УДК 625.7/8

А. М. Онищенко

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ ЗСУВОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ШТУЧНИХ СПОРУДАХ

У статті запропоновано методику визначення параметрів функції зсувостійкості асфальтобетонного покриття на жорстких основах. Визначені параметри зсувостійкості при постійній швидкості наростання навантажень, температури і нормального вертикального навантаження.

В статье предложена методика определения параметров функции сдвигоустойчивости асфальтобетонного покрытия на жестких основах. Определены параметры сдвигоустойчивости при постоянной скорости нарастания нагрузок, температуры и нормальной вертикальной нагрузки.

The paper proposed a method of determining the parameters of the function landslide endurance asphalt pavement on hard substrates. The parameters landslide endurance in at a constant rate of increase stress, temperature and normal vertical load.

Ключові слова: асфальтобетонне покриття, штучні споруди, зсувостійкість, горизонтальні і вертикальні зусилля.

Асфальтобетонне покриття на штучних спорудах автодорожніх мостів знаходиться в більш складних умовах експлуатації, ніж на автомобільних дорогах з нежорстким дорожнім одягом. Він має більш різкі зміни температури, підлягає впливу циклічних і динамічних деформацій від дії автомобільного транспорту. Складні умови експлуатації є тим чинником, який примушує підбирати склад асфальтобетону з підвищеними показниками колієстійкості та зсувостійкості [1-2].

На даний час відсутні експериментальні методики, які б дозволили оцінювати міцність зчеплення асфальтобетону з жорсткою (цементобетон чи/або залізобетон) основою при зсуві і високих кліматичних температурах, які виникають в весняно-літній період року в Україні. Існуюча методика [3] перевірки міцності зчеплення мастичних і гідроізоляційних матеріалів виконується лише при температурі +20 ^{o}C, що не дозволяє оцінити міцність зчеплення при більш високих температурах, як приклад асфальтобетонне покриття нагрівається в середньому від 50 до 60 ^{o}C в Україні і міцність зчеплення між асфальтобетоном і основою суттєво знижується.
Тому є актуальним питанням щодо підвищення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на жорстких основах автомобільних доріг та мостів за рахунок розробленої експериментальної методики, яка дозволить отримати на основі експеримент тальних досліджень аналітичні рішення для оцінки зсувостійкості асфальтобетонного покриття.

© Онищенко А. М., 2013

Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонним покриттям і жорсткою основою призначена для перевірки якості влаштування асфальтобетонного покриття. Дані випробування треба виконувати для встановлення необхідної витрати та раціонального виду підґрунтовки між асфальтобетонним покриттям і жорсткою основою (бітумної емульсії, емульсії, модифікованої полімерами, бітумів в'язких чи рідких, бітумів, модифікованих полімерами, полімер бітумні мастики, та ін.), а також для вибору гідроізоляційних матеріалів (напилювальних, обмазувальних, наплавлювальних тощо).

Ця методика полягає у визначенні міцності зчеплення асфальтобетонного покриття з основою при дії горизонтальних і вертикальних зусиль, що моделюють дію зовнішнього навантаження на асфальтобетонне покриття при гальмуванні транспортних засобів згідно з схемою (рис. 1).

Зразок-керн (асфальтобетон + підґрунтовка чи /або гідроізоляція + цементобетон) випробовують за допомогою приладу, в якому закріплюється зразок-керн і дозволяє створювати напруження σ та при постійному рості навантаження і температурі створювати між асфальтобетонним покриттям і основою напруження τ за схемою, що наведена на рис. 2.

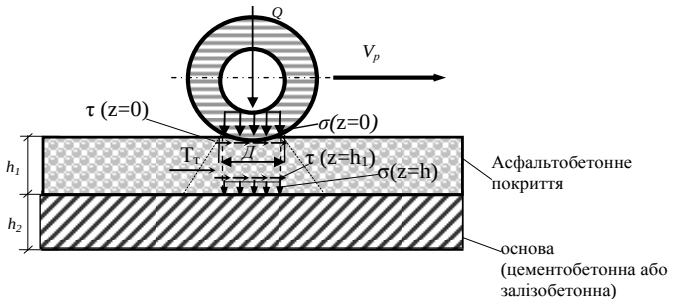

Рис. 1. **Схема дії зусиль від колеса транспортного засобу при його гальмуванні:**
Q – вертикальне зусилля, що створює транспортний засіб;
T_T – дотичне зусилля на контакті покриття від дії транспортних засобів

