



Гамеляк І. П.



Карафізі Л. М.



Холоднюк В. П.

Гамеляк І. П., д.т.н., професор, завідувач кафедри «Аеропорти», Національний транспортний університет, вул. Омеляновича – Павленка 1, м. Київ, Україна, 01010, ✉ gip65n@gmail.com ☎ +380503524124, <https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>

Карафізі Л. М., провідний інженер-проектувальник, ТОВ «ІНСТИТУТ УКРДОРПРОЕКТ», вул. Червоноткацька 29а, м. Київ, Україна, 02094, ✉ karafizipro@ukr.net ☎ +380681250036, <https://orcid.org/0000-0003-1843-0618>

Холоднюк В. П., заступник директора з будівництва та регіонального розвитку, ТОВ «ПСГ» Камбіо-Інвест», вул. Миколаївська дорога 253, м. Одеса, Україна, ✉ condor.hvp@i.ua ☎ +380676322371, +380503302595

Igor Gameliak, Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department "Airports", National Transport University, Omelyanovich Pavlenko St. 1, Kyiv, Ukraine, 01010, ✉ gip65n@gmail.com ☎ +380503524124, <https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>

Leonid Karafizi, lead engineer-designer, LLC "INSTITUTE UKRDORPROEKT", st. Chervonotkatska 29a, Kyiv, Ukraine, 02094, ✉ karafizipro@ukr.net ☎ +380681250036, <https://orcid.org/0000-0003-1843-0618>

Vasyl Kholodniuk, deputy director for construction and regional development, LLC "PSG" Cambio-Invest", st. Nikolaevskaya road 253, Odessa, Ukraine, ✉ condor.hvp@i.ua ☎ +380676322371, +380503302595

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЕНТА ЗЧЕПЛЕННЯ БЕТОННОЇ БРУКІВКИ

EXPERIMENTAL DEFINITION SKID RESISTANCE COEFFICIENT OF THE CONCRETE BLOCK PAVERS

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ БЕТОННОЙ БРУСЧАТКИ

Анотація. Проведено випробування опору ковзання по лицевій поверхні бетонних елементів мощення. Опір ковзанню вимірювався маятниковим приладом ТRL-тестер (МП-3). Для випробувань використовували зразки бетонної бруківки, котрі виготовлені за технологією вібропресування. Випробовувані зразки отримані від двох різних виробників. Порядок випробувань був наступним. Спершу випробовували опір ковзанню по сухій поверхні елементів бруківки. Наступне вимірювання проводилося після двогодинного витримування бруківки у воді при її температурі плюс (20 ± 5) °С. Використовуючи кореляційну залежність між приладами, значення показників опору ковзання по поверхні бетонної бруківки за маятниковим приладом МП-3 перераховано в значення коефіцієнта зчеплення за приладом ПРКС-2 при швидкості 60 км/год. З отриманими значеннями проведена статистична обробка. За результатами якої побудовано графіки надійності зміни коефіцієнту зчеплення при різних умовах.

Визначено значення коефіцієнта зчеплення елементів мощення при різних станах поверхні. Показники коефіцієнта зчеплення для зразків бруківки Г-подібної форми становлять в середньому 0,558 для сухих зразків та 0,503 для вологих. Для зразків у формі двотавра та прямокутної форми середнє значення коефіцієнта зчеплення сухих зразків менше і практично рівне 0,519 ... 0,511, а вологих – 0,421 ... 0,425.

Навіть для вологих зразків Г-подібної форми розрахункове значення коефіцієнта зчеплення із забезпеченістю 95% становить 0,457, що більше коефіцієнта зчеплення колеса автомобіля з вологим покриттям проїзної частини вулиць і доріг рівного 0,45 для ділянок з небезпечними умовами руху.

Ключові слова: бетонна бруківка, дорожнє покриття, маятниковий прилад, коефіцієнт зчеплення, нормальний розподіл.

Summary. Was tested skid resistance on the front surface of the concrete paving blocks. Skid resistance was measured with a pendulum device TRL-tester (MP-3). For tests used samples of concrete block pavers, which are made according to the technology of vibropressing. Test samples obtained from two different manufacturers. The test procedure was as follows. First, we tested skid resistance on the dry surface of paving blocks. The following measurement was carried out after a two-hour staying paving stones in water at its temperature plus (20 ± 5) °C. Using the relationship between devices, the values of skid resistance values on the surface of concrete pavers behind the MP-3 pendulum device are listed in the value of the skid resistance coefficient behind the PRKS-2 device at a speed of 60 km/h. With the obtained values carried out statistical processing. According to the results of which were built graphs of reliability change skid resistance coefficient under different conditions.

