

Нечитайло Н.О.

## ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ЗСУВОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ

**Анотація.** У статті наведені основні принципи розрахунку асфальтобетонних шарів на зсувостійкість. Вперше запропоновано використовувати критерій міцності Писаренко – Лебедева (2) для розрахунку асфальтобетону як термопластичного матеріалу. Визначені розрахункові характеристики для аналізу асфальтобетонних шарів по прийнятому критерію міцності.

**Ключові слова:** критерій міцності, асфальтобетон як термопластичний матеріал, напружено-деформований стан, фізико-механічні характеристики асфальтобетону.

**Аннотация.** В статье приведены основные принципы расчета асфальтобетона на сдвигустойчивость. Впервые предложено использовать критерий Писаренко – Лебедева (2) для расчета асфальтобетона как термопластичного материала. Определены расчетные характеристики для анализа асфальтобетонных слоев по принятому критерию прочности.

**Ключевые слова:** критерий прочности, асфальтобетон, как термопластичный материал, напряженно – деформированное состояние, физико – механические свойства асфальтобетона.

**Annotation.** This article describes the basic principles for the calculation of the of the asphalt layers at shearing strength. At the first time suggested that the criterion of Pisarenko-Lebedeva II for the calculation of the asphalt concrete as thermoplastic material. Calculated characteristics are defined for the analysis of asphalt layers on the adopted criterion of strength.

**Key words:** strength criterion, asphalt concrete as thermoplastic material, stress-strained states, physical and mechanical properties.

Властивості асфальтобетону тісно пов'язані з температурою, матеріал є термопластичним. При підвищених експлуатаційних температурах для асфальтобетону характерні пластичні деформації - зсуви, колія, і перехід у в'язко-пластичний стан. Забезпечення зсувостійкості асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів, в основному, виконується за рахунок використання експериментального підбору асфальтобетонних сумішей, які менше здатні до колієутворення під навантаженням.

Існуючі методи розрахунку монолітних шарів нежорстких дорожніх одягів базуються на теоріях міцності, які враховують крихкий стан матеріалу, що характерне для роботи асфальтобетону при низьких температурах. Такий підхід законодавчо закріплений нормативними документами [1]. Але він не відтворює реальні умови механізмів руйнування асфальтобетону.

Асфальтобетон, який працює в широкому діапазоні експлуатаційних температур, може знаходитись у різних станах – і у крихкому, і у пластичному. Для крихкого стану матеріалу при від'ємних температурах і до  $0^{\circ}\text{C}$  -  $+10^{\circ}\text{C}$ , характерне руйнування відривом, за рахунок дії нормальних розтягуючих напружень. Для пластичного при високих позитивних температурах – зрізом або зсувом, за рахунок дії дотичних зсуваючих напружень. Тому для асфальтобетонів у різних станах слід застосовувати різні схеми руйнування.

Методи розрахунку монолітних шарів дорожніх одягів на міцність в більшості країн і на Україні передбачають застосування першої або другої теорії міцності для оцінки міцності асфальтобетонних шарів на розтяг при згині, такий підхід законодавчо закріплений нормативними документами [1]. Але такий підхід відтворює тільки механізми руйнування асфальтобетону як для крихкого стану матеріалу, і руйнуванню тільки на відрив. Таким чином застосування в існуючих нормативних документах єдиної теорії міцності і руйнування для асфальтобетону не допустимо. У існуючих методиках розрахунків асфальтобетонних шарів нежорсткого дорожнього одягу в Україні відсутні розрахунки на зсувостійкість. Опір зсуву визначається лише побічно, шляхом експериментальних досліджень конструкцій дорожнього одягу на колієутворення.

До теперішнього часу недостатньо проведено системних досліджень і теоретичних обґрунтувань оцінки зсувостійкості асфальтобетону, як термопластичного структурно-неоднорідного матеріалу і в Україні, і в інших країнах СНД. Це свідчить про актуальність наукового дослідження.

