

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НОВИХ ПРОМИСЛОВИХ АКТИВАТОРІВ МІНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКУ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

*Зеновій Ільницький<sup>1</sup>, Ігор Поліужин<sup>2</sup>, Федір Цюпко<sup>2</sup>, Сергій Солодкий<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Науково-виробнича компанія “Галичина”,

*вул. Стрийська 443, 82106, м. Дрогобич, Україна; renatm@rena.ua*

<sup>2</sup> Національний університет “Львівська політехніка”,

*вул. Ст. Бандери 12, 79013, Львів, Україна; ihor.p.poliuzhyn@lpnu.ua*

Згідно ДСТУ Б.В.2.7-121-2003 головне призначення мінеральних порошків (МП) для асфальтобетонних сумішей (mineral fillers) – це утворення дисперсної системи разом з органічним в'язучим (бітумом), що переходить з об'ємного стану до плівкового. Ця дисперсна система виконує роль асфальтов'язучої речовини в асфальтобетоні (АБ).

Відомо [1], що частинки МП виконують функцію носіїв для тонких орієнтованих шарів бітуму. Оскільки МП має високу питому площу поверхні в порівнянні з іншими мінеральними складниками, тому він суттєво впливає на властивості асфальтобетону. Технологія активації МП передбачає створення на зернах первинного контактного шару високоструктурованого бітуму, що змінює властивості МП. Для покращення рівномірності розподілу бітуму, підвищення ефективності подрібнення та активації МП його обробка бітумом здійснюється в присутності відповідних поверхнево-активних речовин (ПАР).

Згідно ДСТУ Б.В.2.7-121-2003 до переліку продуктів, що застосовуються для активації мінерального порошку (в подальшому скорочено АМП), відносяться: 1)аніонні ПАР типу вищих карбонових кислот (госиполова смола (бавовняний гудрон); жировий гудрон; синтетичні жирні кислоти C<sub>17</sub>-C<sub>20</sub>; кубові залишки синтетичних жирних кислот; окислений петролатум); 2) катіонні ПАР амінного типу (вищі аліфатичні аміни або їх солі, четвертинні солі амонієвих органічних сполук); 3)смола кам'яновугільна; 4) в'язкі дорожні нафтові бітуми; 5) пластифікатори (мазут нафтовий; паливо дизельне).

Різні фактори впливають на поведінку деформації та експлуатаційну ефективність асфальтобетону, включаючи час (тобто швидкість завантаження, час завантаження, період релаксації), температура, напружений стан, режим завантаження, старіння та вологість. Для врахування впливів цих факторів на ефективність асфальтобетону були розроблені [2] відповідні емпіричні математичні моделі. Вплив активованого МП на експлуатаційні властивості асфальтобетону, які визначають його довговічність, здійснюється за такими напрямками [1]: 1) зміцнення структурованої дисперсної системи «бітум-МП»; 2) підвищення густини і зниження водопроникливості асфальтобетону; 3) сповільнення процесів старіння асфальтобетону; 4) підвищення водо- та морозо-стійкості асфальтобетону. За однією з технологій, що була розроблена до 1985 року, для активування поверхні в процесі помелу до складу активуючої суміші, яку беруть в кількості 1,5-2,5 % від маси МП, входить бітум та ПАР у масовому співвідношенні 1:1.[1].

Оскільки застосування активованого МП зменшує кількість бітуму для приготування АБ, тому пошук та випробування нових АМП є актуальними дослідженнями в цій галузі. Результати дослідження ефективності продукції НВК «ГАЛИЧИНА» для виготовлення активованого мінерального порошку приведено в роботі [3], де показано, що використання АМП «РЕНА-ЦЕМЕРІН» марки ПМ в кількості 1% від маси вапняку при отриманні активованого МП дозволяє зменшити кількість бітуму в АБ на 10-15 %.

**Мета роботи.** Оцінити ефективність нових промислових активаторів мінерального порошку для асфальтобетонних сумішей на основі дослідження властивостей активованого мінерального порошку та фізико-механічних властивостей асфальтобетону (водонасичення, залишкова пористість та границя міцності при стиску) з використанням активованого мінерального порошку.

