

УДК 625.852
UDC 625.852

DOI:10.33744/0365-8171-2024-115.2-147-153

ДОСЛІДЖЕННЯ АСПЕКТІВ ЗНИЖЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОГО
ТРАВМАТИЗМУ НА ОСНОВІ ЗАКОРДОННОГО ДОСВІДУ

RESEARCH OF ASPECTS OF REDUCING ROAD TRAFFIC INJURIES BASED ON
ABROAD EXPERIENCE



Різнiченко Олександр Сергійович, аспірант кафедри «Мости, тунелі і гідротехнічні споруди» Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: assani@i.ua

<https://orcid.org/0009-0005-0132-2719>

Анотація: В роботі розглянуто визначення зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям та основою на мостах. Недостатнє зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям та основою на мостах призводить до утворення зсувів, напливів, колій, а також знижує корозійну стійкість металевої ортотропної плити штучної споруди внаслідок потрапляння води через тріщини. Для дослідження обрано метод оцінки зчеплення, що дозволяє змодельовати дію вертикальних та горизонтальних навантажень на асфальтобетонне покриття з метою визначення когезійної міцності гідроізоляційного матеріалу.

Ключові слова: зчеплення між шарами, зсувостійкість, асфальтобетонне покриття, гідроізоляційний матеріал

Вступ. В останні роки в Україні, як і за кордоном, проблема недостатнього зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах, особливо при високих літніх температурах та зростаючих навантаженнях на асфальтобетонне покриття, призводить до появи передчасних зсувів, напливів, тріщин, колій та стає одним із основних факторів, що впливають на довговічність конструкції. Це також призводить до частих ремонтів, знижуючи пропускну здатність спорудження та збільшуючи собівартість перевезень.

Матеріали та методи. Методологічною основою виступає науковий підхід до аналізу питань дослідження шляхом використання статистичного, емпіричного та комплексного методів дослідження.

Метою роботи є розгляд проблем міцності зчеплення асфальтобетонного покриття в умовах високих температур та транспортного навантаження. Відсутність достатнього зчеплення асфальтобетонного покриття, гідроізоляції та основи штучних споруд призводить до значних збитків, внаслідок передчасного виконання ремонтів, зниження швидкості руху та збільшення часу транспортування вантажів.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні в Україні для оцінки ефективності використання різних гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах передбачено проведення попередніх лабораторних випробувань. Наведена нижче методика оцінки ефективності зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах передбачає визначення когезійної міцності зчеплення гідроізоляційного матеріалу з асфальтобетонним покриттям на мостах при дії вертикальних навантажень від транспорту та горизонтальних зсувів, при гальмуванні транспортних

засобів. Для визначення зчеплення пропонується використовувати прилад НТУ-ЗЧ-1 зображеного на рисунку 1, який встановлюється на плиту випробувального пресу і дозволяє створювати напруження у випробовуваному зразку. Як зразки пропонується використовувати керни \varnothing 150 мм. У відповідності до рисунку 1, випробування передбачає створення нормального зусилля, яке діє перпендикулярно до торця зразку, та моделює зусилля, що впливає на вертикальне ущільнення від транспорту P та нормального напруження σ , що рівномірно розподілене по поверхні торців зразку, і відповідно впливає на контактний тиск від транспортного колеса, внаслідок створення навантаження T_{II} за рахунок використання випробувального прес на контактні шару зразку, здійснюється імітація горизонтального ущільнення від транспорту і створюється дотичне напруження τ між асфальтобетонним шаром, бетонною або металеву основою та гідроізоляційним матеріалом, який витримує зразок керну до порушення зчеплення між ними.

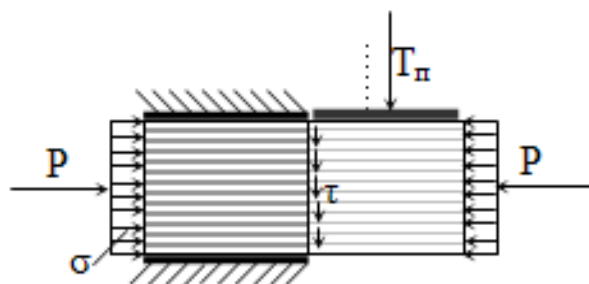


Рисунок 1 – Схема випробування зразків кернів на зчеплення між асфальтобетоном, гідроізоляцією та металеву основою

Figure 1 – Scheme of testing core samples for adhesion between asphalt concrete, waterproofing and metal base

Випробування проводиться при різних значеннях σ і відповідно визначають гранично допустиме дотичне напруження τ . Випробування проводиться при швидкому режимі навантаження (швидкість переміщення траверси преса становить 100 мм/хв), яке імітує дію екстремального гальмування транспортних засобів та повільному (швидкість переміщення траверси преса становить 3 мм/хв), яке імітує нормальний режим гальмування. За різних режимів навантаження враховуються особливості прояву реологічних властивостей. На основі результатів випробувань при визначенні граничних дотичних напружень τ обчислені параметри і для відповідних режимів навантаження, що дозволило обчислити значення розрахункової гранично допустимого напруження $[\tau]$ для розрахункових груп автомобілів А1, А2 і Б ВБН В-2.3-218-186 [1] та наведено у таблиці 1. Випробування проводиться при найбільш несприятливій температурі для зчеплення гідроізоляційних матеріалів з основою та асфальтобетонним покриттям на мостах при + 50 °С.

Таблиця 1 – Режими навантаження при проведенні випробувань для оцінки зчеплення

Table 1 – Load modes when conducting tests to evaluate adhesion

№ п/п	Параметри режиму випробувань			Кількість зразків для випробувань, шт.
	навантаження		швидкість ходу плити пресу, мм/хв	
	σ , МПа	σ , МПа тиск в манометрі системи навантаження, МПа		
1	0,3	0,23	3	3
2	0,3	0,23	100	3
3	0,7	0,54	3	3
4	0,7	0,54	100	3

Обробка результатів випробувань виконується наступним чином:

- при різних значеннях σ (0,3 і 0,7 МПа) розраховуються граничні дотичні напруження τ_1 і τ_2 , при заданих швидкостях навантаження: для отримання τ_1 і τ_2 використовують по три керна, визначаючи відповідно T_{III} , T_{II2} при заданій швидкості випробувань; середнє арифметичне значення T_{III} і T_{II2} визначають за результатами випробувань трьох зразків (різниця між результатами випробувань окремих зразків не повинна перевищувати $\pm 30\%$); розраховують відповідне значення τ за формулою:

$$\tau = \frac{T_{II}}{S}, \quad (1)$$

де S – площа зразку, см^2 .

- визначаються параметри f і c за формулами (2) і (3) для кожної швидкості випробувань:

$$f = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\sigma_1 - \sigma_2}; \quad (2)$$

$$c' = \tau_1 - \sigma_1 \cdot f; \quad c'' = \tau_2 - \sigma_2 \cdot f; \quad (3)$$

$$c = \frac{c' + c''}{2}.$$

- для відповідних режимів навантаження визначають розрахункове значення граничного дотичного напруження $[\tau]$ між асфальтобетоном, гідроізоляцією та плитою проїзної частини мосту для розрахункових груп автомобілів А1, А2 і Б згідно з ВБН В-2.3-218-186 [1], за формулою:

$$[\tau] = \sigma \cdot f + c, \quad (4)$$

де σ – нормальне напруження, МПа; f – коефіцієнт тертя; c – граничне зчеплення;

- оцінку зчеплення гідроізоляційного матеріалу з асфальтобетонним покриття проїзної частини мостів визначають, перевіряючи умову міцності: $[\tau] > \tau_{max}$, де τ_{max} – горизонтальне дотичне напруження, яке діє на границі гідроізоляційного матеріалу, між асфальтобетонним покриття і основою мосту (приймається на основі даних, наведених в таблиці 2 або на основі розрахунків обґрунтованих і затверджених у встановленому порядку замовником індивідуально для окремого об'єкту), $[\tau]$ – розрахункове граничне дотичне напруження (розраховується на основі отриманих результатів експериментального визначення параметрів зчеплення гідроізоляційного матеріалу з асфальтобетонним покриття проїзної частини).

Таблиця 2 – Нормативні табличні дані для значень σ і τ_{max}

Table 2 – Normative table data for the values of σ and τ_{max}

Група розрахункового навантаження	Розрахунковий параметр навантаження	Максимальне дотичне напруження τ_{max} , МПа	
	σ , МПа	при екстремому гальмуванні	при повільному гальмуванні
А1	0,80	0,56	0,45
А2	0,60	0,42	0,32
Б	0,50	0,35	0,25

Для дослідження та аналізу була розроблена серія різних систем «метал – гідроізоляція – асфальтобетон» наведено в таблиці 3. Як гідроізоляційний матеріал було використано мембрану Велестронг, яка характеризується ізолюючими та антикорозійними властивостями, підвищеною стійкістю до абразивного зносу та агресивних середовищ [2].

