

## **ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І АЕРОДРОМІВ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Мозговий В.В.,  
Онищенко А.М.,  
Невінгловський В.Ф.**

*Національний транспортний університет*

---

Відомо, що використання в дорожньому будівництві традиційних рішень з покращання якості асфальтобетонних сумішей за рахунок вдосконалення добору їх складу та удосконалення технології приготування не вирішує в повній мірі проблему підвищення міцності і довговічності асфальтобетонного покриття автомобільних доріг і аеродромів. Враховуючи те, що в Україні на вулицях та дорогах спостерігається збільшення інтенсивності та вантажнапруженості дорожнього руху, це висуває підвищені вимоги до асфальтобетону та його складових. Дорожній бітум як один із основних компонентів асфальтобетону, що виробляється на заводах України, не в повній мірі відповідає таким вимогам. Низька корозійна стійкість бітумів призводить до виникнення на поверхні покриття, тріщин, вибоїн, сітки тріщин тощо. Таким чином, добір бітуму має найважливіше значення для уникнення появи вказаних механізмів руйнування.

Альтернативним рішенням з поліпшення реологічної поведінки дистилювальних або окислених бітумів є модифікація їх відповідними полімерами, які здатні забезпечити додаткову гнучкість при низьких температурах і додаткове зчеплення для сприйняття напружень.

Однак, незважаючи на відносну простоту їх застосування, до цього часу не досліджено поведінку асфальтобетонних шарів модифікованих полімерами.

Незважаючи на досить широке застосування полімерів в Україні, їх використання призначається на основі окремих фізико-механічних показників, які не дають можливість пересвідчитися в доцільності їх застосування.

Метою роботи є підвищення довговічності асфальтобетонних шарів за рахунок використання полімерних латексів з комплексом заходів щодо їх застосування як основи для підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу автомобільних доріг і аеродромів.

При проведенні досліджень встановлювали аналітичні залежності для прогнозування розтягувальних нормальних напружень в асфальтобетонних шарах та граничного стану їх матеріалів, що дозволило встановити залежності для оцінки їх довговічності за тріщиностійкістю. При проведенні експериментальних робіт встановлювався характер термо-реологічної поведінки асфальтобетону модифікованого полімерними латексами. На основі цього проводився детальний аналіз впливу різних факторів на тріщиностійкість асфальтобетонних шарів з урахуванням кількості полімеру. Результати дослідження дозволили розробити рекомендації з підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів модифікованих полімерними латексами і впровадити їх у практику.

Для забезпечення цілісності зв'язків між частинками асфальтобетону необхідно мати іншу умову міцності, що враховує часовий характер руйнування зв'язків при змінному напруженні і змінній температурі. Тобто, для забезпечення суцільності асфальтобетону, що виявляє в'язко-

пружні властивості, недостатньо вимоги – напруження в будь-який момент повинні бути менші межі міцності матеріалу.

В даному випадку граничний стан описували критерієм Бейлі, визначаючи на його основі міру пошкодженості структури асфальтобетону

$$\dot{I} [\sigma(t, T, q), \mu(t, T, q), T(t)] = \int_0^{t_p} \frac{dt}{\tau[\sigma(t, T, q), \mu(t, T, q), T(t)]}, \quad (1)$$

де  $t_p$  – час до руйнування (розтріскування);

$\tau [\sigma (t, T, q), \mu (t, T, q), T (t)]$  – функція довговічності асфальтобетону;

$\sigma(t, T, q)$  – напруження в шарі асфальтобетону;

$\mu(t, T, q)$  – змінювання коефіцієнта Пуассона;

$T(t)$  – температура асфальтобетону.

Функцію довговічності використовували у вигляді удосконаленої степеневі залежності Бартенсва

$$\tau[\sigma(t, T, q), \mu(t, T, q), T(t)] = \hat{A}_\tau(T) \sigma(t, T, q)^{-b_\tau(T)}, \quad (2)$$

де  $B_\tau(T), b_\tau(T)$ , – постійні, що визначаються експериментально в залежності від температури та у вигляді експоненційної залежності Журкова.

$$\tau[\sigma(t, T, q), \mu(t, T, q)] = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0 - \dot{\gamma}\sigma(t, T, q)}{kT}\right). \quad (3)$$

У цій формулі  $\tau_0, U_0$  і  $\dot{\gamma}$  – коефіцієнти, що характеризують міцнісні властивості тіла;  $k$  – постійна Больцмана.

Оскільки характеристики міцності асфальтобетону залежать як від температури, так і від часу дії навантаження, проявляючи кінетичний характер руйнувань, то граничне прикладання навантажень на асфальтобетонному покритті нежорсткого дорожнього одягу визначали з використанням феноменологічного підходу у вигляді сумарної міри тріщиноутворення  $M$  за час  $t$  зміни напруження, що відповідають певному рівню напружень для розрахункової схеми.

В цьому випадку граничний стан з урахуванням модифікації полімерами записували у вигляді

$$M[\sigma(t, T, q), \mu(t, T, q), T(t)] \leq [M], \quad (4)$$

$$N[\sigma(t, T, q), \mu(t, T, q), T(t)] \leq [N] \quad (5)$$

де  $I (\sigma(t, T, q), \mu(t, T, q), T(t))$  – міра пошкодження структури асфальтового бетону і-го шару покриття від дії транспортного навантаження;

$[M]$  – гранично допустиме значення міри пошкодження

Таким чином, для оцінки довговічності шарів модифікованих полімерними латексами за формулою (4, 5), необхідно знати аналітичні залежності, що входять у вирази (1-3).

Для визначень напружень можна використовувати точні рішення як для багатошарового в'язкопружного безінерційного півпростору. Однак, зважаючи на велику громіздкість формули, в нашому випадку також пропонується використання наближених формул для визначення напружень, які і до сьогоднішнього дня використовуються в нормативних документах для розрахунку дорожнього одягу. Наприклад, відповідно формули Корсунського та М.І. Горбунова-Посадова [2, 3], які удосконалено за рахунок характеристик, що реально відображають роботу асфальтобетону модифікованого полімером

$$\sigma = \frac{4p(1 - \mu_2^2(t))}{\pi^2(1 - \mu_1^2(t, T, q))} \cdot \frac{h_r}{D} \cdot \frac{E_1(t, T, q)}{E_2(t)} a \operatorname{tg} \left( \frac{a_z D}{2 \cdot h_r} \right) \quad (6);$$

$$\sigma = \frac{3\pi p_0 D}{2h^2} \left( 0,0592 - 02141 \lg \frac{D}{2h} \sqrt{\frac{6E_2(t)(1 - \mu_1^2(t, T, q))}{E_1(t, T, q)(1 - \mu_2^2(t))}} \right) \quad (7)$$

де  $p$  – на поверхні якої прикладений рівномірний нормальний тиск, розподілений на площі круга діаметром  $D$ ;

$\mu_1(t, T, q), \mu_2(t); A_1(t, T, q), A_2(t)$  – коефіцієнти Пуассона і модулі пружності матеріалів верхнього шару, що залежать від часу дії навантаження, температури та кількості полімеру;

$h_r$  – товщина монолітних шарів;

$a_z$  – параметр, який визначає умову подальшого розрахунку,

$D_z$  – циліндрична жорсткість плити.

Для опису поведінки асфальтобетону з достатньою точністю можна використовувати функції релаксації у вигляді відповідно модифікованого степеневому закону та суми експонент

$$R(t) = H + (B - H) \cdot \left( 1 + \frac{t}{r} \right)^{-m}, \quad (8)$$

$$R(t) = H + \sum_{i=1}^n a_i \exp(-t/b_i) \quad (9)$$

де  $m$  і  $r$  – сталі;

$H$  і  $B$  – відповідно довготривалий і миттєвий модулі пружності;

$a_i, b_i$  – постійні.

Для опису змінювання коефіцієнта Пуассона в залежності від часу дії навантаження на основі гіпотези В.В. Мозгового було запропоновано використання степеневому закону та у вигляді суми експонент

$$\mu(t) = \Delta + (\Omega - \Delta) \cdot (1 + t/\beta)^\psi, \quad (10)$$

$$\mu(t) = \Delta + \sum_{i=1}^n z_i \exp\left(-\frac{t}{x_i}\right), \quad (11)$$

де  $\Delta, z_i, x_i, \beta$  і  $\psi$  – постійні, що визначаються в результаті експериментальних випробувань.

