

УДК 338.45:621

Прокопенко В.І.*доктор технічних наук, професор
Національного гірничого університету***Ерперт О.М.***кандидат технічних наук, доцент
Національного гірничого університету***Бондаренко Л.А.***асистент кафедри економіки підприємства
Національного гірничого університету*

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ

BACKGROUND EVALUATION CRITERIA AND COMPETITIVENESS RIGID DUMP TRUCKS

АНОТАЦІЯ

Питання щодо визначення показників оцінки конкурентоспроможності ав-томобілів за зручним зрозумілим підходом не мають достатнього науково-прикладного розв'язання. З цією метою запропонований показник техніко-економічної ефективності, яка вимірюється відношенням групового показника за економічними параметрами самоскиду до групового показника за його технічними параметрами. Визначені витрати палива на 1 т вантажопідйомності та 1 кВт потужності двигуна автомобіля. Розроблений метод вибору моделі автосамоскиду за умови найменших витрат палива, що враховує взаємозв'язок технічних параметрів машини, наведений приклад розв'язання поставленої задачі для виконання на кар'єрі заданого обсягу перевезення гірської маси.

Ключові слова: гірничодобувне підприємство, конкурентоспроможність автомобілів, показники оцінки, питомі витрати палива, техніко-економічна ефективність, статистичні моделі.

АННОТАЦИЯ

Вопросы по выбору показателей оценки конкурентоспособности автомобилей на основе удобного понятного подхода не имеют достаточного научно-прикладного обоснования. С этой целью предложен показатель технико-экономической эффективности, которая рассчитывается как отношение группового показателя по экономическим параметрам самосвала к групповому показателю по его техническим параметрам. Определены затраты топлива на 1 т грузоподъемности и 1 кВт мощности двигателя автомобиля. Разработан метод выбора модели автосамосвала по критерию наименьших затрат топлива, что позволяет учитывать взаимосвязь технических параметров машины. Приведен пример решения поставленной задачи для выполнения на карьере заданного объема перевозки горной массы.

Ключевые слова: горнодобывающее предприятие, конкурентоспособность автомобилей, показатели оценки, удельные затраты топлива, технико-экономическая эффективность, статистические модели.

ANNOTATION

Questions about the choice of indicators to measure competitiveness of the car based on user-friendly intuitive approach does not have sufficient scientific and applied studies. To this end, it proposed measure technical and economic efficiency, which is calculated as the ratio of the group indicator of economic parameters truck to the group indicator of its technical parameters. Determine the cost of fuel per 1 ton capacity and 1 kW of power engine. A method for selecting a model dump Least Cost fuels that takes into account the relationship of technical parameters of the machine. An example of the solution of the tasks to be performed on the career of a given volume of rock mass transportation.

Keywords: miner, competitive car, performance evaluation, the unit cost of fuel, technical and economic efficiency, statistical models.

Постановка проблеми. На відкритих гірничих розробках найбільш поширеним видом транспорту сьогодні є великогабаритні самоскиди вантажопідйомністю 15...220 т. Близько 60% обсягу гірської маси на вітчизняних і 85% на зарубіжних кар'єрах перевозиться саме цими машинами., незважаючи на те, що великовантажний транспорт є порівняно дорогим і трудомістким: витрати на нього становлять до 50...70% собівартості видобутку корисних копалин, а у деяких випадках до 25% сумарних виробничих витрат підприємства [1, с. 22-26].

Важливішими для гірничодобувного підприємства характеристиками кар'єрного автосамоскиду є його продуктивність та собівартість транспорту-вання. Ці характеристики базуються на взаємозв'язку основних технічних показників самоскиду як вантажопідйомність, потужність двигуна, витрата палива та швидкість руху. Тому виробник автомобілів повинний якнайкорисніше урахувувати названий взаємозв'язок з тим, щоб позитивний вплив цих показників посилити, а негативний – послабити. В методичних підходах до вдосконалення діючих моделей самоскидів для відкритої розробки родовища зазначене положення не має достатнього науково-прикладного розв'язання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними показниками оцінки конкурентоспроможності автосамоскидів, на думку авторів роботи [2], є наступні: технічні (призначення, нормативні, ергономічні, естетичні та ін.), економічні (ціна споживання) й організаційні (знижки, умови платежу та поставок, комплектність поставок, строки та умови гарантії тощо). Х. Фасх'єв та Г. Крохмальова [3] відзначають, що при встановленні оцінки якості автомобіля потрібно враховувати разом кількісну зміну ціни та якості машини. Чим детальніше обґрунтування вибраних показників, тим правильнішою буде названа оцінка [4, с. 53-68]. Б. Кузін, В. Юр'єв та Г. Шахдінаров [5] підкреслюють, що одиничні показники надають тільки одну

технічну, економічну або техніко-економічну оцінку автомобіля. На їх думку, визначаючим є кінцевий показник, за яким варто оцінювати якість машини. У роботі [5, с. 62] до економічної категорії віднесені показники технологічності, оскільки вони впливають на техніко-економічні результати роботи машини.

У будь-якому разі, практика показує, що вимоги, за якими споживач оцінює і обирає відповідну модель автомобіля, включають значну кількість показників. Методи оцінки конкурентоспроможності частіше є кількісними. Автор роботи [6, с. 255] вважає, що ця кількісна оцінка повинна базуватися на такому підході: інтегральні та індивідуальні показники повинні формувати систему оцінки конкурентоспроможності. Щодо кар'єрних самоскидів, то узагальненими їхніми показниками є пробіг до списання (ресурс) й питомі витрати дизельного палива, а в підсумку, собівартість транспортування 1 т/км гірської маси [7]. У будь-якому разі конкурентоспроможність автомобілів тісно пов'язана з її оцінками залежно від потреб певної групи споживачів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Проведений аналіз наукових праць свідчить, що на сьогодні практично відсутній єдиний підхід до обґрунтованого визначення техніко-економічних показників автосамоскиду, за якими він має відповідати заданим гірничо-технологічним умовам експлуатації. Запропоновані підходи до вибору цих показників дозволяють встановити таке:

- підходи розвиваються у напрямі збільшення кількості факторів, які враховуються;
- показники лише опосередковано враховують специфіку гірничо-технологічних умов експлуатації родовища корисної копалини;
- певну сукупність показників врахувати та пристосувати до автосамоскиду дуже важко, об'єктивніше буде виокремити мінімальну кількість одиничних показників, які є вагомими для споживача та прийнятні для автовиробника.

