

## АРМУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Гамеляк І.П.

Національний транспортний університет

---

Мета застосування армувальних синтетичних матеріалів (АСМ) – перерозподіл зусиль в конструкції дорожнього одягу для підвищення живучості і запобігання тріщиноутворення в асфальтобетонних шарах, підвищення несної здатності та збільшення строку служби конструкції в цілому, а також для запобігання проявлення відображених тріщин в покритті на тріщинувато-блочній основі [1,2]. Завдяки застосуванню АСМ в пакеті асфальтобетонних шарів досягається зменшення колійності, зменшення тріщиноутворення від втоми; зменшення товщини шарів посилення.

Розрахунок тріщиностійкості армованого асфальтобетонного покриття складається з таких етапів:

- встановлення або розрахунок параметрів асфальтобетону в залежності від стадії проектування;
- приведення фактичної конструкції до розрахункової моделі за встановленими параметрами ґрунту земляного полотна та шарів дорожнього одягу;
- розрахунок коефіцієнту інтенсивності напружень;
- розрахунок тріщиностійкості шару покриття.

Вихідні дані для розрахунку включають:

- загальні дані про умови будівництва;
- аналіз типів дефектів існуючого покриття, їх частоту і вагомість;
- дані про діючі навантаження:  $N_p$  – фактична інтенсивність руху та склад транспортного потоку та приведення до розрахункового автомобіля;
- дані про існуючу конструкцію дорожнього одягу:  $E_1, E_2, \dots E_n$  – модулі пружності матеріалу шарів при температурі  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $h_1, h_2, \dots h_n$  – товщини існуючих шарів конструкції;
- $h_n$  товщина нових шарів посилення конструкції та характеристики асфальтобетону;
- спосіб укладання і приклеювання АСМ (тип в'язного і якість приклеювання АСМ до асфальтобетонних шарів та ін.).

### Конструювання

Конструювання дорожнього одягу виконують відповідно до типових схем згідно з рис. 1, 2.

АСМ повинен бути приклеєний до вирівняних шарів асфальтобетонного покриття. Ефективність використання АСМ можлива тільки за умови високої якості приклеювання посилюваних конструктивних шарів.

Функції АСМ при ремонтах дорожньої конструкції і методи їх з'єднання з конструктивними шарами визначають відповідно до табл. 1 і 2.

**Таблиця 1 – Функції АСМ, призначених для ремонтів**

АСМ	Функція		
	армування	шар для ослаблення напруження при контрольованому ослабленні зчеплення	ізоляція від вологи та опадів
Геотекстиль оброблений бітумом		XX	XX
Геограти	X/XX <sup>1)</sup>		X <sup>2)</sup>
Геокомпозит	X/XX <sup>1)</sup>	XX	XX
<sup>1)</sup> ефективність армування залежить від виду продукту і оточувальної температури. <sup>2)</sup> використовують тільки у випадку полімерних або скляних геограт, оброблених органічним в'язним з закріпленням на поверхні. <i>Примітка.</i> X – продукт ефективний; XX – продукт дуже ефективний.			

**Таблиця 2 – Способи з'єднання АСМ з конструктивними шарами**

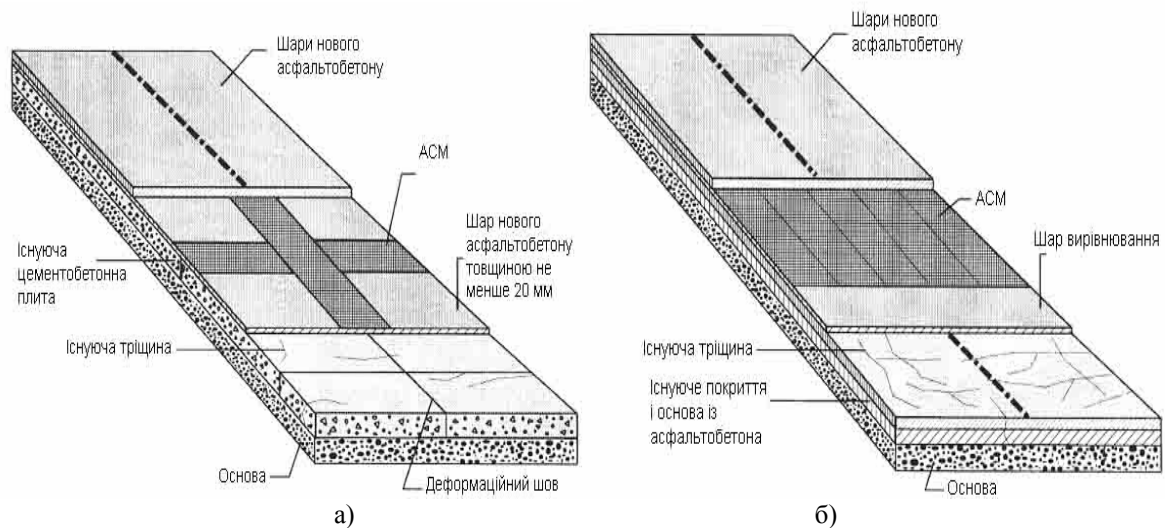
АСМ	Спосіб з'єднання				
	розлив бітуму в кількості 0,65–0,85 кг/м <sup>2</sup>	розлив бітуму в кількості 0,85–1,2 кг/м <sup>2</sup>	розлив бітумної емульсії в кількості 0,9–1,6 кг/м <sup>2</sup>	прибивання цвяхами або дюбелями	продукт самоприлипальний
Геотекстиль		+			
Геограти	+		+	+	+
Геокомпозит	+	+			

При необхідності вирівнювання поверхні після фрезерування вкладають шар асфальтобетону мінімальної товщини. Для підгрунтовки і приклеювання АСМ використовують бітум БНД 60/90 або БНД 90/130 (згідно з ДСТУ 4044), бітум модифікований полімером (згідно ТУ У В.2.7-24.1-03450778-198), або катіонну емульсію 60–65 % концентрації (згідно ТУ У В.2.7-24.1-03450778-092) при необхідності модифіковану полімерами.

Витрати в'язного повинні повністю забезпечувати просочування АСМ та якісне їх приклеювання до нижніх та верхніх шарів. Орієнтовні витрати бітуму АСМ становить від 0,65 кг/м<sup>2</sup> до 1,20 кг/м<sup>2</sup>, відповідно бітумної емульсії – від 0,90 кг/м<sup>2</sup> до 1,60 кг/м<sup>2</sup> і залежать від стану основи, типу армуючого матеріалу, виду в'язного, способу розподілу підгрунтовки, температурного режиму влаштування покриття тощо. В таблиці 3 приведено орієнтовні норми розливу бітуму при влаштуванні армувальних прошарків.

