

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ  
АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ПОЛІМЕРНИХ ЛАТЕКСІВ НА АВТОДОРОЖНІХ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТОВИХ СПОРУДАХ**

**Невінгловський В.Ф., аспірант**

*Національний транспортний університет (м. Київ)*

**Вступ**

В Україні на автомобільних шляхах експлуатуються близько 16,1 тис. мостів і шляхопроводів, переважна більшість яких залізобетонні [1]. Асфальтобетонне покриття є найбільш розповсюдженим на залізобетонних автодорожніх мостах. Однак воно часто уражається поперечними тріщинами температурно-усадочного походження. Тріщини стають джерелом подальших руйнувань і призводять до передчасного виходу з ладу як самого покриття, так і елементів споруд [2, 3] (рис. 1 а, б). Дорожній бітум, як один із основних компонентів асфальтобетону, що виробляється на заводах України має низьку корозійну стійкість бітумів призводить до виникнення на поверхні покриття тріщин, сітки тріщин, вибоїн тощо. Альтернативним рішенням з поліпшення реологічної поведінки бітумів є модифікація полімерними латексами серії Бутонал, які здатні забезпечити додаткову гнучкість при низьких температурах і додаткове зчеплення для сприйняття напружень [4-5].



Рис. 1 (а,б). Автодорожній шляхопровід на перетині вул. Кіквідзе із залізничною станцією «Київ-Московський» (проводилось обстеження в 2011 р.)

З утворенням тріщин поступово погіршується рівність покриття, знижується безпека і комфортність руху, збільшуються транспортні витрати і витрати на ремонт [3, 6]. Ремонт тріщин є складним, трудомістким і дорогим процесом, супроводжується значними матеріало- і енерговитратами. Причому, виконувані ремонтні заходи не завжди досягають бажаного результату по усуненню тріщин.

#### **Аналіз останніх досліджень**

Професором В.В. Мозговим розроблені теоретичні основи визначення граничного стану асфальтобетонного покриття і прогнозування їх температурної тріщиностійкості на базі кінетичної теорії міцності твердих тіл [2]. Розвиток цієї роботи [2] дозволив встановити аналітичні залежності для визначення температурних напружень та граничного стану асфальтобетонного покриття в зоні між деформаційними швами залізобетонних прогонових будов та на основі цього розроблено методику розрахунку покриття на температурну тріщиностійкість [3].

На основі аналізу роботи [7] асфальтобетонних шарів зносу нежорсткого дорожнього одягу для міських умов визначено, що основними причинами утворення тріщин є спільна дія горизонтальних розтягуючих напружень від коливання температури, що викликає невідповідного скорочення розмірів при охолодженні, та дія горизонтальних розтягуючих напружень від транспортного навантаження, це дозволило розробити аналітичні залежності, а також запропонована ідея оцінки залишкового ресурсу асфальтобетонних шарів зносу.

**Тому була поставлена задача** – підвищення залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття за рахунок полімерних латексів на залізобетонних мостових спорудах завдяки розробці методики його розрахунку на спільну дію температурної тріщиностійкості і тріщиностійкості від транспортного навантаження. Вперше ідею методики було запропоновано проф. Мозговим.

Для оцінки залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття залізобетонних мостових споруд необхідно отримати аналітичні залежності, що дозволяють прогнозувати напруження від дії транспортних засобів та температурні напруження в покритті при коливанні температур в добовому та річному циклах. Крім того, оцінка залишкового ресурсу повинна базуватися на умові граничного стану, що прогнозує утворення тріщин в покритті при дії напружень від транспорту та температурних напружень.

Для вирішення цих задач розглянемо основні розрахункові схеми роботи асфальтобетонного покриття модифікованого полімерним латексом на залізобетонних мостових при коливанні температури та дії транспорту (Рис. 2).

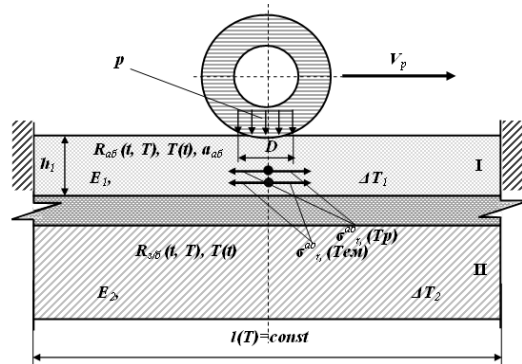


Рисунок 2. Розрахункова схема асфальтобетонного покриття (I), яке зчеплене з основою із залізобетону (II) через податливий еластичний прошарок при дії температури та транспорту:

$R_{a\sigma}(T)$ ,  $R_{\sigma}(T)$  – функція релаксації відповідно асфальтобетонного покриття, залізобетонної балки прогонової будови;

$\sigma_{y^a\sigma}^{a\sigma}_{r,(T\&M)}(t)$  – розтягуючі напруження від дії температури

$\sigma_{y^a\sigma}^{a\sigma}_{r,(T_p, t, q)}(t)$  – розтягуючі напруження від часу дії транспорту;

$p$  – на поверхні якої прикладений рівномірний нормальний тиск,

розподілений на площі круга діаметром  $D$ ;  $V_p$  – швидкість транспортного засобу 0-60 (80) км/год.

Для розглянутих розрахункових схем з метою прогнозу температурного режиму та урахування річних і добових коливань з круговими частотами  $\omega_p$ ,  $\omega_d$ , була використана бігармонічна залежність наступного виду [2-4, 7].

На основі попередньої залежності встановлені швидкості охолодження при річних  $k_p$  та добових  $k_d$  коливаннях температури.

Для випадку, коли в'язкопружні властивості матеріалу покриття не змінюються при зміні температури (окремий випадок термо-в'язкопружності), використовували інтегральне рівняння лінійної в'язкопружності спадкоємного типу Больцмана-Вольтера виду [1-4]

$$\sigma_{Tx}(t) = \int_0^t R(t-\tau) d\varepsilon_x(\tau), \quad (1)$$

де  $R(t-\tau)$  – функція релаксації асфальтобетону;  $t$  – час спостереження;  $\tau$  – час, який передує моменту спостереження.

Функція релаксації представлена аналітичними виразами виду:

$$R(t) = e^{-bt} \cdot B + c, \quad (2)$$

$$R(t) = H + (B - H) \cdot \left(1 + \frac{t}{r}\right)^{-m}, \quad (3)$$

де  $B, c, b, m, r, H, V$  – деякі сталі параметри, що встановлюються експериментально.

При визначенні температурних напружень в покритті для термочутливих складів асфальтобетону, як термореологічно простих матеріалів, використовували температурно-часову суперпозицію, на підставі якої отримані аналітичні залежності для прогнозу температурних напружень в асфальтобетонному покритті для двох випадків коли температура в покритті і залізобетонній прогоновій будові змінюються майже однаково і неоднаково.

Було отримано аналітичний вираз для визначення горизонтальних нормальних напружень від дії транспорту за наступною апроксимаційної залежності

$$\sigma_r^{\alpha\alpha}(t) = \sum_{i=1}^n a_i(t, T) \cdot t^{n-1}, \quad (5)$$

де  $a_i(t, T)$ ,  $n$  – параметри апроксимації;  $t$  – час спостереження.

