

ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 625.7/.8

Мішутін А.В., д-р тех. наук., Лещук О.М.

ПІДВИЩЕННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ТА ДЕФОРМАТИВНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. В статті запропоновано модель поведінки асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації від моменту закінчення капітального ремонту за кожним із критеріїв граничного стану описується зміною коефіцієнту запасу міцності, який залежить від зміни характеристик жорсткості та міцності всієї конструкції у часі. Також з метою підвищення довговічності покриття автомобільних доріг запропоновані матеріалознавчі, конструктивні та експлуатаційні заходи.

Ключові слова: асфальтобетонне покриття, конструкція дорожнього одягу, тріщиностійкість, деформативність, навантаження, транспортний засіб, температура.

УДК 625.7/.8

Мишутин А.В., д-р тех. наук., Лещук О.Н.

ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Аннотация. В статье предложена модель поведения асфальтобетонного покрытия конструкции дорожной одежды при эксплуатации с момента окончания капитального ремонта по каждому из критериев предельного состояния описывается изменением коэффициента запаса прочности, который зависит от изменения характеристик жесткости и прочности всей конструкции во времени. Также с целью повышения долговечности покрытия автомобильных

дорозь предложены материаловедческие, конструктивные и эксплуатационные мероприятия.

Ключевые слова: асфальтобетонное покрытие, конструкция дорожной одежды, трещиностойкость, деформативность, нагрузки, транспортное средство, температура.

UDC 625.7/.8

Mishutin A., Dr. Tech. Sci., Leschuk O.

STRENGTHENESS AND DEFORMATION OF ASPHALT COVERED COVERING OF AUTOMOTIVE ROADS INCREASING

Abstract. In the article the model of the behavior of asphalt concrete covering of the design of road clothes during operation from the moment of the completion of major repairs for each of the criteria of the boundary condition is described by changing the coefficient of strength, which depends on changes in the characteristics of rigidity and strength of the entire structure in time. Also, in order to increase the durability of road coverage, material, design and operational measures are proposed.

Key words: asphalt concrete coating, road surface design, crack resistance, deformability, load, vehicle, temperature.

Вступ

В останні роки у транспортних потоках на автомобільних дорогах збільшилася інтенсивність руху та значно зросла доля великовантажних транспортних засобів із збільшеною кількістю осей та загальною вантажопідйомністю, а також підвищеним тиском у пневматиках. На такі підвищені параметри транспортного навантаження існуюча мережа автомобільних доріг України не була розрахована, що стало одним із вагомих факторів зменшення їх довговічності. Основною проблемою стану автомобільних доріг загального користування є: скрутний фінансовий стан та постійне недофінансування дорожнього господарства протягом останніх років; 70 – 80 % автомобільних доріг побудовані у 60 – 70 роках ХХ – століття під тогочасні навантаження та нормативні документи; збільшенням інтенсивності та великовагових транспортних засобів понад 90% автомобільних доріг загального

користування потребують проведення ремонтних робіт. Тому кошти, що виділяються щорічно на ремонтно-будівельні роботи згідно Закону України «Про Державний бюджет України» і охоплюють лише 1 – 1,5% від загальної мережі доріг України першочергово спрямовуються на ремонтні роботи з відновлення та покращення експлуатаційних якостей доріг і на заходи з підвищення безпеки дорожнього руху. Тому актуальність роботи полягає у підвищенні тріщиностійкості та деформативності асфальтобетонного покриття автомобільних доріг.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існуючі сучасні методи розрахунку конструкцій дорожнього одягу базуються на результатах дослідження напружено-деформованого стану шарів відомих вітчизняних вчених: О.К. Біруля, А.Г. Булавка, І.П. Гамеляк, К.Є. Єгорова, М.М. Іванова, Б.І. Когана, М.Б. Корсунського, А.М. Кривиського, О.В. Марчука, С.І. Міховича, В.Г. Піскунова, А.К. Приварнікова, Б.С. Радовського, Р.М. Раппопорта, О.О. Рассказова, В.Я. Савенка, В.С. Сіпетова, К.С. Теренецького, Л.І. Федоренко, Ю.А. Шевлякова, О.Я. Шехтера, та зарубіжних вчених: Бурмістера, Джонса, Мергера, Шифмане та ін [1, 2].

Аналіз проведених досліджень створено аналітично-розрахункового апарату, що дозволяє виконувати розрахунки напружено-деформованого стану покриття та шарів дорожнього одягу, використовуючи деформаційні характеристики і граничні стани конструкції дорожнього одягу значною мірою залежать від термореологічних властивостей матеріалів дорожнього одягу і ґрунту земляного полотна, що відображають вплив часу дії навантаження за різних температур. Питанням урахування таких властивостей матеріалів займалися В.Ф. Бабков, О.Т. Батраков, А.М. Богуславський, М.І. Волков, Л.Б. Гезенцвей, Г.І. Глушков, М.М. Дмитрієв, О.О. Жуков, Д.В. Єрмакович, В.К. Жданюк, В.О. Золотарьов, О.Ю. Мерзлікін, В.В. Мозговий, Є.Д. Прусенко, А.М. Онищенко, А.В. Руденський, А.О. Саль, С.І. Сіденко, В.В. Смолянець, А.С. Супрун, П.І. Теляєв, В.С. Титарь, Н.Я. Хархута та ін. [1-13]. Підвищенням тріщиностійкості та деформативності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг, присвячені розробці нових підходів з надважким навантаженням проводяться в ряді Європейських країн, зокрема в Німеччині та в США. Серед нових підходів - використання полімер модифікованих бітумів при влаштуванні нижніх шарів асфальтобетонного покриття [1. 4, 5, 13, 14], також вітчизняні дослідження, особливу увагу

звертають на термореологічну поведінку асфальтобетонного покриття, а також шарів дорожнього одягу та ґрунту земляного полотна, які реагує на швидкість руху та час дії навантаження. Безпосередньо на основі таких досліджень було показано, що для основи під асфальтобетонне покриття застосовувати шари із матеріалів що мають меншу термореологічну чутливість [3, 6]. На сьогоднішній день в Європі і в США на найбільш завантажених трасах, як правило, застосовуються такі конструкції дорожніх покриттів, що забезпечують високу стійкість до колієутворення, в тому числі від впливу шипів покришок (абразивний знос).

Існуючі нормативні документи з розрахунку конструкцій дорожнього одягу на міцність і дослідження, що направлені на визначення напружено стану конструкції дорожнього одягу при розрахунках їх на міцність, містять суттєві спрощення в моделюванні параметрів транспортного навантаження та моделюванні роботи конструкції дорожнього одягу при дії навантажень. Застосування спрощень були цілком оправданим кроком для минулих часів у зв'язку з суттєвою громіздкістю аналітичних рішень та впливом значної кількості факторів, що обумовлюють достовірність визначення параметрів напружено-деформованого стану конструкції дорожнього одягу і складністю отримання чисельних результатів із-за малопотужної комп'ютерної техніки.

Неточності, які були з цим пов'язані, компенсувались емпіричними коефіцієнтами, що встановлювались на основі масового обстеження автомобільних доріг у відповідних кліматичних та гідрогеологічних умовах. Нинішня зміна параметрів транспортного навантаження не може бути в достатній мірі відображена і врахована в існуючих розробках для забезпечення достовірного визначення напружено-деформованого стану дорожнього одягу. Тому є доцільним дослідити поведінку асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації сучасних транспортних засобів від моменту закінчення капітального ремонту за кожним із критеріїв граничного стану, що описується зміною коефіцієнту запасу міцності, який залежить від зміни характеристик жорсткості та міцності всієї конструкції у часі.

Формулювання цілей (постановка завдання). Основним завданням даної роботи є підвищення тріщиностійкості та деформативності асфальтобетонного покриття конструкцій дорожнього одягу автомобільних доріг під час експлуатації транспортних засобів з різним часом дії навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Асфальтобетонне покриття конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу, що влаштоване під час капітального ремонту на конкретному об'єкті автомобільної дороги, яка розраховується згідно вимог [15]. Даний нормативний документ передбачає виконання розрахунків на нормативний термін служби, згідно «Порядку проведення ремонту та утримання об'єктів благоустрою населених пунктів», затвердженого наказом Державного комітету України з питань житлово-комунального господарства від 23 вересня 2003 року № 154, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 12 лютого 2004 року за № 189/8788. Основні положення розрахунку дорожнього одягу за [15] дозволяють розробити модель поведінки конструкції дорожнього одягу за критеріями граничного стану під час експлуатації, що полягає в наступному. Конструкції дорожнього одягу, як і інші будівельні конструкції, розраховують за трьома критеріями граничного стану. Згідно вимог [15] критеріями граничного стану дорожніх одягів є: пружній прогин конструкції; опір зсуву у шарах із мало зв'язних матеріалів та в ґрунті земляного полотна; опір розтягу при згині шарів із монолітних матеріалів. За допустимим пружним прогином виконують попереднє конструювання дорожнього одягу, який потім розраховують за двома іншими критеріями граничного стану. Методично доцільно дотримуватися наступної послідовності розрахунку: – виконати розрахунок дорожнього одягу за допустимим пружним прогином. Розрахунок виконують на основі залежності необхідного загального модуля конструкції від розрахункової інтенсивності руху. У результаті цього розрахунку визначаються товщини конструктивних шарів таким чином, щоб загальний модуль пружності дорожнього одягу був не меншим за необхідний, з урахуванням відповідного коефіцієнта надійності – виконати розрахунок отриманої конструкції дорожнього одягу за двома незалежними критеріями міцності: опором зсуву в ґрунті і шарах з мало зв'язних матеріалів і міцності шарів з монолітних матеріалів при згині. Конструкція дорожнього одягу вважається міцною, якщо коефіцієнт міцності $K_{\text{мц}}$ за кожним із критеріїв більший чи дорівнює мінімально допустимому $[K_{\text{мц}}]$, знайденому з урахуванням необхідного рівня надійності. Якщо хоча б один із критеріїв є меншим від мінімально допустимого значення, тобто $K_{\text{мц}} < [K_{\text{мц}}]$ то така конструкція не є достатньо міцною і не може бути застосована. Тому представлена, модель поведінки конструкції дорожнього одягу під час експлуатації від моменту

закінчення капітального ремонту за кожним із критеріїв граничного стану описується зміною коефіцієнту запасу міцності, який залежить від зміни характеристик жорсткості та міцності всієї конструкції у часі.

Пропонується модель оцінки міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу за критеріями граничного стану під час експлуатації транспортних засобів. Для забезпечення міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм загального модуля пружності його зміна у часі буде залежати від зміни його у часі $E(t)_{заг}$ та від зміни $E_{нотр}(\sum N(t))$ [14] за умовою:

$$K_{мц} \leq \Pi_{мц}^E, \quad (1)$$

де $K_{мц}$ – коефіцієнт міцності дорожнього одягу, приймається згідно [15] і залежить від допустимого рівня надійності;

$\Pi_{мц}^E$ – показник міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм загального модуля пружності його зміна у часі буде залежати від зміни його у часі за виразом (2).

$$\Pi_{мц}^E = \frac{E_{заг}(t)}{E_{нотр}(\sum N(t))}, \quad (2)$$

де $E_{заг}(t)$ – загальний модуль пружності конструкції залежить від часу дії навантаження;

$E_{нотр}(\sum N(t))$ – потрібний модуль пружності конструкції з урахуванням капітальності одягу, типу покриття й інтенсивності дії навантаження.

У кінці строку служби цей показник ($\Pi_{мц}^E$) повинен становити не менше 1,50.

Для забезпечення деформативності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм стійкості (3) проти зсуву в ґрунті та шарах із незв'язних матеріалів його зміна у часі буде залежати від зміни його у часі $T_{сп}(t)$ та від зміни $T(\sum N(t))$ [14] за умовою:

$$K_{мц} \leq P_{мц}^{ep}, \quad (3)$$

де $P_{мц}^{ep}$ – показник деформативності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації проти зсуву в ґрунті та шарах із незв’язних матеріалів зміна у часі за визначається за виразом (4).

$$P_{мц}^{ep} = \frac{T_{ep}(t)}{T(\sum N(t))}, \quad (4)$$

де $T_{ep}(t)$ – гранична величина активного напруження зсуву, перевищення якої викликає порушення міцності на зсув і залежить від зміни його у часі;

$T(\sum N(t))$ – розрахункове активне напруження зсуву (частина зсувного напруження, непогашена внутрішнім тертям) в розрахунковій (найбільш небезпечній) точці конструкції від діючого тимчасового навантаження і залежить від зміни його у часі;

У кінці терміну служби цей показник ($P_{мц}^{ep}$) повинен становити не менше 1,51.

Для забезпечення тріщиностійкості асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм міцності монолітних шарів на розтяг при згині його зміна у часі буде залежати від зміни його у часі $R_{32}(t)$ та від зміни $\sigma(\sum N(t))$ [3, 4, 14] за умовою:

$$K_{мц} \leq P_{мц}^{32}, \quad (5)$$

де $P_{мц}^{32}$ - показник тріщиностійкості асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм міцності монолітних шарів на розтяг при згині його зміна у часі визначається за виразом (4).

$$P_{мц}^{32} = \frac{R_{32}(t)}{\sigma(\sum N(t))}, \quad (6)$$

де $R_{32}(t)$ – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з урахуванням втомних явищ від дії розрахункового циклічного навантаження з тривалістю дії t , МПа;

$\sigma(\sum N(t))$ – найбільше напруження розтягуюче в асфальтобетонному шарі при тривалості дії навантаження, МПа.

У кінці строку служби цей показник ($\Pi_{мц}^{32}$) повинен становити не менше 1,39.

Пропонується оцінювати залишковий ресурс асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації з урахуванням запропонованих критеріїв (1, 3, 5) та терміну експлуатації за умовами:

$$K_{мц} < Z_{рес}^E \quad (7)$$

$$K_{мц} < Z_{рес}^{2p} \quad (8)$$

$$K_{мц} < Z_{рес}^{32} \quad (9)$$

де $Z_{рес}^E$ – показник залишкового ресурсу змінюється від коефіцієнта запасу міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу за критеріями пружного прогину в залежності від терміну експлуатації T , (10);

$Z_{рес}^{2p}$ – показник залишкового ресурсу змінюється від коефіцієнту запасу міцності за критерієм стійкості асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу проти зсуву у ґрунті від терміну експлуатації T , (11);

$Z_{рес}^{32}$ – показник залишкового ресурсу змінюється від коефіцієнту запасу міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу за критеріями міцності на розтяг при згині монолітних шарів в залежності від терміну експлуатації T , (12).

$$Z_{рес}^E = A \cdot \Pi_{мц}^E e^{-a \cdot T} \quad (10)$$

$$Z_{рес}^{2p} = B \cdot \Pi_{мц}^{2p} e^{-b \cdot T} \quad (11)$$

$$Z_{рес}^{32} = C \cdot \Pi_{мц}^{32} e^{-c \cdot T} \quad (12)$$

де A, a, B, b, C, c – параметри апроксимації.

Висновки

На асфальтобетонне покриття конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг в період експлуатації діє багато факторів, які суттєво впливають на тріщиностійкість та деформативність. Все це призводить до завчасного утворення тріщин та незворотних пластичних деформацій у вигляді колії на покритті автомобільних доріг. Тому для вирішення таких проблем необхідно враховувати наступні заходи:

Матеріалознавчі: проектувати зернові склади асфальтобетонів з урахуванням верхніх та нижніх шарів розташування в конструкції дорожнього одягу з підвищеною тріщиностійкістю та деформативністю за показником колієстійкості [16] та температурної тріщиностійкості [4]; для уникнення сегрегації в асфальтобетонних сумішах, яка виникає у процесі зберігання, транспортування та ущільненні рекомендовано використовувати перевантажувачі [1].

Конструктивні: проектувати дорожнє покриття на вулицях і дорогах відповідно до складу і характеру руху з відповідним часом дії навантаження транспортних засобів; забезпечити жорсткість та міцність шарів під асфальтобетонним покриттям; мінімально допустима товщина шару покриття із ЩМА повинна становити три максимальних розміри зерна асфальтобетонної суміші; забезпечити міцне зчеплення між асфальтобетонними шарами; для підвищення тріщиностійкості та деформативності асфальтобетонного покриття у їх складі необхідно використовувати бітуми модифіковані полімерами та адгезивами, а також застосовувати їх як верхніх так і у нижніх шарах.

Експлуатаційні: оцінка залишкового ресурсу міцності асфальтобетонного покриття конструкцій дорожнього одягу автомобільних доріг під час експлуатації від моменту закінчення капітального ремонту за кожним із критеріїв граничного стану, що описується зміною коефіцієнту запасу міцності (7-9), який залежить від зміни характеристик жорсткості та міцності всієї конструкції у часі.

Література

1. Радовский Б. С. Управление состоянием дорожных одежд.// Автомобильные дороги –Изд. «Дороги», Москва: 2013. –№. 04 (977). – С. 67 -74.
2. Радовский Б.С., Телтаев Б.Б. Вязкоупругие характеристики битума и их оценка по стандартным показателям. – Алматы: «Білім», 2013. – 152 с

- 3.Бесараб О.М. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження: Дис. канд. техн. наук: 05.22.11. – К. – 2003. – С. 142.
- 4.Смолянець В. В. Удосконалення проектування асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу в умовах міст : Дис. канд. техн. наук: 05.22.11. – К. – 2005. – С. 108.
- 5.Жуков О.О. Існуючі підходи до застосування шарів зносу при будівництві та ремонті автомобільних доріг / Бесараб О.М., Онищенко А.М., Жуков О.О. // Вестник ХНАДУ – 2006. - №34-35. – С. 32 – 37
- 6.Мозговой В.В., Мозговая Л.А., Прудкий А.В., Куцман А.М., Баран С.А. Мозговой А.В. Совершенствование проектирования асфальтобетонных слоев усиления Автомобильные дороги и мосты. – 2008. - №2. с. 16-20.
- 7.Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 - К., 1996 – 406 с.
- 8.Мозговой В.В., Бесараб О.М. Вплив поверхневих горизонтальних розтягуючих напружень на тріщиностійкість асфальтобетонних шарів дорожнього одягу з урахуванням розподілу проїздів коліс по ширині проїзної частини // Вісник НТУ, ТАУ. - 2001. - № 5.-С. 86-90
- 9.Гамеляк І.П., Островерхий О.Г. Чисельний аналіз напружено-деформованого стану тонкошарових покриттів дорожнього одягу // Автомоб. дороги і дор. буд-во.- 2001. - Вип. 61.-С. 118-126.
- 10.Гамеляк І.П., Даценко В.М. Забезпечення надійності конструкції дорожнього одягу за несною здатністю при капітальному ремонті та реконструкції.// Автошляховик України, 2015. –№ 5 (247). – С. 40 – 43
- 11.Богомолов В.О., Жданюк В.К., Богомолов С.В., Щодо критеріїв міцності для дорожніх одягів нежорсткого типу.// Автошляховик України, 2011. –№ 5 (2237). – С. 29 – 33.
- 12.Талах С. М., Дубик О. М., Лисницька К. М. Чисельний розрахунок напружено-деформованого стану нежорстких дорожніх одягів, відновлених за технологією холодного ресайклінгу./ Scientific Journal «ScienceRise» №1/2(30)2017 С. 31-38
- 13.Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. // Под общ. ред. Золотарьев В.А.// Всемирная дорожная ассоциация. Харьков: ХНАДУ. – 2003. – С. 229.
- 14.Радовский Б..С. Концепция вечных дорожных одежд // Дорожная техника. Каталог-справочник 2011. С. 120.132.
- 15.ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу. Відомчі будівельні норми України. Київ: Державна служба автомобільних доріг України «УКРАВТОДОР», 2004. – 71.
- 16.Онищенко А. М. Проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби./ Онищенко А. М.// Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Methodology of Modern Research» : Международное периодическое научное издание. - 2017. - № 4(20), Vol.2. – Dubai, «WORLD SCIENCE», UAE. – P. 32-35. - ISSN 2413-1032. Видання входить до наукометричних баз даних: Index Copernicus, eLIBRARY, РІНЦ, RSCI, Scholar Google, ORCID.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.
Марчук О.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Marchuk A.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **14.06.2017 р.**