

УДК 625.8

Н.В.Павленко

**Харківський національний автомобільно-дорожній університет
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ЗА
КРИТЕРІЯМИ МІЦНОСТІ**

Розглянуті порядок та особливості розрахунку дорожніх одягів за критеріями міцності (зсув в ґрунтах земляного полотна та незв'язних шарах конструкцій) за різними методиками розрахунку, проведено аналіз результатів та представлені основні рекомендації.

Ключові слова: дорожній одяг, розрахунок на міцність, шари конструкції коефіцієнти міцності.

Рис 1. Табл 2. Форм. 3. Літ 7.

Н.В.Павленко

**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО КРИТЕРИМ
ПРОЧНОСТИ**

Рассмотрены порядок и особенности расчета дорожных одежд по критериям прочности (сдвиг в ґрунтах земляного полотна и несвязных слоях конструкций) по различным методикам расчета, проведен анализ результатов и представлены основные рекомендации.

Ключевые слова: дорожная одежда, расчет на прочность, слои конструкции коэффициенты прочности.

N.Pavlenko

**FEATURES CALCULATION NONRIGID PAVEMENTS ON STRENGTH
CRITERIA**

The calculation procedure and especially on pavements strength criteria (a shift in the soil subgrade and unbound layers structures) by different methods of calculation, analyzed the results and presents the main recommendations.

Keywords: pavement, strength calculation, the layers of design factors of safety.

Постановка проблеми. Порядок розрахунку нежорстких дорожніх одягів регламентується низкою національних стандартів України [1,2]. Необхідно звернути увагу на інструктивний лист УКРАВТОДОРу №2\92-10-671 від 22 березня 2006 року (лист УНТП), яким рекомендовано приймати при розрахунках фіксовані значення низки коефіцієнтів. Введення цих поправок дозволяє оптимізувати конструкцію дорожнього одягу за критеріями міцності. Аналіз нормативних документів вказав на необхідність проведення розрахунків конструкцій з різною вологістю ґрунтів та різними типів ґрунтів, як за БН В.2.3-218-186 2004 [2] у первісному вигляді, так і з урахуванням інструктивного листа УНТП (Управління науково-технічної політики Укравтодор). Для додаткового порівняння конструкції розраховували за ліцензованою програмою RADON RU. Брали до уваги той факт, що при однакових рівнях надійності дорожнього одягу коефіцієнти запасу міцності в Українських нормах інші. Метою цих порівнянь було встановити як вплинули запропоновані зміни на результати конструювання і розрахунку дорожніх одягів.

Аналіз досліджень. Перш за все слід відзначити, що з урахуванням змін УНТП конструкції стали більш реальними і економічними. Це був результат допущених методичних і математичних помилок у вихідних залежностях.

Якщо проаналізувати результати розрахунків різними методами, то приходимо до наступних висновків:

- розраховані за різними але принципово узгодженими методами розрахунку нежорстких дорожніх показали, що конструкції мають однаковий рівень надійності;
- це свідчить про те, що запропоновані поправки УНТП дійсно, в основному, узгодили і виправили спірні питання, отримані конструкції з багатьох параметрів є більш оптимальними;
- остається не до кінця узгоджене питання міцності на зсув піщаних шарів і ґрунтів, це потребує додаткових розрахунків з урахуванням існуючих рекомендацій.

Таким чином, структурно - логічну схему конструювання і розрахунку нежорстких дорожніх одягів для включення в альбом типових конструкцій можна представити наступною блок-схемою (рисунк 1