Таблиця 3 – Дослідження систем дорожнього одягу мостового полотна
Table 3 – Research of road wear systems of the bridge deck

Система	Найменування матеріалів системи
№ 1	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. ПМБ — 5. ГА.
№ 2	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. ПМБ — 5. ЩМА
№ 3	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. ПМБ _нанесення щебеню з витратою 500 г/м ² (фракції - 3 мм) — 5. ГА.
№ 4	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. ПМБ _нанесення щебеню з витратою 500 г/м ² — 5. ЩМА.
№ 5	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А — 5. ГА.
№ 6	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А з додаванням піску — 5. ГА.
№ 7	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А, змішаний з щебенем, з витратою 500 г/м ² — 5. ГА.
№ 8	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А, змішаний з щебенем, з витратою 500 г/м ² — 5. ЩМА
№ 9	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А, нанесення щебеню з витратою 500 г/м ² — 5. ГА.
№ 10	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А, нанесення щебеню з витратою 500 г/м ² — 5. ЩМА
№ 11	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А, нанесення щебеню з витратою 600 г/м ² — 5. ГА.
№ 12	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А, нанесення щебеню з витратою 600 г/м ² — 5. ЩМА
№ 13	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А, нанесення щебеню з витратою 800 г/м ² — 5. ГА.
№ 14	1. Метал — 2. П — 3. МВ — 4. А, нанесення щебеню з витратою 800 г/м ² — 5. ЩМА
№ 15	1. Металл — 2. Zed S 94 — 3. Eliminator — 4. Tack Coat No.2 — 5. ГА
<p><i>Позначення матеріалів: П - Велестронг АП Праймер; МВ - мембрана Велестронг АП, А – шар зчеплення Велестронг АП Адгезив; ПМБ – шар зчеплення з модифікованого бітуму; ЩМА – щебенево-мастиковий асфальтобетон, ГА - гусасфальт.</i></p>	

Загальний вигляд декількох з запроєктованих варіантів систем (табл. 3) наведено на рисунках 2 – 4.



Рисунок 2 – Метал + П + МВ + А
Figure 2 – Metal + P + MV + A

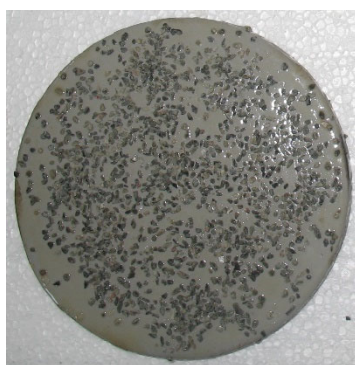


Рисунок 3 – Метал + П + МВ + А, нанесення щебеню з витратою 600 г/м²
Figure 3 – Metal + П + МВ + А, application of crushed stone with consumption of 600 g/m²



Рисунок 4 – Метал + П + МВ + ПМБ
Figure 4 – Metal + P + MV + PMB

Таблиця 4 – Граничні зсувні напруження для різних систем дорожнього одягу мостового полотна

Table 4 – Ultimate shear stresses for different pavement systems of the bridge deck

Система	Зсувні дотичні напруження, МПа при швидкості ходу плити пресу, 3 мм/хв	Нормативні значення						ГБН В.2.3-218-003 [4,] Міцність зчеплення з основою, не менше 0,3 МПа
		СОУ45.2-00018112-046 [3]						
		При екстремому гальмуванні розрахункового навантаження			При повільному гальмуванні розрахункового навантаження			
		A ₁	A ₂	Б	A ₁	A ₂	Б	
№1	0,48	0,56	0,42	0,35	0,45	0,32	0,25	
№2	0,45							
№3	0,50							
№4	0,48							
№5	0,32							
№6	0,38							
№7	0,57							
№8	0,575							
№9	0,58							
№10	0,59							
№11	0,61							
№12	0,63							
№13	0,67							
№14	0,69							
№15	0,48							

Були отримані значення граничних напружень, що призводять до зсуву асфальтобетону, у вигляді середнього з результатів випробування трьох зразків для кожної системи 4 та обчислені розрахункові граничні дотичні напруження між асфальтобетонними шарами для кожного розрахункового автомобіля групи А1, А2 і Б за ВБН В-2.3-218-186 [1] згідно СОУ 45.2-00018112-046 [3], що наведено в таблиці 4.

Частина зразків досліджуваних систем після випробувань наведено на рисунку 5.



Рисунок 5 – Система: метал, П, МВ, А, посипка щебенем з витратою 800 г/м², ГА
Figure 5 – System: metal, P, MV, A, crushed stone sprinkling with a consumption of 800 g/m², GA

Висновки. Визначення зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям та основою на мостах необхідно визначати перед будівництвом у лабораторних умовах, зокрема із застосуванням вищеописаної методики та приладу НТУ-ЗЧ-1, для вибору кращого варіанту. У ході проведених досліджень було встановлено, що зчеплення між шарами гідроізоляції та асфальтобетону за умовою експлуатації навантажень, що призводять до зсуву асфальтобетону, може бути забезпечене використанням наступних систем дорожнього одягу: № 9 – 14. З метою забезпечення опору пластичним деформаціям та довговічності роботи дорожнього одягу мостового полотна у складних експлуатаційних умовах, необхідно враховувати не лише міцне склеювання всіх шарів дорожнього одягу (міжшарового зчеплення), а й обов'язкове застосування спеціального фракційного шару між гідроізоляцією та асфальтобетонним покриттям.

