

ОПЕРАЦІЙНІ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ГРОШОВИХ ВИТРАТ НА ПРИДБАННЯ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

**СУМЕЦЬ О.М., К.Т.Н., ДОЦЕНТ,
АКАДЕМІЯ ВНУТРІШНІХ ВІЙСЬК МВС УКРАЇНИ
ЧЕРКАШИНА М.В., К.Е.Н., ДОЦЕНТ,
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІАВСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМ. П. ВАСИЛЕНКА**

У статті наведені регресійні моделі для прогнозування витрат на запасні частини для автомобільної техніки. Вони описують залежність витрат на запасні частини від пробігу автомобіля для визначеного циклу експлуатації в міських умовах.

The article presents the regression models to predict the cost of spare parts for motor vehicles. They describe the dependence of the cost of spare parts from the path of the car for a certain life cycle in urban environments.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Транспорт є ключовою ланкою у діяльності різних суб'єктів господарювання. Відомо, що доля перевезень автомобільним транспортом в Україні сягає до 80 % від загальної кількості перевезень вантажів всіма видами транспорту. Таким чином, одним із ключових завдань суб'єктів господарювання є підтримання належного рівня ефективності використання транспортних засобів, яка залежить від своєчасного забезпечення останніх паливно-мастильними матеріалами та запасними частинами.

Паливно-мастильні матеріалами та запасні частини у структурі ресурсного забезпечення автотранспортних засобів становлять лівову частку. Якщо спрогнозувати витрати на придбання паливно-мастильних матеріалів на майбутні періоди за умови знання обсягів перевезень неважко, то питання коректного визначення витрат грошових коштів, що пов'язані із придбанням необхідних запасних частин для вузлів і агрегатів автотракторної техніки на сьогодні ще залишається ще повністю не вирішеним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі, що досліджується, присвячена досить велика кількість наукових публікацій. У більшості з них, наприклад, у [1; 3; 4; 6 і ін.] автори

вказують на тісний зв'язок грошових витрат на запасні частини з таким фактором як пробіг автомобіля (L).

У процесі вивчення зв'язку між грошовими витратами на придбання запасних частин і пробігом автомобіля з початку експлуатації на основі використання математичної статистики встановлено, що останній досить добре апроксимується поліноміальною математичною функцією. Математичним рівнянням такої функції є рівняння зв'язку між результативною й факторіальною ознакою. В якості результативної ознаки в даних дослідженнях приймаються грошові витрати на придбання запасних частин до вузлів і агрегатів автомобільної техніки, а в якості факторіальної – пробіг автомобіля.

Проведені дослідження [2; 5; 6] показали, що при помірному зростанні результативної ознаки, тобто обсягу грошових коштів на придбання запасних частин, в сполученні з рівномірним (поступовим) зростанням факторіальної ознаки (пробігу) може бути використана криволінійна залежність, яка описується багаточленом n -ого ступеня, наприклад, третього:

$$f(L) = a + b \cdot L_i + c \cdot L_i^2 + k \cdot L_i^3, \quad (1)$$

де $f(L)$ – функція, що описує грошові витрати на придбання запасних частин за інтервалами пробігу автомобіля;

L_i – інтервальні значення пробігу;

a, b, c, k – коефіцієнти (параметри) багаточлена.

Для визначення коефіцієнтів багаточлена (1), які найкращим чином наближають модельну криву до отриманих експериментальних точок, приймасмо метод квадратів, де функція суми квадратів мінімізується:

$$F = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min. \quad (2)$$

У наведеній функції (2) параметрами, що оптимізуються (тобто ті, що забезпечують мінімум функції), є параметри модельної, тобто теоретичної кривої \hat{y}_i . Кількість цих параметрів визначається типом обраної модельної функції. Так, в наведеній функції (1) є чотири параметри – a, b, c, k . А це значить, що (2) є функцією чотирьох вказаних змінних.

Метою статті є побудова регресійних залежностей для прогнозування обсягів грошових витрат на придбання запасних частин для автомобільної техніки, що експлуатується в міських умовах.

Виклад основного матеріалу. Для подальшого використання критерію (2) з врахуванням виконання мінімізації необхідно прирівняти нулю наступні похідні і надалі вирішити отриману систему із чотирьох рівнянь з чотирма невідомими.

$$\frac{dF}{da} = a; \quad \frac{dF}{db} = 0; \quad \frac{dF}{dc} = 0; \quad \frac{dF}{dk} = 0$$

У підсумку визначаються параметри модельної кривої, що шукаються. Однак тут необхідно відмітити, що не дивлячись на простоту запропонованого методу, практична його реалізація в ряді задач може бути утрудненою із-за складностей у рішенні отриманої системи рівнянь. У більшості випадків ефективніше шукати параметри кривої, не прибігаючи до диференціювання критерію F , а виконуючи прямий пошук мінімуму цього критерію. Для цього необхідно скласти систему нормальних рівнянь відносно a, b, c, k . У даному випадку вона буде мати наступний вид:

$$\begin{aligned} a + b \cdot L + c \cdot L^2 + k \cdot L^3 &= r; \\ a \cdot L + b \cdot L^2 + c \cdot L^3 + k \cdot L^4 &= r \cdot L; \\ a \cdot L^2 + b \cdot L^3 + c \cdot L^4 + k \cdot L^5 &= r \cdot L^2; \\ a \cdot L^3 + b \cdot L^4 + c \cdot L^5 + k \cdot L^6 &= r \cdot L^3. \end{aligned} \tag{3}$$

Далі, використовуючи метод Гауса, знаходиться рішення системи рівнянь (3) і формалізуються модель для визначення обсягу грошових витрат на запасні частини на конкретний цикл експлуатації транспортного засобу або конкретного його агрегату.

Щодо вибору конкретного циклу експлуатації, то тут слід мати на увазі наступні обставини:

1) якщо транспортний засіб експлуатується до першого капітального ремонту – то це буде перший цикл експлуатації (ЦЕ 1);

2) якщо транспортний засіб експлуатується з моменту проведення першого капітального ремонту до другого – то це буде другий його цикл експлуатації (ЦЕ 2) і т. д. Таких циклів може бути 3, 4 або 5 (все залежить від потреби в ремонтах і можливості їх здійснення).

З метою отримання більш загальних залежностей визначення обсягу грошових витрат на запасні частини в залежності від пробігу транспортного засобу були відібрані три групи автомобілів – ГАЗ-53, ГАЗ-3309 і ЗІЛ-4314, в які ввійшли як нові (для них не виконувався капітальний ремонт), так і капітально відремонтовані (було виконано перший капітальний ремонт). Загальний обсяг вибірки склав 65 автомобілів. Режим експлуатації досліджуваних автомобілів, в основному, був міський, тобто автомобілі експлуатувалися в умовах міста. Це дозволило отримати однорідну статистичну інформацію.

У результаті обробки статистичних даних, що отримані в процесі досліджень, і використання методу Гауса побудовано дві регресійні моделі.

Перша – для розрахунку обсягу витрат грошових коштів на придбання запасних частин для автомобілів залежно від їх пробігу:

– група автомобілів марки ГАЗ-53

$$f(L) = -0,755 + 0,0546 \cdot L_i - 0,00382 \cdot L_i^2 + 0,00000101 \cdot L_i^3; \quad (4)$$

– група автомобілів марки ГАЗ-3309

$$f(L) = -0,727 + 0,102 \cdot L_i - 0,00270 \cdot L_i^2 + 0,000022 \cdot L_i^3; \quad (5)$$

– група автомобілів марки ЗІЛ-4314

$$f(L) = 0,133 + 0,0543 \cdot L_i - 0,000327 \cdot L_i^2 + 0,000000656 \cdot L_i^3; \quad (6)$$

Друга – для розрахунку питомих витрат грошових коштів на придбання запасних частин для силового агрегату для групи автомобілів марки ЗІЛ-4314:

– першого циклу експлуатації

$$f_{3.y.}^I(L) = 2,760 \cdot L_i - 0,0042 \cdot L_i^2 - 14,280; \quad (7)$$

– другого циклу експлуатації

$$f_{3.y.}^{II}(L) = 226,80 + 8,040 \cdot L_i - 0,05976 \cdot L_i^2. \quad (8)$$

Отримані регресійні рівняння (4), (5) і (6) описують залежність тільки на тому проміжку пробігу, що досліджувався, і не можуть правдиво «прогнозувати» інші ділянки модельної кривої. Тому на отримані моделі встановлено обмеження для L_{max} :

а) для групи автомобілів марки ГАЗ-53 – $L_{max} \leq 280$ тис. км;

б) для групи автомобілів марки ГАЗ-3309 – $L_{max} \leq 65$ тис. км;

в) для групи автомобілів марки ЗІЛ-4314 – $L_{\max} \leq 360$ тис. км.

Адекватність математичних моделей (4)...(8), (чи враховують вони закономірність процесу, що досліджувався) оцінена з використанням критеріїв Дарбіна–Уотсона, поворотних точок і t-критерія Стьюдента [7]. Результати оцінки вказали на достатню адекватність отриманих математичних моделей.

Оцінка точності математичних моделей (4)...(8) і відповідності їх експериментальним даним для встановлених інтервалів пробігу ($L_{\max} = 280$ тис. км, $L_{\max} = 65$ тис. км, $L_{\max} = 360$ тис. км) перевірено за допомогою критерію селекції [5] – середньоквадратичної похибки сподівання $\delta_{np.}$, що визначається за перевіркою послідовністю даних:

$$\delta_{np.} = \left[\frac{1}{N_{np.}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{np.}} (\varphi_i - \varphi_i^*)^2 \right]^{0,5}, \quad (9)$$

де $N_{np.}$ – число точок послідовності, що перевіряється; φ_i – значення прогнозу в i -й точці ($i = 1, 2, 3, \dots, N_{np.}$) згідно з теоретичною моделлю;

φ_i^* – дійсне значення в тій же точці.

Отримана середньоквадратична похибка сподівання $\delta_{np.}$, результати розрахунку якої наведено в табл., підтверджує задовільну точність рівнянь регресії – операційних моделей для прогнозування витрат грошових коштів на придбання запасних частин. Незначна різниця між фактичними і прогнозними значеннями свідчить про достатню достовірність результатів розрахунку за отриманими математичними залежностями.

Таблиця

Результати розрахунку середньоквадратичної похибки передбачення

Регресійна залежність	Розрахункове значення $\delta_{np.}$
(4)	0,92
(5)	0,84
(6)	0,87
(7)	0,96
(8)	0,82

Висновки. Результати оцінки якості вказують на сприятливість і доцільність отриманих операційних моделей для прогнозування витрат грошових коштів на придбання запасних частин в зазначених інтервалах пробігу і тільки для міських умов експлуатації. У подальшому отримані регресійні залежності можуть бути удосконалені і для інших умов експлуатації та інтервалів пробігу.

Література.

1. Асатов И. Совершенствование планирования и организации снабжения автотранспортных предприятий / И. Асатов, В. Карташов, В. Мальцев // Автомобильный транспорт. – 1978. – № 8. – С. 27–28.

2. Добраница О. П. Использование нелинейных моделей в прогнозировании расхода и затрат на запасные части технических объектов / О. П. Добраница, В. С. Васищев, А. М. Сумец // Труды I-ой Межд. научно-практ. конф. «Современные задачи прикладной статистики, промышленной, актуарной и финансовой математики». – Донецк : ДонНУ, 2002. – С. 39.

3. Сазонтов Ю. П. Стоимость текущих ремонтов такси / Ю. П. Сазонтов / Автомобильный транспорт. – 1967. – № 4. – С. 28–31

4. Сумец А. М. Прогнозирование потребности в запасных частях : монография / А. М. Сумец. – Х. : ОКО, 1997. – 182 с.

5. Сумец А. М. К вопросу повышения качества прогноза расхода и затрат на запасные части / А. М. Сумец, О. П. Добраница // Вестник национального технического ун-та «ХПИ». – Х. : НТУ «ХПИ». – 2002. – Вып. 3. – С. 110–121.

6. Сумец А. М. Логистика автотранспортных систем. Ч.2. Прогнозирование затрат на запасные части агрегатов автомобилей : монография / А. М. Сумец. –Х. : ООО «Контур», 2007. – 112 с.

7. Феррестер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Феррестер, Р. Ренц. –М. : Финансы и статистика, 1983. – 302 с.