

УДК 711.73:625.74

к.т.н, доцент Шилова Т.О.,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ МІСЬКОЇ БАГАТОСМУГОВОЇ МАГІСТРАЛІ

На конкретному прикладі аналізується можливість і особливості застосування існуючих нормативних документів для розрахунку дорожнього одягу міської багатосмугової магістралі.

Ключові слова: дорожній одяг, міська багатосмугова магістраль, критерії міцності

Останнім часом у зв'язку з різким збільшенням інтенсивності руху транспорту на магістралях всіх типів, появою нових матеріалів та дорожніх технологій стає неможливим застосування при будівництві та реконструкції вулиць старих, розрахованих ще за радянських часів, зразків конструкцій дорожнього одягу. До того ж потепління клімату додає дорожникам багато клопоту, призводячи до появи пластичних деформацій покриття доріг. Все це викликає необхідність проведення розрахунків дорожнього одягу на сучасних засадах, удосконалення методики розрахунків.

Наразі документом, який регламентує порядок розрахунку дорожнього одягу нежорсткого типу (найбільш поширеного в міських умовах) є ВБН В.2.3-218-186-2004 [3]. Але цей документ розроблений фахівцями-дорожниками і, звісно ж, повною мірою придатний саме для автомобільних доріг, хоча й передбачений умовний перехід від категорій автомобільних доріг загальної мережі до категорій міських доріг і вулиць, який здійснюється за табл. 1.

Таблиця 1

Умовний перехід від категорій автомобільних доріг загальної мережі до категорій міських вулиць і доріг

№ п/п	Категорія вулиць і доріг	Аналог категорій доріг загальної мережі
1	Магістральні дороги, магістральні вулиці загальноміського значення, дороги вантажного руху	I, II
2	Магістральні вулиці районного значення	II
3	Вулиці та дороги місцевого значення, дороги промислових і складських районів	III
4	Житлові вулиці та проїзди, селищні вулиці та дороги	IV, V

Нами була здійснена спроба застосування ВБН [3] для розрахунку дорожнього одягу міської багатосмугової магістралі, яка відрізняється від автомобільної дороги загальної мережі багатьма особливостями:

- значно більшою інтенсивністю руху;
- різноманітністю марок транспортних засобів, що представлені в транспортному потоці;
- наявністю масового пасажирського транспорту (не лише автобусів, а й тролейбусів);
- конструкцією дорожнього одягу та земляного полотна.

Згідно з рекомендаціями [3], автором був виконаний розрахунок дорожнього одягу магістралі просп. Перемоги в м. Києві, що є восьми смуговою магістраллю безперервного руху загальноміського значення.

В такому випадку для цієї магістралі (як і для автомобільної дороги Іа, Іб і ІІ категорій) за розрахункову схему навантаження конструкції дорожнього одягу приймаємо $A_1 = 115$ кН з розрахунковими параметрами: $p = 0,8$ МПа, $D = 34,5$ см.

Строк експлуатації дорожнього одягу – $T_{cl} = 11$ років (визначили залежно від категорії магістралі та інтенсивності руху).

Середньодобова перспективна кількість проїздів усіх коліс, що розміщені по один бік транспортного засобу в межах однієї смуги проїзної частини, приведена до розрахункового навантаження є приведеною розрахунковою інтенсивністю N_p (в одиницях на добу) дії навантаження:

$$N_p = f_{\text{смуги}} \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{m \text{ сум}} \quad (1)$$

де $f_{\text{смуги}}$ – коефіцієнт, що враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них, визначається за таблицею 2;

n – загальна кількість марок транспортних засобів у складі транспортного потоку;

N_m – кількість проїздів за добу в обох напрямках транспортних засобів i -ої марки;

$S_{m \text{ сум}}$ – сумарний коефіцієнт приведення дії на дорожній одяг транспортного засобу i -ої марки до розрахункового навантаження ($Q_{розр}$).

З табл.2, для прийнятої на перспективу кількості смуг руху на нашій магістралі – 8 в обох напрямках визначаємо $f_{\text{смуги}}$ для кожної з чотирьох смуг руху в одному напрямі: 0,30; 0,20; 0,05; 0,01.