На основі результатів досліджень та даних інших авторів [5] рекомендується використовувати для втоплення в допоміжний шар зчеплення гідроізоляції, у прикладі для Велестронг АП фракційний щебінь 2,5-5 мм з витратою 500 - 1000 г/м². Фракційний шар, влаштований шляхом втоплення дрібного щебеню фракції 3 мм у допоміжний шар гідроізоляційного матеріалу високої міцності (наприклад, Велестронг АП), дозволяє ефективно протистояти напруженням, що призводять до зсуву. Отримані результати свідчать, що міцність зчеплення при зсуві між гідроізоляцією «Велестронг АП» та гусасфальтом відповідають вимогам СОУ 45.2-00018112-046, та можливе її подальше застосування для влаштування захисту проїжджої частини мостів на автомобільних дорогах I-V категорій.

Перелік посилань

1. ВБН В-2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу –Київ, 2004. – 151 с.
2. Сахно О.Г. Захист сталевих конструкцій мостів від корозії системами покриття Welesgard / Сахно О.Г./ Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. Випуск 38. – Київ, 2010. - с. 114-120.

3. СОУ 45.2-00018112-046:2009. Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві – Київ, 2009. – 10 с.

4. ГБН В.2.3-218-003:2010. Споруди транспорту. Технологія улаштування гідроізоляції проїзної частини залізобетонних автодорожніх мостів і шляхопроводів із застосуванням полімерних матеріалів та водонепроникного бетону – Київ, 2010. – 43 с.

5. Онищенко А.М. Управління якістю по забезпеченню зсувостійкості та колієстійкості асфальтобетонного покриття на мостах / Онищенко А.М., Мозговий В.В., Невінгловський В.Ф., Різніченко О.С., Гаркуша М.В// Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. Випуск 38. – Київ, 2010. – с. 88-98.

RESEARCH OF THE USE OF DIFFERENT TYPES OF WATERPROOFING MATERIALS TO INCREASE THE ADHESION OF THE COVERING FROM THE BRIDGE

Oleksandr Riznichenko, Postgraduate student Department of Bridges and Tunnels, National Transport University, Kyiv, Ukraine, assani@i.ua, <https://orcid.org/0009-0005-0132-2719>

Summary. The article deals with the definition of waterproofing materials with asphalt concrete pavement and base on the bridges. Insufficient adhesion of waterproofing materials with asphalt surface and base of the bridges will lead to the formation of shear, ruts and reduces the corrosion resistance of steel orthotropic plate artificial structures, due to the ingress of water through the cracks. To investigate the methods chosen for assessment of coupling, which allows you to simulate the vertical and horizontal loads on asphalt concrete coating to determine the cohesive strength of the waterproof material. In order to provide resistance to plastic deformation and durability of bridge deck pavement in difficult operating conditions, it is necessary to consider not only the strong bonding of pavement layers (interlayer coupling), and mandatory use of a special fraction of the layer between the waterproofing and asphalt surface. Based on research and data from different authors recommended for drowning the auxiliary clutch waterproofing layer, in this example for Velestrong AP gravel fraction 2.5-5 mm at a rate of 500 - 1000 g/m². Fractional layer, arranged by drowning fine gravel fraction 3 mm auxiliary layer of waterproofing material of high strength (eg Velestrong AP), can effectively resist shear stresses.

Keywords: coupling between the layers, shear resistance, asphalt coating, waterproofing material.

References

1. VBN В-2.3-218-186-2004 Transport structures. Non-rigid road clothing - Kyiv, 2004. - 151 p.
2. Sakhno O.G. Protection of steel bridge structures from corrosion by Welesgard coating systems / O.G. Sakhno/ Building materials, products and sanitary equipment. Scientific and technical collection. Issue 38. - Kyiv, 2010. - p. 114-120.
3. SOU 45.2-00018112-046:2009. Road asphalt concrete. Methodology for assessing adhesion between asphalt concrete spheres during shear - Kyiv, 2009. - 10 p.
4. GBN В.2.3-218-003:2010. Transport facilities. Technology of installation of waterproofing of the carriageway of reinforced concrete road bridges and overpasses using polymer materials and waterproof concrete - Kyiv, 2010. - 43 p.
5. Onyshchenko O.M. Quality management to ensure shear resistance and rutting resistance of asphalt concrete pavement on bridges / O.M. Onyshchenko, V.V. Mozgovii, V.F. Nevinglovskiyi, O.S. Riznichenko, M.V. Harkusha// Building materials, products and sanitary equipment. Scientific and technical collection. Issue 38. - Kyiv, 2010. - p. 88-98.