Підгрунтовку наносять в такий спосіб, щоб забезпечити рівномірне розподілення в'язного. Емульсію розподіляють тонким суцільним шаром.

На укладений АСМ вкладається асфальтобетонний шар з товщиною не менше 5 см.



а) напівжорсткого – при ремонті; б) нежорсткого – при реконструкції.

Рис. 1. Типові схеми армування дорожнього одягу

Застосування АСМ є найбільш ефективним у випадку будівництва магістральних вулиць та доріг високої якості і доріг з рухом великовантажних транспортних засобів, які спричинюють утворення колії і тріщин. У такому випадку слід використовувати щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА) згідно з ДСТУ Б В.2.7-127 та традиційні суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-119, приготовлені з використанням бітуму модифікованого полімерами згідно з ТУ У В.2.7-24.1-03450778-198-2002.

Таблиця 3 – Орієнтовні норми розливу бітуму для підгрунтовки

Клас шорсткості	Шорсткість покриття за методом піщаної плями, мм	Вид текстури підложки	Орієнтовна норма розливу бітуму, кг/м <sup>2</sup>	
			геограти	геокомпозит
4	0,8–1,2	Крупнозерниста	0,90–1,15	0,95–1,20
3	0,4–0,8	Середньозерниста	0,85–1,10	0,90–1,15
2	0,2–0,4	Дрібнозерниста	0,75–1,05	0,80–1,10
1	< 0,2	Піщана	0,65–1,00	0,70–1,05

*Примітки.* 1. Норма витрати уточнюється на місці виконання робіт за результатами пробної приклейки АСМ.  
2. При використанні способу розподілу бітуму шляхом розбрикування форсунками норма розливу може бути зменшена.

### Розрахунок

Розповсюдження тріщини в конструкції з армованого і неармованого асфальтобетону визначають за формулою Паріса [3, 4]:

$$\frac{dc}{dN} = A \cdot \Delta K^n, \quad (1)$$

де  $dc/dN$  – швидкість росту тріщини довжиною  $c$  за один цикл навантаження  $N$ ;

$\Delta K$  – амплітуда коефіцієнту інтенсивності напружень ( $\Delta K = K_{max} - K_{min}$ );

$A, n$  – константи матеріалу (для неармованої конструкції  $A_{неарм.}, n_{неарм.}$ ; для армованої –  $A_{арм.}, n_{арм.}$ ).

Для заданої товщини шару посилення  $h$  кількість циклів навантаження, до руйнування розраховують за формулою:

$$N = \frac{h}{\frac{dc}{dN}} \quad (2)$$

Постійну  $A_{неарм.}$  для неармованої конструкції розраховують за залежністю:

$$A_{неарм.} = 10^{a_0 + a_1 \cdot n} \quad (3)$$

де  $a_0 = -2,36; a_1 = -1,14$ .

Повний ефект армування моделюють, шляхом зменшення значення коефіцієнта  $A$ . Для армувальних сіток при влаштуванні асфальтобетонних шарів посилення  $A_{арм.}$  визначають за формулою:

$$A_{арм.} = k_{арм.} \cdot A_{неармов.} \quad (4)$$

Значення коефіцієнта  $k_{арм.}$  для різних типів АСМ визначають відповідно до табл. 4.

При індивідуальному проектуванні відповідальних конструкцій константу матеріалу  $n$ , що характеризує розповсюдження тріщини в асфальтобетоні, визначають експериментально або розраховують за формулою:

$$n = \frac{2}{m \cdot \gamma} \quad (5)$$

Коефіцієнт приведення  $m$  залежить від модуля пружності асфальтобетону  $E$  і модуля пружності бітуму  $E_{бит.}$ . Для заданих умов часу дії навантаження, для якого виконують розрахунок, визначають кут нахилу  $m$  на кривій, як відношення між логарифмом часу навантаження  $\log t_n$  до логарифма модуля пружності асфальтобетону  $\log E$  згідно з рис. 3.

**Таблиця 4** – Значення коефіцієнта  $k_{арм.}$

Матеріал для армування	$k_{арм.}$	Швидкість росту тріщини, $dN/dc$ , міліметрів за цикл
Без армування	1,00	$2,0 \cdot 10^{-4}$
Нетканинний геотекстиль	0,75	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Геограти:		
– поліпропіленові	0,40	$0,8 \cdot 10^{-4}$
– поліестерові	0,33	$6,6 \cdot 10^{-5}$
– скляні	0,35	$0,7 \cdot 10^{-5}$
– полівінілалкогольні	0,30	$5,0 \cdot 10^{-5}$
<i>Примітка.</i> Приведені коефіцієнти використовують при виконанні розрахунків на стадії ТЕО. При кінцевому виборі АСМ необхідно провести лабораторні випробовування з визначенням фактичних значень $k_{арм.}$ і $dN/dc$ для даного типу АСМ.		

Коефіцієнт  $\gamma$  розраховують за формулою:

$$\gamma = \exp\left[0,34 - 3,58 \cdot 10^{-4} \cdot E - 6,67 \cdot 10^{-3} \cdot E_{\text{бim.}} + 1,01 \cdot 10^{-4} \cdot E \cdot \ln(E_{\text{бim.}})\right]. \quad (6)$$

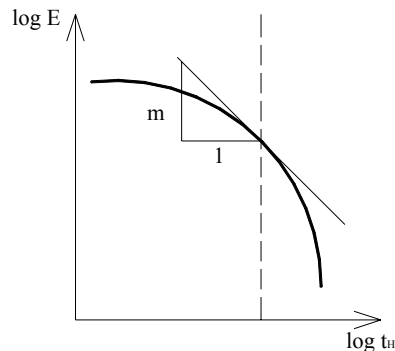


Рис. 3. Схематична залежність між логарифмом  $\log E$  модуля пружності асфальтобетону і логарифмом часу навантаження  $\log t_n$  ( $t_n$  – тривалість одного циклу навантаження)

Модуль пружності дистильованих бітумів розраховують за формулою Уллідца, яка апроксимує номограму Ван-Дер-Поля:

$$E_{\text{бim.}} = 1,157 \cdot 10^{-7} \cdot \tau^{-0,368} \cdot \exp(-III) \cdot (T_{\text{КіК}} - T)^5, \quad (7)$$

де  $\tau$  – тривалість навантаження, с (змінюється в межах від 0,01 с до 1,00 с);

$T_{\text{КіК}}$  – температура розм'якшення бітуму, °С;

$T$  – температура випробування, °С;

$III$  – індекс пенетрації бітуму, визначається згідно з ДСТУ 4044.