Мета статті. Вибір доцільної моделі автосамоскиду стосовно умов транспортування гірської породи в кар'єрі, безумовно, передбачає оптимальне співвідношення вантажопідйомності / потужність двигуна / витрата палива. Це обумовило необхідність проведення додаткових досліджень саме з метою теоретичного обґрунтування та визначення науково-прикладних засад вибору моделі кар'єрного автосамоскиду урахувавши взаємозв'язок його основних технічних параметрів. У статті викладено результати цього дослідження, виконаного авторами.

Виклад основного матеріалу. Найбільш поширеним до оцінювання конкурентоспроможності є підхід на основі інтегрального коефіцієнту I_a , який загалом визначається як відношення групового показника за технічними параметрами G_m автомобіля до групового показника за його економічними G_e параме-

трами [8, с. 111]. При заміні базової моделі запропонованою може спостерігатися позитивний або негативний вплив технічних показників на економічні, що приводить до поліпшення або до погіршення результату її експлуатації. Якщо відношення сукупності технічних показників основної моделі самоскида до сукупності цих показників базової моделі з негативним впливом буде перевищувати одиницю, то розглянута заміна моделей є доцільною.

Зазначений підхід на основі інтегрального коефіцієнту I_a дозволяє оцінити конкурентоспроможність декількох нових моделей автомобілів, що пропонуються на ринку або плануються до виробництва, порівняно з моделлю, яка експлуатується. Так стає зрозумілим вибір доцільної моделі самоскида для конкретних умов його експлуатації з будь-якого числа можливих моделей.

Розглянемо фізичний зміст інтегрального коефіцієнту I_a . Він вимірюється відношенням G_m/G_e групових показників, де показник G_m дорівнює сумі відношень показників, що характеризують технічну складову конкурентоспроможності автомобіля (вага машини, швидкість руху, вантажопідйомність, витрати палива, ємність кузова тощо), а показник G_e – сумі відношень економічних параметрів (ціна автомобіля, витрати на його обслуговування та утримання, продуктивність та ін.) основної моделі порівняно з базовою. Викладений підхід, на думку авторів, ускладнює вирішення поставленої задачі у силу таких обставин:

- 1) сума співвідношень показників конкурентоспроможності автомобілів не має певного фізичного змісту, який визначав би напрям (критерій) оптимізації рішення, що приймається;
- 2) не можна враховувати вплив окремих показників конкурентоспроможності на результати експлуатації тієї чи іншої моделі автомобіля;
- 3) різні за рівнем впливу на конкурентоспроможність автомобіля показники компенсують один одного так, що передбачити ефективність його використання в конкретних умовах перевезення вантажів реально неможливо;
- 4) у сукупності усі показники технічної складової інтегрального коефіцієнту не дозволяють встановити напрям їх оптимізації для поліпшення економічної складової цього коефіцієнта;
- 5) формула розрахунку інтегрального коефіцієнту конкурентоспроможності є дробом, чисельником якої є співвідношення технічних показників основної та базової моделей автомобіля (ці показники можуть визначати деякий обсяг роботи, що вимірюється, наприклад, у т.км/змину), а знаменником – співвідношення економічних показників цих моделей (можуть вимірювати витрати на виконаний обсяг роботи, наприклад, у грн./змину). Загалом, названий коефіцієнт є величиною безрозмірною, що відо-

бражає у цілому за своїми складовими співвідношення одиниць вимірювання т.км/зміну та грн./зміну, тобто т.км/грн., що характеризує обсяг роботи, виконаної на 1 грн. Використання такої одиниці вимірювання є незрозумілим, що ускладнює їх порівняння між собою та вибір доцільної моделі автомобіля.

Для зручності розрахунків та зрозуміння їх фізичного змісту інтегральний коефіцієнт I_a пропонується встановлювати за відношенням:

$$I_{a.e} = \frac{G_e}{G_m}, \text{ частка од.}; \quad (1)$$

Такий підхід дозволяє врахувати вплив технічних показників на економічні результати транспортування вантажів, виключає компенсацію показників один одним та приводить до визначення коефіцієнта $I_{a.e}$ через рівень змін економічних параметрів транспортних робіт. У такому разі спроможність основної моделі автомобіля бути реалізованою на ринку у порівнянні з базовою пропонується оцінювати інтегральним показником, що визначений як рівень техніко-економічної ефективності. Цей рівень розраховується за відношенням:

$$E_{m.e} = \frac{1 - G_e}{G_m - 1}. \quad (3)$$

результат від експлуатації основної моделі автомобіля перевищує чи поступається економічному результату від експлуатації базової моделі. Причому цей результат буде вимірюватися сумарними витратами на експлуатацію автомобіля. Різниця $(1 - G_e)$ показуватиме, наскільки ці витрати скорочуються чи збільшуються при впровадженні основної моделі замість базової, тобто ця різниця визначатиме економічний ефект від цієї заміни. Якщо різниця $(1 - G_e)$ буде негативною, то це означатиме, що впровадження основної моделі автомобіля призведе до збільшення витрат на транспортування вантажів. З підвищенням величини G_m технічні можливості автомобіля щодо збільшення обсягу транспортування (продуктивності автомобіля) зростають. Тому технічний ефект від заміни базової моделі автомобіля на основну модель визначається, виходячи з різниці $(G_m - 1)$. На підставі такого підходу відношення $(1 - G_e)/(G_m - 1)$ буде відображати техніко-економічну ефективність впровадження нової моделі транспортних засобів. Рівень цієї ефективності може бути прийнятий як критерій оцінювання їх конкурентоспроможності, що відображає економічні й технічні чинники експлуатації автомобіля.