Для того, щоби визначити інтенсивність руху транспортних потоків на нашій магістралі в перший рік служби дорожнього одягу, існуючу інтенсивність руху в одному напрямі множимо на 2 та враховуємо, що

інтенсивність руху в годину пік становить 8–12% від добової (приймаємо 10%), отже множимо її ще на 10. При розрахунках приведеної до розрахункового навантаження інтенсивності руху на магістралі важко було, користуючись [3], встановити коефіцієнти приведення різних типів транспортних засобів. Справа в тім, що у ВБН наведені ці коефіцієнти для застарілих марок автомобілів, та ще й зовсім не враховані засоби масового пасажирського транспорту (автобус, тролейбус), бо ці норми розроблялися для автомобільних доріг загальної мережі, де тролейбусів немає взагалі, а автобусів доволі мало. Для визначення коефіцієнтів приведення ми керувалися навантаженнями на вісь транспортних засобів міського транспорту, яке встановлювали за довідниками для поширених в даний час марок, та підшукували аналоги серед автомобілів, що містяться в табл. Додатку Ж [3].

Таблиця 2

Значення коефіцієнта, що враховує кількість смуг руху

Кількість смуг руху	Значення коефіцієнта $f_{смуги}$ для смуги за номером			
	1	2	3	4
1	1,00	–	–	–
2	0,55	–	–	–
3	0,50	0,50	–	–
4	0,50	0,80	–	–
6	0,35	0,20	0,05	–
8	0,30	0,20	0,05	0,01

Примітка 1. Порядковий номер смуги рахується справа по ходу руху в одному напрямку.

Примітка 2. Для розрахунку узбіч приймають $f_{смуги} = 0,01$.

Примітка 3. На перехрестях і підходах до них (у місцях перебудови автомобілів для здійснення лівих поворотів тощо) при розрахунках одягу в межах всіх смуг руху потрібно приймати, $f_{смуги} = 0,50$, якщо загальна кількість смуг проїзної частини проекрованої дороги більша, ніж три.

Ще однією важкою задачею було встановлення розподілу навантаження на дорожній одяг по смугах руху, бо, зрозуміло, що транспортні засоби міського транспорту, легкові та вантажні автомобілі різної вантажопідйомності значно відрізняються за швидкостями руху, а, отже, й за динамічними габаритами. Для врахування цього факту на основі даних натурних досліджень нами було прийнято такі припущення щодо того, які саме види транспортних засобів займають відповідні смуги:

1-ша смуга (від краю проїзної частини) – автобуси (0,47038) і тролейбуси (1,11255);

2-га – автопоїзди (0,66037) та автомобілі вантажопідйомністю до 14 т (1,08124);

3-тя – автомобілі вантажопідйомністю від 2 до 5 т (0,11044) та від 5 до 8 т (0,4264);

4-та – легкові (0,00084) та автомобілі вантажопідйомністю до 2 т (0,00021).

В дужках наведені встановлені нами середні для даних типів транспортних засобів коефіцієнти приведення до навантаження 115 кН.

Визначаємо навантаження по смугах руху на нашій магістралі, беручи в розрахунок інтенсивність в фізичних одиницях в одному напрямі:

Просп. Перемоги

- від вул. О. Довженка – вул. В. Гетьмана до вул. Дегтярівська – вул.

М. Василенка

1-ша смуга – $188 \cdot 10^2 \cdot 0,47038 + 24 \cdot 10^2 \cdot 1,11255 = 2302,6$

2-га смуга – $24 \cdot 10^2 \cdot 0,66037 + 24 \cdot 10^2 \cdot 1,08124 = 836$

3-тя смуга – $156 \cdot 10^2 \cdot 0,11044 + 39 \cdot 10^2 \cdot 0,4264 = 677,2$

4-та смуга – $875 \cdot 10^2 \cdot 0,00084 + 156 \cdot 10^2 \cdot 0,00021 = 15,36$

$N_p = 0,3 \cdot 2302,6 + 0,2 \cdot 836 + 0,05 \cdot 677,2 + 0,01 \cdot 15,36 = 891,99$ один/добу

- від вул. Дегтярівська – вул. М. Василенка до вул. Щербакова

1-ша смуга – $195 \cdot 10^2 \cdot 0,47038 + 25 \cdot 10^2 \cdot 1,11255 = 2390,8$

2-га смуга – $25 \cdot 10^2 \cdot 0,66037 + 25 \cdot 10^2 \cdot 1,08124 = 870,8$

3-тя смуга – $163 \cdot 10^2 \cdot 0,11044 + 41 \cdot 10^2 \cdot 0,4264 = 709,6$

4-та смуга – $910 \cdot 10^2 \cdot 0,00084 + 244 \cdot 10^2 \cdot 0,00021 = 16,32$

$N_p = 0,3 \cdot 2390,8 + 0,2 \cdot 870,8 + 0,05 \cdot 709,6 + 0,01 \cdot 16,32 = 927,04$ один/добу

- від вул. Щербакова до вул. Депутатська – вул. Святошинська

1-ша смуга – $197 \cdot 10^2 \cdot 0,47038 + 25 \cdot 10^2 \cdot 1,11255 = 2409,6$

2-га смуга – $25 \cdot 10^2 \cdot 0,66037 + 25 \cdot 10^2 \cdot 1,08124 = 870,8$

3-тя смуга – $164 \cdot 10^2 \cdot 0,11044 + 41 \cdot 10^2 \cdot 0,4264 = 711,8$

4-та смуга – $918 \cdot 10^2 \cdot 0,00084 + 246 \cdot 10^2 \cdot 0,00021 = 16,45$

$N_p = 0,3 \cdot 2409,6 + 0,2 \cdot 870,8 + 0,05 \cdot 711,8 + 0,01 \cdot 16,45 = 932,79$ один/добу

- від вул. Депутатська – вул. Святошинська до просп. Академіка

Палладіна – Кільцева дорога

1-ша смуга – $194 \cdot 10^2 \cdot 0,47038 + 24 \cdot 10^2 \cdot 1,11255 = 2359,1$

2-га смуга – $24 \cdot 10^2 \cdot 0,66037 + 24 \cdot 10^2 \cdot 1,08124 = 836$

3-тя смуга – $161 \cdot 10^2 \cdot 0,11044 + 41 \cdot 10^2 \cdot 0,4264 = 705,25$

4-та смуга – $902 \cdot 10^2 \cdot 0,00084 + 241 \cdot 10^2 \cdot 0,00021 = 16,16$

$N_p = 0,3 \cdot 2359,1 + 0,2 \cdot 836 + 0,05 \cdot 705,25 + 0,01 \cdot 16,16 = 910,35$ один/добу.

Визначаємо сумарну кількість прикладень навантаження за строк служби за формулою :

$$\sum N_p = 0,7 \times N_p \frac{K_c}{q^{(T_{сл}-1)}} T_{рдр} \cdot K_n \quad (2)$$

де n – кількість марок автомобілів;

N_{Im} – середньодобова інтенсивність руху в обох напрямках автомобілів i -ї марки в перший рік служби, один./д;

T_{pdp} — кількість розрахункових діб за рік, відповідно до стану деформативності конструкції, за таблицею 6 [3];

K_n — коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується, за таблицею 7 [3];

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою:

$$K_c = \frac{q^{T_{cl}} - 1}{q - 1} \quad (3)$$

де T_{cl} – розрахунковий строк служби (приймається відповідно до ВБН Г.1-218-050);

q – показник змін інтенсивності руху даного типу автомобіля за роками; встановлюється за результатами техніко-економічних вишукувань або за іншими даними (може змінюватися від 0,80 до 1,10).

$K_c = 11,0$ (табл. 9 [3] при інтерполяції сусідніх значень для терміну служби між капітальними ремонтами 11 років як для автомобільної дороги I категорії з інтенсивністю руху понад 10000 од/добу), $T_{pdp} = 135$ днів (таблиця 6 [3] для м. Києва, що знаходиться в дорожньо-кліматичній зоні У-II), $K_n = 1,49$ (табл. 7 [3]).

Просп. Перемоги

- від вул. О. Довженка – вул. В. Гетьмана до вул. Дегтярівська – вул.

М. Василенка

$$\sum N_p = 0,7 \times 891,99 \frac{11,0}{1,0^{(11-1)}} 135 \cdot 1,49 = 1381563,1 \text{ один.}$$

- від вул. Дегтярівська – вул. М. Василенка до вул. Щербакова

$$\sum N_p = 0,7 \times 927,04 \frac{11,0}{1,0^{(11-1)}} 135 \cdot 1,49 = 1435850,5 \text{ один.}$$

- від вул. Щербакова до вул. Депутатська – вул. Святошинська

$$\sum N_p = 0,7 \times 932,79 \frac{11,0}{1,0^{(11-1)}} 135 \cdot 1,49 = 1444756,4 \text{ один.}$$

- від вул. Депутатська – вул. Святошинська до просп. Академіка

Палладіна – Кільцева дорога

$$\sum N_p = 0,7 \times 910,35 \frac{11,0}{1,0^{(11-1)}} 135 \cdot 1,49 = 1410000,1 \text{ один.}$$

Попередньо призначаємо конструкцію та значення розрахункових параметрів:

- для розрахунку за допустимим пружним прогином – додаток 3 таблиця ДЗ.1, додаток 4, таблиці Д4.2, Д4.4 та Д4.5 [3];

- для розрахунку за умовою зсувостійкості – додаток 3 таблиці ДЗ.1 та ДЗ.2, додаток 4, таблиці Д4.2, Д4.4 та Д4.5[3];

- для розрахунку на опір монолітних шарів руйнуванню від розтягу при згині – додаток 4, таблиця Д4.1. [3].

