

ІНЖЕНЕРНИЙ БЛАГОУСТРІЙ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВЛАШТУВАННЯ БЕТОННИХ ПОКРИТТІВ ДОРІГ ТА ТРОТУАРІВ

© Каганов В.О., Гулик Ю.І., 2004

Визначено оптимальні параметри оцінки ефективності вибору бетонних покриттів доріг і тротуарів з метою застосування дрібноштучних фігурних елементів мостіння під час благоустрою міських територій

Постановка проблеми. Під час благоустрою міських територій особливої уваги потребує вибір оптимального конструктивно-технологічного рішення влаштування дорожньо-тротуарного покриття, яке би забезпечувало низькі експлуатаційні затрати та підвищувало би архітектурну виразність збудованого об'єкта. При цьому необхідно обрати оптимальні критерії оцінки та визначити базові розрахункові параметри для проектування відповідного конструктивного рішення бетонного покриття. Внаслідок значних затрат на будівництво та експлуатацію монолітних бетонних покриттів, високої екологічної небезпеки при використанні для дорожніх робіт асфальтобетонних сумішей виникла необхідність у обґрунтуванні доцільності застосування сучасних технологій влаштування доріг та тротуарів з бетонних дрібноштучних фігурних елементів мостіння (ФЕМ).

Аналіз останніх досліджень. Оскільки технологія влаштування покриття доріг і тротуарів з бетонних дрібноштучних ФЕМ під час благоустрою міських територій на теренах України активно почала застосовуватись лише останніми роками, то основний натиск у дослідженні зроблений на аналіз закордонних джерел [1, 2, 3] та практичний досвід провідних фірм – виробників вібропресованої бетонної продукції.

Як правило, вітчизняні виробники вібропресованих бетонних ФЕМ та інших дорожніх виробів пропонують на будівельному ринку України послуги із влаштування тротуарних покриттів з власної продукції. При цьому практично відсутнє наукове обґрунтування застосованих конструктивно-технологічних рішень та існують значні відхилення у кількісних параметрах модуля деформації та коефіцієнта Пуассона для кожного з конструктивів покриття з дрібноштучних бетонних ФЕМ.

Попередній аналіз літературних джерел закордонних авторів та техніко-економічних показників влаштування доріг і тротуарів під час благоустрою об'єктів на Україні свідчать про високу експлуатаційну надійність і ефективність покриттів з бетонних дрібноштучних ФЕМ під час благоустрою міських територій.

Мета роботи. З метою подальшого впровадження технології влаштування покриттів доріг та тротуарів з бетонних ФЕМ на теренах України необхідно визначити ефективні галузі її застосування і встановити достовірні розрахункові параметри для проектування оптимальних конструктивів цього типу покриття при благоустрою міських територій.

Під час благоустрою сучасних міських територій перед будівельниками, крім необхідності використання ефективного інженерного обладнання, актуально постають питання, пов'язані із спорудженням внутрішньоквартальних доріг, автостоянок, тротуарів, проїздів та майданчиків різноманітного призначення, де би застосовувались сучасні бетонні вироби підвищеної архітектурної виразності – дрібноштучні бетонні ФЕМ. Останніми роками на теренах України

динамічно розвиваються технології влаштування жорстких покриттів доріг і тротуарів з дрібноштучних ФЕМ, виготовлених на високотехнологічних формувальних вібропресувальних комплексах вітчизняного та іноземного виробництва.

Характерними рисами вищезгаданої технології влаштування тротуарних або дорожніх покриттів з дрібноштучних бетонних ФЕМ є відмова від використання цементно-піщаних сумішей під час зароблення стиків та обов'язкова наявність конструктивного (або конструктивно-технологічного) дренажного шару у дорожньому одязі. При цьому розрахункову товщину ФЕМ, проектну міцність бетону на стиск і розтяг при згині обирають залежно від фізико-механічних властивостей основи під покриття та з врахуванням функціональних умов його експлуатації по проекту будівництва чи відповідно до галузі застосування об'єкта, де відбуваються роботи з благоустрою.