The skid resistance coefficient for samples of L-shaped paving stones is on average 0,558 for dry samples and 0,503 for wet samples. For samples I-beam and rectangular shape, the average value the skid resistance coefficient of dry samples is less and almost equal to 0,519 ... 0,511, and for wet samples – 0,421 ... 0,425. Even for wet L-shaped samples, the calculated value of the skid resistance coefficient with 95% ensure is 0,457, which is more than skid resistance coefficient the car's wheel by the carriageway of streets and roads equal to 0,45 for areas with dangerous traffic conditions.

Keywords: concrete block paver, road pavement, pendulum device, skid resistance coefficient, normal distribution.

Аннотация. Проведены испытания сопротивления скольжения по лицевой поверхности бетонных элементов мощения. Сопротивление скольжению измерялось маятниковым прибором ТRL-тестер (МП-3). Для испытаний использовали образцы бетонной брусчатки, которые изготовлены по технологии вибропрессования. Испытуемые образцы полученные от двух разных производителей. Порядок испытаний был следующим. Сначала испытывали сопротивление скольжению по сухой поверхности элементов мощения. Следующее измерение проводилось после двухчасовой выдержки брусчатки в воде при ее температуре плюс (20 ± 5) °С. Используя корреляционную зависимость между приборами, значения показателей сопротивления скольжения по поверхности бетонной брусчатки за маятниковым прибором МП-3 перечислены в значении коэффициента сцепления за прибором ПРКС-2 при скорости 60 км/ч. С полученными значениями проведена статистическая обработка. По результатам которой построены графики надежности изменения коэффициента сцепления при различных условиях.

Определены значения коэффициента сцепления элементов мощения при различных состояниях поверхности. Показатели коэффициента сцепления для образцов брусчатки Г-образной формы составляют в среднем 0,558 для сухих образцов и 0,503 для влажных. Для образцов в форме двутавра и прямоугольной формы среднее значение коэффициента сцепления сухих образцов меньше и практически равно 0,519 ... 0,511, а влажных – 0,421 ... 0,425. Даже для влажных образцов Г-образной формы расчетное значение коэффициента сцепления с обеспеченностью 95% составляет 0,457, что больше коэффициента сцепления колеса автомобиля с влажным покрытием проезжей части улиц и дорог равного 0,45 для участков с опасными условиями движения.

Ключевые слова: бетонная брусчатка, дорожное покрытие, маятниковый прибор, коэффициент сцепления, нормальное распределение.

Вступ

З появою методу виробництва бетонної продукції за технологією вібропресування. Виникло питання доцільності застосування бетонних елементів мощення в якості дорожнього покриття доріг населених пунктів, контейнерних терміналів, портових територій, аеродромів та ін. Дане покриття має специфічні характеристики, що вигідно виділяють його в окремих сферах інженерної інфраструктури перед іншими видами покриттів. Тому обсяги влаштування брукованих покриттів постійно збільшуються.

Одним з найбільших ініціаторів в Україні застосування брукованих покриттів починаючи з 2006 року є промислово-будівельна група – ТОВ «ПБГ «Камбіо-Інвест», м. Одеса. Побудовано понад 30 об'єктів по Україні. В тому числі найбільші морські термінали Чорноморських портів, м. Миколаєва, Херсона та інші промислові підприємства та логістичні центри в Україні. Для прикладу площа покриття в порту «Південний» більше 380 000 м².



Рис. 1. Приклад розкладки «Nika Terra» та розкладки «TIS» у порту



Рис. 2. Стан дорожнього покриття із плит через 5 років на контейнерному терміналі «Схід», і приклад ремонту з застосуванням цементобетонного каменю «Г-подібна хвиля»

Економічність застосування бруківки як несучого покриття очевидна. Гарантійний термін експлуатації 5 років і більше без будь-якого ремонту та реставрації. Собівартість з розрахунку на 1 м² на 15 ÷ 20% нижча, за різних умов, проти застосування бетонного покриття, чи плит ПАГ. На решту переваг зупинятись не будемо, так як мета даної праці переслідує показати, що штучне каміння для облаштування покриття може застосовуватись в дорожньому покритті автомобільних з'їздів, мостових розв'язок доріг I ÷ II категорії, що з 70 – х років минулого століття застосовується у світі, а також рульових доріжок та перонів аеродромів.

Завдяки накопиченому досвіду в Європі та світі, виникає життєва необхідність вдосконалювати вітчизняну науково-технічну літературу, нормативну базу у будівництві, відповідно до цього сегменту влаштування покриття, розрахованого на надійність, довговічність, безпеку експлуатації та економічну доцільність.

Грунтуючись на наявному досвіді впровадження блоків мощення розробляється та удосконалюється науково-технічна література. Для прикладу, в Німеччині 2001 року було видано рекомендації по влаштуванню верхніх шарів дорожнього одягу об'єктів транспортного будівництва із урахуванням особливостей місцевих ґрунтів підстилаючої основи та клімату [1].

За авторства професора Хорста Ментлейна 2007 року в Кельні вийшло друге видання «Атласу бруківки». Атлас присвячений плануванню, проектуванню та будівництву брукованих покриттів [2].

На просторах колишнього СРСР дана тема також отримала серйозний розвиток. Розробляються та випускаються матеріали для полегшення життя проектувальників і будівельників при використанні даного виду покриття [3]. Визначено характеристики для розрахунку мощених покриттів із бруківки в формі «фалка» та «подвійне Т» (двотаврової форми) [4]. Влаштовано дослідні ділянки, і ведеться спостереження за ними в процесі експлуатації [5].

Одним із ключових питань можливості використання бетонної бруківки в якості дорожнього покриття є питання забезпечення безпеки руху транспортних засобів. В даній статті висвітлено результати експериментальних досліджень зчпних показників вібропресованих бетонних елементів мощення.




Мета і методи

Метою роботи є визначення коефіцієнта зчеплення лицевої поверхні вібропресованої бетонної бруківки від різних виробників та за різних умов експлуатації. Для проведення випробувань використовується маятниковий прилад МП-3. Порядок проведення випробувань відповідає нормативним документам [6,7,8,9] і є наступним. На початку визначається опір ковзанню по сухій поверхні. Далі зразки занурюються і насичуються у воді протягом двох годин. Наступний крок – визначення опору ковзання водонасичених зразків. Отримані показники опору ковзання за кореляційною залежністю переводяться в значення коефіцієнта зчеплення. Проводиться статистична обробка показників опору ковзання та значень коефіцієнта зчеплення. На основі випробувань та результатів статистичної обробки формуються висновки щодо доцільності використання бетонної бруківки в якості дорожніх покриттів.

Об'єкт дослідження

Для проведення випробувань використана бетонна бруківка двох різних виробників, що виготовлена за методом вібропресування та має наступні характеристики табл. 1.

Характеристики бетонної бруківки, яку використовували для випробувань

Найменування характеристики	Значення		
Виробник	№1	№2	№2
Форма	Г-подібна 	Прямокутна 	Двотаврова 
Клас бетону по міцності на стиск	B30 (C25 / 30)	B 35 (C30 /35)	B 35 (C30 /35)
Водопоглинання, % за масою, не більше	6	4,2	4,2
Стіраність, г/см ² , не більше	0,7	0,58	0,58
Морозостійкість, циклів, не менше	200 (F 200)	200 (F 200)	200 (F 200)
Розмір, мм	243,5 x 243,5 x 120	200 x 100 x 80	200 x 160 x 80

Результати і пояснення

Експериментальне визначення коефіцієнта зчеплення бетонної бруківки виконувалось з використанням приладу маятникового типу МП-3 (рис. 3).

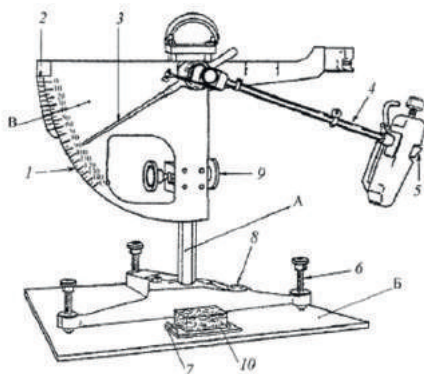


Рис. 3. Загальний вигляд приладу маятникового типу МП-3 (TRL-тестер)

Принцип визначення зчпних показників поверхні приладом МП-3 є наступним. Прилад являє собою маятник. На вільному кінці плеча розміщено вантаж із підпружиненою до нього гумовою п'ятою. На початку випробування плече зафіксоване в горизонтальному положенні 1 (рис. 4а).