### Експериментальна частина

Об'єктами дослідження були два промислових дослідних зразки нових АМП виробництва НВК "Галичина" ([http://rena.ua/about\\_us](http://rena.ua/about_us)): 1) марка РЕНА-ПМ та РЕНА-ПТ. Для отримання МП використовували вапняк виробництва ТОВ «Мінерал» (м. Новий Розділ). Для приготування лабораторних зразків АБ використовували бітум 70/100 (ВАТ «Мозирський НПЗ», Білорусія), що близький за властивостями до бітуму дистиляційного марки БД 60/90 згідно. ДСТУ 4044-2001. Умови проведення експериментів описані в роботі [3]. Дослідження АБ проводили згідно вимог ДСТУ Б В.2.7-89-99 за такими показниками: 1) середня густина; 2) водонасичення; 3) залишкова пористість; 4) границі міцності при стиску за температур 20°C та 50°C.

### Результати експериментів та їх обговорення

На рис. 1 приведено залежність питомої площі поверхні МП від витрати АМП. З рис.1 видно, що при збільшенні кількості АМП питома площа поверхні МП для обох зразків АМП помітно зменшується після вмісту 0,5 % АМП і далі на проміжку 0,5-1,5 % АМП це зменшення є майже лінійним з середнім інкрементом 2800-4800 см<sup>2</sup>/г на 1 % АМП. Це зменшення питомої площі поверхні вапнякового МП можна пояснити певною агрегацією частинок, поверхня яких покрита органічною речовиною. При збільшенні кількості АМП бітумоемність МП зменшується, що показано діаграмою на рис.2.

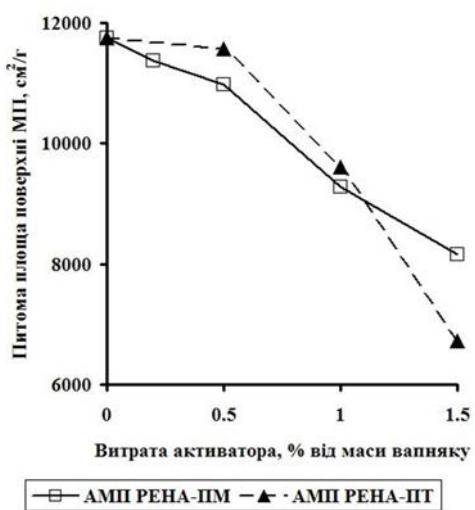


Рис. 1. Залежність питомої площі поверхні МП від витрати АМП (тривалість помелу 3 год.)

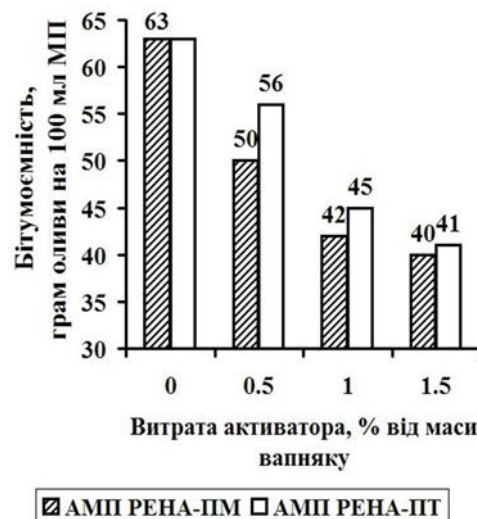


Рис. 2. Залежність бітумоемності МП від витрати АМП (тривалість помелу 3 год.)

Для однакових кількостей АМП завжди більше зменшення бітумоемності спостерігається для зразка РЕНА-ПМ. Максимум цієї різниці (6 грам) припадає на 0,5% АМП і зменшується до одного грама індустриальної оливи при 1,5 % АМП. Збільшення витрати АМП від 1% до 1,5 % зменшує бітумоемність для АМП РЕНА-ПМ тільки на 2 грами. Отже, для дослідження ефективності активованого МП в АБ доцільно використовувати витрату АМП РЕНА-ПМ в кількості 1,0 .% від маси вапняку. Жодна проба

МП з використанням АМП РЕНА-ПТ не пройшла тест на гідрофобність. Зменшення витрати АМП РЕНА-ПМ нижче 0,5 % приводило до втрати гідрофобності МП.