Зазвичай використовуються при проектуванні дорожньо-тротуарних покриттів типові конструктивно-технологічні рішення, які пройшли апробацію при експлуатації міської вулично-проїжджої інфраструктури [4]. При цьому основний акцент при виборі конкретного конструктивно-технологічного рішення покриття з бетонних ФЕМ робиться на естетичні якості будівельних виробів, а саме вибір кольору бетону, текстури поверхні та оптимального шаблону при укладанні дрібноштучних елементів покриття.

Авторами був виконаний аналіз особливостей використання доріг та тротуарів з бетонних ФЕМ на основі досвіду експлуатації вище від згаданих покриттів у м. Львові і інших містах Західної України, де покриття з бетонних ФЕМів забезпечують більше експлуатаційних переваг, ніж інші типи жорстких дорожньо-тротуарних покриттів. Покриття з бетонних ФЕМ має високу витривалість на дію статичного навантаження і горизонтальних зусиль, що спричиняють процеси гальмування, повертання та прискорення транспорту. Порівняно з асфальтобетонними поверхнями доріг дрібноштучне покриття з бетонних ФЕМ має підвищену витривалість при вибоках палива, масла та інших мастильних речовин. Крім того, завдяки можливості виконувати роботи по переукладанню бетонних ФЕМ із замками для забезпечення сумісності роботи, вироби можуть бути повторно використані після переукладання, це означає, що існує вільний доступ до підземних комунікацій та підвищується ймовірність покриття з мінімальними затратами. Підземні роботи не потребують руйнівних методів розбирання бетонного покриття за допомогою пневмоінструменту, а це, в свою чергу, зменшує шумові ефекти, спричинені ремонтно-дорожніми роботами на об'єктах міської забудови.

Покриття з бетонних ФЕМ в умовах експлуатації асоціюється з низьким рівнем дорожнього шуму. Тести здійснені рядом наукових установ країн Західної Європи [2], засвідчили, що в тих випадках, коли поверхня з дрібноштучного бетонного покриття суха, то рівень шуму від руху транспорту є такий самий або нижчий від експлуатації інших типів покриття, а коли ж покриття з бетонних ФЕМ мокре, то рівень шуму значно нижчий, ніж інших типів покриття.

При цьому слід мати на увазі, що дорожнє покриття з бетонних ФЕМ найбільш придатне для швидкості руху транспорту до 60 км /год. Дослідження пересування транспорту показують, що блокове покриття з ФЕМ є жорсткішим, ніж асфальтобетонна поверхня. Незважаючи, що поверхня бетонних ФЕМ з часом руйнується від транспортних навантажень, то це покриття має стабільно хороші показники витривалості при заносенні транспортного засобу. Показники по визначенню маятника заносу на покриттях в бетонних ФЕМ становлять від 50 до 60 одиниць, що відповідає існуючим нормативним параметрам для експлуатації дорожніх покриттів при русі транспорту на помірних швидкостях (до 60 км/год).

Оскільки виконати об'єктивну кількісну оцінку економічної доцільності застосування різних типів дорожньо-тротуарного покриття важко, то в табличній формі (табл. 1) вказані якісні цінні показники та інші критерії для порівняльного аналізу між покриттями з асфальтобетону, монолітного бетону і бетонних ФЕМ.

Порівняльний аналіз різних типів покриттів міських доріг та тротуарів

Показники	Тип покриття		
	Бетонні ФЕМ	Асфальтобетон	Монолітний бетон
Цінові показники			
Витрати енергії	низькі	високі	низькі
Витрати на різних етапах			
Початкові	середні	низькі	високі
Поточні	низькі	високі	високі
Остаточні	середні	Високі	низькі
Естетичні показники			
Зовнішній вигляд	Висока архітектурна виразність, колір, різноманітність форм та текстур	Бідний	Середній – лише обмежене регулювання кольору та текстури
Показники влаштування та обслуговування			
Труднощі при влаштуванні	Потребує мінімум простого обладнання	Потребує комплексне механізоване обладнання	Потребує спеціального обладнання
Швидкість влаштування	середня	швидка	Повільна (потребує затвердіння)
Земляні та ремонтні роботи	Легко виконуються вручну	Вимагає використання відбійного молотка	Виконується важко і дорого
Перевлаштування	Виконується легко без обробки матеріалу	Вимагає обробки матеріалу	Дорого, вимагає обробки матеріалу
Експлуатаційні показники			
Стійкість	Добра	Середня	Добра
Витривалість на :			
Важкі осьові навантаження	Дуже добра	Добра	Дуже добра
Концентроване колісне навантаження	Дуже добра	Слабка	Дуже добра
Навантаження при поворотах	Добра	Слабка	Дуже добра
Паливо та масло	Добра	Слабка	Добра
Опір на ковзання при заносі	Задовільна до 60 км/год	Задовільна	Добра

У результаті виконаного аналізу можна вважати, що дорожньо-тротуарні покриття з бетонних ФЕМ мають переваги над іншими типами покриттів за таких умов:

- при необхідності витримувати значні колісні навантаження, особливо при здійсненні великої кількості транспортних маневрів;
- при інтенсивному пішохідному русі та необхідності заїзду спеціальних машин;
- якщо в підстиляючому шарі дорожньої основи знаходяться ґрунти з низьким модулем пружності;
- якщо покриття повинне витримувати значні зміни температури та витіки паливно-мастильних речовин;
- коли необхідно забезпечити вільний доступ до підземних інженерних комунікацій;
- у випадку, коли висуваються особливі умови до зовнішнього вигляду і естетичної виразності покриття при благоустрої об'єкта.

Конструктивно-технологічні рішення покриттів для доріг і тротуарів з дрібноштучних бетонних ферм, наведені в [4], були обрані за базові розрахункові моделі для визначення

оптимальних модулів деформації та коефіцієнтів Пуассона для кожного з шарів дорожнього одягу. Оцінка терміну експлуатації кожного з шарів дорожнього одягу виконувалась за механізмом руйнування за гіпотезою Майнера.

Для бетонного покриття з дрібноштучних ФЕМ, що влаштовується на витрамбованій піщано-щебеневій основі без вмісту портландцементу, розрахунок виконувався за залежністю:

$$S_t = \frac{993500 f_c'}{E_0^{1.022} \cdot N^{0.0502}}, \quad (1)$$

де S_t – зусилля на розтяг у розрахунковому шарі;

f_c' – нормативний опір основи на стиск;

E_0 – модуль деформації основи;

N – кількість циклів навантаження на бетонне покриття.

Для дорожньо-тротуарних покриттів з бетонних ФЕМ, що влаштовуються на щебеневій основі по монтажному шару з використанням цементно-піщаної суміші, застосовувалась формула

$$R = \frac{N^{0.025} h^3}{(2,1h - 1)^2}, \quad (2)$$

де R – радіус викривлення поверхні бетонного покриття;

h – товщина розрахункового шару;

N – кількість циклів навантаження на бетонне покриття.

Авторами був зроблений аналіз літературних джерел з метою визначення оптимальної методики розрахунку параметрів для вибору оптимальної товщини конструктивних шарів покриття з використанням дрібноштучних бетонних ФЕМ. Досліджувались такі методики для визначення модуля деформації E та коефіцієнта Пуассона μ кожного з шарів дорожнього одягу:

– метод кінцевих елементів для дискової системи;

– схема розрахунку балки на пружній основі;

– метод моделювання пружності основи еквівалентними товщинами шарів дорожнього одягу.

Остання методика дозволила отримати результати, що співставні з параметрами модулів деформації E та коефіцієнтів Пуассона μ кожного з конструктивних шарів покриття за вивченими літературними джерелами. Рекомендовані параметри для оцінки оптимальної товщини конструктивного шару покриття з бетонних ФЕМ і показники E та μ наведені в табл. 2

Таблиця 2

Розрахункові параметри для визначення товщини конструктивних шарів дорожнього одягу бетонного покриття

