

ВИСНОВКИ

*Розробка та впровадження в практику національного стандарту щодо проведення динамічних випробувань автодорожніх мостів дозволить підвищити якість виконання робіт з діагностики технічного стану мостів.*

*Застосування ДСТУ надасть такі переваги:*

- сприятиме підвищенню економічного та соціального ефекту за рахунок покращення якості виконання робіт з визначення технічного стану мостів та, відповідно, більш обґрунтованому складанню проектів їхнього ремонту;
- дозволить більш точно визначати фактичну вантажопідйомність автодорожніх мостів, а також відповідний режим їхньої експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Р В.2.3-03450778-858:2015 Рекомендації щодо встановлення обмеження швидкості руху на автодорожніх мостах відповідно до їх фактичного технічного стану.
2. Р В.2.3-218-03450778-711:2007 Рекомендації з діагностики стану прогонових будов мостів за динамічною дією рухомого навантаження.
3. Р В.3.1-218-03450778-777:2010 Рекомендації з визначення натурних динамічних характеристик автодорожніх мостів.
4. Редченко В. П. Про обмеження швидкості руху на автодорожніх мостах та визначення фактичного динамічного коефіцієнту / В. П. Редченко // Автошляховик України. – Київ, 2013. – №3. – С. 41-48.
5. Аналіз результатів динамічних випробувань мостів з використанням програми «СпектрУМ» / В. П. Редченко // Мости та тунелі. Теорія, дослідження та практика. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – Дн-ськ, 2014. – Вип. 6. – С. 119-125.
6. British Standard, BS 5228.2:2009. Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites – Part 2: Vibration.
7. German Standard, DIN 4150@3:1999. Structural Vibration – Part 3: Effects of vibration on structures.

УДК 625.841

© Солодкий С. Й., доктор техн. наук, професор;

© Думич І. Ю., канд. техн. наук, доцент кафедри «Автомобільні дороги та мости» (НУ «Львівська політехніка»)

**НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ БЕТОННИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ**

**Анотація.** Представлено дослідження коефіцієнта динамічності монолітних бетонних покриттів залежно від типу основи. Залежності встановлені експериментально шляхом випробування дорожніх одягів у натурних умовах.

**Ключові слова.** Дорожні одяги жорсткого типу, монолітні бетонні покриття, основи, коефіцієнт динамічності, динамічна стійкість

**Аннотация.** Представлено исследование коэффициента динамичности монолитных бетонных покрытий в зависимости от типа основания. Зависимости установлены экспериментально путем испытания дорожных одежд в натуральных условиях.

**Ключевые слова.** Дорожные одежды жесткого типа, монолитные бетонные покрытия, основания, коэффициент динамичности, динамическая стойкость.

**Abstract.** Research of coefficient of dynamic quality of jointed unreinforced concrete pavement is presented depending on the type of foundation. Dependences are set experimentally by the test of rigid pavement in real condition.

**Keywords.** Rigid pavement, jointed unreinforced concrete pavement, road foundation, coefficient of dynamic quality, fatigue strength.

## ВСТУП

Лабораторними випробуваннями моделей плит встановлено істотний вплив основ із матеріалів, укріплених цементом, на витривалість бетонних дорожніх покриттів за різних співвідношень товщини плит покриття та основи [1]. Встановлено також вплив нежорстких прошарків між плитами покриття та основи на напружено-деформований стан покриттів за дії повторних динамічних навантажень [2]. Оскільки випробування моделей плит проводили за допомогою лабораторної віброустановки, то для підтвердження отриманих результатів досліджень в реальних умовах були виконані натурні випробування деяких конструкцій експлуатованих бетонних покриттів за дії рухомого автомобільного навантаження (КРАЗ-256Б) вагою 250 кН.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА

Основні задачі натурних випробувань зводились до наступного:

- визначення статичних і динамічних прогинів (амплітуд коливань) бетонних покриттів на різних основах за різних швидкостей руху автомобіля;
- визначення коефіцієнта динамічності покриттів залежно від типу основи;
- визначення частот вимушених коливань плит бетонних покриттів під час руху автомобіля з різними швидкостями.