Отримані дані зводимо у табл. 3.

Таблиця 3.

**Характеристики матеріалів у прийнятій конструкції
дорожнього одягу**

№ з/п	Матеріал шару	h шару, см	Розрахунок за					
			пружним прогином, E, МПа	опором зсуву, E, МПа	опором розтягу при згині			
					E, МПа	R _{лаб} , МПа	m	K _{np}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД-60/90	5	3200	1800	4500	9,8	5,5	4,0
2	Асфальтобетон пористий на бітумі БНД-60/90	7	2000	1200	2800	8,0	4,3	8,2
3	Асфальтобетон високо-пористий на бітумі БНД-60/90	14	2000	1200	2100	5,8	4,0	9,3
4	Щебінь маломіцних порід і відходи каменедроблення, укріплені комплексними в'язучими	26	420	420	420	–	–	–
5	Пісок середньої крупності	20	120	120	120	–	–	–
6	Суглинок легкий пилюватий з W _p = 0,6 W _T	–	77	77	77	–	–	–

Розрахунок дорожнього одягу згідно з ВБН [3] за всіма критеріями міцності:

а) опір пружному прогину всієї конструкції (за допустимим прогином або допустимим модулем пружності);

б) опір зсуву в ґрунтах і шарах з малозв'язних матеріалів (за допустимими напруженнями зсуву);

в) опір шарів з монолітних матеріалів розтягу при згині і на стиск у верхньому поясі (допустимі напруження на розтяг та стиск при згині) для міської та заміської магістралі не мав помітних особливостей, хіба що величини

інтенсивності руху на міській магістралі були значно більшими. Як свідчить розрахунок, вибрана конструкція відповідає всім критеріям міцності. Була також проведена перевірка конструкції дорожнього одягу на морозостійкість, яка показала, що забезпечений необхідний запас за цим критерієм.

Отже, спроба застосування ВБН В.2.3-218-186-2004 для розрахунку дорожнього одягу для міської магістралі безперервного руху з вісьмома смугами руху виявилася цілком вдалою. Труднощі нас спіткали лише на етапі збирання навантаження для розрахунку. Тут є великі недоробки в нормативному документі стосовно врахування сучасних марок автомобілів та транспортних засобів масового пасажирського транспорту, відсутності рекомендацій щодо розподілу транспортних засобів по смугах руху. Усунення цих недоробок значно полегшило б користування ВБН для розрахунку дорожнього одягу на магістралях різних типів та категорій.

Література

1. ДБН В.2.3-5-2001. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. – К.: Держбуд України, 2001. – 50 с.
2. ДБН В.2.3-4-2000. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. К.: Держбуд України, 2000. – 117с.
3. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. – К.: Укравтодор, 2004. – 151с.
4. Інженерне обладнання та облаштування вулиць: навчальний посібник у 2-х ч. – Ч. 1 / М.М. Осетрін, Т.О. Шилова, П.П. Чередніченко. – К.: КНУБА, 2011. – 96с.
5. Інженерне обладнання та облаштування вулиць: навчальний посібник у 2-х ч. – Ч. 2 / М.М. Осетрін, Т.О. Шилова, П.П. Чередніченко. – К.: КНУБА, 2012. – 96с.
6. Конструювання та розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу: методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проектів/ Уклад.: М.М. Осетрін, Т.О. Шилова, П.П. Чередніченко. – К.: КНУБА, 2013. – 60с.

Аннотація

На конкретном прикладі аналізується можливість і особливості застосування існуючих нормативних документів для розрахунку дорожнього одягу міської багатополюсної магістралі.

Ключевые слова: дорожная одежда, городская многополосная магистраль, критерии прочности.

Summary

The possibility and features of using an existing building standards for the calculation of a pavement of multilane urban highway were analyzed with a specific example.

Key words: road pavement, multilane urban highway, strength criteria.