

*A. A. КАШКАНОВ, В. М. КРАСНОКУТСЬКИЙ, В. В. КАВ'ЮК, С. Я. МАТЮЩЕНКО*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОДАТКОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ АЕРОДРОМНОГО БАГАТОЦІЛЬОВОГО КОНДИЦІОНЕРА АМК-24/56-131**

В роботі розглянуті варіанти переобладнання аеродромного багатоцільового кондиціонера АМК-24/56, змонтованого на шасі автомобіля ЗІЛ-131Н. Існуючі підходи з оцінювання якості заміни енергетичних установок передбачають їх використання в якості основного силового агрегату, який забезпечує рух транспортного засобу. Оскільки підлягала заміні додаткова енергетична установка аеродромного багатоцільового кондиціонера, яка не застосовується для забезпечення руху автомобільного шасі, було запропоновано експертну методику багатокритеріального оцінювання якості заміни силового агрегату на основі системного підходу та застосування теорії нечітких множин. За результатами виконаного аналізу для модернізації АМК 24/56-131 було обрано двигун Mercedes-Benz OM364.

**Ключові слова:** аеродромний багатоцільовий кондиціонер, енергетична установка, тактико-технічні характеристики, модернізація, забезпечення якості, багатокритеріальне оцінювання, визначення оптимального рішення.

*A. KASHKANOV, V. KRASNOKUTSKYI, V. KAVIUK, S. MATIUSHCHENKO*

## **JUSTIFICATION OF THE TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE ADDITIONAL ENERGY INSTALLATION IN THE MODERNIZATION OF THE AIRPORT MULTIPURPOSE AIR CONDITIONER AMK-24/56-131**

The paper considers options for converting the AMK-24/56 airfield multi-purpose air conditioner, mounted on the ZIL-131N chassis, by replacing the ZMZ-511 additional power plant placed in the body. Existing approaches to evaluating the quality of replacement of power plants provide for their use as the main power unit that ensures the movement of the vehicle. At the same time, indicators of fuel economy and toxicity or indicators of traction and speed properties of cars are laid as the basis of the comparative analysis. Since the additional power plant of the airfield multi-purpose air conditioner, which is not used to ensure the movement of the car chassis, was to be replaced, an expert method of multi-criteria evaluation of the quality of power unit replacement (PU) was proposed. The development of the proposed methodology was carried out on the basis of a systematic approach and the application of the theory of fuzzy sets. Tools built on the basis of fuzzy set theory methods allow minimizing the impact of subjective uncertainty and enable decision-makers to adjust and refine expert conclusions to increase their objectivity and credibility. The algorithm for solving the problem of replacing an additional PU is based on the use of a reference comparison model in combination with compromise and absolute decision models, which reflects the entire spectrum of interaction of the participants in this process and allows taking into account the necessary components of the quality assurance system: the component of activity evaluation and analysis and the component of the reference system of indicators (standards). Based on the results of the analysis, the Mercedes-Benz OM364 engine was chosen for the modernization of the existing AMK 24/56-131 design and replacement of the ZMZ-511 additional power plant.

**Key words:** airfield multi-purpose air conditioner, power plant, tactical and technical characteristics, modernization, quality assurance, multi-criteria evaluation, determination of the optimal solution.

**Вступ.** В наш час велика увага приділяється проблемі підвищення якості, надійності та довговічності створюваних засобів аеродромно-технічного забезпечення польотів (ЗАТЗП). Ця проблема має комплексний характер, її розв'язання належить до першочергових задач, які мають державне значення.

ЗАТЗП використовуються в системі людина-машина-середовище [1], де більшість факторів, які впливають на їх надійність, є випадковими. Це насамперед навантаження, що діє на машину, і показники несучої здатності їх деталей і конструкцій. Тому методи забезпечення надійності ЗАТЗП та вирішення теоретичних питань ґрунтуються на теорії імовірностей, теорії випадкових процесів, теоретичних положеннях фізико-статистичних досліджень [2].

Важливим питанням у надійності аеродромних багатоцільових кондиціонерів (АБК) є визначення їх показників надійності в експлуатаційних умовах, розрахунок показників надійності складових частин, розроблення заходів для підвищення надійності. Підвищення

надійності досягається зниженням рівня навантажень складових частин АБК, спрощенням конструктивних схем, підвищенням несучої здатності і зносостійкості деталей, здатності до діагностування, широким впровадженням прискорених випробувань на всіх етапах їх створення, покращенням їх технічної експлуатації [3].

Застосування вказаних методів розрахунку, конструювання, виготовлення, експлуатації АБК сприяє суттєвому підвищенню їх надійності і коефіцієнта технічної готовності при мінімальних показниках металомісткості та енергоємності.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Засоби аеродромно-технічного забезпечення польотів авіації складаються з електричних, пневматичних і гідравлічних установок, агрегатів, пристроїв і пристосувань, призначених для технічної експлуатації та проведення за їх допомогою робіт, підготовок та контролю технічного стану повітряних суден (ПС). Аналіз існуючих зразків електро- та газової техніки Збройних Сил України показав (лист Міністерства оборони (МО) України №720/1/1334 від 19.05.2021), що з 1992 року парк техніки ЗАТЗП не оновлювався [2]. Останнім часом до Центрального управління забезпечення авіації та протиповітряної оборони озброєння Командування Сил логістики Збройних Сил України від підприємств промисловості України надходять звернення з пропозиціями щодо виготовлення ЗАТЗП на сучасній елементній базі з урахуванням перспектив розвитку державної авіації та авіації держав партнерів, з характеристиками сучасних зразків та європейських аналогів засобів забезпечення та запуску двигунів ПС [3, 4].

Розвиток Збройних Сил України неможливий без міжнародної кооперації в проведенні системних досліджень з питань імплементації основних принципів НАТО щодо пошуку шляхів переоснащення армії на новітні зразки озброєння та військової техніки (ОВТ), їх випробування і сертифікації, а також створення сучасних інформаційних технологій прийняття рішень у військовій сфері [5, 6, 7].

Впродовж тривалого часу прийняття рішень під час випробувань і контролю якості ОВТ носило по суті інтуїтивний і суб'єктивний характер. Треба відзначити, що вже на сьогодні розроблені різні підходи до використання теоретичних основ прийняття обґрунтованих рішень для потреб аналізу якості складних технічних систем, до яких відносяться сучасні зразки ОВТ. Однак методологія їх практичного застосування достеменно не розроблена.

Аеродромний багатоцільовий кондиціонер АМК-24/56-131 (рис. 1) призначений для охолодження або підігріву кондиціонованим повітрям висотного спорядження льотного складу, кабін ПС, спеціальної апаратури, а також для створення необхідних гігієнічних умов льотному складу, одягнутому у висотне спорядження, під час перевезення в районі аеродрому і при чергуванні в кабінах ПС і салонах (при комплексному постачанні кондиціонера з салоном СЛ-4П). Винищувачі після проходження глибокої модернізації обладнання завжди потребують використання АБК при підготовці до польотів.



Рис. 1 – Аеродромний багатоцільовий кондиціонер АМК-24/56-131

Обладнання кондиціонера розміщене в кузові, змонтованому на шасі автомобіля ЗІЛ-131Н. Додатковою енергетичною установкою служить розміщений в кузові автомобільний двигун ЗМЗ-511.

АБК використовується протягом року при виконанні авіаційною частиною (АЧ) поставлених завдань (льотна зміна, цілодобово, в будь-яку пору року, під час підготовки до польотів, в авіаційній техніко-експлуатаційній частині (ТЕЧ), під час бойового чергування, тощо) [8]. Напрацювання в середньому складає максимально 1700 мотогодин за рік на один АБК. Для забезпечення польотів подається три АБК (два основних і один резервний).

Аналіз технічного стану АБК АМК-24/56-131 вказує на низький відсоток справних засобів рухомості (ЗР) [9]. На гістограмах, що наведені на рисунку 2 наведена потреба у ремонті ЗР АБК.

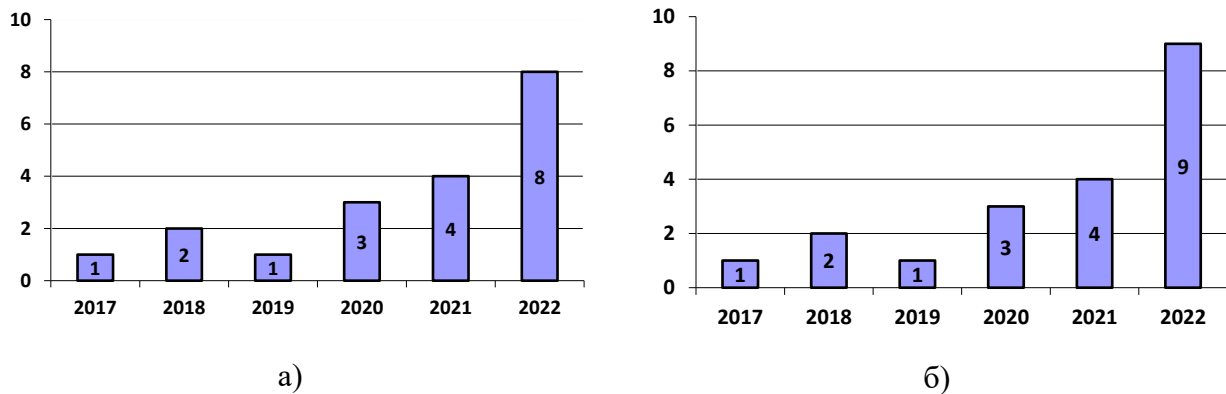


Рис. 2 – Потреба у ремонті ЗР АБК: а) на базі КамАЗ-5320; б) на базі ЗІЛ-131

Станом на 2023 рік пройшли капітальний ремонт лише близько 35 % ЗР АБК. З урахуванням відсутності надходження ЗР АБК за рахунок державного оборонного замовлення та обмеженої кількості виконання на них капітального ремонту (КР) та регламентованого ремонту (РР) спостерігається тенденція спаду бойової готовності АБК. На увагу заслуговує те, що практично 100 % АБК АМК-24/56-131 мають строк служби понад 30 років та більше. А це є граничний строк служби, який визначається для електрогазової техніки нормативами [10, 11]. За останні 5 років відсоток несправної техніки ЗР АБК підвищився. Для усунення поточних несправностей ЗР АБК зростають працевтрати, з відповідною витратою запасних частин.

З аналізу розподілу відмов за системами та механізмами АМК-24/56-131 (рис. 3) за даними [9, 12] до 70% несправностей припадає на ЕУ та її системи. Аналіз тривалості знаходження АБК в ремонті вказує на менший час усунення відмов спецобладнання.

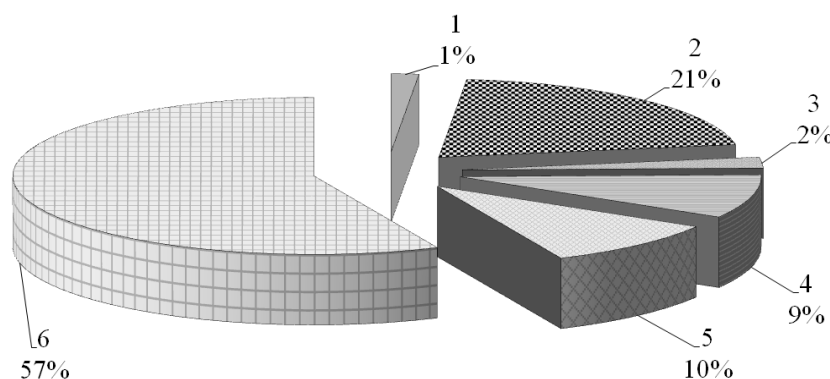


Рис. 3 – Розподіл відмов ЗР АБК за системами та механізмами: 1 – кривошипно-шатунний механізм (КШМ) та газорозподільний механізм (ГРМ); 2 – системи двигуна; 3 – трансмісія; 4 – ходова частина; 5 – рульове керування та гальмівні системи; 6 – електрообладнання

Основною причиною простою АМК-24/56-131 в несправному стані є [12]:

- експлуатація АМК-24/56-131 понад встановлені строки (практично усі ЗАТЗП мають строк експлуатації більш ніж 30 років);
- проблеми з постачанням запасних частин;
- відсутність необхідного запасу запасних частин, інструменту та приналежностей на складах авіаційно-технічного майна військової частини, а також несвоєчасне затребування їх в органах забезпечення;
- непридатність до використання групових ремонтних комплектів внаслідок їх тривалого зберігання і несвоєчасного поповнення.

В багатьох випадках технічний персонал взагалі не запускає ЕУ з двигуном ЗМЗ-511, а АБК працює від двигуна ЗіЛ-508.10. Аналіз відгуків і рекомендацій обслуговуючого та ремонтного персоналу АБК АМК-24/56-131 приводить до такого висновку: враховуючи, що 70 % несправностей АМК-24/56-131 припадає на ЕУ, пропонується заміна двигуна ЗМЗ-511, який встановлений зараз в якості ЕУ, на сучасний дизельний двигун.

**Мета та постановка задачі.** Метою роботи є обґрунтування тактико-технічних характеристик та вибір додаткової енергетичної установки при модернізації аеродромного багатоцільового кондиціонера АМК-24/56-131, спричиненою необхідністю підвищення рівня надійності функціонування та ефективності використання ЗАТЗП ПС.

Робота автомобіля в умовах експлуатації характеризується багатьма показниками. Одними з основних є показники паливної економічності і токсичності. Для аналізу впливу на кількість шкідливих викидів автомобілями експлуатаційних факторів застосовують моделі, засновані на розрахунку викидів шкідливих речовин автомобілем з використанням токсичної характеристики автомобільного двигуна (ДВЗ) і режиму його роботи. При цьому передбачається проведення випробувань автомобілів за їздовими циклами [13]. Інший методичний підхід передбачає обґрунтування вибору доцільного типу двигуна за показниками тягово-швидкісних властивостей [14, 15]. Нажаль ці методичні підходи передбачають використання ДВЗ в якості основного силового агрегату, який забезпечує рух транспортного засобу, і в нашому випадку не можуть бути застосовані. Тому для розробки альтернативного підходу доцільно скористатись експертними технологіями [16, 17] та концепціями управління якістю [18, 19].

В такому випадку постановка задачі виглядає так. Нехай задана множина можливих варіантів виконання конкретної заміни ЕУ в АМК  $X$ :  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$ . Кожен варіант характеризується множиною параметрів оцінювання якості  $Y$ :  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_m\}$ . Нечітке відношення, яке має місце між кожним членом сукупності  $X$  і кожним членом сукупності  $Y$ , позначене через  $\mu_{ij}$  або  $\mu_{ij}$ . Тобто,  $\mu_{ij}$  відображає міру відповідності  $i$ -го варіанта заміни ЕУ вимогам за  $j$ -м параметром ( $\mu_{ij} \in [0, 1]$ ;  $i = 1, \dots, n$ ;  $j = 1, \dots, m$ ). Якщо узяти разом всі нечіткі відношення  $x_i$  та  $y_j$ , то отримаємо матрицю нечітких відношень  $R$  розміром  $nm$ :  $R = \{\mu_{ij} \mid i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m\}$ . Потрібно обрати оптимальний варіант  $x^*$  із множини  $X$ .

Задачу оцінювання якості варіанту заміни ЕУ в АМК можна записати таким чином:

$$x^* = \text{opt}(X, Y, R, M) \quad (1)$$

де  $M$  – використовується модель вирішення задачі, обрана особою, що приймає рішення (ОПР). В залежності від використовуваної моделі, результати вирішення задачі (1) можуть бути різними при однакових вихідних даних.

**Матеріали та результати досліджень.** Двигун ЗМЗ-511 в АМК 24/56-131 виконує роль додаткової ЕУ, яка входить в блок привода контуру обладнання, поданого на рис. 4. Основні технічні характеристики ЗМЗ-511 подані в табл. 1. Виходячи з мети дослідження, постає завдання аналізу типорозмірного ряду двигунів, які підходять для заміни ЕСУ в АМК.

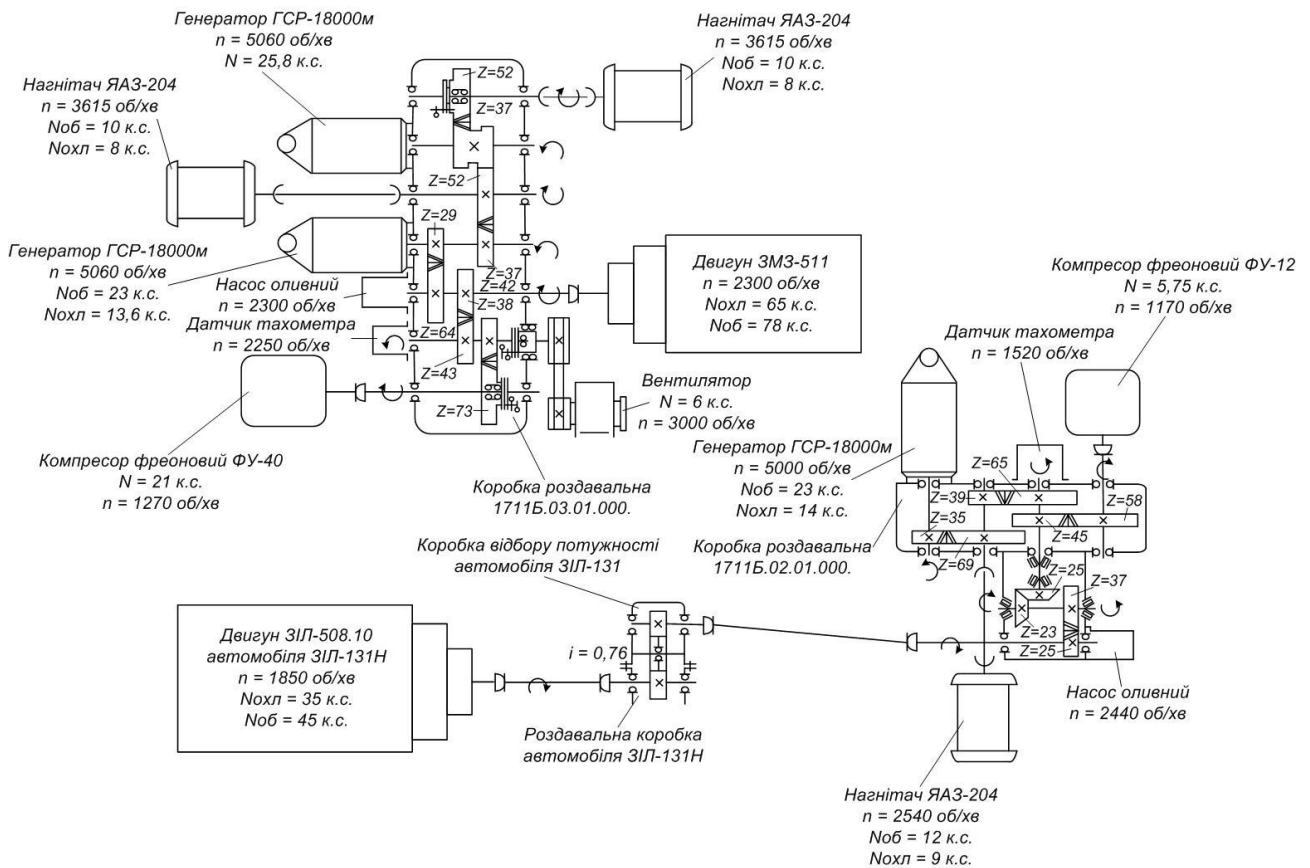


Рис. 4 – Кінематична схема розподілу потужності в АМК 24/56-131

Таблиця 1 – Двигун ЗМЗ-511: основні технічні характеристики

Об'єм двигуна, л	4,25
Максимальна потужність, к.с. (кВт) при об./хв.	125 (92) / 3200
Максимальний крутний момент, Н*м (кг*м) при об./хв.	294 (30) / 2000
Використовуване паливо	Бензин
Мінімальна питома витрата палива г/кВт*год (г/к.с.*год)	286 (210)
Тип двигуна	V8, карбюраторний

На теперішній час на підприємствах вітчизняної промисловості проводяться заходи, щодо ремонту і модернізації АБК. ЗР для встановлення спеціального обладнання АБК, у більшості випадків, підприємства-виробники застосовують автомобільні базові шасі виробництва Кременчуцького автомобільного заводу (публічне акціонерне товариство «АвтоКрАЗ») [20, 21].






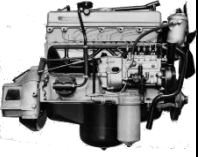




У нашій країні є більш 50 машинобудівних підприємств різних форм власності (державне підприємство (ДП) «45 Експериментальний механічний завод» (м. Вінниця), підприємство «171 Чернігівський ремонтний завод» (м. Чернігів), публічне акціонерне товариство (ПАТ) «Рівнесільмаш» (м. Рівне), Луцький автомобільний завод, Запорізький автомобільний завод, Львівський автобусний завод, Харківський завод тракторних двигунів, ДП «Завод ім. Малишева», корпорація "Богдан", 6 авторемонтний завод (м. Київ), 176-й авторемонтний завод (АРЗ) (м. Харків), Одеський завод з виробництва причепів та напівпричепів та ін.). Потужності цих підприємств дозволяють виготовляти різноманітні спеціальні замовлення [22], але серед них немає підприємств з повного циклу виробництва силових агрегатів, які можливо встановлювати під час виробництва нових або капітального ремонту з модернізацією старих АМК-24/56-131.

Під час аналізу досліджень загальних властивостей ЗР провідних держав світу було встановлено загальну тенденцію в арміях країн НАТО – відмова від бензинових двигунів в конструкції ЗР ЗАТЗП та у приводах спеціальної техніки на користь дизельних ЕУ [23, 24, 25]. На фоні найбільшого розповсюдження дизельного приводу, поширення застосування електричних силових агрегатів знаходиться на початкових стадіях [24].

Проведені дослідження [26] вказують на актуальність розробки та впровадження у виробництво вітчизняного дизельного двигуна подвійного призначення. Був розроблений інвестиційний проект з виробництва дизельних двигунів «Слобожанський дизель» потужністю від 74 кВт до 129 кВт. Проект передбачає виробництво двигунів подвійного призначення серії ДТНА в чотирьох- та шестициліндровому виконанні на базі Казенного підприємства (КП) «Харківське конструкторське бюро з двигунобудування» (ХКБД) та Державного підприємства «Завод імені В.О. Малишева». Проте на цей час цей проект не реалізований.

Аналіз літературних джерел [27, 28, 29, 30] та ресурсів інтернет [31, 32, 33] дозволяє виділити наступний ряд дизельних ДВЗ, які найчастіше використовуються як альтернатива ЗМЗ-511: ЯМЗ-53442 турбо, ММЗ Д-245.12С, MAN L2000 D0824, Mercedes-Benz OM 904 LA, Mercedes-Benz OM364, Mercedes-Benz OM366, Cummins ISF3.8, Cummins ISBe 3.9, HINO W04CT, HINO J07C, при модернізації та експлуатації автомобільної техніки на шасі ЗІЛ, ГАЗ. Тактико-технічні характеристики та загальний вигляд перерахованого вище ряду енергетичних установок подані в таблиці 2.

Таблиця 2 – Альтернативний ряд дизельних силових установок

Марка	ЯМЗ 53442 турбо	ММЗ Д-245.12С	MAN L2000 D0824	Mercedes-Benz OM 904 LA	Mercedes-Benz OM364
Загальний вид					
Тип двигуна	R4	R4	R4	R4	R4
Об'єм двигуна, л	4,43	4,75	4,58	4,25	4,0
Маса двигуна, кг	480	450	416	395	362
Максимальна потужність, к.с. (кВт) при об./хв.	136 (100) / 2300	108 (80) / 2400	160 (118) / 2400	150 (110) / 2200	140 (103) / 2200
Максимальний крутний момент, Н*м при об./хв.	422 / 2100	353 / 1200	579 / 1500	520 / 1600	500 / 1500
Мінімальна питома витрата палива г/кВт*год	197	218	201	188	176
Марка	Mercedes-Benz OM366	Cummins ISF3.8	Cummins ISBe 3.9	HINO W04CT	HINO J07C
Загальний вид					
Тип двигуна	R6	R4	R4	R4	R5
Об'єм двигуна, л	6,0	3,8	3,9	3,8	6,6
Маса двигуна, кг	470	280	338	465	480
Максимальна потужність, к.с. (кВт) при об./хв.	170 (125) / 2700	156 (115) / 2600	140 (105) / 2700	136 (100) / 3200	170 (125) / 2900



закінчення таблиці 2

Максимальний крутний момент, Н*м при об./хв.	560 / 1400	500 / 1300	502 / 1500	400 / 2000	451 / 1600
Мінімальна питома витрата палива г/кВт*год	214	193	182	192	220

Вагомими компонентами системи забезпечення якості заміни ЕУ в АМК-24/56-131 є: компонент стандартів (еталонної системи показників), компонент аналізу та оцінки діяльності. Взаємозв'язки компонентів забезпечення якості та понятійний апарат вкладаються в таку схему (рис. 5).

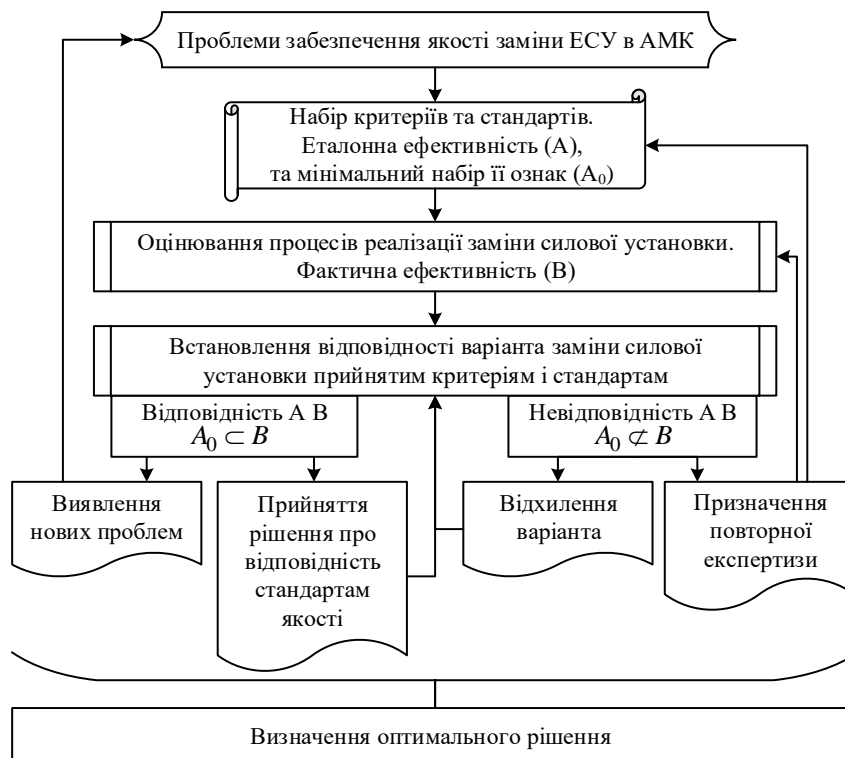


Рис. 5 – Схема забезпечення якості заміни ЕУ в АМК-24/56-131

Для більш детального аналізу даного процесу, потрібно розглянути якість заміни силової установки як комплекс таких показників: ефективність, яка визначається відношенням отриманого результату до теоретично можливого в ідеальних умовах; економічність, яка визначається відношенням фактичних затрат до нормативної вартості; адекватність, яка визначається співвідношенням між потрібною та реально виконаною заміною ЕУ в АМК-24/56-131 та складається з таких понять:

1. Науковість методик та технічний рівень технологій, які використовуються в процесі заміни силової установки.

2. Своєчасність виконання заміни силової установки, яка визначається співвідношенням часу проведення і часу виникнення потреби в заміні з часом надання послуги з заміни силової установки та потреби в ній при роботі системи в ідеальних умовах.

3. Достатність охопту питань заміни ЕУ в АМК-24/56-131 для забезпечення адекватної роботи кондиціонера за призначенням, яка не знижує в значній мірі ефективність процесів.

Всі ці поняття повинні бути основою методологічного забезпечення якості заміни ЕУ в АМК-24/56-131.

Будь-яка властивість може бути оцінена показником якості, вираженим у відносних або абсолютних одиницях [19]. Одиничні, які характеризують одну споживчу властивість, показники якості рекомендується визначати відносною величиною, а не фактичними абсолютними значеннями чи різницею між еталоном і фактичним значенням. Ці показники визначаються так

$$Q_i = Q_i^f / Q_i^e \text{ або } Q_i = Q_i^e / Q_i^f \quad (2)$$

де  $Q_i^e$  і  $Q_i^f$  – еталонне і фактичне значення характеристики  $i$ -ї властивості ЕУ в АМК-24/56-131;  $Q_i$  – одиничний показник якості, який характеризує  $i$ -у властивість.

Для дослідження якості використовують як окремі показники, так і ті, що характеризують групу властивостей чи в цілому. Показник якості  $k$ -ї групи властивостей  $Q_G^k$  можна визначити за формулою

$$Q_G^k = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \alpha_i \cdot Q_i}, \quad (3)$$

де  $\alpha_i$  – вага  $i$ -ї властивості показника якості, що описує  $k$ -у групу властивостей;  $n$  – кількість властивостей в  $k$ -й групі.

Підсумковий показник якості застосування ЕУ в АМК-24/56-131 можна визначити аналогічно:

$$\sum Q = \sqrt[m]{\prod_{k=1}^m \beta_k \cdot Q_G^k}, \quad (4)$$

де  $\beta_k$  – вага показника якості, який характеризує  $k$ -у групу властивостей в загальному показнику;  $m$  – число груп властивостей, за якими оцінюється загальна якість застосування ЕУ в АМК.

Для вибору силового агрегату для роботи у складі спеціального обладнання аеродромного багатоцільового кондиціонера можна визначити такі критерії, за якими порівнюються можливості обраних зразків силових агрегатів:

- 1) основні технічні параметри зразків двигунів з аналогічними параметрами двигуна «еталону» (порівнюємо з ЗМЗ-511);
- 2) можливості силового агрегату щодо забезпечення характеристик зразку аеродромного багатоцільового кондиціонера, які вимагають умови його експлуатації;
- 3) економічна спроможність та доцільність реалізації проекту модернізації аеродромного багатоцільового кондиціонера з тим чи іншим зразком силового агрегату.

Аналіз критеріїв якості застосування ЕУ в АМК-24/56-131 дозволяє зробити висновок, що в остаточному підсумку якість заміни та застосування додаткової ЕУ відображає весь спектр взаємодії учасників процесу. З метою наближення до розуміння якості як загальноприйнятої категорії, розглянемо якість застосування ЕУ в загальному плані. Під час оцінки якості товарів і послуг [18] беруть до уваги такі характеристики: якість виконання та якість відповідності.

Якість виконання є характеристикою, яка відображає ступінь задоволення потреб та запитів учасників вибору, заміни та експлуатації ЕУ в АМК-24/56-131.

Якість відповідності відображає ступінь відповідності діючим стандартам, внутрішнім специфікаціям тощо.

Якість виконання не завжди може бути забезпечена, тому що вимоги окремих осіб до якості виконання є завищеними, а можливості виконавців обмежені наявними ресурсами, забезпеченістю використання можливих технологій, професійно-технічним рівнем самого виконавця тощо.

Якість відповідності може бути забезпечена в більшості випадків, тому що її параметри визначаються стандартами, які створені всередині системи під існуючі технології.

Основними компонентами оцінювання якості є: аналіз професійних якостей виконавця та забезпеченості його роботи технічним обладнанням, аналіз фінансування та умов організації



праці (якість структури), аналіз використовуваних технологій (якість процесу), аналіз кінцевої продукції (якість результатів). Звісно, цими компонентами оцінювання якості не обмежується, в практичній діяльності проводиться багато досліджень, в яких такі питання розглядаються непрямо або в іншому контексті.

При прийнятті рішень за концепцією системного аналізу [13, 34, 35] процес напрацювання рішення зводиться до вибору найкращої альтернативи серед сукупності допустимих засобів досягнення поставленої мети. Мета полягає в оптимізації системи за певним критерієм.

В справжніх складних системах в багатьох випадках існує декілька цілей. Ці цілі нерідко є суперечливими. При розробці складних систем, таких, як система забезпечення роботи АМК-24/56-131 в умовах бойових дій, неможливо визначити одну ціль чи встановити жорстку ієрархію цілей. Отже замість жорсткої моделі потрібно застосовувати «м'яку» модель, головна ідея якої полягає в компромісному рішенні в рамках діяльності по досягненню різних цілей, в знаходженні рішень, які в деякій мірі задовольняли б усі потреби. Компромісний підхід виник від розуміння того, що досить часто не хватає інформації для лінійного розподілу рішень і можна лише здійснити груповий розподіл.

Потрібно також відмітити, що реалізація компромісного підходу може супроводжуватись виникненням певні труднощів. Особа, яка приймає рішення, не завжди об'єктивно оцінює рівень якості напрацьованого рішення, а тому не завжди обирає найкраще рішення із загальної сукупності можливих рішень. Вибір найкращого варіанта можливий лише тоді, коли була застосована коректна модель та коректний алгоритм вибору.

Для розробки методики оцінювання якості застосування ЕУ за багатьма критеріями використаємо теорію нечітких множин [36], при цьому можливими ситуаціями, які характеризують процес прийняття рішень [16, 17] можуть бути такі:

– особа, яка приймає рішення, не має інформації щодо обмежень значень параметрів та інформації про рівень важливості параметрів. В цьому випадку використовується згортка Гермейєра (мінімаксна модель);

– особа, яка приймає рішення, обирає варіант, для якого забезпечуються значення усіх параметрів в рамках еталону. Цей випадок відповідає моделі абсолютного рішення;

– особа, яка приймає рішення, може вказати бажані обмеження за певними параметрами. Використовується модель основного параметра;

– особа, яка приймає рішення, здатна розподіляти параметри за рівнем їх важливості та оцінити частку впливу кожного параметра на підсумкове рішення. Для такого випадку застосовується модель компромісного рішення;

– особа, яка приймає рішення, виконує пошук найкращого рішення на основі компромісної моделі з урахуванням часткових обмежень на значення параметрів. Такий випадок характеризується як комбінація другої та четвертої ситуації, коли використовується модель еталонного порівняння.

Аналіз вище перерахованих моделей, виконаний в роботі [37], дозволяє зробити вибір на користь моделі еталонного порівняння. Сутність цієї моделі полягає у визначенні еталонного варіанта заміни ЕУ в АБК  $x_0$ . Параметри цього варіанта є мінімально допустимими значеннями  $\mu_0, j = 1, \dots, m$ . Усі варіанти сукупності  $X$  порівнюється з еталоном  $x_0$ . У разі не гіршої якості у варіанта  $x_i$  ніж у еталона  $x_0$  за усіма параметрами, варіант  $x_i$  додається до загальної сукупності рішень і для нього визначають інтегральний параметр якості  $f_i$ . Для еталонного варіанта інтегральний параметр приймає нульове значення  $f_0 = 0$ . Оптимальний розв'язок – варіант з максимальним значенням інтегрального параметра  $f_{\max}$ .

Математичний запис моделі:

$$\begin{cases} X^* = \{x_k \mid x_k \in X; \mu_{kj} \geq \mu_{0j} \forall j = 1, \dots, m; f_k = f_i \mid f_i \in F; i = 1, \dots, m\}; \\ f_i = \sum_{j=1}^m (\mu_{ij} - \mu_{0j}) \cdot w_j. \end{cases} \quad (5)$$

Варіант  $x_k$  є розв'язок задачі (5).

Блок-схема алгоритму багатокритеріального оцінювання якості варіанту реалізації заміни ЕУ в АБК, представлена на рисунку 6.

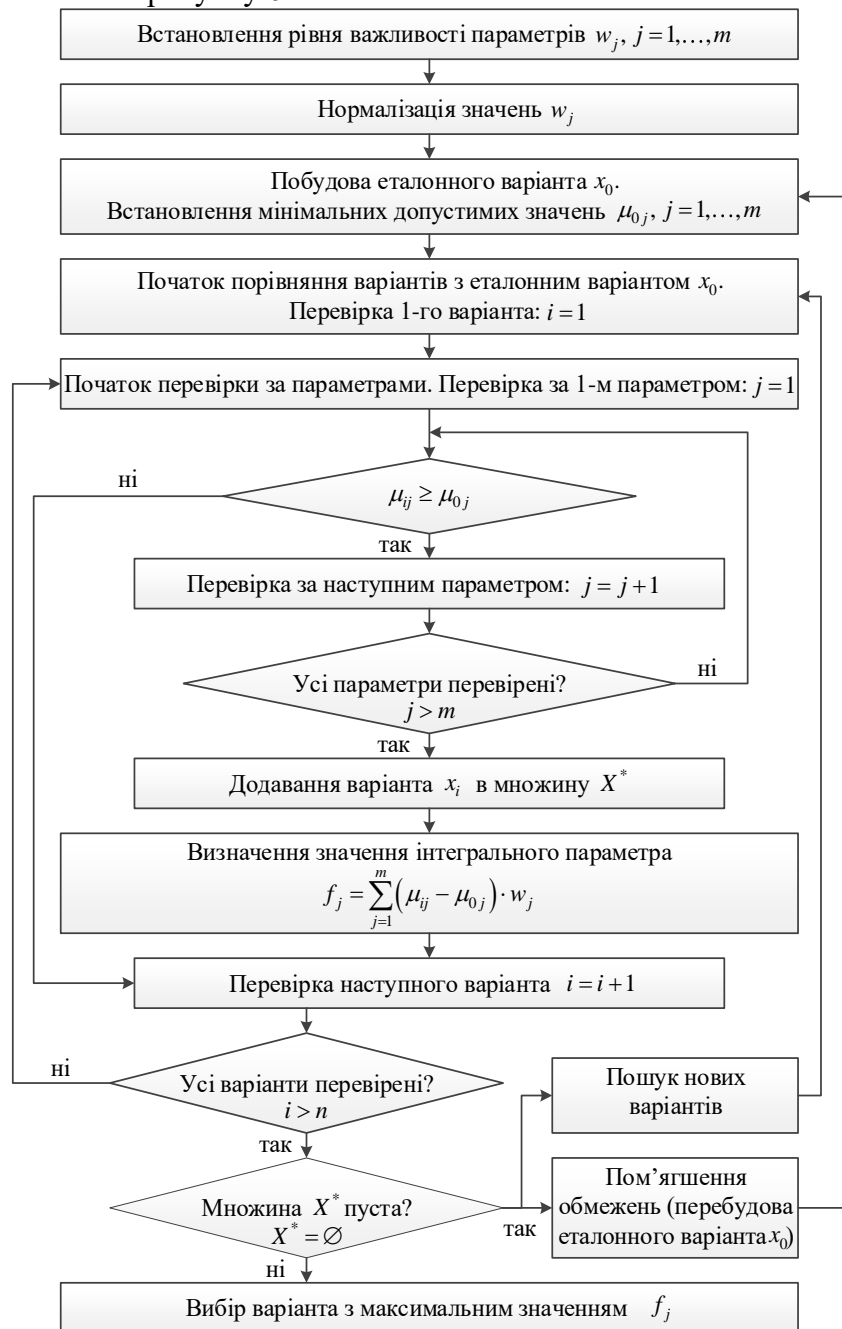


Рис. 6 – Блок-схема алгоритму багатокритеріального оцінювання якості варіанту заміни ЕУ в АБК

До ряду двигунів-аналогів, обраних для модернізації аеродромного багатоцільового кондиціонера, були включені двигуни, які за основними технічними характеристиками відповідають або кращі за силовий агрегат ЗМЗ-511, що встановлений на теперішній час (див. табл. 2). Основні параметри силового агрегату, які враховувались під час вибору ряду двигунів-аналогів для модернізації аеродромного кондиціонера, наведені у таблиці 3. Крім того, врахуванню підлягали вимоги наказу МО України №127 від 28.08.2020 р. Головнокомандувача Збройних Сил України «Про затвердження Інструкції з формування оперативного-стратегічних, оперативного-тактичних та загальних вимог до перспективних (нових, модернізованих) систем (комплексів, зразків) озброєння та військової техніки ЗСУ».

Таблиця 3 – Основні параметри вибору ряду двигунів-аналогів для модернізації АМК

Параметр		На що впливає
Назва	допустимі межі <sup>1)</sup>	
Габаритні розміри (об'єм що займає)	до +10 %	1. Кріплення силового агрегату, роботи з підготування місця встановлення. 2. Зручність проведення ТО і Р.
Маса двигуна	до +40 %	1. Загальна маса кондиціонера в цілому. 2. Перерозподіл навантаження на передню вісь ЗР
Питома потужність	не менш 0,009 кВт/кг	Паливна економічність
Крутний момент	±30 %	
Номінальна частота обертання колінчастого валу <sup>2)</sup>	±30 %	1. Врівноваженість роботи. 2. Можливість використання існуючої роздавальної коробки (блоку приводу)
Конструктивні особливості (наявність інноваційних рішень)	–	1. Зменшення витрат (ПММ). 2. Необхідність додаткових видів ТО і Р. 3. Надійність силового агрегату
Питома витрата палива, г/кВт·год <sup>2)</sup>	не більш, що є	1. Вартість експлуатації (за витратою ПММ). 2. Вартість ТО і Р
Спрощення операцій ТО та їх періодичність	не більш, що є	Вартість ТО і Р (експлуатації)
Пожежна небезпека	–	Небезпека займання ПММ
Гучність та вібрація	як найменші <sup>3)</sup>	1. Комфортні умови персоналу (стан водія психофізіологічний, здоров'я тощо). 2. Умови маскування в процесі роботи.
Наявність системи полегшення пуску	бажана	Стійкий запуск двигуна в умовах низьких температур.
Вміст викиду відпрацьованих газів	не нижче ЄВРО-3	Екологічна безпека

<sup>1)</sup> Допустимі відхилення відносно параметрів силових агрегатів, що підлягає заміні.

<sup>2)</sup> За умовою забезпечення встановленої для спеціального обладнання (генератора) частоти обертання первинного валу роздавальної коробки.

<sup>3)</sup> Не більше допустимих рівнів звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентних рівню звуку на робочому місці водія вантажної машини (за ДСТУ UN/ECE R 9-05-2002).

В результаті, було запропоновано чотири варіанта провадження заміни:  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ . Крім того, встановлено три параметра якості заміни:  $y_1$  – ступінь відповідності та задоволення потреб користувачів АМК (рівень невизначеності рішень),  $y_2$  – строк виконання,  $y_3$  – вартість виконання. Результати оцінювання якості варіантів подані в табл. 4.

Таблиця 4 – Значення параметрів за варіантами

Варіант реалізації	Параметри оцінювання варіантів		
	ступінь відповідності $y_1$	строк виконання $y_2$	вартість виконання $y_3$
$x_1$ (HINO W04CT)	0,65	0,76	0,81
$x_2$ (MAN L2000 D0824)	0,58	0,64	0,76
$x_3$ (Cummins ISF3.8)	0,89	0,75	0,57
$x_4$ (Mercedes-Benz OM364)	0,84	0,73	0,62

Розв'язок задачі за запропонованим алгоритмом (рис. 6).

Встановлюємо мінімально допустимі значення параметрів якості:  $\mu_1^{\min} = 0,60$ ,  $\mu_2^{\min} = 0,50$ ,  $\mu_3^{\min} = 0,60$ . Після нормалізації вектор рівнів важливості параметрів має такий вигляд:  $W = (0,5 \ 0,3 \ 0,2)^T$ .

При перевірці варіантів за умовою  $\mu_{ij} \geq \mu_{0j}$  встановлено:

– варіант  $x_2(0,58 \ 0,64 \ 0,76)$  не відповідає вимогам за параметром  $u_1$ ;

– варіант  $x_3(0,89 \ 0,75 \ 0,57)$  не задовольняє вимоги за параметром  $u_3$ .

Ці варіанти видаляються із множини розв'язків. Залишаються два варіанта:  $x_1$  та  $x_4$ .

$X^* = \{x_1, x_4\}$ . Їх інтегральний параметр приймає такі значення:

$$f_1 = (0,65 - 0,60) \cdot 0,50 + (0,76 - 0,50) \cdot 0,30 + (0,81 - 0,60) \cdot 0,20 = 0,145;$$

$$f_4 = (0,84 - 0,60) \cdot 0,50 + (0,73 - 0,50) \cdot 0,30 + (0,62 - 0,60) \cdot 0,20 = 0,193.$$

Результат розв'язку задачі – варіант  $x_4(0,84 \ 0,73 \ 0,62)$ .

Отже, при достатній повноті наявної інформації розроблений алгоритм методики багатокритеріального оцінювання якості заміни ЕУ в АБК можна рекомендувати до застосування, оскільки він дає рішення, яке найкраще відповідає вимогам поставленої задачі.

#### Висновки.

1. Встановлено, що АМК-24/56-131 які є на озброєнні Повітряних Сил України, не в повній мірі відповідають сучасним вимогам з надійності, економічності та екологічності.

2. На АМК-24/56-131, модернізація яких передбачається, доцільно встановлювати сучасні дизельні силові агрегати, які більш довершені за своїми властивостям ніж ті, що застосовуються.

3. Запропонована експертна методика багатокритеріального оцінювання якості заміни силового агрегату на основі системного підходу та застосування теорії нечітких множин відображає весь спектр взаємодії учасників цього процесу та дозволяє врахувати необхідні компоненти системи забезпечення якості: компонент оцінювання та аналізу діяльності та компонент еталонної системи показників (стандартів).

4. Експертним шляхом визначено, що найбільш оптимальним варіантом для заміни додаткової ЕУ АМК-24/56-131 є двигун Mercedes-Benz OM364, який забезпечує збільшення максимального крутного моменту на 14% і вище. Дизельні двигуни Mercedes-Benz OM364 адаптовані для встановлення на вказану АБК. Двигуни Mercedes-Benz OM364 мають високу надійність.

5. Модернізація ЗР АБК Повітряних Сил ЗС України можлива шляхом встановлення капітально-відремонтованого спеціального обладнання на базове шасі ЗР модельного ряду КРАЗ. Гарантійне та післягарантійне обслуговування, поточний і капітальний ремонт можуть проводитись на вітчизняних ремонтних підприємствах.

#### Список літератури

1. Rotshtein A., Katielnikov D. & Kashkanov A. A fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of man-machine systems. *Cybernetics and Systems Analysis*. Vol. 55, No. 6, November, 2019. P. 958-966. <https://doi.org/10.1007/s10559-019-00206-8>.
2. Жданюк М.М., Чередник Ю.М., Макаров С.М., Мотяков Ю.М., Швець С.А. Системний підхід до розробки загальних вимог до засобів наземного обслуговування польотів. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. Випуск №4/10, 2021. С. 45-55.
3. Демидов Б.А., Хмелевська А.А. Системно-концептуальна модель управління життєвим циклом зразка озброєння і військової техніки. *Системи озброєння і військова техніка*. Вип. №2, 2005. С. 47-53.

4. План дій щодо впровадження оборонної реформи у 2016–2020 роках (дорожня карта оборонної реформи) [Електронний ресурс]. URL: [http://www.mil.gov.ua/content/tenders/Plan\\_2208.pdf](http://www.mil.gov.ua/content/tenders/Plan_2208.pdf).
5. Дроздов С. Новітні технології для захисту повітряного простору. Тези доповідей XVI Міжнародної наукової конференції Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 15–16 квітня 2020 року. Х.: ХНУПС, 2020. С. 5-6.
6. Скворчевський А.Е. CALS-концепція логістичної підтримки життєвого циклу озброєння та військової техніки: національні аспекти впровадження. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. Вип. № 1(34), 2019. С. 45-52.
7. Про схвалення Стратегії розвитку оборонно-промислового комплексу України на період до 2028 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 червня 2018 р. № 442-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
8. Про затвердження Інструкції з визначення річних норм витрат моторесурсів засобів аеродромно-технічного обслуговування літальних апаратів Збройних Сил України. Наказ Начальника ГШ – Головнокомандувача Збройних Сил України від 19.08.2013 р. № 179.
9. Звіт з НДР (заклучний). Спеціальна тема. Шифр "Рухомість-М3" МОУ, ХНУПС. Х., держ. реєстр. № 0101U002285, Інв. № 4179/2 та №4180/2, 2017. 411 с.
10. Методичні рекомендації щодо встановлення та визначення норм напрацювання (строків служби) до ремонту автомобільної техніки та автомобільного майна. К.: Озброєння ЗС України, 2017. 30 с.
11. Про затвердження Інструкції з перевірки та оцінки стану озброєння та військової техніки у Збройних Силах України. Наказ МО України від 19.11.2009 р. № 581.
12. Краснокутський В.М., Кав'юк В.В., Вахнюк С.А. Аналіз шляхів підвищення технічних показників енергетичного силового агрегату блоку приводу контуру обладнання аеродромного багатоцільового кондиціонера АМК-24/56-131. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції "Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів", 27 жовтня 2023 року. Х.: НА НГУ, 2023. С. 171-174.
13. Automotive Handbook. 11th Ed. Karlsruhe: Robert Bosch GmbH, 2022. 2048 p.
14. Сахно В. П., Поляков В. М., Мурований І. С., Шарай С. М. До вибору типу автомобіля-тягача для автопоїзда великої вантажопідйомності. Вісник машинобудування та транспорту. №10(2), 2019. С. 120-125. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-120-125>.
15. Сахно В.П., Яценко Д.М., Диких О.В., Стельмашук В.В., Онишук В.П. До вибору типу двигуна при модернізації БТР-70. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. №2(15), 2020. С. 134-146. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i15.401>.
16. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології прийняття рішень: монографія. К.: ТОВ «Маклаут», 2008. 444 с.
17. Hoffmann A. G. Paradigms of Artificial Intelligence: a methodological and computational analysis. Singapore: Springer-Verlag, 1998. 234 p.
18. Шаповал М. І. Менеджмент якості: підручник. К. : Знання, 2003. 475 с.
19. Загальне управління якістю: підручник / О. В. Нанка, Р. В. Антощенков, В. М. Кісь, І. О. Листопад, Н. І. Моїсєєва, І. В. Галич, А. О. Никифоров. Харків: ХНТУСГ, 2019 р. 205 с.
20. Уніфіковані газозарядні станції УГЗС.М для зарядки бортових систем літальних апаратів киснем, азотом або повітрям на шасі автомобіля КрАЗ. URL: <https://melcom.all.biz/uk/unyfyurovane-gazozaryadne-stanciyy-ugzsm-dlya-g321833>.
21. Спеціальна тема (шифр «Модуль-В»): Звіт про НДР (заклучний) / ХУ ПС; № ДР 0101U001263; Інв. № 3140/2. Х.: ХУ ПС, 2012. 190 с. ДСК.
22. Спеціальна тема (шифр «Маневреність»): Звіт про НДР / ХУ ПС; № 0101U001739; Інв. № 8608/2. – Х.: ХУ ПС, 2015. – 194 с. – ДСК.
23. NATO CALS Handbook. CiteSeerX. March 1, 2000. CiteSeerX 10.1.1.194.9777.
24. Харченко О.В., Пашенко С.В. Концептуальні засади подальшого розвитку авіації Збройних Сил України. Збірник наук. праць Державного науково-дослідного інституту авіації. К.: ДНДІА, 2020. № 16(23). С. 6-11.
25. Про схвалення Основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період. Розпорядження КМУ від 14.06.2017 р. № 398р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/398-2017-%D1%80>.
26. Техніко-економічне обґрунтування необхідності державної підтримки у виконанні інноваційно-інвестиційного проекту «Розроблення та впровадження у виробництво малолітражного автомобільного дизеля потужністю 100-175 к.с. подвійного призначення (Слобожанський дизель)»: монографія; за ред. Ф.І. Абрамчука, О.В. Грицюка та І.А. Дмитрієва. Харків: ХНА-ДУ, 2012. 164 с.
27. Засоби транспортування озброєння і військової техніки. Конструкція. Двигуни внутрішнього згоряння: підручник для слухач., курсантів та студ. вищ. навч. закл. / Раковський Х.В., Рогозін І.В., Раковська Н.Х., Клец Д.М., Юхно В.А. Харків: ХНУПС, 2018. 372 с.
28. Автомобільні двигуни: Навчальний посібник / Зінько Р.В., Бучківський Б.Р., Зіркевич В.М., Андрієнко А.М. Львів: АСВ, 2011. 189 с.
29. Експлуатація автомобілів та засобів АТЗ польотів. О.М. Леоненко, В.В. Кав'юк, О.А. Бусилко: навч. посіб. Харків: ХУПС, 2015. 304 с.

30. Сучасне озброєння і військова техніка Збройних сил Російської Федерації. Довідник учасника ООС / [С.П. Корнійчук, О.В. Турінський, Г.В. Певцов, та ін.]; за заг. ред. С.П. Корнійчука. Харків: ДІСА ПЛЮС, 2020. 1220 с.
31. Торгівельний дім Автодвір. Переобладнання автомобілів ЗІЛ, ГАЗ і КАМАЗ двигунами ММЗ та ЯМЗ Україна. URL: [http://avtodvor.com.ua/refit\\_KAMAZ.php](http://avtodvor.com.ua/refit_KAMAZ.php).
32. Лідер-Агро. Переобладнання ЗІЛ ГАЗ ПАЗ на дизель Д245, Д240, МТЗ, ОМ366, МАН. URL: <https://lider-agro.com.ua/ua/pereoborudovanie-zil-gaz-paz-na-dizel-d245-d240-mtz-om366-man>.
33. VGARtruck. Переобладнання ЗІЛ, ГАЗ, ПАЗ, МАЗ на дизель Mercedes, МАН. URL: <https://vgar.com.ua/>.
34. Алексієв В. О. Управління розвитком транспортних систем. Харків : ХНАДУ, 2008. 268 с.
35. Волков В. П., Мігаль В. Д. Технічна кібернетика транспорту: навч. посібник. Х.: ХНАДУ, 2007. 308 с.
36. Lotfi A Zadeh and Rafik A Aliev. Fuzzy Logic Theory and Applications. World Scientific Book, 2018. <https://doi.org/10.1142/10936>.
37. Кашканов А. А. Методика багатокритеріального оцінювання якості розслідування та проведення автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. 2012. № 3(62). С.68-73.

#### References (transliterated)

1. Rotshtein A., Katielnikov D. & Kashkanov A. A fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of man-machine systems. *Cybernetics and Systems Analysis*. Vol. 55, No. 6, November, 2019. P. 958-966. <https://doi.org/10.1007/s10559-019-00206-8>.
2. Zhdaniuk M.M., Cherednyk Yu.M., Makarov S.M., Motiakov Yu.M., Shvets S.A. Systemnyi pidkhd do rozrobky zahalnykh vymoh do zasobiv nazemnoho obsluhovuvannia polotiv. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho naukovodoslidnoho instytutu vprovuban i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki*. Vypusk №4/10, 2021. S. 45-55.
3. Demydov B.A., Khmelevska A.A. Systemno-kontseptualna model upravlinnia zhyttievym tsyklom zrazka ozbroiennia i viiskovoi tekhniki. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika*. Vyp. №2, 2005. S. 47-53.
4. Plan dii shchodo vprovadzhennia oboronnoi reformy u 2016–2020 rokakh (dorozhnia karta oboronnoi reformy) [Elektronnyi resurs]. URL: [http://www.mil.gov.ua/content/tenders/Plan\\_2208.pdf](http://www.mil.gov.ua/content/tenders/Plan_2208.pdf).
5. Drozdov S. Novitni tekhnologii dlia zakhystu povitrianoho prostoru. Tezy dopovidei XVI Mizhnarodnoi naukovoi konferentsii Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl imeni Ivana Kozheduba, 15–16 kvitnia 2020 roku. Kh.: KhNUPS, 2020. S. 5-6.
6. Skvorchevskiy A.E. CALS-kontseptsia lohystichnoi pidtrymky zhyttievoho tsyклу ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki: natsionalni aspekty vprovadzhennia. Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony. Vyp. № 1(34), 2019. S. 45-52.
7. Pro skhvalennia Stratehii rozvytku oboronno-promyslovoho kompleksu Ukrainy na period do 2028 roku: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20 chervnia 2018 r. № 442-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
8. Pro zatverdzhennia Instruksii z vyznachennia richnykh norm vytrat motoresursiv zasobiv aerodromno-tekhnichnoho obsluhovuvannia litalnykh aparativ Zbroinykh Syl Ukrainy. Nakaz Nachalnyka HSh – Holovnokomanduvacha Zbroinykh Syl Ukrainy vid 19.08.2013 r. № 179.
9. Zvit z NDR (zakliuchnyi). Spetsialna tema. Shyfr "Rukhomist-M3" MOU, KhNUPS. Kh., derzh. reiestr. № 0101U002285, Inv. № 4179/2 ta №4180/2, 2017. 411 s.
10. Metodychni rekomendatsii shchodo vstanovlennia ta vyznachennia norm napratsiuвання (stroktiv sluzhby) do remontu avtomobilnoi tekhniki ta avtomobilnoho maina. K.: Ozbroiennia ZS Ukrainy, 2017. 30 s.
11. Pro zatverdzhennia Instruksii z perevirky ta otsinky stanu ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki u Zbroinykh Sylakh Ukrainy. Nakaz MO Ukrainy vid 19.11.2009 r. № 581.
12. Krasnokutskiy V.M., Kaviuk V.V., Vakhniuk S.A. Analiz shliakhiv pidvyshchennia tekhnichnykh pokaznykiv enerhetychnoho sylovoho ahrehatu bloku pryvodu konturu obladnannia aerodromnoho bahatotsilovoho kondytsionera AMK-24/56-131. *Zbirnyk tez dopovidei KhII Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii "Aktualni pytannia zabezpechennia sluzhbovo-boiovoi diialnosti viiskovykh formuvan ta pravookhoronnykh orhaniv"*, 27 zhovtnia 2023 roku. Kh.: NA NHU, 2023. S. 171-174.
13. *Automotive Handbook*. 11th Ed. Karlsruhe: Robert Bosch GmbH, 2022. 2048 p.
14. Sakhno V. P., Poliakov V. M., Murovani I. S., Sharai S. M. Do vyboru typu avtomobilia-tiahacha dlia avtopoizda velykoi vantazhopydymnosti. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu*. №10(2), 2019. S. 120-125. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-120-125>.
15. Cakhno V.P., Yashchenko D.M., Dykykh O.V., Stelmashchuk V.V., Onyshchuk V.P. Do vyboru typu dvyhuna pry modernizatsii BTR-70. *Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni ta transporti*. №2(15), 2020. S. 134-146. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i15.401>.
16. Hnatiienko H. M., Snytiuk V. Ye. Ekspertni tekhnologii pryiniattia rishen: monohrafiia. K.: TOV «Maklaut», 2008. 444 s.
17. Hoffmann A. G. *Paradigms of Artificial Intelligence: a methodological and computational analysis*. Singapore: Springer-Verlag, 1998. 234 p.
18. Shapoval M. I. *Menedzhment yakosti: pidruchnyk*. K. : Znannia, 2003. 475 s.

19. Zahalne upravlinnia yakistiu: pidruchnyk / O. V. Nanka, R. V. Antoshchenkov, V. M. Kis, I. O. Lystopad, N. I. Moisieieva, I. V. Halych, A. O. Nykyforov. Kharkiv: KhNTUSH, 2019 r. 205 s.
20. Unifikovani hazozariadni stantsii UHZS.M dlia zariadky bortovykh system litalnykh aparativ kysnem, azotom abo povitriam na shasi avtomobilia KrAZ. URL: <https://melcom.all.biz/uk/unyfyctyrovane-gazozaryadne-stancyi-ugzsm-dlya-g321833>.
21. Spetsialna tema (shyfr «Modul-V»): Zvit pro NDR (zakliuchnyi) / KhU PS; № DR 0101U001263; Inv. № 3140/2. Kh.: KhU PS, 2012. 190 s. DSK.
22. Spetsialna tema (shyfr «Manevrenist»): Zvit pro NDR / KhU PS; № 0101U001739; Inv. № 8608/2. – Kh.: KhU PS, 2015. – 194 s. – DSK.
23. NATO CALS Handbook. CiteSeerX. March 1, 2000. CiteSeerX 10.1.1.194.9777.
24. Kharchenko O.V., Pashchenko S.V. Kontseptualni zasady podalshoho rozvytku aviatsii Zbroinykh Syl Ukrainy. Zbirnyk nauk. prats Derzhavnogo naukovy-doslidnogo instytutu aviatsii. K.: DNDIA, 2020. № 16(23). S. 6-11.
25. Pro skhvalennia Osnovnykh napriamiv rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky na dovhostrokovi period. Rozporiadzhennia KMU vid 14.06.2017 r. № 398r. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/398-2017-%D1%80>.
26. Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannia neobkhidnosti derzhavnoi pidtrymky u vykonanni innovatsiino-investytsiinoho proektu «Rozroblennia ta vprovadzhennia u vyrobnytstvo malolitrazhnoho avtomobilnoho dyzela potuzhnistiu 100-175 k.s. podviinoho pryznachennia (Slobozhanskyi dyzel)»: monohrafiia; za red. F.I. Abramchuka, O.V. Hrytsiuka ta I.A. Dmytriieva. Kharkiv: KhNA-DU, 2012. 164 s.
27. Zasoby transportuvannia ozbroiennia i viiskovoi tekhniky. Konstruktsiia. Dvyhuny vnutrishnoho zghoriannia: pidruchnyk dlia slukhach., kursantiv ta stud. vyshch. navch. zakl. / Rakovskyi Kh.V., Rohozin I.V., Rakovska N.Kh., Klets D.M., Yukhno V.A. Kharkiv: KhNUPS, 2018. 372 s.
28. Avtomobilni dvyhuny: Navchalnyi posibnyk / Zinko R.V., Buchkivskyi B.R., Zirkevych V.M., Andriienko A.M. Lviv: ASV, 2011. 189 s.
29. Eksploatatsiia avtomobiliv ta zasobiv ATZ polotiv. O.M. Leonenko, V.V. Kaviuk, O.A. Busylko: navch. posib. Kharkiv: KhUPS, 2015. 304 s.
30. Suchasne ozbroiennia i viiskova tekhnika Zbroinykh syl Rosiiskoi Federatsii. Dovidnyk uchasyuka OOS / [S.P. Korniiichuk, O.V. Turinskyi, H.V. Pievtsov, ta in.]; za zah. red. S.P. Korniiichuka. Kharkiv: DISA PLIuS, 2020. 1220 s.
31. Torhivelnyi dim Avtodvir. Pereobladnannia avtomobiliv ZIL, HAZ i KAMAZ dvyhunamy MMZ ta YaMZ Ukraina. URL: [http://avtodvor.com.ua/refit\\_KAMAZ.php](http://avtodvor.com.ua/refit_KAMAZ.php).
32. Lider-Ahro. Pereobladnannia ZIL HAZ PAZ na dyzel D245, D240, MTZ, OM366, MAN. URL: <https://lider-agro.com.ua/ua/pereoborudovanie-zil-gaz-paz-na-dizel-d245-d240-mtz-om366-man>.
33. VGAPtruck. Pereobladnannia ZIL, HAZ, PAZ, MAZ na dyzel Mercedes, MAN. URL: <https://vgap.com.ua/>.
34. Aleksiiev V. O. Upravlinnia rozvytkom transportnykh system. Kharkiv : KhNADU, 2008. 268 s.
35. Volkov V. P., Mihal V. D. Tekhnichna kibernetyka transporta: navch. posibnyk. Kh.: KhNADU, 2007. 308 s.
36. Lotfi A Zadeh and Rafik A Aliev. Fuzzy Logic Theory and Applications. World Scientific Book, 2018. <https://doi.org/10.1142/10936>.
37. Kashkanov A. A. Metodyka bahatokryterialnogo otsiniuvannia yakosti rozsliduvannia ta provedennia avtotekhnichnykh ekspertyz dorozhno-transportnykh pryhod. Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky. 2012. № 3(62). S.68-73.

Надійшла (received) 27.11.2023

*Відомості про авторів /About the Authors*

**Кашканов Андрій Альбертович (Kashkanov Andrii)** – доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, м. Вінниця, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3294-6135>; e-mail: [a.kashkanov@gmail.com](mailto:a.kashkanov@gmail.com).

**Краснокутський Володимир Миколайович (Krasnokutskyi Volodymyr)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри автомобіле- та тракторобудування, м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9484-4113>; e-mail: [hvukvn62@gmail.com](mailto:hvukvn62@gmail.com).

**Кав'юк Вадим Володимирович (Kaviuk Vadym)** – Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, начальник кафедри аеродромно-технічного забезпечення авіації, м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0367-8314>; e-mail: [super-kvv1971@ukr.net](mailto:super-kvv1971@ukr.net).

**Матющенко Сергій Яковлевич (Matyushchenko Serhii)** – Військово-юридичний інститут Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого, старший викладач кафедри загальновійськових дисциплін, м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5486-568x>, e-mail: [sermatiu66@gmail.com](mailto:sermatiu66@gmail.com)