Натурні випробування проводили на експлуатованих покриттях Львівської кільцевої дороги та автодороги Львів-Стрий, де були влаштовані дослідні ділянки з різними конструкціями покриттів і основ. Вимірювання статичних пружних прогинів плит покриттів виконували за допомогою прогиномірів балочної конструкції, що встановлювали на узбіччі (рис. 1).

Автомобіль КРАЗ-256Б вагою 250 кН (навантаження на дві задні спарені осі – 185кН) розміщався симетрично поздовжньої осі плити і після установки прогиномірів по середині вільного краю і в куті плити з'їжджав із швидкістю 2 км/год. Амплітуди і частоти коливань плит покриттів вимірювали приладом ВВП-2 (вібровимірювальний прилад) при встановленні вібродатчика посередині вільного краю плити (поз. 1), посередині защемленого краю (поз. 3) і в куті вільного краю плити (поз. 2). Автомобіль рухався зі швидкостями 30, 50 і 70 км/год.

Випробування проводили на п'яти конструкціях цементобетонних покриттів:

1. покриття товщиною 22 см на піщаній неукріпленій основі (Львівська кільцева дорога);

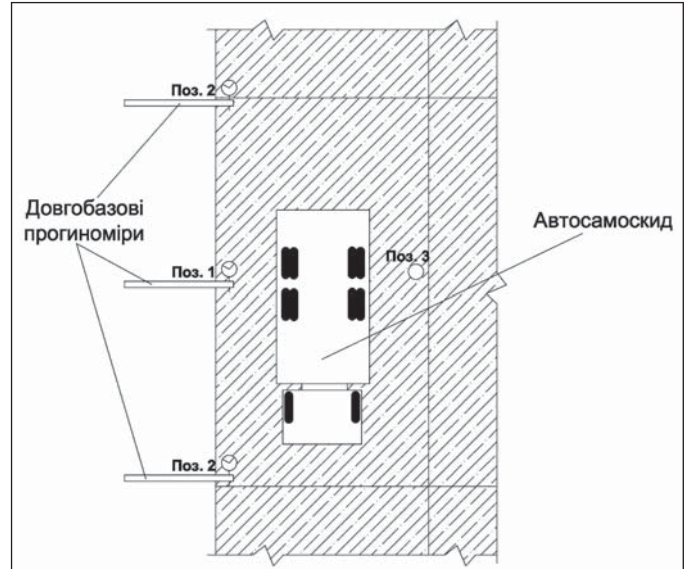


Рис. 1. Визначення статичних прогинів вільного краю покриття під час руху автомобіля із швидкістю 2 км/год

2. покриття товщиною 24 см на піщаноцементній основі 18 см (дослідна ділянка дороги Київ-Чоп довжиною 40 м);
3. покриття товщиною 22 см на основі із піщаногравійної суміші 20 см (Львівська кільцева дорога);
4. покриття товщиною 24 см на гравієцементній основі 16 см з прошарком із чорного піску 5 см (дорога Київ-Чоп);
5. покриття дослідної ділянки товщиною 20 см на гравієцементній основі 20 см без прошарку довжиною 40 м (дорога Київ-Чоп).

Натурні випробування завжди відрізняються значною розбіжністю вимірюваних величин із-за багатьох випадкових чинників, що впливають на значення цих величин. Проте, із багатьох випадкових чинників, що впливають на величину статичних і динамічних прогинів, можна виділити основи, а саме: товщина плит покриття та укріпленої основи, модулі пружності бетону, піскоцементу, гравієцементу і земполотна. Тому під час наших випробувань на кожній ділянці були вибрані 5-6 плит з приблизно однаковими вищевказаними параметрами, величину яких встановлювали натурними замірами.

Як під час лабораторних, так і натурних випробувань було виявлено, що динамічні прогини (амплітуди коливань) більш стабільні ніж статичні. Це свідчить про те, що миттєво прикладувані навантаження (динамічні) сприймаються в основному покриттям та основою і меншою мірою земполотном. Натомість земполотно дуже чутливе до статичних навантажень. Всі розбіжності вимірюваних величин мають місце, переважно, із-за неоднорідності верхніх шарів земполотна.

В таблиці 1 приведені значення середніх статичних пружних прогинів покриттів від навантаженого автомобіля КРАЗ 256-Б. Прогиномири встановлювали на рівні двох задніх спарених осей з навантаження 185 кН.

В таблиці 2 приведені амплітуди і частоти коливань п'яти конструкцій покриттів під час руху автомобіля з різними швидкостями.

