6. Viator. Fibrogranules in the road building. Advertisement booklet, J. Rettenmayer & Zene, Gmbh Co., Holzmule, Germany, 8, 2004.
7. Pat. 5460649 (US), 1995. Fiber-reinforced rubber asphalt composition / David R.
8. Лукашевич В.Н. Дисперсное армирование и двухстадийная технология приготовления асфальтобетонных смесей. – Томск: ТГАСУ, 2000. – 233 с.
9. Маргайлик Е. Дисперсно-армированный асфальтобетон в конструкциях дорожных одежд//Строительство и недвижимость. – 1998. – №44.
10. Р.В.2.7-218-02071168-751:2009 Рекомендації з технології приготування асфальтобетонних сумішей модифікованих полімерно-армуючими добавками та влаштування покриттів з підвищеною теплостійкістю та зсувостійкістю.
11. Р.В.2.7-218-21476215-796:2011. Рекомендації щодо застосування асфальтобетонних сумішей з армуючими мікрОВОлокнами.