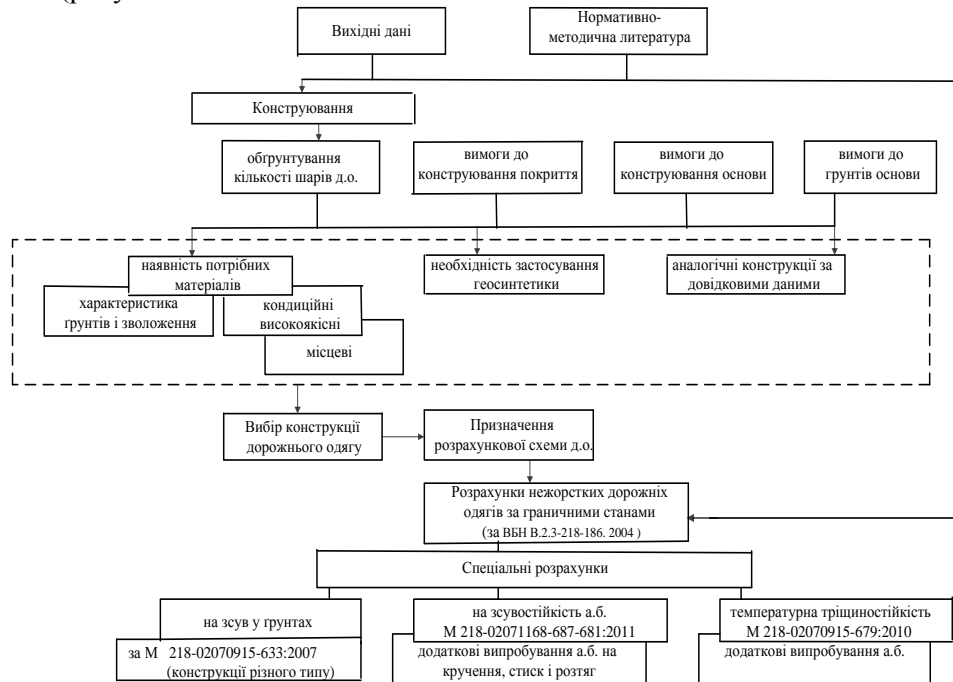


Рис. 1. Структурно - логічна схема розрахунку дорожніх одягів

Слід звернути увагу на наступні особливості розрахунку: в Російській методиці (ОДН 218.046-01) [3] часто розрахунки по допустимому пружному прогину і розрахунки за критеріями міцності не співпадають. Це є наслідком недостатнього узгодження пружного прогину і міцностних характеристик конструкції при розрахунковому навантаженні гр. A_1 (115 кН). Для розрахункового навантаження 115 кН пружній прогин, в теперішній час, не слід приймати як розрахунковий критерій, а залишити його як параметр контролю відповідності влаштованого дорожнього одягу проектним параметрам для забезпечення необхідної рівності покриття. Крім того, практика розрахунків дорожніх одягів за критеріями міцності показала, що фактичні модулі пружності конструкції набагато перебільшують нормативні коефіцієнти запасу міцності по пружному прогину при мінімальних при цьому допустимих коефіцієнтах запасу міцності на зсув і розтяг при згині.

Основні результати дослідження. При розрахунках міцності на зсув ґрунтів або проміжних шарів дорожнього одягу приймають найбільш небезпечне сполучення фізико-механічних і пружних характеристик матеріалів шарів, які визначають при високій розрахунковій вологості, яка залежить від типу місцевості за характером зволоження, дорожньо-кліматичного району, типу нижнього шару дорожнього одягу (щільний шар або пористий);

У номограмі по визначенню активних напружень зсуву використовується величина кута внутрішнього тертя. Розраховуючи конструкцію дорожнього одягу за діючими нормами по ВБН з урахування поправки УНТП приймаємо, що циклічність прикладення навантаження відсутня, рекомендовано у формулах:

$$c_N = c \cdot k_{NC}, \quad \phi_N = \phi \cdot k_{N\phi}, \quad (1)$$

де коефіцієнт k_N приймати рівним 1.

При розрахунках за такими показниками отримуємо для пісків, супісків та для легких суглинків, що зменшення величини C не суттєво вплине на кінцевий результат запасу міцності, так як більш суттєво іде зміна в показниках активних напружень зсуву за номограмою. Однак

при несприятливих умовах для зв'язних ґрунтів (глина, суглинок важкий), при суттєвому зволоженні в межах 0,8W вплив наявності коефіцієнту k_N досить суттєвий для показника C , в цьому випадку в таких матеріалах кут внутрішнього тертя по природнім умовам дуже малий, тому цей показник зчеплення дасть нам падіння утримуючих напружень аж в 3 рази.

