

рентабельності, і навпаки, погіршення стану економічної активності негативно відбивається на результатах діяльності підприємств ГМК.

Результати перевірки моделі на наявність мультиколінеарності дозволили визначити, що у визначених моделях відсутня мультиколінеарність, що підтверджує їх адекватність та достовірність отриманих результатів.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Таким чином, проведене дослідження дозволило удосконалити методику аналізу показників ділової та ринкової активності підприємств ГМК шляхом комплексного їх розгляду у межах аналізу економічної активності підприємства із застосуванням економіко-математичного моделювання, а також побудувати моделі залежності результатів діяльності цих підприємств від показників їх економічної активності. Ці моделі є універсальними, враховують вплив різних сфер ділової та ринкової активності, а також можуть бути використані як оптимізаційні при розробці заходів з підвищення економічної активності підприємств ГМК та для прогнозування прибутку та рентабельності власного капіталу даних підприємств.

#### Список літератури

1. Багриновский К.А. Экономико-математические методы и модели (микроэкономика): учеб. пособие/ Багриновский К.А., Матюшок В.М. – М. : РУДН, 1999. – 183 с.
2. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы EXCEL / Бараз В.Р. – Екатеринбург, 2005.
3. Вітлінський В. В. Моделювання економіки / Вітлінський В. В., Великоіваненко Г. І. – [навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисципліни.]. – К. : КНЕУ, 2004.
4. Гиляковская Л.Т. Экономический анализ: учебн. / Гиляковская Л.Т. – [2-е изд., доп.]. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 615 с.
5. Елесеєва И.И. Практикум по эконометрике [И.И. Елесеєва, С.В. Курьшева, М.М. Гордеенко и др.]. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 192 с.

Рукопис подано до редакції 21.03.12

УДК 658.511:622.68:629.114

С. В. МАКСИМОВ, канд. екон. наук, доц., О. Ю. МОНАСТИРСЬКА, аспірантка  
ДВНЗ “Криворізький національний університет”

## ПИТОМІ ВИТРАТИ ПАЛИВА КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ ЯК ПОКАЗНИК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ КАР'ЄРУ

Наведено результати досліджень показника питомих витрат палива кар'єрних автосамоскидів; визначена залежність у вигляді лінійної регресії питомих витрат палива кар'єрних автосамоскидів від швидкості руху, коефіцієнту використання вантажопідйомності, відстані перевезення гірничої маси та ухилу кар'єрних доріг.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Одна з найважливіших задач планування роботи кар'єрного автомобільного транспорту полягає у виборі основних техніко-економічних показників автомобільного транспорту, що забезпечують мінімум витрат. Витрати на паливо складають близько 55 % у загальній структурі собівартості транспортування залізної руди кар'єрним автомобільним транспортом, тому доцільним є дослідження та аналіз показника питомих витрат палива [1,2].

**Постановка проблеми.** Метою роботи є встановлення залежностей зміни питомих витрат палива від показників, які характеризують функціонування (роботу) кар'єрних автосамоскидів та показників, що відображають гірничотехнічні умови функціонування виробництва (транспортування) для планування роботи автотранспорту кар'єру.

**Викладення основного матеріалу.** На залізрудних кар'єрах питомі витрати дизельного палива змінюються від 98-100 до 240-260 г/(т·км) та визначається факторами, які можна розділити на дві групи:

1. *Гірничотехнічні та організаційні умови експлуатації автосамоскидів*, що включають: відстань транспортування, висоту підйому гірничої маси, керуючий та середньозважений ухил трас руху, стан і транспортно-експлуатаційні якості дорожнього покриття, тривалість навантажувально-розвантажувальних та операцій маневрування та транспортного циклу, коефіцієнти використання пробігу, вантажопідйомності та ін.

