

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЙ ГРІНА ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ МОСТОВИХ СПОРУД

Полярус О. В., д.т.н. професор

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

poliarus.kharkiv@gmail.com

Технічний стан всіх мостових споруд повинен періодично контролюватись. Як правило, на практиці стан мостів оцінюється за прийнятими методиками на основі вимірювань окремих параметрів. Одним з важливих показників, що визначається в процесі досліджень, є відношення динамічного прогину нижньої поверхні мосту до статичного, яке називається коефіцієнтом динамічності. Методика досліджень вимагає перекриття руху автомобілів по мосту, заїзд важкого вантажного автомобіля на міст, визначення статичного прогину нижньої поверхні мосту, стрибок автомобіля з невисокої перешкоди і визначення динамічного прогину. Для справних мостів, виходячи з досвіду їх експлуатації, отримані діапазони коефіцієнтів динамічності, що властиві різним типам мостових споруд.

З точки зору теорії, стрибок автомобіля з перешкоди є імпульсною дією для мосту. Реакція динамічної системи на імпульсну дію називається імпульсною характеристикою системи $h(t)$. Вона описує залежність прогину точки поверхні моста від часу. Як правило, $h(t)$ є періодичною затухаючою функцією часу, що в загальному випадку залежить від положення точки поверхні, в якій проводяться вимірювання прогину. Це означає, що імпульсна характеристика є функцією не тільки часу, але і просторових координат поверхні x, y і записується як $h(x, y, \tau)$. Крім того, вид імпульсної характеристики буде також залежати від точки прикладання імпульсної дії на верхній поверхні мосту, що описується координатами l, r . Отже, імпульсна характеристика мостової споруди може бути записана як $h(x, y, l, r, t)$.

Слід відзначити, що поняття імпульсної характеристики введене для лінійних динамічних систем. Оцінка лінійності мосту вимагає багатьох вимірювань і в окремих випадках може виявитись, що для одних точок прикладання імпульсної дії та вимірювання прогину міст є лінійною системою, а для інших – нелінійною. В таких ситуаціях поняття імпульсної характеристики не можна застосовувати.

Будемо вважати, що міст є лінійною динамічною системою. Оскільки він має протяжність у просторі, то його слід назвати розподіленою системою. Нехай початок координат верхньої поверхні мосту міститься в точці $\vec{\rho}_0$, а імпульсна дія прикладена в точці $\vec{\rho}$ в момент часу τ_0 , тобто, може бути записана як

$$H(\vec{\rho}, t) = \delta(\vec{\rho}_0 - \vec{\rho}) \cdot \delta(t - \tau_0), \quad (1)$$

де перший множник в (1) є просторовою дельта-функцією, а другий множник – часовою.

Для лінійної розподіленої мостової споруди як системи після застосування імпульсної дії в момент часу t_0 отримуємо прогин як функцію часу та просторових координат:

$$s(x, y, t) = \int_{t_0}^t G(x, y, t, \vec{\rho}, \tau) P(\vec{\rho}, \tau) d\vec{\rho} d\tau, \quad (2)$$

де $\int_{t_0}^t G(x, y, t, \vec{\rho}, \tau)$ - функція Гріна, що характеризує просторово-часову реакцію лінійної системи на імпульсну дію [1]; $P(\vec{\rho}, \tau)$ - вага транспортного засобу, що знаходиться на мосту в точці $\vec{\rho}$ в момент часу τ .

Отже, при відомій функції Гріна мостової споруди та відомому навантаженню на міст $P(\vec{\rho}, \tau)$ можна визначити прогин нижньої поверхні мосту в будь-якій точці. Прогин всієї поверхні можна розрахувати на основі дистанційних вимірювань [2] і тоді методами, що розроблені в [3], можна оцінити навантаження на міст в різних точках в різні моменти часу, тобто провести моніторинг руху транспорту по мосту.

При наявності n транспортних засобів на мосту в точках $\vec{\rho}_i$ і в час τ_i формула (2) трансформується до виду:

$$s(x, y, t) = \int_{t_0}^t G(x, y, t, \vec{\rho}, \tau) \sum_{i=1}^n P(\vec{\rho}, \tau) d\vec{\rho}_i d\tau_i \quad (3)$$

при умові лінійності мостової споруди.

Описана тут функція Гріна може бути паспортною характеристикою кожної конкретної мостової споруди. Її періодичний контроль виявить будь-які змінювання функції Гріна. Розрахунки по формулам (2), (3) дають можливість оцінити прогини мосту в будь-якій точці нижньої поверхні, що є основою для проведення діагностики стану мосту і прогнозування його стану на деякий період.

Література

1. Robert Nevels and Jaehoon Jeong. The Time Domain Green's Function and Propagator for Maxwell's Equations. - IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 52, no. 11, 2004.
2. Poliarus O. V., Poliakov E. O., Lebedynskii A. V., Ivanov V. K., Paschenko R. E. Measurement of the Bridge Surface Deflections Using Near-Field Amplitude of Secondary Radiators System.- Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal. (USA) - Volume 2, Issue 6, Page No 217-224, 2017.
3. Полярус О. В., Поляков Є. О. Наближене розв'язання оберненої задачі вимірювань та його метрологічне забезпечення. - Монографія. - Х.: Видавництво "Лідер", 2014. – 120 с.