

Н.О.Арсеньєва, В.М.Ряпухін

**Харківський національний автомобільно-дорожній університет
ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ НА ЗСУВ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ НЕЖОРСТКИХ
ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ЗА КРИТЕРІЄМ ПИСАРЕНКО-ЛЕБЕДЕВА – 2**

В статті наведено основні положення щодо визначення міцності на зсув асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів. В основу розрахунків положено теорія міцності Писаренко-Лебедева (друга). Особлива увага при розрахунках за прийнятою теорією міцності приділена впливу напружено-деформованого стану конструкції нежорстких дорожніх одягів та показникам міцності матеріалу на стиск і на розтяг. Пропонуються рекомендації по конструюванню нежорстких дорожніх одягів та їх перевірка за прийнятим критерієм.

Ключові слова: теорія міцності, нежорсткий дорожній одяг, напружено-деформований стан дорожньої конструкції, міцність на стиск, міцність на розтяг, міцність асфальтобетонних шарів на зсув.

Форм 6. Літ 17.

Н.А.Арсеньєва, В.Н.Ряпухін

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА СДВИГ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЕВ
НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО КРИТЕРИЮ ПИСАРЕНКО-ЛЕБЕДЕВА – 2**

В статье приведены основные положения для определения прочности на сдвиг асфальтобетонных слоев нежестких дорожных одежд. В основу расчетов положена теория прочности Писаренко-Лебедева (вторая). Особенное внимание при расчетах по принятой теории прочности уделено влиянию напряженно-деформированного состояния конструкции нежестких дорожных одежд и показателям прочности материала на сжатие и на растяжение. Предлагаются рекомендации по конструированию нежестких дорожных одежд и их проверка по принятому критерию.

Ключевые слова: теория прочности, нежесткая дорожная одежда, напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции, прочность при сжатии, прочность при растяжении, прочность асфальтобетонных слоев на сдвиг.

N.Arsenieva, V. Ryapuhin

**THE ASPHALT LAYERS SHEAR STRENGTH OF FLEXIBLE PAVEMENTS
DETERMINATION BY CRITERION PYSARENKO-LEBEDEV – 2**

The article presents a framework for the determination of the asphalt layers shear strength. In the most countries an in Ukraine the methods of monolithic pavement layers calculations concerning its strength provide for using the first or the second theory of strength, the calculation concerning the allowable tensile stresses. It satisfies a requirement of the brittle materials by separation. Made researches of asphalt, as the structure - inhomogeneous material, show that some classic and integrating theories don't fit it. Taking into account the structural and textural characteristics of asphalt, as a solid, the integration theory of Pisarenko – Lebedev (second) should be accepted as the most suitable. Proposed theory Pisarenko – Lebedev (second) is based on the energy theory of strength and takes into account: different resistance of asphalt to pressure and tension, direction of the stress deviator and structural heterogeneity of the material. The application of the Pisarenko – Lebedev's theory doesn't contradict the modern theory of asphalt deformation, responds to physics of the process and in some conditions of the stress-strained states of the asphalt layers can be used for the strength of resistance to shifts evaluation. The basis of calculation is the strength theory Pisarenko – Lebedev (second). Special account in the calculation according to the accepted theory of strength on the influence of the stress-strain state of the structure of flexible pavements and indicators of material strength and compressive strength. Provides recommendations for designing flexible pavements and verification according to the accepted criteria.

Keywords: theory of strength, flexible pavement, the stress-strain state of the road structure, compressive strength, tensile strength, the asphalt layers shear strength.

Постановка проблеми. Зміна інтенсивності і складу руху на автомобільних дорогах України привели к істотному зростанню навантажень на конструкцію дорожнього одягу. В цих умовах експлуатація асфальтобетонного покриття в теплу пору року при високих температурах приводить до накопичування пластичних деформацій у вигляді колії, напливів, випирання – тобто деформації зсуву. Ці деформації впливають на рух автомобільного транспорту, знижують швидкість транспортного потоку, і як результат – знижують показники споживчих властивостей автомобільної дороги.

