

УДК 623.486

Д. В. Борисюк, канд. техн. наук, доц.; В. А Макаров, д-р техн. наук, проф.;
В. Й. Зелінський

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ВУЗЛІВ ПІСТОЛЕТА МАКАРОВА

В Україні впровадження міжнародної системи якості ISO 9000 вимагає від виробників використання методів 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. Для прийняття раціонального та обґрунтованого рішення слід використовувати функціонально-вартісний аналіз, що об'єднує різні методи колективного аналізу систем, творчого пошуку, оптимізації та вибору рішень.

У статті наведено функціонально-вартісний аналіз вузлів пістолета Макарова. Розроблено функціональну модель вузлів пістолета Макарова.

Представлено класифікацію функцій функціональної моделі вузлів пістолета Макарова. Визначено коефіцієнт корисності вузлів пістолета Макарова шляхом побудови матриці пріоритетів за відомою методикою розрахунку.

Узагальнюючий критерій витрат при проектуванні технічних чи виробничих систем враховує витрати на всіх етапах життєвого циклу системи, для оцінки яких побудовано матрицю витрат вузлів пістолета Макарова, з якої визначають коефіцієнт витрат.

Побудовано діаграму корисності функцій вузлів пістолета Макарова, діаграму ранжування функцій відносно коефіцієнта корисності, функціонально-вартісну діаграму, діаграму витрат функцій, діаграму ранжування функцій відносно коефіцієнта витрат, діаграму значень показника функціональної вартості функцій, діаграму ранжування функцій відносно показника функціональної вартості.

За побудованими діаграмами визначено функції вузлів пістолета Макарова, 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: *пістолет Макарова, функціонально-вартісний аналіз, 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 слід 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 з метою впровадження міжнародної системи якості ISO 9000 необхідно, щоб виробник використовував методи аналізу проектних рішень. Причому такому аналізу повинні підлягати як вхідні дані проекту, 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 оборонно-промисловому комплексі засвідчує [5]:

- на основні елементи (функції) системи, які складають близько 45 % від їх загального числа, припадає 80 % загальної вартості системи, тому розгляд згаданих елементів повинен бути першочерговим;
- похибки підсумкової калькуляції при виконанні функціонально-вартісного аналізу повинні бути на порядок менші від обсягу зниження собівартості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Функціонально-вартісний аналіз широко застосовується промисловими компаніями США, Англії, Франції та іншими країнами з розвинутою ринковою економікою. Одним із основоположників методу функціонально-вартісного аналізу є співробітник компанії «General Electric» (США) – інженер Лоуренс Д. Майлс [6]. Він прийшов до висновку, що зниження витрат на виробництво треба починати з аналізу властивостей виробу і технічних функцій складових його частин. Радянські економісти приділяли особливу увагу важливості цього виду аналізу в системі методів підвищення якості продукції та ефективності виробництва.

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], П. Картавий [11], О. Охріменко [12] та ін.

Мета дослідження

Метою функціонально-вартісного аналізу є мінімізація витрат при збереженні або збільшенні використання функцій об'єкта та підвищення його корисності для споживачів на етапах проєктування, виробництва та експлуатації.

Отже, **метою цього дослідження** є розробка функціонально-вартісного аналізу пістолета Макарова для визначення функцій його вузлів, які доцільно удосконалювати.

Основна частина

У роки Другої світової війни короткоствольна зброя пройшла серйозну перевірку. Досвід цієї війни породив нові тактико-технічні вимоги до пістолетів, зокрема їм треба було стати компактними, легшими, надійними та скорострільними. Пістолет «ТТ» зразка 1933 року мав численні недоліки, а саме: ненадійна фіксація магазину, незручна форма рукоятки тощо. Крім того, було визнано за доцільно мати на озброєнні армії два типи пістолета: автоматичний з довгим

стволом – для офіцерів та сержантів, що будуть безпосередньо брати участь в бойових діях, і компактний – для старших офіцерів і як «зброя мирного часу».

Тому виникла потреба у розробці нового компактного пістолета для оперативно-бойового застосування. Ним став пістолет Макарова (рис. 1) [13]. За основу розробки, було взято німецький пістолет Walther PP зразка 1929 року. Пістолет мав певні відмінності від Walther PP, але зберіг його загальне компонування та конструкторські рішення. Ескізне виконання завершилося у 1947 році, а в 1948 році був підготовлений остаточний варіант проєкту. Пістолет відрізнявся надійністю, малими габаритами, а найголовніше – простотою в експлуатації і обслуговуванні.



Рис. 1. Пістолети Макарова різних модифікацій [13]

В 1994 році була запропонована модифікація пістолета Макарова – ПММ-8 і ПММ-12. У цих пістолетів посилена рамка і збільшена маса затвора. Патронник ПММ оснащений спіралеподібними канавками, що дозволяє використовувати для стрільби високоімпульсні патрони 9×18 мм ПММ. Максимальний тиск в каналі ствола пістолета при новому патроні збільшився на 15 %, що дещо збільшило віддачу.

Наприкінці 1950-х років у Китаї на зміну пістолетам Токарева прийшов інший досконаліший зразок короткоствольної зброї — копія радянського пістолета Макарова, більш відома як пістолет «Туре 59» (рис. 2). Відмінностей від прототипу практично не спостерігається за винятком невеликої різниці у вазі. Стандартний патрон 9 мм для «Макарова» також відомий у Китаї як патрон 9 мм «Туре 59».

Пістолет «Туре 59», так само як і його «батько» – пістолет ПМ, характеризувався високою надійністю в роботі у найрізноманітніших кліматичних умовах. Ця зброя проста по конструкції (складалася з 32 деталей, багато з них багатофункціональні, а бойова пружина одночасно виконувала 7 функцій), зручна в обігу та експлуатації, легко і швидко розбиралася без використання будь-якого інструменту.

Після початку «Холодної війни», у січні 1949 року Народна Республіка Болгарія увійшла до складу Ради економічної взаємодопомоги, а 14 травня 1955 року – до Організації Варшавського договору, що сприяло розвитку військово-технічного співробітництва країни з СРСР та іншими країнами Східної Європи. Після отримання комплексу технічної документації з СРСР, у 1971 – 1972 роках на заводі імені Фрідріха Енгельса в місті Казанлик (умовна назва «Завод № 10») було освоєно виробництво набоїв 9×18 мм, а в 1975 році – пістолета ПМ. Крім стандартного варіанта (що не мав конструктивних відмінностей від радянських ПМ за винятком маркування) було випущено кілька хромованих пістолетів для військово-морського флоту.

Після зміни болгарського уряду 1989 року військові витрати було зменшено, почалося скорочення збройних сил, і як наслідок 12 червня 1989 року державне підприємство «Завод № 10» було перереєстровано як державна компанія «Арсенал» та почало вести самостійну господарську політику. У умовах, що змінилися, було прийнято рішення про експорт стрілецької зброї. Почалася

розробка нових модифікацій пістолета ПМ, призначених для комерційного продажу як цивільна зброя і у 1990 році з'явився «Arsenal P-M01» (рис. 3) – болгарський самозарядний пістолет, конструктивний аналог радянського пістолета Макарова.