## 2. Конструктивні параметри.

У загальному вигляді витрати дизельного палива автосамоскидом за транспортний цикл  $Q_u$ , л визначається

$$Q_u = Q_{pв} + Q_{pн} + Q_n + Q_p + Q_m + Q_o, \quad (1)$$

де  $Q_{pв}, Q_{pн}$  - витрати палива, відповідно, на рух з вантажем та в порожняковому напрямку, л;  $Q_n, Q_p, Q_m, Q_o$  - витрати палива, відповідно, при навантаженні, розвантаженні, операціях маневрування, а також в період очікування навантаження, л.

Питомі витрати палива на одиницю транспортної роботи ( $q_y$ , г/(т·км)) визначаються за формулою

$$q_y = \frac{1000 \cdot \rho \cdot k_{доо}}{\gamma \cdot G \cdot l_{с.рв}} \cdot \left( \sum_{j=1}^n l_j \cdot (q_{pвj} + q_{pнj}) + \frac{q_x \cdot (t_n + t_o) + \frac{q_n \cdot N_\delta}{1000 \cdot \rho} \cdot (k_{N_{мн1}} \cdot t_{мн1} + k_{N_p} \cdot t_p + k_{N_{мн2}} \cdot t_{мн2})}{60} \right), \quad (2)$$

де  $q_{pв}, q_{pн}$  - питомі витрати палива, відповідно, завантажених та порожніх автосамоскидів на  $j$ -й ділянці траси руху, л/км;  $l_j$  - довжина  $j$ -ї ділянки траси руху, км;  $q_x, q_p, q_{мн}$  - питомі витрати палива, відповідно на холостому ході двигуна, при розвантаженні та на операціях маневрування, л/год;  $t_n, t_p, t_{мн}, t_o$  - тривалість, відповідно, навантаження, розвантаження, операцій маневрування та очікування навантаження, хв.;  $q_n$  - питомі витрати палива при номінальному навантаженні двигуна, паспортна величина, г/(кВт·год);  $N_\delta$  - потужність двигуна, кВт;  $\rho$  - густина дизельного палива ( $\rho=0,825-0,850$  кг/л);  $k_{доо}$  - коефіцієнт, що враховує додаткові витрати палива на нульові пробіги та внутрішньо гаражні потреби, а також підвищення витрат у зимовий час та міжсезоння ( $k_{доо}=1,1$ );  $\gamma$  - коефіцієнт використання вантажопідйомності;  $G$  - вантажопідйомність автосамоскиду, т;  $l_{с.рв}$  - середня відстань транспортування гірничої маси, км;  $k_{Ni}$  - коефіцієнт використання потужності двигуна на  $i$ -у режимі.

Питомі витрати палива завантажених та порожніх автосамоскидів (г/(т·км) під час руху на  $j$ -й ділянці траси руху при роботі двигуна в тяговому режимі розраховуються за формулою

$$q_{pв(n)_j} = \frac{q_{нj} \cdot (G_a + k_{nj} \cdot G) \cdot (\omega_{oj} + i_j) \cdot k_{nj}}{3,67 \cdot 10^2 \cdot \eta_{aj} \cdot \gamma \cdot G}, \quad (3)$$

де  $G_a$  - власна маса автосамоскиду, т;  $k_{nj}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує зміну величини  $q_{нj}$  в реальних умовах на  $j$ -тій ділянці траси;  $\omega_{oj}$  - коефіцієнт опору кочення на  $j$ -й ділянці траси;  $i_j$  - ухил  $j$ -ї ділянки траси;  $\eta_{aj}$  - коефіцієнт корисного використання трансмісії автосамоскиду на  $j$ -й ділянці траси [3].