В теперішній час забезпечення зсувостійкості асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів, в основному, виконується за рахунок використання експериментально підібраних асфальтобетонних сумішей, які менше здатні до колієутворення під навантаженням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі методи розрахунку монолітних шарів нежорстких дорожніх одягів базуються на теоріях міцності, розрахунок ведуть по трьох критеріях граничного стану [1, 2, 3]:

- пружному прогині дорожнього одягу під навантаженням;
- опору згину монолітних шарів;
- опору зсуву ґрунтів і шарів з малозв'язних матеріалів.

Методи розрахунку нежорстких дорожніх одягів у країнах СНД, наведені у нормативних документах ВБН В.2.3-218-186-2004 (Україна) і ОДН-218046-01 (Росія), ТКП 45-3.03-3-2004 (Білорусь) визначають вищевказані критерії міцності [1, 2, 3]. Крім критеріїв пружного прогину дорожнього одягу, опору згину монолітних шарів, опору зсуву ґрунтів і шарів з малозв'язних матеріалів, в ТКП 45-3.3-3-2004 запропоновані розрахунки міцності на зсувостійкість асфальтобетонних шарів нежорсткого дорожнього одягу. Теоретичною основою методів є теорія пружності багатшарових систем та класичні теорії міцності.

Але в нормативних документах України в розрахунках монолітних шарів нежорстких дорожніх одягів відсутні розрахунки з урахуванням критерію міцності асфальтобетонних шарів на зсув.

Основні результати дослідження. Аналіз теорій міцності, на яких базуються розрахунки асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів, а також низка нових теорій, які враховують кінетичну теорію руйнування, дає можливість застосовувати такі критерії (теорії) міцності, які б максимально враховували особливості поведінки під навантаженням шарів з асфальтобетону, як композитного, термопластичного і структурно-неоднорідного матеріалу.

З урахуванням особливостей матеріалу найбільш придатною для розрахунків міцності на зсув, визначено узагальнюючу теорію Писаренко-Лебедева (друга). Теорія міцності Писаренко-Лебедева (друга) базується на енергетичній теорії міцності і враховує: різний опір асфальтобетону стиску і розтягу, направленість девіатора напружень і структурну неоднорідність матеріалу [4, 5, 6, 7, 8]. Теорія також дає можливість враховувати деформування структурно-неоднорідних матеріалів від крихкого до пластичного руйнування. Прийнята теорія міцності дозволяє визначити міцність асфальтобетонних шарів покриття нежорстких дорожніх одягів на зсув і запропонувати заходи щодо покращення їх конструкції.

Критерій міцності визначають за формулою [4, 5]:

$$\chi\sigma_i + (1-\chi)\sigma_i A^{\left(1-\frac{3\sigma_{сер}}{\sigma_m}\right)} \leq |\sigma_+|, \quad (1)$$

$$\chi = \frac{R_+^0}{R_-^0}$$

де R_+^0 – міцність асфальтобетону на розтяг, МПа;

R_-^0 – міцність асфальтобетону на стиск, МПа;

σ_i – еквівалентні напруження за енергетичною теорією міцності або інтенсивність напружень, МПа;

$|\sigma_+|$ – граничні напруження на розтяг, МПа;

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

де $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – головні напруження, МПа ;

σ_1 – максимальне головне напруження;

$\sigma_{сер}$ – середнє напруження, яке характеризує жорсткість напружень;

$$\sigma_{\text{сер}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$$

A – константа, залежна від характеру наявних в матеріалі дефектів і відображає статичне єство руйнування.

$$A = \frac{R_+^0 - \sqrt{3}\chi\tau_k}{(1-\chi)\tau_k}$$

$$A = \frac{\frac{R_+^0}{\tau_k} - 1,732\chi}{1-\chi}$$

де τ_k – міцність асфальтобетону на кручення, МПа;

На основі проведених досліджень була розроблена методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість. В методиці М 218-02071168 – 681:2011 «Методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість», наведено алгоритм та порядок розрахунку міцності на зсув асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів з використанням критерію Писаренко-Лебедева (другий) [9]. Критерій Писаренко-Лебедева (другий) складається з двох різних за походженням груп параметрів.

