and kind of a structural concept of the designs of composite steel and concrete grid-cable shells were described.

Keywords: structure, cable, slab, bar, grid, arch, beam, shell.

Стаття надійшла до редакції у березні 2016р.

УДК 620.179.118:625.8(045)

Скрипченко О.В.[10], *аспірант*
Краюшкіна К.В., к.т.н., доцент
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ КАМ'ЯНОГО МАТЕРІАЛУ НА ПОВЕРХНІ ПОКРИТТЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

В сучасному науковому світі велика увага приділяється вивченню та розробці емпіричних методів визначення факторів, що впливають на процес зносу покриття автомобільної дороги. Окрему частину в теорії взаємодії колеса автомобільного транспорту із покриттям автомобільної дороги представляє вивчення плями контакту, а саме параметрів, що впливають на її геометричні характеристики, а внаслідок і на зчіпні характеристики в цілому. Існує ряд конструктивних факторів, що впливають на розмір плями контакту – тиск усередині шини, тип малюнку протектора, а також швидкість руху транспортного засобу. Для визначення плями контакту необхідне моделювання максимально наближеної до реальності поверхні автомобільної дороги.

Ключові слова: коефіцієнт зчеплення, кам'яний матеріал, протектор, шорсткість.

Аналіз досліджень коефіцієнту зчеплення [1] показує що на його величину впливають характеристики дорожнього покриття (текстура, шорсткість, матеріал), погодні умови, властивості шин, навантаження на вісь, типи та режими руху автомобілів, геометричні параметри та рівність проїзної частини.

---

[10] ©Скрипченко О.В., Краюшкіна К.В.

Мар’яхін Л.Г. [2], Haritonovs et al. [3], Sivilevicius [4], довели, що характеристика дорожнього покриття є найбільш важливим показником, що впливає на зміну коефіцієнта зчеплення. Найбільш це помітно в зимових умовах, коли стан покриття та його зчіпні якості різко погіршуються під впливом погодно-кліматичних умов.

У процесі експлуатації дороги величини мікро- і макрошорсткості покриття поступово зменшуються, що призводить до зменшення величини коефіцієнта зчеплення [5]. На ступінь зменшення, особливо в перший рік роботи покриття, істотно впливає початкова висота макронерівностей і розмір щебеню. Якщо забезпечено досить високу макрошорсткість, то зниження коефіцієнта зчеплення невелике.

При зносі макрошорсткості дорожнього покриття відбувається зміна форми виступів матеріалу, щебінь переорієнтується в просторі, а його верхня частина стає округлою.

Шліфування зерен щебеню сприяє зниженню величини коефіцієнта зчеплення, яка стабілізуючись, досягає свого мінімального значення і далі не змінюється, а визначається тільки мікрошорсткість кам'яного матеріалу.

Одночасно зі шліфуванням відбувається і зворотний процес – вивітрювання, який особливо посилюється в зимовий період. У результаті дії комплексу погодно-кліматичних факторів у кам'яному матеріалі виникають мікротріщини, які поступово збільшуються і призводять до руйнування його поверхневого шару. У зв'язку з цим на дорогах з невисокою інтенсивністю руху поверхня покриття досить довго зберігає необхідну мікрошорсткість. При значному транспортному потоці процес шліфування за інтенсивністю значно перевищує процес вивітрювання.

У результаті багаторічних спостережень за традиційними асфальтобетонним покриттям Немчиновим, Косаревим встановлено залежність динаміки зміни коефіцієнта зчеплення від мікро- і макрошорсткості покриття, яка, в свою чергу, залежить від

інтенсивності і складу транспортного потоку. Загальна закономірність зміни шорсткості покриття представлена у вигляді:

$$R(t) = a \cdot e^{-b} N_p + c, \quad (1)$$

де $R(t)$ – середня висота макрошорсткості, мм;

N_p – кількість автомобілів, що проїзжає;

a, b, c – коефіцієнти, що залежать від розміру щебеню, твердості покриття та складу транспортного потоку.

Ця залежність може бути використана для порівняння динаміки зміни коефіцієнта зчеплення асфальтобетонних покриттів [5].

У ряді досліджень [3] узагальнені дані про зв'язок коефіцієнта зчеплення з показниками поліруємості кам'яних матеріалів, отримані в результаті спостережень за роботою дорожніх покриттів. Встановлено досить тісний кореляційний зв'язок між ними. Однак у тих випадках, коли діапазон розкиду показника поліруємості для якого-небудь матеріалу відносно не великий, цей зв'язок виявився слабким. Крім того, для деяких видів гірських порід (наприклад, кварцитів і ряду інших) відзначено значну відмінність показників кореляційного зв'язку (показника поліруємості і коефіцієнта зчеплення) від середніх значень для решти гірських порід. Все це свідчить, що показник поліруємості каменю далеко не універсальний показник ймовірних зчіпних якостей дорожніх покриттів.

Кам’яний матеріал має свої геометричні параметри, від яких залежить яким чином він буде зорієнтований на поверхні автомобільної дороги, на скільки лещадною чи наближеною до ідеальної буде форма. При урахуванні геометричних характеристик кам’яного матеріалу окрему модель щебеню можна інтегрувати в модель поверхні автомобільної дороги та визначити площу дотику протектора шини до часток кам’яного матеріалу.

В результаті збільшення нерівностей макрошорсткості

відбувається не тільки кількісна, а й якісна зміна деформації протектора гуми, то доцільним є використання для моделювання щебеню фракцій 5 та 10 – при великій висоті нерівності вже не втискаються в гуму, а шина перекочується по них.

Враховуючи використання щебеню фракцій 5 та 10, можна змоделювати різноманітну форму кам'яного матеріалу. Приймемо трикутну форму щебеню, в який вписане коло. Враховуючи, що поступово частки кам'яного матеріалу стираються під дією постійного руху транспорту радіус при вершині виступів постійно буде наближатись до розрахункового (рис. 1).

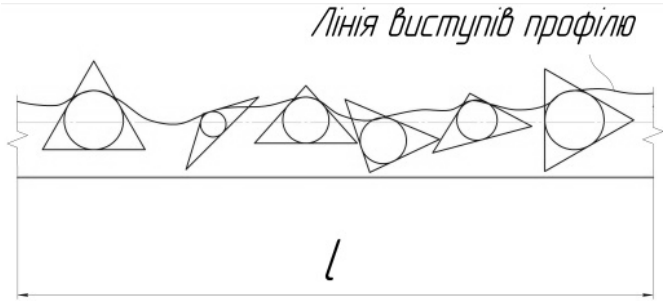
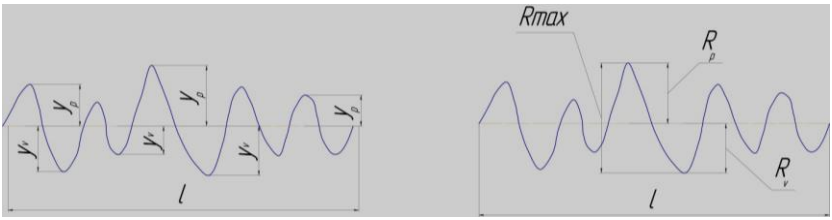


рис.1. Лінія профілю шорсткої поверхні автомобільної дороги

Найбільший радіус при вершині нерівностей кам'яного матеріалу спостерігається в щебеню найбільш наближеного до правильної трикутної форми. До того ж щебінь, що наближується до критичної лещадності, в разі його горизонтального положення може бути перекритий зверху іншим щебенем, або може бути поламаний по довжині вже під час укладання та ущільнення.

Надалі максимальну величину радіусу при вершинах нерівностей можна замінити величиною висоти нерівностей профілю. Як було вказано вище, чим більше часу експлуатується автомобільна дорога тим більше стирається кам'яний матеріал та тим більше величина радіусу наближується до розрахункової, а також лінія профілю шорсткої поверхні проходить плавно по точках вписаних кіл у трикутні моделі кам'яного матеріалу.



а) б)

рис.2. а) висоти виступів та впадин лінії профілю,
б) найбільша висота нерівностей профілю

Для визначення середнього значення висоти нерівностей профілю необхідно абсолютних висот профілю необхідна сума п’яти найбільших виступів профілю і глибин п’яти найбільших впадин профіля в межах базової довжини (рис 2).

Маючи величини висоти нерівностей профілю для кам’яного матеріалу фракції 5-10 можна розрахувати середнє значення висоти нерівностей по десяти точках R_z. Також розрахуємо середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю R_a, середнє квадратичне значення відхилень профілю R_q та середнє значення параметру шорсткості $\overline{P}$:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^{5}|y_{pi}| + \sum_{i=1}^{5}|y_{vi}|}{5}, \qquad (2)$$

де y_{pi} – висота і-того найбільшого виступу профілю;

y_{vi} – глибина і-тої найбільшої впадини профіля

$$R_a = \frac{1}{l}\int_0^l |y(x)|\,dx \qquad (3)$$

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l y^2(x)dx} \quad (4)$$

Таким чином, отримавши результати середнього значення висоти нерівностей для щебеню заданої фракції, маючи ці дані можна перейти до розрахунку площі контакту протектору шини з поверхнею проїзної частини, оскільки величина площі контакту зв'язана з висотою нерівностей, а таким чином з величиною та формою кам'яного матеріалу (рис 3).

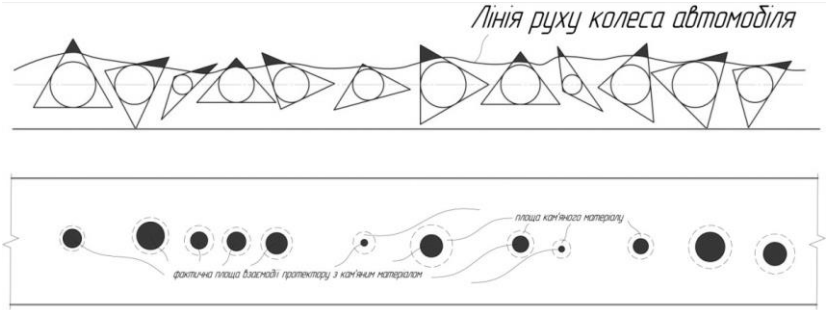


рис.3. Схема відбитку протектору шини на поверхні проїзної частини

Для розрахунку безпосередньої площі контакту, необхідно зробити перехід від двомірної трикутної моделі кам'яного матеріалу до тривимірної моделі. Найефективнішим та найпростішим, на мій погляд, є перехід до пірамідальної форми, оскільки зберігаються всі геометричні характеристики трикутної форми. Як видно з рисунку 2, для визначення фактичної площі торкання піраміда матиме усічений вигляд.

Отриманий масив площ контакту щебеню з протектором шини можна порівняти з натурними спостереженнями щебеню заданої фракції, де методом коп'ютерного зору було розраховано фактичні площі контакту (рис. 4).

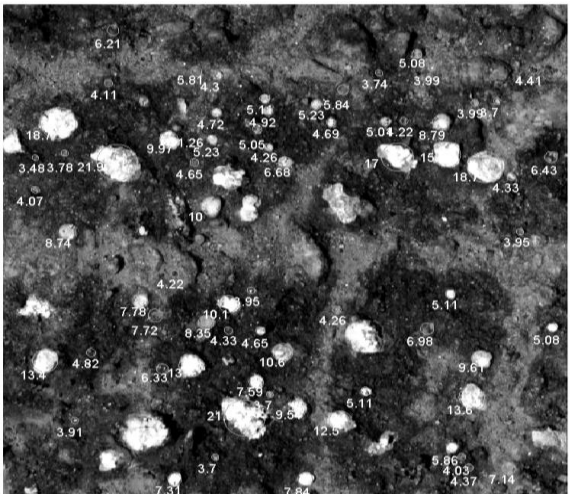


рис. 4 Фактичні площі контакту

Порівняння розрахункових та натурних площ контакту показує, що використання трикутної та пірамідальної моделей щебеню дає змогу визначити точну площу контакту шини з кам’яним матеріалом. Моделювання дає змогу визначити загальну картину розподілу площ контакту, в той час як метод комп’ютерного зору не відкидає найменші площі контакту, які можна віднести до мікрошорсткості та не приймати до розрахунку.

Для точної оцінки стану дорожнього покриття необхідно вдаватися до більш точних математичних методів оцінки реального стану покриття автомобільної дороги. При цьому, треба зважати на сучасні шини і можливий стан покриття, наприклад, наявність бруду, дорожнього пилу та іншого. Моделювання кам’яного матеріалу на поверхні автомобільної дороги та метод комп'ютерного зору дозволяє максимально точно оцінити реальну площу контакту шини з поверхнею дорожнього покриття та забезпечити необхідну шорсткість при будівництві нових шарів дорожнього одягу.

Список використаних джерел

1. Кочетков А.В. Шероховатые поверхности: нормирование, проектирование и устройство / А. В. Кочетков, П. С. Суслиганов. // Автомобильные дороги. – 2005. – №1. – С. 54–56.
2. Марьяхин Л.Г. Состояние поверхностной обработки при различных температурах воздуха / Л.Г. Марьяхин. // Аннотация докладов IX научно- исследовательской конференции МАДИ. – М.: МАДИ, 1971. – 17 с.
3. Haritonovs. V., Smirnovs, J.; Naudžuns, J. 2010. Prediction of rutting formation in asphalt concrete pavement, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering 5(1): 38-42 p.
4. Sivilevicius, H. 2011. Application of expert evaluation method to determine the importance of operating asphalt mixing plant quality criteria and rank correlation, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering 6(1): 48–58.
5. Балабин И.В. Шины и работа автомобиля / И.В. Балабин, А.А. Логунов, А.М. Ракляр. – М.: НИИАвтопром, 1973. – 95 с

Аннотация

В современном научном мире большое внимание уделяется изучению и разработке эмпирических методов определения факторов, влияющих на процесс износа покрытия автомобильной дороги. Отдельную часть в теории взаимодействия колеса автомобильного транспорта с покрытием автомобильной дороги представляет изучение пятна контакта, а именно параметров, влияющих на его геометрические характеристики, а в результате и на сцепные характеристики в целом. Существует ряд конструктивных факторов, влияющих на размер пятна контакта – давление внутри шины, тип рисунка протектора, а также скорость движения транспортного средства. Для определения параметров пятна контакта необходимо моделирование максимально приближенной к реальности поверхности автомобильной дороги.

Ключевые слова: коэффициент сцепления, каменный материал, протектор, шероховатость.

Abstract

In the modern scientific world pays great attention to studying and developing empirical methods for determining the factors that influence the process of deterioration road surface. A separate part of the theory of interaction between wheel truck transports from road surface to study the

contact, namely the parameters affecting its geometric characteristics. There are a number of structural factors that influence the size of the contact - pressure inside the tire tread type and speed of the vehicle. To determine the contact necessary simulation as close to reality road surface.

Keywords: friction coefficient, stone material, protector, roughness.

Стаття надійшла до редакції у березні 2016р.

УДК 656.11

Степанчук О.В.[11], *к.т.н., доц.,*
Степанчук С.О., *студент*
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ОЦІНКА КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

Проведений аналіз закордонних та вітчизняних наукових праць щодо оцінки основних критеріїв стану вулично-дорожньої мережі міста. Розглянуті критерії оцінки ефективності функціонування ВДМ.

Ключові слова: критерії ефективності, ефективність функціонування, вулично-дорожня мережа, пропускна спроможність, транспортний потік.

Актуальність проблеми. Основним завданням вулично-дорожньої мережі (ВДМ) є забезпечення якісних і безпечних умов транспортного і пішохідного переміщення для населення міста. Для забезпечення цих потреб необхідно ВДМ і всю транспортну систему міста привести до оптимального стану, що характеризується відповідністю транспортної мережі об’ємам перевезень. Проблема удосконалення методів, які дозволяють покращити умови функціонування ВДМ, є досить складною, тому що дорожній рух має безліч параметрів та велику кількість критеріїв, а параметри дорожнього руху носять імовірнісний

[11] ©Степанчук О.В., Степанчук С.О.