Натурні випробування п'яти типів бетонних покриттів на різних основах доповнюють лабораторні дослідження і наочно підтверджують істотний вплив основ на напружено-деформований стан і несну здатність покриттів. Так, аналіз результатів, приведених в таблицях 1 і 2 свідчить, що статичні прогини покриттів на неукріплених основах приблизно в 1,5-2, а амплітуди коливань в 2-3 рази більші ніж покриттів на укріплених цементом основах. Для покриттів на неукріплених основах (піщаних і гравійних) прогини і амплітуди вільного кута плити (поз.2) приблизно в 1,4-1,9 рази більші тих же показників для середини вільного краю (поз.1). Для покриттів на укріплених основах ця різниця незначна, приблизно 10-15%. Це означає,

що від'ємні згинальні моменти в приторцевих частинах плити незначні для покриттів на укріплених цементом основах.

Як амплітуди, так і частоти вимушених коливань на будь-яких основах залежать від швидкості руху автомобіля. Чим більша швидкість, тим коротший час прикладання навантаження і більший динамічний ефект. Залежність амплітуд коливань від швидкості руху автомобіля для покриттів на різних основах можна виразити наступними формулами:

– для покриттів на неукріплених основах

$$A=0,87 \times 10^{-4} \times V^{1,6} \quad (1)$$

– для покриттів на укріплених цементом основах за наявності нежорсткого прошарку

$$A=0,28 \times 10^{-4} \times V^{1,5} \quad (2)$$

– для покриттів на укріплених цементом основах без будь-яких прошарків (об'єднана плита)

$$A=0,18 \times 10^{-4} \times V^{1,4} \quad (3)$$

Таблиця 1

Значення статичних прогинів п'яти типів покриттів

Тип конструкції бетонного покриття	1	2	3	4	5
Прогини середини вільного краю плити (поз. 1, мм)	0,16	0,10	0,15	0,06	0,07
Прогини вільного кута плити (поз.2), мм	0,23	0,12	0,22	0,07	0,08

Таблиця 2

Амплітуди і частоти коливань бетонних покриттів на різних основах

Тип конструкції покриття	Найменування вимірюваних величин	Позиція встановлення вібродатчика	Швидкість руху автомобіля, км/год		
			30	50	70
1	2	3	4	5	6
1.	Амплітуди, мм	1	0,015	0,025	0,048
		3	0,006	0,011	0,025
		2	0,039	0,053	0,092
	Частоти	1,3,2	13,3	16,5	20,0
2.	Амплітуди, мм	1	0,004	0,007	0,012
		3	0,003	0,005	0,010
		2	0,005	0,008	0,015
	Частоти	1,3,2	13,7	14,5	15,4
3.	Амплітуди, мм	1	0,012	0,020	0,038
		3	0,005	0,010	0,021
		2	0,033	0,045	0,078
	Частоти	1,3,2	13,0	15,8	19,0
4.	Амплітуди, мм	1	0,005	0,009	0,015
		3	0,003	0,005	0,014
		2	0,006	0,011	0,018
	Частоти	1,3,2	13,8	15,0	17,6
5.	Амплітуди, мм	1	0,00	0,005	0,009
		3	0,002	0,004	0,008
		2	0,003	0,006	0,010
	Частоти	1,3,2	12,1	13,0	14,6

В приведених формулах швидкість  $V$  виражена в км/год., а амплітуда  $A$  – в мм. Формули справедливі для середини вільного краю плити (поз.1) за маси рухомого автомобіля близько 25 т. За інших значень мас автомобіля амплітуди будуть змінюватись пропорційно масі.

Якщо амплітуди коливань покриттів на будь-яких основах зростають приблизно в 3 рази із збільшенням швидкості автомобіля з 30 км/год. до 70 км/год., то частоти вимушених коливань змінюються по складніших законах. Для покриттів на неукріплених основах за вищевказаного зростання швидкості частоти вимушених коливань збільшилися в 1,8-1,9 рази, а для покрит-

тів на укріплених основах – лише на 10-15% (за наявності нежорсткого прошарку на 30%). Стабільність частоти в даному випадку пояснюється тим, що ефективна коливальна маса покриттів на укріплених основах майже вдвічі більша (покриття плюс основа), а це приводить до стабільності напружено-деформованого стану таких покриттів навіть за зростання швидкості автомобілів.

