

## ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ «VALVETRONIC» ДВИГУНІВ «N-СЕРІЇ» АВТОМОБІЛІВ «BMW»

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Функціонально-вартісний аналіз є евристичним методом виявлення можливостей зниження вартості та поліпшення якості об'єкта, що аналізується, як функціонально орієнтована система на всіх стадіях його життєвого циклу.*

*Предметом функціонально-вартісного аналізу є сукупність функцій досліджуваного об'єкта і витрати на їхнє забезпечення. Об'єктом функціонально-вартісного аналізу можуть бути: виріб, технологічний процес, організаційна структура, метод управління, тобто будь-яке інженерно-економічне рішення, яке потребує витрат ресурсів і передбачає багатоваріантність здійснення. Різні об'єкти функціонально-вартісного аналізу мають свої особливості стосовно проведення аналітичної роботи, і водночас між ними є багато спільного в проведенні функціонально-вартісного аналізу, зокрема правила функціонального моделювання, методів пошуку рішень, оцінки якості виконання функцій і визначення витрат на їхнє здійснення.*

*Проведено функціонально-вартісний аналіз системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW». Розроблено функціональну модель системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» та класифікацію функцій її функціональної моделі. Подано класифікацію функцій функціональної моделі системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW». Визначено коефіцієнт корисності системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» шляхом побудови матриці пріоритетів за відомою методикою розрахунку.*

*Узагальнювальний критерій витрат в проектуванні технічних чи виробничих систем враховує витрати на всіх етапах життєвого циклу системи, для оцінки яких побудовано матрицю витрат системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW», з якої визначають коефіцієнт витрат.*

*Побудовано діаграму корисності функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW», діаграму ранжування функцій системи відносно коефіцієнта корисності, функціонально-вартісну діаграму системи, діаграму витрат функцій системи, діаграму ранжування функцій системи відносно коефіцієнта витрат, діаграму значень показника функціональної вартості функцій системи, діаграму ранжування функцій системи відносно показника функціональної вартості. За цими діаграмами визначено функції системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW», що мають позитивний функціонально-вартісний показник та найбільший рейтинг із 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.*

**Ключові слова:** функціонально-вартісний аналіз, система «VALVETRONIC», функціональна модель, класифікація функцій, коефіцієнт корисності, матриця пріоритетів, коефіцієнт витрат, діаграма корисності функцій, діаграма ранжування функцій, функціонально-вартісна діаграма, діаграма витрат функцій.

### Вступ

Для ухвалення 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 основі функціонально-вартісного аналізу є аналіз функціональної досконалості, шляхів поліпшення системи шляхом порівняння корисності окремих її функцій та затрат на її реалізацію.

Мета проведення функціонально-вартісного аналізу — забезпечення необхідної корисності системи за мінімально можливих сукупних затрат.

Отже, ухвалення рішення у функціонально-вартісному аналізі здійснюється на основі двох критеріїв: корисності та вартості [2], [3].

В Україні задля впровадження міжнародної системи якості ISO 9000 потрібно, щоб виробник використовував методи аналізу проектних рішень, причому аналізуватися повинні як вхідні дані проекту, так й вихідні. Тому підприємства, що створюють чи розвивають якісні продукти, обов'язково застосовують або типові технології аналізу як функціонально-вартісний аналіз, або використовують власні технології.

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

### Постановка проблеми

В оптимізації інженерних проектів, спрямованих на підвищення ефективності виробництва, основна роль відводиться проведенню всебічного аналізу ухвалених рішень. Аналіз як метод дослідження, має виявити наявні суперечності і невідповідності в прийнятих розробках, об'єктах, системах та способах, встановити причинно-наслідкові зв'язки, забезпечуючи отримання інформації.

Серед відомих методів аналізу (інженерний, техніко-економічний, економічний, екологічний) особливе місце відведено функціонально-вартісному аналізу, який рекомендується використовувати в проектуванні нових виробів і технологій, модернізації техніки і освоєних виробів, реконструкції виробничих об'єктів, зниженні виробничих затрат тощо.

Сутність методу функціонально-вартісного аналізу полягає в практичному розділенні об'єкта (конструкції, технології, управління виробничими процесами) на складові частини для визначення їхньої ролі та ваги в загальній системі, оцінки їхніх функцій та зниженні всіх зайвих затрат.

Досвід використання функціонально-вартісного аналізу в автомобілебудівній промисловості свідчить про таке [4]:

- на основні елементи (функції) системи, які складають 20% від їхньої загальної кількості, припадає 85% загальної вартості системи, тому розгляд згаданих елементів повинен бути першочерговим;

- похибки підсумкової калькуляції під час виконання функціонально-вартісного аналізу повинні бути на порядок менші ніж обсяг зниження собівартості.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

У джерел утворення методу функціонально-вартісного аналізу майже одночасно стояли дві людини: співробітник компанії «General Electric» — інженер Лоуренс Д. Майлс [5] та Юрій Михайлович Соболев — інженер-конструктор Пермського телефонного заводу [6]. Вони й вважаються засновниками функціонально-вартісного аналізу. В Україні функціонально-вартісний аналіз розглядали як складову крементації — науки, що вивчає методи активізації творчого мислення. Найвідомішими вітчизняними фахівцями, які внесли значний вклад у розвиток функціонально-вартісного аналізу, є М. Іванов [2], Н. Веселовська [3], З. Литвин [4], І. Цигилик [7], І. Прокопченко [8] та ін.

Мета функціонально-вартісного аналізу — мінімізація затрат на стадіях проектування об'єкта, його виробництва й експлуатації зі збереженням чи підвищенням ефективності виконання ним своїх функцій та збільшенням його корисності для споживачів.

Отже, метою дослідження є розробка функціонально-вартісного аналізу системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» для визначення функцій складових системи, які доцільно удосконалити.

### Основна частина

Успіх, який супроводжувався впровадженням у серійне виробництво та експлуатацію у 2001 році рядних бензинових чотирициліндрових двигунів серії «N40» з чотирма клапанами на циліндр та останніми конструктивними та технологічними досягненнями в галузі машинобудування, підтвердили правильність рішення керівництва концерну «BMW-Group» про продовження розробки двигунів «N-серії» з переходом на шестициліндрові двигуни.

Основні цілі зазначених розробок — це висока потужність, якість та довговічність, а також спрощення виконання робіт з технічного обслуговування двигуна. Всі ці характеристики чудово поєднуються з ходовими якостями та акустикою (гучністю) двигуна, а також високою економічністю моделі.

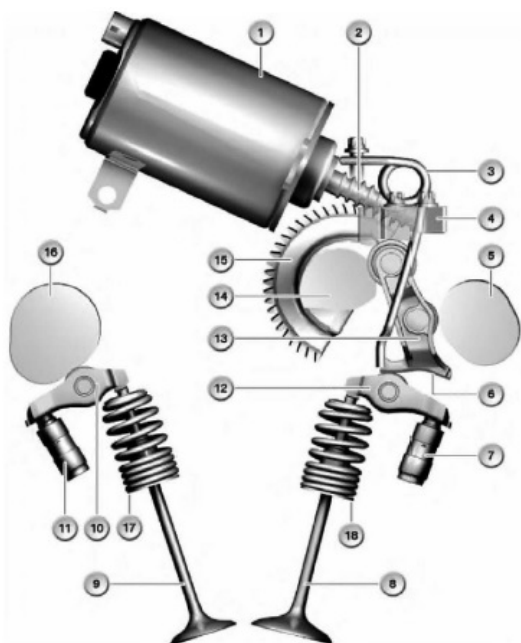


Рис. 1. Система «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» [9]: 1 — привід ексцентрикового вала; 2 — черв'ячний вал; 3 — поворотна пружина; 4 — кулісний блок; 5 — впускний розподільний вал; 6 — похила поверхня проміжного важеля; 7, 11 — компенсатор; 8 — впускний клапан; 9 — випускний клапан; 10, 12 — роликовий важіль штовхача; 13 — проміжний важіль; 14 — ексцентриковий вал; 15 — черв'ячний сектор; 16 — випускний розподільний вал; 17, 18 — пружини клапана

Дослідження системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» у функціонально-вартісному аналізі ґрунтується на функціональному підході, в якому систему розглядають як сукупність функцій, що нею виконуються. Далі здійснюються пошуки ліпшого принципу реалізації цих функцій. Функціонально-вартісний аналіз провадиться на базі функціональної моделі [3], [4], [10].

Функціональна модель — це графічне або математичне відображення впорядкованої сукупності функцій системи і зв'язків між ними. Графічне зображення функціональної моделі може бути подане у вигляді графа (дерево функцій) або технологічного ланцюжка. Функціональна модель системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» показана на рис. 2.

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 [10].

Після побудови функціональної моделі здійснюється класифікація функцій.

Функція є зовнішнім проявом властивостей об'єкта, який зумовлений певними діями щодо перетворення входних 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, основних функцій, без яких не може виконуватися головна, а також допоміжних і надлишкових (шкідливих).

Класифікація функцій системи здійснюється за двома критеріями — характером та властивостями функції. Класифікація функцій функціональної моделі системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» представлена в табл. 1.

Зовнішня функція реалізується системою або її елементом під час взаємодії з середовищем (надсистемою). Внутрішня функція є результатом взаємодій у системі.

У ході створення серії двигунів, починаючи з «N40», реалізовано низку нових розробок, таких як системи «D-VANOS», «VALVETRONIC» та «DISA» [9].

На двигунах серій «N42», «N46», «N51» та «N52» використано систему зміни величини відкриття (підняття) впускних клапанів — система «VALVETRONIC», яка дозволяє змінювати величину підйому впускного клапана з 1,8 до 9,5 мм. Завдяки цьому, на високих оборотах досягається найкраща вентиляція циліндра, найкраще його заповнення паливоповітряною сумішшю. За мінімальних обертів хід клапана мінімальний. При цьому зменшується ефект перекриття клапанів, завдяки чому витрата палива є мінімальною. Зі збільшенням кількості обертів величина відкриття клапанів збільшується. При цьому зменшується опір газовим потокам усередині циліндра, швидкість продування і наповнення циліндра паливоповітряною сумішшю зростає.

З другого боку, збільшується дія інерційного ефекту. Паливоповітряна суміш усередині циліндра замикається клапанами за набагато більшого тиску, її щільність вище, ніж за мінімальних обертів.

Конструктивне виконання системи «VALVETRONIC» показано на рис. 1 [9].

Особливість цієї конструкції полягає в тому, що вона дозволяє покращити динаміку двигуна і знизити концентрацію токсичних складових у відпрацьованих газах.

1. Передача крутного моменту від черв'ячного вала електропривода до ексцентрикового вала
2. Регулювання ходу впускних клапанів ексцентриковим валом
3. Зміна передаточного відношення проміжним важелем між розподільним валом та роликівим важелем штовхача
4. Рівномірне заповнення циліндрів двигуна пальною сумішшю
5. Синхронне відкриття впускних клапанів одного циліндра до висоти 0,2 мм
6. Відкриття впускного клапана від кулачка з певною затримкою
7. Вихід впускних клапанів на синхронний режим за висоти їхнього підйому від 5,8 до 6,1 мм
8. Зміна величини підйому впускних клапанів від 1,8 до 9,5 мм
9. Забезпечення оптимальних умов для впорскування пальної суміші
10. Поліпшення динаміки двигуна
11. Зниження концентрації токсичних речовин у відпрацьованих газах

Рис. 2. Функціональна модель системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW»

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

Основна функція — внутрішня функція, що забезпечує реалізацію споживчих вартостей об'єкта, 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 їхнє виконання підвищує якість роботи системи.

Нейтральні функції — це функції, які не виконують функціонального навантаження, проте забезпечують місцезнаходження об'єкта в певному місці, в певний час.

Шкідливі функції — це функції, які можуть бути одночасно корисними, проте мають обов'язковий елемент шкідливої дії.

Таблиця 1

**Класифікація функцій функціональної моделі системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW»**

№	Назва функції	Характер функції	Властивості функції
1	Передача крутного моменту від черв'ячного вала електропривода до ексцентрикового вала	зовнішня допоміжна	нейтральна
2	Регулювання ходу впускних клапанів ексцентриковим валом	зовнішня допоміжна	нейтральна
3	Зміна передаточного відношення проміжним важелем між розподільним валом та роликівим важелем штовхача	зовнішня допоміжна	нейтральна
4	Рівномірне заповнення циліндрів двигуна пальною сумішшю	зовнішня допоміжна	нейтральна
5	Синхронне відкриття впускних клапанів одного циліндра до висоти 0,2 мм	зовнішня допоміжна	нейтральна
6	Відкриття впускного клапана від кулачка з певною затримкою	зовнішня допоміжна	нейтральна
7	Вихід впускних клапанів на синхронний режим при висоті їхнього підйому від 5,8 до 6,1 мм	зовнішня головна	корисна
8	Зміна величини підйому впускних клапанів від 1,8 до 9,5 мм	зовнішня основна	корисна
9	Забезпечення оптимальних умов для впорскування пальної суміші	внутрішня допоміжна	корисна
10	Покращення динаміки двигуна	внутрішня основна	корисна
11	Зниження концентрації токсичних речовин у відпрацьованих газах	внутрішня основна	надлишкова

Наступним кроком проведення функціонально-вартісного аналізу є визначення коефіцієнтів корисності кожної функції. Коефіцієнт корисності визначали шляхом побудови матриці пріоритетів (табл. 2) за відомою методикою розрахунку [1], [3], [10].

Для побудови матриці пріоритетів на перетині рядка та стовпчика записують коефіцієнт переваги  $k_{ij}$ , елемента  $i$ -го рядка ( $a_i$ ) у порівнянні з елементом  $j$ -го стовпчика ( $a_j$ ).

Коефіцієнти переваг можуть мати значення:

- 1,5 — якщо функція в  $i$ -му рядку має більшу перевагу, ніж функція в  $j$ -му стовпчику ( $k_{ij} = 1,5 \rightarrow a_i \succ a_j$ );
- 1 — за однакової значущості функцій ( $k_{ij} = 1 \rightarrow a_i \approx a_j$ );



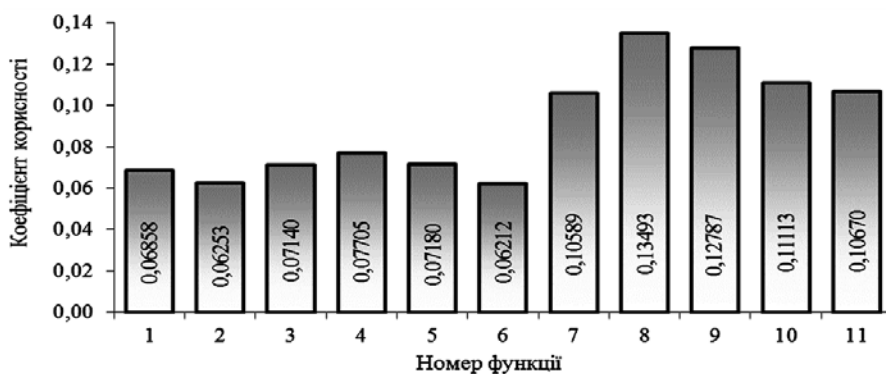


Рис. 3. Діаграма корисності функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW»

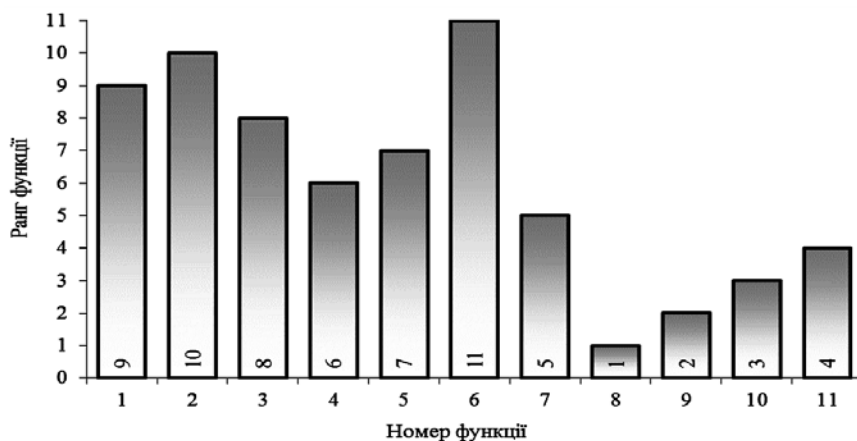


Рис. 4. Діаграма ранжування функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» відносно коефіцієнта корисності

Витрати на функціонально-вартісний аналіз виступають як плата за корисність. Узагальнювальний критерій витрат у 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.

Таблиця 3

Матриця витрат функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW»

№	Назва функції	Частка функції у витратах	Коефіцієнт корисності	Коефіцієнт витрат	Ранг функції
1	Передача крутного моменту від черв'ячного вала електропривода до ексцентрикового вала	0,005	0,06858	0,073	8
2	Регулювання ходу впускних клапанів ексцентриковим валом	0,001	0,06253	0,016	11
3	Зміна передаточного відношення проміжним важелем між розподільним валом та роликовим важелем штовхача	0,004	0,07140	0,056	9
4	Рівномірне заповнення циліндрів двигуна пальною сумішшю	0,265	0,07705	3,439	1
5	Синхронне відкриття впускних клапанів одного циліндра до висоти 0,2 мм	0,065	0,07180	0,905	5
6	Відкриття впускного клапана від кулачка з певною затримкою	0,165	0,06212	2,656	2
7	Вихід впускних клапанів на синхронний режим за висоти їхнього підйому від 5,8 до 6,1 мм	0,005	0,10589	0,047	10
8	Зміна величини підйому впускних клапанів від 1,8 до 9,5 мм	0,315	0,13493	2,334	3
9	Забезпечення оптимальних умов для впорскування пальної суміші	0,015	0,12787	0,117	7
10	Поліпшення динаміки двигуна	0,015	0,11113	0,135	6
11	Зниження концентрації токсичних речовин у відпрацьованих газах	0,145	0,10670	1,359	4
Сума		1	1	—	—

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

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

$$K_i = \varepsilon_i / \lambda_i, \text{ якщо } \Sigma \lambda_i = 1; \Sigma \varepsilon_i = 1, \quad (3)$$

де  $\varepsilon$  — частка функції у витратах.

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

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

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

У теорії і практиці функціонально-вартісного аналізу взяті 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 отримання функції.

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

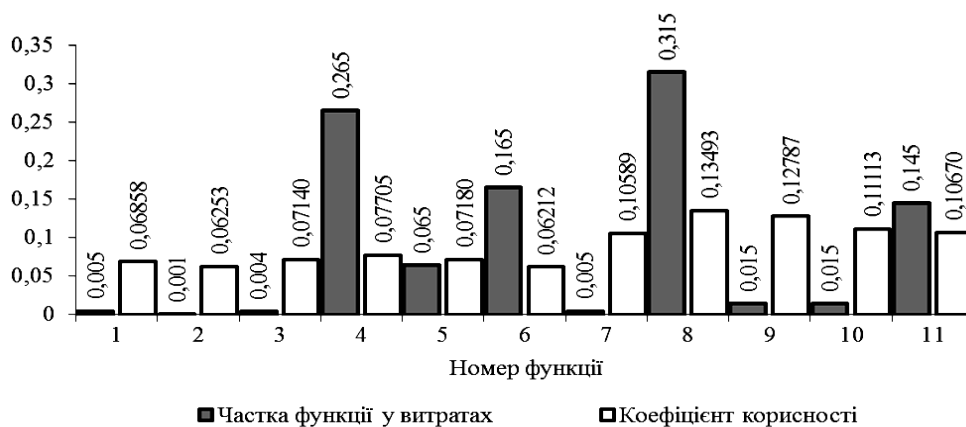


Рис. 5. Функціонально-вартісна діаграма системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW»

Виконавши вищезазначені розрахунки, побудуємо діаграми витрат (рис. 6) та ранжування (рис. 7) функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» відносно коефіцієнта витрат.

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

$$P_{\Phi B_i} = l_i - K_i. \quad (5)$$

Функціонально-вартісний показник показує, наскільки витратна частина виконання операції або функції більше за корисну функцію. Значення показників функціональної вартості функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» відносно коефіцієнта витрат подано в табл. 4.

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

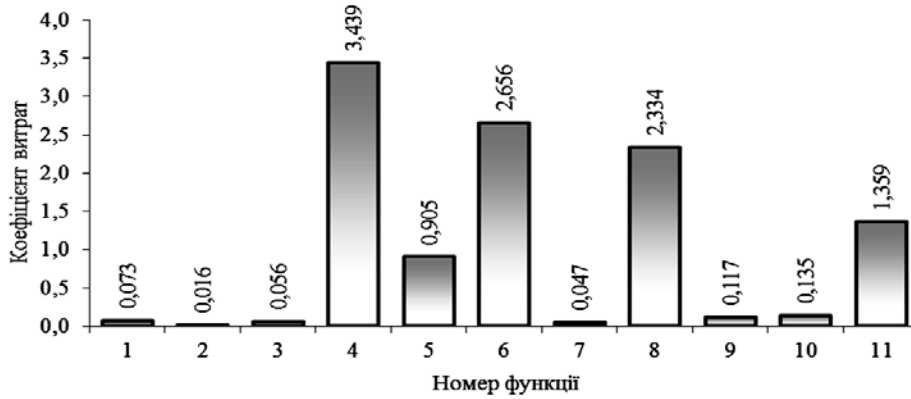


Рис. 6. Діаграма витрат функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW»

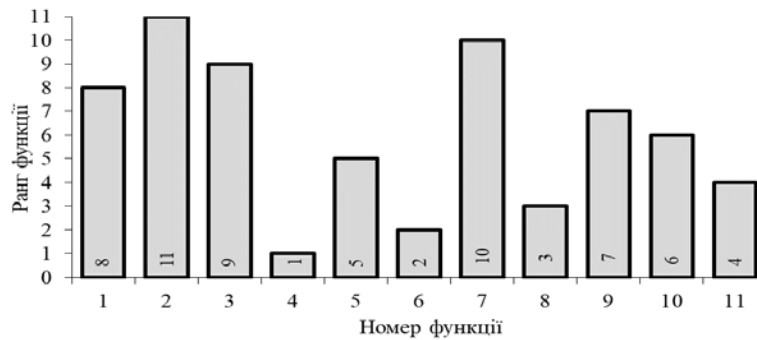


Рис. 7. Діаграма ранжування функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» відносно коефіцієнта витрат

Таблиця 4

**Значення показників функціональної вартості функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW»**

№	Назва функції	Функціонально-вартісний показник	Ранг функції
1	Передача крутного моменту від черв'ячного вала електропривода до ексцентрикового вала	-0,004	5
2	Регулювання ходу впускних клапанів ексцентриковим валом	0,047	2
3	Зміна передаточного відношення проміжним важелем між розподільним валом та роликівим важелем штовхача	0,015	3
4	Рівномірне заповнення циліндрів двигуна пальною сумішшю	-3,362	11
5	Синхронне відкриття впускних клапанів одного циліндра до висоти 0,2 мм	-0,833	7
6	Відкриття впускного клапана від кулачка з певною затримкою	-2,594	10
7	Вихід впускних клапанів на синхронний режим за висоти їхнього підйому від 5,8 до 6,1 мм	0,059	1
8	Зміна величини підйому впускних клапанів від 1,8 до 9,5 мм	-2,200	9
9	Забезпечення оптимальних умов для впорскування пальної суміші	0,011	4
10	Покращення динаміки двигуна	-0,024	6
11	Зниження концентрації токсичних речовин у відпрацьованих газах	-1,252	8

Виконавши вищезазначені розрахунки, побудуємо діаграми значень показників функціональної вартості (рис. 8) та ранжування (рис. 9) функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» відносно показника функціональної вартості.

За цими діаграмами 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.



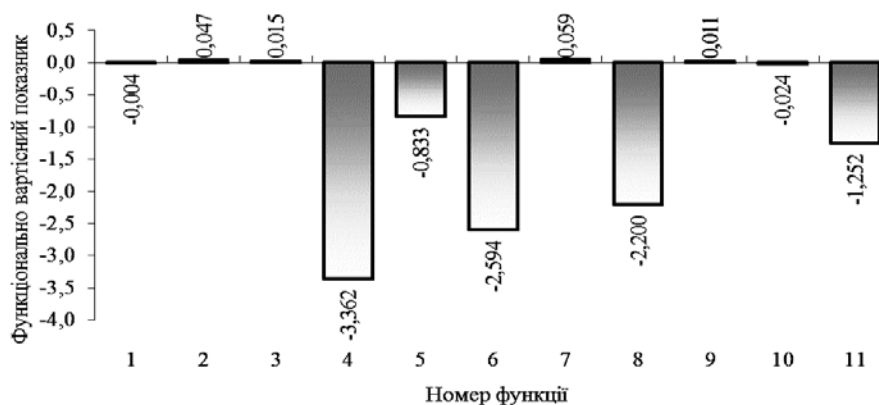


Рис. 8. Діаграма значень показника функціональної вартості функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW»

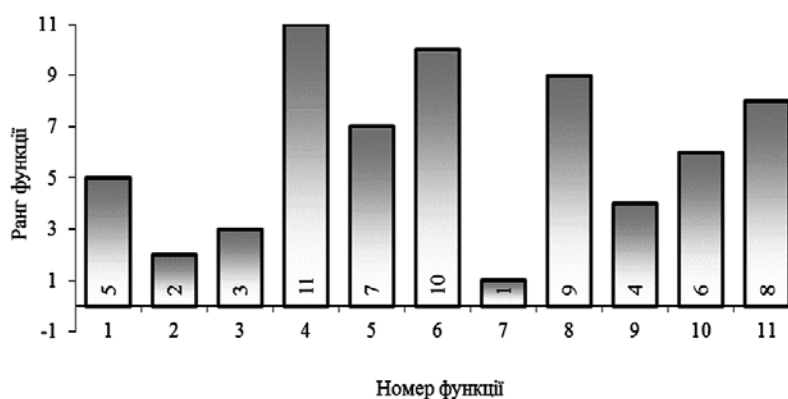


Рис. 9. Діаграма ранжування функцій системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» відносно показника функціональної вартості

### Висновок

1. Проведений функціонально-вартісний аналіз системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» показав, що найбільший ранг і найбільший функціонально-вартісний показник має функція № 8 «Зміна величини підйому впускних клапанів від 1,8 до 9,5 мм», яка ґрунтується на основній задачі розробленої технічної системи.

2. За результатами розрахунку функціонально-вартісних показників системи «VALVETRONIC» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW», можна зробити висновок про те, що функції № 2 «Регулювання ходу впускних клапанів ексцентриковим валом» та № 7 «Вихід впускних клапанів на синхронний режим за висоти їхнього підйому від 5,8 до 6,1 мм» є тими функціями, вдосконалення яких веде до подальшого розвитку системи.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Ю. П. Нагірний, *Аналіз технологічних систем і обґрунтування рішень*. Кам'янець-Подільський, Україна: ФОП Сисин О. В., 2013.
- [2] М. І. Іванов, І. В. Гунько, І. М. Ковальова, і О. І. Худолій, *Аналіз технологічних систем*. Вінниця, Україна: РВВ ВНАУ, 2013.
- [3] Н. Р. Веселовська, і О. І. Худолій, *Надійність технологічних систем та обґрунтування інженерних рішень*. Вінниця, Україна: РВВ ВНАУ, 2014.
- [4] З. Б. Литвин, *Функціонально-вартісний аналіз*. Тернопіль, Україна: Економічна думка, 2007.
- [5] L. D. Miles, *Techniques of Value Analysis and Engineering*. New York, USA: McGraw-Hill, 1961.
- [6] Ю. М. Соболев, *Конструктор выбирает решение*. Пермь: Пермское книжное изд-во, 1979.
- [7] І. І. Цигилик, та ін., *Економіка й організація інноваційної діяльності*. Київ, Україна: Центр навчальної літератури, 2004.
- [8] І. Ф. Прокопенко, В. І. Ганін, і З. Ф. Петряєва, *Курс економічного аналізу*. Харків, Україна: Легас, 2004.
- [9] В. Кисликов, і В. Лущик, *Будова й експлуатація автомобілів*. Київ, Україна: Либідь, 2018.
- [10] Д. В. Борисок, «Функціонально-вартісний аналіз системи діагностування керованих мостів колісних сільськогосподарських тракторів,» *Вісник машинобудування та транспорту*, вип. 2 (6), с. 15-27, 2017.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

**Борисюк Дмитро Вікторович** — канд. техн. наук, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: bddv@ukr.net ;

**Зелінський Вячеслав Йосипович** — асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: zelinskiy.slava@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**D. V. Borysiuk<sup>1</sup>**  
**V. Yo. Zelinskyi<sup>1</sup>**

## Functional-Cost Analysis of the “VALVETRONIC” System of “N-series” Engines of “BMW” Cars

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

*Functional-cost analysis is a heuristic method of identifying opportunities to reduce the cost and improve the quality of the object, which is analyzed as a functionally oriented system at all stages of its life cycle.*

*The subject of the functional-cost analysis is the set of functions of the object under study and the costs of their provision. The object of the functional-cost analysis can be a product, a technological process, an organizational structure, a management method, that is, any engineering and economic decision that requires the expenditure of resources and involves multiple options for implementation. Different objects of functional-cost analysis have their own characteristics in relation to the performance of analytical work and, at the same time, there is much in common between them when conducting functional-cost analysis, in particular the rules of functional modeling, methods of finding solutions, evaluating the quality of performance of functions and determining costs for their implementation.*

*Functional-cost analysis of the “VALVETRONIC” system of “N-series” engines of “BMW” cars is presented in the article.*

*The functional model of the “VALVETRONIC” system of the “N-series” engines of “BMW” cars and the classification of the functions of its functional model have been developed.*

*The classification of functions of the functional model of the “VALVETRONIC” system of “N-series” engines of “BMW” cars is presented. The coefficient of usefulness of the “VALVETRONIC” system of the “N-series” engines of “BMW” cars was determined by constructing a matrix of priorities according to the known calculation method.*

*The generalizing criterion of costs in the design of technical or production systems takes into account costs at all stages of the life cycle of the system, for the assessment of which a cost matrix of the “VALVETRONIC” system of “N-series” engines of “BMW” cars is built, from which the cost factor is determined.*

*A diagram of the usefulness of the functions of the “VALVETRONIC” system of the “N-series” engines of “BMW” cars, ranking diagram of system functions relative to the utility factor, functional-cost diagram of the system, cost diagram of system functions, diagram of ranking of system functions relative to the cost factor, diagram of the values of the indicator of functional cost of system functions, diagram of ranking of system functions relative to the indicator of functional cost were built.*

*According to these diagrams, the functions of the “VALVETRONIC” system of the “N-series” engines of the “BMW” cars, which have a positive functional-cost index and the highest rating among the considered functions, are determined. Operations or functions that have the highest functional-cost index and rank are those operations, the improvement of which leads to further development of the system or achievement of the goal of the analysis.*

**Keywords:** functional cost analysis, “VALVETRONIC” system, functional model, function classification, utility factor, priority matrix, cost factor, function utility diagram, function ranking diagram, functional cost diagram, cost function chart.

**Borysiuk Dmytro V.** — Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecturer of the Chair of Automobiles and Transport Management, e-mail: bddv@ukr.net ;

**Zelinskiy Viacheslav Yo.** — Assistant of the Chair of Automobiles and Transport Management, e-mail: zelinskiy.slava@gmail.com