Запропоновані методи розрахунку питомих витрат палива (2,3) є в більшій мірі теоретичними, оскільки у них використовуються усереднені показники, які не достатньо точно відображають реальні умови роботи. Також практично неможливим є визначення деяких показників, які використовуються для розрахунку, таких як: питомі витрати палива при розвантаженні та на операціях маневрування; тривалість навантаження, розвантаження, операцій маневрування та очікування навантаження; коефіцієнт використання потужності двигуна на  $i$ -му режимі, коефіцієнт опору кочення та коефіцієнт корисного використання трансмісії автосамоскиду на  $j$ -тій ділянці траси. Саме тому виникає необхідність у формуванні моделі питомих витрат палива конкретного кар'єру чи його траси, основою якої є дані статистичних спостережень, у даному випадку дані бортових комп'ютерних систем автосамоскидів для прогнозування параметрів роботи підприємства.

Вхідними параметрами моделі питомих витрат палива обрані: вантажопідйомність та швидкість, як показники, що характеризують роботу кар'єрних автосамоскидів, відстань перевезення гірничої маси та значення ухилу трас руху, як показники, що відображають гірничотехнічні умови функціонування виробництва. Оскільки парк кар'єрних автосамоскидів може бути сформований із моделей різної вантажопідйомності доцільним представляється застосування коефіцієнту використання вантажопідйомності замість самої вантажопідйомності кар'єрних автосамоскидів. Найбільше розповсюдження при плануванні та аналізі роботи кар'єрного автотранспорту отримав динамічний коефіцієнт використання вантажопідйомності, що визначається діленням фактичного вантажообігу на можливий при повному використанні вантажопідйомності автомобілів за весь завантажений пробіг та обчислюється за формулою

$$\gamma = \Sigma V_B / \Sigma (L_B G), \quad (4)$$

де  $V_B$  - обсяг вантажообігу, що визначається як добуток обсягу перевезень на середню відстань перевезень, т·км;  $L_B$  - відстань руху з вантажем, км [4].

Для створення моделі питомих витрат палива використані дані роботи гірничотранспортного цеху за 31 день. ГТЦ у своєму розпорядженні має 23 кар'єрних автосамоскиди БелАЗ-75131 вантажопідйомністю 130 т, що здійснювали рух на 31 трасі, довжина - 0,98-4,15 км, висота трас руху коливається в межах 30-150 м, ухил - 0,01-0,06 %, коефіцієнт використання вантажопідйомності - 0,79-0,98, швидкість руху - 10,32-18,27 км/год, всього було проаналізовано 24100 їздок кар'єрних автосамоскидів.

Аналіз середніх значень за кожною трасою руху вказує на те, що існують лінійні залежності зміни питомих витрат палива від показників, а саме питоми витрати палива зменшуються при збільшенні відстані транспортування гірничої маси (рис. 1а) і коефіцієнту використання вантажопідйомності (рис. 1в) та збільшуються при збільшенні швидкості руху (рис. 1б) і ухилу трас руху (рис. 1г).

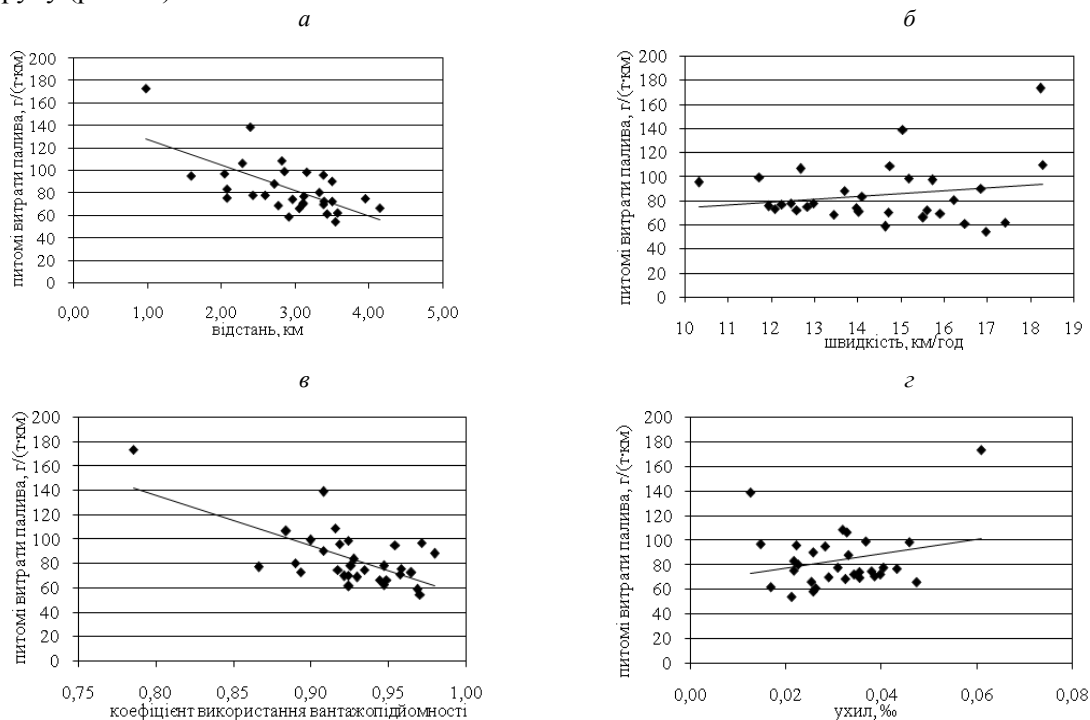


Рис. 1. Залежності питомих витрат палива від відстані транспортування гірничої маси а, швидкості руху б, коефіцієнту використання вантажопідйомності в та ухилу трас руху г

Виходячи з цього прийнята гіпотеза про лінійний зв'язок між питомими витратами палива, швидкістю кар'єрних автосамоскидів, довжиною транспортування гірничої маси, значенням ухилу трас руху та коефіцієнтом використання вантажопідйомності, яка може бути записана у вигляді формули

$$q' = b_0 + b_1 \cdot l_{c.pv} + b_2 \cdot \gamma + b_3 \cdot v_m + b_4 \cdot i \quad (5)$$

Для знаходження коефіцієнтів рівняння використаний метод найменших квадратів [5]. Після обчислень встановлена залежність питомих витрат палива для умов даного кар'єру

$$q' = 411,17 - 23,29 \cdot l_{c.pv} - 329,91 \cdot \gamma + 3,14 \cdot v_m + 24,96 \cdot i \quad (6)$$

При збільшенні значення середньої відстані транспортування на 1 % за незмінних значень інших показників відбувається зменшення питомих витрат палива на 0,46 %. Збільшення значення показника коефіцієнту використання вантажопідйомності на 1 % приводить до зменшення питомих витрат палива на 0,4 %. При збільшенні значення швидкості руху кар'єрних автосамоскидів на 1 % за незмінних значень інших показників відбувається збільшення питомих витрат палива на 0,15 %. Збільшення значення показника ухилу трас руху на 1 % призводить до збільшення питомих витрат палива на 0,01 %.

Значимість рівняння регресії оцінюється за критерієм Фішера з рівнем значимості  $\alpha=0,05$ ;  $F_{\text{факт}}=14,78$ ,  $F_{\text{табл}}=2,74$  і  $F_{\text{факт}} > F_{\text{табл}}$  тобто коефіцієнт регресії є значущим. Отже, встановлена залежність питомих витрат палива від швидкості кар'єрних автосамоскидів, довжини транспортування гірничої маси, значення ухилу кар'єрних доріг та коефіцієнту використання вантажопідйомності є адекватною дійсності та прийнята гіпотеза про лінійний зв'язок між залежною (результуючим показником) та незалежними змінними (вхідними параметрами) є вірною.

Для відображення тісноти зв'язку між показниками побудована матриця парних коефіцієнтів кореляції (табл. 1), яка у загальному вигляді враховує взаємозв'язок двох факторів, що здійснюють вплив на результативний показник.

Таблиця 1

Матриця парних коефіцієнтів кореляції

	$q$ , г/(т·км)	$l_{c.peg}$ , км	$\gamma$	$v_{mp}$ , км/год	$i$ , %
$q$ , г/(т·км)	1,00	0,78	0,81	0,34	0,30
$l_{c.peg}$ , км	0,78	1,00	0,29	0,62	0,14
$\gamma$	0,81	0,29	1,00	0,25	0,50
$v_{mp}$ , км/год	0,34	0,62	0,25	1,00	0,45
$i$ , %	0,30	0,14	0,50	0,45	1,00

Найтісніше з питомими витратами палива пов'язаний показник коефіцієнту використання вантажопідйомності, на другому місці знаходиться показник відстані транспортування гірничої маси, на третьому місці - швидкість кар'єрних автосамоскидів, найменший зв'язок з результативним показником має показник ухилу трас руху. Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок про те, що всі чотири змінні значною мірою впливають на результативну ознаку.

Коефіцієнт кореляції фактичних та розрахованих з використанням встановленої залежності питомих витрат палива дорівнює 0,86 (рис. 2).

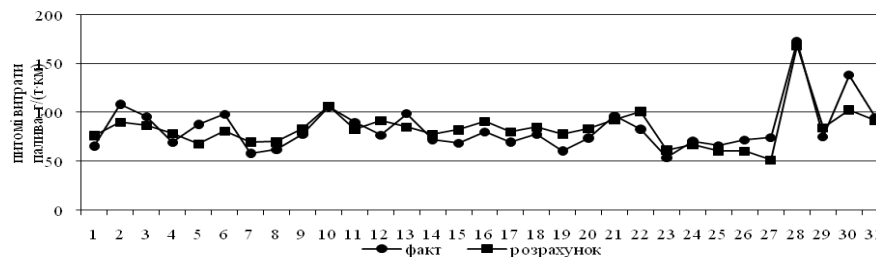


Рис. 2 Фактичні та розраховані з використанням встановленої залежності питомих витрат палива

Додатково за отриманими даними розраховані наступні статистичні показники: середнє арифметичне для фактичних та розрахункових значень дорівнює 83,94 г/(т·км) для, дисперсія відповідно 588,39 і 408,66, середньоквадратичні відхилення 24,26 та 20,22, коефіцієнти варіації 28,89 % та 24,08 %, що підтверджує однорідність спостережень.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Встановлена залежність у вигляді чотиримірної лінійної регресії питомих витрат палива від коефіцієнту використання вантажопідйомності та швидкості кар'єрних автосамоскидів, як показників, що характеризують функціонування (роботу) кар'єрних автосамоскидів, довжини транспортування гірничої маси та значення ухилу трас руху, як показників, що відображають гірничотехнічні умови функціонування виробництва (транспортування) є адекватною дійсності. Сформований методичний підхід до визначення питомих витрат палива може бути використаний на інших підприємствах за умови адаптації коефіцієнтів рівняння лінійної регресії до запропонованих умов функціонування для планування роботи автотранспорту кар'єру.

#### Список літератури

1. Анисимов А. П. Экономия, планирование и анализ деятельности автотранспортных предприятий / Анисимов А. П. – М.: Транспорт, 1988. – 245 с.
2. Карьерный транспорт: состояние и перспективы [Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В.]. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.
3. Смирнов В. П. Теория карьерного большегрузного автотранспорта / В. П. Смирнов, Ю. И. Лель. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 355 с.
4. Карьерная техника ПО «БелАЗ»: Справочник / под. ред. П. Л. Мариева, К. Ю. Анистратова. – М.: ООО НТЦ«Горное дело», 2007. – 456 с.
5. Магнус Я. Р. Эконометрика. Начальный курс: [учеб. ] / Магнус Я. Р., Катышев П. К., Пересецкий А. А. – 8-е изд. – М.: Дело, 2007. – 504 с.

Рукопис подано до редакції 21.03.12