

**Д. В. Борисюк, канд. тех. наук, доц.; В. Й. Зелінський**

## **ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ВУЗЛІВ ТА МЕХАНІЗМІВ АВТОМАТА КАЛАШНИКОВА**

*В Україні впровадження міжнародної системи якості ISO 9000 вимагає від виробників використання методів аналізу проєктних рішень. Такому аналізу повинні підлягати як вхідні дані проєкту, так й вихідні. Підприємства, що створюють чи розвивають якісні продукти, обов'язково застосовують або типові технології функціонально-вартісного аналізу, або використовують власні технології.*

*У статті представлено функціонально-вартісний аналіз вузлів та механізмів автомата Калашникова. Розроблено функціональну модель вузлів та механізмів автомата Калашникова.*

*Представлено класифікацію функцій функціональної моделі вузлів та механізмів автомата Калашникова. Визначено коефіцієнт корисності вузлів та механізмів автомата Калашникова шляхом побудови матриці пріоритетів за відомою методикою розрахунку.*

*Узагальнюючий критерій витрат при проєктуванні технічних чи виробничих систем враховує витрати на всіх етапах життєвого циклу системи, для оцінки яких побудовано матрицю витрат вузлів та механізмів автомата Калашникова, з якої визначають коефіцієнт витрат.*

*Побудовано діаграму корисності функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова, 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 та механізмів автомата Калашникова, 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:** *автомат Калашникова, 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 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 під час проектування 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 під час виконання 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 проектування, виробництва та експлуатації.

Отже, **метою цього дослідження** є розробка функціонально-вартісного аналізу автомата Калашникова для визначення функцій його вузлів та механізмів, які доцільно удосконалювати.

### Основна частина

Візитною карткою Збройних Сил України по праву є легендарний автомат Калашникова (рис. 1) [13 – 16], з яким півстоліття тому завод «Іжмаш» впевнено увійшов на світовий ринок стрілецької зброї. Сьогодні зразки зброї Калашникова знаходяться на повному або частковому озброєнні армій світу, застосовуються спецпідрозділами силових структур або виробляються для продажу на експорт. Такі якості автомата Калашникова, як бездоганна надійність і можливість постійного вдосконалення конструкції дозволяють автомату демонструвати затребуваність на протязі багатьох десятиліть, будучи еталоном для всієї номенклатури бойового озброєння.



Рис. 1. Автомати Калашникова різних модифікацій [13]:

а – АКМ; б – АКМС; в – АК-74; г – АКС-74; д – АКС-74У; е – АК-74М; є – АК-103; ж – АК-108;

з – АК-200; д – АК-203

Варто відзначити й той факт, що модернізовані версії автомата «АКМ» – автомати «АКМ-Ф» та «АКМС-Ф» (рис. 2) виготовляються на базі Казенного науково-виробничого об'єднання «Форт» Міністерства внутрішніх справ України (м. Вінниця). Особливостями цих моделей автоматів є те, що для покращення тактико-технічних характеристик були замінені всі пружини та відрегульований спусковий механізм з заміною важеля автоматичного спуску, що забезпечило більш плавний спуск. Також для покращення характеристик точності було встановлено ряд деталей, а саме: газову трубку з планкою Пікатінні для встановлення оптичного або коліimatorного прицілу, анатомічну пістолетну рукоятку, а також цівку з передньою рукояткою або сошками. Крім цього, замість дульної гайки встановлюється дульний компенсатор для зменшення зміщення ствола при стрільбі чергами. На автомат «АКМС-Ф» встановлюється складаний приклад оригінальної конструкції, направлений вниз [17, 18].



Рис. 2. Модифіковані версії автомата Калашникова виробництва Казенного науково-виробничого об'єднання «Форт» Міністерства внутрішніх справ України: а – АКМ-Ф [17]; б – АКМС-Ф [18]

Автомат Калашникова є індивідуальною зброєю і призначений для знищення живої сили противника. Для ураження противника в рукопашному бою до автомата приєднується багнет-ніж.

Автомат Калашникова складається з наступних основних частин і механізмів (рис. 3): ствола зі ствольною коробкою, з прицільним пристроєм і прикладом; кришки ствольної коробки; рами затвора з газовим поршнем; затвора; зворотного механізму; газової трубки зі ствольною накладкою; ударно-спускового механізму; цівки; магазину; багнета-ножа [13 – 16].



Рис. 3. Основні частини і механізми автомата АК-74М [13]

Дослідження вузлів та механізмів автомата Калашникова при функціонально-вартісному аналізі спирається на функціональний підхід, за якого складові автомата Калашникова 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 та механізмів автомата Калашникова представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Функціональна модель вузлів та механізмів автомата Калашникова

Номер функції	Функція	Назва вузла (механізму)
1	З'єднання частин і механізмів автомата	Ствольна коробка
2	Забезпечення запирання каналу ствола затвором і замикання затвора	
3	Спрямування польоту кулі	Ствол
4	Надання кулі початкової швидкості	
5	Спрямування порохових газів із ствола на газовий поршень затворної рами	Газова камера
6	Наведення автомата під час стрільби по цілях на різну дальність	Прицільний пристрій
7	Запобігас забрудненню деталей і механізмів, що розташовані в ствольній коробці	Кришка ствольної коробки
8	Зручність дій автоматом під час стрільби	Приклад і пістолетна ручка
9	Приведення в дію затвора і ударно-спускового механізму	Затворна рама з газовим поршнем
10	Досилання патрона у патронник	Затвор
11	Замикання каналу ствола	
12	Розбивання капсуля патрона	
13	Виймання із патронника гільзи (патрона)	
14	Повертання затворної рами із затвором в передне положення	Зворотній механізм
15	Оберігання рук стрільця від опіків під час стрільби	Ствольна накладка та цівка
16	Спуск курка з бойового взводу чи із взводу автоспуску	Ударно-спусковий механізм
17	Нанесення удару по ударнику	
18	Забезпечення ведення автоматичного чи одиночного вогню	
19	Припинення стрільби	
20	Запобігання пострілів при незачиненому затворі	
21	Постановка автомата на запобіжник	Полум'ягасник
22	Зменшення величини полум'я під час пострілу	
23	Зменшення сили звуку під час пострілу	
24	Розміщення патронів і подавання їх у ствольну коробку	Магазин
25	Ураження противника в ближньому бою	Багнет-ніж
26	Чищення та змащування автомата	Приладдя
27	Зручність під час перенесення автомата	Ремінь

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

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

Таблиця 2

**Класифікація функцій функціональної моделі вузлів та механізмів автомата Калашникова**

№ функції	Назва функції	Характер функції	Властивості функції
1	З'єднання частин і механізмів автомата	Внутрішня основна	Корисна
2	Забезпечення запирання каналу ствола затвором і замикання затвора	Внутрішня основна	Корисна
3	Спрямування польоту кулі	Зовнішня головна	Корисна
4	Надання кулі початкової швидкості	Зовнішня головна	Корисна
5	Спрямування порохових газів із ствола на газовий поршень затворної рами	Внутрішня основна	Нейтральна
6	Наведення автомата під час стрільби по цілях на різну дальність	Зовнішня головна	Корисна
7	Запобігання забрудненню деталей і механізмів, що розташовані в ствольній коробці	Внутрішня допоміжна	Нейтральна
8	Зручність дій автоматом під час стрільби	Зовнішня головна	Нейтральна
9	Приведення в дію затвора і ударно-спускового механізму	Зовнішня головна	Корисна
10	Досилання патрона у патронник	Внутрішня основна	Корисна
11	Замикання каналу ствола	Внутрішня основна	Нейтральна
12	Розбивання капсуля патрона	Внутрішня основна	Корисна
13	Виймання із патронника гільзи (патрона)	Внутрішня основна	Корисна
14	Повертання затворної рами із затвором в переднє положення	Внутрішня основна	Корисна
15	Оберігання рук стрільця від опіків під час стрільби	Внутрішня допоміжна	Нейтральна
16	Спуск курка з бойового взводу чи із взводу автоспуску	Внутрішня основна	Корисна
17	Нанесення удару по ударнику	Внутрішня основна	Корисна
18	Забезпечення ведення автоматичного чи одиночного вогню	Зовнішня головна	Корисна
19	Припинення стрільби	Внутрішня основна	Нейтральна
20	Запобігання пострілів при незачиненому затворі	Внутрішня основна	Нейтральна
21	Постановка автомата на запобіжник	Внутрішня допоміжна	Надлишкова
22	Зменшення величини полум'я під час пострілу	Внутрішня допоміжна	Надлишкова
23	Зменшення сили звуку під час пострілу	Внутрішня допоміжна	Надлишкова
24	Розміщення патронів і подавання їх у ствольну коробку	Внутрішня основна	Корисна
25	Ураження противника в ближньому бою	Зовнішня головна	Надлишкова
26	Чищення та змащування автомата	Внутрішня допоміжна	Шкідлива
27	Зручність під час перенесення автомата	Внутрішня допоміжна	Надлишкова

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. 3) за відомою методикою розрахунку [19 – 23].

Таблиця 3

Матриця пріоритетів вузлів та механізмів автомата Калашникова

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						
1	1	1,5	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	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	33	818	0,04533	8	
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	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	32	786	0,04353	9	
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	1,5	38	996	0,05516	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	1,5	39	1034	0,05730	2	
5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5	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	1,5	0,5	0,5	1,5	1,5	24	562	0,03111	17
6	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	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	37	958	0,05309	4	
7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	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	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	20	474	0,02624	21
8	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	0,5	1,5	1	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	1,5	36	922	0,05106	5	
9	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	0,5	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	1,5	35	886	0,04910	6	
10	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	0,5	1	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	0,5	1,5	1,5	31	754	0,04178	10
11	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	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	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	23	538	0,02981	18
12	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	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	1,5	0,5	1,5	1,5	30	724	0,04009	11
13	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	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	1,5	0,5	1,5	1,5	29	694	0,03846	12
14	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	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	0,5	1,5	1,5	28	666	0,03688	13
15	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	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	19	454	0,02516	22
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	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	27	638	0,03535	14
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	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	26	612	0,03388	15
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	1,5	40	1074	0,05949	1	
19	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	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	22	516	0,02857	19
20	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	0,5	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	21	494	0,02737	20
21	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	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	17,5	427	0,02367	23
22	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	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	17	419	0,02322	24	
23	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	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	16,5	410	0,02273	25		
24	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	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,5	1,5	1,5	25	586	0,03247	16
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	1,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	34	852	0,04718	7	
26	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	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1	0,5	14	372	0,02059	27
27	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	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1	15	386	0,02139	26	
Сума																													1	-			

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 добутоків кожного елемента  $i$ -го рядка на елементи вектор-стовпчика  $\Sigma k_{ij}$ , 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  $\lambda$  кожної функції [1, 22]:

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

Ранг функції визначається в залежності від величини коефіцієнта корисності  $\lambda$ . Чим більший коефіцієнт корисності, тим вищий ранг має функція.

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми корисності (рис. 4) та ранжування (рис. 5) функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова відносно коефіцієнта корисності.

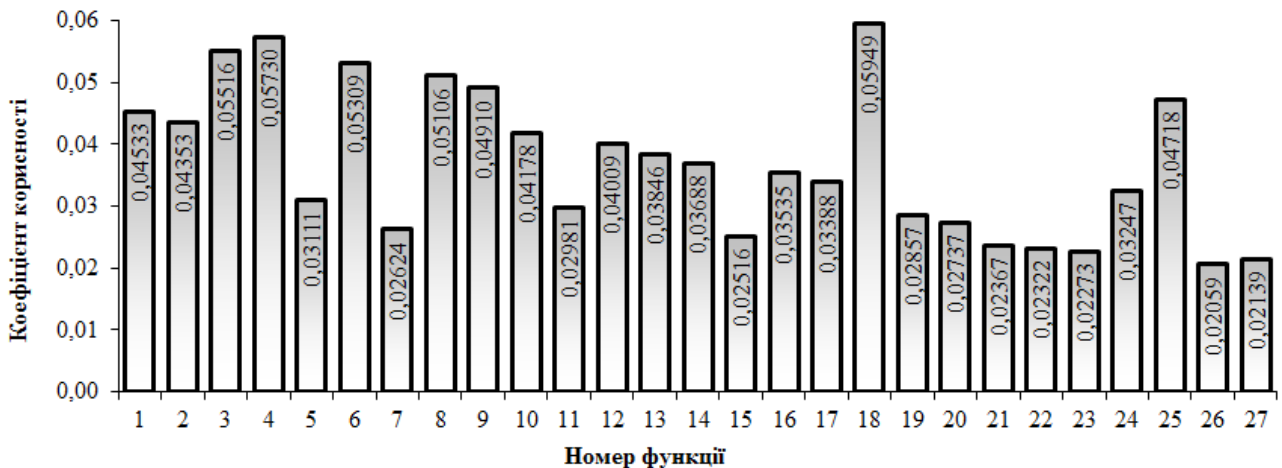


Рис. 4. Діаграма корисності функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова

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.

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

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

де  $\varepsilon$  – частка функції у витратах.



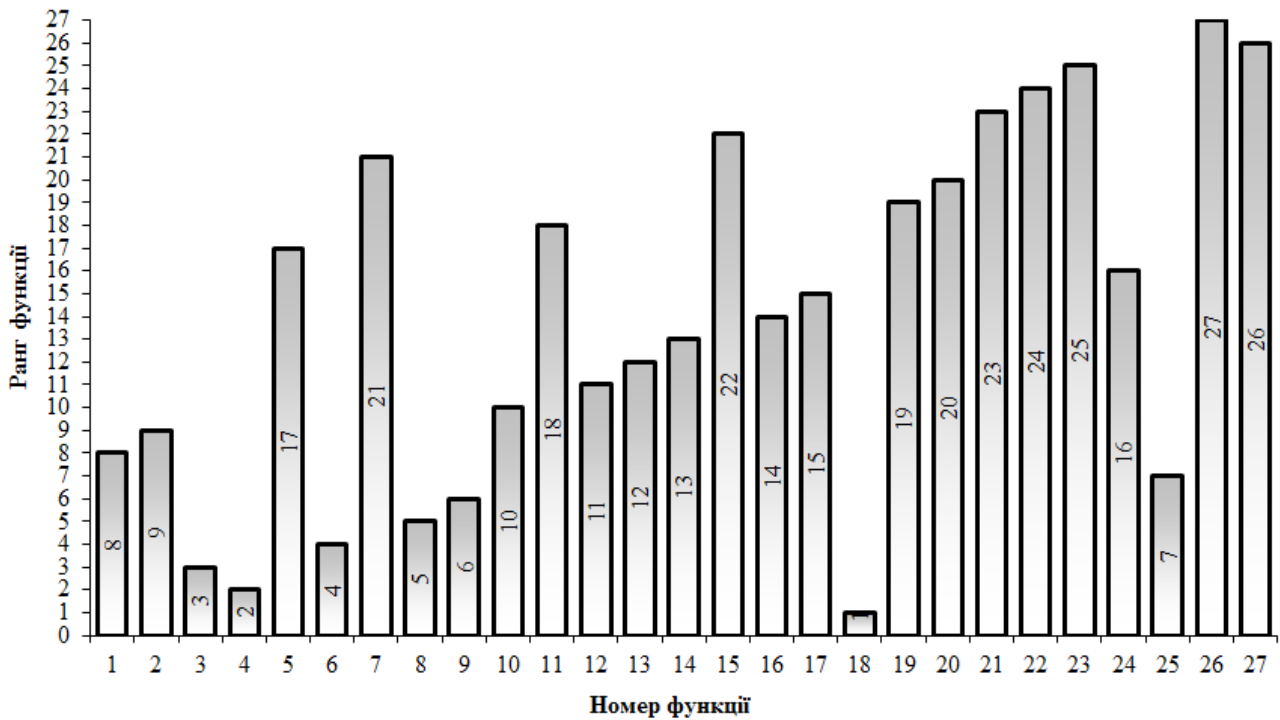


Рис. 5. Діаграма ранжування функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова відносно коефіцієнта корисності

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. 6).

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми витрат (рис. 7) та ранжування (рис. 8) функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова відносно коефіцієнта витрат.

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

$$П_{ФВi} = \lambda_i - K_i. \tag{5}$$

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

Таблиця 4

Матриця витрат функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова

№ функції	Назва функції	Частка функції у витратах	Коефіцієнт корисності	Коефіцієнт витрат	Ранг функції
1	З'єднання частин і механізмів автомата	0,002	0,04533	0,044	23
2	Забезпечення запирання каналу ствола затвором і замикання затвора	0,001	0,04353	0,023	26
3	Спрямування польоту кулі	0,001	0,05516	0,018	27
4	Надання кулі початкової швидкості	0,061	0,0573	1,065	9
5	Спрямування порохових газів із ствола на газовий поршень затворної рами	0,091	0,03111	2,925	4
6	Наведення автомата під час стрільби по цілях на різну дальність	0,052	0,05309	0,979	10
7	Запобігає забрудненню деталей і механізмів, що розташовані в ствольній коробці	0,003	0,02624	0,114	21
8	Зручність дій автоматом під час стрільби	0,102	0,05106	1,998	6
9	Приведення в дію затвора і ударно-спускового механізму	0,011	0,0491	0,224	20
10	Досилання патрона у патронник	0,015	0,04178	0,359	16
11	Замикання каналу ствола	0,101	0,02981	3,388	3
12	Розбивання капсуля патрона	0,101	0,04009	2,519	5
13	Виймання із патронника гільзи (патрона)	0,011	0,03846	0,286	18
14	Повертання затворної рами із затвором в переднє положення	0,001	0,03688	0,027	25
15	Оберігання рук стрільця від опіків під час стрільби	0,002	0,02516	0,079	22
16	Спуск курка з бойового взводу чи із взводу автоспуску	0,021	0,03535	0,594	11
17	Нанесення удару по ударнику	0,019	0,03388	0,561	12
18	Забезпечення ведення автоматичного чи одиночного вогню	0,101	0,05949	1,698	7
19	Припинення стрільби	0,009	0,02857	0,315	17
20	Запобігання пострілів при незачиненому затворі	0,111	0,02737	4,056	2
21	Постановка автомата на запобіжник	0,026	0,02367	1,098	8
22	Зменшення величини полум'я під час пострілу	0,115	0,02322	4,953	1
23	Зменшення сили звуку під час пострілу	0,011	0,02273	0,484	14
24	Розміщення патронів і подавання їх у ствольну коробку	0,001	0,03247	0,031	24
25	Ураження противника в ближньому бою	0,011	0,04718	0,233	19
26	Чищення та змащування автомата	0,011	0,02059	0,534	13
27	Зручність під час перенесення автомата	0,009	0,02139	0,421	15
Сума		1	1	-	-

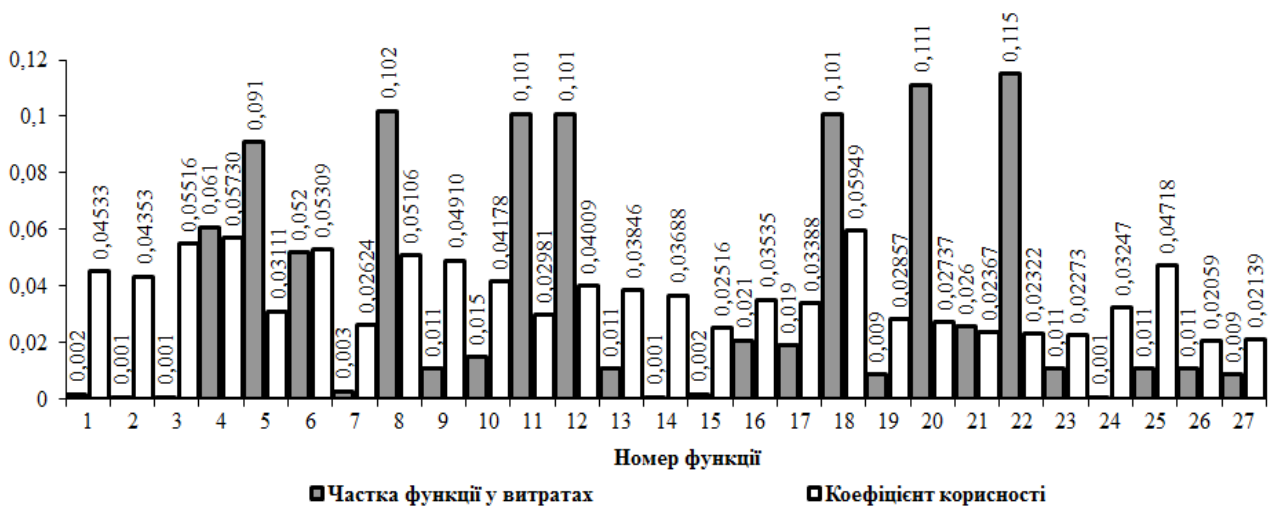


Рис. 6. Функціонально-вартісна діаграма вузлів та механізмів автомата Калашникова

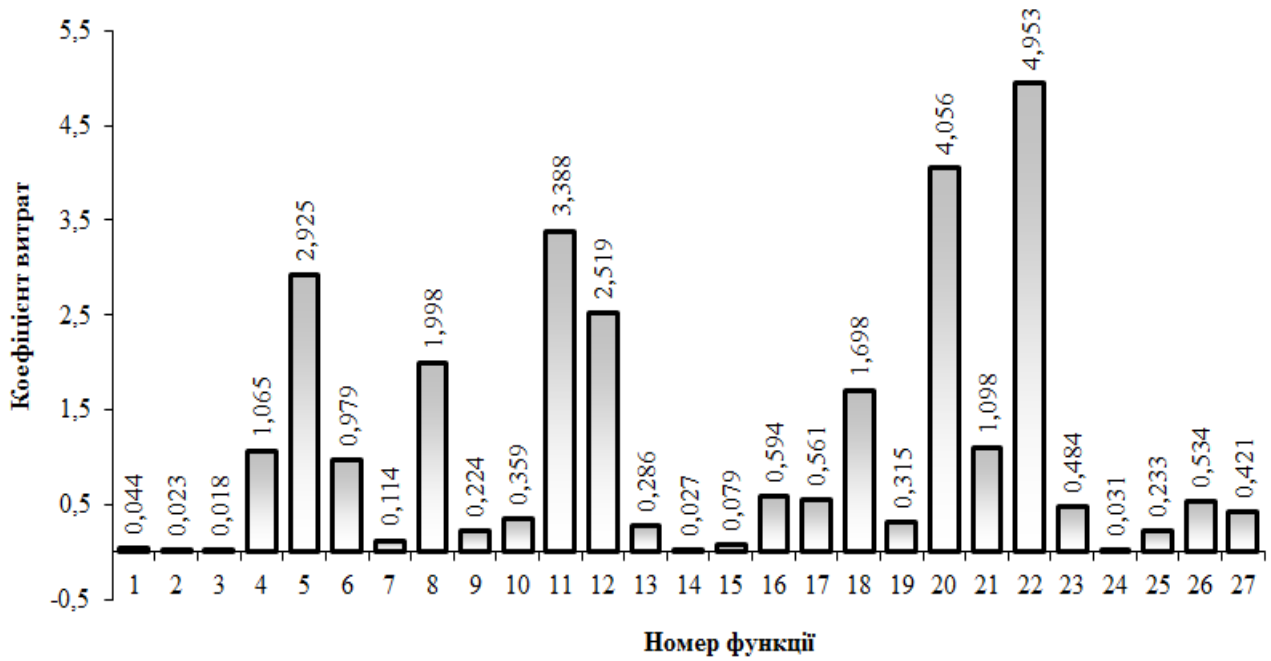


Рис. 7. Діаграма витрат функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова

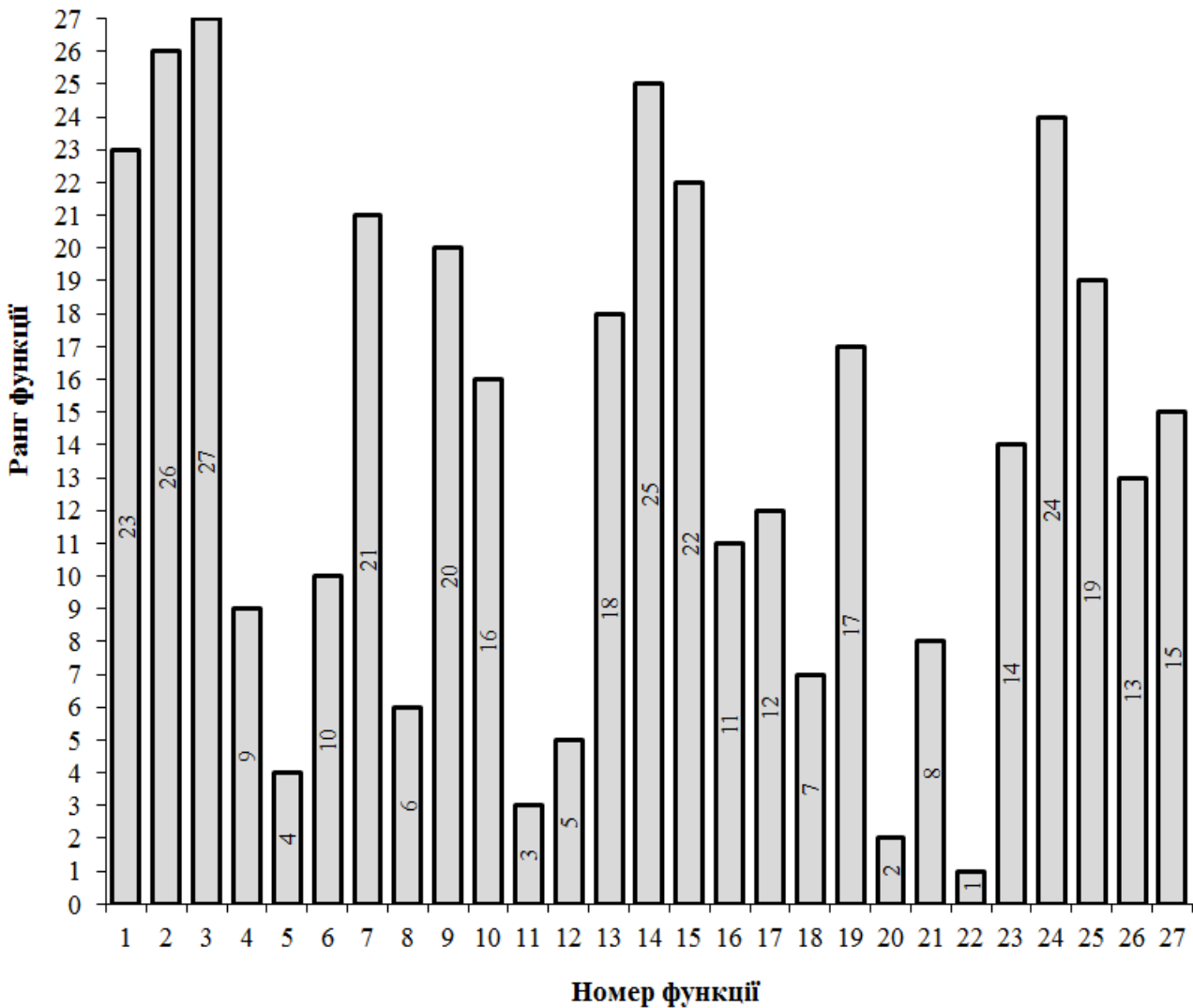


Рис. 8. Діаграма ранжування функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова відносно коефіцієнта витрат

Таблиця 5

## Значення показників функціональної вартості функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова

№ функції	Назва функції	Функціонально-вартісний показник	Ранг функції
1	З'єднання частин і механізмів автомата	0,001	5
2	Забезпечення запирання каналу ствола затвором і замикання затвора	0,021	2
3	Спрямування польоту кулі	0,037	1
4	Надання кулі початкової швидкості	-1,007	19
5	Спрямування порохових газів із ствола на газовий поршень затворної рами	-2,894	24
6	Наведення автомата під час стрільби по цілях на різну дальність	-0,926	18
7	Запобігає забрудненню деталей і механізмів, що розташовані в ствольній коробці	-0,088	7
8	Зручність дій автоматом під час стрільби	-1,947	22
9	Приведення в дію затвора і ударно-спускового механізму	-0,175	8
10	Досилання патрона у патронник	-0,317	12
11	Замикання каналу ствола	-3,358	25
12	Розбивання капсуля патрона	-2,479	23
13	Виймання із патронника гільзи (патрона)	-0,248	10
14	Повертання затворної рами із затвором в переднє положення	0,010	3
15	Оберігання рук стрільця від опіків під час стрільби	-0,054	6
16	Спуск курка з бойового взводу чи із взводу автоспуску	-0,559	17
17	Нанесення удару по ударнику	-0,527	16
18	Забезпечення ведення автоматичного чи одиночного вогню	-1,638	21
19	Припинення стрільби	-0,286	11
20	Запобігання пострілів при незачиненому затворі	-4,028	26
21	Постановка автомата на запобіжник	-1,075	20
22	Зменшення величини полум'я під час пострілу	-4,929	27
23	Зменшення сили звуку під час пострілу	-0,461	14
24	Розміщення патронів і подавання їх у ствольну коробку	0,002	4
25	Ураження противника в ближньому бою	-0,186	9
26	Чищення та змащування автомата	-0,514	15
27	Зручність під час перенесення автомата	-0,399	13

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

Виконавши вищезазначені розрахунки побудуємо діаграми значень показника функціональної вартості (рис. 9) та ранжування (рис. 10) функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова відносно показника функціональної вартості.

За діаграмами (рис. 9 та 10) 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.

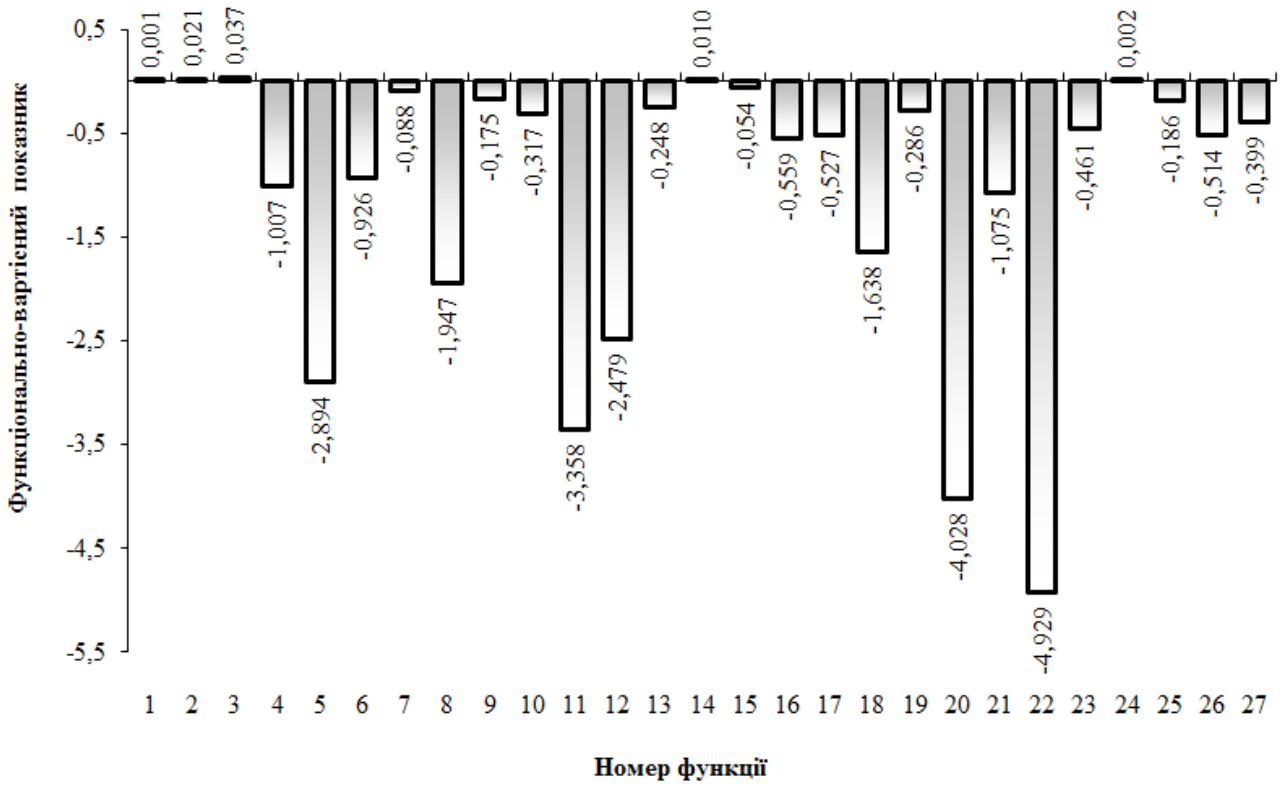


Рис. 9. Діаграма значень показника функціональної вартості функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова

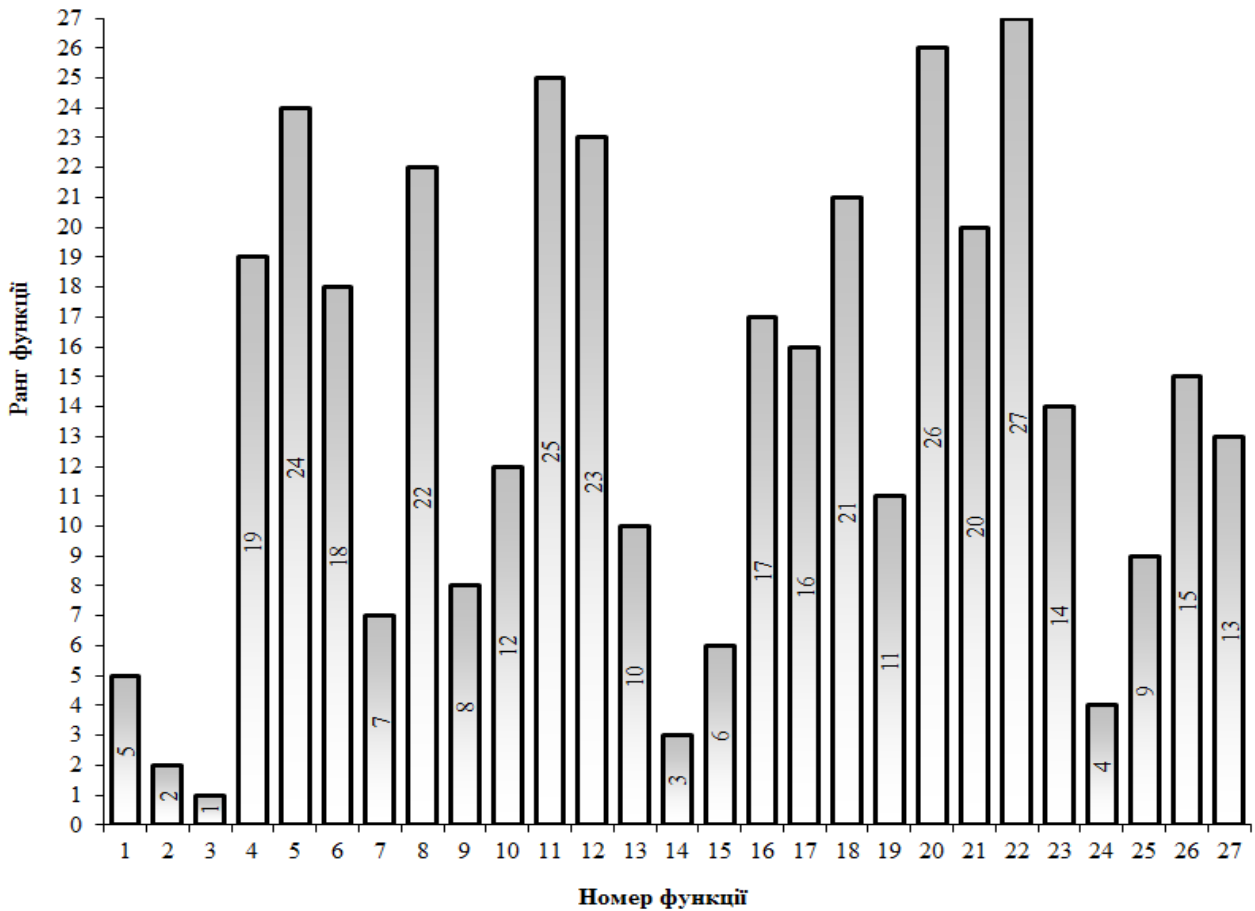


Рис. 10. Діаграма ранжування функцій вузлів та механізмів автомата Калашникова відносно показника функціональної вартості

### Висновок

1. Проведений функціонально-вартісний аналіз вузлів та механізмів автомата Калашникова показав, що найбільший ранг і найбільший функціонально-вартісний показник має функція №18 «Забезпечення ведення автоматичного чи одиночного вогню» в основу якої поставлена основна задача розробленої технічної системи.

2. За результатами розрахунку функціонально-вартісних показників вузлів та механізмів автомата Калашникова, можна зробити висновок про те, що функції № 2 «Забезпечення запирання каналу ствола затвором і замикання затвора» та № 3 «Спрямування польоту кулі» 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. 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. 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. 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. Long Duncan. AK47: The Complete Kalashnikov Family Of Assault Rifles / Duncan Long. – Paladin Press, September 1, 1988. – 192 p.
15. Rottman Gordon L. The AK-47: Kalashnikov-series assault rifles / Gordon L. Rottman. – Bloomsbury Publishing, 2011. – 80 p.
16. Борисюк Д. В. Математична модель ударно-спускового механізму автомата Калашникова як об'єкта діагностування / Д. В. Борисюк, В. В. Біліченко, В. Й. Зелінський // Вісник машинобудування та транспорту. – 2018. – Вип. 2 (8). – С. 4 – 14.
17. Автомат «АКМ-Ф» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20150113041728/http://www.fort.vn.ua/ua/produkcija/avtomatichna--zbroya/avtomat-akmf.html>.
18. Автомат «АКМС-Ф» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20150106140337/http://www.fort.vn.ua/ua/produkcija/avtomatichna--zbroya/avtomat-akmsf.html>.
19. Функціонально-вартісний аналіз системи «DSC» автомобілів «BMW» [Електронний ресурс] / Д. В. Борисюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2023. – Вип. 4. – Режим доступу до журн. : <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/710/680>.
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,

М. А. Ragozina // Econ. Entrepreneurship. – 2017. – Volume 85. – P. 1135 – 1140.

22. Todorov G. Functional cost analysis (FCA) / G. Todorov, A. Bochevska, T. Neshkov // 26 International scientific conference dedicated to the 65<sup>th</sup> 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 21.03.2024.

Стаття пройшла рецензування 25.03.2024.

**Борисюк Дмитро Вікторович** – канд. тех. наук, доцент, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: bddv@ukr.net.

**Зелінський Вячеслав Йосипович** – асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту. Вінницький національний технічний університет.