

УДК 625.7/8

В.К.ЖДАНИЮК, д-р техн. наук, О.В.ГОВОРУХА

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ І МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНІВ НА ОСНОВІ ФРЕЗЕРОВАНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ**

Визначено вплив концентрації і виду в'язучого, а також температури випробування на механічні властивості бетонів на основі фрезерованого асфальтобетону. Назначено розрахункові величини модуля пружності і міцності на розтяг при згині, які служать основними характеристиками матеріалів при проектуванні дорожніх одягів.

Определено влияние концентрации и вида вяжущего, а также температуры испытания на механические свойства бетонов на основе фрезерованного асфальтобетона. Назначены расчетные величины модуля упругости и прочности на растяжение при изгибе, которые служат основными характеристиками материалов при проектировании дорожных одежд.

The influence of the concentration and type of binder, and test temperature on mechanical properties of concrete on the basis of milled asphalt been determined. The calculated values of the modulus of elasticity and tensile strength in bending, which are the main characteristics of the materials in the design of road pavements been appointed.

*Ключові слова:* фрезерований асфальтобетон, модуль пружності, міцність на розтяг при згині, цемент, бітумна емульсія, розрахункові характеристики бетонів.

Для реалізації технології холодної регенерації старих асфальтобетонних покриттів з метою підвищення довговічності дорожнього одягу автомобільних доріг необхідними і обов'язковими є дані про розрахункові характеристики бетонів, отриманих за даною технологією [1, 2]. Розрахункові характеристики необхідні для відповідних розрахунків, результати яких дають можливість оцінити напружено-деформований стан конструкцій дорожнього одягу і ряд критеріїв, які дозволяють визначити доцільність застосування зазначеної технології з точки зору забезпечення і підвищення довговічності.

Дослідження деформаційних і міцнісних характеристик бетонів на основі фрезерованого асфальтобетону виконували за методами, прийнятими для оцінки властивостей бетонів на основі органічних в'язучих [3, 4].

Для приготування холодних сумішей на основі фрезерованого асфальтобетону в якості в'язучих використовували емульсію бітумну катіонну повільнорозпадно, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-129:2006, та портландцемент марки 400, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-46-96. Для приготування холодної регенованої суміші з використанням цементу та комбінованого в'язучого застосовувалася вода згідно ГОСТ 2874-82. Фрезерований асфальтобетон застосовувався як мінеральна складова холодних регенованих сумішей.

Виготовлення зразків-балочок розміром 40×40×160 мм здійснювали в лабораторних умовах при температурі 20 °С. Модуль пружності бетонів із фрезерованого асфальтобетону, отриманих за технологією холодного ресайклінгу, визначали за допомогою маятникового приладу ДерждорНДІ [3, 4].

Для визначення впливу концентрації і виду в'язучого, а також температури випробування на механічні властивості бетонів на основі фрезерованого асфальтобетону був застосований метод математичного планування експерименту [5]. Для складання рівнянь регресії використувався повний двохфакторний план другого порядку з варіюванням чинників на трьох рівнях (-1; 0; +1).

Як варійовані чинники (табл.1) були прийняті температура випробування (0 °С, 10 °С і 20 °С) і кількість бітумної емульсії у складі суміші (0%, 2% і 4% за масою). Для кожного з варіантів в якості параметрів оптимізації було прийнято динамічний модуль пружності ( $E_{пр}$ ) і міцність на розтяг при згині ( $R_{зг}$ ) (табл.2).

Таблиця 1 – Значення варійованих факторів

Код фактора	Фізична сутність фактору	Розмірність	Інтервал варіювання	Рівні факторів		
				- 1	0	+ 1
X <sub>1</sub>	Температура випробування	°С	10	0	10	20
X <sub>2</sub>	Кількість бітумної емульсії	%	2	0	2	4

Таблиця 2 – Параметри оптимізації при проведенні експерименту

Код параметра оптимізації	Фізична сутність параметра оптимізації	Розмірність
Y <sub>1</sub>	Модуль пружності	МПа
Y <sub>2</sub>	Міцність на розтяг при згині	МПа

Експеримент проводився відповідно до матриці планування експерименту, наведеної в табл.3.

За допомогою механічного преса проводили випробування зразків-балочок, на підставі чого було отримано залежності величини деформації від величини навантаження для бетонів з 5% цементу і 0%, 2% і 4% бітумної емульсії за температури 0, 10 і 20 °С (рис.1-3) і визначено міцність на розтяг при згині. Після визначення руйнівного навантаження випробували зразки-балочки на маятниковому приладі ДерждорНДІ для встановлення модуля пружності. На основі розрахунків отримано середні значення функцій відгуку, що позначено в табл.3 як Y<sub>1</sub> і Y<sub>2</sub>.

Таблиця 3 – Матриця планування експерименту  
(Т – температура випробування, Е – вміст бітумної емульсії)

Значення факторів							Е <sub>пр</sub> , МПа	R <sub>т</sub> , МПа
в кодованих значеннях					в натуральних значеннях			
X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	T	E	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>
-1	-1	1/3	1/3	1	0	0	1913	3,6
-1	0	1/3	-2/3	0	0	2	3400	4,8
-1	1	1/3	1/3	-1	0	4	2900	5,6
0	-1	-2/3	1/3	0	10	0	1782	2,6
0	0	-2/3	-2/3	0	10	2	2041	3,4
0	1	-2/3	1/3	0	10	4	1830	3,5
1	-1	1/3	1/3	-1	20	0	1585	1,7
1	0	1/3	-2/3	0	20	2	1453	2,1
1	1	1/3	1/3	1	20	4	1226	1,8

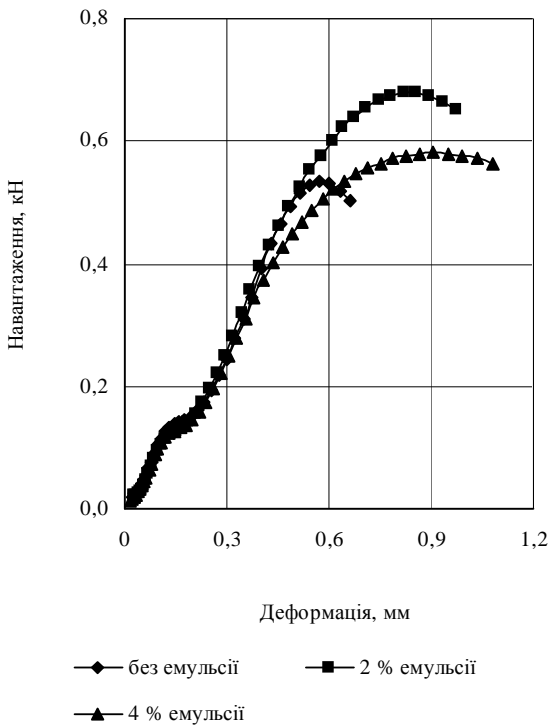


Рис.1 – Залежність величини деформації від величини навантаження для бетонів з 5% цементу і 0%, 2% і 4% бітумної емульсії за температури 20 °С

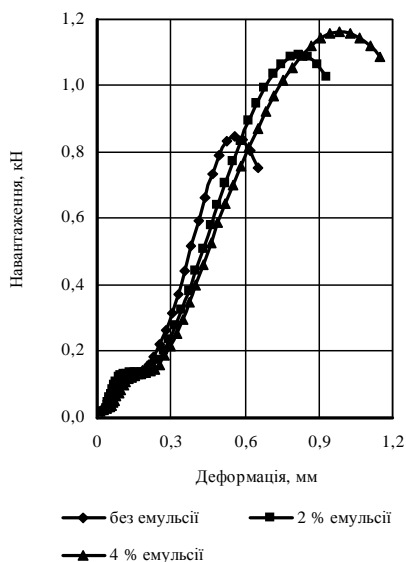


Рис.2 – Залежність величини деформації від величини навантаження для бетонів з 5% цементу і 0%, 2% і 4% бітумної емульсії за температури 10 °С

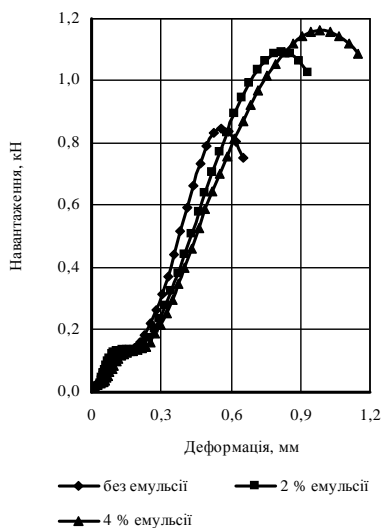


Рис.3 – Залежність величини деформації від величини навантаження для бетонів з 5% цементу і 0%, 2% і 4% бітумної емульсії за температури 0 °С

За результатами моделювання отримано рівняння регресії для кодovаних значень змінних:

$$Y_1 = 2168 - 658X_1 + 113X_2 + 195X_{12} - 425X_{22} - 336X_1X_2;$$

$$Y_2 = 3,36 - 1,39X_1 + 0,49X_2 + 0,11X_{12} - 0,32X_{22} - 0,46X_1X_2.$$

Перевірка моделей і експериментальних даних за критерієм Фішера показала, що моделі 2-го ступеня є адекватними.

Обробка даних двохфакторного експерименту була виконана за допомогою програмного забезпечення MATLAB. Побудовано поверхні функцій відгуку для експериментів із визначення модуля пружності та міцності на розтяг при згині залежно від температури випробування і процентного вмісту бітумної емульсії в суміші (рис.4, 5).

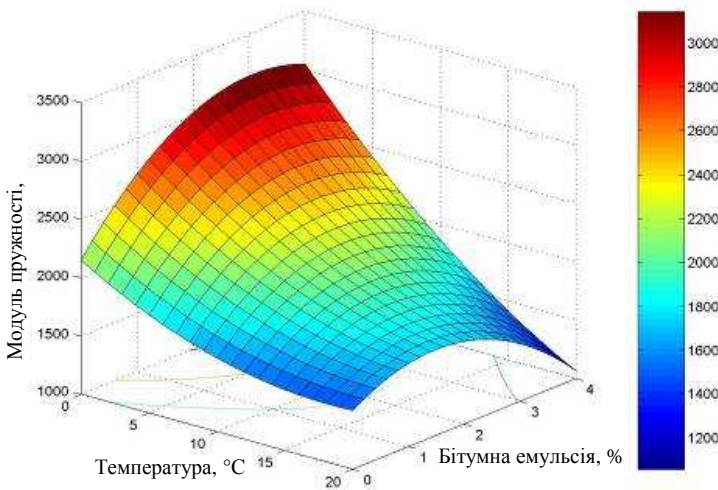


Рис.4 – Характер функції відгуку для експериментальних значень модуля пружності бетонів залежно від температури випробування і концентрації бітумної емульсії

Функції відгуку модуля пружності бетонів характерна наявністю екстремуму для досліджуваних концентрацій бітумної емульсії. Максимальні значення модуля пружності в інтервалі температур від 0 до 20 °C досягаються при концентрації бітумної емульсії від 3 до 2% відповідно. Аналогічний характер залежності спостерігається у функції відгуку границі міцності на розтяг при згині. Максимальні значення міцності на розтяг при згині в інтервалі температур від 0 до 20 °C досягаються при концентрації бітумної емульсії від 4 до 2% відповідно.

Після визначення величин модуля пружності і міцності на розтяг

при згині назначали розрахункові величини цих показників, які служать основними характеристиками матеріалів при проектуванні дорожніх одягів.

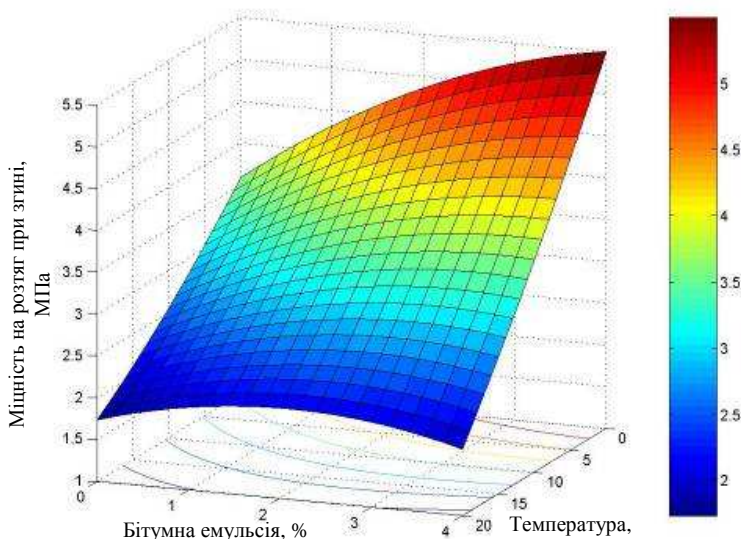


Рис.5 – Характер функції відгуку для експериментальних значень міцності на розтяг при згині бетонів залежно від температури випробування і концентрації бітумної емульсії

Згідно з [6], для переходу від лабораторних величин модуля пружності до розрахункових рекомендується формула  $E^p = 0,1 \times E$ , а для міцності на розтяг при згині, згідно з [7] – формула  $R^p_{зг} = 0,15 \times R_{зг}$  (табл.4).

Таблиця 4 – Розрахункові характеристики бетонів із холодних сумішей, отриманих за технологією холодного ресайклінгу

Матеріал	Розрахункові характеристики	
	модуль пружності, МПа	міцність на розтяг при згині, МПа
1	2	3
Бетони із фрезерованих асфальтобетонів, укріплені цементом, при розрахунковій температурі, °C:		
0	1700-2000	0,4-0,6
10	1500-1800	0,3-0,4
20	1300-1600	0,3-0,4
Бетони із фрезерованих асфальтобетонів, укріплені бітумною емульсією, при розрахунковій температурі, °C:		

Продовження табл.4

1	2	3
0	1000-1200	0,3-0,4
10	400-600	0,1-0,2
20	100-150	0,05-0,06
Бетони із фрезерованих асфальтобетонів, укріплені комбінованим в'язучим (цемент + бітумна емульсія), при розрахунковій температурі, °С:		
0	2900-3400	0,8-1,0
10	1800-2000	0,6-0,8
20	1200-1500	0,4-0,6

На основі виконаних досліджень розроблено зміну №1 до відомчих будівельних норм [4] стосовно розрахункових характеристик бетонів із холодних сумішей на основі фрезерованого асфальтобетону, яка набула чинності та може використовуватись для розрахунків дорожніх одягів.

1. Рециклирование дорожных одежд. Ч.1. Руководство по холодному рециклированию дорожных одежд непосредственно на дороге с применением цемента: Пер. с англ. В. Зинченко; под общ. ред. проф. В.Жданюка и Д.Сибильского. – Харьков: ХНАДУ, 2006. – 78 с.

2. Бахрах Г.С., Кретов В.А., Горлина Г.С. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. – М.: ГП „Информавтодор”, 2002. – 43 с.

3. ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801-98). Будівельні матеріали. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань. – К.: Держбуд України, 2000. – 45 с.

4. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. – К.: Укравтодор, 2004. – 176 с.

5. Сиденко В.М., Грушко И.М. Основы научных исследований. – Харьков: Высш. шк., 1985. – 223 с.

6. ВБН В.2.3-218-002-95. Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом. – К.: Укравтодор, 1995. – 48 с.

7. Радовский Б.С., Щербакова Е.Я., Малеванский Г.В., Сиденко В.М., Батраков О.Т. Указания по определению прочностных и деформационных характеристик дорожно-строительных материалов и грунтов. – К., 1975. – 90 с.

Отримано 29.11.2011

УДК 691.5

Т.Д.РИЩЕНКО, канд. техн. наук, К.І.ВЯТКІН

Харківська національна академія міського господарства

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ В'ЯЗУЧИХ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА БЕТОНІВ НА ЇХ ОСНОВІ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Аналізуються основні характеристики в'язучих поліфункціонального призначення з метою створення на їх основі бетонів, які б мали достатні технологічні та експлуатаційні