Для оцінки граничного стану асфальтобетонного покриття по залишковому ресурсу, можна описати як багато параметрична залежність. Узагальнений критерій – показника залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття ( $Z_p$ ), який є функцією двох перемінних:

$$Z_p(t) = C_{TP} \cdot K_y - K_{\text{від}} \cdot (M_{TP} + M_{Tem}), \quad (6)$$

де  $\dot{\lambda}_{\alpha\alpha} = \int_0^{t_p} \frac{\sigma_{\alpha}(t)^{b(t, T)}}{B_i(t, T)} dt$  - міра пошкодженості асфальтобетонного пок-

риття модифікованого полімерним латексом на залізобетонних мостових спорудах від зміни температури;

$\dot{\lambda}_{\alpha\sigma} = \frac{\sum N}{[N]}$  - міра пошкодженості асфальтобетонного покриття модифі-

кованого полімерним латексом на залізобетонних мостових спорудах від дії транспорту [8];  $C_{TP}$  – граничне значення тріщиностійкості асфальтобетону рівне 1;  $K_{yp}$  – коефіцієнт умови роботи, що відображає матеріалоемні, експлуатаційні та конструктивні фактори;  $B, b$  – параметри функції довговічності;  $K_{\text{від}}$  - коефіцієнт відновлення структури асфальтобетону приймається 0,85;  $\sum N$  - сумарна інтенсивність руху, що визначається за методикою ВБН В. 2.3 -218-186 ;  $[N]$  – гранично допустима кількість розрахункового навантаження, що може витримати асфальтобетонне покриття при дії горизонтального розтягу чого нормального напруження  $\sigma_r$ , що визначається за методикою ВБН В. 2.3-218-186.

Значення  $[N]$  встановлюється за аналітичною залежністю

$$[N] = \left( \frac{R_{\text{зад}} k_{\delta} k_{\text{ів}}}{R_{\delta}} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (7)$$

де:  $R_{\text{зад}}$  - лабораторне значення границі міцності на розтяг при згині від одноразового прикладання навантаження (визначається за методикою ВБН В 2.3-218-186);

$k_{\delta}$  - коефіцієнт, що враховує зниження міцності в часі від дії погодно – кліматичних умов (визначається за методикою ВБН В 2.3-218-186);  
 $m$  – показник втоми;

$k_{\text{ів}}$  - коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у не розрахунковий період (визначається за методикою ВБН В 2.3-218-186);

$$R_{\delta} = \hat{E}_{\text{ів}} \cdot \sigma_r, \quad (8)$$

де:  $\hat{E}_{\text{ів}}$  - коефіцієнт міцності з урахуванням заданого рівня надійності (визначається за методикою ВБН В 2.3-218-186);

$\sigma_r$  - найбільше напруження розтягу при згині від дії розрахункового транспортного навантаження в асфальтобетонному покритті за залежністю (5).

У вищенаведеній моделі критичним є стан, коли показник залишкового ресурсу буде становити менше  $[Z]=0,3$ . Отже граничний стан можна записати так:

$$Z_p(t) > [Z]. \quad (9)$$

Оскільки характеристики міцності асфальтобетону залежать як від часу дії навантаження так і від температури, проявляючи кінетичний характер руйнування, то визначали залишковий ресурс, який залежить від сумарної міри тріщиноутворення  $M(t) = M_{\text{тем}} + M_{\text{тп}}$  за  $t$  зміни напруження і температури:

$$Z_p(t) = C_{\text{тп}} \cdot K_y - K_{\text{від}} \cdot \left( \sum_{j=1}^m \sum_{\varphi=1}^{k_{\varphi}} N_{\varphi} \int_0^{t_{\text{н}\varphi}} \frac{dt}{t^{*}(\sigma^{\text{аб}}_{r,(T_p)}(t))} + \int_0^{t_p} \frac{dt}{t^{*}(\sigma^{\text{аб}}_{r,(Тем)}(t))} \right) > [Z], \quad (10)$$

На основі теоретичного рішення за виразом (10) виконуємо числовий розрахунок залишкового ресурсу. Для порівняння приймаємо дві конструкції: 1 - асфальтобетон типу Б-20 на бітумі (БНД 60/90) з перемінною товщиною від 50 мм до 110 мм, наплавна гідроізоляція «СПО-Ллмост» товщиною 4 мм, залізобетонна плита проїзної частини мосту (ЗППЧМ); 2 - асфальтобетон типу Б-20 на бітумі, модифікованому полімерним латексом (Бутонал НС-198 -4 % від маси бітуму) товщиною

від 50 мм до 110 мм, наплавна гідроізоляція «СПОЛіност» товщиною 4 мм, ЗППЧМ. Всі числові параметри для розрахунку залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття на мосту за залежністю (10) наведені в роботах[2-8], які і використовуємо.

Результати залежності залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття на мосту від змінної товщини асфальтобетонного покриття наведені на рис. 3.

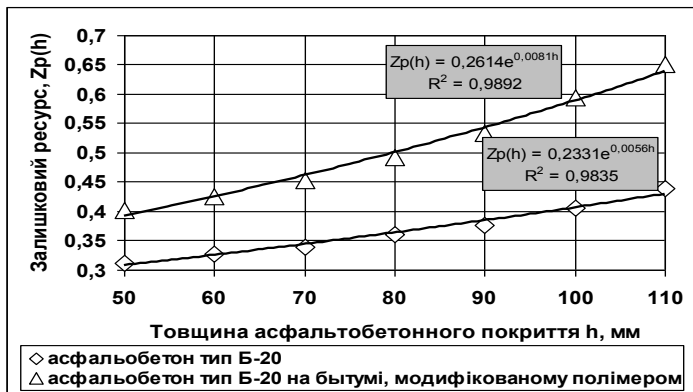


Рис. 3. Залежність залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття від товщини покриття на мосту

Аналіз числового розрахунку (рис. 3) показав, що збільшується залишковий ресурс від товщини асфальтобетонного покриття від 0,312 до 0,44 для типу Б-20, а для типу Б-20 на бітумі, модифікованому полімером від 0,402 до 0,65. А також вплив полімеру суттєво підвищує залишковий ресурс асфальтобетонного покриття Типу Б-20 в межах від 1,3 до 1,5 рази у порівнянні з традиційним асфальтобетоном Типу Б-20.

### Висновок

На основі аналітичних залежностей розроблена методика залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття з використанням полімерних латексів на мостах від спільної дії температури і транспортного навантаження а також з урахуванням термореологічних властивостей і регіональних кліматичних умов. А також отримано числовий розрахунок впливу полімеру (Бутонал НС-198) на підвищення залишкового ресурсу.

## Summary

**In clause of remaining resource of asphalt carpet is due to polymeric lateksiv on reinforce-concrete bridge building. It is in-process resulted analytical dependences and method of calculation of remaining resource of asphalt carpet with the use of polymeric lateksiv on trischinostiyskosti from the general action of temperature and transport loading.**

## *Література*

1. Коваль П. М. Характеристика технічного стану існуючих мостів України // Дороги і мости. Збірник наукових статей. Вип.1. – Київ, 2003. – с.15 – 22.
2. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 - К., 1996 – 406 с.
3. Іщенко О.М. Розробка методики розрахунку на температурну тріщиностійкість асфальтобетонного покриття штучних споруд автомобільних доріг: Автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11. – К., 2003. – 21 с.
4. Невингловский В. Ф. Зависимость деформационной способности полимерасфальтобетона от разного количества полимерного латекса // Новые дороги России / Сборник трудов Международной конференции – Саратов 2011.- 620 с.
5. Онищенко А. М. Підвищення довговічності асфальтобетонних шарів за рахунок використання полімерних латексів. Дис. ... кандидата тех. наук: 05.22.11 / Онищенко А. М. – Київ, 2008. – 229 с.
6. Бесараб О.М. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження: Автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11. – К., 2003. – 21 с.
7. Жуков О.О. Проектування асфальтобетонних шарів зносу для міських вулиць і доріг. Дис. ... кандидата тех. наук: 05.22.11 / Жуков О. О. – Київ, 2011. – 176 с.
8. МВ 218-02070915-679:2010 Методичні вказівки з розрахунку асфальтобетонного покриття на температурну тріщиностійкість.