На підвішений вантаж діє сила тяжіння Землі. В положенні 1 вантаж має потенціальну енергію, що дорівнює добутку:

$$E = m \cdot g \cdot h, \quad (1)$$

В даному випадку вираз 1 буде виглядати наступним чином:

$$E = m \cdot g \cdot l, \quad (2)$$

де m – маса вантажу, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; l – плече маятника, м.

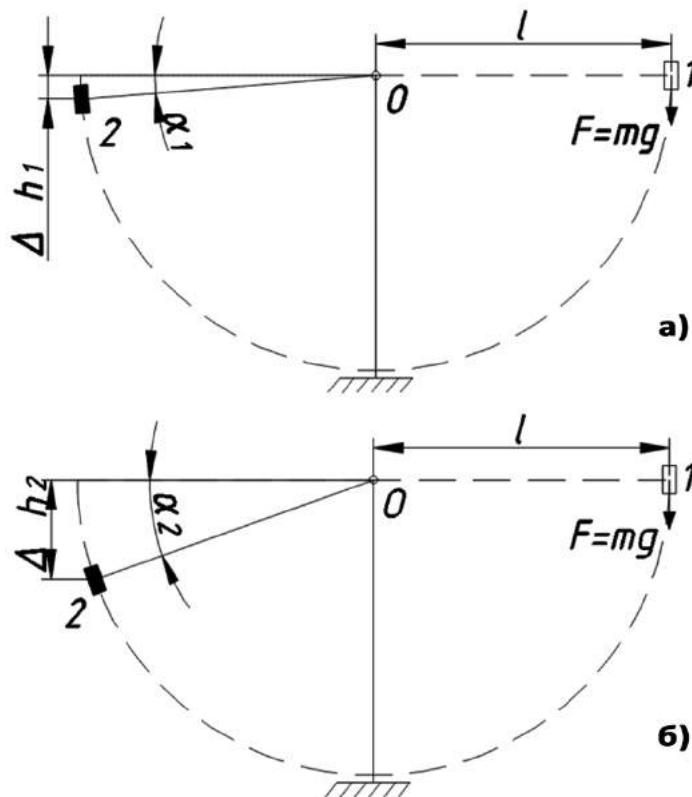


Рис. 4. Схема роботи маятникового приладу: а) при вільному гойданні плеча маятника; б) при вимірюванні опору ковзання зразка

Під час руху маятника від горизонтального положення (від точки 1) до вертикального положення, потенціальна енергія перетворюється в кінетичну. А при подальшому русі від вертикального положення кінетична енергія знову перетворюється в потенціальну. І за умови, що на маятник діє лише сила земного тяжіння. Вантаж дійде до дзеркально протилежної точки 1 і зупиниться. Після чого вантаж знову рухатиметься до точки 1 і т.д. Різниця висот в даному випадку дорівнюватиме нулю:

$$\Delta h_0 = 0, \quad (3)$$

Отже потенціальна енергія тіла маятника збережеться на попередньому рівні і виконана робота силою тяжіння Землі буде дорівнювати нулю:

$$A_T = F_T \Delta h_0 = m \cdot g \cdot \Delta h_0 = 0, \quad (4)$$

де A_T – робота сили тяжіння Землі, Дж; F_T – сила тяжіння Землі, Н.