Модуль пружності асфальтобетону  $E$  залежить від об'ємної долі (концентрації) мінеральних складових  $V_{\text{мс}}$ , та бітуму  $V_{\text{бim.}}$ , залишкової пористості асфальтобетону, типу суміші та інших факторів які визначають за даними лабораторних досліджень або за аналітичними залежностями для вибраної технології отримання бітуму і складу асфальтобетонної суміші.

При стандартних розрахунках необхідне значення показника степеня  $n$  залежно від дорожньо-кліматичної зони України (ДКЗ) згідно з ДБН В.2.3-4 приймається рівним:

- Південна (У-IV, південний берег Кримського півострова) –  $n = 3,5$ ;
- Центральна, Південна та Західна ДКЗ (зони У-II, У-III, У-IV) –  $n = 4,5$ ;
- Північна ДКЗ (зона У-I) –  $n = 7,0$ .

Присутність АСМ не впливає на значення  $n$ , тобто:

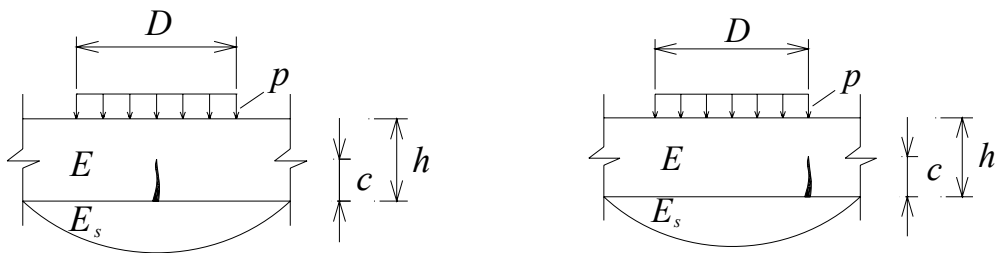
$$n_{\text{арм.}} = n_{\text{неарм.}} \quad (8)$$

### Розрахункова схема конструкції з АСМ при посиленні

В якості розрахункової приймають двошарову конструкцію, шари якої зчеплені між собою – покриття (товщиною  $h$  з приведеним модулем пружності  $E$ ) на основі (загальний модуль пружності на поверхні основи  $E_s$ ). Навантаження від колеса, що діє на конструкцію, характеризується тиском у контакті  $p$  і діаметром області контакту  $D$ . У зв'язаному шарі є тріщина, яка росте від низу до верху шару, й у даний момент довжина тріщини рівна  $c$ . Розглядаються два випадки прикладання навантаження згідно з рис. 4:

- а) навантаження, розташоване над тріщиною (рис. 4 а);
- б) навантаження, розташоване з однієї сторони від тріщини (рис. 4 б).

У першому випадку тріщина поширюється через дію напружень розтягу при згині, в той час як у другому випадку причиною поширення тріщин є поперечні сили. Розрахунок полягає у визначенні швидкості поширення тріщини через монолітний шар.



а) випадок згину  
(повздожній напрямок);

б) випадок зрізу  
(поперечний напрямок)

Рис. 4. Розрахункова схема конструкції дорожнього одягу з тріщиною

Напружений стан у вершині тріщини описується за допомогою коефіцієнта інтенсивності напружень  $K_I$ , який залежить від напружень  $\sigma$  і довжини тріщини  $c$ :

$$K_I = f(\sigma\sqrt{c}) \quad (9)$$

Схематичний розподіл напружень у пластині з тріщиною приведено на рис. 5.

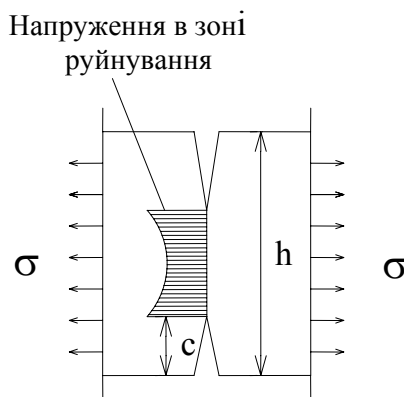


Рис. 5. Схема розподілу напружень у пластині з тріщиною

Два випадки навантаження згідно з рисунком 6 враховують за допомогою коефіцієнтів інтенсивності напружень згідно з формулами (10) і (11):

- значення  $\Delta K_b$  – для розтягу при згині

$$\Delta K_b = k_b \cdot p \cdot \exp\left(-\frac{\beta}{2}\right) \cdot \frac{\sin\left(\beta \cdot \frac{D}{2}\right)}{\beta^2 \cdot h^{\frac{3}{2}}}, \quad (10)$$

- значення  $\Delta K_s$  – для поперечного зусилля

$$\Delta K_s = k_s \cdot p \cdot \frac{\left(1 + \exp\left(-\frac{\beta}{2}\right) \cdot \sin(\beta \cdot D)\right)}{4 \cdot \beta \cdot \sqrt{h}}, \quad (11)$$

де

$$\beta = \frac{1}{0,55 \cdot h} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_s}{E}}, \quad (12)$$

тут  $k_b, k_s$  – безрозмірні коефіцієнти інтенсивності напружень, їх визначають відповідно до табл. 5.

**Таблиця 5** – Значення коефіцієнтів  $k_s$  та  $k_b$  для розрахунку коефіцієнта інтенсивності напружень

Відношення $c/h$	$k_s$ при зчепленні між блоками <sup>1)</sup>			$k_b$ при зчепленні між блоками		
	малому	середньому	великому	малому	середньому	великому
0	0,20	0,18	0,11	0,485	0,485	0,485
0,1	0,30	0,25	0,20	0,70	0,62	0,60
0,2	0,40	0,35	0,26	0,75	0,70	0,59
0,3	0,50	0,45	0,35	0,72	0,62	0,47
0,4	0,60	0,55	0,43	0,62	0,51	0,26
0,5	0,73	0,65	0,51	0,44	0,30	-
0,6	0,86	0,76	0,60	0,20	-	-
0,7	1,05	0,94	0,69	-	-	-
0,8	1,30	1,13	0,81	-	-	-
0,9	1,535	1,33	0,93	-	-	-
1,0	1,85	1,52	1,04	-	-	-

<sup>1)</sup> Ділянка асфальтобетонного покриття обмежена по контуру тріщинами або швами, в якій один із розмірів (довжина або ширина) менший ніж 2,5 м.

*Примітка.* Малому відповідає зчеплення між блоками з шириною шва або розкиття тріщини більше ніж 6 мм, середньому від 3 мм до 6 мм, великому менше ніж 3 мм.

Розповсюдження тріщини і кількість циклів до руйнування неармованого шару асфальтобетону можуть бути розраховані згідно з формулами (1) і (2) та з використанням значень  $A = A_{неарм.}$  та  $n_{неарм.}$ , а для армованого шару асфальтобетону, – приймаючи  $A = A_{арм.}$  та  $n_{арм.}$ .

Ефективність застосування АСМ оцінюється аналітичним порівнянням строків служби армованих і неармованих конструкцій.

### Приведення багатшарової конструкції до двошарової моделі

Існуюча багатшарова конструкція приводиться до більш простої двошарової моделі. При цьому всі зв'язані шари приводять до одного шару, еквівалентного за жорсткістю. Ця схематизація відповідає поширенню тріщин у всіх монолітних шарах. При розрахунках модуль пружності шару посилення, шару існуючого асфальтобетону і монолітної основи (укріпленої цементом, бітумом або іншим матеріалом) об'єднують до єдиного приведеного (ефективного) модуля пружності  $E$  згідно з рис. 6.

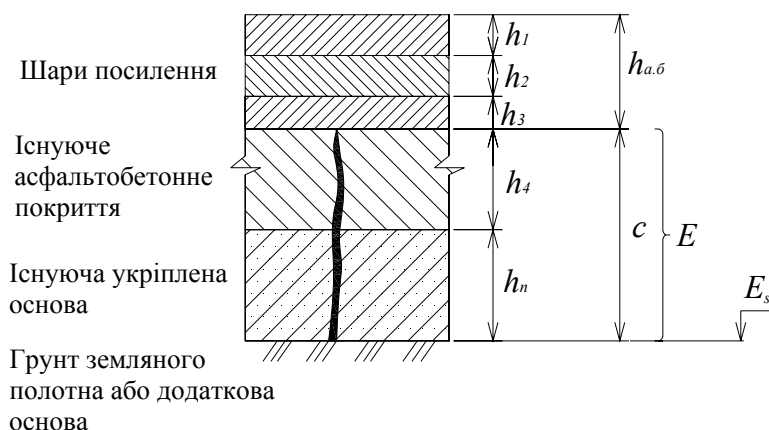


Рис. 6. Приклад КДО з існуючим покриттям з асфальтобетону на тріщинувато-блочній основі, укріпленій цементом, і її схематизована модель

Приведення для випадку посилення асфальтобетоном існуючого асфальтобетонного дорожнього покриття з тріщинами, влаштованого поверх неукріпленої основи, виконується згідно з рис. 7.

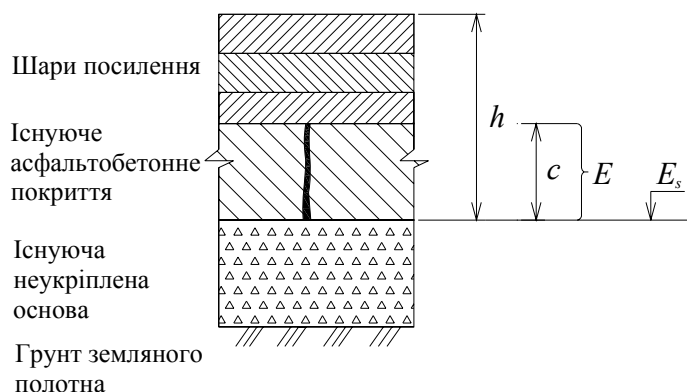


Рис. 7. Приклад КДО з неукріпленою основою і її схематизована модель



Для обох випадків (рис. 8 і 9) довжину тріщини приймають рівною товщині тріщинувато-блочних монолітних шарів. За приведеними схемами існуючі багатшарові конструкції приводять до двохшарової системи за методикою, приведеною нижче.

Циліндричну жорсткість тришарової конструкції визначають згідно з формулою:

- при повному зчепленні між шарами:

$$D_{III} = \frac{\sum_{i=1}^3 (E'_i \cdot h_i^3)}{12} + \Delta_{III}, \quad (13)$$

де

$$\Delta_{III} = \frac{E'_1 \cdot E'_2 \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot (h_1 + h_2)^2 + E'_1 \cdot E'_3 \cdot h_1 \cdot h_3 \cdot (h_1 + 2 \cdot h_2 + h_3)^2 + E'_2 \cdot E'_3 \cdot h_2 \cdot h_3 \cdot (h_2 + h_3)^2}{4 \cdot (E'_1 \cdot h_1 + E'_2 \cdot h_2 + E'_3 \cdot h_3)}, \quad (14)$$

$$E'_i = \frac{E_i}{(1 - \mu_i^2)}, \quad (15)$$

де  $E_i$  – модуль пружності матеріалу шару дорожнього одягу;  $h_i$  – товщина  $i$ -го шару; при відсутності зчеплення ("слизький контакт"):  $\Delta_{III} = 0$ .

Положення нейтральної площини  $\delta_{III}$  визначають згідно з формулою:

$$\delta_{III} = \frac{h_1}{2} + \frac{E'_2 \cdot h_2 \cdot (h_1 + h_2) + E'_3 \cdot h_3 \cdot (h_1 + 2 \cdot h_2 + h_3)}{2 \cdot (E'_1 \cdot h_1 + E'_2 \cdot h_2 + E'_3 \cdot h_3)}. \quad (16)$$

Приведений ефективний (еквівалентний за жорсткістю) модуль пружності однорідного шару, складеного з трьох шарів визначають згідно з формулою:

$$E_{III}^{одн} = \frac{D_{III} \cdot (1 - \mu_{сер.}^2) \cdot 12}{(h_1 + h_2 + h_3)}; E = E_{III}^{одн}, \quad (17)$$

де  $\mu_{сер.}$  – приведений коефіцієнт Пуассона пакету із трьох шарів.

При кількості монолітних шарів більше 4- допускається приведення до трьохшарової системи з осередненням  $E$  двох шарів з близькими значеннями модуля пружності асфальтобетону.

Для встановлення ефективного модуля  $E$  монолітних шарів, в яких поширюється тріщина, й ефективного модуля  $E_s$  неукріплених шарів, що підтримують зв'язані шари, використовують чотири методи:

- зворотне обчислення  $E$  і  $E_s$ , за результатами польового вимірювання пружного прогину;
- оцінка модуля різних шарів за результатами лабораторних випробувань;
- розрахунок за простими формулами або номограмами для різних значень часу дії навантаження та температури;
- використання табличних значень.

Модуль пружності матеріалу монолітного шару визначають в залежності від стадії проектування та необхідного рівня надійності відповідно до табл. 6.

**Таблиця 6** – Умови призначення модуля пружності шару

Рівень надійності, $H$	Метод визначення модуля пружності шару
0,97 і більше	Стенові та лабораторні випробування. Польові обстеження.
від 0,95 до 0,97	Номограми або аналітичні залежності.
менше 0,95	За таблицею ВБН В.2.3-218-186.

Після визначення модулів різних шарів розраховують приведений модуль для верхнього асфальтобетонного шару і зв'язаного шару основи та об'єднаний модуль неукріпленого шару основи і земляного полотна за методикою згідно з ВБН В.2.3-218-186.

### **Обмеження**

Ефективність армування конструкції з використанням АСМ зменшується разом із зростанням жорсткості шарів дорожнього одягу та зменшення відношення модуля пружності АСМ до модуля пружності шару дорожнього одягу.

Недопустимим є укладання шарів АСМ на основі з тріщинами з нестійкими крайками, які обламуються та викришуються в процесі виконання робіт. Роботи допускається проводити виключно при сухій погоді. Не допускається вкладати АСМ мокрим, на мокру поверхню або залишати на ніч без перекриття асфальтобетонним шаром.

При неможливості забезпечити нормативні витрати в'язного для підгрунтовки рівномірність його розподілу або якість приклеювання АСМ, то необхідно відмовитися від застосування АСМ.

Як матеріал для підгрунтовки перевагу слід віддавати гарячому бітуму (модифікованому полімерами), перед емульсією. Максимальний поздовжній похил при укладанні АСМ не повинен перевищувати 30 ‰ для автомобільних доріг I-II категорії та 40 ‰ для доріг III-IV категорій.

При використанні АСМ з оптимальною характеристикою підложки не повинно відбуватися зменшення сили з'єднання між шарами асфальтобетону та армуючим прошарком. Для забезпечення сумісної роботи шарів необхідна сила зчеплення (міцність на зсув) повинна становити не менше ніж 0,35 МПа.

Температура виконання робіт обмежується допустимою температурою асфальтобетонних робіт. У випадку застосування для насичення і приклеювання АСМ емульсій модифікованих полімерами (термоеластопластами та латексами), згідно з ТУ У В.2.7-24.1-03450778-092, температура повітря повинна бути не нижче ніж +15 °С, а температура оброблюваної конструкції дорожнього одягу повинна бути не нижче ніж +10 °С.

Не допускається рух транспортних засобів по розкладеному АСМ за виключенням технологічного транспорту. Технологічний транспорт повинен рухатися з малою швидкістю, без різкого гальмування, розгону та поворотів.

### **Технологія виконання робіт**

При використанні АСМ в асфальтобетонних покриттях додаткові вимоги до матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу не передбачено. Органічні в'язні, що застосовуються як підгрунтовка, повинні відповідати вимогам: бітуми – ДСТУ 4044, бітумні емульсії – ТУ У В.2.7-24.1-03450778-092, модифіковані бітуми – ТУ У В.2.7-24.1-03450778-198. Асфальтобетонні суміші повинні задовольняти вимоги ДСТУ Б В.2.7-119.

В якості АСМ використовують геограти та композитні армувальні матеріали відповідно до вимог Технічних умов виробника і передбачених проектною документацією.

Для армування асфальтобетонного покриття жорстких та напівжорстких дорожніх одягів використовують АСМ на основі природних органічних і неорганічних волокон та штучних органічних (полімерних) і неорганічних волокон.

Вибір відповідного типу АСМ здійснюють за співвідношенням між розмірами вічок  $l_{віч.}$  і найбільшим діаметром часток заповнювача  $d_{max}$  (відношення  $d_{max}/l_{віч.} \geq 2,0-2,5$ ) та величиною діючих напружень розтягу при згині та зрізі.

Відкритість структури геогратів повинна складати більше 75 % для забезпечення максимального зв'язку шарів асфальтобетону, між якими укладається АСМ.

Для армування рекомендується використовувати АСМ з міцністю не менше ніж 50 кН/м для доріг I та II категорії та не менше ніж 40 кН/м для доріг III – IV категорії. У виключних випадках може використовуватися АСМ з міцністю більше 100 кН/м. Для забезпечення ефективного використання АСМ його видовження при розтягу не повинно перевищувати максимального видовження при розриві композиту (асфальтобетон та АСМ) яке становить 9–12 %. Робота асфальтобетонного покриття в пружній стадії забезпечується при видовженні АСМ в межах 3–6 %.

#### *Основні технологічні операції*

Роботи з улаштування асфальтобетонних покриттів, армованих синтетичним матеріалом, виконують за типовими технологічними картами та включають такі операції:

- підготовка основи;
- розлив органічного в'язного (в'язкого бітуму або бітумної емульсії);
- укладання і закріплення АСМ;
- повторний розлив в'язного і прикатка легким пневмоколісним котком (при необхідності);
- влаштування асфальтобетонного покриття.

Перераховані операції виконують в одну зміну з плануванням мінімально можливої довжини потоку (не більше ніж 60 м), застосовуючи існуючий парк машин у загоні. Величина змінної захватки повинна бути кратною довжині полотна АСМ в рулоні.

#### *Підготовка основи під АСМ*

АСМ укладають між шарами асфальтобетону, на нижній шар асфальтобетону наносять підґрунтовку з витратою відповідно до таблиці 3. Для забезпечення рівності в поздовжньому та поперечному напрямках нижній шар вирівнюють за допомогою фрезерування або профілювання.

Основа повинна бути відремонтована, суха, очищена від жирних плям, розмітки, нафти, рослинності, піску, пилу, бруду, гравію, щебеню тощо. Ділянки з дефектами типу “крокодилова шкіра” повинні бути замінені на всю глибину асфальтобетонного шару.

Волосяні тріщини на поверхні основи не потребують попередньої обробки, можуть бути тільки очищені. Тріщини шириною менше ніж 3 мм слід очистити. Перед укладанням АСМ поперечні тріщини шириною більше ніж 3 мм і поздовжні тріщини довжиною більше ніж 3 м і шириною більше ніж 5 мм прочищують або розробляють фрезою з наступним заповненням піщаним асфальтобетоном або бітумною мастикою або заклеюють бітумно-полімерною стрічкою.

Коефіцієнт варіації загального модуля пружності на поверхні існуючого покриття ділянки, що підлягає ремонту, не повинен перевищувати 18 % для доріг I категорії, 20 % – для II категорій та 24–28 % – для III і V категорій.

Поверх підготовленої основи вкладають шар вирівнювання із асфальтобетону мінімальної товщини або влаштовують тонкошарове покриття.

#### *Влаштування підготовки з органічного в'язного*

Як підгрунтовка застосовується бітум БНД 60/90 або БНД 90/130 (модифікований) або катіоноактивна модифікована бітумна емульсія швидкорозпадна 60–65 % концентрації. Підгрунтовку наносять рівномірно в кількості, необхідній для повного просочення АСМ. Витрата бітуму – від 0,65 кг/м<sup>2</sup> до 1,20 кг/м<sup>2</sup>; витрата емульсії – від 0,85 кг/м<sup>2</sup> до 1,6 кг/м<sup>2</sup>.

Температура в'язкого бітуму для підгрунтовки повинна становити 140–160 °С, модифікованого бітуму 150–170 °С, а бітумної емульсії при розливі не повинна перевищувати 70 °С.

Ширина розподілу в'язного повинна на 0,15–0,20 м перевищувати ширину полотна АСМ. Час, між розливом бітуму і укладанням АСМ добирають так, щоб забезпечити максимальне прилипання АСМ до основи. Орієнтовний час витримування емульсії до розпаду визначають відповідно до табл. 7.

Якщо застосовують еластомеробітум, який містить розріджувач, то АСМ розкладають після випаровування розріджувача. Якщо використовують емульсію бітумну модифіковану еластомером, то геосинтетик розкладають після розпаду емульсії і випаровування води.

**Таблиця 7** – Час витримування до укладки АСМ при використанні підгрунтовки із швидкорозпадної бітумної емульсії

Температура повітря, °С	Стан основи		
	Суха	Помірно волога	Волога
15–20	2 год	3 год	4 год
29–30	1 год	2 год	3 год
більше 30	0,5 год	1 год	2 год

При температурі покриття вище ніж 35 °С укладку АСМ слід здійснювати захватками від 25 м до 30 м, позаяк емульсія швидко розпадається і не забезпечується якісне просочення АСМ. Час витримування до укладки АСМ може становити від 15 хв. до 20 хв.

Після розподілу бітуму відразу укладають АСМ.

#### *Укладання АСМ*

Рулони розкочують рівно без перекосів і складок з невеликим подовжнім натягненням близько 10 см на кожні 5 м ділянки (0,2 %).

Полотна вкладають з відступом 10 см від крайки покриття. Перекриття уздовж полотна повинно становити від 10 см до 20 см і поперек полотна від 15 см до 25 см. Кінець одного рулону повинен накривати початок наступного в напрямку укладки асфальтобетону. При армуванні декількох смуг руху поперечні напуски полотен не повинні збігатися. Не допускається поздовжнє перекриття полотен АСМ в межах смуги накату.

В частині перекриття полотна в залежності від якості просочення можуть бути додатково підгрунтовані. Допускається додаткове прикріплення АСМ до основи присипкою з гарячої асфальтобетонної суміші вручну або дротяними скобами, цвяхами чи дюбелями з кроком від 0,25 м до 0,30 м на початку розкочування АСМ по ширині рулону, та по довжині від 1,5 м до 3,0 м в залежності від умов укладання, швидкості вітру, якості приклеювання та різновиду асфальтоукладача. Після прикріплення АСМ до основи при необхідності виконують прикочування полотен із полімерних АСМ легкими котками на пневматичних шинах. Для АСМ на основі базальтових та скляних волокон прикочування забороняється.

При укладанні на крутих поворотах полотна АСМ повинні бути відповідно розмічені і розрізані на сегменти, а в місцях інженерних мереж – відповідно прирізані.

Повторний розлив в'язучого і прикочування

При великих похилах або недостатній в'язкості емульсії або при низькій температурі бітуму і поверхні покриття допускається повторний розлив в'язного. В такому випадку спочатку розливають 2/3–3/4 кількості в'язного від необхідної, укладається АСМ (при необхідності прикочують 2–4 проїздами легкого котка на пневматичних шинах) і поверху наноситься залишок в'язного.

Асфальтобетонні шари влаштовують відразу після укладки АСМ за типовою технологією асфальтоукладачами на гусеничному або пневмоколісному ході. Автомобілі, що заїжджають на АСМ при підвезенні асфальтобетонної суміші, повинні рухатись прямолінійно, без поворотів, різкого гальмування і різкого рушення з місця.

АСМ повинен бути стійким до дії температури плюс 220 °С. Температура поверхні асфальтобетонної основи перед укладкою покриття повинна бути в межах від плюс 5–10 °С до плюс 60 °С.

Край асфальтобетонного шару після укладача не повинен збігатися з місцем перекриття полотон АСМ.

Шари покриття повинні бути укладені з постійною товщиною. Допустимий розкид товщини визначається коефіцієнтом варіації товщини  $C_h$  з умови (18):

$$C_h \leq \frac{20}{\sqrt[3]{h}}, \quad (18)$$

де  $h$  – проектна товщина асфальтобетонного шару над АСМ, см.

Технологія виконання робіт при ремонті та розширенні конструкцій дорожніх одягів.

Поверхневий (неглибокий) ремонт поперечних тріщин з використанням АСМ.

Застосовують для сповільнення розвитку в асфальтобетонних шарах тріщин, коли краї тріщин достатньо міцні, а фрезерування шарів покриття на всій довжині ділянки не обов'язкове.

Порядок виконання робіт (рис. 8):

- локальне фрезерування асфальтобетонного шару покриття уздовж тріщини смугою шириною 1 м і на глибину, яка на 3 см перевищує товщину покриття;
- розкриття тріщини фрезою до ширини не менше ніж 12 мм і глибини 15 мм та заповнення тріщини емульсією або мастикою;
- розлив по зфрезерованій поверхні підгрунтовки;
- укладання АСМ при необхідності з додатковим прикріпленням;
- герметизація вертикальних стінок зфрезерованої смуги бітумною ізоляцією (бітумом, емульсією, мастикою) або самоклейними полімер-бітумними стрічками;
- заповнення зфрезерованого місця асфальтобетоном.

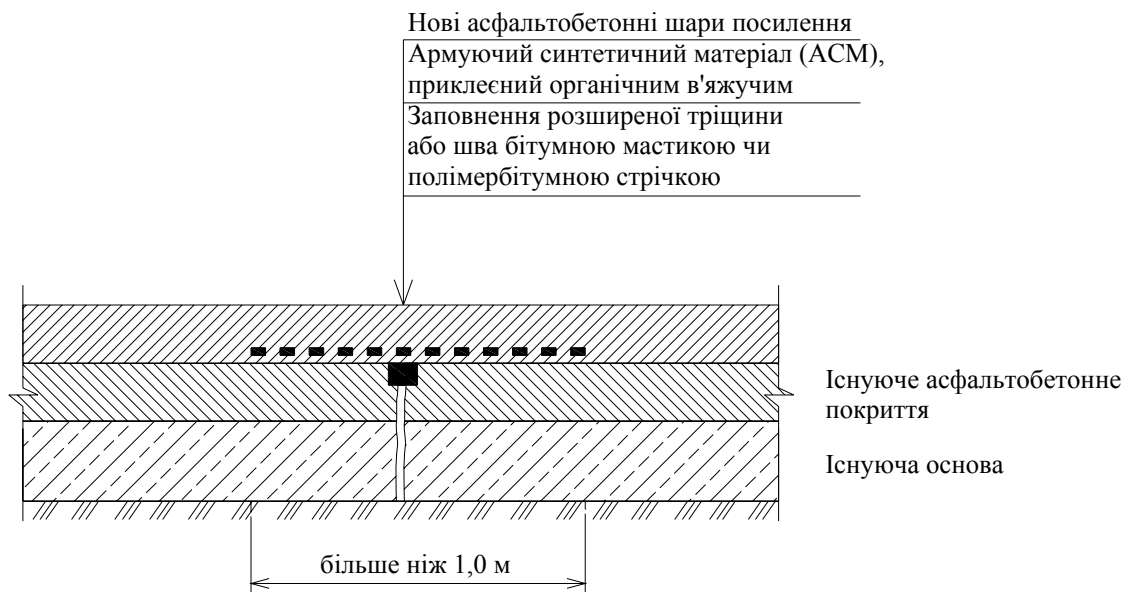


Рис. 8. Поверхневий ремонт поперечних тріщин та ямковий ремонт

### Структурний (глибокий) ремонт відображених тріщин з використанням АСМ

Застосовують для ремонту відображених тріщин при недостатній міцності основи (розтріскана основа, укріплена цементом, пісний бетон, цементобетон, дроблений віброрезонансним методом тощо), при недостатній міцності крайок та недостатній несній здатності конструкції. Цей ремонт також включає можливу заміну основи та може бути використаний для локальних ремонтів тріщин втоми (тріщини типу "крокодилова шкіра") (рис. 9).

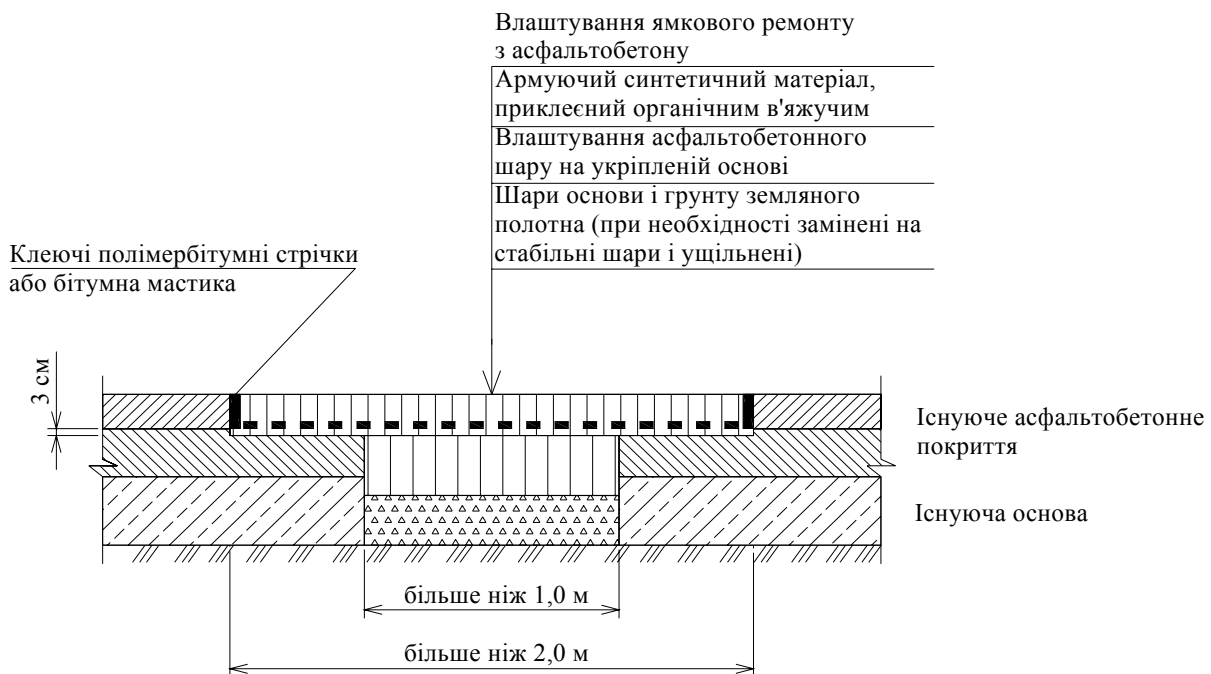


Рис. 9. Структурний (глибокий) ремонт конструкції дорожнього одягу

Порядок виконання робіт:

- локальне фрезерування шару (шарів) асфальтобетонного покриття уздовж тріщини смугою шириною 2 м на глибину, яка на 3 см нижче шару покриття;
- фрезерування нижніх шарів конструкції дорожнього одягу на ширину 1 м і до глибини шарів основи з недостатньою міцністю;
- ремонт або заміна матеріалу основи щебенем, укладеним за способом заклинки або щебеневими сумішами оптимального складу;
- відновлення нижньої зфрезерованої частини конструкції (шириною 1 м) матеріалами, подібними до суміжних зв'язаних шарів, для забезпечення однорідності за міцністю;
- підготовка основи;
- укладання шарів АСМ;
- герметизація вертикальних крайок верхньої зфрезерованої ділянки і заповнення асфальтобетоном.

При підсиленні конструкції новим асфальтобетонним шаром поверх відремонтованого місця вкладається смуга АСМ шириною 3 м по підґрунтовці згідно з рис. 10.

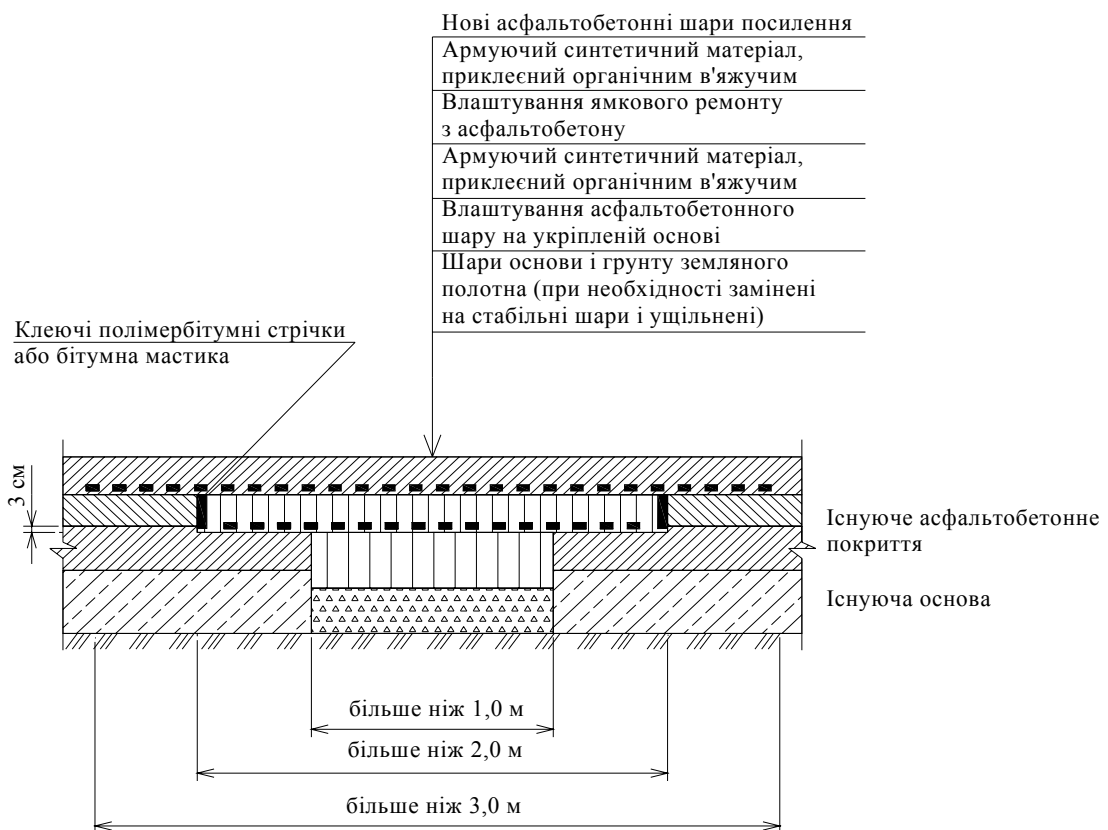


Рис. 10. Структурний ремонт під нові асфальтобетонні шари

Використання геосинтетиків для поширення конструкції дорожнього одягу або перебудови узбіччя має за мету запобігання (або щонайменше затримування) проростання на поверхні

проїзної частини поздовжніх тріщин, відображених тріщин або поздовжніх швів на краях з'єднання існуючої проїзної частини з конструкцією розширення або укріплення узбіччя.

Порядок виконання робіт:

- розбирання існуючого узбіччя до глибини, передбаченої проектом, або виконання холодного фрезерування до запроєктованої глибини зняття шарів основи;
- виконання сходинок в існуючій конструкції, щоб одержати правильне поєднання поширення;
- вирівнювання шарів покриття проїзної частини фрезеруванням або вирівнювальним шаром з асфальтобетонних сумішей;
- укладання нових конструктивних шарів поширення проїзної частини або укріплення узбіччя основи проїзної частини після її вирівнювання;
- розлив на поверхні розширення і проїзній частині органічного в'язного еластомерополімерного бітуму – гарячого чи розрідженого або – емульсії еластомеробітумної катіонної в кількості, необхідній для використаного АСМ. Ширина смуги розливу повинна бути на 0,20–0,30 м більшою за ширину смуги геосинтетика, який повинен укладатись;
- укладання АСМ на поєднання проїзної частини і її розширення виконують після охолодження шару еластомеробітуму, випаровування розріджувача рідкого бітуму або після розпаду емульсії; ширина смуги геосинтетика повинна становити щонайменше 1,00 м з кожної сторони з'єднання; у разі потреби АСМ необхідно прикріпити до основи за допомогою цвяхів або дюбелів;
- перекриття всієї проїзної частини і розширення проїзної частини або укріплення узбіччя новим асфальтобетонним шаром (шарами).

## Висновки

В результаті виконаних досліджень розроблено основні положення конструювання та розрахунку нежорстких дорожніх одягів, армованих геосинтетичними матеріалами. Матеріали досліджень враховано при розробці нормативного документу на використання геосинтетичних матеріалів в дорожньому будівництві [5].

## Література

1. Гамеляк И.П., Мерзликін А.Е., Гладков В.Ю. Об ефективності армування асфальтобетонних покриттів. – Тез. Всесоюз. научно-тех. конф. – Строит. автомоб. дорог общего польз. и внутрихоз. дорог сельхоз. предприятий в Нечерноземной зоне РСФСР. – Брянск, М., 1989. – 60 с.
2. Мерзликін А.Е., Гладков В.Ю., Гамеляк И.П. Армирование асфальтобетонных покриттий при строительстве и реконструкции дорожных одежд. Автомоб. дороги: обзорн. информ. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. – М.: 1990. – Вып. 5. – 45 с.
3. Molenaar A.A.A. Structural Performance and Design of Flexible Road Construction and Asphalt Concrete Overlays. – Doct. Dissert., Delft Un-sity of Technology. – 1983.
4. Пестриков В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения твердых тел. – СПб.: Профессия, 2002. – 320 с.
5. ВБН В.2.3-218-...: 2007. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві. – К.: Укравтодор, 2008. – 125 с.