Перша група параметрів характеризує напружено-деформований стан прийнятої конструкції і носить чисто розрахунковий характер.

При вирішенні цієї задачі визначають головні напруження $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ на найбільш небезпечних перетинах конструкції пакету асфальтобетонних шарів; еквівалентне напруження за IV (енергетичною) теорією міцності і середнє арифметичне головних напружень.

Друга група параметрів у критерії Писаренко-Лебедева (другий) стосується фізико-механічних характеристик асфальтобетону шарів покриття. Згідно структури критерію міцності необхідно мати показники міцності асфальтобетону за трьома різними методами випробувань: міцність на одновісний стиск і розтяг, і міцність на кручення або чистий зсув. Характеристики міцності асфальтобетону шарів покриття не залишаються постійними на весь період експлуатації, а залежать від розрахункової температури і інтенсивності навантаження, що також необхідно враховувати.

Схема розрахунку міцності асфальтобетонних шарів за критерієм міцності на зсув складається з наступних етапів:

- формування вихідних даних ;
- визначення розрахункових технічних характеристик;
- визначення розрахункових фізико-механічних і конструктивних характеристик;
- розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на міцність.

Вихідні дані формулюються згідно завдання на проектування будівництва чи реконструкцію автомобільної дороги. Для визначення конструкції і міцності існуючого дорожнього одягу використовують паспорт дороги.

До вихідних даних входять:

- географічний або адміністративний район розташування об'єкта проектування (за завданням); дорожньо-кліматичну зону та дорожній район за ґрунтово-геологічними умовами, а також дорожній район за умовами роботи асфальтобетону визначають відповідно до [1, 10];
- середньомісячні, а також абсолютні максимальні і мінімальні температури визначають згідно з [1, 11];
- характеристики транспортного потоку: середньодобова інтенсивність руху і склад руху;
- конструкція дорожнього одягу: на дорогах, які проектують, це проектна конструкція (конструкції), що розрахована згідно з [1] та М 218-02070915-633-2007; на існуючих дорогах конструкцію визначають за даними паспорту дороги або за результатами дослідження конструкції дорожнього одягу візуально.

Підготовка розрахункових вихідних даних для розробки розрахункової моделі шаруватого асфальтобетонного покриття включає наступні задачі:

- визначити температуру покриття і температуру асфальтобетонних шарів по товщині;
- визначити середньодобову кількість проїздів транспортних засобів і-го типу в межах однієї смуги руху і кількість проїздів на смугу розрахункових, по рівню впливу на зсувостійкість асфальтобетону, автомобілів;
- визначити кількість циклів навантаження за розрахунковий зсувонебезпечний період;
- для окремих ділянок дороги в залежності від сполучення елементів плану, поздовжнього профілю і виду руху транспортного потоку визначити тип розрахункового навантаження.

Розрахункова схема для оцінки міцності асфальтобетонних шарів покриття визначається в залежності від типу розрахункового навантаження, проектної конструкції дорожнього одягу і фізико-механічних характеристик асфальтобетону.

Фізико-механічні характеристики асфальтобетонів шарів покриття дорожнього одягу визначаються відповідно до умов навантаження і температури. Умови навантаження (динамічні або статичні) визначають час дії навантаження.

В залежності від часу дії навантаження і середньої температури шару або його елементів (шар асфальтобетону розбивають на прошарки (підшари) завтовшки 0,1 діаметру штапу) визначають динамічні або статичні модулі пружності, коефіцієнт Пуассона, міцність на розтяг, стиск і кручення.

Важливими даними, які впливають на забезпечення міцності на зсув, є фізико-механічні характеристики асфальтобетону шарів покриття. Від властивостей та складу матеріалу залежить його напружено-деформований стан та робота в конструкції під навантаженням.