Величина $E_{m.e}$ характеризуватиме, з одного боку, економічну ефективність впровадження запропонованої моделі транспортного засобу порівняно з базовою, з іншого – технічну ефективність. Економічна ефективність вимірюється витратами на придбання, утримання й обслуговування автомобіля, технічна ефективність – характеризує відповідність технічних та технологічних параметрів автомобіля певним вимогам процесу транспортування вантажів,

які можуть бути різного формату, призначення, розмірів тощо.

Також для урахування різного характеру впливу технічні показники автомобілів доцільно розділяти на три групи: показники, які мають позитивний або негативний вплив на економічні результати транспортування вантажів, та показники, характер впливу яких визначає сам покупець, виходячи з умов та цілей транспортного процесу. Позитивний вплив має місце, якщо при зростанні технічного показника економічний результат поліпшується, та навпаки, при негативному впливі – погіршується. Як економічний результат можуть розглядатися витрати на паливо, собівартість транспортування, продуктивність автомобілів, витрати на обслуговування та ремонт, відпускна ціна тощо.

При заміні базової моделі автомобіля його основною моделлю, яка матиме

поліпшені технічні та економічні показники, досягається певний ефект, що вимірюється сумою співвідношень цих показників. Значить, групові показники конкурентоспроможності пропонується відображають технічний та економічний ефекти від їх впровадження замість базових. Ці ефекти можуть бути представлені у такому вигляді:

$$G_e = \sum_{j=1}^m \frac{\Pi_{je,\delta}}{\Pi_{je,o}} a_{je}; \quad (4)$$

$$G_m = \sum_{i=1}^n \frac{\Pi_{im,\delta}}{\Pi_{im,o}} a_{im}, \quad (5)$$

де $\Pi_{je,o}, \Pi_{je,\delta}$ – i -й показник економічної характеристики автомобілів основної та базової моделей, відповідно;

$\Pi_{im,o}, \Pi_{im,\delta}$ – теж i -й показник технічної характеристики;

m, n – кількість показників, відповідно, економічної та технічної характеристик автомобілів;

a_{je}, a_{im} – ступінь значимості, відповідно, j -го економічного та i -го технічного показників конкурентоспроможності автомобілів.

З урахуванням позитивного або негативного впливу технічних показників (параметрів) на економічний результат експлуатації отримуємо:

$$G_m = \sum_{i=1}^{n^+} \frac{\Pi_{im,o}^+ a_{im}^+}{\Pi_{im,\delta}^+} - \sum_{i=1}^{n^-} \frac{\Pi_{im,o}^- a_{im}^-}{\Pi_{im,\delta}^-}, \quad (6)$$

де n^+, n^- – кількість показників конкурентоспроможності автомобіля, які на її економічну складову здійснюють, відповідно, позитивний або негативний вплив;

$\Pi_{im,o}^+, \Pi_{im,\delta}^+, \Pi_{im,o}^-, \Pi_{im,\delta}^-$ – відповідно, показники конкурентоспроможності автомобілів основної та базової моделей, що здійснюють позитивний або негативний вплив на економічні результати їх експлуатації.

З використанням наведених вище теоретичних положень розглянуто доцільність заміни тих чи інших моделей автосамоскидів, які прийняті для транспортування скельних гірських

порід на поверхню кар'єру по з'їздам з уклоном 80‰ на відстань 2...2,5 км. Породу навантажує екскаватор продуктивністю 500...600 тис. м³ на рік. Порівнюємо самоскиди КрАЗ-65032-043 (КрАЗ), що використовуються на кар'єрі, та МАЗ-651705-231 (МАЗ), що можуть бути впроваджені для заміни моделей КрАЗ. Вихідні дані, а також результати розрахунку техніко-економічної ефективності за формулою (6) наведені у табл. 1.

Одиничні параметричні показники g_i та вагові величини a_i по кожному економічному показнику визначені виходячи із робіт [8, с. 93, 9, с. 144-148] відповідно. На основі цих показників розраховані їх загальні значення, а також груповий показник G_e за формулою (2). Потім, таким же чином встановлено одиничні параметричні показники та вагові коефіцієнти для технічних показників, причому враховано як позитивний, так і негативний вплив на економічний результат. Розрахунок показника G_m здійснено за виразом (6). З розрахунків витікає, що груповий показник G_e за еконо-

мічними параметрами складає 1,08%, за технічними G_m – 0,37% (табл. 1). Значить рівень техніко-економічної ефективності моделі МАЗ у 0,13 рази вищий, ніж у базовій моделі КрАЗ, що свідчить про перевернення конкурентних переваг запропонованої моделі автосамоскида та доцільності заміни автомобіля, який експлуатується. Відомо, що автомобілі вітчизняного виробництва часто за техніко-економічними показниками поступаються їх зарубіжним аналогам. КрАЗ-65055 вантажопідйомністю 16 т (умовно позначено КрАЗ), КамАЗ-6520 – 18 т (КамАЗ), МАЗ-551605 – 20 т (МАЗ), IVECO-260.30H – 20 т (IVECO). Розглянемо це твердження на конкретному прикладі. Розрахуємо рівень техніко-економічної ефективності вітчизняних та зарубіжних автосамоскидів.

Усі моделі, що розглядаються, порівнюються з базовою моделлю КрАЗ-65032-043. Економічні дані експлуатації цих автосамоскидів, прийняті за публікаціями [10, с. 27-31; 11, с. 116-117; 12, с. 74-78], подані у таблиці 2. Результати розрахунків техніко-економічної ефективності

Таблиця 1

Розрахунок техніко-економічної ефективності запропонованої моделі авто-самоскида

№ п/п	Показники	Моделі машин		Одиничний показник g_i	Вага i -го параметру a_i	Груповий показник G_e	
		МАЗ	КрАЗ				
<i>Економічні</i>							
1	Витрати на технічне обслуговування, грн/рік	18142	21183	0,86	0,121	0,10	
2	Інтенсивність поточної окупності, %	46,31	42,1	1,10	0,138	0,15	
3	Наробіток на відмовлення, тис. км	7	5	1,40	0,143	0,20	
4	Вартість нормо-часу обслуговування, грн.	57	48	1,19	0,092	0,11	
5	Собівартість експлуатації автомобіля, тис. грн/рік	162612	143624	1,13	0,092	0,10	
6	Ціна автомобіля, грн.	343200	248300	1,38	0,116	0,16	
7	Витрати на капітальний ремонт, грн/рік	35362	40120	0,88	0,109	0,10	
8	Витрати на поточний ремонт (ТО-2), грн/рік	10480	17779	0,59	0,089	0,05	
9	Витрати на відновлення компонентів, що швидко зношуються, грн/рік	28068	28403	0,99	0,099	0,10	
	Усього					1,08	
<i>Технічні</i>							
<i>Показники, які мають позитивний вплив на економічний ефект</i>						G_m^+	
1	Пробіг до першого капремонт, км	5000	4000	1,25	0,083	0,10	
2	Ресурс до списання, тис. км	400	300	1,33	0,085	0,11	
3	Періодичність ТО-2, тис. км	16	16	1,00	0,079	0,08	
4	Гарантійний термін експлуатації, роки	5	3	1,67	0,071	0,12	
5	Номинальна потужність двигуна, кВт	243	243	1,00	0,059	0,06	
6	Вантажопідйомність, т	19	18	1,06	0,086	0,09	
7	Ємність паливного бака, л	350	250	1,40	0,053	0,07	
8	Максимальна швидкість машини, км/год	74	75	0,99	0,086	0,08	
	Усього					0,72	
<i>Показники, які мають негативний вплив на економічний ефект</i>						G_m^-	
1	Радіус повороту, м	9	12,6	0,71	0,077	0,06	
2	Навантажувальна висота, мм	1085	2180	0,50	0,077	0,04	
3	Обсяг платформи, м ³	10,5	10,5	1,00	0,088	0,09	
4	Повна маса автомобіля, кг	33000	28100	1,17	0,086	0,10	
5	Витрати палива, л/100 км пробігу	35	32,3	1,08	0,070	0,08	
6	Усього					0,36	
	Техніко-економічна ефективність	0.13					

експлуатації автосамоскидів при транспортуванні гірських порід представлені в табл. 2.

На основі прийнятих вихідних даних аналіз результатів розрахунку, поданих у таблиці 2, дозволяє встановити таке:

1. Серед автосамоскидів, що порівнюються, найбільш вигідними по витратам на експлуатацію є моделі КраЗ та МАЗ ($G_e = 0,97$), найдорожчим за цим показником є автомобіль IVECO ($G_e = 3,11$). У той же час останній за технічним показником, що характеризує його продуктивність, має рівень конкурентоспроможності G_m на 2,36 рази вищий, ніж у базовій моделі. Практично однакові (найнижчі) показники технічної можливості мають моделі КраЗ та МАЗ – $G_m = 0,21$ і $0,24$, відповідно.

2. Економічний ефект моделі IVECO у порівнянні з базовою моделлю є від'ємним ($1 - G_e = -2,11$): впровадження цього автомобіля замість базового призведе до збільшення витрат на його експлуатацію. Заміна базової моделі автомобілями КраЗ або МАЗ приводить до незначного підвищення економічного ефекту ($1 - G_e = 0,03$). Технічний ефект автомобіля IVECO на 1,36 рази вищий, ніж у базовій моделі. Не вигідними для заміни є моделі КраЗ ($G_m - 1 = 0,79$) та МАЗ ($-0,76$).

3. За техніко-економічною ефективністю, яка характеризує питомі витрати на транспортування гірських порід, найкращою моделлю є КамАЗ ($E_{m,e} = 0,29$), найгіршою – IVECO ($-1,56$). Автомобілі МАЗ та КраЗ також будуть однаково збитковими ($E_{m,e} = -0,4$).

Залежно від величини та знаку (позитивний чи негативний) економічного та технічного ефектів від заміни базової (діючої) моделі самоскиду на основну (що пропонується) фор-

мується різна за значенням техніко-економічна ефективність. Можливі оцінки варіантів такої заміни та рекомендовані рішення для кожного варіанту наведено у таблиці 3.

Якщо автомобіль має незначну питому витрату палива на забезпечення вантажопідйомності, то він викликає малі матеріальні витрати на перевезення вантажу. Це буде спостерігатися у випадку високої продуктивності автомобіля. А для цього він повинний мати достатню потужність двигуна. У свою чергу, ця потужність потребує достатнього забезпечення паливом, що призведе до підвищення його витрати. Проте підвищення потужності має бути більшим, ніж підвищення витрати палива. У разі, коли питома витрата палива на забезпечення потужності двигуна не зростає, то автомобіль за цим показником має розглядатися як доцільний.