Оскільки на маятник при його русі діють також сили опору повітря і тертя в шарнірі O . То маятник на певну величину не дійде до дзеркально протилежної точки. Цим самим між точкою 1 та точкою 2 буде різниця висот Δh_1 . Отже рівень потенціальної енергії знизиться на величину ΔE_1 , яка становитиме:

$$\Delta E_1 = m \cdot g \cdot \Delta h_1, \quad (5)$$

А різницю висот Δh_1 можна визначити вимірявши кут α_1 :

$$\Delta h_1 = l \cdot \sin(\alpha_1), \quad (6)$$

Отже

$$\Delta E_1 = m \cdot g \cdot l \cdot \sin(\alpha_1), \quad (7)$$

При ковзанні гумової п'яти маятника по поверхні зразка. Початковий рівень потенціальної енергії гаситься іще в більшій мірі на величину ΔE_2 :

$$\Delta E_2 = m \cdot g \cdot l \cdot \sin(\alpha_2), \quad (8)$$

Отже, енергія (робота), яка витрачається при терті гумової п'яти маятника по поверхні зразка становитиме:

$$A_{тер} = \Delta E_2 - \Delta E_1 = m \cdot g \cdot l \cdot [\sin(\alpha_2) - \sin(\alpha_1)], \quad (9)$$

де $A_{тер}$ – робота сили тертя, Дж.

Однак, роботу сили тертя гумової п'яти маятника можна визначити як добуток сили тертя на шлях ковзання:

$$A_{тер} = F_{тер} \cdot l_{ковз}, \quad (10)$$

де $F_{тер}$ – сила тертя, Н; $l_{ковз}$ – шлях ковзання, м.

Сила тертя визначається як добуток коефіцієнта тертя на силу нормального навантаження (див рис. 5):

$$F_{тер} = k_{тер} \cdot F_{норм}, \quad (11)$$

де $k_{тер}$ – коефіцієнт тертя, долі одиниці; $F_{норм}$ – сила нормального навантаження, Н.

Прирівнявши вираз 9 та вираз 10 з урахуванням виразу 11, отримуємо рівняння для визначення коефіцієнта тертя ковзання:

$$k_{тер} = \frac{m \cdot g \cdot l \cdot [\sin(\alpha_2) - \sin(\alpha_1)]}{F_{тер} \cdot l_{ковз}} \quad (12)$$

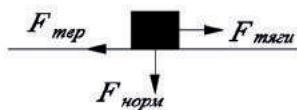


Рис. 5. Зображення сил, що діють на тіло при ковзанні

Спершу визначали опір ковзанню по поверхні бетонних елементів брукування в повітряносухому стані. Далі провели двогодинне водонасичення бетонної бруківки і виміряли опір ковзанню по вологій поверхні водонасичених зразків. Роботи виконувалися при температурі в приміщенні 25 ± 2 °С. Отримані покази опору ковзання за приладом МП-3, за допомогою кореляційної залежності переведено в значення коефіцієнта зчеплення за приладом ПРКС-2 при 60 км/год. Кореляційна залежність між опором ковзання за приладом маятникового типу МП-3 та коефіцієнтом зчеплення за приладом ПРКС-2 при 60 км/год наведена на рис. 6.

Результати визначення показників опору ковзання та перерахованих значень коефіцієнта зчеплення зразків бруківки наведено в табл. 1–7.

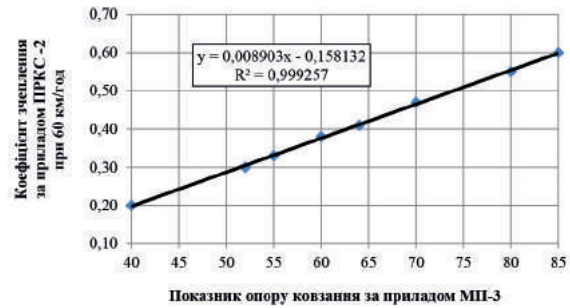


Рис. 6. Кореляційна залежність між показником опору ковзання за приладом маятникового типу МП-3 та коефіцієнтом зчеплення за приладом ПРКС-2 при 60 км/год

За наведеною на рис. 6 формулою:

$$K_{зч} = 0,008903 \cdot K_{ков} - 0,158132, \quad (13)$$

визначається значення коефіцієнта зчеплення по поверхні бетонних елементів мощення.

Після визначення опору ковзання сухих зразків бетонної бруківки. Їх помістили в ємність з водою для водонасичення на дві години. Після двогодинного водонасичення знову визначили опір ковзання за маятниковим приладом МП-3.

Перераховані значення коефіцієнта зчеплення поверхні вологих бетонних елементів мощення Г-подібної форми після 2-х годинного замочування наведено в табл. 4.

Аналіз таблиць 2-8 вказує, що зразки прямокутної і двотаврової форми виробника №2 дають практично однакове значення коефіцієнта зчеплення, тому в подальшому отримані дані були об'єднані в одну вибірку. Результати порівняння всіх даних статистичної обробки бетонної бруківки наведено на рис. 7.

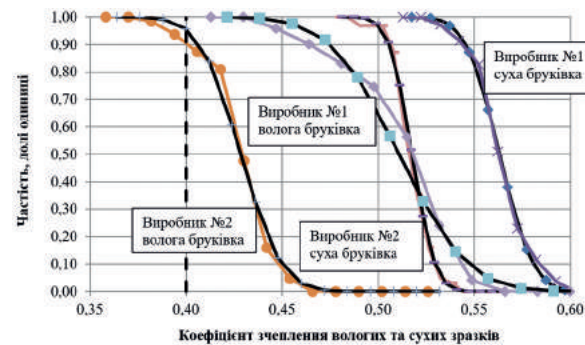


Рис. 7. Порівняння даних статистичної обробки визначеного коефіцієнту зчеплення бетонної бруківки Г-подібної форми виробника №1 та прямокутної і двотаврової форм виробника №2

Таблиця 2.

Показники опору ковзання сухої бруківки Г-подібної форми

№ зразка	Напряг	Показник опору ковзання $K_{ков}$ для випробувань										Середнє
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	D-C	77,5	77,0	77,0	79,5	79,5	79,5	80,0	79,5	80,0	80,5	79,1
	C-D	79,5	81,0	80,0	80,0	82,0	80,0	80,5	82,0	80,5	81,0	80,7
2	D-C	79,5	79,5	79,0	79,0	79,5	80,0	80,5	80,5	81,0	81,0	80,0
	C-D	79,5	80,5	81,0	81,0	79,5	77,0	79,5	79,0	79,0	79,5	79,6
3	D-C	80,5	82,0	81,5	81,0	81,0	-	-	-	-	-	81,2
	C-D	81,0	82,0	82,0	81,0	81,0	-	-	-	-	-	81,4
4	D-C	81,0	81,0	81,5	83,0	84,0	82,0	-	-	-	-	82,1
	C-D	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	-	-	-	-	-	83,0
5	D-C	78,0	79,0	80,0	79,0	80,0	79,0	81,0	82,5	83,0	82,0	80,4
	C-D	84,0	84,0	82,0	83,0	84,0	82,5	80,0	80,5	79,5	80,0	81,6
6	D-C	80,5	80,0	80,5	79,0	80,0	78,0	78,0	78,5	77,5	78,0	79,0
	C-D	80,0	80,0	80,5	80,0	80,5	79,5	80,0	81,0	80,0	80,5	80,2

Таблиця 3.

Перераховані значення коефіцієнта зчеплення сухої бетонної Г-подібної бруківки

№ зразка	Напря́м	Коефіцієнт зчеплення $K_{зч}$ для випробувань							Середнє	Коеф. ва́ріації, %
		1	2	3	4	5	...	10		
1	D-C	0,532	0,527	0,527	0,550	0,550	...	0,559	0,546	2,16
	C-D	0,550	0,563	0,554	0,554	0,572	...	0,563	0,560	1,35
2	D-C	0,550	0,550	0,545	0,545	0,550	...	0,563	0,554	1,23
	C-D	0,550	0,559	0,563	0,563	0,550	...	0,550	0,550	1,89
3	D-C	0,559	0,572	0,567	0,563	0,563	...	-	0,565	0,90
	C-D	0,563	0,572	0,572	0,563	0,563	...	-	0,567	0,86
4	D-C	0,563	0,563	0,567	0,581	0,590	...	-	0,573	1,87
	C-D	0,581	0,581	0,581	0,581	0,581	...	-	0,581	0,00
5	D-C	0,536	0,545	0,554	0,545	0,554	...	0,572	0,557	2,72
	C-D	0,590	0,590	0,572	0,581	0,590	...	0,554	0,569	2,84
6	D-C	0,559	0,554	0,559	0,545	0,554	...	0,536	0,545	1,89
	C-D	0,554	0,554	0,559	0,554	0,559	...	0,559	0,556	0,68
Загалом:									0,560	1,53

Таблиця 4.