В сильно перезволожених слабо фільтруючих ґрунтах опір повторювальним навантаженням знижується більш інтенсивно, в результаті чого при невеликій інтенсивності руху виникає зсув. При порівнянні зсувових характеристик бачимо, що при збільшеній вологості зменшуються величини зчеплення та кута внутрішнього тертя. При накладанні цих факторів бачимо, що ґрунти з більшим коефіцієнтом фільтрації здатні краще сприймати прикладене навантаження. Це означає, що при інтенсивному русі важких транспортних засобів та підвищеній вологості краще працюють супіщані та піщані шари, а при благоприємних умовах та недозволожених ґрунтах - зв'язні ґрунти - суглинок, глина.

Окрім діючих нормативів по розрахунку конструкцій на міцність можна користуватися методикою [4]. Оскільки там розрахунок на зсув має принципово іншу схему та тиск колеса на поверхню становить 0,7 МПа, вирішено проаналізувати для порівняння розрахунку на зсувостійкість ґрунтів основи по різним нормативним документам.

Було у ВБН В.2.3-218-186 [2]: граничне активне напруження зсуву T_{ep} в ґрунті робочого шару (чи в піщаному матеріалі проміжного шару) визначають за формулою:

$$T_{ep} = c_N k_\delta + 0,1 \gamma_{cp} z_{оп} \operatorname{tg}(\varphi_N), \quad (\text{допущена помилка}) \quad (2)$$

K_δ приймають рівним 1 згідно поправки УНТП та величина C_N та φ_{cm} лише при статичному навантаженні.

Стало: граничне активне напруження зсуву в ґрунті робочого шару визначають за формулою:

$$T_{ep} = k_\delta (C_N + 0,1 \gamma_{cp} z_i \operatorname{tg} \varphi_{cm}) \quad (3)$$

де K_δ – коефіцієнт, що враховує особливості роботи конструкції на межі піщаного шару (ґрунту) з нижнім шаром несучої основи;

K_δ приймають рівним за [4] в межах від 1.0 до 4.5.

Проаналізуємо результати розрахунків на міцність на зсув в ґрунтовій основі по обом розрахунковим схемам та отримаємо дані про їх доцільність у використанні, адже раціональність конструкції дорожнього одягу в межах діючих норм по запасу міцності має бути витримана [5].

Розглянемо розрахунок однієї і тієї самої конструкції, але на різних типах ґрунтової основи при зміні вологості. Типова конструкція наведена в таблиці 1

Виконуємо розрахунок активних та граничних напружень зсуву по обом методикам. В одному випадку врахуємо рекомендації УНТП до ВБН, тобто $K_\delta = 1$, k_{NC} і $k_{N\varphi} = 1$, тиск $p = 0,8$ МПа. В іншому випадку розрахунок виконуємо для граничних напружень по виправленій формулі з урахуванням усіх коефіцієнтів. Результати для різних розрахункових схем, різних ґрунтів основи та змінній вологості наведено у таблиці 2.

Таблиця 1.

Розрахункові характеристики матеріалів конструкції дорожнього одягу

№	Матеріал шару	h шару, см	Розрахунок за					
			пружним прогином E, МПа	опором зсуву, E, МПа	опором розтягу при згині			
					E, МПа	R _{лаб} , МПа	t	K _{пр}
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	10	28000	1200	2800	8,0	4,3	8,2
3	Чорний щебінь	10	900	900	900			
4	Щебінь маломіцних порід укріплений комплексним в'язучим	20	600	600	600	–	–	–
5	Укріплений матеріал ґрунтовий	25	250	250	250	–	–	–

Таблиця 2.

Результати розрахунків

Ґрунт	Модуль	вологість	$\bar{\tau}_H$	T _a	$\bar{\tau}_H$	T _a	Кміцності
Супісок	100	0,62	0,00944	0,0216	0,01372	0,02766	2,288/2,016
	69	0,75	0,00784	0,0168	0,01204	0,02085	2,14/1,73
	54	0,85	0,00816	0,0109	0,0105	0,0155	1,335/1,47
			ВБН+УНТП		МР		ВБН+УНТП/МР
Суглинок легкий	108	0,51	0,0096	0,0474	0,00819	0,0399	4,94/4,87
	77	0,6	0,00896	0,0299	0,0126	0,0254	3,34/2,02
	52	0,7	0,00864	0,0188	0,0118	0,01503	2,18/1,27
	25	0,87	0,00544	0,0091	0,0084	0,0066	1,68/0,78
		ВБН+УНТП		МР		ВБН+УНТП/МР	
Суглинок важкий	49	0,65	0,0084	0,0265	0,01141	0,02167	3,155/1,89
	38	0,7	0,0078	0,0198	0,0099	0,0145	2,54/1,46
	21	0,8	0,0064	0,0125	0,0081	0,0079	1,95/0,975
			ВБН+УНТП		МР		ВБН+УНТП/МР
глина	82	0,5	0,00936	0,0659	0,00875	0,0521	6,97/5,95
	34	0,65	0,00736	0,0277	0,0098	0,0218	3,76/2,22
	24	0,7	0,006	0,023	0,0077	0,01	3,83/1,29
	10	0,8	0,0048	0,0107	0,0049	0,0035	2,22/0,71
		ВБН+УНТП		МР		ВБН+УНТП/МР	

