



Ю. В. Дудукалов



І. В. Рибалко



А. А. Побережний



Г. М. Маренко

МЕТОД СИСТЕМНОГО БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ФОРМУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ ВІЙСЬКОВИХ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКИХ СИСТЕМ

На основі методології структурно-функціонального моделювання розроблено метод системного формування завдань конструкторсько-технологічної модернізації військових транспортно-складських систем, який для тріади їх основних, управляючих і допоміжних функцій визначає можливі варіанти роботизованого обладнання і комп'ютерного програмного управління. Багатоваріантність і невизначеність прийняття оптимальних проєктних рішень враховується застосуванням математичних методів багатокритеріального аналізу ієрархій. Отримані результати можуть бути використані для підвищення технічного рівня системи забезпечення матеріальними ресурсами Національної гвардії України.

Ключові слова: Національна гвардія України, модернізація, логістичне забезпечення, матеріальні ресурси, роботизована платформа, військова транспортно-складська система.

Постановка проблеми. У нинішній воєнно-політичній обстановці постійно постають завдання щодо визначення шляхів модернізації озброєння та військової техніки, а також системи забезпечення матеріальними ресурсами Національної гвардії і Збройних Сил України. Одним із найбільш перспективних шляхів, за досвідом іноземних держав, є розроблення та застосування роботизованих (робототехнічних) систем різного типу, які спроможні замінити людину на полі бою та в інших сферах функціонування Національної гвардії і Збройних Сил України [1, 2].

У сучасних військових транспортно-складських системах (ВТСС) постійно зростає номенклатура поставок, різноманіття вагових і габаритних характеристик, ускладнюються вимоги до умов транспортування і зберігання. Для вирішення задач автоматизації процесів у ВТСС застосовуються роботизовані платформи [3], а до етапів життєвого циклу існуючих ВТСС активно включаються етапи їх модернізації. Перш за все потрібно знижувати трудомісткість транспортних операцій і ручних сортувально-пакувальних робіт. Крім того, необхідно забезпечити інформаційне супроводження поставок, маркування вантажів. Так, комп'ютерні системи типу WMS надають оперативну звітність про стан складських запасів, підвищують якість і продуктивність функціонування ВТСС. Спектр можливих для застосування роботизованих технічних засобів і систем управління розширюється, що обумовлює актуальність системного підходу до визначення модернізаційного ресурсу і формування множини конструкторсько-технологічних розробок для прийняття оптимальних проєктних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначати модернізаційний ресурс ВТСС доцільно на основі системних структурно-функціональних моделей, що забезпечує обґрунтоване формування завдань для їх модернізації з урахуванням повної множини варіантів. Ці питання набувають особливого значення у проведенні модернізації складних об'єктів для підвищення їх технічного рівня в умовах порівняння альтернативних конструкторсько-технологічних заходів [4].

Роботизовані системи стають все більш важливими військовими технологіями [5], вони можуть використовуватися для автоматизації процесу транспортування і логістики, включаючи доставку боєприпасів, поповнення запасів, обслуговування складів, техніки та обладнання.

Актуальність проведення досліджень за напрямом розроблення роботизованих систем є важливим завданням з огляду на сучасні виклики, з якими стикаються армії в усьому світі [6, 7]. Локальні

рішення з модернізації часто не дають відчутного результату, і саме системний підхід повинен забезпечити збалансоване підняття технічного рівня всіх складових ВТСС.

Як зазначається у статті [8], в нормативній літературі питання визначення показника вибору найбільш доцільного варіанта модернізації з безлічі можливих достатньою мірою не опрацьоване. Запропонований методичний підхід [8] містить визначення комплексного показника, який дозволяє оцінити ефективність конкретного варіанта модернізації. Цей комплексний показник дозволяє кількісно оцінити покращення характеристик технічної системи. Позитивно, що також ураховуються вартісні і часові витрати на проведення модернізації. Та, на наш погляд, відсутнє системне формування повної множини можливих варіантів модернізації по всій сукупності технічних систем, і запропоноване рішення стосується виключно вибору саме зразків озброєння та військової техніки.

Мета статті – розроблення методу системного багатокритеріального формування модернізаційних проєктів ВТСС з прийняттям оптимальних проєктних рішень на основі процедур математичного аналізу ієрархій для повної множини структурно-функціональних моделей.

Виклад основного матеріалу. Традиційно моделі складних систем будуються за допомогою апарату теорії множин. Множина вважається заданою, якщо зазначені атрибути, які мають елементи множини. Зв'язки між елементами можуть бути різними за ступенем впливу, тому пропонується використовувати описи кінцевих чітких множин, елементи яких об'єктивно і чітко задані та включені до складу множини. На основі методологічної концепції проф. М. Е. Тернюка розроблена системна модель [9], яка враховує функціонально-ієрархічні складові для фазових циклів (рис. 1).

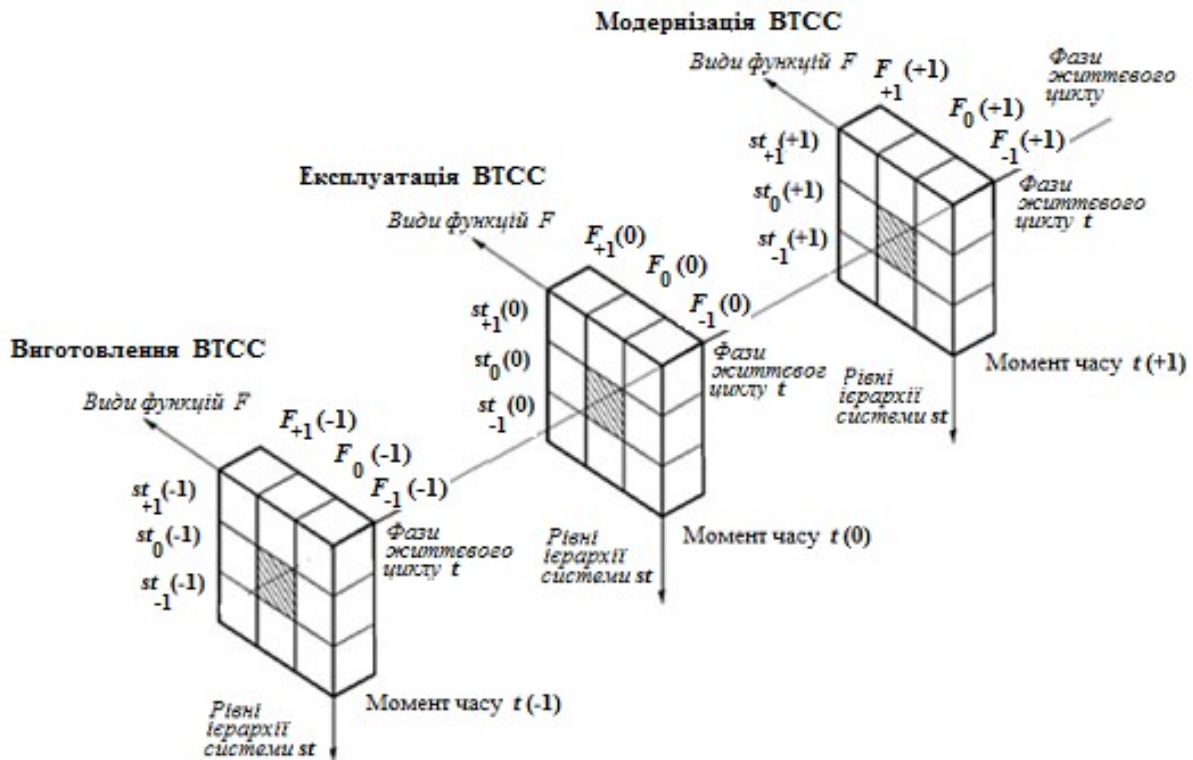


Рисунок 1 – Блочно-функціональна модель ВТСС

У технологічних системах відбуваються речовино-енергетичні та інформаційні перетворення. Системне уявлення має відображати ці перетворення у вигляді багатofункціональної складно-ієрархічної динамічної системи. Цим атрибутам відповідають кортежі функціональних F , ієрархічних St та динамічних t властивостей.

Операційний фазовий цикл $t(0)$ є цільовим, фазові цикли $t(-1)$, $t(-2)$, $t(-3)$ передують, а $t(+1)$, $t(+2)$, $t(+3)$ є наступними після операційного фазового циклу $t(0)$. На блочних схемах (рис. 1) штриховкою вказані ядра моделі, яким відповідають позначення $St_0(0) \cap F_0(0) \cap t(0)$, $St_0(-1) \cap F_0(-1) \cap t(-1)$ і $St_0(+1) \cap F_0(+1) \cap t(+1)$. Сукупність функціональних, ієрархічних і динамічних властивостей системи, що моделюється, відображається у відповідних чітких множинах. Так, для фази життєвого циклу з моментом часу $t(0)$ вказані види функцій

$$F = \{F_0(0), F_{+1}(0), F_{-1}(0)\}, \quad (1)$$

де $F_0(0)$ – основна (моноцільова) функція $F_{01}(0)$, або для поліфункціональної системи $F_{0n}(0)$;

$$F_{0n} = \{F_{01}(0), F_{02}(0), \dots, F_{0i}(0), \dots, F_{0n}(0)\}; \quad (2)$$

$F_{+1}(0)$ – управляючі та інформаційні функції, що забезпечують керування для відповідного рівня ВТСС;

$F_{-1}(0)$ – допоміжні та підготовчі функції, що забезпечують повторення циклів.

Моделювання в момент часу $t(0)$ виконується для трьох ієрархічних рівнів:

– $St_0(0)$ – рівень системи як сукупності обладнання цільового призначення з відповідним забезпеченням допоміжних, підготовчих, транспортних, інформаційних та інших видів супроводження базового рівня для фазового циклу $t(0)$;

– $St_{+1}(0)$ – рівень надсистеми як сукупності структур управління, технологічного, транспортного та інших видів обладнання у складі підрозділів надсистеми фазового циклу $t(0)$;

– $St_{-1}(0)$ – рівень підсистеми як сукупності підсистем (вузлів, агрегатів, механізмів, елементів конструкції, блоків управління тощо) протягом фазового циклу $t(0)$.

Ураховуючи принципи системності та ієрархічності, виконаємо системне функціонально-ієрархічне моделювання для фазового циклу $t(0)$. Позначення блока визначатиметься перетином множин (табл. 1).

Таблиця 1 – Блочна структурно-функціональна модель ВТСС для фазового циклу $t(0)$

Позначення блока	Призначення	Процеси, що виконуються
Ієрархічний рівень базової системи $St_0(0)$ протягом фазового циклу $t(0)$		
$St_0(0) \cap F_0(0) \cap t(0)$	Основна функція ВТСС (для поліфункціональної ВТСС можливо декілька функцій)	Реалізація робочого процесу відповідно до цільового призначення ВТСС
$St_0(0) \cap F_{+1}(0) \cap t(0)$	Управляючі (інформаційні) функції ВТСС	Управління та інформаційне супроводження робочого процесу
$St_0(0) \cap F_{-1}(0) \cap t(0)$	Допоміжні, підготовчі та заключні дії	Допоміжні переходи, модернізація, технічне обслуговування
Ієрархічний рівень надсистеми $St_{+1}(0)$ протягом фазового циклу $t(0)$		
$St_{+1}(0) \cap F_0(0) \cap t(0)$	Основна функція надсистеми для ВТСС	Робочий процес у надсистемі
$St_{+1}(0) \cap F_{+1}(0) \cap t(0)$	Управляючі (інформаційні) функції надсистеми	Управління та інформаційне забезпечення в надсистемі ВТСС
$St_{+1}(0) \cap F_{-1}(0) \cap t(0)$	Допоміжні, підготовчі і заключні функції надсистеми	Процеси матеріально-технічного забезпечення ВТСС
Ієрархічний рівень підсистем $St_{-1}(0)$ протягом фазового циклу $t(0)$		
$St_{-1}(0) \cap F_0(0) \cap t(0)$	Основні функції підсистем ВТСС	Робочі рухи механізмів, робочі процеси в агрегатах і механізмах
$St_{-1}(0) \cap F_{+1}(0) \cap t(0)$	Управляючі (інформаційні) функції підсистем	Управління процесами в підсистемах
$St_{-1}(0) \cap F_{-1}(0) \cap t(0)$	Допоміжні, підготовчі та заключні функції підсистем	Технічне обслуговування агрегатів і механізмів, ремонт і модернізація підсистем

На рисунку 2 показаний моделюючий блок для функцій ВТСС, який представляє вказану тріаду множин F_0 , F_{-1} та F_{+1} на довільному ієрархічному рівні St_j у момент часу t_j . Можливе утворення тріади тріад для f_0 , f_{-1} та f_{+1} рівня (0) на подальшому рівні (-1), і надалі до самого нижнього технічно реалізованого рівня (-min).

Таким чином, для виявлення модернізаційного ресурсу для кожної функції в множинах F_0 , F_{-1} та F_{+1} може бути реалізована, наприклад, відповідна ступінь технізації, що встановлюється залежно від

ступеня технізації множини функцій управління та інформаційного забезпечення f_{+1} на рівнях (0), (-1), ..., (-min) у довільному ієрархічному рівні St_j . На рисунку 2 у структурі моделюючого блока закреслені вузли, що вказують ці функції.

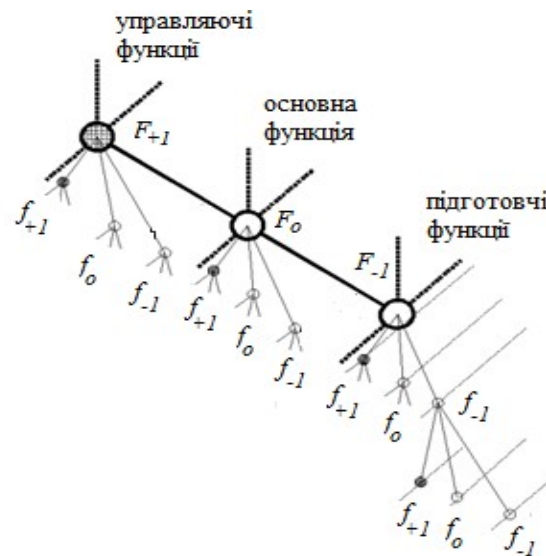


Рисунок 2 – Моделюючий блок для функцій ВТСС

Модернізаційний ресурс створюється потенційними можливостями конструкційно-технологічних рішень, що не були реалізовані за різних обмежень у початковому проєкті, з'явилися після нового зростання науково-технічного рівня в суспільстві як загальна сукупність знань, обставин і взаємодій, як нові розробки для підсистем (особливо у сфері комп'ютерного управління) тощо. Основні способи реалізації модернізаційного ресурсу ВТСС наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Основні способи реалізації модернізаційного ресурсу ВТСС

Спосіб реалізації модернізаційного ресурсу	Модель реалізації	Обмеження
Зміна кількості задіяних субстанцій	Речовина (P) → Енергія (E) → Інформація (I)	$0 \leq P, E, I \leq \infty$
Локальна модифікація простору субстанцій	Простір P → Простір E → Простір I	$0 \leq \Pi(P), \Pi(E), \Pi(I) \leq \infty$
Підвищення якісних показників (кількість → якість)	Перехід кількісних змін у нову якість (якісний перехід)	$Y_1(k_1) \rightarrow Y_2(k_2)$
Підвищення рівня технізації в послідовності	$h \rightarrow m \rightarrow a \rightarrow i \rightarrow hi \rightarrow an \rightarrow av$	$lt \in \{h, m, a, i, hi, an, av\}$
Зростання організованості системи	Структура, ієрархічні рівні, самоорганізація	Обмежена кількість рівнів
Розширення функціональності системи	Функція → Сума функцій	Доцільність багатфункціональності
Дифузія систем	Розширення межі ВТСС, взаємопроникнення	Оптимізація кордонів між ВТСС

Так, для індексів технізації повна множина характеристик Lt складається з семи елементів $Lt = \{lt_1, lt_2, \dots, lt_7\}$. Відповідно з антропним принципом ці елементи (індекси технізації) набувають значення $lt \in \{h, m, a, i, hi, an, av\}$, де вказуються: h – ручна, m – механізована, a – автоматизована, i – інтелектуалізована, hi – розумна, an – антропна, av – самогенеруюча ступені технізації. Перші три вже втілені, інтелектуалізована ступінь активно впроваджується, а три останні вказують шляхи подальшого розвитку.

Залежно від повноти охоплення обумовленим рівнем модернізації певної групи функцій зазвичай розрізняють частковий і повний рівні, якщо задіяні групи, то вказується комплексний рівень (табл. 3).

Після модернізації в подальшому процесі функціонування реалізуються функції інтелектуального управління (прийняття рішень, навчання).

Таблиця 3 – Рівні модернізації для функцій ВТСС

Рівень	Функції	Множинний опис функцій ВТСС для модернізації
Часткова для основного циклу	Основна цільового циклу	$F_{осн}^{(0)}, f_{упр}^{(0)}$
Часткова для оперативного циклу	Допоміжні з обслуговування основного циклу ВТСС	$F_{осн}^{(0)}, f_{упр}^{(0)}, F_{всп}^{(0)}, f_{упр}^{(0)}$
Часткова для ТС	Контроль стану, управління, адаптація	$F_{осн}^{(0)}, f_{упр}^{(0)}, F_{всп}^{(0)}, f_{упр}^{(0)}, F_{упр}^{(0)}, f_{упр}^{(0)}$
Повна для ВТСС	Підготовчо-заклучні, переналаджування, трансформація	$F_{осн}^{(0)}, f_{упр}^{(0)}, F_{пз}^{(0)}, f_{упр}^{(0)}, F_{упр}^{(0)}, f_{упр}^{(0)}$
Комплексна	Комплекс інтелектуалізованої ВТСС	${}^{(0)}F_{\alpha n}, f_{упр}^{(0)}, {}^{(0)}F_{\beta n}, f_{упр}^{(0)}, {}^{(0)}F_{\gamma n}, f_{упр}^{(0)}, {}^{(+)}F_{упр}, f_{упр}^{(+)}$
Комплексно-інтегрована	Інтегрований комплекс інтелектуалізованої ВТСС	${}^{(0)}F_{\alpha n}, f_{упр}^{(0)}, {}^{(0)}F_{\beta n}, f_{упр}^{(0)}, {}^{(0)}F_{\gamma n}, f_{упр}^{(0)}, {}^{(+)}F_{упр}, f_{упр}^{(+)}, {}^{(+2)}F_{упр}, f_{упр}^{(+2)}$

Можливі спрямування розвитку ВТСС на основі підвищення рівня реалізації атрибутів ВТСС наведені у таблиці 4.

Таблиця 4 – Спрямування розвитку ВТСС на основі підвищення рівня реалізації атрибутів

Атрибут	Рівні реалізації модернізаційного ресурсу			
	перший	другий	третій	n-рівень
Застосування	моносфера	подвійна сфера	трисферні	полісферні
Призначення	спеціалізовані	розширені	системно розширені	універсальні
Функції	однофункціональна	біфункціональна	трифункціональна	поліфункціональні
Принцип дії	з одним визначаючим ефектом	з двома визначаючими ефектами	з трьома визначаючими ефектами	з багатьма ефектами
Процес	дискретний	дискретно-неперервний	неперервно-дискретний	неперервний (квазінеперервний)
Структура	постійна	з переналаджуванням	трансферні	з самоорганізацією
Параметри	100 %	від 120 % до 150 %	від 150 % до 250 %	від 150 % та більше

Оскільки для визначення модернізаційного ресурсу ВТСС як можливості і доцільності модернізації використовувались кількісні та якісні характеристики, то для аналітичного формалізованого формування завдань модернізації ВТСС потрібно задіяти експертні методи, які передбачають ранжування об'єктів за сукупністю параметрів.

У дослідженнях був використаний підхід, в основу якого покладена ідея методу аналізу ієрархій (МАІ), запропонованого Томасом Сааті – американським фахівцем в області дослідження операцій. Цей метод пройшов всебічну апробацію від рішення проблем національного розвитку США та інших країн до приватних задач і отримав високу оцінку фахівців.

Критеріями на основі блокової структурно-функціональної моделі були технічні параметри, експлуатаційні, економічні показники та інші характеристики, за якими проводилось порівняння. У

процедурі аналітичного формування завдань конструкторсько-технологічної модернізації ВТСС для прийняття рішення слід урахувувати набори критеріїв, що відображають кількісні та якісні результати проведення модернізації із застосуванням різних технологій.

За результатами аналізу наукових і виробничих даних, експериментальних досліджень взято набір основних критеріїв для обґрунтування завдань модернізації:

- кількісна відносна оцінка збільшення сукупної продуктивності праці за витратами часу, яку забезпечує використання ВТСС після модернізації;
- кількісна відносна оцінка збільшення інтенсивності основного робочого процесу за витратами часу на виконання основної функції, яку забезпечує використання ВТСС після модернізації;
- витрати часу для реалізації завдань підготовки, враховуючи всі стадії проєктного забезпечення модернізації ВТСС;
- можливість застосування комп'ютерних технологій управління, забезпеченість інтелектуалізації виконання сукупності функцій ВТСС після модернізації;
- можливість застосування поліфункціональних алгоритмів роботи після виконання завдань модернізації ВТСС для підвищення продуктивності;
- надійність після виконання модернізації ВТСС;
- оснащеність, надійність і вартість систем управління;
- безпека використання ВТСС після модернізації;
- вартість комплектуючих, запчастин і матеріалів для виконання завдань модернізації;
- сукупна вартість технологічного обладнання для виконання завдань модернізації технічних систем ВТСС, необхідність капітальних вкладень.

Оцінювання важливості критеріїв за методом аналізу ієрархій здійснюється шляхом їх попарних порівнянь. Критерії порівнюються за важливістю, враховується вплив кожного з порівнюваних елементів на обґрунтування вибору завдань модернізації ВТСС.

Для підвищення об'єктивності отриманих результатів заповнювати матрицю можна шляхом колективного обговорення списку критеріїв і результатів парного порівняння її елементів.

Наприклад, для аналізу були вибрані варіанти конструкторсько-технологічної модернізації технічної системи пакувально-сортувальних машин (ПСМ) складського відділення з такими основними ознаками.

Модернізація 1. ПСМ оснащується пневматичними приводами нової конструкції підвищеної швидкодії і надійності.

Модернізація 2. ПСМ оснащується пневматичними приводами, новою системою датчиків зворотного зв'язку для циклової системи управління.

Модернізація 3. ПСМ оснащується пневматичними приводами, новою оптичною системою зворотного зв'язку, системою контурного управління.

Модернізація 4. ПСМ оснащується пневматичними приводами, оптичною системою штрихового кодування, програмованою системою управління.

Модернізація 5. ПСМ оснащується пневматичними приводами, новою оптичною системою, новою системою інтелектуалізованого управління.

На основі матриць парних порівнянь виконується аналіз і розрахунок узагальнених оцінок для альтернативних завдань модернізації. Для цього можна застосувати різні способи усереднення. У методі аналізу ієрархій пропонується використовувати геометричне усереднення і нормування отриманих узагальнених оцінок [10].

Таким чином, процедура розрахунку векторів пріоритетів для вихідної матриці парних порівнянь складається з чотирьох кроків:

- попарного порівняння критеріїв;
- побудови матриці парних порівнянь;
- нормалізації та розрахунку векторів пріоритетів;
- розрахунку індексу узгодженості.

Розрахунки за методом багатокритеріального формування модернізаційних проєктів виконувались у середовищі пакета Excel з використанням стандартних процедур методу аналізу ієрархій.

Результати розрахунків узагальненої оцінки векторів пріоритетів для порівнюваних завдань модернізації ВТСС наведені на рисунку 3.

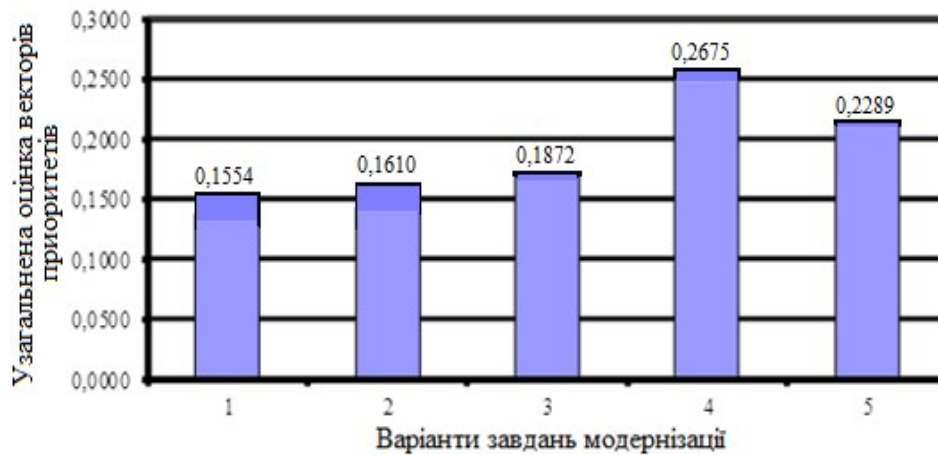


Рисунок 3 – Результати розрахунку узагальненої оцінки векторів пріоритетів

Результати розрахунків свідчать про ефективність запропонованих варіантів завдань конструкторсько-технологічної модернізації ВТСС.

Так, для модернізації ПСМ визначений конкретний комплект оснащення. Серед багатьох запропонованих альтернативних рішень пропонується: ідентифікація виробів із застосуванням штрих-кодів; Ethernet-комутатор MOXA EDS-305, який дозволяє забезпечити обмін даними між технологічним і транспортним обладнанням; модуль інтерфейсу Ethernet Omron CJ1W-ETN21 підключення програмованого логічного контролера тощо.

Висновки

Розроблений метод системного формування модернізаційних проєктів ВТСС забезпечує вибір оптимального варіанта з повної множини можливих варіантів модернізації з урахуванням структурно-функціональних багатокритеріальних кількісних і якісних оцінок та їх статистичної невизначеності.

Для оптимальної реалізації модернізаційного ресурсу доцільно використовувати аналітичний формалізований підхід на основі математичних процедур методу аналізу ієрархій, який дає змогу обґрунтовано формувати оптимальні завдання конструкторсько-технологічної модернізації.

Подальші дослідження передбачають виявлення кореляційних залежностей між багатокритеріальними оцінками і критеріями досягнення мети, а також застосування методів факторного аналізу. Це дозволить підвищити універсальність розробленого методу, враховувати достовірність і надійність результатів формування модернізаційних проєктів.

Перелік джерел посилання

1. Семененко О., Баранов С., Акініна Т. Концептуальні погляди щодо розвитку та застосування роботизованих систем в Збройних Силах України (концепція, завдання, класифікація, система управління, виклики щодо застосування, перспективи). *Social Development and Security*. 2023. № 13. С. 24 – 44.
2. Залипка В. Аналіз та синтез класифікаційних ознак засобів взаємодії із зовнішніми об'єктами та середовищем багатоцільових роботизованих платформ для подальшої їх трансформації. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2023. № 2. С. 21 – 33.
3. Кивлюк В., Ганненко Ю. Удосконалення системи забезпечення матеріальними ресурсами Збройних Сил України. *Social development & Security*. 2018. № 2 (4). С. 49 – 58.
4. Dudukalov Y., Ternyuk M., Kholodov M. Synthesis of Fuel Systems Boron-Containing Metalized Fuels for Vehicles. *SAE Technical Paper*. 2020. 2020-01-2155.
5. Carpin S., Lewis M., Liu M., & Wang M. (Eds.). Field and Service Robotics: Results of the 11th International Conference. *Springer*, 2018. 697 p.
6. International Federation of Robotics (IFR) World Robotics Report. URL:<https://ifr.org/> (дата звернення: 25.11.2024).
7. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) publications. URL:<https://www.darpa.mil/> (дата звернення: 25.11.2024).

8. Кобзев В. В. Методичний підхід щодо визначення раціонального варіанта модернізації радіоелектронної складової зразків озброєння та військової техніки. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2022. № 3 (48). С. 64 –70.

9. Системно-процесне моделювання технічних систем в CALS-технологіях / Тернюк М. Е., Дудукалов Ю. В., Федченко В. В., Гладка Н. М. *Відкриті інформаційні і комп'ютерні інтегровані технології*. Харків, 2011. № 49. С. 124 – 133.

10. Файнзільберг Л. С., Жуковська О. А., Якимчук В. С. Теорія прийняття рішень. Київ : Освіта України, 2018. 246 с.

Стаття надійшла до редакції 05.12.2024 р.

UDC 629.331

Y. Dudukalov, I. Rybalko, A. Poberezhnyi, H. Marenko

METHOD OF SYSTEMIC MULTI-CRITERION FORMATION OF MODERNIZATION PROJECTS OF MILITARY TRANSPORT AND WAREHOUSE SYSTEMS

Based on the methodology of structural-functional modeling, a method for system formulation of tasks for the design and technological modernization of military transport and warehouse systems has been developed. Robotic platforms are used in such modern systems, therefore, it is necessary to include the stages of their modernization in the life cycle stages of existing systems. The spectrum of modernization solutions is constantly expanding, which makes it relevant to systematically determine the modernization resource, form a set of design and technological developments for making optimal design decisions. It is advisable to determine the modernization resource of military transport and warehouse systems based on system structural-functional models, which ensures a well-founded formulation of tasks for their modernization.

These issues are of particular importance in the conditions of modernization of complex objects, to increase their technical level in the conditions of comparison of alternative design and technological measures. The relevance of research in the direction of developing robotic systems is an important task in view of the modern challenges faced by armies around the world. Robotic systems are becoming increasingly important military technologies, they can be used to automate the transportation and logistics process, including the delivery of ammunition, replenishment of supplies, maintenance of warehouses and equipment.

The developed block structural and functional model of modernization provides the definition of the modernization resource and allows you to form its systemic assessment. To assess the modernization resource, it is advisable to use an analytical formalized approach based on the method of hierarchy analysis, which allows you to reasonably form the tasks of design and technological modernization. The multivariate and uncertainty of making design decisions is taken into account by applying mathematical methods of multi-criteria hierarchy analysis. The results obtained can be used to improve the technical level of the system for providing material resources to the Armed Forces of Ukraine.

Keywords : Armed Forces of Ukraine, modernization, logistical support, material resources, robotic platform, transport and warehouse system.

Дудукалов Юрій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

<https://orcid.org/0000-0002-8572-0300>

Рибалко Ірина Вільгельмівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування та ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

<https://orcid.org/0000-0001-8320-329X>

Побережний Андрій Анатолійович – науковий співробітник науково-дослідного центру Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0002-8984-6912>

Маренко Геннадій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0002-7461-9186>