

**АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА МІЦНІСТЬ ЗЧЕПЛЕННЯ МІЖ
АСФАЛЬТОБЕТОННИМИ ШАРАМИ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ**

**ANALYSIS FACTORS AFFECTING FORMATION ON THE CLUTCH DURABILITY
BETWEEN ASPHALT-CONCRETE LAYERS OF ROAD CLOTHING**



Левківська Людмила Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра вищої математики, к. 514, вул. Бойчука 42, Київ, Україна, 01103, e-mail: lv_g@ukr.net, тел. +380975475724,

<https://orcid.org/0000-0002-5589-5257>



Елаллак Джафар Муса, аспірант, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, вул. Бойчука 42, Київ, Україна, 01103, e-mail: jafarmoosa_77@ukr.net, тел. +380668917124.

Анотація. У даній статті відображено значення мережі автомобільних доріг для соціального розвитку суспільства та розвитку економіки держави в цілому. На основі літературних джерел проведено комплексний аналіз нинішнього стану функціонування дорожнього господарства України, сучасних тенденцій його розвитку. Встановлено, що дорожня галузь знаходиться в досить важкій ситуації, оскільки транспортно-експлуатаційний стан переважної більшості автомобільних доріг України є незадовільним. Через брак фінансових ресурсів будівництво нових доріг здійснюється вкрай рідко, а все частіше проводяться дорожні роботи по утриманню мережі вже існуючих доріг та забезпеченню їх необхідного транспортно-експлуатаційного стану.

За результатами проведеного аналізу виділена одна з основних причин передчасного руйнування новозбудованих або відремонтованих конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу – низька міцність міжшарового зчеплення в зоні контакту знову укладеного матеріалу з нижче розташованим шаром. Детально вивчено вплив зчеплення між асфальтобетонними шарами на міцність дорожнього одягу та його довговічність. Проаналізовано ряд факторів, які впливають на якість зчеплення між шарами.

Встановлено, що для забезпечення міцності зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу необхідно неухильно дотримуватись технологічних режимів їх укладання, перш за все температурних; враховувати фізико-механічні властивості матеріалів на етапі будівництва та вплив кліматичних і механічних чинників, або найчастіше їх комплексний вплив на експлуатацію автомобільної дороги.

Ключові слова: конструкція дорожнього одягу, асфальтобетонні шари, міцність зчеплення між шарами, зсув, тріщина.

Вступ. Мережа автомобільних доріг є невід'ємною частиною єдиної транспортної системи, що забезпечує роботу всіх галузей промисловості, економіки і сільського господарства, соціальний розвиток суспільства. Від стану автомобільних доріг залежать витрати на перевезення вантажів та пасажирів, рівень цін, певною мірою зайнятість населення та темпи розвитку економіки будь-якої держави загалом.

Аналіз літературних джерел [1] свідчить про те, що нинішній експлуатаційний стан більшості автомобільних доріг загального користування України є незадовільним. Практично сімдесят відсотків

з них уражено ямковістю, а окремі ділянки доріг є аварійно небезпечними та потребують термінового капітального і поточного середнього ремонтів.

Дослідження багатьох вчених [2-4] свідчать, що однією з основних причин передчасного руйнування новозбудованих або відремонтованих конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу є низька міцність міжшарового зчеплення в зоні контакту свіжо укладеного матеріалу з нижче розташованим шаром, оскільки умова міцного зв'язку між шарами найчастіше не дотримується. При експлуатації дорожніх конструкцій на контакт між шарами відбуваються відносні зміщення, що свідчать про недостатню міцність міжшарового зчеплення при динамічних впливах транспортних засобів і, як наслідок, виникнення високочастотних коливань призводить до швидкого руйнування дорожніх покриттів.

Мета і методи. Метою статті є аналіз існуючих факторів, які впливають на міцність зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу.

Результати і пояснення. На території України найбільш розповсюдженими є конструкції дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям. Щоб покращити зчеплення між шарами дорожнього одягу застосовують підґрунтовки із бітуму або бітумної емульсії. Дорожні бітумні емульсії – в'язучий і плівкоутворюючий матеріал, що являє собою однорідну малов'язку рідину темно-коричневого кольору, яка складається із бітуму і водного розчину емульгатора.

Сили зчеплення, які відіграють першорядну роль в забезпеченні довговічності дорожньої конструкції, обумовлюються адгезією та когезією плівки в'язучого, що застосовується для підґрунтовки. Когезія залежить від властивостей клею, а адгезія – від фізичних та хімічних властивостей поверхонь, що склеюються і сил взаємодії цих поверхонь з клеєм.

Неналежне зчеплення асфальтобетонних шарів може призвести до порушень структури дорожнього одягу: зсуву, відшарування верхнього шару покриття та виникнення поздовжніх тріщин по смугах накату (рис. 1).



- | | | |
|--------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| а) зсув; | б) відшарування верхнього шару; | с) виникнення поздовжніх тріщин |
| a) slippage; | b) delamination of surface layer; | c) longitudinal cracking |

Рисунок 1 – Характерні порушення структури дорожнього одягу, викликані недотриманням умов зчеплення асфальтобетонних шарів

Figure 1 - Potential violations of road structure caused by non-compliance with the bonding conditions of asphalt concrete layers

Для зсуву характерні тріщини в формі півмісяця. Вони зазвичай мають два кінці та спрямовані в напрямку руху транспорту. Відшарування передбачає повне відділення верхнього шару дорожнього покриття від нижнього шару. Це може статися через серйозне погіршення ковзання і руйнування асфальтобетонного шару надмірною кількістю води. Міцні добре склеєні шари необхідні для передачі напружень розтягу та зсуву по всій конструкції дорожнього одягу, оскільки відшарування зменшує несучу здатність дорожнього покриття і прискорює появу тріщин. Основною причиною появи поздовжніх тріщин є виникнення напружень розтягу та згину в шарах дорожнього одягу під дією навантажень від автомобілів і температурних коливань, а особливо при спільній дії цих факторів. Тріщини зароджуються там, де нормальні напруження розтягу в шарі дорожнього одягу перевищують межу міцності на розтяг матеріалу відповідного шару [5].

Суттєвий вплив на якість зчеплення між шарами чинять тип, вид, структура і фактура матеріалу шарів, що з'єднуються, ступінь очищення поверхні перед нанесенням підґрунтовки й особливо якість і витрати підґрунтовки, а також рівномірність її нанесення на поверхню та час затвердіння.

Відомо, що надмірне використання емульсій призводить до проковзування між шарами дорожнього одягу, а отже, завдає шкоди міцності їх зчеплення. При виборі підґрунтовки із бітуму або бітумної емульсії важливо не тільки використовувати правильний тип, але також наносити її з правильною швидкістю.

Одним з найбільш значущих чинників, що визначають оптимальну норму нанесення дорожніх емульсій, є стан поверхні покриття. Поверхні, які є відкритими і окисленими, потребують більшого застосування емульсій для досягнення належного зчеплення між шарами дорожнього одягу.

Значний вплив на міцність склеювання чинить стан склеюваних асфальтобетонних шарів. Якщо поверхня цих шарів шорстка, то фактична площа склеювання збільшується за рахунок проникнення емульсії в пори і змочування внутрішніх стінок. Але її надмірне проникнення також небажане через можливість появи розривів по вертикалі клейової плівки. Крім того, вирішальним є граничне склеювання, а не глибинне. Збільшення пористості (при величині пор, достатній для проникнення в них клею) поверхні склеюваних асфальтових шарів підвищує міцність склеювання у кілька разів.

Дослідниками [6] відзначається той факт, що тонкий клейовий шар має більшу міцність на розрив і зсув у порівнянні з тим же товстим шаром клею, причому зі зменшенням товщини плівки міцність з'єднання зростає. Це зростання міцності часто пов'язують зі збільшенням молекулярних сил між твердим тілом і внутрішньою частиною плівки клею і зменшенням кількості дефектів у тонких клейових плівках у порівнянні з товстим шаром.

В основі прилипання бітуму, що виділився в результаті розпаду бітумної емульсії, лежать молекулярно-поверхневі явища. Адгезія бітуму залежить від великої кількості факторів, вплив яких проявляється в процесах фізичної адсорбції і хемосорбції. При наявності тільки фізичної адсорбції зчеплення плівки бітуму з поверхнею мінерального матеріалу буде значно меншим, ніж в тому випадку, коли мають місце процеси хімічної взаємодії. Для того, щоб запобігти відшаруванню водою плівки бітуму від поверхні мінерального матеріалу, необхідно, щоб адсорбційний зв'язок бітумної плівки з поверхнею мінеральної частинки був вищим адсорбційного зв'язку мінерального матеріалу з водою.

