Військово-технічні проблеми

УДК 65012224:001

А.П. Бабич, О.М. Тур

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИБОРУ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ЗАСОБІВ РУХОМОСТІ СИСТЕМИ НАЗЕМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ

В статті наводиться метод вибору варіанту модернізації автомобільних засобів рухомості системи наземного забезпечення польотів авіації за комплексним критерієм «ефективність – вартість». Для оцінки ефективності автомобільних засобів рухомості, як складної технічної системи, що обслуговує процеси експлуатації авіаційних комплексів, запропонована і обґрунтована можливість застосування теорії систем масового обслуговування. Вартість технічної системи запропоновано визначати за ціною її закупівлі та можливими витратами при введені системи в експлуатацію.

Ключові слова: *автомобільні засоби рухомості, модернізація, критерій, ефективність, вартість, види наземного обслуговування, час очікування, витрати ресурсу, інвестиції.*

Вступ

Постановка проблеми. Ефективність бойової підготовки льотних екіпажів авіаційних частин і підрозділі, так як і ефективність реалізації бойової могутності бойових авіаційних комплексів, в значній мірі, залежить від роботи системи наземного забезпечення польотів авіації (СНЗПА), важливою складовою якої є автомобільні засоби рухомості (АЗР). Сучасний стан автомобільного парку СНЗПА, в багатьох дослідження, визначається як морально і фізично застарілим, що впливає на якість і оперативність обслуговування авіаційної техніки.

Одним із шляхів рішення цієї проблеми – є модернізація автомобільних засобів рухомості СНЗПА. При відомих альтернативних стратегіях модернізації автомобільного парку – заміна силових агрегатів, заміна шасі, застосування єдиного енергетичного модуля – проблемою є вибір оптимальної альтернативи за критерієм «ефективність – вартість». Якщо вартість проектів модернізації за визначеними альтернативами можливо визначити за ціною, яка відкрито декларується на технічні системи і агрегати, зокрема автомобільні засоби рухомості, та вартістю додаткових заходів по реалізації проекту, то визначення ефективності можливих альтернатив є певною проблемою. Тому саме розробка методу оцінки ефективності можливих альтернатив модернізації автомобільних засобів рухомості СНЗПА є шляхом рішення такої проблеми, що і визначає необхідність та актуальність наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.. Враховуючи широку сферу застосування технічних систем, проблема оцінки їх ефективності набула великого значення. За твердженнями С. Бира, без застосуванні теорії ефективності, при прогнозуванні ефекту технічної системи, не варто очікувати на практичну віддачу від експлуатації такої системи. [1]. В дослідженнях [2] визначається, що ефективність і якість роботи більшості американських компаній на пряму залежить від досконалості інформаційних і технічних систем обслуговування як виробничих так і управлінських процесів. Це викликає необхідність оцінку виробничих інвестиційних проектів починати з визначення витрат і прогнозування рівня віддачі систем технічного обслуговування цих виробничих проектів.

В роботах А.А. Вороніна визначається, що в якості критерію для обґрунтування ефективності технічної системи, найбільш доцільно брати витрати ресурсу [3]. Такі підходи рекомендуються і в дослідженнях [4], він вважає, що більш ефективною є та система, яка на досягнення певного результату витрачає менш свого ресурсу.

Такому висновку заперечують дослідження [5–6], де автори наголошують, що ефективність складних технічних систем може мати реальний прояв тільки в ході їх використання за призначенням. Тому найбільш об’єктивною оцінкою ефективності можуть бути результати цільового застосування технічної системи.

Певна солідарність з твердженнями з твердженнями цих авторів простежується і в дослідженнях [7–8]. В них стверджується, що такий критерії ефективності технічних систем як витрати ресурсів не повністю враховують якість виконання технологічних операцій, а також вплив машин на довкілля.

В роботах [9–10] обґрунтовується, що найбільш поширений на сьогоднішній день нормативний метод визначення показників ефективності виконання

© Бабич А.П., Тур О.М., 2017

технологічних операцій не враховує конкретні умови роботи комплексів та їх технічні характеристики.

За твердженням [11–12], особливих підходів до оцінки ефективності вимагають технічні системи обслуговування, які, як правило, є складовими складних ієрархічних організаційно-технічних систем. Ефективність таких технічних систем визначається як рівень вкладу в загальну ефективність складної ієрархічної системи [5].

Метою науково статті є розробка методу вибору варіанту модернізації комплексу автомобільних засобів рухомості СНЗПА за критерієм «ефективність – вартість».

Основний розділ

Аналіз наведених вище шляхів рішення проблеми оцінки ефективності технічних систем дає підставу визначитися з тим, що в сучасних технологічних процесах виробництва чи обслуговування важливу роль відіграють технічні засоби (системи), закупівля, експлуатація, підтримка працездатного стану яких супроводжується значними витратами. Йти на такі витрати можливо тільки на підставі оцінки результатів експлуатації таких засобів (систем). Тобто, вибір стратегії технічного оснащення (переоснащення в) в любій сфері діяльності вимагає оцінки ефективності тієї чи іншої альтернативи. Що стосується модернізації автомобільних засобів рухомості СНЗПА, то потрібно констатувати, що Україна значно спізнилася з переведенням СНЗПА на нову автомобільну базу. Проблема технічного стану автомобілів набула такого розвиту, що на її вирішення потрібно значний час та поетапний підхід. Поряд з цим, потрібно розуміти, що вибору любої альтернативи модернізації повинна передувати оцінка ефективності усіх можливих альтернатив. Враховуючи те, процеси наземного обслуговування літаків, в значній мірі, є тотожними процесам масового обслуговування, для розрахунку ефективності того чи іншого комплекту автомобільних засобів рухомості СНЗПА можливо застосувати методи теорії масового обслуговування. Економічно доцільним (ефективним) можливо вважати той і-й комплект автомобільних засобів рухомості (i=1, 2, 3, …, n – 1, n), при якому забезпечується мінімум цільової функції (Φ^{Σ_i}), що являє собою витрати ресурсу обумовлені як простоями літаків при очікуванні комплексу J-х видів обслуговування (j=1, 2, 3, …, m-1, m) ($\Phi^{л}_{ij}$), так і простоями автомобілів, які забезпечують комплекс j-х видів обслуговування ($\Phi^{а}_{ij}$).

$$\Phi^{\Sigma}_{i} = \sum_{j=1}^{m} \Phi^{л}_{ij} + \sum_{j=1}^{m} \Phi^{а}_{ij} \to \min . \qquad (1)$$

Задача вибору оптимального варіанту модернізації автомобільних засобів рухомості СНЗПА може бути поставлена так: визначити і оцінити витрати ресурсу в система «автомобіль СНЗПА – літак» за і-ми варіантами модернізації автомобільних засобів рухомості (заміна двигуна, заміна шасі, енергетичні модулі і т.д.) при визначеному комплекті засобів СНЗПА (необхідній кількості каналів j-х видів обслуговування (кількість спеціальних автомобілів) (k_j)k=1, 2, 3, …, l – 1, l) з визначеним спеціальним обладнанням, за визначеними умовами експлуатації: кількість літаків, вид і кількість польотів, метеорологічні умови, час доби, пора року тощо. Порівняння результатів оцінки витраченого ресурсу в системі «автомобіль СНЗПА – літак» при різних варіантах модернізації автомобільних засобів рухомості, при встановленій якості обслуговування, дасть можливість визначитися з ефективністю того чи іншого варіанту модернізації.

Узагальненим показником ефективності системи «автомобіль СНЗПА – літак» при і-му варіанті модернізації автомобільних засобів рухомості СНЗПА є витрати ресурсу (Φ^{Σ_i}) за сумарний час очікування ($t^{\Sigma_{очі}}$) виконання заявок на обслуговування літаків. В плані ефективності час очікування генерує витрати, які не дають результату, чим більші такі «економічні прогалини» тим менш ефективна виробнича система чи система обслуговування.

Вихідними даними для розрахунку витрат ресурсу літаків за час очікування є:

– вартість втраченого ресурсу за одиницю час (годину) простою літаків в очікуванні j-го виду обслуговування при і-му варіанті модернізації ($C^{л}_{i}j$): грн./год. Для літаків це перенесені на майбутнє витрати (додаткові витрати), які утворюються за рахунок необхідності додатково компенсувати втрачений час на підготовку льотних екіпажів;

– середня кількість викликів на j-го виду обслуговування за час простою літаків (щільність потоку заявок) за і-м варіантом модернізації (λ_{ij}), визначається за виразом:

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{t_{ij}}, \qquad (2)$$

де t_{ij} – математичне сподівання тривалості часу між двома сусідніми заявками j-го виду обслуговування;

$t_{срij}$ – середня тривалість очікування (год.) на j-й вид обслуговування.

Витрати ресурсу літака за час очікування j-го виду обслуговування за і-м варіантом модернізації можливо визначити за виразом:

$$\Phi^{л}_{ij} = C^{л}_{ij} * \lambda_{ij} \cdot * t_{ср\,ij} . \qquad (3)$$

Витрати ресурсу автомобілів за час очікування j-го виду обслуговування при і-му варіанті модернізації можливо визначити за виразом:

$$\Phi^{а}_{ij} = C^{а}_{ij} * (N_{ij} - \psi_{ij}) , \qquad (4)$$

де C^{a}_{ij} – вартість ресурсу автомобілів j-го виду обслуговування за одиницю часу (годину) очікування на обслуговування, грн./год.; N_{ij} – кількість автомобілів в комплекті СНЗПА для проведення j-го виду обслуговування: ψ_{ij} – середня кількість автомобілів, яка постійно занята j-м видом обслуговування або середня щільність заявок, які постійно обслуговуються певними засобами СНЗПА. Визначається як відношення середнього числа заявок, що поступають за одиницю часу на j-і засоби СНЗПА (щільності потоку заявок) (λ_{ij}^{a}) до середнього числа заявок , що можуть обслужити певні засоби СНЗПА за той же період часу (μ_{ij}) і розраховується за виразом:

$$\psi_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\mu_{ij}}; \qquad (5)$$

$$\mu_{ij} = \frac{1}{t_{обс\ ij}}, \qquad (6)$$

де $t_{обс\ ij}$ – середня тривалість обслуговування однієї заявки j-го виду при і-му варіанті модернізації;

$N_{ij} - \psi_{ij}$ – середня кількість автомобілів, які простоюють в очікуванні j-го виду обслуговування.

Якщо процес кожного j-го виду обслуговування прийняти за ординарний, стаціонарний потік з відсутністю післядії, то ймовірність (P_{0ij}) того , що всі канали (κ_j) j-го виду обслуговування (автомобілі) простоюють (літаки не готові до j-го виду обслуговування), можливо визначити за виразом:

$$P_{0_{ij}} = \frac{1}{\sum_{\kappa_j=0}^{1} \frac{\psi_{ij}}{\kappa_j!} + \frac{\psi_{ij}^{N_{iji}+1}}{N_{ij}!(N_{ij}-\psi_{ij})}}. \qquad (7)$$

Ймовірність того, що всі канали j-го виду обслуговування зайняті (P_{κ_j}) ($0 \lhd \kappa_j \le N_j$). визначається за виразом:

$$P_{\kappa_j} = \frac{\psi^{\kappa_j}_{ij}}{\kappa_j!} * P_{0_{ij}} = \frac{(\frac{\lambda_{ij}}{\mu_{ij}})^{\kappa_j}}{\kappa_j!} * P_{0_{ij}}. \qquad (8)$$

Якщо середня кількість занятих каналів j-го виду обслуговування (ψ_{ij}) менша за кількість засобів j-го виду обслуговування (N_j), то ймовірність черги на j-й вид обслуговування (зайнято 0 каналів) ($P_{чер_j}$) визначається за виразом:

$$P_{чер_j} = 1 - \sum_{\kappa_j=0}^{N_j} P_{\kappa_j}. \qquad (9)$$

Середнє число заявок, що очікують j-й вид обслуговування (середня довжина черги) ($m_{чер_j}$) визначається за виразом:

$$m_{чер_j} = \frac{\psi_{ij}^{N_j+1}}{\sum_{\kappa_j=0}^{N_j} \frac{\psi_{ij}^{\kappa_j}}{\kappa_j!} + \frac{\psi_{ij}^{N_j+1}}{N_j!*(N_j-\psi_{ij})}}. \qquad (10)$$

Відповідно, середня тривалість очікування до початку j-го виду обслуговування ($t_{оч_j}$) визначається за виразом:

$$t_{оч_j} = \frac{m_{чер_j}}{\lambda_{ij}}. \qquad (11)$$

За таких умов, сумарний час очікування в системі «автомобіль СНЗПА – літак» при і-му варіанті модернізації за період льотної зміни при виконанні завдань бойової підготовки визначається за виразом:

$$t^{\Sigma}_{очі} = \sum_{j=1}^{m} t_{оч_j}. \qquad (12)$$

Загальні «невиробничі» витрати ресурсу і-го варіанту системи «автомобільні засоби рухомості СНЗПА – літаки» ($\Phi^{*\Sigma}$) можливо визначити за виразом:

$$\Phi_i^{\Sigma} = t^{\Sigma}_{очі} * [C^{л\Sigma} * \lambda^{л} * t_{ср} + C^{a\Sigma} * (N - \psi)], \qquad (13)$$

де $C^{л\Sigma}$ – сумарні витрати ресурсу літаків за одиницю часу очікування засобів наземного обслуговування; $\lambda^{л}$ – середня кількість заявок на усі види обслуговування літаків за час очікування; $t_{ср}$ – середня тривалість очікування; $C^{a\Sigma}$ – сумарні витрати ресурсу автомобілів за одиницю часу знаходження в черзі на обслуговування (часу очікування); N – кількість автомобілів в комплекті засобів наземного обслуговування; ψ – середня кількість автомобілів з комплекту засобів наземного обслуговування, які постійно заняті обслуговуванням.

Проведені дослідження дозволяють кількісно оцінити першу складову критерію вибору «ефективність – вартість» – ефективність, що являє собою мінімізацію надлишкової витрати ресурсу системи «автомобільні засоби рухомості СНЗПА – літаки» щодо визначених варіантів модернізації автомобілів при однакових умовах їх експлуатації. Порівняння альтернати за ефективності можливо через відносний показник – коефіцієнт надлишкових витрат ресурсу $K_{нвр}$, який визначається як відношення загальних «невиробничих» витрат при певному варіанті модернізації автомобілів СНЗПА до нормативних витрат ресурсу системи ($\Phi_н^*$), коли всі операції по наземному обслуговування літаків ритмічно і безперервно, відповідно встановлених технологічних процедур ($t^{\Sigma оч} = 0$).

$$К_{нвр} = \frac{Ф^{*}\Sigma}{Ф^{*}_{н}}. \quad (14)$$

Чим менше значення цього коефіцієнта, тим вибраний варіант модернізації більш ефективніший.

Порівняння вартості кожної із вибраних стратегій модернізації можливо зробити через коефіцієнт економічності ($К_е$), який являє собою відношення інвестиційних вкладень, які визначені для реалізації проекту модернізації (I) до реальної вартості тієї чи іншої альтернативи модернізації ($Р_м$)

$$К_е = \frac{I}{Р_м}. \quad (15)$$

Якщо $К_е \geq 1$, то краща альтернатива за вартістю буде та, за якої коефіцієнт економічності більший, а якщо $К_е \lhd 1$,то краща альтернатива за умов меншого коефіцієнта ефективності. Практика показує те, при економічній оцінці інвестиційних проектів, вимагаються мінімізувати витрати, то ситуація, коли $К_е \geq$ мало ймовірна.

В ситуації, коли вибір проводиться за мінімумом показників $К_{нвр}, К_е$, оптимізація за критерієм «ефективність – вартість » проводиться за мінімум коефіцієнта доцільності і спроможності ($К_{дс}$):

$$К_{дс} = \frac{К_{нвр}}{К_е}. \quad (16)$$

Метод вибору варіанту модернізації автомобільних засобів рухомості наведена на рис. 1.

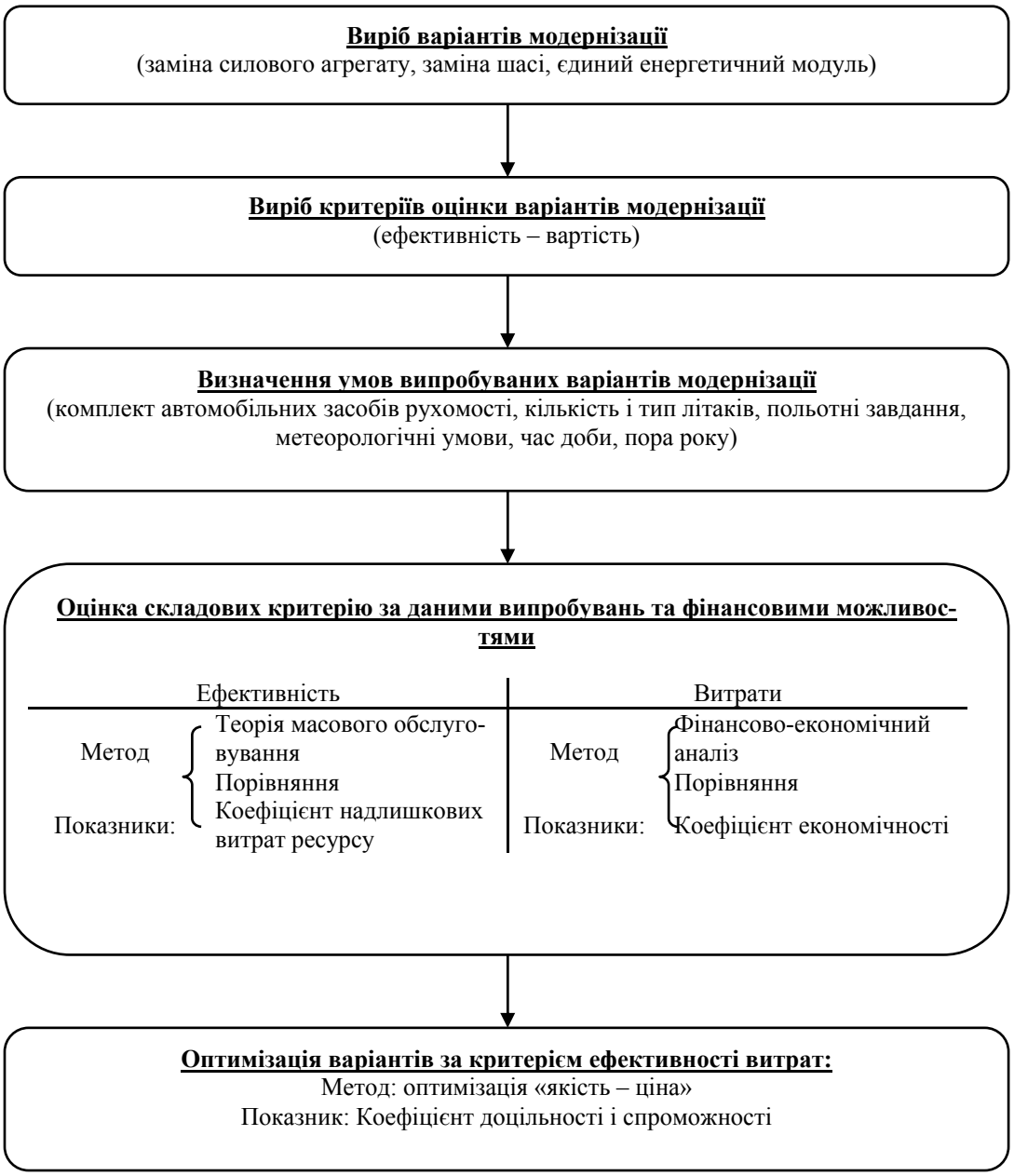

Рис. 1. Метод вибору варіанту модернізації автомобільних засобів рухомості

Наведений метод дозволяє визначитися з оптимальними варіантом модернізації автомобільних засобів рухомості СНЗПА за критерієм «ефективність – вартість » із значним рівнем об'єктивності і обґрунтованості. Разом з цим, застосування методу вимагає значних матеріальних і фінансових витрат на випробування, в результаті якого можливо накопичити вихідні дані для проведення розрахунків.

Висновки

Розроблено метод, який дозволяє оцінити варіанти модернізації автомобільних засобів рухомості за комплексним критерієм «ефективність – вартість». Застосування методів теорії масового обслуговування дозволяє визначитися з ефективністю альтернатив модернізації за показником відносних «невиробничих» витрат ресурсу в системі «автомобільні засоби рухомості – літаки». Порівняння вартості варіантів модернізації виконується за відносним показником економічності, який визначається в ході фінансово економічного аналізу проектів модернізації. Вибір альтернативи модернізації проводиться за результатами їх оптимізації за комплексним критерієм « ефективність – вартість», який більш відомий як «якість – ціна».

Список літератури

1. Бир С. Кибернетика и менеджмент: пер. с англ. / С. Бир. – М.: Радио и связь, 2013. – 416 с.
2. Cook W.D. Hierarchies and Croups DEA / W.D. Cook, I. Deyle // Journal of Productiviry Analysis. – 2009. – Vol. 10. – P. 177-198.
3. Воронин А.А. Оптимальные иерархические структуры / А.А. Воронин, С.П. Мишин. – М.: ИПУ РАН, 2009. – 214 с.
4. Fox K.I. Identifying Outliers in Multi Output Models / K.I. Fox, R.I. Hill // Journal of Productiviry Analysis. – 2007. – Vol. 6. – P. 73-94.
5. Simar L. Detecting Outliers in Frontier Models: A Simple Approach / L. Simar // Journal of Productivity Analysis. – 2003. – Vol. 20, No. 3. – P. 391-424.
6. Харрингтон Дж. Управление качеством американских компаний / Дж. Харрингтон [пер. с англ. В.И. Новиков]. – М.: Техника, 2001. – 318 с.
7. Моргунова О.Н. Подходи к оценке эффективности сложных иерархических систем / О.Н. Моргунова // Вестник университетского корпуса: сб. науч. тр. / под общ. ред. проф. Н.В. Василенко. – Красноярск: ВСФ РГУИТП НИИ СУВПТ, 2008. – Вип. 4 (18). – С. 44-55.
8. Сигер Д.А Методы управления стоимостью и анализа затрат / Д.А. Сигер [пер. с англ. А.П. Калюжный]. – М.: Феникс, 2011. – 343 с.
9. Dula I.H. Computations in DEA / I.H. Dula // Penguins Opera – canal-2008. – Vol. 22, No. 2. – P. 165-182.
10. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / Л.Г. Раскин. – М.: Радио, 2007. – 344 с.
11. Гигман Л.Д. Основы инвестирования производства технических систем / Л.Д. Гигман [пер. с англ. О. Букленишова]. – М.: Дело, 2009. – 391 с.
12. Зиновьев П.А. Анализ факторов и механизмов живучести в корпоративных информационных системах / П.А. Зиновьев // Исследования по информатике. – 2007. – Вып. 12. – Казань: Отечество. – С. 3-30.

References

1. Beer, S. (2013), "*Kybernetyka y menedzhment*" [*Cybernetics and Management*], Radio and Communication, Moscow, 416 p.
2. Cook, W.D. and Deyle, I. (2009), Hierarchies and Croups DEA, *Journal of Productiviry Analysis*, pp. 177-198.
3. Voronin, A.A. and Mishin, S.P. (2009), "*Optymal'nye yerarkhycheskye struktury*" [*Optimal hierarchical structures*], YPU RAN, Moscow, 214 p.
4. Fox, K.I. and Hill, R.I. (2007), Identifying Outliers in Multi Output, *Journal of Productiviry Analysis*, Vol. 6, pp. 73-94.
5. Simar, L. (2003), Detecting Outliers in Frontier Models: A Simple Approach, *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 20, No. 3. pp. 391-424.
6. Harrin, M. (2001), "*Upravlenye kachestvom amerykanskykh kompanyy*" [*Quality management of American companies*], Technology, Moscow, 318 p.
7. Morgunova, O.N. (2008), "Podkhody k otsenke effektyvnosty slozhnykh yerarkhycheskykh system" Approach to the evaluation of the effectiveness of complex hierarchical systems], *Herald of the University Corps*, VSF RGUITP SRI of the Supreme Economic Court, Krasnoyarsk, pp. 44-55.
8. Seager, D.A. (2011), "*Metody upravlenyya stoymost'yu y analyza zatrat*" [*Methods of cost management and cost analysis*], Phoenix, 343 p.
9. Dula, I.H. (2008) Computations in DEA, *Penguins Opera – canal*, Vol. 22, No. 2, pp. 165-182.
10. Raskin, L.G. (2007), "*Analyz slozhnykh system y elementi teoryy optymal'noho upravlenyya*" [*Analysis of Complex Systems and Elements of Optimal Control Theory*], Radio, Moscow, 344 p.
11. Gigman, L.D. (2009), "*Osnovy ynvestyrovanyya proyzvodstva tekhnycheskykh system*" [*Fundamentals of investment in the production of technical systems*], The Case, Moscow, 391 p.

12. Zinoviev, P.A. (2007), "Analyz faktorov y mekhanyzmov zhyvuchesty v korporatyvnykh ynformatsyonnykh systemakh" [Analysis of factors and mechanisms of survivability in corporate information systems], *Research in Informatics*, Kazan, Fatherland, pp. 3-30.

Надійшла до редколегії 28.07.2017
Схвалена до друку 7.09.2017

Відомості про авторів:

Бабич Анатолій Петрович
Кандидат військових наук
доцент Харківського національного
університету Повітряних Сил
Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9467-7754
e-mail: Anatoliy petrovich 88@gmail.com

Тур Олександр Максимович
викладач Харківського національного
університету Повітряних Сил
Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-8705-7814
e-mail: Lrut@ukr.net

Information about the authors:

Babich Anatoli
Candidate of Military Sciences
Associate Professor of Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-9467-7754
e-mail: Anatoliy petrovich 88@gmail.com

Tur Alecsandr
Instructor of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-8705-7814
e-mail: Lrut@ukr.net

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВЫБОРА ВАРИАНТА МОДЕРНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ АВИАЦИИ

А.П. Бабич, А.М. Тур

В статье разрабатывается метод выбора варианта модернизации автомобильных средств передвижения системы наземного обеспечения полетов авиации по комплексному критерию «эффективность – стоимость». Для оценки эффективности автомобильных средств передвижения, как сложной технической системы, которая обслуживает процессы эксплуатации авиационных комплексов, предложено и обосновано применение теории массового обслуживания. Стоимость технической системы определяется по цене ее закупки и возможными затратами при вводе системы в эксплуатацию.

Ключевые слова: *автомобильные средства передвижения, модернизация, критерий, эффективность, стоимость, виды наземного обслуживания, время ожидания, расход ресурса, инвестиции.*

ELABORATION OF CHOICE METHODS FOR THE MODERNIZATION OF AUTOMOTIVE INSTRUMENTS FOR THE SYSTEM OF GROUND SUPPORT FOR FLIGHT OPERATIONS.

A. Babich, O. Tur

By great number of examinations, the current condition of the vehicle assets for the ground support system for aviation flights is defined as morally and physically out of date, that affect the aviation equipment service quality and efficiency.

The modernization of automotive means of locomotion (vehicles) is the one of ways for solving this problem.

The known alternative strategies for modernizing the automobile park, which include the renewal of power units and chassis, applying the single power module, keep the unsolved problem for choosing the optimal alternative by the "efficiency – cost" criterion.

The upgrading variants costs are able to be determined at prices, that are publicly declared for technical systems and aggregates, and by the expenses for arranging the system into service.

The comparison of upgrading variants costs is determined by the comparative indicator of profitability, which is defined over the financial-economic analysis for the modernization projects.

The upgrade option efficiency should be evaluated by assets expenses during the maintenance of aviation complexes, that depends on pending time for maintenance in the system of "automobile means of locomotion – airplanes".

Taking into account that the processes of the ground-based aircraft maintenance are large-scale service processes, it requires to apply methods of the theory of waiting lines for estimation the pending time for maintenance service.

The modernization options benchmarking is carried out by the comparative index of overhead "non-productive" expenses, that are liable to occur while pending for the service.

The offered method allows to define the optimal modernization variant for automotive vehicles by the "efficiency - cost" criterion with the significant reasonableness and the objectivity level.

However, the method application requires significant material and financial expenses for the probation, that could allow to collect the initial data for carrying out the calculations.

Keywords: *automobile vehicles, modernization, criterion, efficiency, cost, types of ground handling, waiting time, resource consumption, investments.*