Недоліки теорій міцності, які використовують для розрахунку асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів, а також поява нових теорій міцності, дає можливість вибору такої теорії для асфальтобетону, яка б максимально враховувала всі його властивості. Більшість нових теорій оснований на виборі такої форми граничної поверхні, що дозволяє врахувати поведінку матеріалу в умовах складного напруженого стану і різній опір матеріалу розтягу і стиску.

Для асфальтобетону як структурно – неоднорідного матеріалу не підходять класичні і навіть деякі узагальнюючі теорії міцності. З урахуванням структурно-текстурних особливостей асфальтобетону, вперше запропоновано і обґрунтовано застосування узагальнюючій теорії (критерій) Писаренко – Лебедєва (2). В критерії Писаренко – Лебедєва (2) враховані механізм руйнування, стан матеріалу і міцність. Фізико – механічні властивості асфальтобетону оцінюють основними фізико - механічними показниками, які визначаються експериментами на одновісний стиск, розтяг і кручення [2]. Міцність асфальтобетонних шарів на зсувостійкість за критерієм Писаренко – Лебедєва (2):

$$\chi \times \sigma_i + (1 - \chi) \times \sigma_1 \times A^{\left(1 - \frac{3 \times \sigma_{\text{н}0}}{\sigma_i}\right)} \leq |\sigma_+| \quad (1)$$

$$\text{де } \chi = \frac{R_{\delta i \zeta}}{R_{\text{н}0}};$$

$R_{\delta i \zeta}$  – міцність асфальтобетону на розтяг, МПа;

$R_{\text{н}0}$  – міцність асфальтобетону на стиск, МПа;

$\sigma_i$  – еквівалентні напруження за енергетичною теорією міцності, МПа;

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

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

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

$$A = \frac{\frac{R_{\delta i \zeta}}{\tau_k} - 1,732 \times \chi}{1 - \chi} \quad (3)$$

де  $\tau_k$  – міцність асфальтобетону на кручення, МПа;

$$\sigma_{\text{пд}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad (4)$$

Для вирішення поставленої в дослідженні задачі оцінки зсувостійкості за критерієм Писаренко – Лебедева (2) необхідно провести попередній аналіз і встановити об'єм і структуру безпосередньо вихідної інформації і похідні від неї розрахункові параметри. Критерій Писаренко – Лебедева (2) складається з двох різних за походженням груп параметрів [3].

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.

Як, відомо для вирішення подібних задач використовується рішення лінійної або нелінійної теорії пружності. В якості математичного апарату, у теперішній час, найбільш придатним є метод кінцевих елементів. Для заданих умов асфальтобетон прийнято як в'язко-пружне тіло, що працює в стадії зворотних (пружних) деформацій, і приймається як квазіоднорідне, квазіізотропне. Теоретичною основою є теорія пружності, а в'язкі властивості враховуються конкретними температурою і часом дії навантаження. Для практичної реалізації розрахунків напружено-деформованого стану за теорією пружності необхідно реальну конструкцію дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям привести до певної розрахункової схеми, яка б відповідала поставленій задачі.

У нашому випадку багатошарову конструкцію дорожнього одягу доцільно привести до розрахункової схеми, де верхні два – три шари є асфальтобетонними шарами покриття, а всі нижче розташовані шари замінити на еквівалентний напівпростір. Для такого приведення необхідно задати конструкцію дорожнього одягу з конкретними товщинами і модулями шарів.

Крім того, значний вплив на напружено-деформований стан конструкції мають параметри розрахункового навантаження, які необхідно визначити для фактичних умов руху транспортного потоку.

Для аналізу напружено-деформованого стану асфальтобетонних шарів з урахуванням термопластичних властивостей асфальтобетонів необхідна більш детальна інформація. Вона відноситься до визначення модулів пружності і коефіцієнта Пуассона асфальтобетонних шарів при розрахунково - експлуатаційних температурах.