Проаналізовано зростання витрати палива та потужності двигуна автомобіля при зростанні його вантажопідйомності. Останнє у вітчиз-

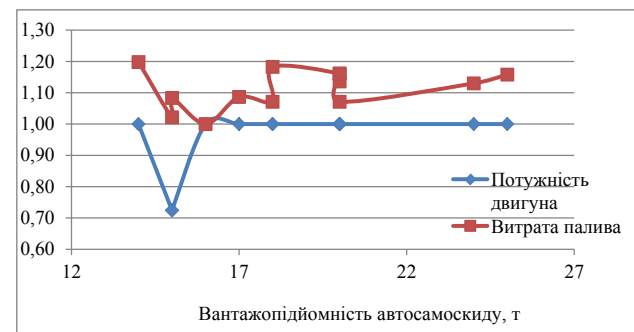


Рис. 1. Графіки залежності відносної зміни витрати палива (1) та потужності двигуна (2) вітчизняних самоскидів при підвищенні вантажопідйомності

Таблиця 2

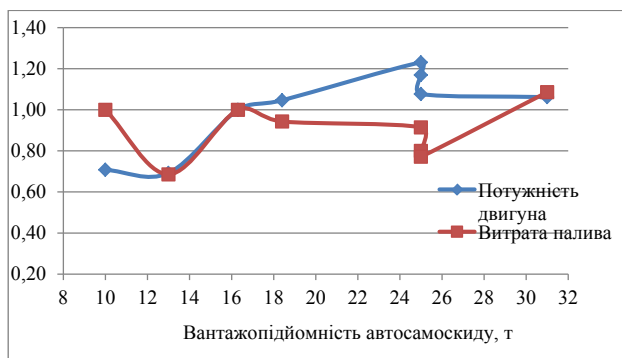
Рівень техніко-економічної ефективності експлуатації автосамоскидів

№ п/п	Показники	Автосамоскиди			
		КраЗ	КамАЗ	МАЗ	IVECO
1	Груповий економічний показник	0,97	1,04	0,97	3,11
2	Груповий технічний показник	0,21	1,12	0,24	2,36
3	Економічний ефект	0,03	-0,04	0,03	-2,11
4	Технічний ефект	0,79	-0,12	0,76	-1,36
5	Техніко-економічна ефективність	0,04	0,29	-0,04	1,56

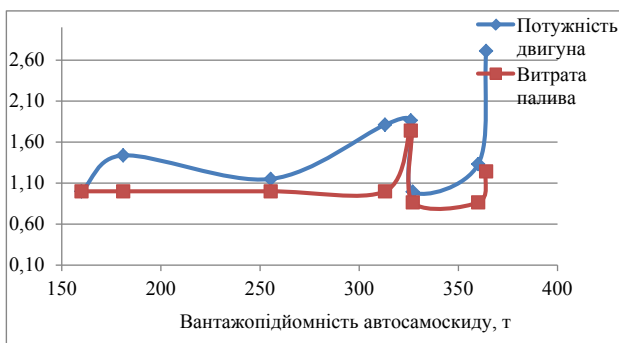
Таблиця 3

Оцінки варіантів заміни базового автомобіля на запропонований

№ п/п	Економічний ефект		Технічний ефект		Техніко-економічна ефективність	
	значення	характеристика	значення	характеристика	значення	рекомендація щодо заміни
1	$(1 - G_e) > 0$	Витрати зменшуються	$(G_m - 1) > 0$	Обсяг перевезень збільшується	$E_{m,e} > 0$	Доцільна
			$(G_m - 1) < 0$	Обсяг перевезень зменшується	$E_{m,e} < 0$	Доцільна, якщо економічний ефект переважає
2	$(1 - G_e) < 0$	Витрати збільшуються	$(G_m - 1) > 0$	Обсяг перевезень збільшується	$E_{m,e} < 0$	Доцільна, якщо технічний ефект переважає
			$(G_m - 1) < 0$	Обсяг перевезень зменшується	$E_{m,e} > 0$	Не доцільна



а



б

Рис. 2. Графіки залежності відносної зміни витрати палива (1) та потужності двигуна (2) зарубіжних автосамоскидів при зростанні їх вантажопідйомності: а і б – відповідно, для самоскидів малої та великої вантажопідйомності

няних самоскидів не викликає зміни витрати палива за певною залежністю, хоча ця витрата з нею тісно пов'язана (рис. 1). Коливання витрати палива відносно середньої – 5...10%. Потужність двигуна самоскидів при зростанні їх вантажопідйомності підвищується, причому більшою мірою, ніж вантажопідйомність.

Такий же характер зміни витрати палива та потужності двигуна при зростанні вантажопідйомності мають малі зарубіжні моделі самоскидів, хоча у середньому можна відзначити деяку тенденцію до зниження витрати палива (рис. 2, а). До того ж спостерігається сильна прямо пропорційна залежність потужності двигуна самоскидів від їхньої вантажопідйомності.

На рівні самоскиду собівартість обумовлена вантажопідйомністю, потужністю двигуна, колісною формулою, обсягом кузова, мінімальним радіусом повороту, які спільно визначають витрату палива. Оскільки названі характеристики взаємопов'язані, то управляти кожною з них як самостійним конструктивним розміром не є можливим. Нижче виконані дослідження, мета яких – визначити методичні засади щодо встановлення взаємозв'язку між технічними параметрами кар'єрних самоскидів та сформулювати загальний підхід до розв'язання цієї задачі за обраним критерієм ефективності. Дослідження виконані на прикладі зарубіжних моделей рухомого складу автотранспорту, наведених у таблиці 4.

Згідно з названим вище підходом, передусім встановлюють взаємозв'язок між вантажопідйомністю G_a та масою автомобіля Q_a . Із безлічі нелінійних моделей $G_a = f(Q_a)$, виходячи з статистичної вибірки вказаних характеристик знаходимо, що найбільш адекватною є ступенева модель

$$G_a = 0,2743 * Q_a^{1,2156}. \quad (7)$$

Коефіцієнт детермінації для моделі (1) $R^2 = 0,989$, статистика Стьюдента для коефіцієнтів регресії значно більше критичного значення ($t_a = 6,91$; $t_\sigma = 22,8$), статистика Фішера також значно перевищує її критичне значення ($F = 519,9$). Ці оцінки свідчать про високий рівень адекватності отриманої моделі. На рисунку 3 наведені фактичні ($G_{a,ф}$) та отримані по моделі показники ($G_{a,р}$).

Таблиця 4

Технічна характеристика зарубіжних автосамоскидів малої вантажопідйомності

№ п/п	Показники	Моделі автомобілів		
		Самс 6x4	КамАЗ-55111	Shacman 8x4
1	Маса автомобіля, т	33	22,4	48,3
2	Вантажопідйомність, т	18,4	13	31
3	Максимальна швидкість, км/г	90	90	85
4	Контрольні витрати палива л/100 км	33	10,85	38
5	Радіус повороту, м	7,6	9	18
6	Потужність двигуна, кВт (к.с.)	250 (340)	165 (225)	345

Продовження таблиці 4

№ п/п	Моделі автомобілів				
	Урал 55570013-40	МЗКТ-6515010	САМС 6x4 HN3250P34	FAW 6x4	TATRA T815-231S25
1	20,2	41	41	41	28,5
2	10	25	25	25	16,3
3	72	75	75	75	85
4	35	32	28	27	35
5	11,6	11,5	-	16	19
6	169 (230)	294 (400)	380	350	325

З рисунка видно, що розраховані значення вантажопідйомності практично збігаються з фактичними.

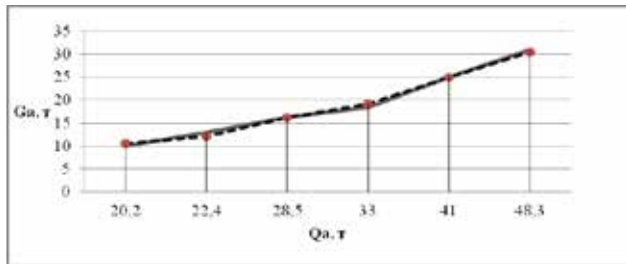


Рис. 3. Залежність вантажопідйомності автосамоскиду (G_a) від маси порожнього автосамоскиду (Q_a)

Таким же шляхом визначений взаємозв'язок потужності двигуна $P_{\text{дв}}$ з масою завантаженого автосамоскиду $Q_a + G_a$. Найбільш адекватною була така ступенева модель:

$$P_{\text{дв}} = 34,07 * (Q_a + G_a)^{0,5646}. \quad (8)$$

Коефіцієнт детермінації для моделі (2) $R^2 = 0,787$, статистика Стьюдента для коефіцієнтів регресії більше критичного значення при рівні значущості $\alpha = 0,05$ ($t_a = 7,4$; $t_g = 4,7$), статистика Фішера також перевищує критичне значення ($F = 22,1$). Таким чином, отримана модель може бути визнана адекватною, а її параметри – статистично значущими. На рисунку 4 приведені фактичні ($P_{\text{дв,ф}}$) та розраховані ($P_{\text{дв,р}}$) значення потужності двигуна при різних значеннях маси завантаженого автосамоскиду. З рисунка витікає, що фактичні дані задовільно узгоджуються з розрахованими.

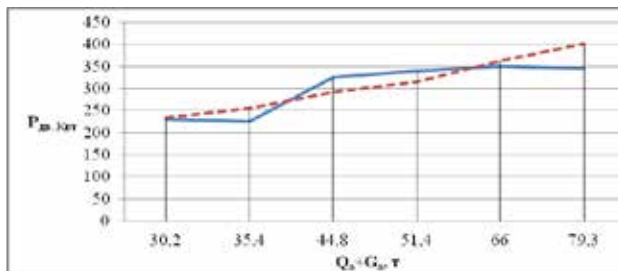


Рис. 4. Залежність потужності двигуна ($P_{\text{дв}}$) від повної маси автосамоскиду ($Q_a + G_a$)

Також встановлений взаємозв'язок між швидкістю руху автосамоскиду і його технічними характеристиками – потужністю двигуна та масою завантаженого самоскида. У технічних даних (табл. 1) наводиться максимальна швидкість руху порожньої автомаши. Оскільки у цьому дослідженні швидкість завантаженого автосамоскиду відіграє суттєву роль, то зрозуміло, що необхідно скорегувати швидкість на величину переміщуваного вантажу. Такі дослідження авторами цього підходу на основі статистичних даних не проводилися, а було зроблено припущення, що співвідношення швидкостей руху завантаженого і порожнього самоскидів обернено

пропорційне масі завантаженої і порожньої машин, тобто:

$$\frac{V_c}{V} = \frac{G_a}{G_a + Q_a}, \quad (9)$$

де V_c – швидкість руху машини, скорегована на її навантаження.

З цього співвідношення зроблено висновок про те, що чим більше завантажена машина, тим нижча швидкість її руху. Таким чином:

$$V_c = V \frac{G_a}{G_a + Q_a}, \quad (10)$$

У результаті випробовування різних нелінійних двофакторних моделей була отримана найбільш адекватна ступенева модель:

$$V_c = 86,7 * (Q_a + G_a)^{-0,565} * P_{\text{дв}}^{0,296}. \quad (11)$$

Коефіцієнт детермінації для моделі (5) $R^2 = 0,8$, що свідчить про сильний вплив факторних змінних, врахованих у цій моделі. Статистика Фішера $F = 5,89$, що більше критичного значення $F_{\text{кр}} = 5,46$ при рівні значущості $\alpha = 0,1$. Отже, отримана модель може бути визнана адекватною. Зазначимо також, що знаки коефіцієнтів регресії правильно відображають логіку зміни скорегованої швидкості від зміни факторних ознак. Так, у моделі маса завантаженого самоскиду присутня в ступені з негативним значенням, а потужність двигуна – з позитивним. Значить, при збільшенні маси швидкість руху зменшується, а при збільшенні потужності – зростає. На рисунку 5 наведені значення фактичної ($V_{\text{с,ф}}$) і отриманої моделі ($V_{\text{с,р}}$) скорегованої швидкості руху при фактичних поєднаннях значень факторів, що розглядаються. З рисунка видно, що розраховані значення цілком задовільно узгоджуються з фактичними