№ з/п	Назва конструктивного шару покриття	Модуль деформації, E (МПа)		Коефіцієнт Пуассона μ	
		Дані з літературних джерел	Рекомендований параметр	Дані з літературних джерел	Рекомендований параметр
1	Несучий шар – фігурний елемент мостіння :				
	а) прямокутної форми	500–7000	2500	0,15–0,35	0,3
	б) складної форми	900–7500	3200		
2	Монтажний шар:				
	а) піщано-гравійна суміш	150–450	350	0,1–0,5	0,35
	б) цементно-піщана суміш	500–1700	1500		
3	Ущільнена основа:				
	а) гравій	200–800	350	0,1–0,5	0,35
	б) щебінь	1000–3000	2300		

Висновки: визначені галузі застосування технології влаштування покриттів доріг та тротуарів з дрібноштучних бетонних ФЕМ при благоустрої міських територій та дані рекомендації по застосуванню параметрів модуля деформації і коефіцієнта Пуассона для розрахунку оптимальної товщини конструктивних шарів дорожнього одягу вищезгаданих покриттів.

1. B. Shakel. *Design and Construction of interlocking Concrete Block Pavements. Elsevier Applied Science. London and New York, 1990.* 2. Liudens. C. and van Pelt, A.M.A.M. *Pavement Management System in Practice. Proc. 3rd Int. Conf. On Concrete Block Paving, Rome, 1988.* 3. Blume F., Claussen T. : *Wplyw grubosci bloku na wytrzymalosc na rozlupanie betonowych nawierzchniowych. Concrete Precasting Plant and Technology, Issue, nr 4, 1994.* 4. Каганов В.О. *Технологія влаштування покриття доріг і тротуарів з бетонних дрібно штучних фігурних елементів мостіння // Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2000. – № 409. – 79 с.*

УДК 624.012

Р.І. Кінаш, О.Є. Копилов

Національний університет "Львівська політехніка",
РНДЛ-98

АЕРОДИНАМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧОТИРЬОХ КОЛОВИХ ЦИЛІНДРІВ

© Кінаш Р.І., Копилов О.Є., 2004

Розглянуто проблему вітрової інтерференції систем димарів, які складаються з чотирьох газовідвідних металевих стовбурів. Наведено результати експериментальних досліджень величини числа Струхаля для різних комбінацій розміщення чотирьох колових циліндрів у просторі.

Вступ. Споруди та конструкції, які можна подати у вигляді систем моделей колових циліндрів досить часто зустрічаються в будівельній практиці. Насамперед це комплекси димових та вентиляційних труб, встановлених поруч, градирні, системи надземних трубопроводів, ванти мостів, гратчасті конструкції виконані з труб та інші гнучкі конструкції колового перерізу. Слід зазначити, що результати цієї роботи не можуть бути застосовані для проводів ліній електропередач, оскільки там відбуваються явища абсолютно іншого характеру – відстані між їх осями сягають від 20D до 60D.

Поблизу будь-якої споруди, що опливається повітряним потоком утворюється примежовий шар, в межах якого відбуваються зміни швидкості та напрямку вітру. Зазвичай, цей шар є більш видовженим у напрямку напливу повітря, ніж у перпендикулярному до нього напрямку. Якщо такі шари, що належать декільком спорудам, хоча б трохи перекриваються, тоді між цими спорудами відбувається певна аеродинамічна взаємодія, яку називають аеродинамічною інтерференцією.

Під час опливання повітряним потоком поганообтічних тіл, за ними зароджуються вихорі. У певному інтервалі величин числа Рейнольдса $Re=10^5-2\cdot 10^5$ (безрозмірний коефіцієнт, що встановлює взаємозв'язок між в'язкими і інерційними силами) від циліндричних поверхонь починають відриватися у шаховому порядку вихорі, які утворюють чітко виражену "вихрову стежку" Бенара-Кармана. Число Рейнольдса визначають із залежності:

$$Re = \frac{\rho V D^*}{\mu}, \quad (1)$$

де ρ – густина повітря; V – середня швидкість вітру; D^* – діаметр циліндра або інший характерний розмір поперечного перерізу циліндра (у цьому випадку містить як діаметри циліндрів, так і проміжки між ними); μ – динамічна в'язкість повітря.