Рис. 2. Пістолет «Type 59»
(Китайська НР)



Рис. 3. Пістолет «Arsenal P-M01»
(Болгарія)



Рис. 4. Пістолет «Pistolet M»
(Східна Німеччина)



Рис. 5. Пістолет «Simson-Suhl Makarov»
(Німеччина)



Рис. 6. Пістолет «PM-FT»
(Україна)

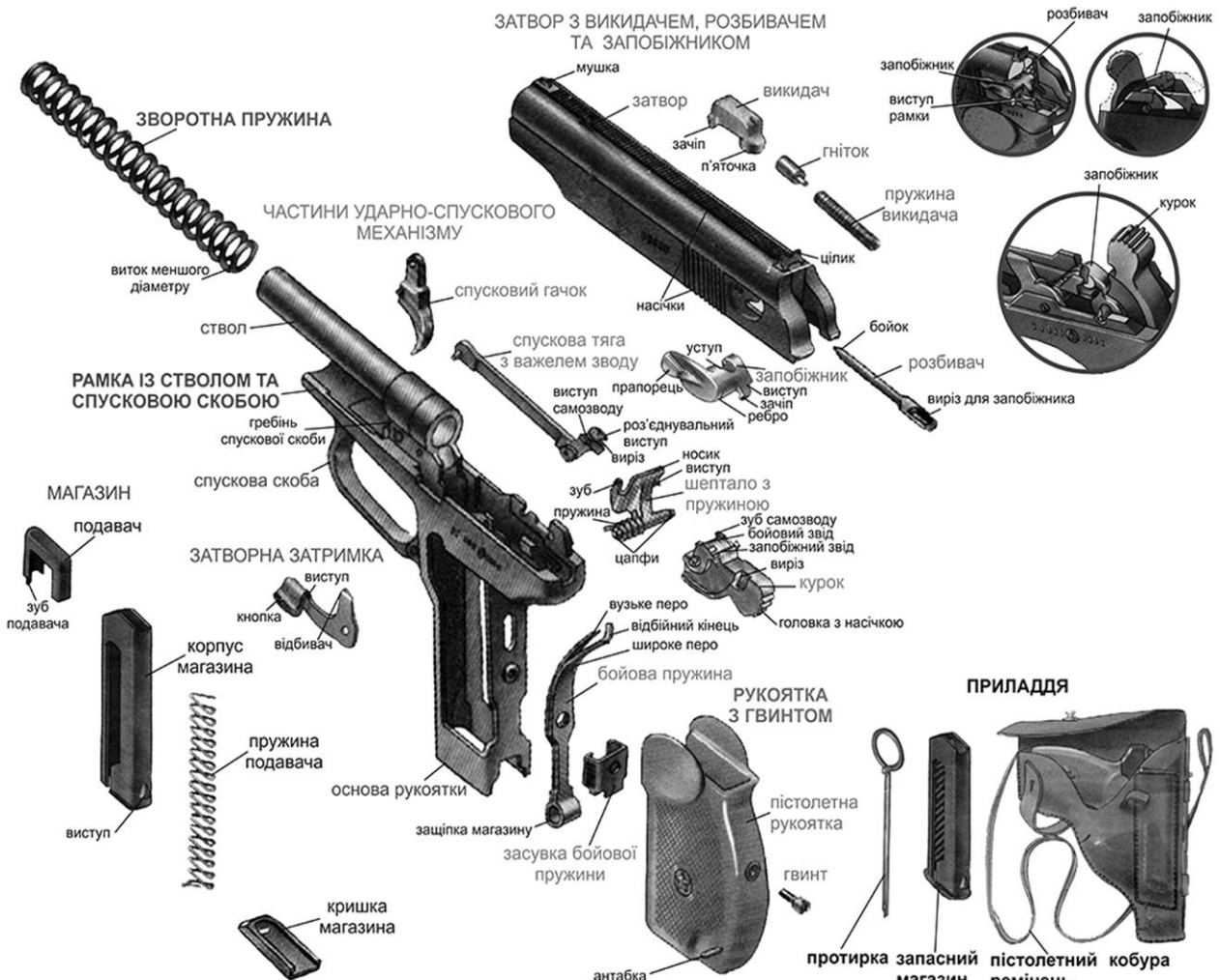


Рис. 7. Основні частини і механізми 9-мм пістолета Макарова (ПМ) [13]

Східна Німеччина також виробляла аналоги ПМ, після отримання ліцензії з СРСР в 1956 році. Ними були пістолети «Pistole M» (рис. 4), серійне виробництво яких було розпочалось в 1958 році. Пістолет «Simson-Suhl Makarov» (рис. 5) — комерційна модель, вироблена після об'єднання Німеччини.

Варто відзначити й той факт, що версії ПМ під набої не смертельної дії – пістолети «ПМ-ФТ» (рис. 6) виготовляються на базі Казенного науково-виробничого об'єднання «Форт» Міністерства внутрішніх справ України (м. Вінниця). Травматичний пістолет «ПМ-Т» під набій 9 мм Р.А. (виробник – ТОВ «Ерма-Інтер», м. Київ), виготовляють шляхом переробки серійних ПМ. Особливостями цих моделей є те, що у його стволі присутнє конічне звуження, яке перешкоджає застряганню жорсткої гумової кулі в каналі ствола.

Пістолет Макарова складається з наступних основних частин і механізмів (рис. 7): рамки зі стволом і спусковою скобою; затвора з ударником, викидачем і запобіжником; поворотної пружини; ударно-спускового механізму; рукоятки з гвинтом; затримки затвора; магазину [13 – 17].

До кожного пістолета надається приладдя: запасний магазин, протирка, кобура, пістолетний ремінець.

Дослідження вузлів пістолета Макарова при функціонально-вартісному аналізі спирається на функціональний підхід, за якого складові пістолета Макарова розглядають як сукупність функцій, що ними виконуються. Далі здійснюються пошуки ліпшого принципу реалізації цих функцій. Функціонально-вартісний аналіз виконується на базі функціональної моделі [3, 4, 10].

Функціональна модель представляє собою графічне, табличне або математичне відображення впорядкованої сукупності функцій системи і зв'язків між ними. Табличне представлення функціональної моделі включає перелік функцій, які виконує система (виріб) та її складові частини. Функціональна модель вузлів пістолета Макарова наведена в табл. 1.

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 [18, 19].

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 та 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.

При побудові функціональної моделі виділяються внутрішні функції виробів і процесів, які підрозділяються на основні і допоміжні. Основна функція забезпечує її реалізацію і відповідно працездатність об'єкту в цілому. Основні функції визначають принцип дії об'єкту і включають функції введення енергії, інформації, їх перетворення і виведення. Допоміжна функція забезпечує реалізацію однієї або декількох основних, а також допоміжних зовнішніх функцій виробу. До допоміжних відносяться функції з'єднання, ізолювання, кріплення, фіксації та ін.

