

УДК 625.85

• © В.В. Мозговий, • © А.М. Онищенко, • © О.М. Куцман, • © С.А. Баран (НТУ)

# МІЦНІСТЬ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ – ОСНОВА ЯКОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ\*

## Частина перша

**Анотація.** Наведені методика і результати випробувань зчеплення між шарами дорожнього одягу, як одного з критеріїв забезпечення міцності дорожньої конструкції.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, асфальтобетон, дорожній одяг, шари покриття, міцність.

**Аннотация.** Приведены методика и результаты испытаний сцепления между слоями дорожной одежды, как одного из критериев обеспечения прочности дорожной конструкции.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, асфальтобетон, дорожная одежда, слои покрытия, прочность.

**Annotation.** The method and test results adhesion between layers of pavement, as one of the criteria to ensure the safety of road construction.

**Key words:** road, asphalt, pavement, coating layers, durability.

Під якістю продукції відповідно до найбільш поширеного визначення розуміють сукупність властивостей, що обумовлюють її придатність задовольняти потреби споживачів відповідно до її призначення з урахуванням технічного, економічного, соціального, правового та інших аспектів. У дорожньому будівництві якість продукції часто оцінювали спрощено з урахуванням лише технічного аспекту ототожнюючи, як правило, з якістю матеріалів, які використовували або закінчених конструктивних елементів. У той же час, кінцевою продукцією – є автомобільна дорога, що призначена для здійснення безпечних вантажних і пасажирських перевезень протягом строку її служби. Саме ці споживчі властивості автомобільної дороги забезпечуються одним з найбільш важливих її складових – конструкцією дорожнього одягу необхідної міцності.

На сучасному етапі конструювання і розрахунку дорожньої конструкції слід чітко усвідомлювати функціональні можливості і призначення кожного шару дорожнього одягу, а також враховувати технологічні аспекти їх влаштування. Оскільки, наприклад, не забезпечивши під час влаштування асфальтобетонного покриття належного зчеплення між шарами, ми отримуємо в кінцевому результаті іншу конструкцію з іншими властивостями, ніж ту, яку на етапі проектування розраховували як моноліт.

Професор Б.С. Радовський узагальнюючи існуючі розробки про принципи раціонального вико-

ристання матеріалів при конструюванні дорожнього одягу запропонував наступні визначення функціонального призначення елементів дорожнього одягу [1, 4, 5], що увійшли в положення ДБН В.2.3-4 [2].

Покриття – верхня частина дорожнього одягу, що забезпечує сприятливі умови для кочення колеса (рівність і шорсткість), а також санітарно-гігієнічні вимоги. Щоб зберегти шорсткість, матеріал покриття повинен бути стійкий до зносу. Для забезпечення рівності матеріал покриття повинен протистояти накопиченню зсувних деформацій в літню пору (хвиль, напливів, колій) і зберігати суцільність для запобігання проникання поверхневої води до основи та ґрунту земляного полотна. Це ж потрібно і із санітарно-гігієнічних вимог: зручність механізованого прибирання, відвід поверхневої води, відсутність пилу тощо.

Покриття може складатися з одного постійного шару або з 2-х шарів: постійного нижнього і тимчасового верхнього. При двохшаровому покритті нижній шар потрібний для забезпечення рівності, а верхній, який потрібно періодично відновлювати, для підтримки шорсткості, зменшення рівня шуму, недопущення застою води на поверхні. Матеріал нижнього шару повинен бути міцним при високій температурі і вологості, а також стійким до повторного нагрівання-охолодження.

Основа – середня частина дорожнього одягу, що забезпечує рівну опорну поверхню для покриття.

\* Присвячується 75-річчю з дня народження видатного вченого-дорожника професора Радовського Бориса Самойловича

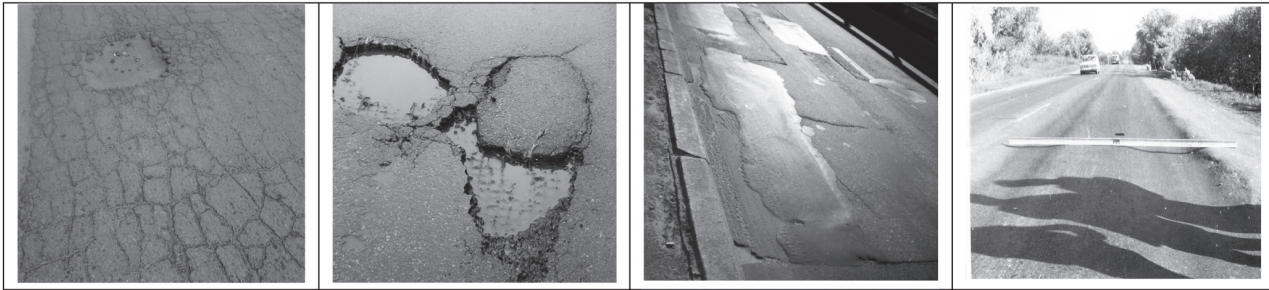
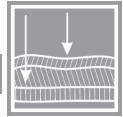


Рис. 1. Дефекти дорожнього одягу, що викликані недостатнім зчепленням між шарами

Її головне призначення – зменшити напруження, що виникає в покритті при згині під дією зовнішнього навантаження. Основа разом із покриттям розподіляє навантаження від транспортного засобу і передає його на додаткову основу або ґрунт. Основа повинна мати достатню жорсткість, щоб зменшити напруження в покритті, додатковій основі та земляному полотні до допустимих значень. Вона повинна мати міцність, необхідну для виконання своїх функцій протягом строку служби покриття. Основа може складатися з одного або декількох шарів.

Додаткова основа – нижня частина дорожнього одягу, що поряд із зменшенням напружень у земляному полотні виконує ще й такі функції: дренаж, морозозахист, теплоізоляція, проти замулювання, технологічний шар для проїзду будівельної техніки тощо. Один шар додаткової основи може виконувати декілька таких функцій.

Виходячи з наведених визначень і функцій сформульовані вимоги до матеріалів, принципів конструювання та розрахунку дорожнього одягу, а також технології його будівництва і ремонту, що орієнтовані на забезпечення якості автомобільних доріг і відображені у відповідних нормативних документах.

Забезпечення міцності дорожнього одягу регламентують нормативні документи з проектування конструкцій жорсткого та нежорсткого типів [6, 7]. Ці документи поєднують процедури збору вихідних даних, конструювання та розрахунок варіантів конструкцій дорожнього одягу, а також обґрунтування вибору найбільш раціональної конструкції для кожного окремого об'єкта.

Основною умовою проектування конструкції дорожнього одягу згідно вказаних нормативних документів є забезпечення повного зчеплення між шарами дорожнього одягу. Це створює найкращі умови роботи кожного шару і всієї конструкції в цілому [8 – 10]. Погіршення зчеплення між шарами викликає збільшення розтягуючих напружень в монолітних конструктивних елементах, викликаючи передчасне утворення поздовжніх тріщин та сітки тріщин від втоми, крім того прискорює утворення колійності, зсувів і напливів в асфальтобетонному покритті, а також зменшує

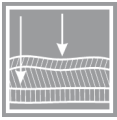
жорсткість і розподільчу здатність пакету із незчеплених або слабозчеплених шарів, що погіршує напружено-деформований стан додаткових шарів основи та ґрунту земляного полотна та є причиною утворення просідань (рис. 1).

Таким чином, зчеплення між шарами дорожнього одягу є важливим фактором забезпечення міцності дорожнього одягу і суттєво впливає на якість автомобільних доріг. На сьогоднішній день, зчеплення між шарами дорожнього одягу забезпечують застосуванням підґрунтовки із бітуму або бітумної емульсії, витрати яких орієнтовно наводяться, в загальних нормативних документах або рекомендаціях виробників без уточнення до конкретного об'єкта. При цьому контроль якості зчеплення шарів передбачає перевірку розділення керну при ударі молотком масою 1 кг [2]. Зрозуміло, що суттєвий вплив на якість зчеплення між шарами відіграють тип, вид, структура і фактура матеріалу шарів, що з'єднуються, ступінь очищення поверхні перед нанесенням підґрунтовки й особливо якість і витрати підґрунтовки, а також якість рівномірного нанесення підґрунтовки на поверхню. Тому недостатня забезпеченість дорожніх організацій сучасною технікою і матеріалами нанесення підґрунтовки, а також слабкі вимоги до ступеня очистки поверхні перед влаштуванням підґрунтовки, відсутність належної техніки і технологічних схем очищення поверхні та ефективних методів контролю якості зчеплення між шарами, не рідко призводить до передчасних руйнувань і деформацій на автомобільних дорогах, погіршуючи їх якість (рис. 1).

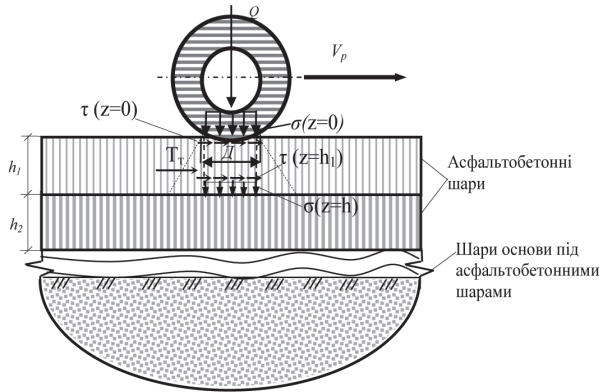
Враховуючи важливість цього питання НТУ спільно з ХНАДУ та ДНТЦ “Дор’якість” було розроблено СОУ 45.2-00018112-046 [10], що регламентує методику оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві.

Методика полягає у визначенні міцності зчеплення асфальтобетонних шарів при дії горизонтальних і вертикальних зусиль, що моделюють дію зовнішнього навантаження на асфальтобетонні шари при гальмуванні транспортних засобів згідно схеми, що наведена на рис. 2.

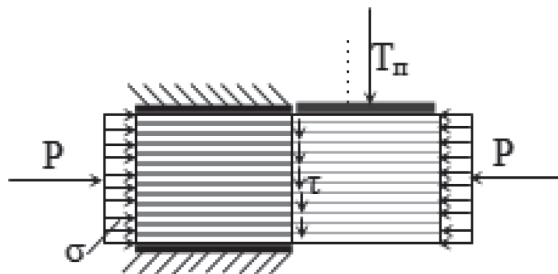
Зразок випробовують за допомогою приладу (рис. 3), що дозволяє створювати напруження  $\sigma$  та  $\tau$ .



Таблиця 1



$Q$  – вертикальне зусилля, що створює транспортний засіб;  
 $T_T$  – дотичне зусилля на контакті шарів від дії транспортних засобів  
 Рис. 2. Схема дії зусиль від колеса транспортного засобу при його гальмуванні



$P$  – нормальне зусилля, що діє перпендикулярно до торця зразка імітуючи вертикальне зусилля від транспорту;  $\sigma$  – нормальне напруження рівномірно розподіленого по поверхні торців зразка, що імітує контактний тиск від транспортного колеса;  $T_{II}$  – дотичне зусилля, що створює випробувальний прес на контакті шарів зразка імітуючи горизонтальне зусилля від транспорту  $T_T$  (рис. 2);  $\tau$  – дотичне напруження між асфальтобетонними шарами, що витримує зразок-керна до порушення зчеплення між ними  
 Рис. 3. Схема випробувань зразків кернів на зчеплення між шарами

Граничне дотичне напруження  $\tau$  між асфальтобетонними шарами зразка-керна визначають за допомогою приладу НТУ-3Ч-1 [11] (рис. 4) при заданих режимах навантаження (табл. 1).

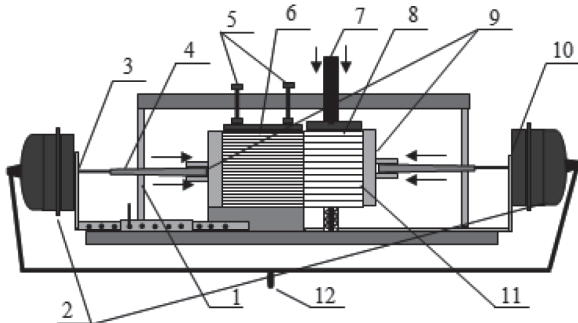


Рис. 4. Схема приладу НТУ-3Ч-1

Режими навантаження та необхідна кількість зразків для випробувань

№ п/п	Параметри режиму випробувань			Кількість зразків для випробувань, шт.
	Навантаження		Швидкість ходу плити преса, мм/хв	
	$\sigma$ , 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

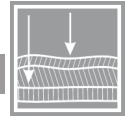
Проведення випробування здійснюють в наступній послідовності: вимірюють діаметр зразка; зразки нагрівають до температури випробування ( $50 \pm 2$ ) °С, витримуючи їх у термошафі не менше 4-х годин; нагрітий зразок розміщують в приладі НТУ-3Ч-1, який встановлено на плиту випробувального преса, закріплюючи фіксатором 6 за допомогою гвинтів 5; на зразок створюють горизонтальне навантаження з двох торців через пластини 9 за допомогою системи 10, яке відповідає заданому рівню напружень (табл. 1); при заданій швидкості переміщення плити преса (табл. 1) навантажують зразок та визначають руйнівне вертикальне навантаження  $T_{II}$ , яке відповідає відліку на шкалі преса у момент порушення зчеплення між асфальтобетонними шарами зразка-керна.

Під час випробування при різних значеннях  $\sigma$  визначають граничне дотичне напруження  $\tau$ . Врахування реологічних властивостей реалізується за рахунок випробування при різних режимах навантаження. Воно проводиться при швидкому (швидкість переміщення траверси преса становить 100 мм/хв) та повільному (швидкість переміщення траверси преса становить 3 мм/хв) режимах навантаження. Швидкий режим навантаження моделює дію екстремального гальмування транспортних засобів, а повільний режим – нормальний режим гальмування. На основі результатів випробувань при визначенні граничних дотичних напружень на основі розрахунків визначають гранично допустиме напруження між асфальтобетонними шарами для розрахункових груп автомобілів  $A_1, A_2$  і Б [7].

Оцінку зчеплення між шарами асфальтобетону виконують перевіряючи умову міцності.

Випробування проводять за найбільш несприятливих для зчеплення між асфальтобетонними шарами температурах.

Вказана методика передбачає застосування приладу НТУ-3Ч-1 на зчеплення, що виготовляється



та розповсюджується ДП “Дорцентр”. Це дозволяє всім зацікавленим організаціям замовити такий прилад з метою застосування його при контролі якості зчеплення між асфальтобетонними шарами, а також при встановленні оптимальних витрат та параметрів матеріалів і технологій, що використовуються для забезпечення зчеплення між шарами. Так, за даною методикою наведено приклад результатів випробувань на міцність зчеплення асфальтобетонного шару зносу з асфальтобетонним покриттям [12].

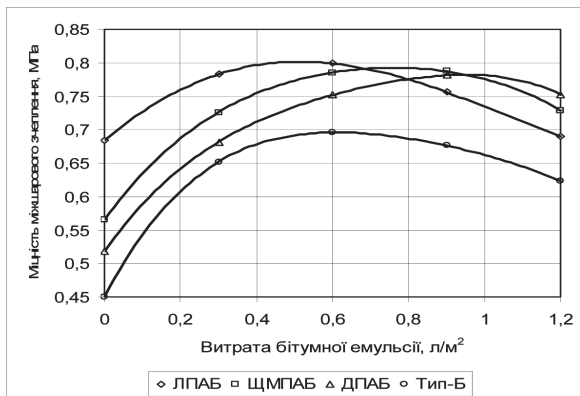


Рис. 5. Залежність міцності міжшарового зчеплення від витрати бітумної емульсії

Отримані результати свідчать, що міцність міжшарового зчеплення при традиційних витратах бітумної емульсії для підgruntовки між асфальтобетонними шарами може змінюватися до 2-х разів. Недостатнє зчеплення істотно впливає на колієутворення в асфальтобетонному покритті та тріщиноутворення від дії транспорту. Для складів асфальтобетону, які використовували в експерименті оптимальна витрата підgruntовки склала від 0,4 л/м² до 1,0 л/м² і суттєво залежить від виду асфальтобетону. Це свідчить, що для забезпечення належної довговічності асфальтобетонних шарів зчеплення за умовами їх колієстійкості, міцності зчеплення з покриттям та тріщиностійкості варто при проектуванні асфальтобетонних шарів зносу враховувати оптимальні параметри технології їх влаштування.

Також отримані результати (рис. 6) глибини колії в асфальтобетонах різних гранулометричних складів після 4 000 проходів при температурі 60 °С і різній витраті підgruntовки свідчать про суттєвий вплив різної витрати бітумної емульсії на інтенсивність утворення колії. Із випробуваних асфальтобетонів найменша глибина колії спостерігалась в ЩМА, а найбільша – в асфальтобетоні типу Б.

У теперішній час активно розвиваються дослідження зчеплення між шарами на їх міцність та довговічність дорожнього одягу різними науковими колективами як теоретичного [13, 14], так і експериментального характеру [15, 16]. Також дослідники особливу увагу приділяють виявленню дефектів на контактні між шарами за допомогою не руйнівних методів [15, 16].

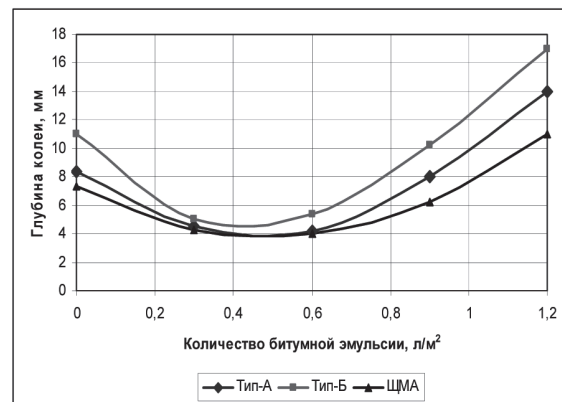


Рис. 6. Залежність глибини колії від кількості підgruntовки в асфальтобетонах

Продовження статті в наступному номері.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Радовський Б.С. Основи механіки дорожнього одягу: Курс лекцій. – К.: КАДІ, 1988.
2. ДБН В.2.3-4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.
3. RStO 86 –Ausgabe 1986. Fassung 1989 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, FGSV Verlag, Köln.
4. Радовський Б.С. та ін. Проектирование дорожных одежд для большегрузных автомобилей.
5. Радовский Б.С. Теоретические основы конструирования и расчет нежестких дорожных одежд на воздействия подвижных нагрузок: Дис... док. тех. наук. – Киев, 1982. – 440 с.
6. ВБН В.2.3-218-008-97. Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів, зі змінами та доповненнями.
7. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.
8. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / Под ред. Н.Н. Иванова. – М.: Транспорт, 1973. – 328 с.
9. Толстикова Н.П. Исследование сдвигоустойчивости дорожных одежд по контакту асфальтобетонное покрытие-цементогрунтовое основание: Дис... кан. тех. наук. – Волгоград, 1965. – 144 с.
10. Прусенко Є.Д. Совершенствование технологии текущего ремонта асфальтобетонных покрытий: Автореф. дис. канд. техн. наук. – К., 1985. – 20 с.
11. СОУ 45.2-00018112-046:2009. Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві.
12. Жуков О.О. Проектування асфальтобетонних шарів зносу для міських вулиць і доріг: Автореф. дис. канд. техн. наук. – К., 2011. – 20 с.
13. Патент на корисну модель №47625 “Прилад для випробування зразків асфальтобетону НТУ-3Ч-1”, 10.02.2010 р., (Онищенко А.М., Мозговий В.В., Резнік Ю.Л. та ін.).
14. Богомолов В.О. Щодо необхідності розробки нової методики розрахунку напружено-деформованого стану дорожнього одягу / Жданюк В.К., Богомолов С.В.
15. Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П., Попелиш І.І., Бабський В.М. Застосування тепловізійного обладнання для оцінки стану асфальто-бетонного покриття автомобільних доріг. – К.: Зб. доповідей 14-тої міжнародної НТК “Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики”, 2012. – С. 28 – 34.
16. Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П., Райковський В.Ф., Якименко Я.М. Надійність конструкцій дорожнього одягу: Навч. посібник. – К.: НТУ, 2012. – 206 с.