

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА
МЕТАЛЕВИХ МОСТАХ**

Аксьонов С.Ю., мол. наук. співробітник
Національний транспортний університет, (НТУ)

Металеві мостові споруди є важливою складовою транспортної мережі не тільки міст, але й цілої держави. Щорічно в Україні з'являються тисячі нових автомобілів, що призводить до зміни складу руху автомобільних потоків, збільшення вантажопідйомності та швидкості руху. В європейських країнах введено обмеження щодо руху великовагових транспортних засобів по мостових спорудах з метою забезпечення більшого терміну служби покриття і конструктивних елементів мостів, адже дорожній одяг на штучних спорудах працює в більш несприятливих умовах і відповідно до нього висуваються більші вимоги, ніж до нежорсткого дорожнього одягу. Дорожній одяг на мостових спорудах повинен бути стійкими до колієутворення при високих температурах, а також стійким до тріщиноутворення від дії транспорту та коливання температури. У зв'язку з переліченими умовами виникає потреба в розробці методики розрахунку асфальтобетонного покриття на металевих мостових спорудах з підвищеною тріщиностійкістю та колієстійкістю при використанні якісних нових економічних матеріалів, що відповідають вимогам сучасних нормативних документів щодо експлуатації і проектування конструкцій дорожніх одягів.

На сьогоднішній день на автомобільних шляхах України експлуатуються близько 16,1 тис. мостів і шляхопроводів, які побудовані за нормами 1962 р. (63 %) та 1986 р. [1]. Найбільш розповсюдженим покриттям (більше 90 %) на мостах та шляхопроводах, як і на самих автомобільних дорогах є асфальтобетон. Досвід експлуатації мостів показує, що забезпечити стійку роботу захисної-зчипної системи дорожнього одягу мостів – асфальтобетонного покриття – можливо тільки за умови забезпечення спільної роботи матеріалів дорожньої конструкції, яка має різні деформаційні властивості. Обстеження і аналіз конструкцій дорожнього одягу мостів свідчить, що застосування традиційних складів захисних шарів асфальтобетонного покриття не відповідає в повній мірі умовам експлуатації мостів. При цьому відсутнє зчеплення асфальтобетону з епоксидно-гудронним шаром гідроізоляції, що відповідно призводить до появи різних видів деформацій: зсувів, колій, тріщин, а також до того, що термін служби дорожнього одягу не перевищує двох років.

Метою роботи є обґрунтування дорожнього одягу підвищеної тріщиностійкості та колієстійкості для металевої прогонової будови Південного мостового переходу через Дніпро в Києві за рахунок теоретичних досліджень.

Методика розрахунку асфальтобетонного покриття на мостах з підвищеною тріщиностійкістю та колієстійкістю

Для оцінки температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту необхідно отримати аналітичні залежності, що дозволяють прогнозувати температурні напруження в покритті при коливанні температур в добовому та річному циклах. Крім того, оцінка температурної тріщиностійкості повинна базуватися на умові граничного стану, що прогнозує утворення температурних тріщин в покритті при дії температурних напружень. З метою вирішення цих задач в цій статті розглядаються основні розрахункові схеми роботи асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту при коливанні температури та встановлюються аналітичні залежності для прогнозування

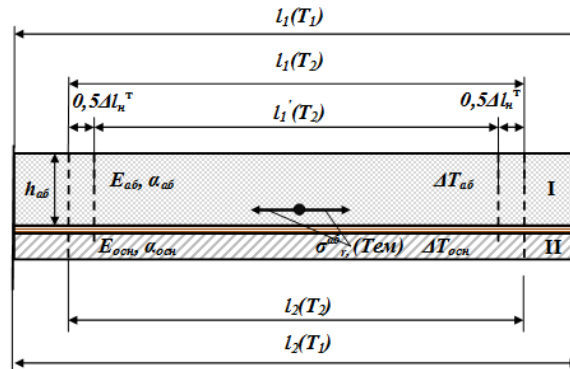
температурних напружень і оцінки температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття. При цьому в детермінованій постановці використовується феноменологічний підхід, а асфальтобетон розглядається як квазіоднорідний ізотропний матеріал.

При виборі розрахункової схеми роботи асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту з точки зору його температурної тріщиностійкості виходили з найбільш несприятливих для нього умов появи горизонтальних нормальних розтягуючих температурних напружень при зміні температури. Приймали до уваги дані багатьох дослідників про те, що основною причиною утворення температурних тріщин в асфальтобетонному покритті є температурні розтягучі напруження, що виникають в результаті невідного скорочення розмірів покриття при його охолодженні.