Перераховані значення коефіцієнта зчеплення вологих зразків бруківки Г-подібної форми після 2-х годинного замочування

№ зразка	Напря́м	Коефіцієнт зчеплення $K_{зч}$ для випробувань						Середнє	Коеф. ва́ріації, %
		1	2	3	4	5	6		
1	D-C	0,474	0,470	0,465	0,447	0,438	0,438	0,453	3,53
	C-D	0,465	0,465	0,465	0,447	0,447	0,443	0,455	2,35
2	D-C	0,510	0,505	0,492	0,487	0,492	-	0,497	1,94
	C-D	0,510	0,510	0,496	0,496	0,487	0,483	0,497	2,22
3	D-C	0,527	0,514	0,501	0,510	0,501	0,492	0,507	2,47
	C-D	0,527	0,527	0,527	0,523	-	-	0,526	0,42
4	D-C	0,532	0,532	0,518	0,514	0,510	0,510	0,519	1,99
	C-D	0,536	0,536	0,514	0,527	0,527	0,518	0,527	1,73
5	D-C	0,554	0,541	0,536	0,527	0,527	0,518	0,531	2,77
	C-D	0,545	0,527	0,523	0,510	0,510	0,510	0,521	2,74
6	D-C	0,514	0,505	0,501	0,492	0,487	0,483	0,497	2,36
	C-D	0,518	0,514	0,514	0,510	0,505	0,501	0,510	1,28
Загалом:								0,560	1,53

Таблиця 5.

Перераховані значення коефіцієнта зчеплення сухої бетонної прямокутної бруківки

№ зразка	Напря́м	Коефіцієнт зчеплення $K_{зч}$ для випробувань					Середнє	Коеф. ва́ріації, %
		1	2	3	4	5		
11	A-B	0,510	0,518	0,510	0,518	0,523	0,516	1,16
	B-A	0,510	0,510	0,514	0,514	0,518	0,513	0,73
12	A-B	0,523	0,527	0,527	0,536	0,536	0,530	1,13
	B-A	0,518	0,527	0,532	0,527	0,527	0,527	0,93
13	A-B	0,514	0,527	0,527	0,514	0,523	0,521	1,30
	B-A	0,505	0,510	0,505	0,514	0,510	0,509	0,73
Загалом:							0,519	0,99

Таблиця 6.

Перераховані значення коефіцієнта зчеплення вологої бетонної прямокутної бруківки

№ зразка	Напря́м	Коефіцієнт зчеплення $K_{зч}$ для випробувань					Середнє	Коеф. ва́ріації, %
		1	2	3	4	5		
11	A-B	0,443	0,425	0,429	0,421	0,421	0,428	2,16
	B-A	0,421	0,434	0,429	0,429	0,421	0,427	1,40
12	A-B	0,447	0,421	0,421	0,425	0,421	0,427	2,72
	B-A	0,416	0,416	0,398	0,398	0,398	0,405	2,41
13	A-B	0,434	0,429	0,425	0,421	0,416	0,425	1,66
	B-A	0,421	0,421	0,407	0,412	0,421	0,416	1,51
Загалом:							0,421	1,98

Перераховані значення коеф. зчеплення сухої двотаврової бетонної бруківки

№ зразка	Напрямок	Коефіцієнт зчеплення $K_{зч}$ для випробувань						Середнє	Коеф. варіації, %
		1	2	3	4	5	6		
21	A-B	0,514	0,523	0,518	0,518	0,523	–	0,519	0,72
	B-A	0,505	0,510	0,514	0,514	0,514	–	0,511	0,78
22	A-B	0,487	0,510	0,514	0,514	0,514	0,505	0,507	2,06
	B-A	0,510	0,510	0,514	0,510	0,510	–	0,510	0,39
23	A-B	0,487	0,505	0,510	0,510	0,510	0,518	0,507	2,05
	B-A	0,510	0,505	0,510	0,510	0,510	–	0,509	0,39
Загалом:								0,511	1,07

Таблиця 8.