При влаштуванні дорожнього одягу слід враховувати кліматичні та ґрунтово-гідрологічні особливості різних регіонів України [7]. Ці особливості необхідно брати до уваги при виборі типу і марки асфальтобетону згідно з районуванням території України за кліматичними умовами роботи покриттів, при призначенні розрахункових характеристик ґрунту земляного полотна залежно від його вологості у різних областях і розрахункових характеристик асфальтобетону залежно від його температури, а також при проектуванні заходів по забезпеченню морозостійкості і осушенню дорожнього одягу.

Товщину монолітних шарів як основи, так і покриття слід призначати такою, щоб розтягуючі напруження, що діють в його найбільш напруженій зоні, не перевищували допустимих.

Верхній шар основи капітальних дорожніх одягів потрібно влаштовувати, головним чином, з монолітних матеріалів – з пористого асфальтобетону, щебеневих сумішей, фракційного щебеню, а також цементобетону.

Для влаштування нижньої частини основи в залежності від розрахункових умов руху слід надавати перевагу монолітним (укріплені ґрунти і кам'яні матеріали), а також зернистим матеріалам, що відповідають вимогам нормативних документів.

Асфальтобетонні шари дорожнього одягу слід влаштовувати лише в суху погоду [8]. Укладання холодних та гарячих асфальтобетонних сумішей потрібно проводити весною або влітку при температурі повітря не нижче + 5 °С, восени – не нижче + 10 °С.

Як виняток, роботи з використанням гарячих асфальтобетонних сумішей допускається проводити при температурі повітря не нижче ніж 0 °С, за умови дотримання наступних вимог:

- товщина шару асфальтобетону повинна бути не менше ніж 4 см;
- асфальтобетонні суміші необхідно використовувати разом з ПАР;
- нижній шар дорожнього одягу треба влаштовувати з щільних асфальтобетонних сумішей, якщо взимку та навесні по ньому передбачається рух транспорту;
- верхній шар покриття дорожнього одягу дозволяється влаштовувати по свіжоукладеному нижньому шару після охолодження його до температури не нижче ніж 20°C;

- верхній шар покриття дорожнього одягу допускається влаштовувати після прогріву нижнього шару гарячим піском, висівками або асфальторозігрівачами інфрачервоного випромінювання.

Укладання холодних сумішей потрібно закінчувати орієнтовно за 2 тижні до початку періоду осінніх дощів у даній місцевості.

Перед влаштуванням шару дорожнього одягу по існуючому покриттю необхідно відновити монолітність старого покриття відповідними ремонтними методами. При глибині колії на старому покритті понад 1 см його потрібно вирівняти шляхом влаштування вирівнюючого шару термопрофілюванням чи фрезуванням.

Основа, на яку укладається асфальтобетонна суміш, повинна бути чистою та сухою. Не пізніше ніж за 6 год до початку укладання асфальтобетонної суміші шар дорожнього одягу, що розташований нижче, потрібно обробити (підгрунтувати) будь-яким органічним в'язучим: бітумною емульсією, рідким, в'язким бітумом марки БНД 90/130, БНД 130/200.

Підгрунтовку нижнього шару дорожнього одягу можна не виконувати, якщо цей шар влаштовано з асфальтобетонної суміші та матеріалів, просочених органічними в'язучими не пізніше ніж за 2 доби до укладання нового шару, якщо він чистий і по ньому не пересувався технологічний та інший транспорт.

У процесі будівництва асфальтобетонних покриттів та основ треба здійснювати вхідний і операційний контроль якості робіт, результати якого потрібно відображати в журналах приготування сумішей, укладання та ущільнення їх по змінах.

При приготуванні асфальтобетонних сумішей потрібно контролювати:

- температуру органічного в'язучого, мінеральних матеріалів та готової асфальтобетонної суміші в кузові кожного автомобіля; якість та дозування вихідних матеріалів та готової суміші – постійно;
- фізико-механічні властивості і склад суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-89 і ДСТУ Б В.2.7-119 – не рідше одного разу за зміну;
- фізико-механічні показники органічних в'язучих – не рідше одного разу за зміну;
- фізико-механічні показники мінеральних матеріалів (зерновий склад, марку за дробильністю, вміст пилюватих і глинистих часток, в т. ч. глину в грудках, кількість пластинчастих часток) – не рідше одного разу за 10 змін;
- на початку будівельного сезону або при зміні постачальника продукції потрібно визначати марку щебеню за зносом у поличному барабані, марку за морозостійкістю.