Для асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту причиною невідного скорочення його поздовжніх розмірів є різниця коефіцієнтів лінійного температурного розширення (температурного деформування) асфальтобетону ($\alpha_{аб}$) покриття та металу ($\alpha_{осн}$) ортотропної плити. Як відомо, вони відрізняються у декілька разів, причому $\alpha_{аб} > \alpha_{осн}$.

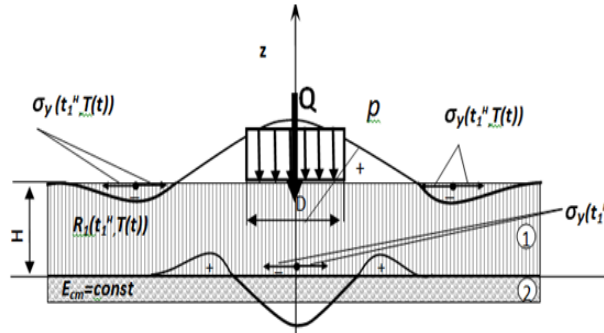
Згідно з даними науковців, вважається, що так або інакше проблеми роботи асфальтобетонного покриття в зоні деформаційного шва вирішуються. В той же час одним із найбільш поширених питань на практиці є таке, коли асфальтобетонне покриття працює спільно із ортотропною плитою мосту і між деформаційними швами та на його поверхні з'являються поперечні тріщини.

Враховуючи, що на практиці можуть зустрічатись різні випадки зв'язку між асфальтобетонним покриттям і ортотропною плитою мосту, розглядаємо найбільш вірогідні варіанти такої роботи: асфальтобетонне покриття за рахунок надійної адгезії жорстко зчеплене із ортотропною плитою мосту (рис. 1.1) і при зміні температури вони температурно деформуються спільно. Горизонтальні нормальні напруження від дії транспорту можуть бути представлені схемою, що наведено на рис. 1.2.



$h_{аб}$ – товщина асфальтобетонного покриття; $E_{аб}$, $E_{осн}$ – модуль пружності відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити мосту; $\alpha_{аб}$, $\alpha_{осн}$ – коефіцієнти лінійного температурного розширення, відповідно асфальтобетонного покриття та металу; $\sigma_{y r, (Tem)}(t)$ – розтягучі напруження від дії температури; $\Delta T_{аб}$, $\Delta T_{осн}$ – середня температура відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити $l_1(T_1)$, $l_2(T_1)$ – довжина відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити до початку температурного скорочення ($l_1(T_1) = l_2(T_1)$); $l_1(T_2)$, $l_2(T_2)$ – довжина відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити після температурного скорочення ($l_1(T_2) = l_2(T_2)$); $l_1(T_2)$ – довжина асфальтобетонного покриття, яка була б при вільному температурному скороченні.

Рисунок 1.1 – Розрахункова схема асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту при зниженні температури



1 – асфальтобетонне покриття «Гусасфальт» (складається з двох шарів: нижнього ГА-15 товщиною від 40 до 50 см та верхнього ГА-15 від 30 до 40 см) та гідроізоляційний матеріал «Елімінатор»; 2 – ортотропна плита.

Рисунок 1.2 – Епюри горизонтальних нормальних напружень на поверхні і підшви асфальтобетонного покриття («Гусасфальту») при дії навантаження

Знаючи приведений час та застосовуючи функцію релаксації, а також інтегральне рівняння лінійної в'язко-пружності спадкоємного типу Больцмана-Вольтера, знайдемо температурні напруження в асфальтобетонному покритті на ортотропній плиті ПМП для розробленої розрахункової схеми отримаємо

$$s_{r,(T_{em})}^{a\bar{b}}(t) = (a_{a/\bar{b}} - a_{очн}) \times k_{a/\bar{b}} E_{0z} + (E_{mm} - E_{0z}) \times \int_0^t \frac{e^{P(T_0 + kx - T_s)} (e^{-P \times (t - t_1)} - 1)}{P \times h} \ddot{\sigma} dt \quad (1)$$

де $d\epsilon(t) = k \times a_{a\bar{b}} dt$.

Нормальні розтягучі напруження в асфальтобетонному покритті від дії транспорту можуть бути визначені за формулою:

$$s_{TP}(t) = s_r(E(t, T), h_1 / D) \times p \times K_{\sigma} \quad (2)$$

Для визначення горизонтальних нормальних напружень при коливанні температури доцільно для граничного стану асфальтобетону використати критерій Бейлі [3, 4] для міри пошкодженості:

$$M_{Tem} = \int_0^{t_p} \frac{s_{r,(T_{em})}^{a\bar{b}}(t)^{b(t,T)}}{B_t(t, T)} dt \quad (3)$$

де B_t, b_t – постійні, в різному ступеню залежні від температури (наприклад, B_t значно сильніше залежить від температури T , ніж b_t).