Виявлення функцій виробів, процесів і інших об'єктів має на меті побудову логічної функціональної моделі, її аналізу і визначення для конкретних умов виробництва і застосування корисних, нейтральних, шкідливих і надлишкових функцій. Ця робота є першим етапом за оцінкою зайвих витрат, зосереджених в нейтральних і шкідливих функціях цього об'єкту.

На її першому рівні вказуються найменування і шифр зовнішніх головних допоміжних функцій, на другому – основні функції і на третьому – допоміжні. При описі і графічному зображенні зв'язків між функціями виявляються шкідливі і нейтральні функції. При цьому застосовується метод систематизованого аналізу функцій.

Структурна модель виробу, процесу або іншого об'єкту будується також по рівнях ієрархії. Ця модель дає уявлення про склад матеріальних носіїв функцій – складальних одиницях, деталях, операціях технологічного процесу по рівнях ієрархії і їх взаємозв'язках. Проте структурна модель на відміну від функціональної моделі не дає повного уявлення про зв'язки між структурними елементами в процесі роботи та функціонування об'єкту. При її аналізі виявляється ступінь прогресивності конструктивно-технологічних і організаційних рішень в реалізації матеріальних носіїв функцій. Побудова структурної моделі має на меті оцінити зайві витрати, пов'язані з конструктивно-технологічною реалізацією корисних функцій, і виявити найбільш економічні

технічні рішення.

Кількісна оцінка зв'язків у функціональній моделі проводиться за допомогою визначення значущості внутрішніх функцій в реалізації зовнішніх – головних і допоміжних. Оцінка значущості функцій здійснюється експертним методом послідовно по рівнях функціональної моделі, починаючи з першого:

- головних і допоміжних функцій в задоволенні вимог споживача;
- основних функцій в реалізації головних;
- допоміжних функцій i -го рівня функціональної моделі в задоволенні функцій вищого ($i-1$) рівня.

Таблиця 1

Функціональна модель вузлів пістолета Макарова

| Номер ф-ї | Функція | Назва вузла |
|-----------|---|-------------------------------|
| 1 | З'єднання частин пістолета | Рамка |
| 2 | Спрямування польоту кулі | Ствол |
| 3 | Надання кулі початкової швидкості | |
| 4 | Кріплення рукоятки, бойової пружини та приєднання магазину | Основа рукоятки |
| 5 | Оберігання хвоста спускового гачка від ненавмисного натискання на нього | Спускова скоба |
| 6 | Досилання патрона у патронник | Затвор |
| 7 | Запирання каналу ствола при пострілі | |
| 8 | Утримання гільзи (вилучення патрона) | |
| 9 | Постановки курка на бойове зведення | |
| 10 | Розбиття капсуля патрона | Ударник |
| 11 | Утримання гільзи (патрона) у чашці затвора до зустрічі з відбивачем | Викидач |
| 12 | Забезпечення безпеки поводження з пістолетом | Запобіжник |
| 13 | Прицілювання | Цілик |
| 14 | Прицілювання | Мушка |
| 15 | Повернення затвора у переднє положення після пострілу | Зворотна пружина |
| 16 | Нанесення удару по ударнику | Курок |
| 17 | Утримання курка в бойовому та запобіжному зведенні | Шептало |
| 18 | Спуск курка з бойового зводу та зведення курка при натисканні на хвіст спускового гачка | Спускова тяга з важелем зводу |
| 19 | Спуск курка з бойового зводу та зведення курка при стрільбі самозводом. | Спусковий гачок |
| 20 | Приведення в дію курка, важеля зводу та спускової тяги | Бойова пружина |
| 21 | Прикриття бічних вікон та задньої стінки основи рукоятки | Рукоятка з гвинтом |
| 22 | Зручність утримання пістолета в руці | |
| 23 | Утримання затвору у задньому положенні після витрати всіх патронів з магазину | Затримка затвора |
| 24 | Поміщення патронів | Магазин |
| 25 | Контроль кількості патронів | |
| 26 | Подача патронів | |
| 27 | Носіння та зберігання пістолета, запасного магазину та протирки | Кобура |

При оцінці значущості внутрішніх функцій виробничих, технічних, транспортних і інших систем, головною функцією яких є виконання заданого об'єму робіт.

Для того, щоб розібратися в різноманітті функцій розроблена їхня класифікація, відповідно до якої розрізняють:

1. Зовнішні функції (загальнооб'єктні, загальносистемні), що показують взаємозв'язок між об'єктом і сферою його застосування. Ці функції поділяються за ознакою задоволення потреби на дві підгрупи:

а) головна – заради виконання якої створена дана система (об’єкт);

б) допоміжна:

- естетичні – функції, що надають об’єктові привабливий вид, поліпшують зовнішнє сприйняття, збільшують попит на цей об’єкт за рахунок дизайну, фактури, кольору, форм і т. ін.;
- ергономічні – підвищують зручності використання об’єкта людиною, з врахуванням його ергономічних можливостей і технологічних;
- екологічні – захищають навколишнє середовище від шкідливих впливів цієї системи, що вона створює.

2. Внутрішні (внутрісистемні) функції — це дії і взаємозв’язки усередині об’єкта, обумовлені принципом його побудови й особливостями реалізації внутрішніх можливостей об’єкта (системи). Внутрішні функції підрозділяються на основні і допоміжні (забезпечуючі), у свою чергу:

- основні функції – це дії об’єкта, що працюють на головну функцію;
- допоміжні функції – це дії об’єкта до прояву властивостей, що створюють умови і передумови для виконання основних функцій.

Основні функції – динамічні, допоміжні – статичні. Основні функції виконуються внутрісистемними носіями, що лежать на потоках перетворення трьох видів субстанцій: енергій, речовин і інформації. Власне вектори основних функцій формують потоки перетворення усередині об’єкта (системи).

Допоміжні функції, як правило, реалізуються носіями, розташованими осторонь або на периферії потоків перетворення субстанцій, використовуваних об’єктом (системою) у процесі його функціонування.

За ступенем корисності функції підрозділяються на:

- корисні функції – це функції, які відбивають функціонально необхідні споживчі властивості об’єкта, позитивно впливають на його працездатність, або збільшують попит на нього;
- нейтральні – це зайві функції, що не знижують працездатність об’єкта, але містять (створюють) надмірність якого-небудь параметра об’єкта і здорожують його;
- шкідливі функції — це функції, що негативно впливають на працездатність об’єкта і його споживчу вартість, здорожують об’єкт і знижують його конкурентноздатність.
- надлишкові функції — необов’язкові функції, але їх виконання підвищує якість роботи системи.

Класифікація функцій системи здійснюється за двома критеріями – характером та властивостями функції. Класифікація функцій функціональної моделі вузлів пістолета Макарова наведена в табл. 2.

Наступним кроком проведення функціонально-вартісного аналізу є визначення коефіцієнтів корисності кожної функції. Коефіцієнт корисності визначали шляхом побудови матриці пріоритетів (табл. 3) за відомою методикою розрахунку [19 – 23].

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 ($k_{ij} = 1 \rightarrow a_i \approx a_j$);
- 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 $\sum k_{ij}$, тобто [2, 21]:

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

Потім знаходиться коефіцієнт корисності λ кожної функції [1, 22]:

$$\lambda_i = P_i / \sum P_i \text{ при } \sum \lambda_i = 1. \quad (2)$$

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. 8) та ранжування (рис. 9) функцій вузлів пістолета Макарова відносно коефіцієнта корисності.

Таблиця 2

Класифікація функцій функціональної моделі вузлів пістолета Макарова

| № ф-ї | Назва функції | Характер функції | Властивості функції |
|-------|---|---------------------|---------------------|
| 1 | З'єднання частин пістолета | Внутрішня основна | Корисна |
| 2 | Спрямування польоту кулі | Внутрішня основна | Корисна |
| 3 | Надання кулі початкової швидкості | Зовнішня головна | Корисна |
| 4 | Кріплення рукоятки, бойової пружини та приєднання магазину | Зовнішня головна | Корисна |
| 5 | Оберігання хвоста спускового гачка від ненавмисного натискання на нього | Зовнішня допоміжна | Нейтральна |
| 6 | Досилання патрона у патронник | Внутрішня основна | Корисна |
| 7 | Запирання каналу ствола при пострілі | Внутрішня допоміжна | Корисна |
| 8 | Утримання гільзи (вилучення патрона) | Внутрішня основна | Корисна |
| 9 | Постановки курка на бойове зведення | Зовнішня головна | Корисна |
| 10 | Розбиття капсуля патрона | Внутрішня основна | Корисна |
| 11 | Утримання гільзи (патрона) у чашці затвора до зустрічі з відбивачем | Внутрішня основна | Корисна |
| 12 | Забезпечення безпеки поводження з пістолетом | Зовнішня допоміжна | Корисна |
| 13 | Прицілювання за допомогою цілика | Зовнішня допоміжна | Нейтральна |
| 14 | Прицілювання за допомогою мушки | Зовнішня допоміжна | Нейтральна |
| 15 | Повернення затвора у переднє положення після пострілу | Внутрішня допоміжна | Корисна |
| 16 | Нанесення удару по ударнику | Внутрішня основна | Корисна |
| 17 | Утримання курка в бойовому та запобіжному зведенні | Внутрішня допоміжна | Корисна |
| 18 | Спуск курка з бойового зводу та зведення курка при натисканні на хвіст спускового гачка | Зовнішня головна | Корисна |
| 19 | Спуск курка з бойового зводу та зведення курка при стрільбі самозводом. | Зовнішня головна | Корисна |
| 20 | Приведення в дію курка, важеля зводу та спускової тяги | Внутрішня основна | Корисна |
| 21 | Прикриття бічних вікон та задньої стінки основи рукоятки | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |
| 22 | Зручність утримання пістолета в руці | Зовнішня допоміжна | Надлишкова |
| 23 | Утримання затвора у задньому положенні після витрати всіх патронів з магазину | Внутрішня допоміжна | Надлишкова |
| 24 | Поміщення патронів | Внутрішня основна | Корисна |
| 25 | Контроль кількості патронів | Зовнішня головна | Нейтральна |
| 26 | Подача патронів | Внутрішня допоміжна | Корисна |
| 27 | Носіння та зберігання пістолета, запасного магазину та протирки | Зовнішня допоміжна | Шкідлива |

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. 4), 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.

Таблиця 3

Матриця пріоритетів вузлів пістолета Макарова

| Номер 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 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | | | | | 27 | |
| | Коефіцієнти переваг | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 33 | 829 | 0,04538 | 7 | |
| 2 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 31 | 767 | 0,04199 | 10 | |
| 3 | 1,5 | 1,5 | 1 | 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 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 38 | 996 | 0,05453 | 3 | |
| 4 | 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 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 39 | 1034 | 0,05664 | 2 | |
| 5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 24 | 573 | 0,03136 | 18 | |
| 6 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 29,5 | 761 | 0,04166 | 11 | |
| 7 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 21 | 507 | 0,02775 | 21 | |
| 8 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 30 | 771 | 0,04223 | 8 | |
| 9 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 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 | 36 | 929 | 0,05086 | 4 | |
| 10 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 30,5 | 751 | 0,04111 | 12 | |
| 11 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 22 | 520 | 0,02848 | 19 | |
| 12 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 31 | 768 | 0,04206 | 9 | |
| 13 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 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 | 0,5 | 1,5 | 30 | 737 | 0,04039 | 13 | |
| 14 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 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 | 0,5 | 1,5 | 29 | 708 | 0,03877 | 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 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 19 | 457 | 0,02503 | 23 | |
| 16 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 26 | 618 | 0,03383 | 15 | |
| 17 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 25 | 592 | 0,03243 | 16 | |
| 18 | 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 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 40 | 1074 | 0,05880 | 1 | |
| 19 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 33 | 834 | 0,04568 | 5 | |
| 20 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 21,5 | 513 | 0,02811 | 20 | |
| 21 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 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 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 18,5 | 459 | 0,02514 | 22 | |
| 22 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 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 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 18 | 450 | 0,02466 | 24 | |
| 23 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 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 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 17,5 | 441 | 0,02416 | 25 | | |
| 24 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | 0,5 | 1,5 | 24,5 | 582 | 0,03189 | 17 | |
| 25 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 33 | 832 | 0,04555 | 6 | |
| 26 | 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 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1,5 | 15 | 386 | 0,02114 | 26 |
| 27 | 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 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 14 | 372 | 0,02035 | 27 |

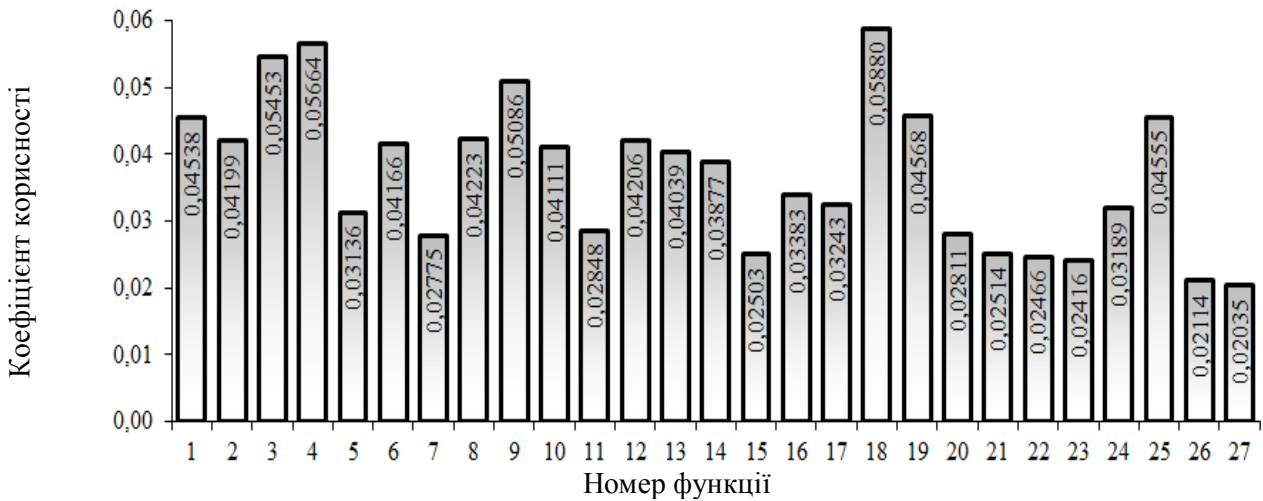


Рис. 8. Діаграма корисності функцій вузлів пістолета Макарова

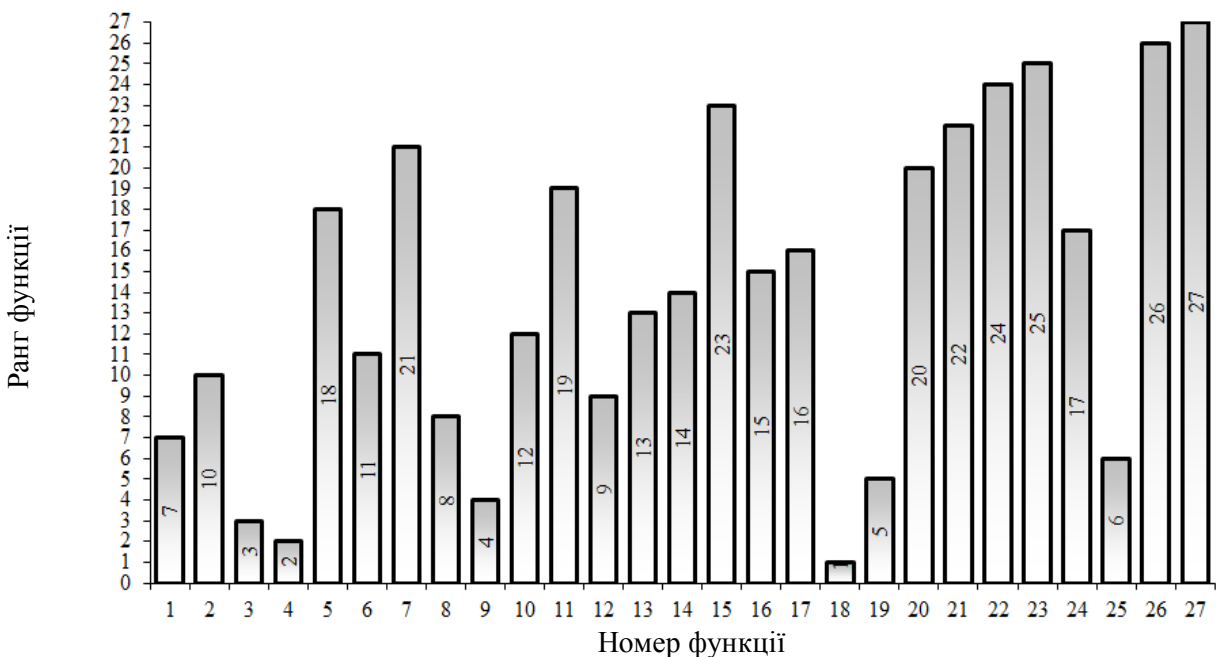


Рис. 9. Діаграма ранжування функцій вузлів пістолета Макарова відносно коефіцієнта корисності

Коефіцієнт витрат визначається за наступною формулою [2, 22]:

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

де ε – частка функції у витратах.

Частка функції у витратах визначається за наступною формулою [2, 3, 19]:

$$\varepsilon_i = \frac{B_i}{\sum_{i=1}^n B_i}, \tag{4}$$

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. 10).

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми витрат (рис. 11) та ранжування (рис. 12) функцій вузлів пістолета Макарова відносно коефіцієнта витрат.

Наступним етапом функціонально-вартісного аналізу є визначення показника функціональної вартості [2, 10]:

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

Функціонально-вартісний показник показує, наскільки витратна частина виконання операції або функції більше за корисну функцію. Значення показників функціональної вартості функцій вузлів пістолета Макарова відносно коефіцієнта витрат наведено в табл. 5.

Таблиця 4

Матриця витрат функцій вузлів пістолета Макарова

| № функції | Назва функції | Частка функції у витратах | Коефіцієнт корисності | Коефіцієнт витрат | Ранг функції |
|-----------|---|---------------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
| 1 | З'єднання частин пістолета | 0,002 | 0,04538 | 0,044 | 23 |
| 2 | Спрямування польоту кулі | 0,001 | 0,04199 | 0,024 | 26 |
| 3 | Надання кулі початкової швидкості | 0,001 | 0,05453 | 0,018 | 27 |
| 4 | Кріплення рукоятки, бойової пружини та приєднання магазину | 0,061 | 0,05664 | 1,077 | 9 |
| 5 | Оберігання хвоста спускового гачка від ненавмисного натискання на нього | 0,091 | 0,03136 | 2,902 | 4 |
| 6 | Досилання патрона у патронник | 0,052 | 0,04166 | 1,248 | 8 |
| 7 | Запирання каналу ствола при пострілі | 0,003 | 0,02775 | 0,108 | 21 |
| 8 | Утримання гільзи (вилучення патрона) | 0,102 | 0,04223 | 2,415 | 5 |
| 9 | Постановки курка на бойове зведення | 0,011 | 0,05086 | 0,216 | 19 |
| 10 | Розбиття капсуля патрона | 0,015 | 0,04111 | 0,365 | 16 |
| 11 | Утримання гільзи (патрона) у чашці затвора до зустрічі з відбивачем | 0,101 | 0,02848 | 3,546 | 3 |
| 12 | Забезпечення безпеки поводження з пістолетом | 0,101 | 0,04206 | 2,401 | 6 |
| 13 | Прицілювання за допомогою цілика | 0,011 | 0,04039 | 0,272 | 17 |
| 14 | Прицілювання за допомогою мушки | 0,001 | 0,03877 | 0,026 | 25 |
| 15 | Повернення затвора у переднє положення після пострілу | 0,002 | 0,02503 | 0,080 | 22 |
| 16 | Нанесення удару по ударнику | 0,021 | 0,03383 | 0,621 | 11 |
| 17 | Утримання курка в бойовому та запобіжному зведенні | 0,019 | 0,03243 | 0,586 | 12 |
| 18 | Спуск курка з бойового зводу та зведення курка при натисканні на хвіст спускового гачка | 0,101 | 0,05880 | 1,718 | 7 |
| 19 | Спуск курка з бойового зводу та зведення курка при стрільбі самозводом. | 0,009 | 0,04568 | 0,197 | 20 |
| 20 | Приведення в дію курка, важеля зводу та спускової тяги | 0,111 | 0,02811 | 3,949 | 2 |
| 21 | Прикриття бічних вікон та задньої стінки основи рукоятки | 0,026 | 0,02514 | 1,034 | 10 |
| 22 | Зручність утримання пістолета в руці | 0,115 | 0,02466 | 4,663 | 1 |
| 23 | Утримання затвора у задньому положенні після витрати всіх патронів з магазину | 0,011 | 0,02416 | 0,455 | 14 |
| 24 | Поміщення патронів | 0,001 | 0,03189 | 0,031 | 24 |
| 25 | Контроль кількості патронів | 0,011 | 0,04555 | 0,241 | 18 |
| 26 | Подача патронів | 0,011 | 0,02114 | 0,520 | 13 |
| 27 | Носіння та зберігання пістолета, запасного магазину та протирки | 0,009 | 0,02035 | 0,442 | 15 |
| | Сума | 1 | 1 | - | - |

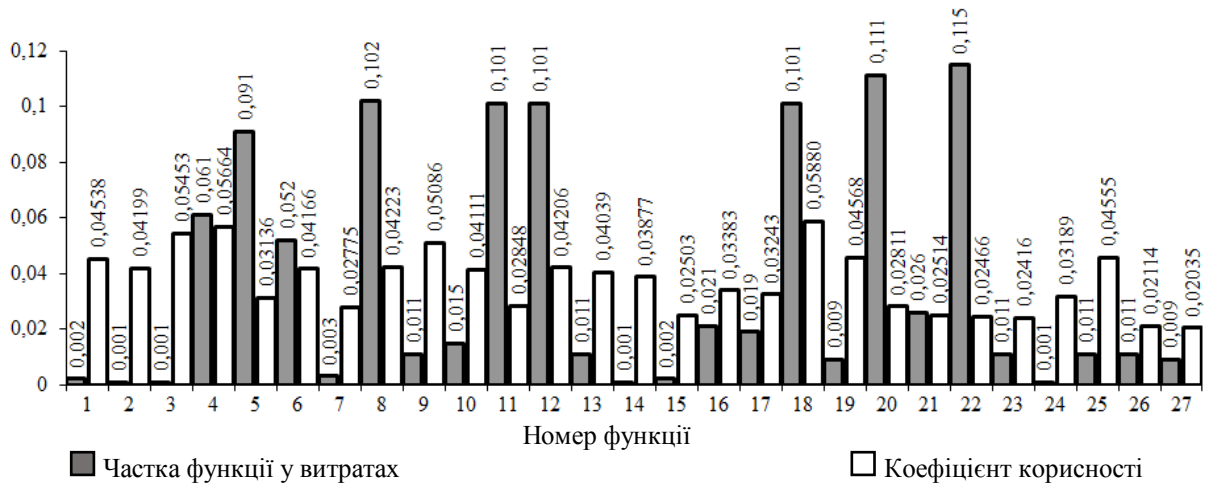


Рис. 10. Функціонально-вартісна діаграма вузлів пістолета Макарова

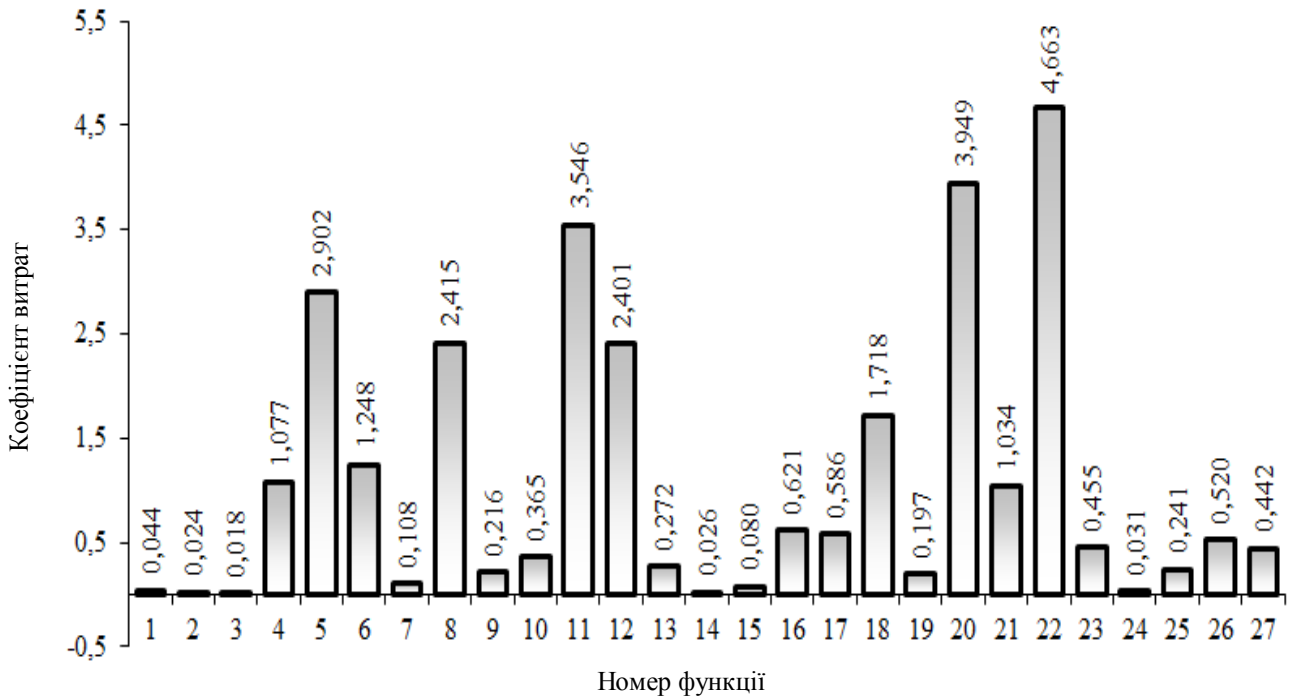


Рис. 11. Діаграма витрат функцій вузлів пістолета Макарова

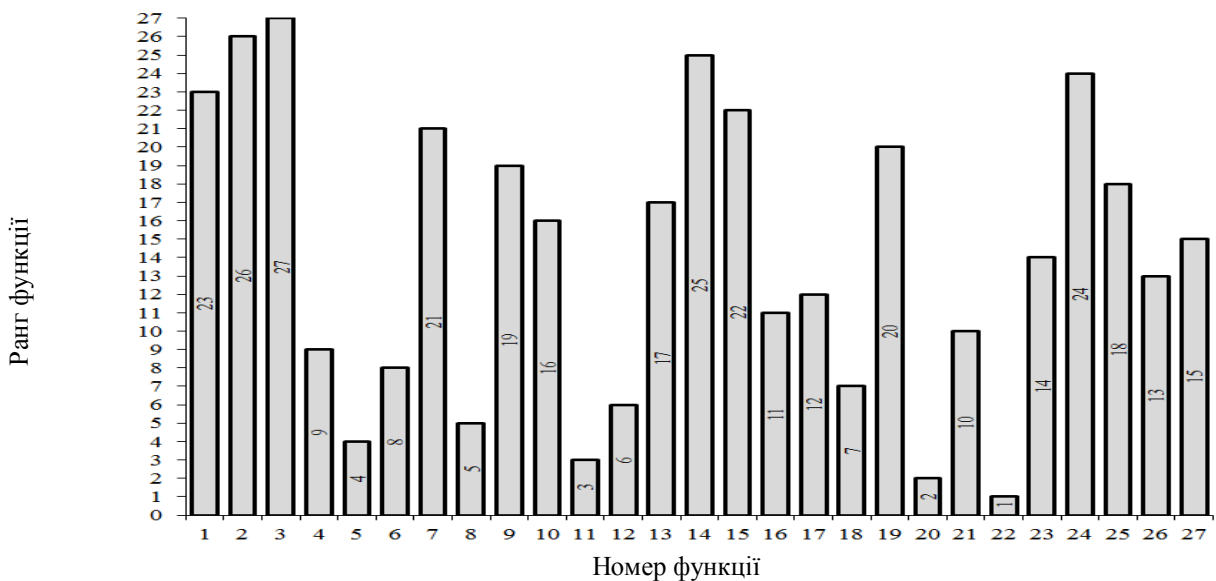


Рис. 12. Діаграма ранжування функцій вузлів пістолета Макарова відносно коефіцієнта витрат

Таблиця 5

Значення показників функціональної вартості функцій вузлів пістолета Макарова

| № функції | Назва функції | Функціонально-вартісний показник | Ранг функції |
|-----------|---|----------------------------------|--------------|
| 1 | З'єднання частин пістолета | 0,001 | 5 |
| 2 | Спрямування польоту кулі | 0,018 | 2 |
| 3 | Надання кулі початкової швидкості | 0,036 | 1 |
| 4 | Кріплення рукоятки, бойової пружини та приєднання магазину | -1,020 | 19 |
| 5 | Оберігання хвоста спускового гачка від ненавмисного натискання на нього | -2,870 | 24 |
| 6 | Досилання патрона у патронник | -1,207 | 18 |
| 7 | Запирання каналу ствола при пострілі | -0,080 | 7 |
| 8 | Утримання гільзи (вилучення патрона) | -2,373 | 22 |
| 9 | Постановки курка на бойове зведення | -0,165 | 8 |
| 10 | Розбиття капсуля патрона | -0,324 | 12 |
| 11 | Утримання гільзи (патрона) у чашці затвора до зустрічі з відбивачем | -3,518 | 25 |
| 12 | Забезпечення безпеки поводження з пістолетом | -2,359 | 23 |
| 13 | Прицілювання за допомогою цілика | -0,232 | 10 |
| 14 | Прицілювання за допомогою мушки | 0,013 | 3 |
| 15 | Повернення затвора у переднє положення після пострілу | -0,055 | 6 |
| 16 | Нанесення удару по ударнику | -0,587 | 17 |
| 17 | Утримання курка в бойовому та запобіжному зведенні | -0,553 | 16 |
| 18 | Спуск курка з бойового зводу та зведення курка при натисканні на хвіст спускового гачка | -1,659 | 21 |
| 19 | Спуск курка з бойового зводу та зведення курка при стрільбі самозводом. | -0,151 | 11 |
| 20 | Приведення в дію курка, важеля зводу та спускової тяги | -3,921 | 26 |
| 21 | Прикриття бічних вікон та задньої стінки основи рукоятки | -1,009 | 20 |
| 22 | Зручність утримання пістолета в руці | -4,639 | 27 |
| 23 | Утримання затвора у задньому положенні після витрати всіх патронів з магазину | -0,431 | 14 |
| 24 | Поміщення патронів | 0,001 | 4 |
| 25 | Контроль кількості патронів | -0,196 | 9 |
| 26 | Подача патронів | -0,499 | 15 |
| 27 | Носіння та зберігання пістолета, запасного магазину та протирки | -0,422 | 13 |

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

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми значень показника функціональної вартості (рис. 13) та ранжування (рис. 14) функцій вузлів пістолета Макарова відносно показника функціональної вартості.

За діаграмами (рис. 13 та 14) 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.

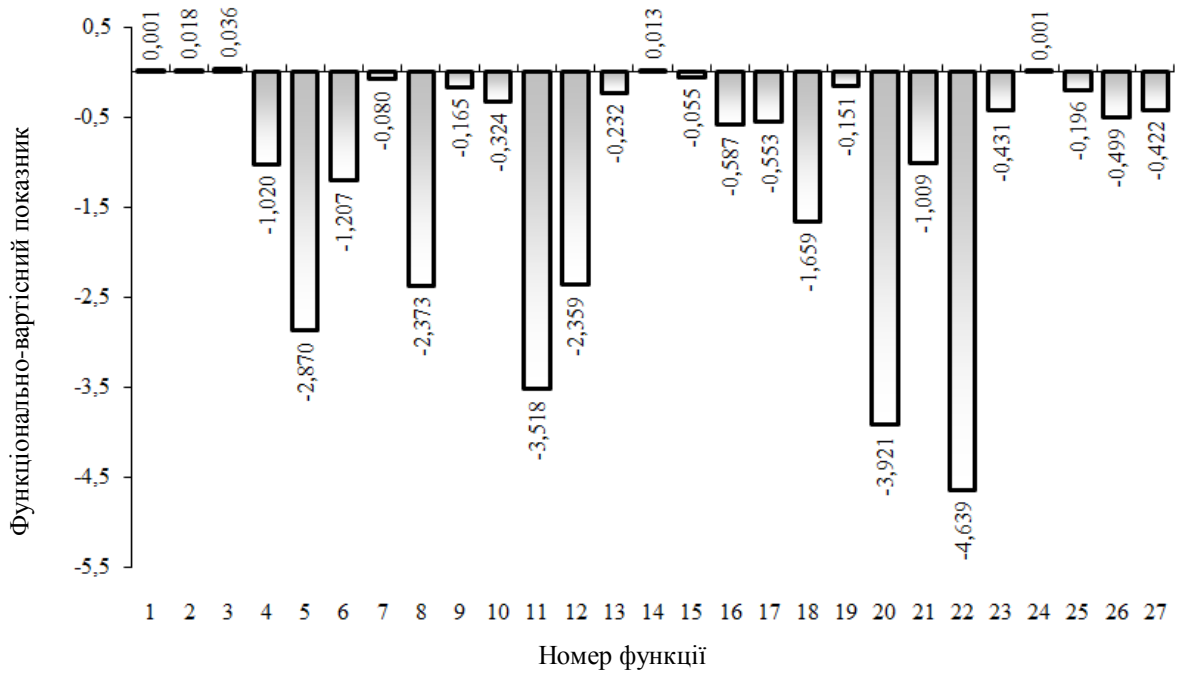


Рис. 13. Діаграма значень показника функціональної вартості функцій вузлів пістолета Макарова

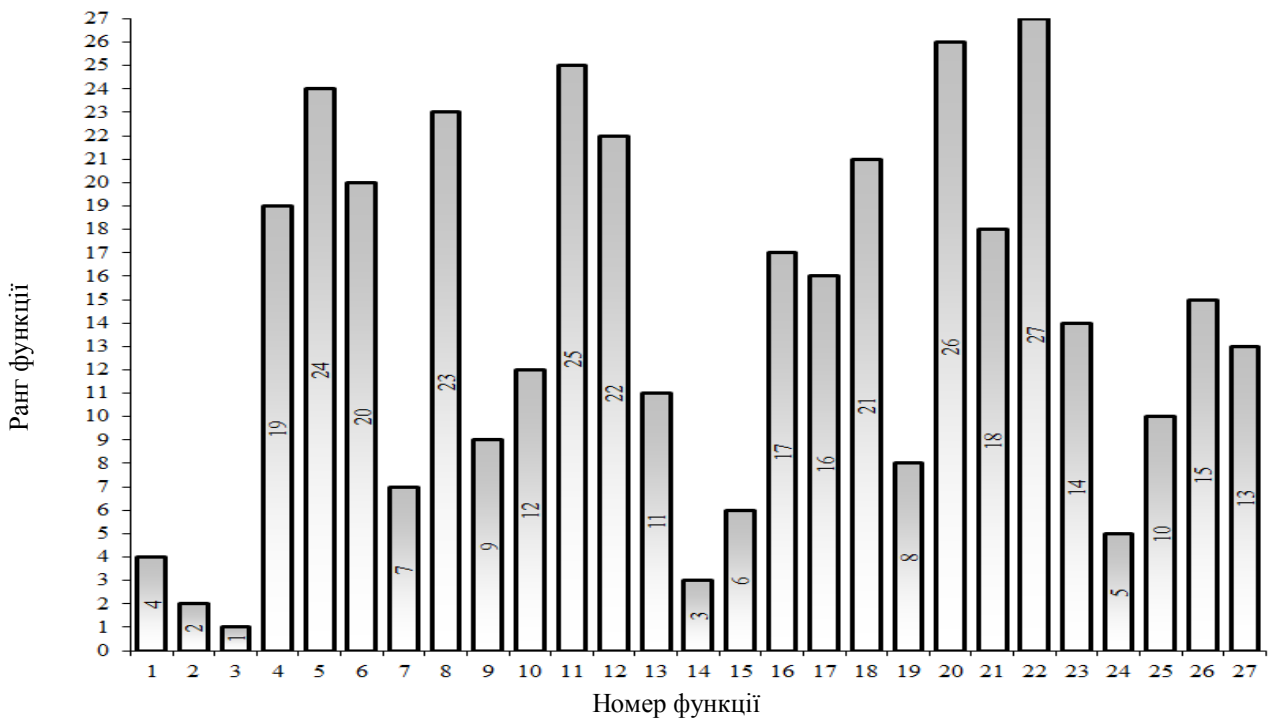


Рис. 14. Діаграма ранжування функцій вузлів пістолета Макарова відносно показника функціональної вартості

Висновок

1. Проведений функціонально-вартісний аналіз вузлів пістолета Макарова показав, що найбільший коефіцієнт корисності мають функції №18 «Спуск курка з бойового зводу та зведення курка при натисканні на хвіст спускового гачка» ($\lambda = 0,05880$), №4 «Кріплення рукоятки, бойової пружини та приєднання магазину» ($\lambda = 0,05664$) та №3 «Надання кулі початкової швидкості» ($\lambda = 0,05453$) в основу яких поставлена основна задача розробленої технічної системи.

2. За результатами розрахунку функціонально-вартісних показників вузлів пістолета Макарова, можна зробити висновок про те, що функції №3 «Надання кулі початкової швидкості» (ранг 1) та №2 «Спрямування польоту кулі» (ранг 2) є тими функціями, вдосконалення яких веде до подальшого розвитку системи, за виконання яких відповідає ствол пістолета.

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. Сазонець О. М. Сучасні тенденції розвитку військово-промислового комплексу в провідних країнах світу / О. М. Сазонець // БІЗНЕСІНФОРМ. – 2016. – №7. – С. 8 – 12.
6. Miles L. D. Techniques of Value Analysis and Engineering / L. D. Miles. – New York : McGraw-Hill, 1961. – 275 p.
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. Петраєва. – 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. Функціонально-вартісний аналіз антиблокувальної гальмівної системи (ABS) автомобілів / Д. В. Борисюк, І. В. Твердохліб, І. М. Кубчук [та ін.] // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2023. – № 2 (121). – С. 51 – 62.
11. Картавий П. В. Застосування методу функціонально-вартісного аналізу при вирішенні актуальних проблем економіки та суспільства / П. В. Картавий // Механізм регулювання економіки. – 2005. – № 4. – С. 218 – 230.
12. Охріменко О. О. Функціонально-вартісний аналіз / О. О. Охріменко. – К. : «Освіта України», 2013. – 208 с.
13. Стрілецька зброя та вогнева підготовка : підручник / [В. М. Петренко, А. М. Кривошеєв, М. М. Ляпа, В. В. Семененко]. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 372 с.
14. Завязкін О. Стрілецька зброя / О. Завязкін. – К. : Crystal Book, 2019. – 48 с.
15. Brown Henry C. The Makarov Pistol: Soviet Union and East Germany / Henry C. Brown, Cameron S. White. – Edwin H. Lowe Publishing, 2016. – 134 p.
16. Lawrence Erik. Practical Guide to the Operational Use of the Makarov PM Pistol / Erik Lawrence. – 2015. – 58 p.
17. Борисюк Д. В. Математична модель ударно-спускового механізму пістолета Макарова як об'єкта діагностування / Д. В. Борисюк, В. В. Біліченко, В. Й. Зелінський // Вісник машинобудування та транспорту. – 2019. – Випуск 1 (9). – С. 15 – 26.
18. Функціонально-вартісний аналіз системи «DSC» автомобілів «BMW» [Електронний ресурс] / Д. В. Борисюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2023. – Вип. 4. – Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/710/680>.
19. Функціонально-вартісний аналіз вузлів та механізмів автомата Калашникова / Д. В. Борисюк, В. Й. Зелінський // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2024. – Вип. 1. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/719/700>.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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 26.08.2024.

Стаття пройшла рецензування 25.09.2024.

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

Макаров Володимир Андрійович – д. т. н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

Зелінський Вячеслав Йосипович – асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

Вінницький національний технічний університет.