У процесі влаштування покриття та основи додатково треба контролювати: температуру суміші в кожному автомобілі на місці укладання; фізико-механічні властивості асфальтобетонних сумішей за показниками випробування трьох кернів на кожні 9000 м² покриття; зчеплення шарів покриття (керн не повинен розділятися при ударі молотком масою 1 кг).

Висновки та рекомендації. Таким чином встановлено, що на якість зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу впливають такі фактори, як тип матеріалу підгрунтовки, витрати матеріалу, чистота поверхні, шорсткість поверхні, градація склеюваних шарів. Вплив цих факторів представлений у таблиці 1.

На додачу до цих чинників, які зазвичай оцінюють у лабораторії, польові дослідження показують, що недостатнє ущільнення асфальтобетонних шарів також може сприяти проникненню води, а отже, і руйнуванню міцнісного зв'язку між його шарами. При облаштуванні асфальтобетонних шарів слід обов'язково застосовувати такі основні методи ущільнення, як укочування, віброущільнення і комплексний метод, при якому матеріал одночасно піддається укоченню та віброущільненню. Структура асфальтобетону, що визначає його міцність і зсувостійкість, у значній мірі формується саме в результаті ущільнення.

Для забезпечення міцності зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу необхідно неухильно дотримуватись технологічних режимів їх укладання, перш за все температурних; враховувати фізико-механічні властивості матеріалів на етапі будівництва та вплив кліматичних і механічних чинників, або найчастіше їх комплексний вплив на експлуатацію автомобільної дороги.

Таблиця 1 - Вплив різних факторів на міцність зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу

Table 1 – The influence of different factors on the clutch durability between asphalt-concrete layers of road clothing

Фактор	Вплив на міцність зчеплення між шарами
Тип клейового шару (підгрунтовки)	Суттєво впливає
Рівень витрат нанесення підгрунтовки	Зі зменшенням товщини клейової плівки міцність з'єднання між шарами зростає
Швидкість нанесення підгрунтовки	Впливає і залежить від температури навколишнього середовища (при низьких температурах швидкість нанесення емульсій повинна бути зменшена для досягнення належної міцності зчеплення)
Рівномірність нанесення підгрунтовки	Рівномірне нанесення забезпечує міцність зчеплення між шарами
Чистота поверхні	Чиста поверхня забезпечує більш високу міцність зчеплення між шарами
Шорсткість поверхні	Шорсткість поверхні збільшує міцність зчеплення
Градація склеюваних шарів	Більш грубі градації суміжних склеюваних шарів забезпечують більш високу міцність їх зчеплення

Перелік посилань

1. Кулицький С. Проблеми розвитку мережі автомобільних доріг в Україні. *Україна: події, факти, коментарі*. 2017. № 22. С. 56 – 65.
2. Минаков А.С., Кияшко И.В. Влияние обеспеченности межслойного сцепления на прочность дорожных одежд нежесткого типа. *Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів*: матеріали міжнар. наук.-техн. конф., присвяченої 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету. Харків: ХНАДУ, 2010. С.112–115.
3. Мозговий В.В., Онищенко А.М., Куцман О.М., Баран С.А. Міцність дорожнього одягу – основа якості автомобільних доріг. *Автошляховик України*. 2013. № 4. С. 32 – 35.
4. Мозговий В.В., Онищенко А.М., Жуков О.О., Невінгловський В.Ф. Методика оцінки сцеплення между асфальтобетонными слоями при сдвиге. *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2010. № 1. С. 53–60.
5. Левківська Л.В., Горбунович І.В., Елаллак Д.М. Аналіз факторів впливу на утворення тріщин в асфальтобетонних дорожніх покриттях. *«Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія: Технічні науки»* Том 30 (69) Ч.2 № 6, 2019. С. 189 – 194.
6. Плевако В.П., Ряпухин В.Н. Совершенствование метода расчета нежестких дорожных одежд. *Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета*. 1999. - Вып. 9. С. 51 – 56.
7. Левківська Л.В., Куцман О.М., Бондар В.М. Конструкції дорожнього одягу для важкого інтенсивного руху. *Гідротехнічне і транспортне будівництво*: матеріали міжнар. наук.-техн. конф. Одеса: ОДАБА, 2019. С. 49 – 51.
8. ДБН В.2.3-4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. ДБН В.2.3-4:2007. Київ. Мінрегіонбуд України. 2007.

**ANALYSIS FACTORS AFFECTING FORMATION ON THE CLUTCH DURABILITY
BETWEEN ASPHALT-CONCRETE LAYERS OF ROAD CLOTHING**

Levkivska Liydmyla Volodymyrivna, Ph.D., National Transport University, associate professor department of high mathematics, e-mail: l_v_g@ukr.net, +380975475724, Ukraine, 01103, Kyiv, Boychuka str., 42, of. 514, <https://orcid.org/0000-0002-5589-5257>.

Elallak Jafar Musa, Postgraduate student of the National Transport University, Department of Road Construction Materials and Chemistry, e-mail: jafarmoosa_77@ukr.net, +380668917124, Ukraine, 01103, Kyiv, Boychuka str., 42.

Summary: This article reflects the importance of the road network for the social development of society and the development of the economy of the country as a whole. On the basis of literary sources provides complex analysis of roads in Ukraine, their current functional state and tendencies of development. It is established that the road industry is in a rather difficult situation due to unsatisfactory transport and operational conditions of the vast majority of Ukrainian roads. Construction of new roads is extremely rare because of lack of financial resources. Road works are usually carried out to preserve the network of already existing roads and to ensure their necessary transport and operational status.

According to the results of the analysis, one of the main reasons for the premature destruction of newly constructed or repaired non-rigid pavements is the low strength of interlayer adhesion in the contact area of the newly covered material with the layer below. The effect of clutch durability between asphalt layers on the road strength has been studied in detail. A number of factors that affect the quality of clutch durability between layers are analyzed.

It is established that in order to ensure the strength of grafting between asphalt concrete layers of road clothing, it is necessary to strictly observe the technological regimes of their laying, above all temperature; to take into account the physical and mechanical properties of materials at the construction stage and the influence of climatic and mechanical factors, or most often their complex effect on the operation of the highway.

Key words: road construction, asphalt-concrete layers, clutch durability between layers, shear, crack.

References

1. Kulytskyy S. Problemy rozvytku merezhi avtomobil'nykh dorih v Ukrayini. Ukrayina: podiyi, fakty, komentari. 2017. № 22. S. 56 – 65.
2. Mynakov A.S., Kyyashko Y.V. Vlyyanye obespechennosti mezhslaynogo stseplenyya na prochnost dorozhnykh odezhd nezhestkoho typu. Proektuvannya, budivnytstvo i ekspluatatsiya nezhorstkykh dorozhnykh odyahiv: materialy mizhnar. nauk.-tekhn. konf., prysvyachenoyi 80-richchyu KHNADU ta dorozhno-budivelnogo fakultetu. Kharkiv: KHNADU, 2010. S.112–115.
3. Mozhovyy V.V., Onyshchenko A.M., Kutsman O.M., Baran S.A. Mitsnist dorozhnoho odyahu – osnova yakosti avtomobilnykh dorih. Avtoshlyakhovyk Ukrayiny. 2013. № 4. S. 32 – 35.
4. Mozhovyy V.V., Onyshchenko A.M., Zhukov O.O., Nevinhlovs'kyi V.F. Metodyka otsenky stseplenyya mezhdu asfaltobetonnyimi sloyami pry sdvyhe. Vestnyk Donbasskoy natsionalnoy akademiyi stroytelstva y arkhitektury. 2010. № 1. S. 53–60.
5. Levkivska L.V., Horbunovych I.V., Elallak D.M. Analiz faktoriv vplyvu na utvorenniya trishchyn v asfaltobetonnykh dorozhnykh pokrytyakh. «Vcheni zapysky Tavriyskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I.Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky» Tom 30 (69) CH.2 № 6, 2019. S. 189 – 194.
6. Plevako V.P., Ryapukhyn V.N. Sovershenstvovanye metoda rascheta nezhestkykh dorozhnykh odezhd. Vestnyk Kharkovskoho hosudarstvennoho avtomobylno-dorozhnoho tekhnicheskoho unyversyteta. 1999. - Vyp. 9. S. 51 – 56.
7. Levkivska L.V., Kutsman O.M., Bondar V.M. Konstruktsiyi dorozhnoho odyahu dlya vazhkoho intensyvnoho rukhu. Hidrotekhnichne i transportne budivnytstvo: materialy mizhnar. nauk.-tekhn. konf. Odesa: ODABA, 2019. S. 49 – 51.
8. DBN V.2.3-4:2007. Sporudy transportu. Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannya. Chastyna II. Budivnytstvo. DNB V.2.3-4:2007. Kyiv. Minrehionbud Ukrayiny. 2007.