Друга група параметрів у критерії Писаренко – Лебедева (2) стосується фізико-механічних характеристик асфальтобетону шарів покриття. Згідно структури прийнятого критерію міцності необхідно мати показники міцності асфальтобетону за трьома різними методами випробувань: міцність на одновісний стиск і розтяг, і міцність на кручення. Третім випробуванням крім кручення може бути випробування на чистий зріз, але з певних міркувань, нами було вибрано випробування на кручення. Характеристики міцності асфальтобетону шарів покриття не залишаються постійними на весь період експлуатації, а залежать від розрахункової температури і інтенсивності навантаження, що також необхідно враховувати.

На підставі безпосередніх вихідних даних визначено розрахунково - експериментальні параметри: температура шарів покриття, вид і характер розрахункового навантаження; розрахункові характеристики пружності і міцності матеріалу шарів.

Для визначення даних першої групи було проведено моделювання напружено-деформованого стану асфальтобетону як термопластичного матеріалу в програмі ANSYS. В результаті проведеного аналізу епюр напружень і таблиць розрахунків було встановлено:

– найбільше значення по абсолютній величині еквівалентних напружень може бути або по вісі штампа ( $\chi=0$ ), або на відстані  $0,6D$  від вісі штампа;

– при завантаженні вертикальним навантаженням епюри симетричні і не має значення на якій ділянці епюри визначати еквівалентне напруження;

– при дії вертикального і горизонтального навантаження небезпечним є перетин по вісі штампа ( $\chi=0$ ) і на відстані  $0,6D$  на ділянці завантаження ( $\chi=-0,6D$ ).

На підґрунті всього масиву результатів моделювання були розроблені розрахункові таблиці для визначення напружень в конструкції при дії вертикального і комплексного вертикального + горизонтального навантаження. Головні напруження ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_m$ ) визначаються для прийнятої розрахункової схеми за розрахунковими таблицями [3].

Для визначення даних другої групи було проведено експериментальне дослідження міцностних характеристик асфальтобетону при високих розрахункових температурах [3]. По результатах експериментальних досліджень були вирішені наступні задачі:

- встановлено значення граничної міцності асфальтобетону на одновісний стиск і розтяг в залежності від часу дії навантаження і від температури асфальтобетону;

- встановлено загальний порядок і умови методики випробування асфальтобетону на стиск, розтяг і кручення;
- визначена межа міцності при довготривалому і короткочасному навантаженні зразків;
- визначена міцність асфальтобетонів на розтяг.

Крім того, вперше теоретично обґрунтовано визначення міцності на розрив за результатами випробування асфальтобетону на кручення. Запропонована методика визначення міцності асфальтобетону на розрив. Обґрунтовано і визначено значення розрахункового навантаження в залежності від умов руху. Запропоновано доповнити районування території України даними за зсувонебезпечними періодами.

Отримані результати досліджень були впроваджені в М 218-02071168 - 681:2011 «Методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість» [4], яка визначає порядок оцінки міцності асфальтобетонних шарів покриття нежорсткого дорожнього одягу на зсувостійкість.

Методика включає визначення розрахункового навантаження, визначення розрахункової температури шарів покриття, визначення розрахункових характеристик асфальтобетону і розрахунок асфальтобетонних шарів на зсувостійкість. Завдання розрахунку - оцінка зсувостійкості асфальтобетонних шарів по прийнятому критерію міцності і вибір матеріалу з відповідними фізико - механічними характеристиками при заданій товщині шарів або розробка іншої конструкції, що відповідає вимогам міцності на зсув.

### **Література**

1. 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).
2. Писаренко Г.С. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. / Писаренко Г.С., Лебедев А.А. – К.: Наукова думка, 1976. – 415 с.
3. Ряпухін В.М., Нечитайло Н.О. Вдосконалення методів розрахунку асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів с урахуванням їх термопластичних властивостей / В.М. Ряпухін, Н.О. Нечитайло // Інноваційні процеси в галузі дорожнього будівництва: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених та студентів, 25-26 жовтня 2012 р.: стаття - Луцьк, вип.5 частина 3, с.108-112.
4. М 218-02071168-681:2011. Методика розрахунку асфальтобетонних шарів на зсувостійкість. – Офіц. вид – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2011. – 66 с.