Ефективність активованого МП визначали в піщаному АБ типу Г та дрібнозернистому АБ типу А, які було виготовлено в лабораторії кафедри автомобільних доріг та мостів Національного університету “Львівська політехніка” і склад яких приведено в таблиці 1. Перша серія АБ містила неактивованій вапняковий МП, а для приготування всіх інших серій АБ використовували МП, який був активований АМП РЕНА-ПМ з витратою 1 % від маси вапняку. Для серій АБ з №№ 2,3 та 4 вміст бітуму був меншим від вмісту для серії № 1 на 10%, 15% та 20 %, відповідно.

Таблиця 1

**Склад мінеральної частини (МЧ) та вмісту бітуму в лабораторних зразках АБ першої серії для дослідження ефективності АМП РЕНА-ПМ**

Компонент АБ	дрібнозернистий АБ типу А	піщаний АБ типу Г
Щебінь фракції 5-20 мм	43 % МЧ	-
Щебінь фракції 5-10 мм	10 % МЧ	-
Відсів щебеню (0-5 мм)	39 % МЧ	90 % МЧ
Мінеральний порошок (МП)	8 % МЧ	10 % МЧ
Вміст бітуму % мас. понад МЧ	6	7

Встановлено, що при зменшенні вмісту бітуму в АБ від 7 до 6 % для типу Г та від 6 до 5 % для типу А густина АБ закономірно майже лінійно дещо зростає, оскільки густина бітуму (0,95-1,5 г/см<sup>3</sup>) є меншою за густину мінеральної частини. Однак, якщо вміст бітуму в серії №4 є меншим від вмісту для серії №1 на 20%, тоді спостерігається різке зменшення густини АБ при зменшенні вмісту бітуму в АБ від 6 до 5,6 % для типу Г та від 5 до 4,8 % для типу А. Пористість АБ майже лінійно зменшується при зменшенні витрати бітуму. Для пористості спостерігається явище аналогічне до зміни густини тобто, якщо вміст бітуму в серії №4 є меншим від вмісту для серії №1 на 20%, тоді експериментально отримано різке зростання пористості АБ при зменшенні вмісту бітуму в АБ. Очевидно, що при зростанні пористості АБ буде зростати його водонасичення, що показано на основі експериментальних даних на рис.3 у формі лінійних кореляцій. Приріст водонасичення АБ при зростанні пористості АБ на 1 % об. для обох типів АБ є близьким і знаходиться в межах 0,73-0,76 % об., а мінімальне водонасичення АБ відповідає 2,2-2,3% об.

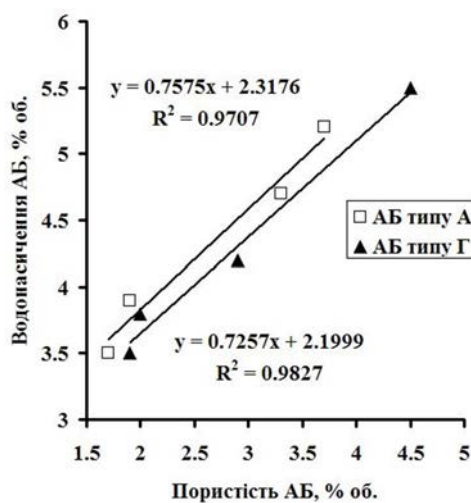


Рис. 3. Кореляції між водонасиченням та пористістю АБ за різного вмісту бітуму в АБ

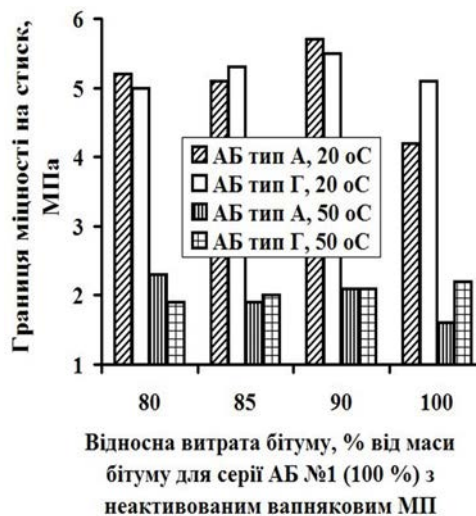


Рис. 4. Границя міцності на стиск (МПа) для АБ типів А та Г при різних витратах бітуму

