

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ АСФАЛЬТОПОЛІМЕРБЕТОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

Маляр В.В, к.т.н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

vladimirmalyar16@gmail.com

Асфальтополімербетон використовують при влаштуванні покриттів автомобільних доріг, а також на аеродромах та мостах. Модифікація бітуму полімером сприяє підвищенню здатності асфальтобетону до великих оборотних деформацій у всьому діапазоні експлуатаційних температур, підвищенню зсувостійкості при високих температурах, тріщиностійкості при низьких температурах, корозійної стійкості і в цілому розширенню інтервалу працездатності асфальтобетону. Одним з основних показників якості асфальтобетону (асфальтополімербетону) є його модуль пружності, значення якого використовуються в розрахунках конструкцій дорожніх одягів.

Задача досліджень полягала в отриманні математичної моделі у вигляді рівняння регресії [1] (залежності модуля пружності від температури та кількості добавки полімерного модифікатору). Температура значною мірою впливає на пружні властивості асфальтополімербетону, також вміст полімерного модифікатору підвищує в'язкість бітуму та модуль пружності асфальтобетону. Таким чином, вхідними факторами моделі були обрані температура (X_1) та концентрація полімеру Кратон 1101 (X_2). Ці фактори нелінійно впливають на пружність матеріалу, тому у роботі був прийнятий повний факторний експеримент типу ПФЕ 3^2 . Рівняння регресії визначалось у вигляді скороченого поліному:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{12} X_1 X_2 \quad (1)$$

Виходячи з норм розрахунків дорожнього одягу [2] та досліджень модуля пружності асфальтополімербетону [3], були обрані рівні варіації кожного фактору (табл. 1).

Таблиця 1 – Рівні варіації факторів

Вхідний фактор	Рівні варіювання			
	Нижній (мінімальний)	Основний (номінальний)	Верхній (максимальний)	Інтервал варіювання
Температура (T), °C	-20	0	20	20
Концентрація полімеру (C), % від маси бітуму	0	5	10	5

Матриця планування з використанням кодованих факторів представлена у табл. 2, де Y_e – експериментальне значення логарифма модуля пружності асфальтополімербетону відповідно з [3], Y_T – розрахункове значення, яке визначалося за формулою (2).

Таблиця 2 – Матриця планування

U	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	$x_1^2 - a$	$x_2^2 - a$	Y_e	Y_T
1	1	1	1	1	0,333	0,333	3,270	3,278
2	1	1	-1	-1	0,333	0,333	3,121	3,152
3	1	-1	1	-1	0,333	0,333	3,870	3,831
4	1	-1	-1	1	0,333	0,333	3,916	3,901
5	1	0	0	0	-0,667	-0,667	3,780	3,765
6	1	1	0	0	0,333	-0,667	3,391	3,352
7	1	-1	0	0	0,333	-0,667	3,950	4,004
8	1	0	1	0	-0,667	0,333	3,610	3,641
9	1	0	-1	0	-0,667	0,333	3,630	3,614

Було отримано рівняння регресії у кодованих факторах:

$$Y = 3,765 - 0,326x_1 + 0,014x_2 - 0,087x_1^2 - 0,138x_2^2 + 0,049x_1x_2 \quad (2)$$

З урахуванням формул переходів, кінцеве рівняння регресії має наступний вигляд:

$$\lg E = 3,751 - 0,0163T + 0,0028C - 0,0002175T^2 - 0,138\left(\frac{C}{5} - 1\right)^2 + 0,00245T\left(\frac{C}{5} - 1\right) \quad (3)$$

Функція відгуку представлена на рис.1 у вигляді поверхні з явно вираженим максимумом, якій зміщується при зміні температури (рис.2). Так при температурі 0 °С оптимальна концентрація полімеру буде 5,9 %, а при 20 °С – 6,3 % полімеру. Це необхідно враховувати при проектуванні конструкції дорожнього одягу.

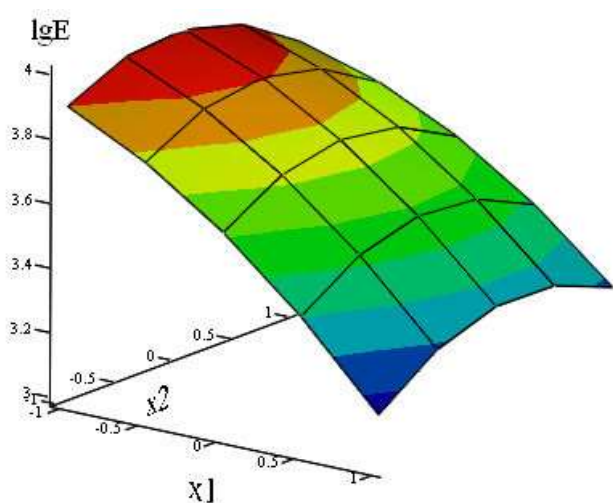
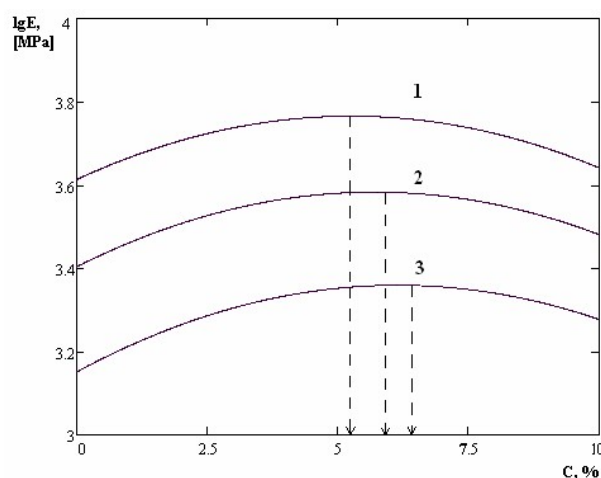


Рисунок 1 - Поверхня відгуку



Температура: 1 – -20 °С; 2 – 0 °С; 3 – 20 °С
Рисунок 2 – Залежність модуля пружності асфальтобетону від концентрації добавки полімеру

При виборі виду полімерного модифікатору та його концентрації також необхідно виконувати техніко-економічне обґрунтування з урахуванням підвищення вартості асфальтополімербетону на основі калькуляцій. При цьому, наприклад, беруть до уваги умови стійкості до пластичних деформацій, температурну тріщиностійкість, корозію асфальтобетону та ін. [4].

Висновки

1. На основі математичного планування експерименту по схемі ПФЕ 3^2 було отримано рівняння регресії, котре з достатньою точністю показує

залежність модуля пружності асфальтополімербетону від температури та вмісту полімерного модифікатора Кратон 1101.

2. Аналіз поверхні відгуку показує, що модуль пружності асфальтополімербетону екстремально залежить від концентрації полімеру. Максимум пружності зміщується в залежності від зміни температури ($\Delta C=0,4-0,6 \%$ при $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$).

3. Вибір концентрації полімерного модифікатору необхідно виконувати з урахуванням комплексу фізико-механічних досліджень асфальтобетону та техніко-економічних розрахунків. Отримані результати дозволять виробникам асфальтобетонних сумішей раціонально використовувати добавки полімерів.

Література:

1. Вознесенский В.А. Современные методы оптимизации композиционных материалов / В.А. Вознесенский, В.Н. Выровой, В.Я. Керш и др. – Киев: Будівельник. 1983. – 144 с.
2. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186-2004 - [Чинний від 2005-01-01] – К.: Державна служба автомобільних доріг України “УКРАВТОДОР”, 2004. – 137 с. – (Відомчі будівельні норми України).
3. Zolotaryov V.A. The effect of SBS polymer content on technical, technological, and rheological properties of bitumens and polymer asphalt concretes / V.A. Zolotaryov, V.V. Maliar, A.S. Lapchenko. – 5th International Conference Bituminous Mixtures and Pavements. – Thessaloniki, Greece, 1-3 June 2011, – P. 164-176.
4. Веренько В.А. Опыт применения модифицированных битумов и асфальтобетонов в республике Беларусь / В.А. Веренько. – Харьков: Вестник ХНАДУ. Вып. 79, 2017. – С. 84-86.