

ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ ФАКТОРІВ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ

Кузуб Д.С., ст. групи Д-41-19,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Сєдов А.В., к.т.н., доцент
avs.1708@ukr.net
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Поява великої кількості сучасних швидкісних автомобілів з поліпшеними динамічними характеристиками і збільшення частки автомобілів особливо великої вантажопідйомності в значній мірі прискорили руйнування автомобільних доріг з асфальтобетонними покриттями. В результаті погіршується транспортно-експлуатаційний стан доріг, знижується швидкість руху, підвищується собівартість перевезень автомобільним транспортом, все більші витрат потрібно на ремонт дорожніх покриттів [1].

В процесі експлуатації відбувається інтенсивний знос покриття по всій ширині проїзної частини і особливо у межах смуги накату. Ступінь зносу і замаслювання залежить від терміну служби дорожнього покриття, від складу, а також від інтенсивності руху транспортних засобів і місця розташування дороги. На рисунку 1 показано зниження коефіцієнта зчеплення протягом перших 2-х років експлуатації дороги.

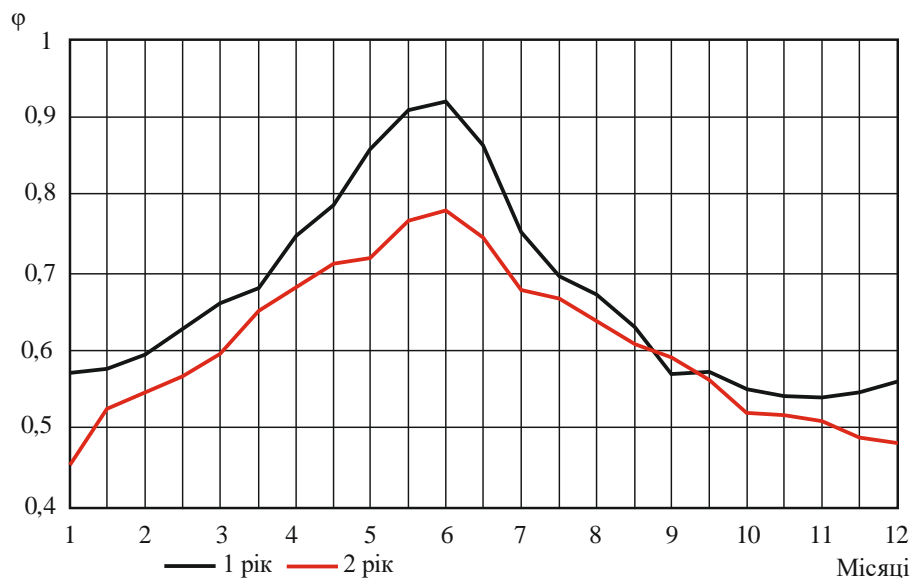


Рисунок 1 – Зміна коефіцієнта зчеплення дорожнього покриття при експлуатації дороги протягом 2-х років [2].

Фахівці багатьох країн [3, 4] прийшли до висновку, що більша частина дефектів і руйнувань дорожнього покриття обумовлені деструктивними проявами. До них слід віднести: поява тріщин внаслідок зниження витривалості асфальтобетону під впливом інтенсивних транспортних навантажень; деформації поверхні покриття внаслідок недостатньої міцності і несучої здатності шарів

дорожньої основи і ґрунту земляного полотна; утворення локальних (по смугах накату) залишкових пластичних деформацій і просадок у вигляді колії, а також подрібнення асфальтобетону і лущення під впливом метеорологічних факторів – опадів і низьких температур (особливо при багаторазовому переході температури через 0 °С), використання хімічних протижеледних реагентів [5] (рис. 2).

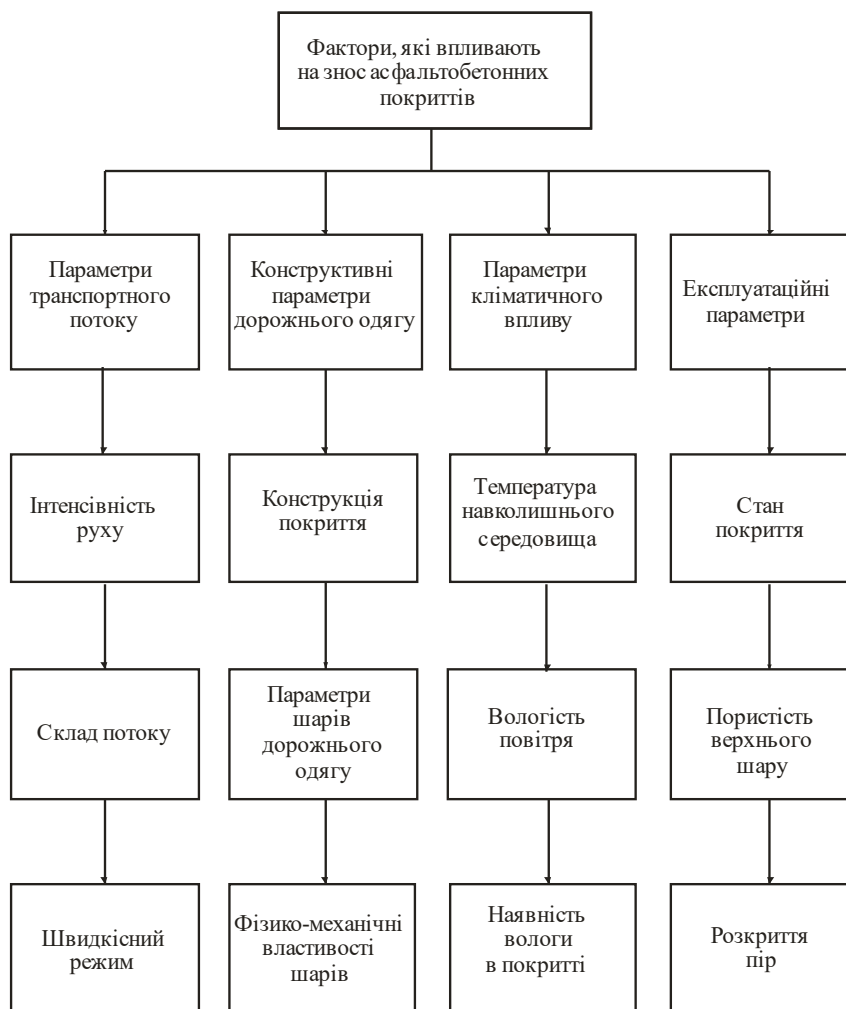
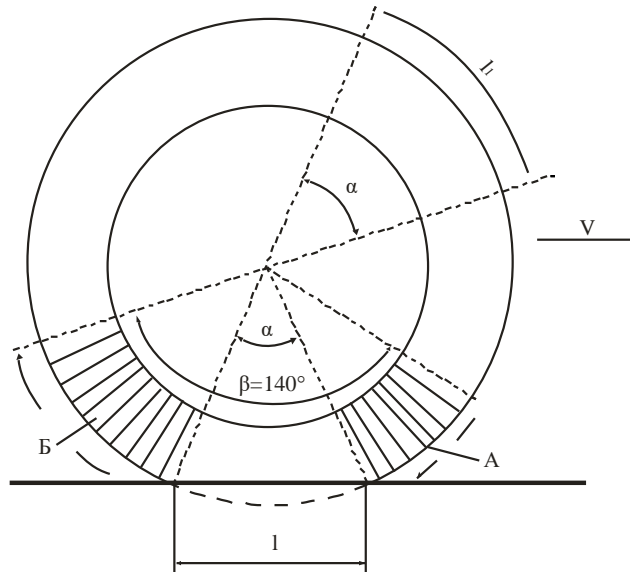


Рисунок 2 – Класифікація факторів, що призводять до зносу асфальтобетонних покриттів.

Технічне обслуговування доріг в зимовий період (обробка піском, використання шипованих покришок шин) можна вважати фактором збільшення зносу дорожнього покриття внаслідок посилення абразивного процесу [4]. Знос вологого покриття дороги в 2-6 разів вище, в порівнянні з сухим [5]. Знос також збільшується після обробки поверхні дороги технічною сіллю та іншими протижеледними засобами, так як поверхня протягом більш тривалого періоду часу залишається вологою [1].

Певною мірою умовно знос можна уявити як сукупність різних простіших процесів стирання і вибивання зерен піску і щебню, відриву і видалення дрібнозернистої фракції (дрібніше 0,05 мм) разом з бітумом або без нього, вимивання або видалення бітуму при наявності води або агресивних розчинів і т.д. Залежно від виду і структури матеріалу покриття або ступеня зношеності поверхні той чи інший фактор в процесі зносу набуває першочергового значення.

Найбільший вплив на знос покриттів надають рухомі автомобілі. Під навантаженням, яке передається на колесо, шина деформується (рис. 3) [1].



А – зона стиснення; Б – зона розтягування; l_1 ; l – шлях, який проходить точка на шині поза зоною і в зоні контакту шини з покриттям; α – кутова швидкість.

Рисунок 3 – Вплив деформації шини колеса на знос покриття.

При навантаженні колеса крутний або гальмівним моментом поздовжнє напруження, в зоні контакту, розподілене по довжині контакту і змінюється за законом трикутника ($P_{\text{п}}=0$ на вході і $P_{\text{п}}=\text{max}$ на виході з контакту). У шинах під впливом дотичних напружень виникає прослизання, що викликає знос.

Величина прослизання l_c дорівнює:

$$l_c = C \frac{2p_k}{K_k \cdot l_k} = C \frac{2M_{\text{кр}}}{K_k \cdot r_k \cdot l_k}, \quad (1)$$

де C – коефіцієнт;

K_k – жорсткість в окружному напрямку;

r_k – радіус кочення;

$M_{\text{кр}}$ – крутний момент.

З теорії взаємодії шин автомобілів з поверхнею дорожнього покриття встановлено, що в площині сліду ведучого колеса автомобіля діє сила тертя T , яка протидіє силі тяги і дорівнює:

$$T = (M_k/r_k) - Q_k f, \quad (2)$$

де M_k – крутний момент на ведучому колесі автомобіля радіусом r_k ;

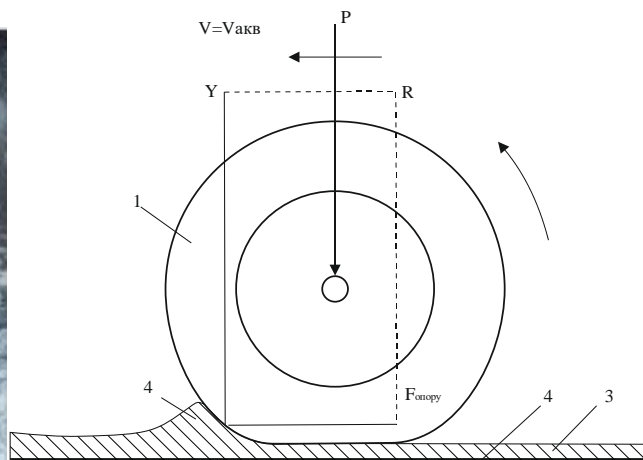
Q_k – вертикальне навантаження на колесо;

$f = d/r_k$ – коефіцієнт опору коченню. На рівних вдосконалених покриттях значення коефіцієнта f коливається в межах: $f = 0,01 \div 0,02$;

d – відстань зсуву.

Особливий інтерес викликає наявність вологи в конструкції дороги. Це атмосферна волога, вологість основи і прихована вода хімічних перетворень,

включаючи процеси розчинення, осмосу, електроосмосу, капілярної вологи пористих структур, конденсованої вологи пір, води в порах і на поверхні покриття (рис. 4) [6].



1 – колесо; 2 – покриття; 3 – шар рідини; 4 – головний хвиля рідини; P – навантаження на колесо автомобіля; Y – вертикальна реакція, або підйомна сила, що діє на колесо; R – сумарна реакція, що діє на колесо; $F_{\text{опору}}$ – горизонтальна реакція, що діє на колесо (сила опору руху)

Рисунок 4 – Схема дії колеса автомобіля на мокре покриття [6]

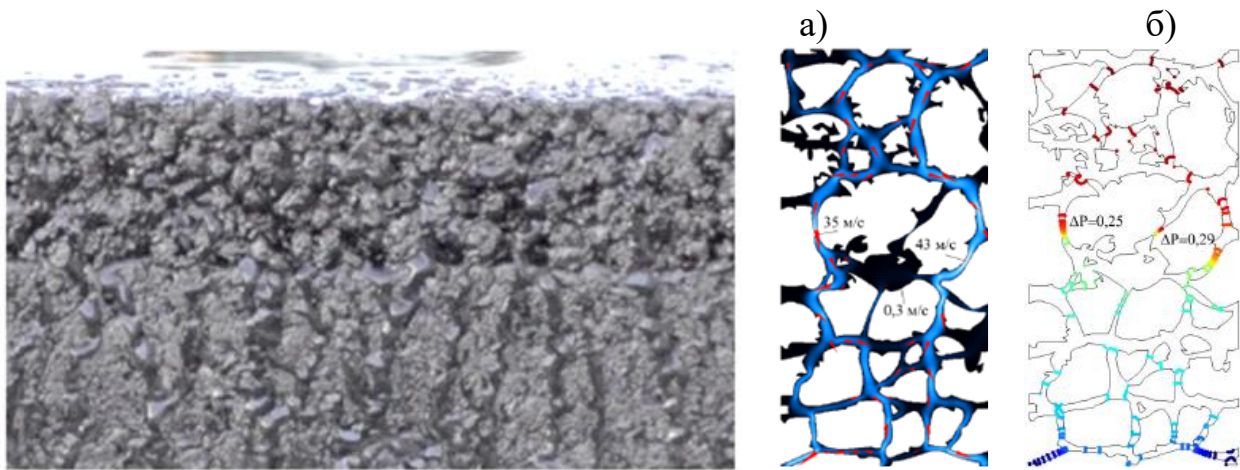
Це різноманіття підтримується і переходом води в міжфазний стан, а хімічні реакції і електроліти розширюють ці межі [6].

Вода послаблює внутрішні сили зчеплення, призводить до хімічного процесу суфозії, розчиняє мінеральну компоненту матеріалу покриття, сприяє вимиванню бітуму. Рух уздовж пір підсилює розчинність під дією зовнішньої сили, яка присутня при впливі автомобілів.

Інший механізм зносу відбувається при зниженні температури до межі в 10-12 °С, знос стає крихким і вплив динамічних сил призводить до відриву поверхневих частинок, знос збільшується. Зростання вологи, особливо поверхневої, не дозволяє мінеральним компонентам реінтегруватися, назад в бітумну матрицю. Ці компоненти несуться динамічними потоками води, які формуються пневматиками коліс транспортних засобів (рис. 4).

З ростом температури до 35-50 °С знос асфальтобетону збільшується, а в присутності води йде розвиток капсул, в яких на початковому етапі знаходяться мінеральна частинка і вода. Надалі вода випаровується, створюючи пористу структуру малої глибини. При подальшому підвищенні температури поверхні асфальтобетону характерні для зносу руйнування структури частково переходять в пластичні деформації, і можна спостерігати пластичне просідання і часткове винесення бітумних або полімерних матеріалів шинами автомобілів.

Окремою категорією, небезпечною для асфальтобетонних покриттів, є стан при температурі від 0 °С до плюс 10 °С, в поєднанні з надмірним водонасиченням поверхневого шару знос може зрости в 1,2 рази. Це можна пояснити розвиненою, сіткою мікротріщин, розколів і адгезивних відривів мінеральних часток від органічного в'язучого. (рис. 5) Напруження в покритті стають пов'язаними зі стисненням матеріалу при його охолодженні.



а) швидкість всередині структури б) тиск в каналах пір і мікротріщин
Рисунок 5 – Структура асфальтобетонного покриття з мікропорами, що руйнується

З аналізу досліджень взаємодії колеса автомобіля з верхнім шаром покриття дороги і фізичних процесів, які виникають при цьому можна зробити наступні висновки:

1. Вода переміщується в шарі покриття як в результаті випаровування, наявності явища капілярності, так і під дією температури поверхні дорожнього покриття, що демонструється процесами суфозії. Динамічний вплив води у верхньому шарі асфальтобетонного покриття має незворотний характер.

2. Облік всіх факторів, що призводять до руйнування покриття з утворенням залишкових деформацій і незворотних змін, вимагає не тільки визначення пластичної деформації матеріалу покриття і прогину дорожньої конструкції, але і дослідження зносу поверхні дороги, включаючи її вологий стан, як окремий фізичний процес.

Література.

1. Транспортно-експлуатаційні якості автомобільних доріг та міських вулиць : навчальний посібник / Кашканов А. А., Кашканов В. А., Кужель В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 113 с.
2. Губа В. В. Фактори, які впливають на зчипні якості дорожніх покриттів. Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. 2008. № 2(7). С 94-98.
3. Klimont, Z., Cofala, J., Bertok, I., Amann, M., Heyes, C., Gyarfas, F. «Modelling particulate emissions in Europe – a framework to estimate reduction potential and control costs», IIASA Interim Report IR-02-076. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. 2001.
4. Kupiainen, K., Tervahattu, H., Räsänen, M. Experimental studies about the impact of traction sand on urban road dust composition. Science of the Total Environment. 2003. Vol. 308. Pp. 175-184.
5. Otravový dorozhnyj metodický dokument. Rekomendacii po vyjaveniju i odstraněniu kolej na nezhestkih dorozhnyh odezhdah: utv. gos. sluzhboj dor. hoz-va m-va tr. RF 24.06.02. M : Informavtodor, 2002. 180 p.
6. Аквапланирование, или глиссирование, автомобиля на мокром покрытии: веб-сайт. URL: https://bstudy.net/645097/tehnika/akvaplanirovanie_glissirovanie_avtomobilya_mokrom_pokrytii. (дата звернення: 26.03.2022).