Для визначення горизонтальних нормальних напружень при дії транспортного навантаження можна використати міру пошкодженості асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту, від дії транспорту, що буде мати вигляд:

$$M_{Tp} = \int_0^{t_p} \frac{s_{TP}(t)^{b(t,T)}}{B_t(t, T)} dt \quad (4)$$

де K_y – коефіцієнт умови роботи, що відображає матеріалоемні, експлуатаційні та конструктивні фактори;

K_{eid} – коефіцієнт відновлення асфальтобетонного покриття за даними робіт В.В. Смолянця та В.В. Мозгового [3, 5], що рівний 0,85;

B, b – параметри функції довговічності;

$[C_{TP}]$ – гранично допустиме значення міри пошкодженості асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті, приймається рівним добутку коефіцієнтів: коефіцієнту довготривалої водостійкості, морозостійкості і агресивної водостійкості ($C_{TP} = K_{вд}^L \times K_{мрз} \times K_a$);

$\dot{a} N_p$ – сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті ПМП [2].

Загальну міру пошкодженості асфальтобетонного покриття на штучних спорудах можна представити у вигляді:

$$M(t) = (M_{TP} + M_{Tem}) \times K_{в} \times [M] \times K_{yp} \quad (5)$$

У даному випадку міра пошкодження від зміни напружень з урахуванням сезонних добових і річних температурних коливань, а також від дії транспортних засобів (3) визначається за наступною залежністю:

$$M(t) = e^{\int_0^{t_i} n_{i(l)} \dot{B}_l \times (s_l^p + s_l^{\partial})^{-bt_l} dt} + n_{i(o,e)} \dot{B}_{o,e} \times (s_{o,e}^p + s_{o,e}^{\partial})^{-bt_{o,e}} + n_{i(z)} \dot{B}_z \times (s_z^p + s_z^{\partial})^{-bt_z} + \dot{a} N_p \times \dot{B} \times (s_{TP}(t))^{-b} \times [M] \times K_y, \quad (6)$$

де $n_{i(l)}, n_{i(o,e)}, n_{i(z)}$ – період сезону: літній, осінньо-весняний та зимовий відповідно;

$B_l, B_{o,e}, B_z, bt_l, bt_{o,e}, bt_z$ – параметри функції довговічності асфальтобетону;

$s^{a\partial} r_{(Tem)} = s_{l,o,e,z}^p + s_{l,o,e,z}^{\partial}$ – температурні напруження в асфальтобетонному покритті, що залежать як від річних так і добових коливань в залежності від сезону.

З урахуванням представлених залежностей пропонується визначити розрахунковий термін служби T_p (в роках) асфальтобетонного покриття за аналітичною залежністю:

$$T_p = \frac{[M] \times K_y}{M(t) \times K_{в}} \times [T_{роз}], \quad (7)$$

де $T_{роз}$ – проектний термін служби асфальтобетонного покриття проїзної частини мостових споруд, що становить 15 років згідно з п.7.2.5 [6].

Висновки

За допомогою розробленої методики підвищується стійкість до колієутворення литого асфальтобетону «Гусасфальт», забезпечується стійкість до тріщиноутворення від дії транспорту та коливання температури, що забезпечується за допомогою аналітичних розрахунків оцінки довговічності дорожнього одягу на Південному мостовому переході в Києві з позицій їх тріщиностійкості. Наведено теоретичні дослідження довговічності з позицій тріщиностійкості дорожнього одягу, що складаються з розрахункової схеми

роботи дорожнього одягу та аналітичних рішень з визначення горизонтальних нормальних напружень при дії транспортного навантаження та коливанні температури. Ці рішення підвищують довговічність асфальтобетонного покриття. Наведена методика дозволила розробити вимоги до конструкцій дорожнього одягу підвищеної довговічності для ортотропної плити Південного мостового переходу.

Література

1. Коваль П.М. Характеристика технічного стану існуючих мостів України // Зб. Дороги і мости. вип.1. – К.: ДерждорНДІ, 2003. – С. 15–22.
2. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.
3. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 – К., 1996. – 406 с.
4. Іщенко О.М. Розробка методики розрахунку на температурнутріщностійкість асфальтобетонного покриттяштучнихспорудавтомобільних доріг: Дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11 – К., 2003. – 136 с.
5. Смолянець В.В. Дослідження тріщиностійкості асфальтобетонних шарів міських вулиць і доріг // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, вип. 70. – К.: НТУ, 2004. – С. 22–31.
6. ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування.