

ПІДВИЩЕННЯ КОЛІЄСТІЙКОСТІ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНИХ ОДЯГІВ ЗА РАХУНОК УКРІПЛЕННЯ ГРУНТІВ ОСНОВИ

Гаркуша М.В., аспірант

Національний транспортний університет (м. Київ)

Вступ

Утворення колії може відбуватись внаслідок впливу різних факторів: конструктивні – недостатня міцність дорожньої конструкції, накопичення залишкових деформацій у ґрунті земляного полотна, дроблення і доуцільнення щебневих шарів основи, пластичні деформації в асфальтобетонних шарах; технологічні – неоднорідності при виготовленні та укладанні асфальтобетонної суміші, недостатнє зчеплення між асфальтобетонними шарами покриття, недостатнє зчеплення між асфальтобетонним покриттям з основою, недостатнє ущільнення основи та асфальтобетонних шарів покриття; матеріалознавчі – застосування матеріалів з недостатньою стійкістю до накопичення залишкових деформацій матеріалів шарів основи та покриття конструкцій дорожнього одягу, а також низькі вимоги до фізико-механічних властивостей дорожньо-будівельних матеріалів і особливо бітумного в'язучого, мінеральних матеріалів, асфальтобетонної суміші та асфальтобетону [1].

Залежно від кліматичних умов, транспортних навантажень, матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу може переважати один з перерахованих вище факторів утворення колії або їх поєднання (рис.1, 2).

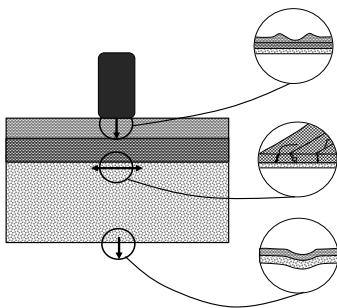


Рисунок 1. – Деформація дорожнього одягу при навантаженні автомобіля

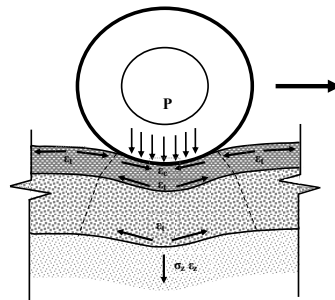


Рисунок 2. - Деформація та напруження дорожнього одягу при виборі розрахункової схеми

З метою забезпечення колієстійкості асфальтобетонного покриття необхідно дотримуватись контролю якості всіх процесів при зведенні шарів дорожнього одягу, зокрема, при ущільненні не допускати температурної сегрегації суміші, що призводить до не доущільнення асфальтобетону, здійснювати контроль кожної складової дорожнього одягу, не допускаючи дробимості зерен кам'яного матеріалу.

Підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття рекомендується забезпечувати за рахунок застосування комплексу заходів направлених на підвищення стійкості до накопичення залишкових деформацій матеріалу покриття (шляхом диференційованого вибору типів, видів і марок асфальтобетонів у відповідності з умовами і кліматичними особливостями України), підвищенням жорсткості, міцності і стабільності ґрунту земляного полотна та шарів основи, а також забезпечення необхідного зчеплення між шарами [2].

Дослідження в напрямку підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу за рахунок укріплення ґрунтів є актуальним, а також недостатньо вивченим, що підтверджує необхідність проведення досліджень.

Робота нежорсткого дорожнього одягу з урахуванням укріплення ґрунтів основи

Для прогнозування колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу з урахуванням укріплення основи можна застосувати декілька теорій міцності. Одні теорії потребують спеціальних методів визначення міцнісних характеристик матеріалів, інші обходяться традиційними характеристиками чи їх модифікаціями.

Сучасні методи розрахунку нежорстких дорожніх одягів базуються на результатах наукових досліджень напружено-деформованого та граничного стану конструктивних шарів, властивостей матеріалів дорожнього одягу і ґрунту земляного полотна відомих вітчизняних вчених: В.Ф. Бабкова, О.Т.Батракова, О.К. Біруля, А.М.Богуславського, А.Г. Булавка, М.І. Волкова, Л.Б. Гезенцева, Г.І. Глушкова, К.Є. Єгорова, М.М. Іванова, Б.І. Когана, М.Б. Корсунського, А.М. Кривіського, О.В. Марчука, О.Ю.Мерзликіна, С.І.Міховича, В.В. Мозгового, В.Г. Піскунова, А.К.Приварнікова, Б.С.Радовського, Р.М. Раппопорт, О.О. Рассказова, А.В. Руденського, А.О. Сая, С.І. Сіденка, В.С. Сіпетова, А.С.Супруна, Г.К. Сьонї, К.С. Теренецького, В.С. Титаря, К.К. Туроверова, П.І. Теляєва, Л.І. Федоренко, Ю.А. Шевлякова, О.Я. Шехтера, та закордоні вчені: W.Alkaswneh, A.K. Appea, P. Andren, J.A. Bay, R. Belt, J. Bruinsma, E.O. Lukanen, B.B. Guzina, M.A. Kestler, B. Pidwerbesky, B.C. Steinert та ін.

Проведені дослідження дозволили створити декілька аналітично-розрахункових апаратів, що дозволяють виконувати розрахунки напружено-деформованого стану шарів дорожнього одягу, використовуючи їх деформаційні характеристики.

Однак існуючі на даний час теоретичні та експериментальні дослідження носять розрізнений характер.

Теоретичні й експериментальні дослідження показали, що в більшості випадків міцність нежорсткого дорожнього одягу досить повно може бути охарактеризована величиною її пружного прогину під навантаженням. Прогин, виміряний на поверхні дорожнього покриття, є найбільш інформативним показником загального стану дорожнього одягу, тому що він ще й характеризує зсувні і розтягуючі напруження в шарах нежорсткого дорожнього одягу. Широкому використанню як показник міцності дорожнього одягу величини пружного прогину сприяло й те, що цей показник досить просто визначати в польових умовах [3-5].

Основний показник міцності – модуль пружності E визначається по величині прогину l з використанням залежності:

$$E = \frac{pD}{l}(1 - \mu^2), \quad (1)$$

де p – питомий тиск штампа в зоні контакту з покриттям; D – діаметр штампа; l – величина вимірюваного пружного прогину; μ – коефіцієнт Пуассона.

Конструкція дорожнього одягу в цілому задовольняє вимоги міцності та надійності по величині пружного прогину:

$$E_{\text{зад}} \geq E_{\text{min}} \cdot K_i^r, \quad (2)$$

де $E_{\text{зад}}$ – загальний розрахунковий модуль пружності дорожньої конструкції, МПа; E_{min} – мінімальний необхідний загальний модуль пружності конструкції, МПа; K_i^n – потрібний коефіцієнт міцності дорожньої конструкції за критерієм пружного прогину, приймається в залежності від необхідного рівня надійності.

В монолітних шарах дорожнього одягу (з асфальтобетону, матеріалів та ґрунтів, укріплених чи стабілізованих комплексними, органічними або неорганічними в'язучими речовинами, та ін.) виникаючи при прогині дорожнього одягу напруження під дією повторних короткотривалих навантажень не повинні протягом заданого терміну служби

призводити до виникнення тріщин від втоми руйнування [4]. Для цього повинна виконуватися умова:

$$\sigma_r = \frac{R_N}{K_i^i}, \quad (3)$$

де K_m^n – потрібний коефіцієнт міцності дорожньої конструкції в залежності від необхідного рівня надійності; R_N – міцність матеріалу шару на розтяг при згині з урахуванням втоми; σ_r – найбільше розтягуючі напруження в шарі, що знаходиться розрахунком.

При використанні укріплення ґрунтів основи дорожнього одягу важливо знати, чи працює дорожня конструкція в стадії пружних деформацій. Для цього був виконаний розрахунок дорожнього одягу методом теорії пружності з використанням рішення Р.М. Раппопорта та К. К. Туроверова [2, 5]. Для визначення пружного осідання використовуємо вираз:

$$\omega_i = \frac{(1 + \mu)p\beta H}{E} \int_0^\infty \frac{F(\alpha, \eta, \mu, E)}{\alpha} I_0(\alpha\rho) I_1(\alpha\beta) d\alpha \quad (4)$$

де: ω_i - осідання в i -м шарі, м; F – функція, що залежить від пружних констант E (модуля пружності), μ (коефіцієнта Пуассона), знаходження шару в конструкції, в котрій знаходиться осідання та параметри інтегрування α ; $I_0(\alpha\rho)$, $I_1(\alpha\beta)$ - функція Бесселя відповідно нульового і першого порядків, першого роду; p - тиск від колеса на поверхні покриття, МПа

$$\eta = \frac{z}{H}, \quad \beta = \frac{D}{2H}, \quad \rho = \frac{r}{H} \quad (5)$$

де D – діаметр відбитку колеса, м; r, z – координати; H – загальна товщина всіх шарів;

Знаючи товщину всіх конструкційних шарів дорожнього одягу, враховуємо осідання в кожному шарі дорожньої конструкції численним інтегруванням. Функція F знаходиться з граничних умов на поверхні.

Виконаний порівняльний аналіз набутих значень осідань по залежностях проф. М.Б. Корсунського. При виведенні формул проф. М.Б.Корсунським було прийняте, що при $z=0$: а) зміщення основи і верхнього шару збігаються; б) на поверхні контакту основи і верхнього шару відсутня тертя; при $z=\infty$ горизонтальні і вертикальні зсуви відсутні, тобто тут не враховується власна вертикальна деформація верхньо-

го шару і вплив дотичної напруги на поверхні контакту верхнього шару і напівпростору.

Для нежорсткого дорожнього одягу, що працює в стадії пружних деформацій, осідання можна вирахувати по залежності М.Б. Корсунського [2-3].

За теорію М.Б. Корсунського вертикальне зміщення:

$$\omega_r = \omega_1 \left[\frac{1}{1 + \frac{1}{\pi} \left(n \cdot \arctg \frac{D}{h_e} \right)^2} + 0.05n \cdot \arctg \frac{D}{h_e} \right], \quad (6)$$

$$h_e = 1.1 \cdot h \cdot \sqrt{\frac{E_2}{E_1}}, \quad (7)$$

де ω_r – вертикальне зміщення основи покриття; ω_1 – вертикальне зміщення по осі навантаження; h_e – товщина еквівалентного шару.

Величина $n = \frac{r}{R}$ являє собою відстань від осі діючого навантаження, вираженого в долях від радіуса навантаженого кола.

При $\frac{h_e}{D} < 0,5$ вертикальне зміщення по осі навантаження, що в даному випадку знаходиться за формулою:

$$\omega_1 = \frac{2qR}{E_1} \left[1 - \frac{2}{\pi} \arctg \left(\frac{h_e}{D} \right)^2 \right], \quad (8)$$

при $\frac{h_e}{D} \geq 0,5$

$$\omega_1 = \frac{2qR}{E_1} \left[1 - \frac{2}{\pi} \arctg \left(\frac{h_e}{D} \right) \right], \quad (9)$$

де q – інтенсивність рівномірного розподілу навантаження по площі кола радіуса R .

Даний наближений метод визначення вертикальних зміщень дорожнього одягу наведений у вигляді простих та доступних для практичного використання формул. Визначення значень вертикальних осідань по методу М.Б. Корсунського та Р.М. Раппопорта мають однаковий порядок.

За допомогою *Microsoft Office Excell* можна отримати рішення рівняння М.Б. Корсунського [6].

Залежність осідання конструкції дорожнього одягу з урахуванням укріплення основи ω , мм від величини n (рис. 3):

$$n = \frac{r}{R}, \quad (10)$$

де r – відстань від точки прикладання зосередженої сили до розглядуваної точки; R – радіус кола, по площі якого розподілено рівномірне навантаження

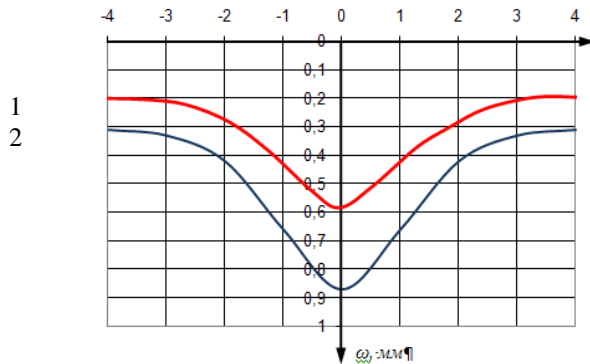


Рисунок 3. Графік залежності осідання ω , мм від $n = \frac{r}{R}$:

1 – конструкція нежорсткого дорожнього одягу з укріпленням ґрунту основи (супісок пілуватий) 5 % портландцементу М400; 2 – конструкція нежорсткого дорожнього одягу без укріплення ґрунту основи

Осідання вираховано для точок, що знаходяться на відстані від осі діючого навантаження, рівних $r=R$; $r=2R$; $r=3R$; $r=4R$, при цьому характеризуючи систему, що володіє певним значенням показника $\frac{h_e}{D}$.

Висновок

Для забезпечення колієстійкості при проектуванні дорожнього одягу необхідно керуватися головними принципами:

а) конструкція дорожнього одягу в цілому повинні задовольняти транспортно-експлуатаційні вимоги, які ставляться до дороги певної категорії з очікуваним у перспективі складом й інтенсивністю руху, з урахуванням зміни інтенсивності протягом заданих міжремонтних термінів і передбачуваних умов ремонту й утримання;

б) конструкція одягу може бути прийнята типовою чи розроблена індивідуально для кожної ділянки або ряду ділянок дороги, що характеризуються подібними природними умовами (грунт робочого шару земляного полотна, умови його зволоження, клімат, забезпеченість місцевими дорожньо-будівельними матеріалами і т. ін.) з однаковими розрахунковими навантаженнями;

в) конструкція повинна бути технологічною й забезпечувати можливість максимальної механізації й автоматизації дорожньо-будівельних процесів. Для досягнення цієї мети кількість шарів і видів матеріалів у конструкції повинна бути мінімальною;

г) покриття і верхні шари основи повинні відповідати проектним навантаженням і бути водо-, морозо- і термостійкими, а також мати найкращі деформаційні якості і теплофізичні властивості.

SUMMARY

In clause of foresees research of change evenness of travelling coverage and formation of track under an action repeatedly of the repeated transport loadings, development of method of prognostication of depth of track on the travelling clothes of non-rigid type and ground of recommendations on its limitation.

Література

1. ДБН В.2.3-4:2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво
2. Корсунский М.Б. Оценка прочности дорог с нежесткими одеждами. - М., : Транспорт, 1966, - 152 с.
3. Корсунский М.Б. О критериях предельного состояния нежестких дорожных одежд, предназначенных для работы в упругой стадии. - В кн.: Труды Всесоюзной конференции по вопросам прочности дорожных одежд. - Харьков, 1961, с.41-49.
4. Радовский Б,С. Теоретические основы конструирования и расчета нежестких дорожных одежд на воздействие подвижных нагрузок. - диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. - Киев, 1982, - 535 с.
5. Коганзон М.С., Яковлев Ю.М. Работоспособность дорожных одежд нежесткого типа. -М., 1985. 51 с.
6. Оруджова О.Н. Прочностные испытания автомобильных лесовозных дорог с нежесткими покрытиями // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Часть 1: материалы VI международной научно-технической конференции. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2010. – С.344 – 347.