

УДК 656.073

В.П. Сахно, д-р. техн. наук, проф., С.М. Шарай, канд. техн. наук, доц., В.М. Поляков, канд. техн. наук, доц., Є.В. Мишко  
Національний транспортний університет, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИТРАТ ПРИ ВИКОНАННІ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

V. Sakhno, Dr., Prof., S. Sharai, Ph.D., Assoc. Prof., V. Poliakov, Ph.D., Assoc. Prof.,  
E. Myshko

### SIMULATION OF TOTAL COSTS IN THE EXECUTION OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION

На сьогодні при вивченні та дослідженні складних об'єктів, до яких відносяться і транспортні системи, використовується системний підхід, вихідні засади якого полягають у прагненні з максимальною повнотою врахувати усі вхідні та вихідні характеристики об'єкту при організації його дослідження [1].

До складу загальних витрат на виконання перевезень вантажів у міжнародному сполученні входять витрати на паливно-мастильні матеріали, на заробітну плату водія (включаючи витрати на відрядження), на технічне обслуговування, на шини, на амортизацію, на організацію виконання перевезення тощо. Для моделювання загальних витрат на виконання перевезень вантажів у міжнародному сполученні пропонується використання найбільш розроблених та ефективних методів практичної реалізації системного підходу – методів математичної теорії експерименту або планування експерименту. Для вирішення багатофакторних задач виконується формування плану експерименту та створення експериментально-статистичної моделі [2].

При формуванні плану експерименту, створенні експериментально-статистичної моделі та визначенні вагомості впливу факторів на результуючу величину з використанням математичної теорії експерименту визначаються фактори, які мають найбільшу вагу. Фактори вибираються із розрахованих для різних умов виконання оборотного рейсу статей витрат, які входять до складу загальних витрат. Умови виконання перевезень розрізняються способом організації роботи водіїв (турна чи одиночна їзда), використанням різного за витратами палива автотранспортного засобу, умовами страхування вантажу та автотранспортного засобу тощо.

В запропонованому дослідженні факторами, вплив яких на загальні витрати при виконанні міжнародних автомобільних перевезень, визначені такі:  $X_1$  – фонд заробітної плати водія;  $X_2$  – витрати на автомобільне паливо;  $X_3$  – загальногосподарські витрати.

Завданням експерименту є отримання рівняння регресії, яке, при дослідженні впливу трьох факторів, має вид:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 + b_{12} x_1 x_2 + , \quad (1)$$
$$+ b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3$$

де  $b_{ij}$  – коефіцієнти регресії;

$x_1, x_2, x_3$  – кодоване значення фактору.

Результати експерименту представляються поліномом другого ступеня, який, при застосуванні трьох факторів, має вид:

$$y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i \times x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} b_{ij} \times x_i \times x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} \times x_i^2 , \quad (2)$$

де  $y$  – величина функції відгуку;

$b_{ij}$  – коефіцієнти регресії;

$x_{ij}$  – кодовані значення факторів експерименту;

$k$  – кількість прийнятих факторів.

Якщо кількість факторів  $k = 3$ , тоді рівняння регресії для визначення загальних витрат на виконання оборотного рейсу у міжнародному сполученні матиме вид:

$$C = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2. \quad (3)$$

Для забезпечення ортогональності здійснюється перетворення моделі до виду:

$$y = b'_0 + \sum_{i=1}^k b_i \times x_i + \sum_{i < j} b_{ij} \times x_i \times x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} \times x_i^2, \quad (4)$$

де  $b'_0$  – вільний член рівняння;

$b_i, b_{ij}, b_{ii}$  – та коефіцієнти (змінні) рівняння;

$x_i, x_j, x_i^2$  – кодовані значення факторів та їх похідних.

Вільний член рівняння та коефіцієнти (змінні) розраховуються за відповідними формулами [2].

В результаті створення моделі, проведення розрахунків з її використанням та їх аналізу дозволяють зробити висновки:

розрахунок загальних витрат на виконання оборотного рейсу у міжнародному сполученні за експериментально-статистичною моделлю з використанням теорії експерименту показує, що похибка розрахунку становить 2,4 %, що є допустимим при використанні розрахункових даних при створенні такої моделі;

розраховані значення коефіцієнтів регресії  $b_1, b_2, b_3$  показують, що найбільшу значущість має коефіцієнт  $b_2$ , який відповідає за визначення впливу другого досліджуваного фактору – витрат на автомобільне паливо – на розмір загальних витрат на виконання оборотного рейсу. Ці витрати мають найбільший вплив на формування загальних витрат. Така ситуація є характерною для лінійної моделі;

розраховані значення коефіцієнтів регресії  $b_{12}, b_{13}, b_{23}$  показують, що комбінація досліджуваних факторів не впливає суттєво на значення загальних витрат на виконання оборотного рейсу;

- розраховані значення коефіцієнтів регресії  $b_{11}, b_{22}, b_{33}$  показують, що найбільшу значущість має коефіцієнт  $b_{22}$ , який відповідає за визначення впливу витрат на автомобільне паливо на формування загальних витрат при виконанні перевезень вантажу у міжнародному сполученні. Це підтверджує гіпотезу про те, що саме витрати на автомобільне паливо мають найбільший вплив на розмір загальних витрат на виконання оборотного рейсу.

### Література.

Давідіч Ю.О. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання транспортних систем» (для магістрів усіх форм навчання спеціальності 275 – Транспортні технології) / Ю.О. Давідіч, Г.І. Фалецька; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 71 с.

Статюха Г.О., Складанний Д.М., Бонаренко О.С. Вступ до планування оптимального експерименту: Навч. посібн. / Г.О. Статюха, Д.М. Складанний, О.С. Бонаренко. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2011. – 117 с.