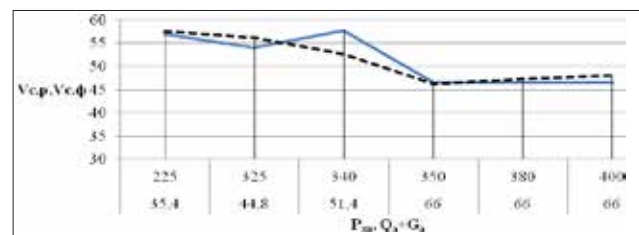


Рис. 5. Залежність скорегованої швидкості (V_c) від потужності двигуна ($P_{\text{дв}}$) і маси завантаженого автосамоскида ($Q_a + G_a$)

Для вибору доцільної моделі машини також треба встановити залежність витрат палива T_n (на 100 км шляху) від маси завантаженого автосамоскиду і потужності його двигуна. З цією метою із безлічі нелінійних двофакторних моделей була отримана найбільш адекватна ступенева модель:

$$T_n = 0,00193 * (Q_a + G_a)^{0,669} * P_{\text{дв}}^{1,17}. \quad (12)$$

Отримана модель (6) також перевірена на надійність зв'язку між показниками, що розглядаються. Коефіцієнт детермінації для цієї моделі $R^2 = 0,844$. Він свідчить про те, що основний вплив на витрати палива здійснюють вико-

ристані в моделі пояснюючі змінні. Статистика Фішера $F = 8,09$, що більше критичного значення $F_{кр.} = 5,46$ при рівні значущості $\alpha = 0,1$. Значить, отримана модель може бути визнана адекватною. Логіка зміни витрати палива від факторних ознак правильно відображена у зазначеній моделі. Показники ступеня в моделі позитивні, що свідчить про збільшення витрати палива зі зростанням кожного із факторів. При цьому коефіцієнт еластичності витрати палива по потужності двигуна (1,17) істотно перевищує коефіцієнт еластичності по масі завантаженого автосамоскиду (0,669), тобто потужність двигуна є у даному випадку найбільш суттєвим фактором. На рисунку 6 наведені значення фактичної ($T_{н.ф.}$) і отримані по моделі ($T_{н.р.}$) витрати палива при поєднанні значень цих факторів. Рисунок підтверджує задовільну узгодженість розрахованих значень з фактичними даними.

Встановлені взаємозв'язки (3) – (6) є теоретично підставою для вибору моделі автосамоскиду за критерієм витрати палива. Шукану модель автомашини будемо визначати по його масі Q_a , тому в настройці «Пошук рішення» змінна Q_a подана як шукана невідома. Вантажопідйомність машини G_a визначаємо через Q_a за формулою (7). Маса завантаженої машини $Q = G_a + Q_a$. По формулі (8) розраховуємо відповідну потужність двигуна $P_{дв.}$. Скориговану швидкість руху машини обчислюємо по формулі (5), використовуючи в якості аргументів встановлені раніше величини Q та $P_{дв.}$. Витрату палива T_n обчислюємо за формулою (12).

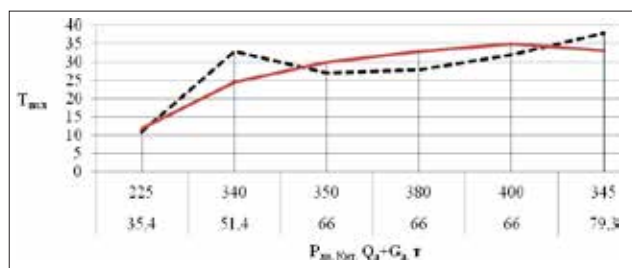


Рис. 6. Залежність витрат палива (T_n) від потужності двигуна ($P_{дв.}$) і маси завантаженого автосамоскида ($Q_a + G_a$)

Для рішення поставленої задачі плануємо певний обсяг роботи A (т·км). Час, необхідний для виконання цієї роботи, дорівнює:

$$t = A / (V_c * G_a), \text{ год.} \quad (13)$$

Виходячи з часу виконання роботи та скоригованої швидкості руху, знаходимо шлях, пройдений машиною:

$$S = V_c * t, \text{ км.} \quad (14)$$

Як зазначено вище, цільовою функцією даної задачі є мінімізація витрати палива, що встановлюється за формулою:

$$R = \frac{S * T_{пал.}}{100}, \text{ л} \quad (15)$$

При вирішенні цієї задачі на конкретному прикладі прийнято обмеження:

а) маса машини не перевищує деякого критичного значення; в вихідних даних по табл. 1 приймаємо $Q_{a,max} = 48,3$ т, отже $Q_a \leq 48,3$;

б) маса машини повинна бути не менше деякого критичного значення; згідно з вихідними даними (табл. 1) маємо $Q_{a,min} = 20,2$ т, отже $Q_a \geq 20,2$;

в) заданий обсяг роботи A повинен бути виконаний за час, який не перевищує деякого критичного значення, тобто: $t \leq t_{кр.}$

Виходячи з виробничого завдання щодо обсягу перевезення гірської маси визначимо критичний час. Наприклад, обсяг роботи $A = 5000$ т·км, а виробниче завдання автосамоскиду на перевезення $\Pi_a = 1000$ т·км/год., тоді $t_{кр.} = 5000/1000 = 5$ год. Використовуючи настройку «Пошук рішення», отримуємо значення $Q_a = 33,6$ т, $G_a = 19,67$ т. При цьому мінімальна витрата палива складе $R = 59,65$ л. Порівнюючи отримані характеристики автомашини з даними таблиці 1, бачимо, що найбільш близько вони відповідають моделі автосамоскиду Самс 6х4.

Якщо зменшити виробниче завдання до $\Pi_a = 800$ т·км/год., то час на виконання завдання $t_{кр.} = 6,25$ год. У цьому разі отримуємо такі значення: $Q_a = 25,3$ т; $G_a = 13,9$ т, $R = 56,1$ л. До цих характеристик найбільш близько відповідає модель КамАЗ-55111

Отже, проаналізовані гірничотехнічні умови експлуатації та адаптаційні якості автомобілів вітчизняного та зарубіжного виробництва для транспортування гірських порід, визначені методичні засади щодо вдосконалення діючих моделей кар'єрних автосамоскидів за їхніми технічними характеристиками.

Висновки:

1. Поширений для оцінки конкурентоспроможності продукції інтегральний коефіцієнт, що дорівнює співвідношенню групових показників, які характеризуються сукупністю технічної та економічної складових конкурентоспроможності автомобіля, є незрозумілим за фізичним змістом і незручним для розрахунку. Ці недоліки усуваються при використанні розробленої авторами оцінки рівня техніко-економічної ефективності, виходячи із співвідношення економічного і технічного ефектів від заміни базової моделі автомобіля на основну модель (що пропонується).

2. Для урахування різного характеру впливу технічних параметрів автомобілів на економічні результати транспортування вантажу технічні показники доцільно розділяти на три групи: показники, які мають позитивний або негативний вплив, та показники, характер впливу яких визначає сам покупець, виходячи з умов та цілей транспортного процесу. Залежно від величини та знаку цих ефектів від заміни однієї моделі автомобіля на іншу формується різна за значенням техніко-економічна ефективність. Розглянуто можливі оцінки варіантів такої заміни та рекомендовані рішення для кожного варіанту.

3. Обґрунтований науково-прикладний підхід до забезпечення конкурентних переваг автосамоскидів, виходячи із взаємозв'язку їхніх технічних параметрів за умов мінімізації питомої витрати палива (на 1 т вантажопідйомності та на 1 кВт потужності двигуна). На прикладі 8 моделей самоскидів встановлений статистичний зв'язок між вантажопідйомністю, масою порожньої та завантаженої машини, потужністю її двигуна й швидкістю руху, що є факторними ознаками зазначеного критерію ефективності. Встановлені доцільні моделі автосамоскиду для перевезення на залізничному кар'єрі певного обсягу гірських порід.

4. Щодо умов транспортування гірських порід у кар'єрі, конкурентні переваги певної моделі автосамоскиду варто оцінювати, окрім показника техніко-економічної ефективності, за технологічною собівартістю 1 т.км цього процесу. Саме у цьому напрямі варто продовжити подальші дослідження.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Затеєв В.Р. Совершенствование технологии обработки на Ковдорском ГОКЕ / В.Р. Затеєв, А.В. Фролов, Ф.Б. Кашпель // Горный журнал. – 1988. – № 4. – С. 22-26.
2. Лучко М.І. Розвиток гірничого автотранспорту та завдання оптимізації параметрів самоскидів і елементів кар'єрів / [М.І. Лучко, В.І. Грін, С.В. Філатов, В.В. Грін] // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 4(146). – Ч. 1. – С. 1-4.
3. Фасхiev Х.А. Методика оценки качества автомобилей / Х.А. Фасхiev, А.В. Крохмалева // Маркетинг в России и за рубежом. – 2005. – № 4(48). – С. 86-100.
4. Фасхiev Х.А. Как измерить конкурентоспособность предприятия / Х.А. Фасхiev, Е.В. Попова // Маркетинг в России и за рубежом. – 2003. – № 4(36). – С. 53-68.
5. Кузин Б. Методы и модели управления фирмой / Б. Кузин, В. Юрьев, Г. Шахдинаров ; СПб: Питер. – 2001. – С. 61.
6. Свідрик Т.І. Оцінка конкурентоспроможності машинобудівних підприємств: змістова характеристика, чинники впливу. Методи / Т.І. Свідрик // Науковий вісник. – 2007. Вип. 17.7. – С. 251-256.
7. Монастирський Ю.А. Аналіз парків кар'єрних самоскидів підприємств центральної частини України / Ю.А. Монастирський, А.В. Гальченко, А.С. Вівчарик // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2014. – № 9(1052). – С. 38-42.
8. Паршина О.А. Управління конкурентоспроможністю машинобудівної продукції / О.А. Паршина. Монографія. – Д. : НГУ, 2008. – 280 с.
9. Жукова Г. Застосування АВС-аналізу до оцінювання економічної ефективності діяльності підприємств промислового залізничного транспорту / Г. Жукова // Збірник наукових праць ДЕТУТ. – Серія Економіка і управління. – 2012. – № 19. – С. 144-148.
10. Фасхiev Х.А. Принятие маркетинговых решений на основе количественной оценки объектов / Х.А. Фасхiev // Маркетинг в России и за рубежом. – 2010. – № 2(76). – С. 14-33.
11. Фасхiev Х.А. Модель управления конкурентоспособностью предприятия / Х.А. Фасхiev // Маркетинг в России и за рубежом. – 2009. – № 6(74). – С. 107-122.
12. Фасхiev Х.А. Сколько показателей необходимо для достоверной оценки качества товаров? / Х.А. Фасхiev // Маркетинг в России и за рубежом. – 2008. – № 1(63). – С. 72-91.