

9. Onischenko, A Numerical Simulation of Stress-Strain State of Asphalt Concrete Pavement on the Carriageway of the South Bridge in Kiev/[Onischenko, A., Aksenov, S., Nevynhlovskyy, V.//Procedia Engineeringthis link is disabled](#), 2016, 134, стр. 322–329

УДК 625.745.1

Федоренко О.В. м. Київ, КК Київавтодор

ОЦІНЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ, ЩО ДІЮТЬ НА СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННІ МОСТИ

Сталезалізобетонні мости у процесі експлуатації зазнають дії різноманітних температурних впливів і навантажень [1–3]. Основними із них є пряме та відбите сонячні випромінювання, температура навколишнього середовища, теплове випромінювання середовища та атмосфери, а також розсіяне сонячне випромінювання.

Одними з факторів, що можуть призвести до руйнування конструкційних матеріалів балок моста, є теплові потоки, що діють на прогонові будови моста при дії змінних температур навколишнього середовища. Слід зазначити, що спостерігаються дефекти у вигляді тріщини залізобетонних плит та порушення об'єднання металевої балки із залізобетонною плитою (рис. 1).

У роботі [1-3] зазначено, що процес появи тріщин є небезпечним, оскільки він призводить до розвитку корозії робочої арматури залізобетонної плити. Також тріщини пришвидшують процес карбонізації прилеглих шарів бетону.

При інтенсивному розвитку тріщин зменшується висота стиснутої зони бетону та знижується міцність перерізу. Це сприяє розвитку значних деформацій балки, внаслідок зменшення жорсткості поперечних перерізів.



Рис. 1. Характерні пошкодження сталезалізобетонних мостів у процесі експлуатації

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для дослідження впливу температури навколишнього середовища на напружено-деформований стан сталезалізобетонних балок, на першому етапі необхідно визначити розподіл температурного поля поверхнями балок. Далі за відомими значеннями температурного поля розв'язати задачу термопружності і знайти напружено-деформований стан сталезалізобетонних балок моста. Кожен із зазначених етапів вимагає достовірного задання значень теплових потоків у характерних ділянках сталезалізобетонних балок моста.

У роботі [1] зазначено, що при вирішенні температурної задачі крайові умови можна задавати у вигляді значень температури на поверхнях сталезалізобетонних балок мостів, або у вигляді значень теплових потоків.

У роботах [1-3] зазначено, що визначення величин теплових потоків, які підходять до моста є необхідною умовою оцінки рівня температурних напружень та деформацій сталезалізобетонних мостів. Тому для встановлення дійсного термонапруженого стану сталезалізобетонних мостів, необхідно розробити методику достовірного визначення теплових потоків, які діють на мости.

Методика оцінки теплових потоків, що діють на сталезалізобетонні мости. Щільність теплового потоку [1] при конвекції залежить від температури поверхні сталезалізобетонної балки моста (T_s), температури повітря навколишнього середовища (T_α) та коефіцієнта тепловіддачі конструкційних матеріалів мостів (h_c). І визначається за формулою:

$$q = h_c(T_s - T_\alpha) \quad (1)$$

Температура поверхні прогонової будови сталезалізобетонної балки моста та температура повітря повинні бути виміряні у процесі експериментальних досліджень розподілу температури поверхнями сталезалізобетонних балок моста.

Рекомендовані значення коефіцієнта тепловіддачі для різних конструкційних матеріалів наведено у роботах [1-3]. Також слід зазначити, що щільності теплового потоку залежить, як від температури поверхні балки так і від швидкості вітру, яка була зафіксована у процесі експериментальних досліджень.

При дії сонячного випромінювання щільність теплового потоку для поверхні балок моста, які розташовані нормально до

променів, визначається за відомим рівнянням, яке враховує час доби (τ), інтенсивність сонячного випромінювання за межами атмосфери, що становить $I_0=1350$ Вт/м² та коефіцієнт послаблення випромінювання атмосферою, який залежить від часу доби $k_T(\tau)$ і визначається за формулою:

$$I(\tau) = I_0 k_T(\tau), \quad (2)$$

Коефіцієнт послаблення випромінювання атмосферою залежить від широти місцевості та її вологості і відповідно до робіт [1-3] визначається за формулою:

$$k_T(\tau) = 0,9^{m(\tau)t_u}, \quad (3)$$

де m – коефіцієнт повітряної маси, який залежить від висоти Сонця, t_u – коефіцієнт мутності атмосфери.

У роботах [1-3] зазначено, що для сонячної погоди коефіцієнт мутності атмосфери знаходиться у межах від 1,8 до 3,0. У промислових районах досягає значень 9,0. У переважній більшості приймається усереднене значення коефіцієнту мутності атмосфери рівне 2,4.

Випромінювання від дії сонячних променів залежить від розташування поверхні міста по відношенню до дії променів. При горизонтальному розташуванні поверхні, випромінювання, яке падає на неї, обчислюється за формулою

$$I_\gamma(\tau) = I(\tau) \sinh > 0. \quad (4)$$

а при вертикальному розташуванні поверхні – за формулою:

$$I_{\gamma}(\tau) = I(\tau) \sinh\left[\left(\frac{\cosh}{\sinh} \cos(a_s - a_v)\right)\right] > 0. \quad (5)$$

де $h(\tau)$ – висота Сонця, рад; де a_v та a_s – азимут поверхні та Сонця відповідно, рад. Складові яких визначаються за методикою наведеною у роботі [1-3].

Поряд із прямим сонячним випромінюванням на поверхні сталезалізобетонних балок моста діє і розсіяне сонячне випромінювання, інтенсивність якого на горизонтальну поверхню обчислюється за формулою:

$$H(\tau) = 0,5I_0 \sinh(e^{-am} - e^{-\sigma m_u}), \quad (6)$$

де $e^{-\sigma m_u}$ – знаходиться у межах від 0,81 до 0,91 і фізично відображає процес ослаблення випромінювання атмосферою. У більшості розрахунків приймається усереднене його значення; e^{-am} – коефіцієнт, що залежить від висоти Сонця.

Конструкції сталезалізобетонного моста зазнають також дії відбитого випромінювання місцевостей. Щільність теплового потоку якого визначається за формулою:

$$R(\tau) = r[I(\tau) + H(\tau)], \quad (7)$$

де r – коефіцієнт альbedo.

Отже, у процесі експлуатації відбувається теплообмін поверхні сталезалізобетонних мостів та атмосфери, який описується законом Стефана-Больцмана:

$$S_A(\tau) = \varepsilon_A C(T_V^4 - T_L^4), \quad (8)$$

де T_L – температура повітря атмосфери, K ; T_v – температура поверхні, K ; ε_A – коефіцієнт випромінювання ($\varepsilon_A = 0,95$) [1].

Слід зазначити, що з енергії, що потрапляє на поверхню сталезалізобетонної балки моста, у тепло перетворюється та частина, яка поглинається поверхнею сталезалізобетонного моста, що залежить від виду конструкційного матеріалу балки моста. Енергію, що потрапляє на сталезалізобетонні балки моста визначити за законом Кірхгофа [1,2],

$$q(\tau) = pS_{U,A}(\tau), \quad (9)$$

де $S_{U,A}$ – теплове випромінювання атмосфери або земних поверхонь; p – коефіцієнт поглинання теплового випромінювання сталезалізобетонною балкою моста. Для бетонної поверхні плити коефіцієнт поглинання становить $p = 0,7$, а для металевої балки $p = 0,95$.

Далі проведемо оцінку теплових потоків, що знає сталезалізобетонна балка моста у процесі експлуатації при сонячній погоді.

Розрахунок теплових потоків, що діють на сталезалізобетонну балку моста. Об'єктом для визначення розподілу температури поверхнями балок був сталезалізобетонний міст розташований у м. Буштино, Івано-Франківської області.

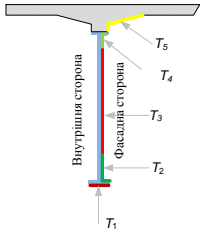
Прогонова будова моста загальною проектною довжиною 240,611 м (між крайніми торцями прогонових будов) складається із десяти прогонів, запроектованих по статичній схемі $2 \times 18,0 + 4 \times 33,0 + 4 \times 18,0$ м. Шість прогонів довжиною 18 м (0–1, 1–2, 6–7 ... 9–10) – балочні розрізні, виконані залізобетонними збірно-монолітними, у їхньому поперечному перерізі розташовано по десять залізобетонних П-подібних балок довжиною 18 м та висотою 0,850 м, об'єднаних монолітною залізобетонною плитою проїзної частини товщиною 0,14 м. Залізобетонна плита проїзної частини у прогонах 0–1, 1–2 та у прогонах 6–7 ... 9–10 виконана температурно-нерозрізною. Чотири прогони довжиною 33 м (2–3 ... 5–6) – балочні розрізні, виконані сталезалізобетонними. У поперечному перерізі моста розташовано по чотири сталеві двотаврові балки довжиною 33 м, повною висотою 1,832 м та висотою ребра 1,8 м, об'єднаних монолітною залізобетонною плитою проїзної частини з товщиною 0,2 м (у прогоні плити), а також поперечними та вітровими сталевими в'язями. Об'єднання монолітної плити із сталевими головними балками виконане за допомогою напівжорстких упорів типу Nelson (SD 16x200 S 235 J2). Матеріал в'язей, головних та домкратних балок – сталь марки 10ХСНД.

Для вимірювання температури на поверхнях сталезалізобетонної балки, було розбито балку на характерні ділянки. Нижня полицька сталезалізобетонної балки має ділянку T_1 , перехідна зона від нижньої полицьки до стінки балки є ділянкою T_2 , Вертикальна стінка балки є ділянкою T_3 , перехід

стілки балки у верхню полицку є ділянкою T_4 та нижня частина залізобетонної плити є ділянкою T_5 .

Вважається, що у межах однієї ділянки температура має сталі значення. У результаті вимірювання температури записано максимальне значення температури із вимірних значень у межах ділянки. Результати розподілу температури в характерних ділянках сталезалізобетонної балки моста у вертикальному напрямі наведено у табл. 1. Вимірювання температури було проведено 25.09.2020 р.

Таблиця 1. Експериментальні вимірювання розподілу температури на поверхні сталезалізобетонної балки в м. Буштино, Івано-Франківська область

Схема точок для вимірювання температури	Час доби, год	Температура повітря, °C	Ділянки вимірювання температури на поверхнях сталезалізобетонної балки				
		$T_{\text{г}}$	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
	8:00	9,0	9,2	9,2	9,6	9,5	10,5
	9:00	11,0	11,4	11,2	12,7	12,4	11,7
	10:00	14,0	15,4	15,4	15,7	14,2	14,0
	11:00	18,0	21,4	20,7	21,1	20,5	17,2
	12:00	20,0	24,4	25,4	26,8	25,1	23,4
	13:00	24,0	27,3	27,7	28,9	26,1	25,4
	14:00	25,0	30,1	30,7	31,4	29,4	26,4
	15:00	27,0	32,3	32,4	33,8	34,8	27,0
	16:00	28,0	35,7	35,0	35,1	36,1	27,1
	17:00	25,0	32,1	32	32,1	31,1	25,1
	18:00	23,0	30,0	29,9	30,5	25,7	24,8

Із проведених результатів вимірювання температури по характерних ділянках сталезалізобетонної балки, встановлено максимальне значення температури зафіксовано на стінці балки у межах ділянки T_3 . Що пояснюється дією прямих сонячних променів. Також слід зазначити, що вищу температуру має металева балка у порівнянні із температурою залізобетонної плити.

Оцінку рівня теплових потоків будемо визначати лише за максимальних значень температур виміряних на зовнішній поверхні сталезалізобетонної балки моста, що наведені у табл. 1. Такою ділянкою є ділянка T_3 .

За наведеною методикою визначення теплових потоків отримано значення теплових потоків, які поглинаються сталезалізобетонною балкою. При цьому враховуються вертикальні та горизонтальні поверхні балки. Результати визначення теплових потоків наведено на рис. 2.

Як бачимо всі значення теплових потоків мають позитивний знак. Це означає, що сталезалізобетонна балка поглинає тепло від джерел.

Графічна залежність теплових потоків, що діють на горизонтальну та вертикальну поверхні балки моста наведено на рис. 3. Максимальна величина теплових потоків, які отримує балка склала 710 Вт/м^2 . При цьому максимум теплових потоків, що поглинаються сталезалізобетонною балкою моста спостерігається від 14:00 до 16:00 год. Ці години доби є орієнтиром для визначення максимальних теплових потоків, що діють на мости.

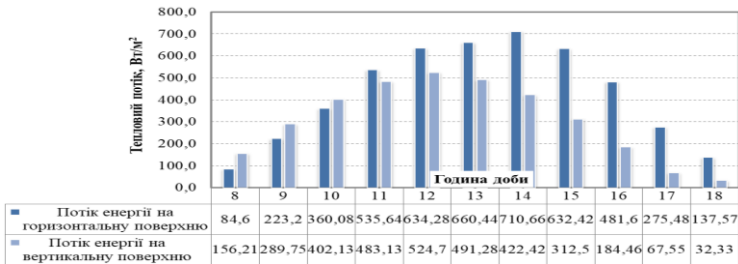


Рис. 2. Порівняння впливу складових сонячного випромінювання на горизонтальну та вертикальну поверхні сталезалізобетонної балки моста

Результати експериментальних вимірювань розподілу температури по характерних ділянках сталезалізобетонної балки моста показали, що існує різниця температур у суміжних ділянках балки. Тому для задання середніх значень температури при проектуванні сталезалізобетонних мостів (як це вимагається нормами [3]) вимагає багаторічних спостережень за розподілом температури із врахуванням комплексу різних природніх факторів. Встановлено, що максимальні теплові впливи, які діють на сталезалізобетонні мости, при ясній погоді вдень, діють у період із 14:00 год до 16:00 год. Визначення теплових потоків, що діють на балки мостів дасть змогу достовірно визначити термонапружений стан сталезалізобетонних мостів при дії змінних кліматичних температурних впливів навколишнього середовища.

Література

1. Лучко Й. Й. Алгоритм визначення граничних умов, для дослідження температурних напружень та деформацій балкових

конструкцій залізничних мостів від кліматичних впливів / Й. Й. Лучко, В. В. Ковальчук // [Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури](#). – 2012. – Вип. 46. – С. 233-243. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodaba_2012_46_35.

2. Ковальчук В. В. Стан та проблеми забезпечення довговічності прогонових будов мостів / Збірник наукових праць ДонІЗТ. – Донецьк, 2012. – №32. – С. 226 – 235.

3. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2-15:2009. – К.: Мінбуд України, 2009. – 83 с.

УДК: 625.76

Фоменко Г. Р., м. Харків, Україна

Гулько І.С., м. Харків, Україна

Логвиненко Б.О., м. Харків, Україна

Мірошніченко В. В., м. Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ФУНКЦІОНАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ

Особливості питань в ході планування та розвитку міст невід’ємні від вирішення складного комплексу питань, а саме таких, як композиційні задачі та технічні рішення. Важливою складовою у комплексі питань є розвиток та робота вулично-дорожніх мереж у населених пунктах. Вулично-дорожня мережа міст є частиною міських шляхів сполучення, які забезпечують необхідні вантажні та пасажирські зв’язки між окремими функціональними зонами у містах та всередині окремих зон і