Натурні випробування бетонних покриттів рухомими навантаженнями дають змогу диференційовано підійти до визначення коефіцієнта динамічності залежно від типу основи. Під час руху автомобіля по покриттю має місце згинна хвиля, що рухається разом з автомобілем (рис. 2).

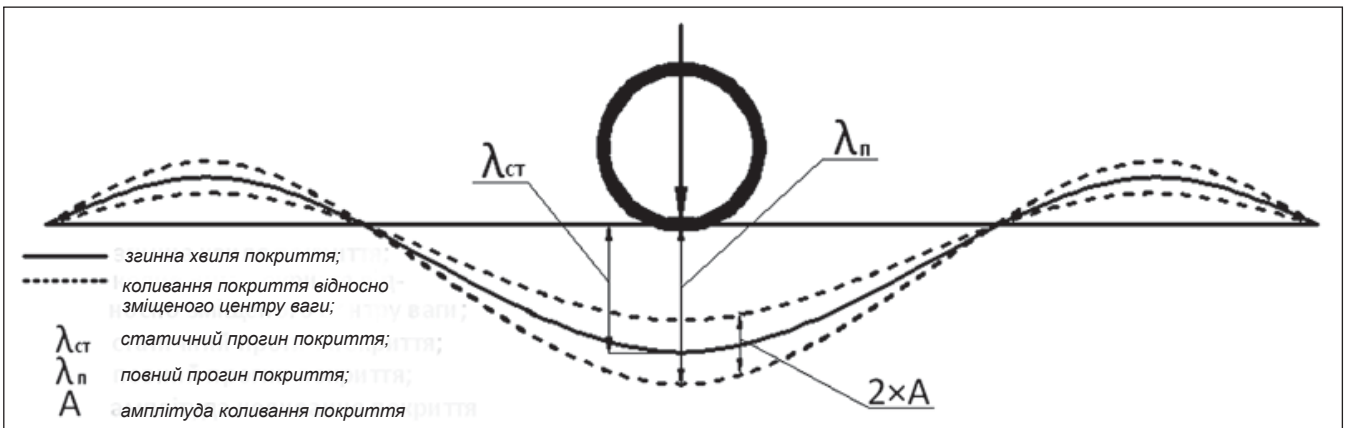


Рис. 2. Схема до визначення коефіцієнта динамічності

Максимальна ордината згинної хвилі, що співпадає з центром найбільш навантаженої опори автомобіля є статичним прогином  $\lambda_{ст}$ . За значних швидкостей автомобіля покриття коливається відносно нового зміщеного вниз центра ваги, положення якого визначається ординатою згинної хвилі, тобто статичним прогином. Амплітуди коливань значно менші статичного прогину і являють собою тільки частину повного прогину,

що дорівнює сумі статичного прогину і амплітуди. Коефіцієнт динамічності визначаємо як відношення повного прогину до статичного:

Використовуючи формулу 4 і результати, приведені в таблицях 1 і 2, визначаємо коефіцієнти динамічності для покриттів на різних основах для вільного краю плити (найбільш напруженого) за швидкості руху автомобіля 70 км/год.

$$K = (\lambda_{ст} + A) / \lambda_{ст} \quad (4)$$

#### ВИСНОВКИ

1. Для покриттів на укріплених цементом основах (піщаних і гравійних) коефіцієнт динамічності становить 1,30-1,35. Це динамічно нестійкі покриття.
2. Для покриттів на укріплених цементом основах за відсутності будь-яких нежорстких прошарків між плитами покриття та основи коефіцієнт динамічності становить 1,10-1,15. Це динамічно стійкі покриття.
3. Наявність нежорстких прошарків між плитами покриття та основи знижує динамічну стійкість покриття і підвищує коефіцієнт динамічності до 1,25.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Вплив типу основи на витривалість монолітних цементобетонних дорожніх покриттів / С. Й. Солодкий, І. Ю. Думич // Автошляховик України. – 2014. – №2. – С. 23-26.
2. Деякі аспекти конструювання монолітних цементобетонних дорожніх покриттів за критерієм динамічної стійкості / С. Й. Солодкий, І. Ю. Думич // Автошляховик України. – № 1-2. – С. 81-83.