Висновок. При аналізі розрахунків для супісчастих ґрунтів отримуємо невеликі розбіжності по запасу міцності для розрахункових схем. При використанні обох методик розрахунку отримали потрібні запаси міцності. Але використання методики МР [4] дає знижені показники, що дозволить раціонально конструювати. І лише для незв'язних ґрунтів – супісків при збільшенні вологості розрахунки по МР дали більший запас міцності, адже ці ґрунти і ведуть себе краще в несприятливих умовах. А розрахунки для суглинків і глин мають дещо інші результати і поведінка їх різниться при використанні тих самих схем. Так, по методиці МР

[4] при використанні коефіцієнтів K_0 та K_N суттєво зменшуються показники зчеплення, а при великому зволоженні, що небезпечно для даного типу ґрунту дуже суттєво падає кут внутрішнього тертя, маємо дуже малі показники запасу міцності. Виділено в таблицях ті параметри, коли активні напруження зсуву в декілька разів перевищують такі ж самі напруження, але при статичному куті внутрішнього тертя. В цьому випадку використання методики ВБН [2] з поправкою УНТП є більш доцільним, а перезволоженні ґрунті не повинні бути використані в розрахункових схемах.

Якщо умова міцності на зсув не виконується, то потрібно переглянути конструкцію дорожнього одягу за такими напрямками:

- збільшити загальну товщину дорожнього одягу за рахунок збільшення товщини шарів з найбільш дешевих (з місцевих) матеріалів;

- замінити матеріал одного з шарів на більш жорсткий (більше E_i) тим самим збільшивши E_{cp} . Заміна слабого шару ґрунту або слабого за зсувостійкістю проміжного шару може бути здійснена наступним чином: для гравійних матеріалів і гравійно-піщаних сумішей результат дає заміна 30 % гравію на подрібнений гравій; обробка матеріалу шару органічними, мінеральними або комплексними в'язучими; для піщаних шарів необхідно застосувати піски більш крупної фракції; слабкий ґрунт земляного полотна (верхній шар) замінюють на більш зсувостійкий шар, товщиною не менше 15 см (за технологічними можливостями) [6-7]. Фактично вводиться додатковий шар конструкції, загальна товщина дорожнього одягу збільшується. Тим самим забезпечується необхідна зсувостійкість.

1. ДБН В.2.3-4-2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина Проектування. Частина 2 – Будівництво. – [Чинний від 2008-03-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – (Національний стандарт України).
2. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186 2004 – Офіц. вид – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004 – 176 с. – (Національний стандарт України).
3. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. – [Действителен от 2001-01-01]. – М.: ГУП «Союздорнии», 2001.
4. М 218-02070915-633:2007 Методика проектування дорожнього одягу з конструкціями різного типу. – Офіц. вид – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2007. – (Нормативний документ Державної служби автомобільних доріг України).
5. Телтаев Б.Б. Анализ расчетных значений модуля упругости асфальтобетона, Дорожная техника, 10. С.130-137.
6. Павленко Н.В. Усовершенствование расчета малосвязных материалов в конструкциях дорожных одежд переходного типа. Проблемы развития городской среды: Научно-технический сборник / К.:НАУ, 2012.- Вип.7. – С.177-181.
7. Павленко Н.В., Ряпухін В.М., Плевако В.П. Напружений і деформований стани дорожніх одягів перехідного типу з дискретних матеріалів // Науковий вісник будівництва / Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2008. – Вип.47. – С.161-171.

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014