При розгляді різних типів асфальтобетонних сумішей, слід звернути увагу на їх міцність при стиску і розтягу. Відомо, що у високощільних багатощелебевих сумішей показник $\chi = \frac{R_+^0}{R_-^0}$

менш чім у пористих та малощелебевих, це пов'язано з величиною значення міцності на стиск. В таких сумішах величина міцності на стиск перебільшує величину міцності на розтяг. Це пояснюється структурою багатощелебевих та високощільних сумішей, в яких велику роль відіграє щелебевий каркас.

При визначенні міцності на зсув для різних типів асфальтобетону слід звернути увагу на першу складову формули (1) $\chi\sigma_i$, яка впливає на загальне значення лівої частини формули. Чим менше її значення тим краще буде забезпечена міцність на зсув асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів. Але при розрахунках за прийнятим критерієм слід звертати увагу не тільки на міцнісні показники матеріалу. Суттєвий вплив на міцність асфальтобетонних шарів при зсуві оказує об'ємний напружено-деформований стан конструкції нежорстких дорожніх одягів. Тому при розрахунках необхідно обов'язково враховувати повний тензор напружень та співвідношення між напруженнями в конструкції.

Висновок. Таким чином, при розробці рекомендацій по конструюванню нежорстких дорожніх одягів, необхідно звернути увагу на тип і марку асфальтобетонних сумішей. В запропонованих в конструкцію дорожнього одягу сумішах повинні бути враховані фізико-механічні характеристики асфальтобетону, особливо показники міцності на стиск і на розтяг. За рахунок раціонального проектування складу асфальтобетонної суміші слід використовувати асфальтобетон з більш високими міцнісними характеристиками. Крім того, можна запропонувати армування асфальтобетону. Необхідною умовою також є загальний модуль пружності основи під асфальтобетонними шарами, який не повинен бути менше модуля пружності асфальтобетону більше ніж у 1,5-2 рази, щоб не допускати слабкої основи.

1. Дорожній одяг нежорсткого типу : ВБН В.2.3-218-186. 2004 – Офіц. вид. – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004. – 176 с.
2. Проектирование дорожных одежд улиц и дорог населенных пунктов: ТКП 45–3.03-3-2004 (02250) – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2005. – 54с.
3. Проектирование нежестких дорожных одежд: ОДН 218.046-01 – Москва: Государственная служба дорожного хозяйства министерства транспорта Российской федерации, 2001. – 94 с.
4. Писаренко Г.С. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии / Писаренко Г.С., Лебедев А.А. – К.: Наукова думка, 1976. – 415 с.

5. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов / Писаренко Г.С. – К.: Вища школа, 1979. – 696 с.
6. Ряпухін В.М. Вибір оптимальної теорії міцності для асфальтобетону як термопластичного матеріалу / В.М. Ряпухін, Н.О. Нечитайло // Сборник научных трудов Донбасского гос. университета. – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – Вып.33. – с.284 – 290.
7. Vytaliy Ryapuhin Criteria for flexible pavement calculation / Vytaliy Ryapuhin, Natalie Nechytaylo, Valentin Burlachka // TRANSBALTICA 2011. Proceedings of the 7th International Scientific Conference, May 5-6, 2011. – Lithuania, 2011. – P. 252 – 256.
8. Ряпухін В.М. Вдосконалення методів розрахунку асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів с урахуванням їх термопластичних властивостей / В.М. Ряпухін, Н.О. Нечитайло. // Містобудування та територіальне планування: наук.-тех збірник./ Відповід.ред. М.М. Осетрін. – К: КНУБА, 2012. – Вип. 45. – Част.3 – с.108 – 113.
9. Методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість: 218-02071168-681:2011. – Офіц.вид. – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2009 – 61 с.
10. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.
11. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 – Київ: НДІБК Мінрегіонбуду України, 2010. – 133 с.
12. Методика проектування дорожнього одягу з конструкціями різного типу М 218-02070915-633:2007. – Офіц.вид. – К.: Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2009 – 72 с.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014.