Зменшення витрати бітуму на 20 % від кількості, що використовувалася для серії АБ № 1 з неактивованим МП, вже не компенсується використанням активованого МП і експериментальні показники пористості 3,7 % об. та 4,5 % об. перевищують допустимі нормативні значення не більше 3,5 % об. та 3,0 % об. згідно ДСТУ Б В.2.7-119:2011 для АБ типів А та Г, відповідно. При такому ж зменшенні витрати бітуму (на 20 %) отримано водонасичення 5,2 та 5,5 % об. для АБ типу А та Г, відповідно, що перевищує нормативні межі 2-5 % об. Згідно діаграми на рис.4 за температури 20 °С при зменшенні кількості бітуму, але при використанні активованого МП спостерігається помітне зростання границі міцності на стиск для обох типів АБ. При цьому для всіх приготованих серій АБ границя міцності АБ на стиск є в 1,6-2,1 рази більшою ніж нормативна величина 2,7 МПа за температури 20 °С. При підвищенні температури границя міцності закономірно зменшується. За температури 50°С для всіх приготованих серій АБ границя міцності АБ на стиск є в 1,1-1,6 рази більшою ніж більша з двох згідно ДСТУ Б В.2.7-119:2011 нормативна величина 1,4 МПа для АБ типу А (1,2 МПа) та типу Г. Отже, для досліджених серій АБ з активованим МП визначальними факторами є водонасичення та пористість АБ щодо обмеження зменшення кількості бітуму не вище ніж на 15 %. Для вибраного за результатами експериментальних досліджень кращого з двох зразків АМП було розроблено технічні умови на продукт виробництва НВК "Галичина" (м. Дрогобич) з товарною назвою «РЕНА-Аквадор», як адгезійної присадки до бітумів ([http://rena.ua/prysadky\\_bitum.html](http://rena.ua/prysadky_bitum.html)). В таблиці 2 дано основні фізико-хімічні показники адгезійної присадки до бітумів «РЕНА-Аквадор».

Таблиця 2

**Фізико-хімічні показники адгезійної присадки до бітумів  
«РЕНА-Аквадор» ТУ-У20.4-30084964-018:2018**

Назва показника	Норма
Зовнішній вигляд	в'язка рідина темно-коричневого кольору
Густина при температурі 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup> , в межах	0,920 - 0,990
Кислотне число, мг КОН/г, не більше ніж	40
Температура застигання, °С, не вище ніж	6
Зчеплення бітуму з мінеральним матеріалом при концентрації присадки 0,5 %, бали, не менше ніж	4

Оцінка використання продукту «РЕНА-Аквадор» у промислових умовах шляхо-ремонтно-будівельних управлінь показує, що ця адгезійна присадка до бітумів забезпечує високий показник адгезії, термостабільності та водостійкості бітумів і мастик, а також дає можливість покращити економічні показники завдяки конкурентно-нижчій ціні та ефективній концентрації 0,4%-0,5% від маси бітуму, що суттєво не змінює собівартість початкового матеріалу. Використання активованого мінерального порошку дає змогу зменшити витрату бітуму на 15% із одночасним покращенням фізико-механічних властивостей асфальтобетону, що свідчить про високу ефективність активації.

**Література**

- [1] Дорожний асфальтобетон / Л.Б. Гезенцевей, Н.В. Горельшев, А.М. Богуславский, И.В. Королев. – Под ред. Л.Б. Гезенцевей. – 2-е изд. Перераб. и доп. – Москва: «Транспорт», 1985. – 350 с.
- [2] Kim Y. Modeling of asphalt concrete. - McGraw-Hill Professional, 2009. – 460 p.
- [3] Солодкий С.Й., Гримак О.Я., Сідун Ю.В., Ільницький З.М. Дослідження ефективності продукції НВК «ГАЛИЧИНА» для виготовлення активованого мінерального порошку. – Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2017. – Вип.79. – С.147-150.