

Д. В. Борисюк

## ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ КОЛІС АВТОМОБІЛІВ «КРАЗ»

**Анотація.** Функціонально-вартісний аналіз — метод системного дослідження функцій об'єкта з метою пошуку балансу між його собівартістю і корисністю.

Представлено функціонально-вартісний аналіз системи регулювання тиску повітря в шинах коліс військової автомобільної техніки «КрАЗ».

**Ключові слова:** функціонально-вартісний аналіз, система регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів, функціональна модель, коефіцієнт корисності, матриця пріоритетів, коефіцієнт витрат, діаграма корисності функцій, діаграма ранжування функцій, функціонально-вартісна діаграма, діаграма витрат функцій.

**Abstract.** Functional-cost analysis is a method of systematic study of the object's functions in order to find a balance between its cost and usefulness.

A functional and cost analysis of the air pressure regulation system in the tires of the wheels of the "KrAZ" military vehicle is presented.

**Key words:** functional cost analysis, tire pressure control system, functional model, utility factor, priority matrix, cost factor, function utility diagram, function ranking diagram, functional cost diagram, function cost diagram.

### Вступ

Для прийняття раціонального та обґрунтованого рішення доцільно використовувати функціонально-вартісний аналіз, що об'єднує різні методи колективного аналізу систем, творчого пошуку, оптимізації та вибору рішень [1].

В основу функціонально-вартісного аналізу покладено аналіз функціональної досконалості, шляхів поліпшення системи шляхом порівняння корисності окремих її функцій та затрат на її реалізацію.

Мета проведення функціонально-вартісний аналізу – забезпечення необхідної корисності системи за мінімально можливих сукупних затрат.

Отже, прийняття рішення при функціонально-вартісному аналізі здійснюється на основі двох критеріїв – корисності та вартості [2, 3].

Таким чином, функціонально-вартісний аналіз спрямований на забезпечення необхідних споживчих властивостей об'єкта з мінімально можливими затратами ресурсів на всіх стадіях виробничого процесу [4].

Отже, **метою даного дослідження** є розробка функціонально-вартісного аналізу системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» для визначення функцій складових системи, які доцільно удосконалювати.

### Основна частина

Автомобільна військова техніка – це військові автомобілі всіх видів, гусеничні і колісні тягачі, транспортери-тягачі, трактори, причепи, напівпричепи, рухомі засоби ремонту й евакуації, що забезпечують повсякденну діяльність Збройних Сил. Військові автомобілі створюються відповідно до тактико-техніко-економічних вимог Збройних Сил і призначаються для перевезень особового складу, військових вантажів, монтування і транспортування озброєння та військової техніки, транспортування причепів та напівпричепів різного призначення. Поділяються на транспортні (вантажні, зокрема автотягачі і легкові) та спеціальні (для розміщення спеціального устаткування).

Армійські вантажівки «КрАЗ» відповідають всім вимогам, які пред'являються до автомобільної військової техніки. В основі інтересу до автомобілів «КрАЗ» з боку військових — високі технічні та експлуатаційні характеристики українських всюдиходів.

Автомобілі спеціального призначення завжди були присутні в модельному ряду машин приватного акціонерного товариства «АвтоКрАЗ». Сьогодні «АвтоКрАЗ» випускає автомобілі спеціального призначення: бортові КрАЗ-6322 «Солдат» (6×6) і КрАЗ-5233BE «Спецназ» (4×4),

шасі КрАЗ-63221, КрАЗ-6322 (6×6), КрАЗ-5233НЕ (4×4), тягачі КрАЗ-6446 (6×6) і КрАЗ-6443 (6×6).

Система регулювання тиску повітря в шинах призначена для підвищення прохідності автомобіля на важких ділянках шляху за рахунок зниження тиску повітря в шинах, а у разі проколу камери дозволяє якийсь час продовжувати рух до гаража (пункту технічного обслуговування) без заміни колеса за умови, що продуктивність компресора може заповнити витік повітря з пошкодженої шини.

Схема централізованої системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» показана на рис. 1.

У систему регулювання тиску повітря в шинах коліс входять: кран управління тиском з клапаном-обмежувачем, колісні крани, пристрій ущільнювача в маточинах, повітропроводи, шланги і манометр [5].

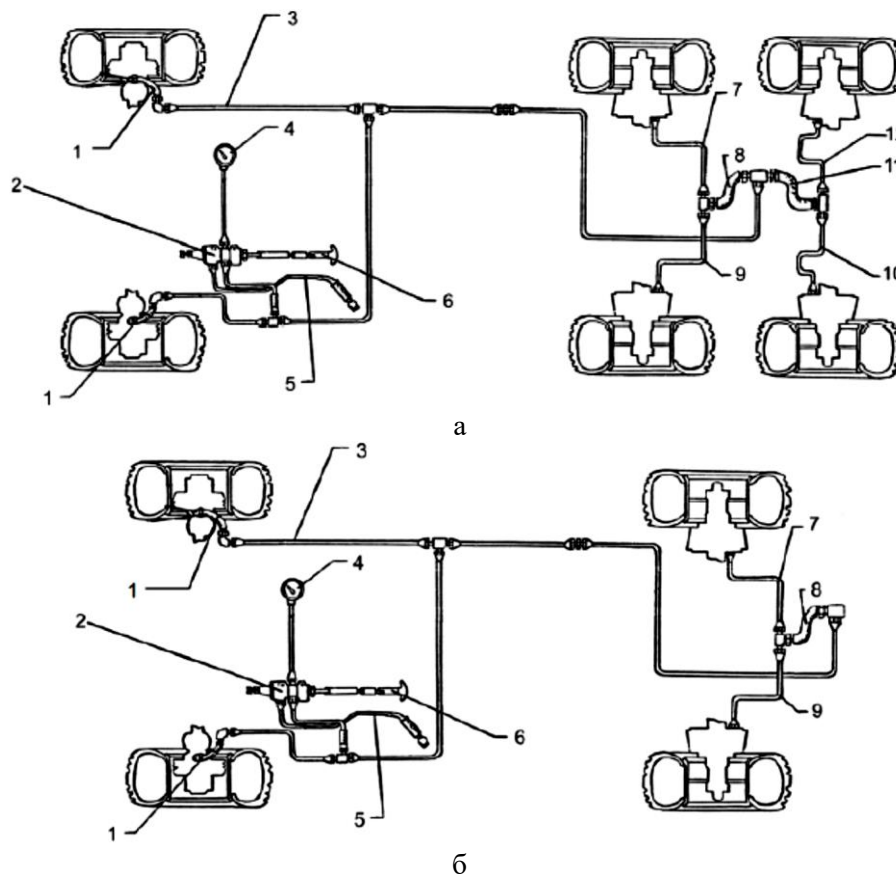


Рис. 1. Схема централізованої системи регулювання тиску повітря в шинах коліс:  
 - а) шестивісного автомобіля «КрАЗ»:  
 1 – шланги підводу повітря до передніх коліс; 2 – кран управління централізованою підкачкою шин; 3 – магістраль підкачки; 4 – манометр; 5 – магістраль підведення повітря до крана управління; 6 – ручка крана управління; 7 – повітропровід правого середнього колеса; 8 – шланг підводу повітря до проміжного моста; 9 – повітропровід лівого середнього колеса; 10 – повітропровід лівого заднього колеса; 11 – шланг підводу повітря до заднього моста; 12 – повітропровід правого заднього колеса.  
 - б) чотиривісного автомобіля «КрАЗ»:  
 1 – шланги підводу повітря до передніх коліс; 2 – кран управління централізованою підкачкою шин; 3 – магістраль підкачки; 4 – манометр; 5 – магістраль підведення повітря до крана управління; 6 – ручка крана управління; 7 – повітропровід правого заднього колеса; 8 – шланг підводу повітря до заднього моста; 9 – повітропровід лівого заднього колеса.

Дослідження системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» при функціонально-вартісному аналізі спирається на функціональний підхід, за якого систему розглядають як сукупність функцій, що нею виконуються. Далі здійснюються пошуки кращого

принципу реалізації цих функцій. Функціонально-вартісний аналіз провадиться на базі функціональної моделі [3, 4].

Функціональна модель представляє собою графічне або математичне відображення впорядкованої сукупності функцій системи і зв'язків між ними. Графічне зображення функціональної моделі може бути наведене у вигляді графа (дерево функцій) або технологічного ланцюжка. Функціональна модель системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» наведена на рис. 2.

|    |                                                                                                                                       |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Підвищення прохідності автомобіля на важких ділянках шляху за рахунок зниження тиску повітря в шинах                                  |
| 2. | Заповнення повітрям пошкодженої шини колеса автомобіля                                                                                |
| 3. | Контроль тиску повітря в шинах коліс автомобіля                                                                                       |
| 4. | Регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобіля                                                                                    |
| 5. | Відключення системи підкачки шин коліс автомобіля від пневматичного приводу гальм при падінні тиску повітря в ресиверах нижче 600 кПа |
| 6. | Подача повітря для накачування шин коліс автомобіля при тиску в ресиверах вище 600 кПа                                                |
| 7. | Відключення шин коліс автомобіля від системи підкачки при тривалих стоянках автомобіля                                                |

Рис. 2. Функціональна модель системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ»

Побудова функціональної моделі є лише початковими етапами функціонально-вартісного аналізу, кінцевою метою якого є встановлення аналітичних зв'язків між окремими факторами, що впливають на перебіг процесу і кінцеві показники роботи системи.

Після побудови функціональної моделі здійснюється класифікація функцій.

Функція являє собою зовнішній прояв властивостей об'єкту, який зумовлений певними діями щодо перетворення вхідних впливів у вихідні результати. Функція може мати як динамічний характер, тобто бути спрямованою на виконання певної роботи, так і статичний.

Структуризація й аналіз функціональної моделі передбачають виділення головної функції, що визначає мету і призначення системи та основних функцій, без яких не може виконуватися головна. А також виділення допоміжних і надлишкових (шкідливих) функцій.

Класифікація функцій системи здійснюється за двома критеріями – характером та властивостями функції. Класифікація функцій функціональної моделі системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» наведена в табл. 1.

Зовнішня функція реалізується системою або її елементом при взаємодії з середовищем (надсистемою).

Внутрішня функція є результатом взаємодій у системі.

Головна функція – це зовнішня функція, яка відображає мету і призначення системи.

Основна функція – внутрішня функція, що забезпечує реалізацію споживчих вартостей об'єкту, його функціональну придатність.

Допоміжна функція сприяє реалізації основних і також є внутрішньою.

Корисні функції – функції, що задовольняють вимогам людини щодо їх корисності.

Надлишкові функції – необов'язкові функції, але їх виконання підвищує якість роботи системи.



Таблиця 2 - Матриця пріоритетів системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ»

| № функції | Назва функції                                                                                                                         | Номери функції      |     |     |     |     |     |     | Сума коефіцієнтів переваг | Абсолютний пріоритет | Коефіцієнт корисності | Ранг функції |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|
|           |                                                                                                                                       | 1                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |                           |                      |                       |              |
|           |                                                                                                                                       | Коефіцієнти переваг |     |     |     |     |     |     |                           |                      |                       |              |
| 1         | Підвищення прохідності автомобіля на важких ділянках шляху за рахунок зниження тиску повітря в шинах                                  | 1                   | 0,5 | 1,5 | 1   | 1   | 1   | 1,5 | 7,5                       | 49,3                 | 0,15271               | 3            |
| 2         | Заповнення повітрям пошкодженої шини колеса автомобіля                                                                                | 1,5                 | 1   | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 10                        | 68,5                 | 0,21240               | 1            |
| 3         | Контроль тиску повітря в шинах коліс автомобіля                                                                                       | 0,5                 | 0,5 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1,5 | 6,5                       | 42,3                 | 0,13101               | 5            |
| 4         | Регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобіля                                                                                    | 1                   | 0,5 | 1   | 1   | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 8                         | 52,5                 | 0,16279               | 2            |
| 5         | Відключення системи підкачки шин коліс автомобіля від пневматичного приводу гальм при падінні тиску повітря в ресиверах нижче 600 кПа | 1                   | 0,5 | 1   | 0,5 | 1   | 0,5 | 1,5 | 6                         | 38,5                 | 0,11938               | 6            |
| 6         | Подача повітря для накачування шин коліс автомобіля при тиску в ресиверах вище 600 кПа                                                | 1                   | 0,5 | 1   | 0,5 | 1,5 | 1   | 1,5 | 7                         | 45                   | 0,13953               | 4            |
| 7         | Відключення шин коліс автомобіля від системи підкачки при тривалих стоянках автомобіля                                                | 0,5                 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1   | 4                         | 26,5                 | 0,08217               | 7            |
| Сума      |                                                                                                                                       |                     |     |     |     |     |     |     |                           | 322,5                | 1                     | -            |

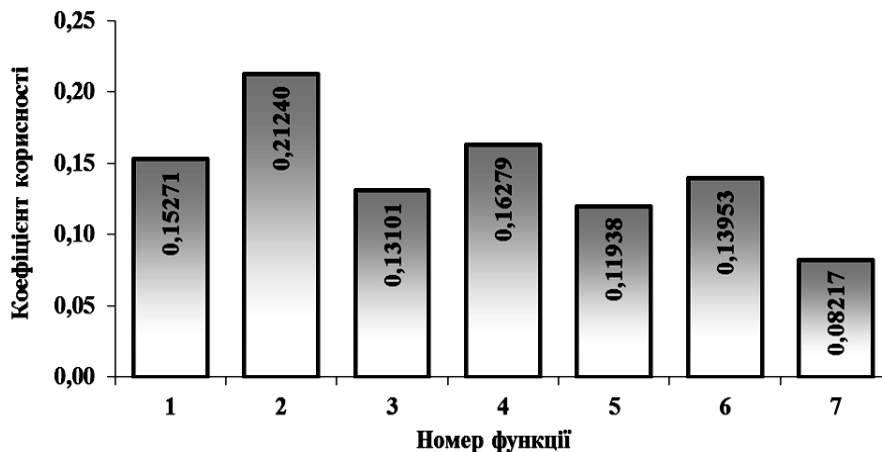


Рис. 3. Діаграма корисності функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ»

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми корисності (рис. 3) та ранжування (рис. 4) функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» відносно коефіцієнта корисності.

Витрати при функціонально-вартісному аналізі виступають як плата за корисність. Узагальнюючий критерій витрат при проектуванні технічних чи виробничих систем враховує витрати на всіх етапах життєвого циклу системи, для оцінки яких будують матрицю витрат (табл. 3), з якої визначають коефіцієнт витрат.

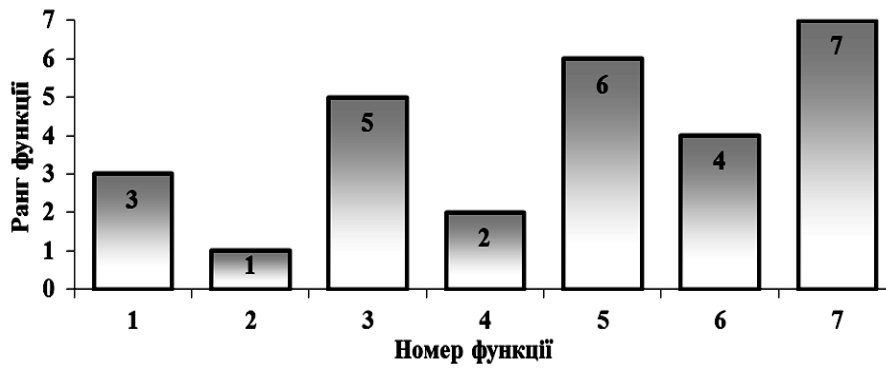


Рис. 4. Діаграма ранжування функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» відносно коефіцієнта корисності

Таблиця 3 - Матриця витрат функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ»

| № функції | Назва функції                                                                                                                         | Частка функції у витратах | Коефіцієнт корисності | Коефіцієнт витрат | Ранг функції |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
| 1         | Підвищення прохідності автомобіля на важких ділянках шляху за рахунок зниження тиску повітря в шинах                                  | 0,19                      | 0,15271               | 1,244             | 4            |
| 2         | Заповнення повітрям пошкодженої шини колеса автомобіля                                                                                | 0,23                      | 0,21240               | 1,083             | 5            |
| 3         | Контроль тиску повітря в шинах коліс автомобіля                                                                                       | 0,01                      | 0,13101               | 0,076             | 7            |
| 4         | Регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобіля                                                                                    | 0,02                      | 0,16279               | 0,123             | 6            |
| 5         | Відключення системи підкачки шин коліс автомобіля від пневматичного приводу гальм при падінні тиску повітря в ресиверах нижче 600 кПа | 0,17                      | 0,11938               | 1,424             | 2            |
| 6         | Подача повітря для накачування шин коліс автомобіля при тиску в ресиверах вище 600 кПа                                                | 0,19                      | 0,13953               | 1,362             | 3            |
| 7         | Відключення шин коліс автомобіля від системи підкачки при тривалих стоянках автомобіля                                                | 0,19                      | 0,08217               | 2,312             | 1            |
| Сума      |                                                                                                                                       | 1                         | 1                     | -                 | -            |

На цьому етапі широко використовують метод експертних оцінок, порівнянь з «ідеальною моделлю», а також порівнюються рівень значимості кожної функції і витрат на неї. Для цього використовується коефіцієнт витрат на функцію, який розраховується шляхом порівняння частки параметра (функції) у витратах до коефіцієнта її корисності.

Коефіцієнт витрат визначається за наступною формулою [2, 3]:

$$K_i = \varepsilon_i / \lambda_i \quad \text{при} \quad \sum \lambda_i = 1, \sum \varepsilon_i = 1, \quad (3)$$

де  $\varepsilon$  – частка функції у витратах.

Частка функції у витратах визначається за наступною формулою [2, 3]:

$$\varepsilon_i = \frac{B_i}{\sum_{i=1}^n B_i}, \quad (4)$$

де  $B_i$  – вартість кожної функції;  $\sum_{i=1}^n B_i$  – сума вартості всіх функцій системи.

У теорії і практиці функціонально-вартісного аналізу прийняті такі критерії оцінки коефіцієнта витрат на функцію [1, 3]:

– коефіцієнт витрат дорівнює «1» або близький до «1» – співвідношення між витратами і функцією виправдане;

- коефіцієнт витрат менше «1» – співвідношення сприятливе;
- коефіцієнт витрат більше «1» – слід здійснювати заходи щодо зниження витрат на одержання функції.

Специфічною процедурою функціонально-вартісного аналізу є побудова функціонально-вартісних діаграм, які є графічним зображенням співвідношення між корисністю функцій і затратами на їх реалізацію. Побудова функціонально-вартісних діаграм здійснюється з метою виявлення невідповідності затрат у відношенні до корисності функції. Функціонально-вартісна діаграма будується для групи функцій, що мають спільну вершину. В першому квадранті зображується корисність або значущість функцій, у другому — затрати на функції (рис. 5).

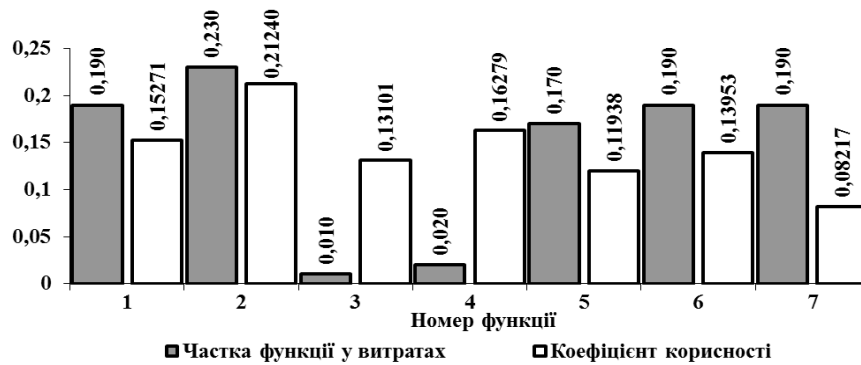


Рис. 5. Функціонально-вартісна діаграма системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ»

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми витрат (рис. 6) та ранжування (рис. 7) функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» відносно коефіцієнта витрат.

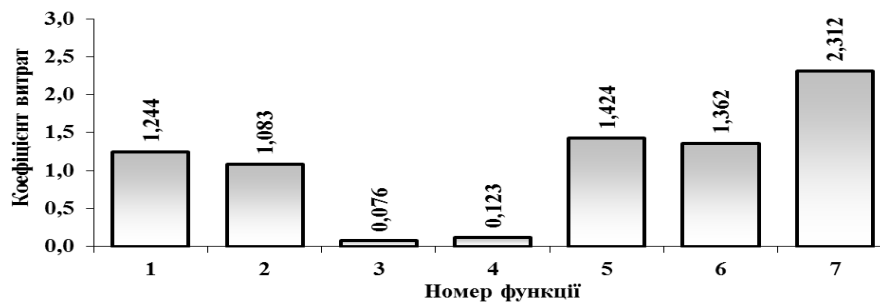


Рис. 6. Діаграма витрат функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ»

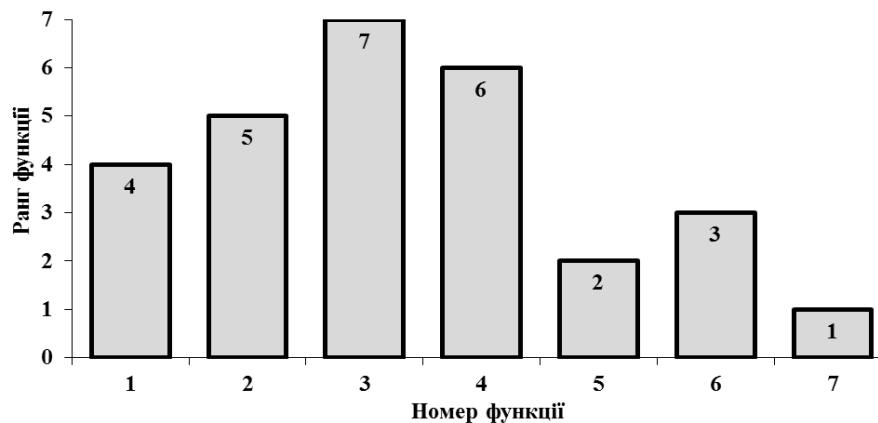


Рис. 7. Діаграма ранжування функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» відносно коефіцієнта витрат

Наступним етапом функціонально-вартісного аналізу є визначення показника функціональної вартості [2, 3]:

$$P_{ФВі} = \lambda_i - K_i \quad (5)$$

Функціонально-вартісний показник показує, наскільки витратна частина виконання операції або функції більше за корисну функцію. Значення показників функціональної вартості функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» відносно коефіцієнта витрат наведено в табл. 4.

Таблиця 4 - Значення показників функціональної вартості функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ»

| № функції | Назва функції                                                                                                                         | Функціонально-вартісний показник | Ранг функції |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 1         | Підвищення прохідності автомобіля на важких ділянках шляху за рахунок зниження тиску повітря в шинах                                  | -1,091                           | 4            |
| 2         | Заповнення повітрям пошкодженої шини колеса автомобіля                                                                                | -0,870                           | 3            |
| 3         | Контроль тиску повітря в шинах коліс автомобіля                                                                                       | 0,055                            | 1            |
| 4         | Регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобіля                                                                                    | 0,040                            | 2            |
| 5         | Відключення системи підкачки шин коліс автомобіля від пневматичного приводу гальм при падінні тиску повітря в ресиверах нижче 600 кПа | -1,305                           | 6            |
| 6         | Подача повітря для накачування шин коліс автомобіля при тиску в ресиверах вище 600 кПа                                                | -1,222                           | 5            |
| 7         | Відключення шин коліс автомобіля від системи підкачки при тривалих стоянках автомобіля                                                | -2,230                           | 7            |

З економічної точки зору доцільно розвивати функції з позитивним функціонально-вартісним показником.

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми значень показника функціональної вартості (рис. 8) та ранжування (рис. 9) функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» відносно показника функціональної вартості.

За діаграмами (рис. 8 та 9) визначаються функції, що мають позитивний функціонально-вартісний показник та найбільший рейтинг розглянутих функцій. Операції або функції, що мають найбільший функціонально-вартісний показник і ранг є тими операціями, вдосконалення яких веде до подальшого розвитку системи або досягнення мети аналізу.

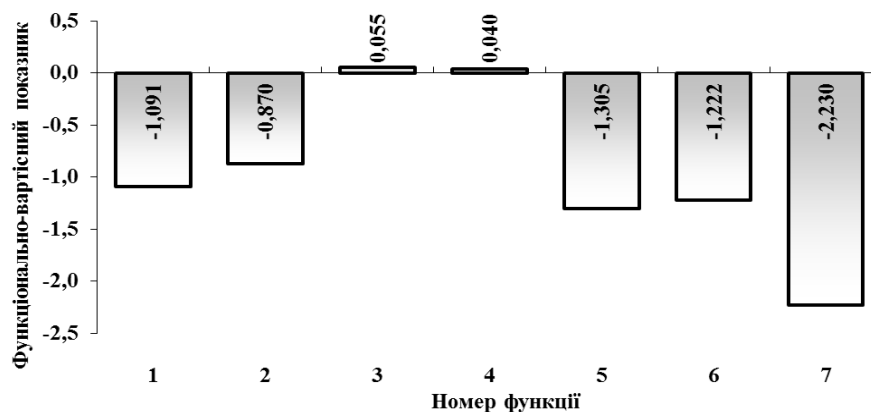


Рис. 8. Діаграма значень показника функціональної вартості функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ»



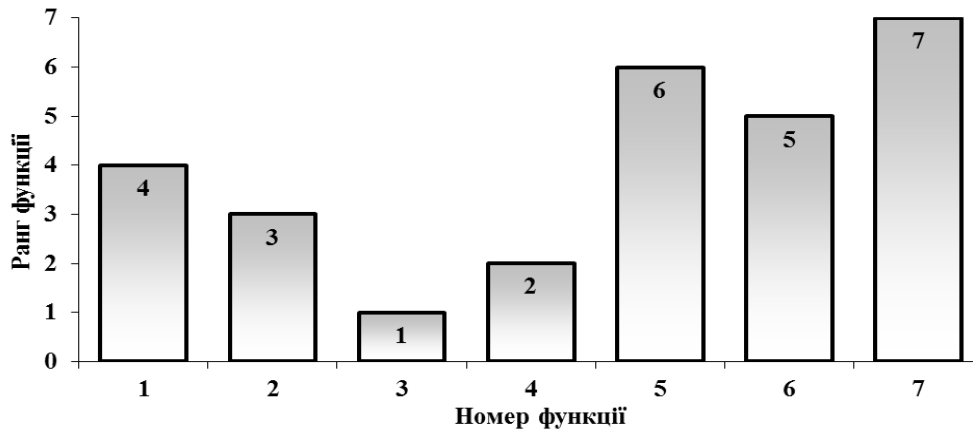


Рис. 9. Діаграма ранжування функцій системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» відносно показника функціональної вартості

### Висновок

1. Проведений функціонально-вартісний аналіз системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ» показав, що найбільший ранг і найбільший функціонально-вартісний показник має функція №2 «Заповнення повітрям пошкодженої шини колеса автомобіля» в основу якої поставлена основна задача розробленої технічної системи.

2. За результатами розрахунку функціонально-вартісних показників системи регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобілів «КрАЗ», можна зробити висновок про те, що функції №3 «Контроль тиску повітря в шинах коліс автомобіля» та №4 «Регулювання тиску повітря в шинах коліс автомобіля» є тими функціями, вдосконалення яких веде до подальшого розвитку та удосконалення системи.

### Список використаних джерел

1. Нагірний Ю. П. Аналіз технологічних систем і обґрунтування рішень / Ю. П. Нагірний, І. М. Бендера, С. Ф. Вольвак. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2013. – 264 с.
2. Аналіз технологічних систем / [М. І. Іванов, І. В. Гунько, І. М. Ковальова, О. І. Худолій]. – Вінниця : РВВ ВНАУ, 2013. – 114 с.
3. Веселовська Н. Р. Надійність технологічних систем та обґрунтування інженерних рішень / Н. Р. Веселовська, О. І. Худолій. – Вінниця : РВВ ВНАУ, 2014. – 123 с.
4. Литвин З. Б. Функціонально-вартісний аналіз / З. Б. Литвин. – Тернопіль : Економічна думка, 2007. – 130 с.
5. Кисликов В. Ф. Будова й експлуатація автомобілів / В. Ф. Кисликов, В. В. Лущик. – К. : Либідь, 2018. – 400 с.

*Борисюк Дмитро Вікторович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, 21021, м. Вінниця, вул. Воїнів-Інтернаціоналістів, 7, ауд. 3222, e-mail: bddv@ukr.net.*

*Borysiuk Dmytro, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, 21021, Vinnytsia, Warriors-Internationalists str., 7, room 3222, e-mail: bddv@ukr.net.*