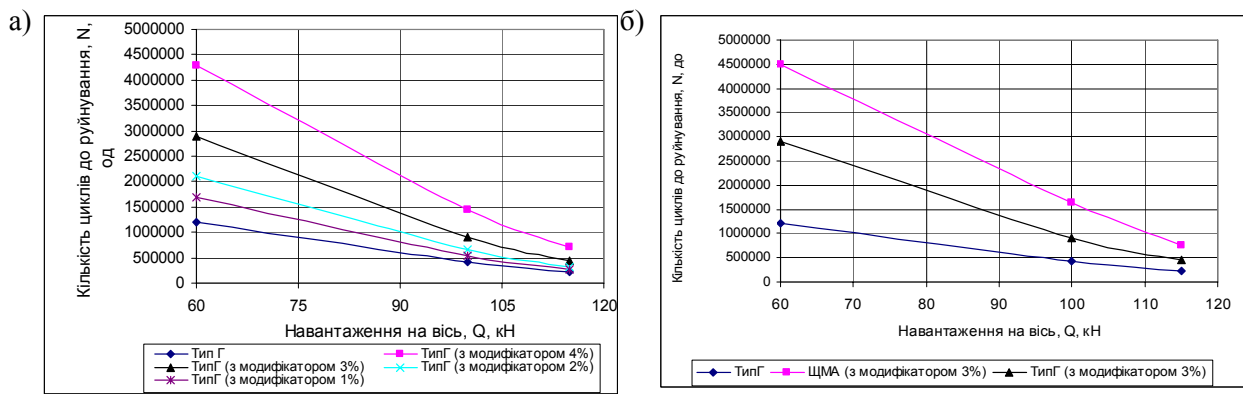
Таким чином, маючи всі вихідні дані, можна прогнозувати довговічність конструктивних шарів з асфальтобетону, модифікованого полімерними латексами.

Використовуючи удосконалену умову тривалої міцності Журкова, можна визначити кількість циклів навантаження до руйнування таким чином (11)

$$N = \frac{\tau_0 \exp \frac{U_0}{\kappa T}}{\exp \left[ \frac{\gamma \left[ \frac{4 p (1 - \mu_2^2(t))}{\pi^2 (1 - \mu_1^2(T, t, q))} \cdot \frac{h_r}{D} \cdot \frac{E_1(T, t, q)}{E_2(t)} a \tan \left( \frac{a_z D}{2 \cdot h_r} \right)^3 \right]}{\kappa T} \right]} \cdot t \quad (12)$$

Для детального з'ясування особливостей впливу полімеру на тріщиностійкість асфальтобетонних шарів був виконаний чисельний аналіз. Вплив різних факторів оцінювали за допомогою аналізу напруженого стану асфальтобетонних шарів та їх граничного стану на основі отриманих аналітичних залежностей з використанням даних про термореологічні характеристики матеріалів. Результати визначення кількості проїздів розрахункового автомобіля до руйнування для конструкцій нежорсткого дорожнього одягу наведено на рис. 1.

Вони свідчать, що використання в основах шарів покриття асфальтобетонів, модифікованих полімерними латексами, значно збільшує довговічність дорожнього одягу. Так, при модифікації тільки верхнього шару покриття в кількості 1-4 % полімеру їх довговічність зростає в 1,5-3 рази, а при застосуванні у верхньому шарі покриття нових видів асфальтобетону (ЩМА) в 2-4 рази.



а) конструкція ДО – грунт земляного полотна, пісок – 25 см, щебінь – 12 см, нижній шар покриття із асфальтобетону крупнозернистого – 10 см, верхній шар покриття із асфальтобетону типу Б модифікованого різною кількістю полімеру;  
 б) конструкція ДО – така ж сама, тільки верхній шар покриття в першому випадку із асфальтобетону типу Б, в другому – типу Б модифікованого 3 % полімеру, а в третьому ЩМА з 3 % полімеру.

Рис. 4. Довговічність асфальтобетонних шарів

## Висновки

На основі теоретичного аналізу та експериментальних результатів досліджено впливу полімерних латексів на підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів, модифікованих полімерними латексами з урахуванням транспортних, кліматичних та матеріалознавчих факторів. Аналіз результатів розрахунків підтвердив попередні дослідження стосовно збільшення довговічності асфальтобетонних шарів модифікованих полімерами [1]. В середньому для дорожніх одягів нежорсткого типу при навантаженні на вісь 60 кН довговічність дорожнього одягу при використанні полімерних латексів в 3-5 разів більша ніж при використанні традиційного асфальтобетону, при навантаженні 100 кН в 3-4 рази, при навантаженні 115 кН в 2-3 рази. Показано, що використання в покритті нових видів асфальтобетонів значно покращує довговічність дорожнього одягу (застосування ЩМА модифікованого полімерами серії Butonal в середньому збільшує довговічність в 2-6 разів у порівнянні з традиційними складами асфальтобетонів).

## Література

1. Онищенко А.М. Підвищення довговічності асфальтобетонних шарів при використанні полімерних латексів серії BUTONAL // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво.– 2008. – № 75. – С. 130-136.
2. Корсунский М.Б. Практические методы определения напряженно – деформированного состояния конструкций дорожных одежд // Труды СоюздорНИИ, М.: 1966. – Вып. 6. – С. 5-78.
3. Горбунов – Посадов М.И., Малинова Т.А., Соломин В.И. Расчет конструкций на упругом основании. – М.: Строиздат, 1984. – 679 с.