Перераховані значення коефіцієнта зчеплення вологої бетонної бруківки двотаврової форми

№ зразка	Напрямок	Коефіцієнт зчеплення $K_{зч}$ для випробувань						Середнє	Коеф. варіації, %
		1	2	3	4	5	6		
21	A-B	0,438	0,429	0,425	0,421	0,425	–	0,428	1,58
	B-A	0,412	0,412	0,385	0,385	0,398	0,376	0,393	3,74
22	A-B	0,452	0,434	0,447	0,429	0,425	–	0,437	2,63
	B-A	0,456	0,438	0,443	0,429	0,421	0,421	0,435	3,20
23	A-B	0,447	0,447	0,429	0,429	0,421	–	0,435	2,75
	B-A	0,429	0,425	0,421	0,421	0,416	–	0,422	1,20
Загалом:								0,425	2,52

Висновки та рекомендації

Визначено значення коефіцієнта зчеплення елементів мощення при різних станах поверхні. Показники коефіцієнта зчеплення для зразків бруківки Г-подібної форми становлять в середньому 0,558 для сухих зразків та 0,503 для вологих.

Для зразків у формі двотавра та прямокутної форми середнє значення коефіцієнта зчеплення сухих зразків менше і практично рівне 0,519 ... 0,511, а вологих – 0,421 ... 0,425.

Коефіцієнт варіації коефіцієнта зчеплення поверхні бруківки Г-подібної форми рівний 2,49 для сухих зразків та зростає більш як у 2,23 рази до 5,55 для вологих зразків.

Навіть для вологих зразків Г-подібної форми розрахункове значення коефіцієнта зчеплення із забезпеченістю 95% становить 0,457, що більше коефіцієнта зчеплення колеса автомобіля з вологим покриттям проїзної частини вулиць і доріг (п. 3.1.5 ДСТУ 3587-97 табл. 3) рівного 0,35 для ділянок з утрудненими умовами руху та 0,45 для ділянок з небезпечними умовами руху [10].

У вітчизняній практиці будівництва, в якості дорожніх покриттів контейнерних терміналів, портових територій та аеродромних покриттів, де застосовуються збірні

залізобетонні, монолітні бетонні або асфальтобетонні покриття доцільно впроваджувати покриття із бетонних каменів мощення (бруківки). Адже, дане покриття має специфічні характеристики, що вигідно виділяють його поміж інших видів покриття. А наведені результати випробувань підтверджують відповідність зчепних показників нормативним вимогам.

Тому, виникає необхідність переглянути дорожньо-будівельну нормативну базу України та гармонізувати її з міжнародними і європейськими нормами. Особливо це стосується, окрім застосування блоків мощення в дорожньому покритті, також для влаштування з'їздів, мостових розв'язок, кільцевого руху транспортних засобів, з'їздів дорожніх відрізків автомобільних доріг з 20% ухилом, шляхопроводів через гідротехнічні споруди; та особливо для будівництва аеродромних покриттів.

Необхідна розробка нормативного документу, з метою зняття бюрократичних консервативних перепонів, та подальшого розвитку даного сегменту в будівельній галузі. Застосування передових сучасних технологій, дасть в результаті ефективне використання як інвестиційних, так і власнодержавних коштів у вітчизняних інфраструктурних проектах, в тому числі для дорожнього та аеродромного будівництва.

Література:

1. RSVDO 01. Rekomendatsii po standartyzatsii vlashtuvannia verkhnikh shariv dorozhnoho odiahu obektiv transportnoho budivnytsva [Recommendations for standardization to build the top layers roads pavement of transport construction]. Dresden, Scientific association of road and transport, 2001. 71 p.
2. Mentlein H. Pflasteratlas. Planung, konstruktion undherstellung. 2 Auflage. Koln. Rudolf Muller Publ., 2007. – 208 s.
3. Костиков Ю.Б. Мощение. Практическое руководство. Заказчику, архитектору, проектировщику и строителю. – Санкт-Петербург: ОАО «Ленстройдеталь», 2009. – 80 с.
4. Довідник №1. Розрахункових характеристик ґрунтів, матеріалів покриттів і основ дорожніх одягів та навантажень від транспортних засобів. Київ. 2017. – 39 с.
5. Гамеляк І.П., Карафізі Л.М. Досвід впровадження дорожніх покриттів із елементів мощення // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 97. 2016. – 28-41 с.
6. ГОСТ 32018-2012 Изделия строительно-дорожные из природного камня. Технические условия.
7. СТБ EN 1338-2007 Камни мощения бетонные. Требования и методы испытаний.
8. ДСТУ Б EN 1338:2016 Брущатка бетонна. Вимоги і методи випробувань (EN 1338:2003, IDT + EN 1338:2003/AC:2006, IDT).
9. ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
10. ДСТУ 3587-97 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану.