

Д. В. Борисюк, к. т. н.

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ «DSC» АВТОМОБІЛІВ «BMW»

В Україні для впровадження міжнародної системи якості ISO 9000 необхідно, щоб виробник використовував методи аналізу проектних рішень. Такому аналізу повинні підлягати як вхідні дані проекту, так й вихідні. Підприємства, що створюють чи розвивають якісні продукти, обов'язково застосовують або типові технології функціонально-вартісного аналізу, або використовують власні технології. Оскільки функціонально-вартісний аналіз спрямований на забезпечення необхідних споживчих властивостей об'єкта з мінімально можливими затратами ресурсів на всіх стадіях виробничого процесу.

У статті представлено функціонально-вартісний аналіз системи «DSC» автомобілів «BMW». Розроблено функціональну модель системи «DSC» автомобілів «BMW» та класифікацію функцій її функціональної моделі.

Представлено класифікацію функцій функціональної моделі системи «DSC» автомобілів «BMW». Визначено коефіцієнт корисності системи «DSC» автомобілів «BMW» шляхом побудови матриці пріоритетів за відомою методикою розрахунку.

Узагальнюючий критерій витрат під час проектування технічних чи виробничих систем враховує витрати на всіх етапах життєвого циклу системи, для оцінки яких побудовано матрицю витрат системи «DSC» автомобілів «BMW», з якої визначають коефіцієнт витрат.

Побудовано діаграму корисності функцій системи «DSC» 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 побудованими діаграмами визначено функції системи «DSC» 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: система «DSC», функціонально-вартісний аналіз, функціональна модель, класифікація функцій, коефіцієнт корисності, матриця пріоритетів, коефіцієнт витрат, діаграма корисності функцій, діаграма ранжування функцій, функціонально-вартісна діаграма, діаграма витрат функцій.

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-вартісного 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].

В Україні задля впровадження міжнародної системи якості ISO 9000 потрібно, щоб виробник використовував методи аналізу проєктних рішень. Причому такому аналізу повинні підлягати як вхідні дані проєкту, так й вихідні. Тому підприємства, що створюють чи розвивають якісні продукти, обов'язково застосовують або типові технології аналізу або 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 проєктів, спрямованих на підвищення ефективності виробництва основна роль відводиться проведенню всебічного аналізу прийнятих рішень. Аналіз, як метод дослідження, дозволяє 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 при проєктуванні 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 розчленуванні об'єкту (конструкції, технології, управління виробничими процесами) на складові частини для визначення їх ролі та вартості в загальній системі, оцінки їх функцій та зниженні всіх зайвих затрат.

Досвід використання функціонально-вартісного аналізу в автомобілебудівній промисловості засвідчує [4]:

- на основні елементи (функції) системи, які складають 20 % від їх загального числа, 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 від обсягу 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 вважаються засновниками функціонально-вартісного аналізу. Особлива увага значенню цього виду аналізу в системі методів підвищення якості виробів та ефективності виробництва приділялася у працях радянських економістів.

В Україні функціонально-вартісний аналіз розглядали як складову крементації – науки, що вивчає методи активізації творчого мислення. Найбільш помітними вітчизняними фахівцями, які зробили значний вклад у розвиток функціонально-вартісного аналізу є: М. Іванов [2], Н. Веселовська [3], З. Литвин [4], І. Цигилик [7], І. Прокопенко [8], В. Зелінський [9], І. Твердохліб [10] та ін.

Мета дослідження

Мета функціонально-вартісного аналізу – мінімізація затрат об'єкта на стадіях проєктування, виробництва й експлуатації при збереженні чи підвищенні використання ним своїх функцій та збільшення його корисності для споживачів.

Отже, **метою цього дослідження** є розробка функціонально-вартісного аналізу системи «DSC» автомобілів «BMW» для визначення функцій складових системи, які доцільно удосконалювати.

Основна частина

Система «DSC» (Driving Stability Control) – здійснює управління динамікою руху автомобіля в поздовжньому та поперечному напрямках шляхом впливу на його гальмівний механізм та роботу двигуна [11]. На систему «DSC» зав'язані такі системи:

- антиблокувальна система («ABS»);

- електронна система розподілу гальмівних сил («EBV»);
- система контролю стійкості під час проходження поворотів («CBC»);
- автоматична система контролю стійкості («ASC»);
- система динамічного регулювання тягової потужності («DTC»);
- система регулювання гальмівного моменту двигуна («MSR»);
- система динамічного контролю гальмівної системи («DBC»).

Конструктивні зв'язки системи керування «DSC» з блоками автомобіля при повній комплектації показані на рис. 1. Блок «DSC» включає електронний блок управління з давачем поздовжнього прискорення і гідравлічний агрегат.

Система «ABS» запобігає блокуванню коліс під час гальмування. Вона забезпечує більш короткий гальмівний шлях та стабільність руху автомобіля. Система «ABS» регулює гальмівний тиск на всіх колесах таким чином, щоб кожне колесо прослизало відносно колодок в оптимальному режимі, при цьому здійснюється максимальне зусилля гальмування та зусилля утримання автомобіля від бічного заносу.

Система «EBV» є складовою частиною системи «ABS». Система «EBV» управляє розподілом гальмівних сил між передніми та задніми колесами, при цьому незалежно від завантаження автомобіля досягається оптимальний гальмівний шлях за високої стійкості автомобіля. Щоб уникнути у певних ситуаціях гальмування, що викликає блокування задніх коліс, система «EBV» постійно контролює прослизання задніх коліс в залежності від передніх коліс.

Система «CBC» є доповненням до системи «ABS» і підвищує стійкість під час гальмування в процесі проходження повороту. При цьому забезпечується максимальна точність траєкторії руху, оскільки під час проходження повороту навіть легке гальмування змінює навантаження по осях ліворуч/праворуч таким чином, що це може призвести до зниження стійкості автомобіля. За необхідності система «CBC» при легкому гальмуванні створює стабілізуючий момент, якщо діапазону регулювань системи «ABS» недостатньо.

Система «ASC» перешкоджає пробуксовуванню коліс під час прискорення, при цьому зберігається стійкість під час збільшення тягової потужності. Якщо одне колесо ведучого моста знаходиться на покритті з хорошим зчепленням, а інше – на слизькому покритті, то колесо, яке починає пробуксовувати, гальмується. Система «ASC» може «втручатися» в управління двигуном шляхом зміни кута випередження запалення, кількості впорскуваного палива або положення дросельної заслінки, висоти підйому впускних клапанів.

Система «DTC», спільно з системою «DSC», призначена для оптимізації тягової потужності двигуна під час проходження ділянок дороги з поганим покриттям. Функція системи «DTC» відповідає призначенню системи «DSC», при цьому змінюється стратегія управління рухом, оскільки збільшується тягова потужність двигуна.

Система «DTC» задіяна шляхом відключення системи «DSC». Система «DTC» завдяки дії на гальмівні механізми реалізує функцію звичайного блокування диференціала. При цьому система «DTC» збільшує крутний момент на колесах, які знаходяться в більш сприятливих умовах зчеплення з дорожнім покриттям (вищий коефіцієнт тертя).

Система «MSR» під час перемикання на понижену передачу або за різкої зміни навантаження, перешкоджає блокуванню ведучих коліс. Завдяки цьому ведучі колеса зберігають у режимі руху накатом утримання автомобіля від бічного заносу. За допомогою давача кутової швидкості коліс, система «MSR» «розпізнає» ведучі колеса, що блокуються, та вже в самому початку процесу дещо додає газу і тим самим зменшує гальмуючий момент двигуна.

Система «DBC» допомагає водію в режимі аварійного гальмування. Завдяки їй відбувається автоматичне підвищення тиску в гальмівній системі, якщо вплив на педаль гальма виявляється недостатнім. При цьому забезпечується мінімальний гальмівний шлях у ситуації екстреного гальмування під час гальмування системою «ABS» всіх чотирьох коліс.

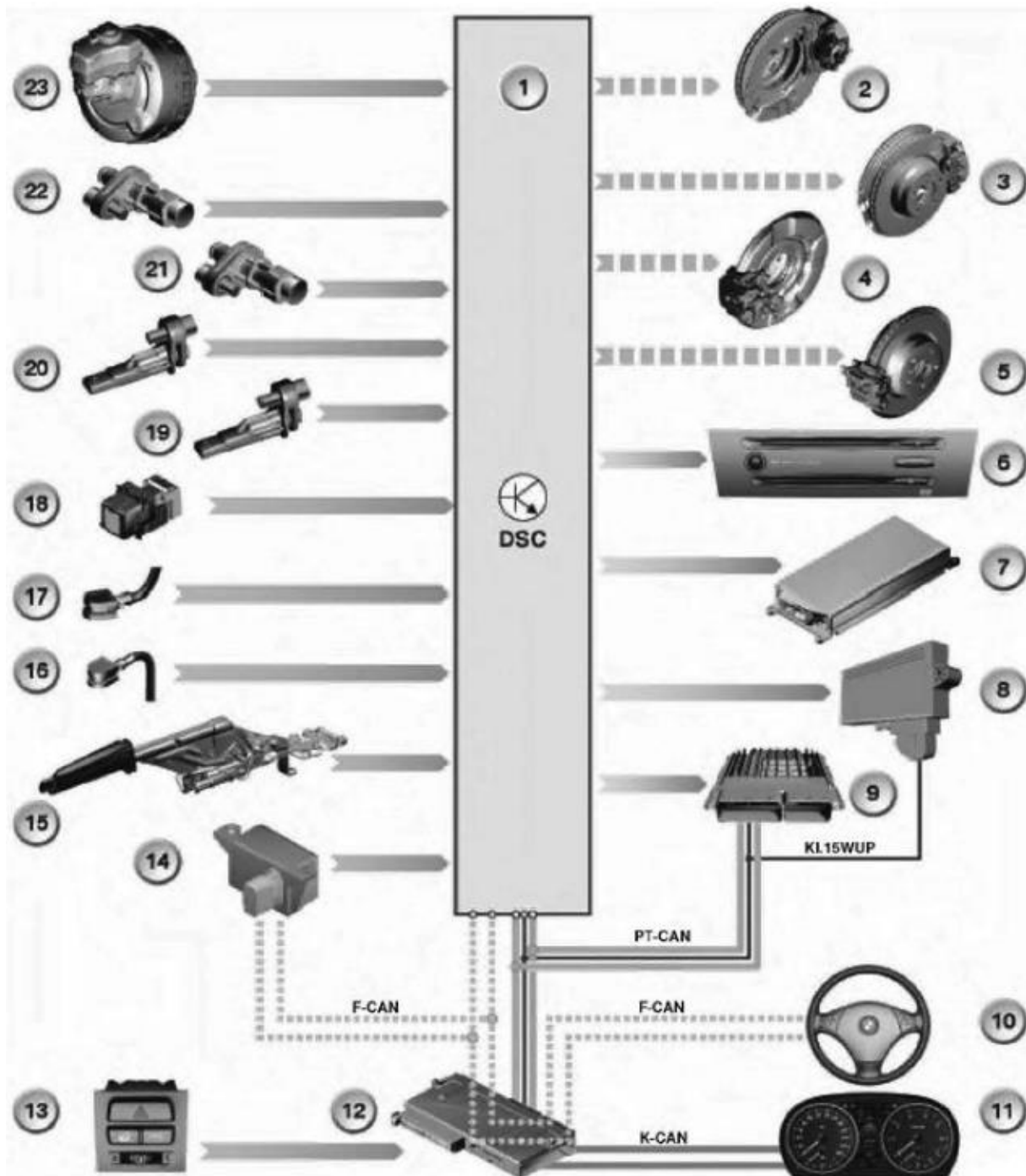


Рис. 1. Модель зв'язків системи «DSC» автомобілів «BMW»:

1 – блок системи «DSC»; 2 – правий передній гальмівний механізм; 3 – лівий передній гальмівний механізм; 4 – правий задній гальмівний механізм; 5 – лівий задній гальмівний механізм; 6 – система навігації «CCC»; 7 – система контролю «TCU»; 8 – система доступу в автомобіль «CAS»; 9 – електронний блок управління комплексної системи управління двигуном «DME» / «DDE»; 10 – комутаційний центр системи «SLZ»; 11 – панель приладів; 12 – електронний блок управління системи «JBE»; 13 – клавіша «DTC»; 14 – давач активного рульового управління; 15 – кінцевий вимикач індикатора гальма стоянки; 16 – давач зносу гальмівної накладки правого заднього колеса; 17 – давач зносу гальмівної накладки лівого переднього колеса; 18 – вимикач стоп-сигналу; 19 – давач частоти обертання правого заднього колеса; 20 – давач частоти обертання лівого заднього колеса; 21 – давач частоти обертання правого переднього колеса; 22 – давач частоти обертання лівого переднього колеса; 23 – давач рівня гальмівної рідини

При комплектуванні автомобіля системою «DSC» типу «Mk60E5» реалізуються додаткові функції:
 – готовність гальмівної системи до роботи в екстреному випадку (різке скидання педалі газу) за

рахунок завчасного підведення гальмівних колодок до дисків шляхом підвищення тиску;

- просушування гальм шляхом підвищення тиску в гальмівній системі за інформацією від давача дощу або положення перемикача роботи склоочисника;

- компенсація зниження ефективності гальм при їх нагріванні, шляхом підвищення тиску в гальмівній системі, що задається водієм;

- плавна зупинка автомобіля;

- допомога при рушанні з місця;

- компенсація моментів обертання автомобіля відносно вертикальної осі за допомогою активного рульового управління.

Дослідження системи «DSC» автомобілів «BMW» 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, 10].

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 «DSC» автомобілів «BMW» наведена 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 [12].

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 функцій. Класифікація функцій функціональної моделі системи «DSC» автомобілів «BMW» 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.

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.

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 [13 – 15].

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

| |
|---|
| 1. Управління динамікою руху автомобіля в поздовжньому та поперечному напрямках шляхом впливу на його гальмівний механізм та роботу двигуна («DSC») |
| 2. Запобігання блокуванню коліс автомобіля під час гальмування («ABS») |
| 3. Забезпечення більш короткого гальмівного шляху та стабільності руху автомобіля («ABS») |
| 4. Регулювання гальмівного тиску на всіх колесах («ABS») |
| 5. Управління розподілом гальмівних сил між передніми та задніми колесами автомобіля («EBV») |
| 6. Контроль прослизання задніх коліс в залежності від передніх коліс («EBV») |
| 7. Підвищення стійкості автомобіля під час гальмування в процесі проходження повороту («CBC») |
| 8. Перешкоджання пробуксовуванню коліс автомобіля під час прискорення («ASC») |
| 9. «Втручання» в управління двигуном автомобіля («ASC») |
| 10. Оптимізація тягової потужності двигуна автомобіля під час проходження ділянок дороги з поганим покриттям («DTC») |
| 11. Блокування диференціала («DTC») |
| 12. Збільшення крутного моменту на колесах автомобіля, які знаходяться в більш сприятливих умовах зчеплення з дорожнім покриттям («DTC») |
| 13. Перешкоджання блокуванню ведучих коліс під час перемикання на понижену передачу або при різкій зміні навантаження («MSR») |
| 14. Автоматичне підвищення тиску в гальмівній системі автомобіля («DBC») |
| 15. Готовність гальмівної системи до роботи в екстремому випадку («DBC») |
| 16. Просушування гальм шляхом підвищення тиску в гальмівній системі («DBC») |
| 17. Компенсація зниження ефективності гальм при їх нагріванні («DBC») |
| 18. Плавна зупинка автомобіля («DBC») |
| 19. Допомога під час рушання з місця («DBC») |
| 20. Компенсація моментів обертання автомобіля відносно вертикальної осі («DBC») |

Рис. 2. Функціональна модель системи «DSC» автомобілів «BMW»

Таблиця 1

Класифікація функцій функціональної моделі системи «DSC» автомобілів «BMW»

| № функції | Назва функції | Характер функції | Властивості функції |
|-----------|--|---------------------|---------------------|
| 1 | Управління динамікою руху автомобіля в поздовжньому та поперечному напрямках шляхом впливу на його гальмівний механізм та роботу двигуна («DSC») | Зовнішня головна | Корисна |
| 2 | Запобігання блокуванню коліс автомобіля під час гальмування («ABS») | Внутрішня основна | Корисна |
| 3 | Забезпечення більш короткого гальмівного шляху та стабільності руху автомобіля («ABS») | Внутрішня основна | Корисна |
| 4 | Регулювання гальмівного тиску на всіх колесах («ABS») | Внутрішня допоміжна | Корисна |
| 5 | Управління розподілом гальмівних сил між передніми та задніми колесами автомобіля («EBV») | Внутрішня допоміжна | Корисна |
| 6 | Контроль прослизання задніх коліс в залежності від передніх коліс («EBV») | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |
| 7 | Підвищення стійкості автомобіля під час гальмування в процесі проходження повороту («CBC») | Внутрішня основна | Корисна |
| 8 | Перешкоджання пробуксовуванню коліс автомобіля під час прискорення («ASC») | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |
| 9 | «Втручання» в управління двигуном автомобіля («ASC») | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |
| 10 | Оптимізація тягової потужності двигуна автомобіля під час проходження ділянок дороги з поганим покриттям («DTC») | Внутрішня допоміжна | Корисна |
| 11 | Блокування диференціала («DTC») | Внутрішня допоміжна | Нейтральна |
| 12 | Збільшення крутного моменту на колесах автомобіля, які знаходяться в більш сприятливих умовах зчеплення з дорожнім покриттям («DTC») | Внутрішня допоміжна | Нейтральна |
| 13 | Перешкоджання блокуванню ведучих коліс під час перемикання на понижену передачу або при різкій зміні навантаження («MSR») | Внутрішня допоміжна | Нейтральна |
| 14 | Автоматичне підвищення тиску в гальмівній системі автомобіля («DBC») | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |
| 15 | Готовність гальмівної системи до роботи в екстремому випадку («DBC») | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |
| 16 | Просушування гальм шляхом підвищення тиску в гальмівній системі («DBC») | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |
| 17 | Компенсація зниження ефективності гальм при їх нагріванні («DBC») | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |
| 18 | Плавна зупинка автомобіля («DBC») | Внутрішня допоміжна | Шкідлива |
| 19 | Допомога під час рушання з місця («DBC») | Внутрішня допоміжна | Шкідлива |
| 20 | Компенсація моментів обертання автомобіля відносно вертикальної осі («DBC») | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |

Таблиця 2

Матриця пріоритетів системи «DSC» автомобілів «BMW»

| № функції | Номери функції | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Сума коефіцієнтів переваг | Абсолютний пріоритет | Коефіцієнт корисності | Ранг функції | |
|---------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | | | | |
| Коефіцієнти переваг | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 29,5 | 585 | 0,07971 | 1 | |
| 2 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 27,5 | 528 | 0,07195 | 3 | |
| 3 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 26,5 | 501 | 0,06827 | 4 | |
| 4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 24,5 | 450 | 0,06133 | 6 | |
| 5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 25,5 | 475 | 0,06473 | 5 | |
| 6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 21 | 372 | 0,05067 | 9 | |
| 7 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 28,5 | 556 | 0,07576 | 2 | |
| 8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 19 | 332 | 0,04522 | 12 | |
| 9 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 17,5 | 303 | 0,04130 | 13 | |
| 10 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 23,5 | 426 | 0,05806 | 7 | |
| 11 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 22,5 | 403 | 0,05492 | 8 | |
| 12 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 19,5 | 341 | 0,04641 | 11 | |
| 13 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 20,5 | 361 | 0,04914 | 10 | |
| 14 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 15,5 | 272 | 0,03705 | 14 | |
| 15 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 15 | 264 | 0,03596 | 16 |
| 16 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 14,5 | 257 | 0,03500 | 17 | |
| 17 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 15 | 265 | 0,03603 | 15 | |
| 18 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 0,5 | 11,5 | 216 | 0,02945 | 19 | |
| 19 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 10,5 | 205 | 0,02796 | 20 | |
| 20 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | 12,5 | 228 | 0,03109 | 18 | |
| Сума | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | - | |

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 ($k_{ij} = 1 \rightarrow a_i \approx a_j$);
- 0,5 – якщо функція в i -му рядку має меншу перевагу, ніж функція в j -му стовпчику ($k_{ij} = 0,5 \rightarrow a_j \succ a_i$).

Далі знаходиться параметр P_i (абсолютний пріоритет). Параметр P_i визначається як сума добутків кожного елемента i -го рядка на елементи вектор-стовпчика Σk_{ij} , тобто [2, 13]:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= k_{11} \sum k_1 + k_{21} \sum k_2 + \dots + k_{1j} \sum k_i + \dots + k_{1n} \sum k_n; \\
 P_2 &= k_{21} \sum k_1 + k_{22} \sum k_2 + \dots + k_{2j} \sum k_i + \dots + k_{2n} \sum k_n; \\
 &\dots\dots\dots \\
 P_i &= k_{i1} \sum k_1 + k_{i2} \sum k_2 + \dots + k_{ij} \sum k_i + \dots + k_{in} \sum k_n; \\
 &\dots\dots\dots \\
 P_n &= k_{n1} \sum k_1 + k_{n2} \sum k_2 + \dots + k_{nj} \sum k_i + \dots + k_{nn} \sum k_n.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Потім знаходиться коефіцієнт корисності λ кожної функції [1, 15]:

$$\lambda_i = P_i / \Sigma P_i \quad \text{при} \quad \Sigma \lambda_i = 1.
 \tag{2}$$

Ранг функції визначається в залежності від величини коефіцієнта корисності λ . Чим більший

коефіцієнт корисності, тим вищий ранг має функція.

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми корисності (рис. 3) та ранжування (рис. 4) функцій системи «DSC» автомобілів «BMW» відносно коефіцієнта корисності.

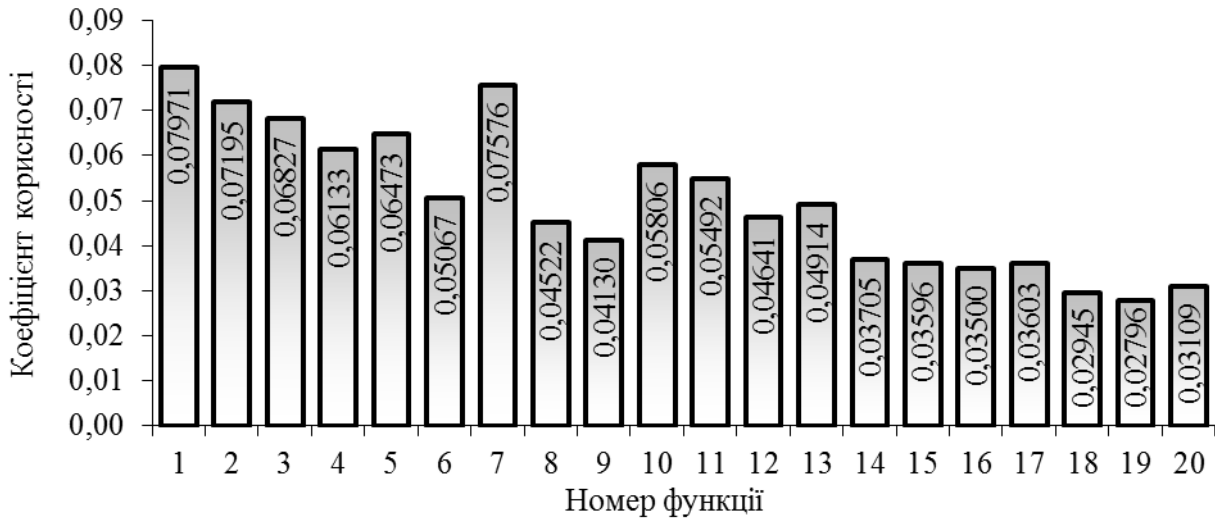


Рис. 3. Діаграма корисності функцій системи «DSC» автомобілів «BMW»

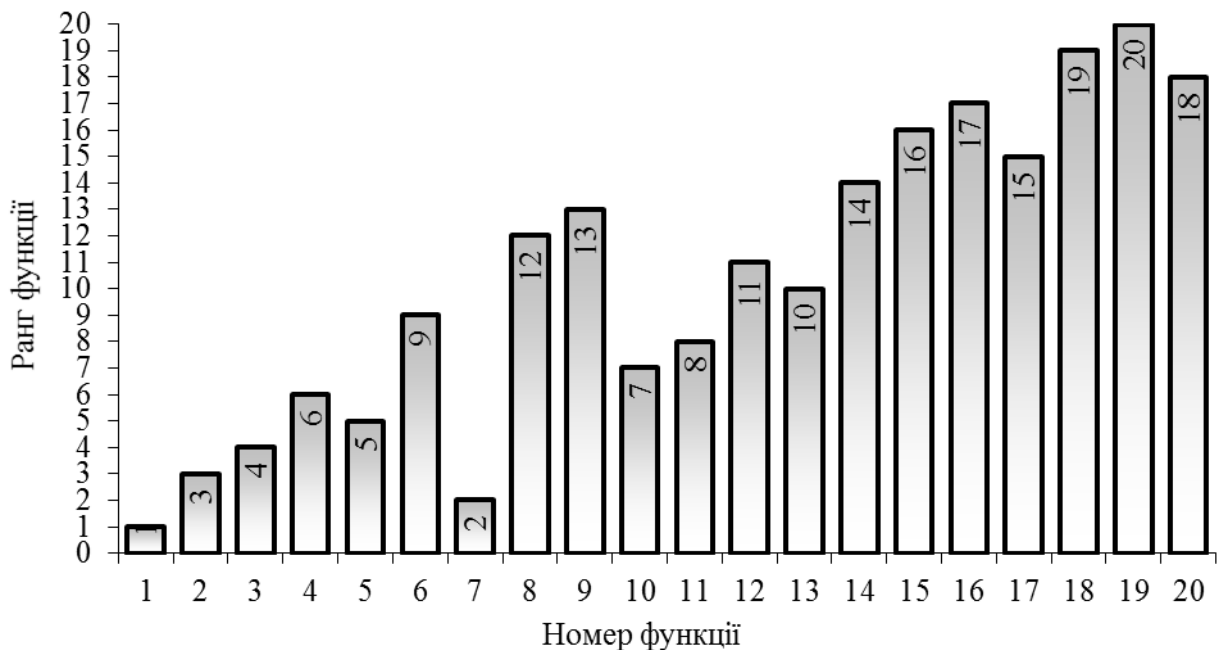


Рис. 4. Діаграма ранжування функцій системи «DSC» автомобілів «BMW» відносно коефіцієнта корисності

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.

На цьому етапі широко використовують метод експертних оцінок, порівнянь з «ідеальною моделлю», а також порівнюють 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]:

$$K_i = \varepsilon_i / \lambda_i \text{ при } \sum \lambda_i = 1, \sum \varepsilon_i = 1, \tag{3}$$

де ε – частка функції у витратах.

Таблиця 3

Матриця витрат функцій системи «DSC» автомобілів «BMW»

| № функції | Назва функції | Частка функції у витратах | Коефіцієнт корисності | Коефіцієнт витрат | Ранг функції |
|-----------|--|---------------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
| 1 | Управління динамікою руху автомобіля в поздовжньому та поперечному напрямках шляхом впливу на його гальмівний механізм та роботу двигуна («DSC») | 0,121 | 0,07971 | 1,518 | 7 |
| 2 | Запобігання блокуванню коліс автомобіля під час гальмування («ABS») | 0,005 | 0,07195 | 0,069 | 16 |
| 3 | Забезпечення більш короткого гальмівного шляху та стабільності руху автомобіля («ABS») | 0,002 | 0,06827 | 0,029 | 19 |
| 4 | Регулювання гальмівного тиску на всіх колесах («ABS») | 0,061 | 0,06133 | 0,995 | 9 |
| 5 | Управління розподілом гальмівних сил між передніми та задніми колесами автомобіля («EBV») | 0,061 | 0,06473 | 0,942 | 10 |
| 6 | Контроль прослизання задніх коліс в залежності від передніх коліс («EBV») | 0,052 | 0,05067 | 1,026 | 8 |
| 7 | Підвищення стійкості автомобіля під час гальмування в процесі проходження повороту («CBC») | 0,003 | 0,07576 | 0,040 | 18 |
| 8 | Перешкоджання пробуксовуванню коліс автомобіля під час прискорення («ASC») | 0,102 | 0,04522 | 2,256 | 4 |
| 9 | «Втручання» в управління двигуном автомобіля («ASC») | 0,011 | 0,04130 | 0,266 | 13 |
| 10 | Оптимізація тягової потужності двигуна автомобіля під час проходження ділянок дороги з поганим покриттям («DTC») | 0,015 | 0,05806 | 0,258 | 14 |
| 11 | Блокування диференціала («DTC») | 0,101 | 0,05492 | 1,839 | 6 |
| 12 | Збільшення крутного моменту на колесах автомобіля, які знаходяться в більш сприятливих умовах зчеплення з дорожнім покриттям («DTC») | 0,101 | 0,04641 | 2,176 | 5 |
| 13 | Перешкоджання блокуванню ведучих коліс під час перемикання на понижену передачу або при різкій зміні навантаження («MSR») | 0,011 | 0,04914 | 0,224 | 15 |
| 14 | Автоматичне підвищення тиску в гальмівній системі автомобіля («DBC») | 0,002 | 0,03705 | 0,054 | 17 |
| 15 | Готовність гальмівної системи до роботи в екстремному випадку («DBC») | 0,001 | 0,03596 | 0,028 | 20 |
| 16 | Просушування гальм шляхом підвищення тиску в гальмівній системі («DBC») | 0,111 | 0,03500 | 3,171 | 3 |
| 17 | Компенсація зниження ефективності гальм при їх нагріванні («DBC») | 0,019 | 0,03603 | 0,527 | 11 |
| 18 | Плавна зупинка автомобіля («DBC») | 0,101 | 0,02945 | 3,430 | 2 |
| 19 | Допомога під час рушання з місця («DBC») | 0,009 | 0,02796 | 0,322 | 12 |
| 20 | Компенсація моментів обертання автомобіля відносно вертикальної осі («DBC») | 0,111 | 0,03109 | 3,570 | 1 |
| Сума | | 1 | 1 | - | - |

Частка функції у витратах визначається за наступною формулою [2, 3, 14]:

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

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).

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми витрат (рис. 6) та ранжування (рис. 7) функцій системи «DSC» автомобілів «BMW» відносно коефіцієнта витрат.

Наступним етапом функціонально-вартісного аналізу є визначення показника функціональної вартості [2, 13]:

$$P_{\Phi Vi} = \lambda_i - K_i. \tag{5}$$

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

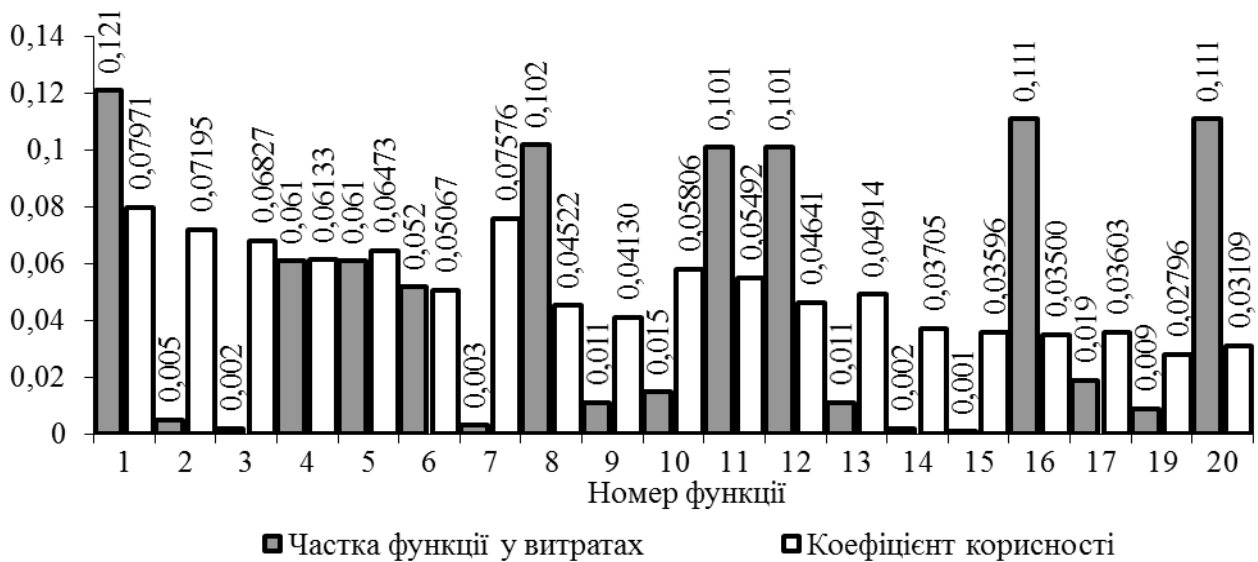


Рис. 5. Функціонально-вартісна діаграма системи «DSC» автомобілів «BMW»

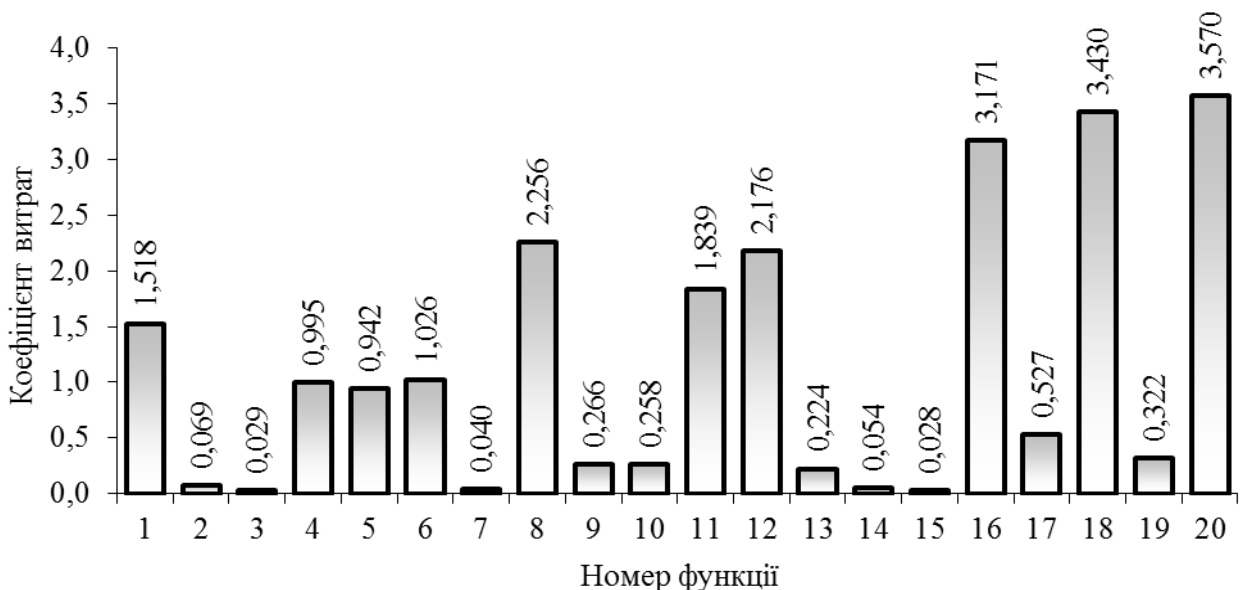


Рис. 6. Діаграма витрат функцій системи «DSC» автомобілів «BMW»

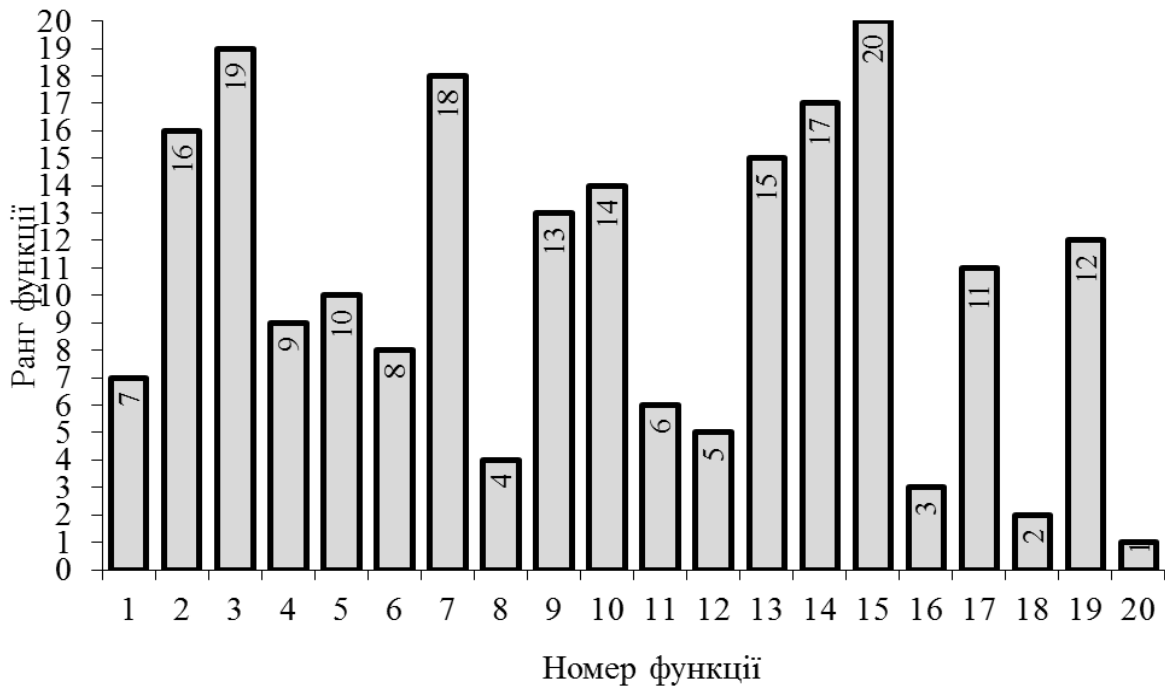


Рис. 7. Діаграма ранжування функцій системи «DSC» автомобілів «BMW» відносно коефіцієнта витрат

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 з системи «DSC» автомобілів «BMW» відносно показника функціональної вартості.

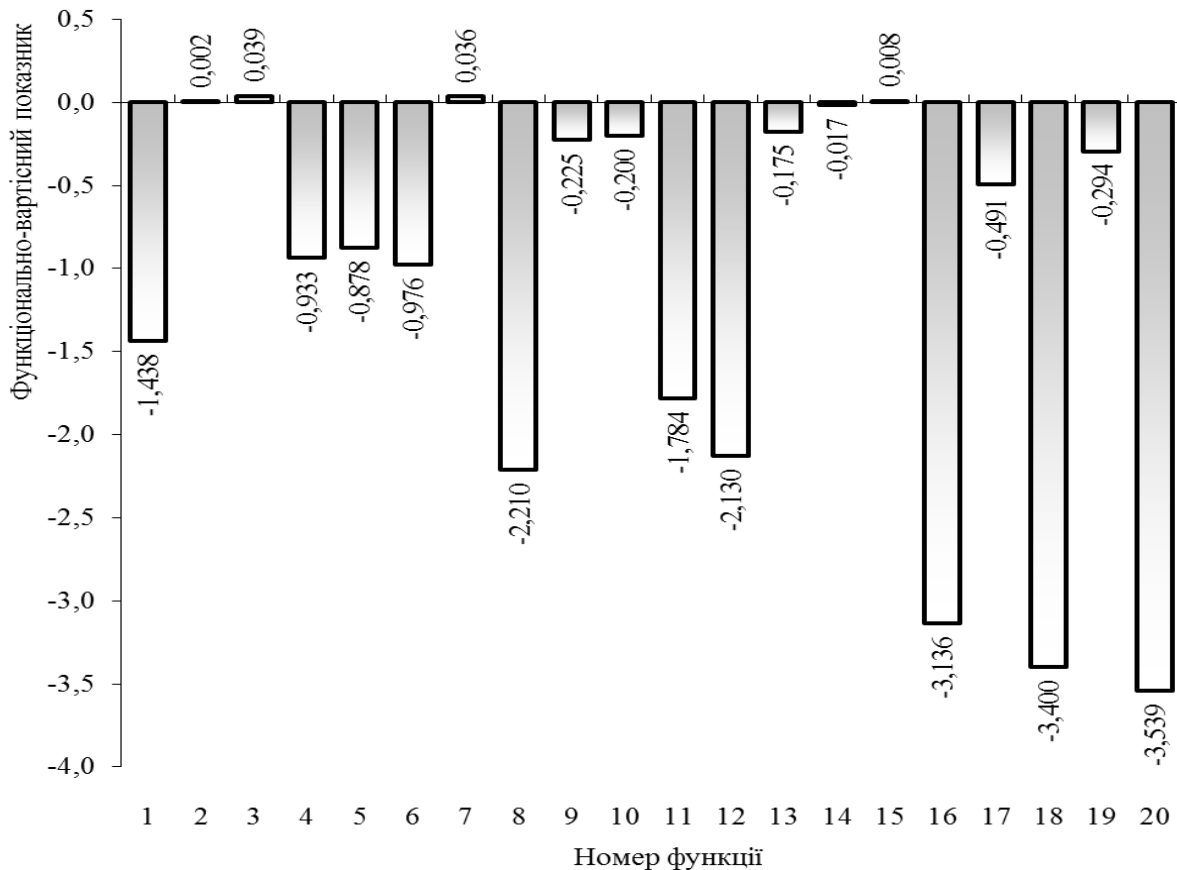


Рис. 8. Діаграма значень показника функціональної вартості функцій системи «DSC» автомобілів «BMW»

Таблиця 4

Значення показників функціональної вартості функцій системи «DSC» автомобілів «BMW»

| № функції | Назва функції | Функціонально-вартісний показник | Ранг функції |
|-----------|--|----------------------------------|--------------|
| 1 | Управління динамікою руху автомобіля в поздовжньому та поперечному напрямках шляхом впливу на його гальмівний механізм та роботу двигуна («DSC») | -1,438 | 14 |
| 2 | Запобігання блокуванню коліс автомобіля під час гальмування («ABS») | 0,002 | 4 |
| 3 | Забезпечення більш короткого гальмівного шляху та стабільності руху автомобіля («ABS») | 0,039 | 1 |
| 4 | Регулювання гальмівного тиску на всіх колесах («ABS») | -0,933 | 12 |
| 5 | Управління розподілом гальмівних сил між передніми та задніми колесами автомобіля («EBV») | -0,878 | 11 |
| 6 | Контроль прослизання задніх коліс в залежності від передніх коліс («EBV») | -0,976 | 13 |
| 7 | Підвищення стійкості автомобіля під час гальмування в процесі проходження повороту («CBC») | 0,036 | 2 |
| 8 | Перешкоджання пробуксовуванню коліс автомобіля під час прискорення («ASC») | -2,210 | 17 |
| 9 | «Втручання» в управління двигуном автомобіля («ASC») | -0,225 | 8 |
| 10 | Оптимізація тягової потужності двигуна автомобіля під час проходження ділянок дороги з поганим покриттям («DTC») | -0,200 | 7 |
| 11 | Блокування диференціала («DTC») | -1,784 | 15 |
| 12 | Збільшення крутного моменту на колесах автомобіля, які знаходяться в більш сприятливих умовах зчеплення з дорожнім покриттям («DTC») | -2,130 | 16 |
| 13 | Перешкоджання блокуванню ведучих коліс під час перемикавання на понижену передачу або при різкій зміні навантаження («MSR») | -0,175 | 6 |
| 14 | Автоматичне підвищення тиску в гальмівній системі автомобіля («DBC») | -0,017 | 5 |
| 15 | Готовність гальмівної системи до роботи в екстремому випадку («DBC») | 0,008 | 3 |
| 16 | Просушування гальм шляхом підвищення тиску в гальмівній системі («DBC») | -3,136 | 18 |
| 17 | Компенсація зниження ефективності гальм при їх нагріванні («DBC») | -0,491 | 10 |
| 18 | Плавна зупинка автомобіля («DBC») | -3,400 | 19 |
| 19 | Допомога під час рушання з місця («DBC») | -0,294 | 9 |
| 20 | Компенсація моментів обертання автомобіля відносно вертикальної осі («DBC») | -3,539 | 20 |

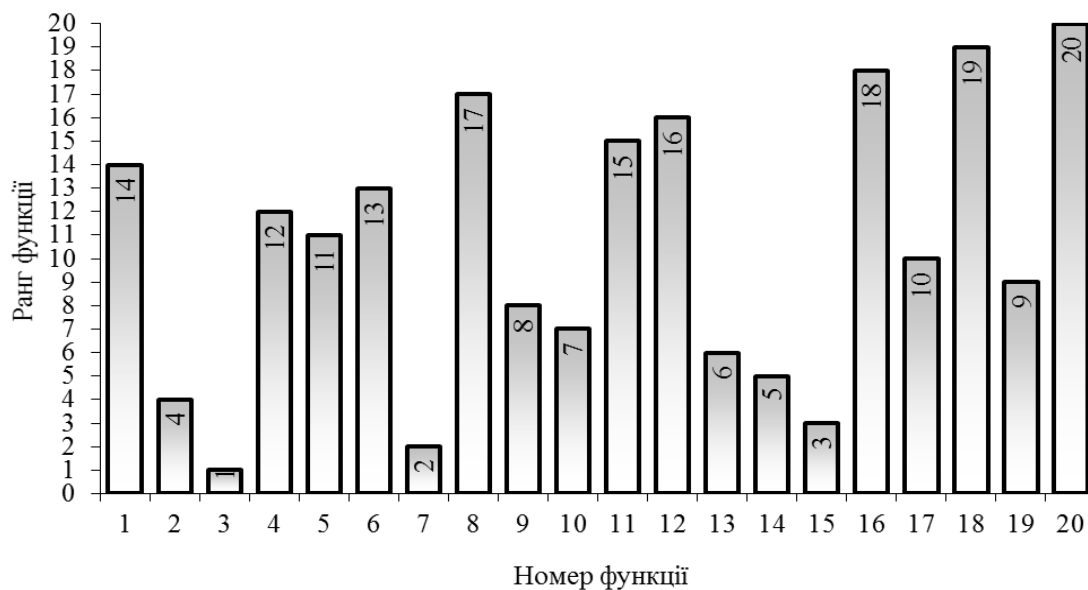


Рис. 9. Діаграма ранжування функцій системи «DSC» автомобілів «BMW» відносно показника функціональної вартості

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.

Висновок

1. Проведений функціонально-вартісний аналіз системи «DSC» автомобілів «BMW» показав, що найбільший ранг і найбільший функціонально-вартісний показник має функція №1 «Управління динамікою руху автомобіля в поздовжньому та поперечному напрямках шляхом впливу на його гальмівний механізм та роботу двигуна» в основу якої поставлена основна задача розробленої технічної системи.

2. За результатами розрахунку функціонально-вартісних показників системи «DSC» автомобілів «BMW», можна зробити висновок про те, що функції №3 «Забезпечення більш короткого гальмівного шляху та стабільності руху автомобіля» та №7 «Підвищення стійкості автомобіля під час гальмування в процесі проходження повороту» є тими функціями, вдосконалення яких веде до подальшого розвитку системи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. Miles L. D. Techniques of Value Analysis and Engineering / L. D. Miles. – New York : McGraw-Hill, 1961. – 275 p.
6. Соболев Ю. М. Конструктор выбирает решение / Ю. М. Соболев. – Пермь : Пермское книжное издательство, 1979. – 229 с.
7. Економіка й організація інноваційної діяльності / [І. І. Цигилик, С. О. Кропельницька, О. І. Мозіль, І. Г. Ткачук]. – Київ : Центр навчальної літератури, 2004. – 128 с.
8. Прокопенко І. Ф. Курс економічного аналізу / І. Ф. Прокопенко, В. І. Ганін, З. Ф. Петряєва. – Харків : Легас, 2004. – 384 с.
9. Борисюк Д. В. Функціонально-вартісний аналіз системи «Valvetronic» двигунів «N-серії» автомобілів «BMW» / Д. В. Борисюк, В. Й. Зелінський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2023. – №1 (166). – С. 72 – 81.
10. Борисюк Д. В. Функціонально-вартісний аналіз антиблокувальної гальмівної системи (ABS) автомобілів / Д. В. Борисюк, І. В. Твердохліб, І. М. Кубчук, І. В. Бевз // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2023. – № 2 (121). – С. 51 – 62.
11. Кисликов В. Ф. Будова й експлуатація автомобілів / В. Ф. Кисликов, В. В. Лущик. – К. : Либідь, 2018. – 400 с.
12. Dinukova O. A. Functional Cost Analysis in the HR Management System / O. A. Dinukova // Digital Economy and the New Labor Market: Jobs, Competences and Innovative HR Technologies / Editors S. I. Ashmarina, V. V. Mantulenko ; Springer Nature. – Berlin, 2020. – Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS), Volume 161. – P. 558 – 565.
13. Anikina Yu. A. The functional-cost analysis in management decisions. Part two: Design / Yu. A. Anikina, M. A. Ragozina // Econ. Entrepreneurship. – 2017. – Volume 85. – P. 1135 – 1140.
14. Functional cost analysis (FCA) / G. Todorov, A. Bochevska, T. Neshkov // 26 International scientific conference dedicated to the 65th anniversary of the Faculty of Machine technology, Sozopol (Bulgaria), 2010 yr., 13-16 September. – Sozopol (Bulgaria), 2010. – P. 183 – 187.
15. Yoshikawa T. A Japanese case study of functional cost analysis / T. Yoshikawa, J. Innes, F. Mitchell // Management Accounting Research. – 1995. – Volume 6, Issue 4. – P. 415 – 432.

Стаття надійшла до редакції 11.12.2023.

Стаття пройшла рецензування 19.12.2023.

Борисюк Дмитро Вікторович – к. т. н., старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

Вінницький національний технічний університет.