Під час випробування при різних значеннях σ визначають граничне дотичне напруження τ. Врахування особливостей прояву реологічних властивостей реалізується за рахунок випробування при першій та другій швидкості наростання навантаження, які проводяться при більш швидкому наростанні навантаження $V_{\tau 1}$ (швидкість наростання навантаження МПа/с) та при повільному наростанні навантаження $V_{\tau 2}$ (швидкість наростання навантаження МПа/с).

При швидкому режимі навантаження імітує дію екстремального гальмування транспортних засобів, а повільний режим навантаження імітує нормальний режим гальмування.

На основі результатів випробувань при визначенні граничних дотичних напружень τ обчислюють параметри f і c для відповідних режимів навантаження, що дозволяє вирахувати значення розрахунково гранично допустимого напруження $[\tau]$ між асфальтобетонним покриттям і основою для розрахункових груп автомобілів A_1, A_2 і Б згідно з ВБН В-2.3-218-186 [6].

Оцінку зчеплення між асфальтобетонним покриттям і основою виконують перевіряючи умову міцності з урахуванням параметрів функції зсувостійкості.

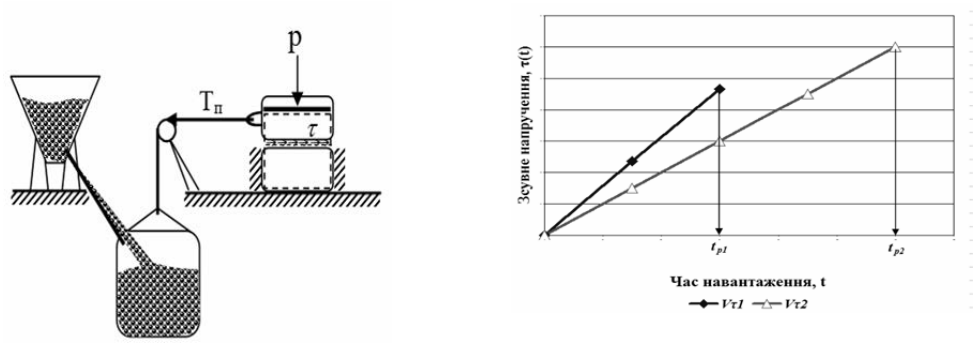

Рис. 2. **Схема випробування міцності зчеплення асфальтобетонного покриття і основою з постійною швидкістю зростання навантаження V=const** :

P – нормальне зусилля, що діє перпендикулярно до торця зразка імітуючи вертикальне зусилля від транспорту; σ – нормальне напруження рівномірно розподіленого по поверхні торців зразка, що імітує контактний тиск від транспортного колеса; $T_П$ – дотичне зусилля, що створює випробувальний прес на контакті зразка-керна імітуючи горизонтальне зусилля від транспорту T_T (рис. 1); τ – дотичне напруження між асфальтобетонним покриттям, що витримує зразок-керн до порушення зчеплення між ними.

Методика визначення параметрів функції зсувостійкості при оцінці зчеплення між асфальтобетонним покриттям і основою.

Випробування проводять з урахуванням кліматичних умов України за найбільш несприятливої для зчеплення між асфальтобетонним покриттям і жорсткою основою температурах (+50±2, +60±2) °С.

Для випробувань зразки-керни відбирають діаметром 100 мм з асфальтобетонного покриття існуючої конструкції дорожнього одягу або із лабораторних зразків, заформованих на секторному пресі за СОУ 45.02-00018112-020 [5]. Асфальтобетон повинен відповідати вимогам [4]. Граничне дотичне напруження *τ* між асфальтобетоном і основою зразка-керна визначається за допомогою приладу НТУ-ЗЧ-2 (рис. 3, 4) при заданих режимах навантаження (табл. 1).

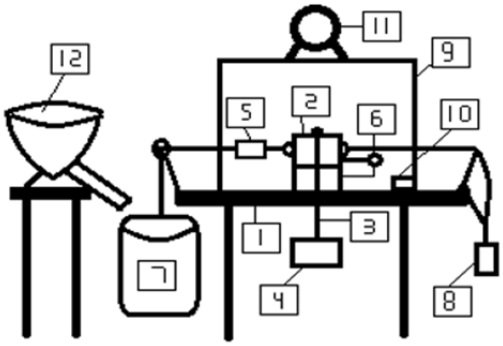

Рис. 3. **Схема приладу НТУ-ЗЧ-2 для визначення граничного дотичного напруження *τ* між асфальтобетонним покриттям і жорсткою основою при випробуванні зразка на зсув при постійному зростанні навантаження:**

1 – стіл, *2* – прилад для випробування на зсув, *3* – станини, *4* – вертикальне навантаження, *5* – датчик навантаження, *6* – датчик переміщення (індикатор годинникового типу), *7* – ємність для піску, *8* – врівноважуючи навантаження, *9* – термокамера, *10* – датчик температури, *11* – тепловентилятор, *12* – ємність з піском

Рис. 4. **Фото устаткування підготовленого до проведення випробування**

Проведення випробування здійснюється в такій послідовності:

– для випробування використовують прилад НТУ-ЗЧ-2, схему якого наведено на рис. 3, 4. До станини столу *1* кріпиться прилад *2*, через упори *3* передається вертикальне навантаження *4* на зразок. До приладу НТУ-ЗЧ-2 приєднаний датчик *5* для фіксації зростання навантаження і датчик *6* для фіксації переміщення (тензометричний датчик або індикатор годинникового типу). З однієї сторони приладу прикріплюється ємність для піску *7*, а з іншої врівноважується за допомогою навантаження *8*. Для підтримання необхідної температури випробування прилад розміщується в термокамері *9*, всередині якої закріплено датчик *10* для вимірювання температури. За допомогою тепло вентилятора *11* здійснюється нагрів термокамери і циркуляція теплого повітря в камері. Постійна швидкість наростання навантаження досягається при висипанні через калібрований отвір *12* річкового піску у ємність *7*. Для дослідження необхідний секундомір для фіксації часу;

– вимірюють діаметр зразка-керна;

– зразки-керни нагрівають до температури *T* випробування (+50±2, або +60±2) ^{o}C, витримуючи їх у термошафі не менше 4-х годин;

– зразок-керн встановлюють в обойму нижньої частини приладу 2, надівають верхню частину приладу 2, і стягують гвинтами;

– врівноважують ємність 7 за допомогою навантаження 8;

– на зразок-керн створюють вертикальне навантаження 4 у верхній частині торця, яке відповідає заданому рівню напружень (таблиця 1);

– через калібрований отвір воронки висипають пісок з заданою першою постійною швидкістю $V_{\tau 1}$ зростання горизонтального навантаження $T_П$ одночасно вмикаючи секундомір і програму для фіксації навантаження на комп'ютері і датчик переміщення. При втраті міцності зчеплення асфальтобетону з основою вважається, коли зсув асфальтобетону по відношенню до основи при переміщенні становить Δ = 1 см, одночасно з яким фіксують час з точністю до 0,1 с;

– аналогічно виконують випробування і при іншій швидкості $V_{\tau 2}$ зростання навантаження $T_П$.

Обробка результатів:

Отримані при заданих швидкостях навантаження і нормальних напруженнях (табл. 1) значення зсувного горизонтального навантаження $T_П$ заносять у табл. 2.

Обчислюють площу зразка *S* і заносять у табл. 2.

Таблиця 1. **Режими навантаження та необхідна кількість зразків для випробувань**

№ п/п	Параметри режиму випробувань		Кількість зразків для випробувань, шт.
	Навантаження σ, МПа[1]	Швидкість наростання навантаження V_τ, МПа/с	
1	0,3	0,66	3
2	0,7	0,11	3
3	0,7	0,11	3
4	0,3	0,66	3

Примітка. [1]*При випробуванні менших вертикальних напружень σ, необхідний перевідний коефіцієнт встановлюється експериментально*

Таблиця 2. **Визначення дотичного напруження**

№ п/п	Швидкість наростання навантаження V_τ, МПа/с	Нормальне напруження, σ, МПа	Руйнівне вертикальне навантаження, $T_П$, кгс	Площа зразка, S, м^2	Дотичне напруження, τ, МПа	Середнє значення дотичного напруження, τ, МПа
1	0,11	0,3				
2						
3						
4	0,66	0,3				
5						
6						
7	0,11	0,7				
8						
9						
10	0,66	0,7				
11						
12						

Граничні дотичні напруження τ в МПа та швидкість наростання навантаження V_τ визначається за формулами:

$$\tau = \frac{T_П}{S} \times 10^6, \tag{1}$$

де S – площа зразка, м^2;

$$V_\tau = \frac{\tau}{t_p} \tag{2}$$

Обчислені значення граничних дотичних напружень τ заносять до таблиці 2 та розраховують їх середнє значення.

На основі даних табл. 2, обчислюють параметри f (безрозмірна величина) і c (в МПа) за формулами для кожної швидкості випробувань (0,11 МПа/с та 0,66 МПа/с, відповідно):

$$f = \frac{\tau_{V_{\tau_1}} - \tau_{V_{\tau_2}}}{\sigma_{V_{\tau_1}} - \sigma_{V_{\tau_2}}}; \tag{3}$$

$$c' = \tau_{V_{\tau 1}} - \sigma_{V_{\tau 1}} \times f; \quad c'' = \tau_{V_{\tau 2}} - \sigma_{V_{\tau 2}} \times f;$$
$$c = \frac{c' + c''}{2}. \tag{4}$$

Обчислюють значення розрахункового допустимого граничного дотичного напруження [τ] між асфальтобетоном і жорсткою основою для кожного розрахункового автомобіля групи A_1, A_2 і Б за [5] та таблицею 3 за формулою:

$$[\tau] = \sigma \times f + c, \tag{5}$$

де σ – нормальне напруження, МПа; f – коефіцієнт тертя; c – питоме зчеплення;

Оцінку зчеплення між асфальтобетоном і жорсткою основою виконують перевіряючи умову:

$$[\tau] \geq \tau_{\max}, \tag{6}$$

де τ_{max} – горизонтальне дотичне напруження, що діє від навантаження на границі асфальтобетонного покриття і жорсткою основою (приймається на основі нормативних табличних даних (табл. 3) або на основі розрахунків обґрунтованих і затверджених в установленому порядку Замовником індивідуально для кожного конкретного об'єкту); [τ] – розрахункове допустиме граничне дотичне напруження (розраховується на основі отриманих результатів експериментального визначення параметрів зчеплення між асфальтобетоном і жорсткою основою за виразом (5));

Таблиця 3. **Нормативні табличні дані навантаження та максимального дотичного напруження**

Група розрахункового навантаження	Розрахунковий параметр навантаження	Максимальне дотичне напруження $\tau_{\max}$, МПа	
	σ, МПа	При екстремальному гальмуванні	При повільному гальмуванні
A_1	0,80	0,56	0,45
A_2	0,60	0,42	0,32
Б	0,50	0,35	0,25

Параметри функції зсувостійкості C і D, обчислюють за формулами:

$$D = \frac{\lg V_{\tau_1} / \lg V_{\tau_2}}{\lg \tau_1 / \tau_2} - 1, \tag{7}$$

$$C = \frac{\tau_1^{D+1}}{V_{\tau_1}(D+1)}, \tag{8}$$

де τ_1, τ_2 – граничні горизонтальні зсуваючи напруження, МПа, відповідно при кожній швидкості зростання навантаження;

$V\tau_1$, $V\tau_2$ – дві різні швидкості зростання навантаження, МПа/с.

На основі отриманих параметрів (7, 8) та дотичних напружень (5) можна визначити функцію зсувостійкості базуючись на степеневій залежності функції Бартенєва:

$$t^* = t^*(\tau, T) = C \cdot \tau^{-D}, \tag{9}$$

$$M_{зсв} = \int_0^{t_p} \frac{dt}{C(V_\tau t)^{-D}} = 1 \tag{10}$$

Визначаємо залежність міцності зчеплення асфальтобетонну з жорсткою основою при зсув в зразку-керні від температури випробування при постійній швидкості навантаження $V\tau$.

Підставляємо в критерій Бейлі (10) функцію зсувостійкості (9) для режиму навантаження з постійною швидкістю $V\tau$, коли $\tau(t)=V\tau t$, отримаємо в результаті інтегрування:

$$t_P^{b_\tau+1} = (D+1)CV^{-D}. \qquad (11)$$

Якщо врахувати, що час до граничного зсуву $t_P=\tau_г/V_\sigma$ рівний відношенню граничного напруження $\tau_г$, при зсуві витримуючого зразка – керна, до швидкості навантаження $V\tau$, то з (11) будемо мати міцність зчеплення при зсуві між асфальтобетоном і жорсткою основою з урахуванням граничного переміщення Δ

$$\tau_г = \left[(D+1)CV_\tau\right]^{1/(D+1)}. \qquad (12)$$

Використовуємо параметри (7, 8) $D=D(T)$, $C=C(T)$ з урахуванням отриманої залежності (12) визначаємо $\tau_г$ в залежності від температури для випробування з різними швидкостями навантаження V_τ. Отримані результати перевіряють з урахуванням умови (6) і перевіряють відповідність за наступною залежністю:

$$\tau_г \geq [\tau] \geq \tau_{max}, \qquad (13)$$

Потім при відповідності умови (13) граничне напруження $\tau_г$ підставляємо в формулу (11) для оцінки терміну зсувостійкості асфальтобетонного покриття на жорсткій основі автомобільних доріг та мостів за наступною залежністю:

$$T_{зсв} = \frac{C \cdot K_{мрз} \cdot k}{M_{зсв}} \geq [T_н], \qquad (14)$$

де $[T_н]$ – розрахунковий термін експлуатації асфальтобетонного покриття на автомобільних дорогах та мостах наведений в існуючих чинних нормативних документах; C – критерій граничного стану при зсуві рівний 1; $K_{мрз}$ – коефіцієнт морозостійкості визначають за залежністю:

$$K_{мрз} = \frac{\tau^{ц}_{зсув}}{\tau_{зсув}} \geq K^{н}_{мрз}, \qquad (15)$$

де $\tau^{ц}_{зсув}$, $\tau_{зсув}$ – середньоарифметичне значення границі міцності при зсуві зразків-кернів відповідно до впливів циклічного охолодження і після впливів [7]; $K^{н}_{мрз}$ – нормативний коефіцієнт, яки наведено в роботі [7]; k – коефіцієнт неоднорідності асфальтобетонного покриття на жорстких основах, який залежить від наступних характеристик: – сегрегації – асфальтобетону при виготовленні, транспортуванні та ущільненні; недостатнього зчеплення покриття та основи.

Висновки

Використання запропонованої методики дозволить підбирати на етапі проектування гідроізоляційний матеріал з більшими показниками зсувостійкості і як наслідок довговічності.

Отримано функцію зсувостійкості для асфальтобетонного покриття, що експлуатується на жорстких основах автомобільних доріг та мостів, яка дозволяє проектувати асфальтобетонні покриття підвищеної зсувостійкості з урахуванням матеріалознавчих, технологічних та конструктивних рішень, а також кліматичних умов України.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Онищенко А. Н., Ризниченко А. С.* Методика оценки обеспечения колеестойкости асфальтобетонного покрытия на цементобетонных основаних // Сборник статей и докладов ежегодной научной сессии ассоциации исследователей асфальтобетона – М., 2011. – С. 125 – 136.

2. *Жданюк В. К. Даценко В. М., Костін В. Ю., Воловик О. О.* До питання про методи оцінки та показники зсувостійкості асфальтобетонів // Автошляховик України – 2008. – № 3 (203). – С. 28 – 30.

3.ДСТУ Б В.2.7-84-99 (ГОСТ 26589-94) Мастики покрівельні та гідроізоляційні. Методи випробувань.

4. ДСТУ Б В 2.7-119:2011 Асфальтобетон і асфальтобетонні суміші.

5. СОУ 45.02-00018112-020:2009 Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій.

6. ВБН В 2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.

7. *Онищенко А. М., Різніченко О. С., Невінгловський В. Ф.* Методика визначення втрати міцності зчеплення гідроізоляційного матеріалу між асфальтобетоном і цементобетонною основою при зсуві після впливу водоморозних факторів / *А. М. Онищенко, О. С. Різніченко, В. Ф. Невінгловський* / Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка – К., 2013. – №50. – С.103 – 106.

8. СОУ 45.2-00018112-046:2009 Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами.