

УДК 628.7/8

Мозговий В.В. доктор технічних наук, професор,  
 Онищенко А.М. канд. техн. наук, доцент,  
 Куцман О.М. асистент,  
 Невінгловський В.Ф., Гаркуша М.В., аспіранти,  
 Аксьонов С.Ю., інженер  
 «Національний транспортний університет»

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ВТОМИ МОНОЛІТНИХ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

### Вступ

За останні роки збільшився об'єм перевезень і підвищення вантажопідйомності автотранспортних засобів привели до того, що на термін служби дорожнього одягу разом з кліматичними умовами істотно впливає дія автотранспортних засобів. Втома матеріалів під дією повторних навантажень стала основною причиною виникнення тріщин при вигині асфальто-, цементобетонних і інших вдосконалених покриттів. При проектуванні дорожнього одягу необхідний запас міцності матеріалу шару на повторність дії навантаження повинен призначатися залежно від інтенсивності руху, складу транспортного потоку, його розподілу по ширині проїжджої частини, терміну служби дороги і від здатності матеріалу чинити опір руйнуванню від втоми (остання властивість визначається при випробуваннях на втому зразків матеріалів в лабораторних умовах при контрольованій амплітуді напруження або деформацій) [1,2]. Вплив повторності дії навантаження від транспортних засобів при розрахунку дорожніх одягів згідно ВБН В.2.3-218-186 [3-6] враховується шляхом введення в розрахунок характеристик втоми дорожньо-будівельних матеріалів, що використовуються наступним чином. Для визначення коефіцієнта міцності монолітних дорожньо-будівельних матеріалів при розрахунку дорожнього одягу за критерієм граничного стану розтягу при згині повинна бути забезпечена умова згідно з 3.6.1 ВБН В.2.3-218-186 [3-6]. Коефіцієнт, що враховує короткочасність та повторність навантажень на дорозі згідно з 3.6.9 ВБН В.2.3-218-186 [3] необхідно визначати за аналітичною залежністю:

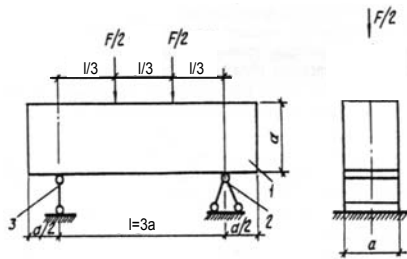
$$k_{\text{вн}} = k_{\text{нр}} \sum N \left(\frac{1}{m}\right)$$

де  $\sum N$  - сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу (визначається згідно з 3.3.7 ВБН В.2.3-218-186);  $k_{\text{нр}}$  - визначається згідно з ВБН В.2.3-218-186 [3-6];  $m$  - показник втоми монолітних дорожньо-будівельних матеріалів.

Випробування на втому дорожньо-будівельних матеріалів полягає у моделюванні дії розтягуючих горизонтальних нормальних напружень, що виникають при згині монолітних шарів від дії колеса транспортних засобів. Випробування монолітних дорожньо-будівельних матеріалів на втому здійснюють у режимі контрольованих горизонтальних напружень  $\sigma_k$ . Для випробування монолітних дорожньо-будівельних матеріалів на втому випробують зразки відповідно до схеми (згідно з ГОСТ 10180), що наведена на рис.1. Зразок встановлюють на опори (рухому та нерухому), прикладають циклічне навантаження і фіксують кількість циклів дії навантаження до руйнування. Схема послідовності прикладання навантаження за один цикл на зразок під час випробування наведена на рисунку 2.

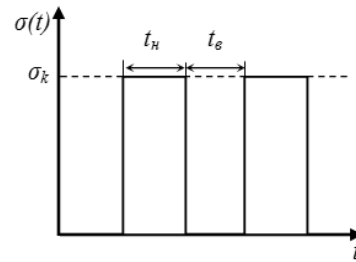
Випробування на втому проводять при базових умовах з подальшим побудовою графічної залежності  $\lg N = f(\lg \sigma_k)$ . Для цього послідовно проводять випробування зразків при трьох – чотирьох рівнях напруження, які приймають в межах:  $0,3R_{\text{лаб}} - 0,6R_{\text{лаб}}$ , де  $R_{\text{лаб}}$  - лабораторне значення границі міцності на розтяг при вигині за одноразового прикладання навантаження, МПа, яке здійснюють згідно з ДСТУ Б В.2.7-89 чи згідно з ГОСТ 10180).

Випробування на втому монолітних матеріалів, що містять органічне в'язуче проводять за температури  $(0 \pm 0,5)$  °С, та монолітних матеріалів, що містять неорганічне в'язуче проводять за температури  $(20 \pm 2)$  °С. За результатами випробувань визначають показник втоми ( $m$ ) за наступною методикою, що наведена нижче. Прилад для випробування монолітних дорожньо-будівельних матеріалів на втому наведено на рис. 3.



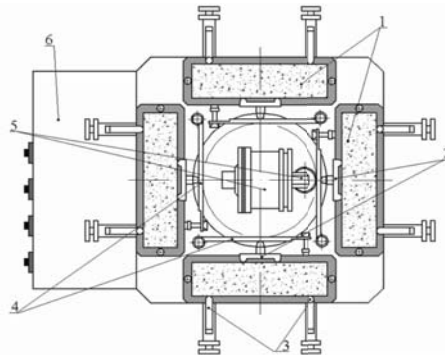
**Рисунок 1 – Схема прикладання навантаження на зразок при випробуванні на втому**

*1 – зразок; 2 – шарнірна нерухома опора;  
3 – шарнірна рухома опора;  
a – висота зразка; l – відстань між опорами; F – навантаження*



**Рисунок 2 – Схема послідовності навантаження за один цикл на зразок під час випробування**

*t<sub>i</sub> - час дії навантаження (0,1 с); t<sub>B</sub> - час відпочинку (1с)*



**Рисунок 3 – Прилад для випробування монолітних дорожньо-будівельних матеріалів на втому (вигляд зверху)**

*1 – зразок; 2 – пристрій, що передає навантаження на зразок; 3 – опори (рухома і нерухома); 4 – важелі передачі навантаження; 5 – система циклічного навантаження; 6 – пульт управління з датчиками кількості циклів прикладання навантаження до руйнування зразків*

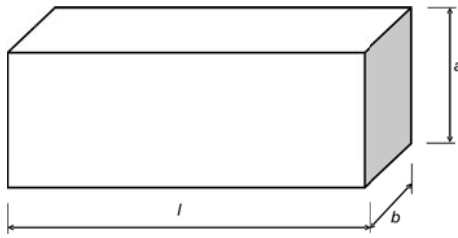
Можуть бути застосовані інші засоби вимірювальної техніки, випробувального та допоміжного обладнання з метрологічними і технічними характеристиками не нижчими, ніж зазначені у цьому стандарті.

### **Правила готування до випробування**

Зразки-призми відповідних розмірів (40×40×160) мм; (100×100×400) мм; (150×150×600) мм в залежності від максимальної крупності зерен мінерального наповнювача монолітних матеріалів згідно з ГОСТ 10180 готують одним із способів:

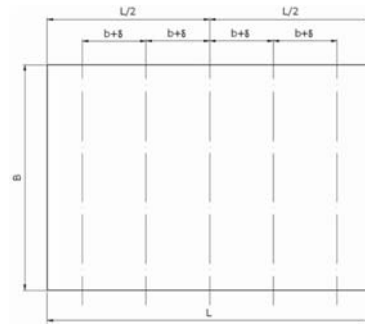
- шляхом вирізання із шарів існуючої конструкції дорожнього одягу;
- шляхом формування у формах відповідних розмірів із цементобетонної суміші згідно з ГОСТ 10180;
- шляхом вирізання із плит монолітних дорожньо-будівельних матеріалів, що отримані у лабораторних умовах на секторному пресі згідно з СОУ 45.2-00018112-020 [7].

Асфальтобетонні плити, що виготовлені на секторному пресі (ПМА 218-21476215-450) згідно з СОУ 45.2-00018112-020 [7], через добу після виготовлення розпилюються за допомогою каменерізного станка на зразки-призми (рис. 4). На поверхню асфальтобетонної плити наносять осі по яких буде виконуватись розпилювання, згідно з рис. 5. Довжина зразка-призми  $l$  рівна ширині плити  $B$ . Відстань між осями, по яких проводиться розпилювання рівна ширині зразка-призми  $b$  плюс ширина прорізу  $\delta$ , який утворюється при розпилюванні. Розпилювання проводиться, від центру плити до її країв.



**Рисунок 4 – Схема зразка-призми асфальтобетону**

$l$  – довжина;  $b$  – ширина;  $a$  – висота



**Рисунок 5 – Схема розрізання асфальтобетонних плит на зразки-призми**

$L$  – довжина плити;  $B$  – ширина плити;  
 $b$  – ширина зразки-призми

Підготовлені зразки-призми очищають та висушують до постійної маси. На одну із обрізаних граней, по осі, наклеюють смужку із алюмінієвої фольги шириною 10 мм на всю довжину зразка. Підготовлені зразки із матеріалів, що містять органічне в'язуче термостатують за температури  $(0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$  згідно з ДСТУ Б В.2.7-89. Час термостатування визначається за умови, щоб температура зразка в усьому його об'ємі мала температуру  $(0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ . Термостатування зразків відслідковується за допомогою контрольного зразка, в середині якого розташований датчик температури.

#### **Методика та правила проведення випробування**

Встановлюють тиск у системі навантаження, який відповідає одному із рівнів напружень –  $0,3R_{\text{лаб}}$  або  $0,6R_{\text{лаб}}$ . Встановлюють зразки на опори гранню, на яку наклеєна фольга. Прикладають до зразків пристрій з передачі навантаження. Шляхом переміщення опор за допомогою регулювальних гвинтів усувають зазори і люфти між зразками, опорами, пристроями для передачі навантаження на зразок та важелями передачі навантаження. Перевіряють наявність контакту між смужками фольги та датчиками кількості циклів прикладання навантаження до руйнування зразків за допомогою індикаторів на пульті управління. Вмикають прилад та приводять у дію систему циклічного навантаження. В результаті руйнування одного із зразків спрацьовує датчик реєстрації кількості циклів прикладання навантаження до руйнування, який вимикає систему навантаження приладу. У журнал випробувань записують зафіксоване число циклів, що витримав зразок до руйнування. Для продовження випробувань інших зразків, що не зруйнувалися, вмикають систему циклічного навантаження за допомогою відповідної кнопки на пульті управління. Фіксують кількість циклів навантаження в момент руйнування наступного зразка. Повторюють дії до моменту руйнування останнього зразка. Встановлюють тиск у системі навантаження який відповідає наступним рівням напружень.

#### **Обробка результатів**

Для кожного рівня напружень встановлюють необхідну кількість зразків  $n$ , яку необхідно випробувати на втому, при встановленні кількості циклів до руйнування для даного виду монолітного матеріалу. При цьому виходять із допустимого рівня надійності в залежності від типу дорожнього одягу та категорії автомобільної дороги, що проектується (визначається згідно ВБН В.2.3-218-186 [3-6]), встановлюючи кількість зразків  $n$ .

Випробують по чотири зразки для кожного рівня напруження згідно до вимог цього стандарту.

За результатами випробувань визначають середньоарифметичне значення десяткового логарифму кількості циклів до руйнування зразків – призм для кожного рівня навантаження.

$$\lg \bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg N_i}{n}$$

де  $\lg \bar{N}$  – десятковий логарифм середньоарифметичного значення результатів вимірювань;  $\lg N_i$  – десятковий логарифм значення кожного окремого вимірювання;  $n$  – кількість вимірювань ( $n=4$ ).

Визначають середньоквадратичне відхилення величин, що вимірюються від середньоарифметичного значення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\lg N_i - \lg \bar{N})^2}{n-1}}$$

Визначають середньоквадратичне відхилення середньоарифметичного значення:

$$S_0 = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Визначають мінімальну кількість зразків:

$$n_{\min} = \frac{S^2 \cdot t^2}{S_0^2}$$

де  $t$  – коефіцієнт Стюдента, що приймається по табл. 1.

**Таблиця 1 – Залежність коефіцієнта Стюдента**

| Кількість результатів<br>“n” | Значення $t_c$ при P |      |      |       |
|------------------------------|----------------------|------|------|-------|
|                              | 0,95                 | 0,98 | 0,99 | 0,999 |
| 4                            | 3,18                 | 4,54 | 5,84 | 12,94 |

### Правила оформлювання результатів

На основі експериментальних випробувань будують графічну залежність (криву втоми)  $\lg N = f(\lg \sigma_k)$ .

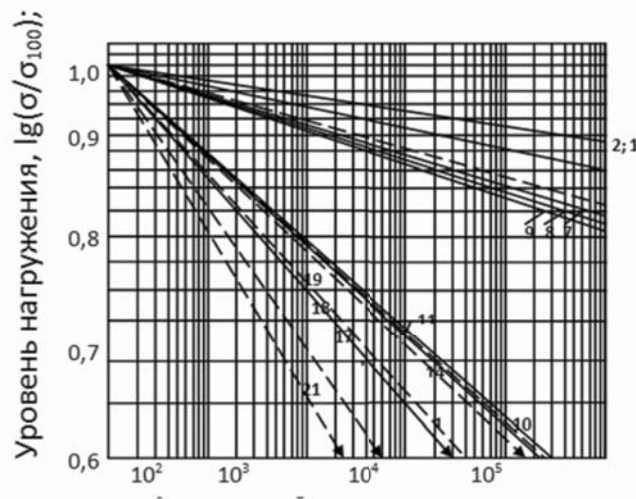
Показник втоми ( $m$ ) для випробуваного монолітного матеріалу визначають після апроксимації кривої втоми за рівняннями:

$$\sigma = a - m \lg N,$$

$$m = t g \alpha,$$

де  $\alpha$  – кут між віссю абсцис та кривою втоми.

Узагальненні дані різних авторів [1] по випробуванням монолітних матеріалів на втому при постійній амплітуді напружень або відносної деформації з різним часом дії навантаження результати наведені на рис. 6.



**Рисунок 6 – Дані про опір втоми руйнування цементобетону**

(1,2 - Мурдок, Хильсдорф; 3 - И.М.Грушко; 4 - А.Н.Защепин; 5 - О.Я.Берг, Т.С.Каранфилов); цементогрунту (6 – Л.А.Марков, Бофингер; 8 - Г.В.Малеванский, Б.С.Радовский); вапногрунту (7 - Альберг, Мак Вмин; 9 - Свансон, Томпсон); асфальтобетону (10...14 - Бейкер, Папазян, Т.Н.Калашникова, А.В.Руднянский, А.О.Салль, Пелл; 15 - Эверс; 16 – И.М.Щербаков, Б.С.Радовский; 17...19 - Кучера, Лукас, Тейлор; 20 - Гелл; 21- И.В.Королев, Г.Р.Фоменко-Нижбоер).

З приведених експериментальних даних можна зробити висновок про наступне, що криві втоми всіх матеріалів близькі до лінійних залежностей в логарифмічних координатах. Однотипність цих кривих дає можливість на основі єдиної залежності описати опір різних матеріалів втомному руйнуванню.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Радовський Б. С. Теоретичні основи конструювання і розрахунку нежорстких дорожніх одягів на вплив рухомих навантажень. Дис. ... док. тех. наук. Київ. 1982 – С. 508.
2. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий. Дис. ... док. тех. наук. Київ. 1996 – С. 343.
3. ВБН В-2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу
4. EN 12697-24:2004 Бітумні суміші. Методи випробування суміші гарячого асфальтобетону. Частина 24. Опір утомленості
5. EN 13108-1:2006/АС:2008 Технічні вимоги до матеріалів. Частина I. Асфальтобетон
6. М 218-02070915-645:2008 Методика лабораторного визначення та встановлення розрахункових характеристик дорожньо-будівельних матеріалів і ґрунтів
7. СОУ 45.2-00018112-020:2007 Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій