УДК 656.073.7 **DOI 10.33042/2522-1809-2021-6-166-211-216**

Є.В. Нагорний, О.П. Калініченко, О.В. Павленко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ БОЙОВИХ ЛІТАКІВ

У статті визначена структура системи засобів наземного обслуговування та перспектива застосування багатоланкових модульних аеродромних машин, розроблена нова технологія виконання доставки засобів аеродромно-технічного обслуговування до повітряних суден, а також формалізовано процес обслуговування бойових літаків для технічного обслуговування, заправки паливом та боєкомплектом.

Ключові слова: *модель, бойові літаки, летовище, транспортне обслуговування, модульні системи.*

Постановка проблеми

Повітряні сили України – один з головних носіїв бойового потенціалу Збройних сил України. Цей високоманеврений вид збройних сил призначений, спільно з військами Протиповітряної оборони, для охорони повітряного простору держави, ураження з повітря об'єктів противника, авіаційної підтримки власних військ, висадки повітряних десантів, повітряного перевезення військ і матеріальних засобів та ведення повітряної розвідки. Військова авіація України (без урахування армійської авіації) базується на аеродромах у Старокостянтинові, Озерному, Борисполі, Василькові, Івано-Франківську, Луцьку, Миколаєві, Миргороді, Мелітополі, Гавришівці, плюс навчальна бригада у Чугуєві [1].

В умовах прагнення розширення взаємодії України з НАТО [2] та міжнародних зв’язків в цілому, за різними напрямками діяльності важливе місце займає авіаційна сфера, а в її межах повітряні операції, що повинні здійснюватися, як літаками Повітряних Сил ЗС України так і авіацією іноземних держав [3]. Командування Повітряних Сил ЗСУ опублікувало «Візію» щодо раціональних шляхів розвитку виду військ [4]. Ведення збройної боротьби в «гібридних» воєнних конфліктах виявило відповідні недоліки в системі матеріально-технічного забезпечення (МТЗ) при обслуговувані повітряних суден [5]: нездатність повною мірою виконувати безперебійне постачання міжвидових угруповань сил у надзвичайних умовах; недостатня гнучкість і адаптивність системи забезпечення; несвоєчасність матеріального забезпечення; невисока надійність і живучість МТЗ.

Таким чином, для побудови ефективної системи наземного транспортного обслуговуванні бойових літаків необхідно врахувати стан існуючих ресурсів та складність процесу, що розглядається, його значимість для обороноздатності країни та перспектив розвитку взаємодії з НАТО.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ринок послуг технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) повітряних суден (ПС) є одним і найбільш привабливих та динамічних в структурі авіаційної галузі. При цьому на ринку послуг ТОіР працюють різні за розміром, галузевою приналежністю, спеціалізацією підприємства. Це вимагає від авіатранспортних підприємств та організацій з ТОіР перегляду існуючої практики не лише у сфері реалізації маркетингових функцій, але й функцій стратегічного та логістичного управління, інформаційного забезпечення менеджменту тощо [6].

На забезпечення надійності авіаційної техніки впливає якість проведення всіх видів технічного обслуговування – передпольотного, післяпольотного, при короткочасних зупинках, періодичного, профілактичного та важких форм технічного обслуговування (ТО). У статті [7] наведено формули оцінки якості роботи працівників центру технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки.

Проведене в роботах [8, 9] дослідження дозволило вивчити вплив передових технологій, а саме технологій інтернету речей, на час обслуговування повітряних суден. Розроблена модель підтверджує гіпотезу про зменшення часу перебування літака на землі в разі використання технології «RFID».

Представлений підхід авторами в [10] показує, що технічне обслуговування повітряного судна (ПС) може бути заплановане таким чином, щоб переривання обслуговування було мінімальним, а потреба у терміновому позаплановому технічному обслуговуванні зведена до мінімуму. Також дуже важливим в обслуговуванні є розробка графіку, в якому враховуються всі можливі відмови, ризики та безпека виконання робіт на летовищі [11, 12].

© Нагорний Є.В., Калініченко О.П., Павленко О.В.

Професійний зв'язок між військовими повітряними суднами, транспортними засобами та управлінням повітряним рухом може підтримуватись транспортною спеціальною мережею для обміну необхідними сполученнями між цими сторонами, щоб знати, коли транспортні засоби використовують військовий аеродром [13].

Основна мета військової авіації – оптимізувати бойову готовність: здатність виконувати поставлені льотні завдання [14]. В цій статті представляється модель оптимізації планування польотів та технічного обслуговування, яка одночасно враховує аспекти доступності, зручності обслуговування та стійкості, що призводить до запобіжного, ефективного та надійнішого планування.

Матеріально-технічне забезпечення відіграє важливу роль при розробці та використанні винищувача [15, 16]. У минулому діяльність з логістичної підтримки здебільшого здійснювалася за допомогою паперових документів. Перехід на комп'ютерну систему логістичної підтримки допоміг швидко проаналізувати логістичні записи з метою оцінки можливості підтримки та скласти план альтернатив.

В представлених розробках пропонуються відповідні рішення по вдосконаленню транспортного обслуговування повітряних суден на основі сучасних інформаційних та технічних рішеннях, тому це показує перспективу розвитку цих напрацювань при розробці моделі функціонування систем наземного транспортного обслуговування бойових літаків.

Формулювання мети статті

Метою даної роботи є побудова моделі функціонування систем наземного транспортного обслуговування бойових літаків. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити задачі:

– визначення структури системи засобів наземного обслуговування та перспективи застосування багатоланкових модульних аеродромних машин;

– розробити нову технологію виконання доставки засобів аеродромно-технічного обслуговування до повітряних суден;

– формалізувати процес обслуговування бойових літаків для технічного обслуговування, заправки паливом та боєкомплектом.

Виклад основного матеріалу

Для засобів аеродромно-технічного обслуговування повітряних суден (ЗАТО ПС) рухомість забезпечується такими властивостями, як маневреність, прохідність, стійкість при русі, безвідмовність шасі, здатність транспортування авіаційного (аеродромного) спеціального обладнання будь-якими серійними або спеціальними автомобілями (універсальність) та швидкої заміни автомобілів на марші, можливість швидкого перестроювання при нападі на колону для розосередження і подальшого руху малими групами машин, або зовсім поодинці. Визначені властивості залежать від схеми ЗАТО ПС та технологій управління маневруванням [5].

Для підготовки повітряних суден використовуються різноманітні засоби обслуговування, що головним чином змонтовані на автомобільних шасі. Такого роду засоби технічного обслуговування літаків (вертольотів) класифікуються на: засоби наземного обслуговування загального застосування; засоби наземного обслуговування спеціального застосування; засоби контролю; інструмент; засоби військового ремонту. Засоби технічного обслуговування можуть бути транспортабельними (пересувними, переносними) і нетранспортабельними (стаціонарними). Аналіз технічного стану спеціальної техніки ЗАТО ПС ЗС України, вказує на низький відсоток справних ЗАТО ПС [5].

Тому в світі є вже багато прикладів (Польща, Чехія, Німеччина та інш.) таких багатоланкових модульних аеродромних машин (рис. 1) [5]. За допомогою яких вдається знизити час на подачу засобів, зменшити ризики травмування на виробництві, збільшити швидкість підготовки ПС та інше.

Рис. 1. Приклад багатоланкових модульних аеродромних машин

В статті [5] наведені вісім запатентованих інноваційних технологій керування маневруванням модульних машин засобів аеродромно-технічного обслуговування повітряних суден (ЗАТО ПС), які не мають аналогів у світі і отримані вперше. На основі цього технологічного прориву вирішуються проблемні задачі перспектив розвитку ЗАТО ПС – варіанти модернізації, розробки або закупівлі з урахуванням вимог здійснення маршу для перебазування. Пропонується використання одновісних причепів для модульних машин ЗАТО ПС, під якими розуміються не тільки причепи з однією віссю, а й з декількома зближеними (наближеними) осями (рис.2). Аналіз показує цілу низьку переваг таких модульних машин по зрівнянню з використанням двовісних причепів [5]. На рис. 2 позначено: а – звичайний одновісний причеп; б – одновісний причеп з двома наближеними висями; в, г – схеми причіпних модулів для триланкових аеродромних машин.

Для кожного виду підготовки повітряного судна до польотів існують конкретні вимоги щодо його обслуговування та заправкою авіаційним паливом,

киснем, повітрям, азотом, підвісними паливними баками, спеціальними вантажами, експлуатаційними матеріалами.

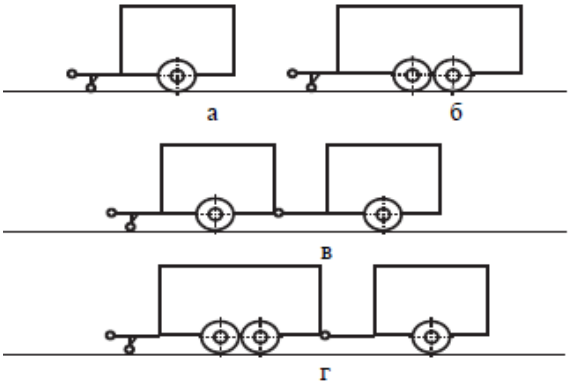

Рис. 2. Варіанти створення ЗАТО ПС на основі одновісних причепів з неповоротними колесами, приєднаних до тягача позаду або попереду

Технологія виконання доставки засобів аеродромно-технічного обслуговування наступна – засоби знаходяться в місцях їх постійної дислокації, та заправляються технологічними газами та рідинами в незалежності від потреби в обслуговуванні повітряних суден. При виникненні потреби в обслуговуванні повітряних суден, визначається необхідність в використанні конкретних засобів аеродромно-технічного обслуговування та оцінюється можливість складання з них модульної конструкції з трактором в якості тягача. Необхідно зазначити, що максимальна кількість модулів які можуть входити в конструкцію і які можуть одночасно обслуговувати повітряне судно дорівнює чотирьом.

Тягач доставляє модульні конструкції до повітряних суден на летовищі по розробленим розвізним маршрутам, які в подальшому трансформуються в розвізно-збірні маршрути з паралельно-послідовним обслуговуванням запланованих повітряних суден.

Розташування повітряних суден та засобів підготовки (обслуговування) представлено на рис. 3. Де зображено умовне розміщення на аеродромному комплексі (на прикладі Чугуївського військового аеродрому) на відповідній відстані переміщення – *L*, кількість технічних засобів обслуговування (модулів) – *N*, кількість повітряних суден – *P*, яким потрібна необхідна кількість оснащення – *Q*, а також для визначена кількість робітників, яка задіяна в переміщенні засобів – *M*.

На основі запропонованої схеми розташування повітряних суден та засобів обслуговування побудуємо послідовність технологічних операцій: 1 – процес зберігання вантажу; 2 – процес формування партії обслуговування (технічних засобів – спеціалізованих автомобілів або модульних конструкцій); 3 – процес транспортування до повітряного судна; 4 – процес обслуговування повітряного судна (розвантаження); 5 – процес повернення рухомого складу; 6 – процес розформування модульної конструкції.

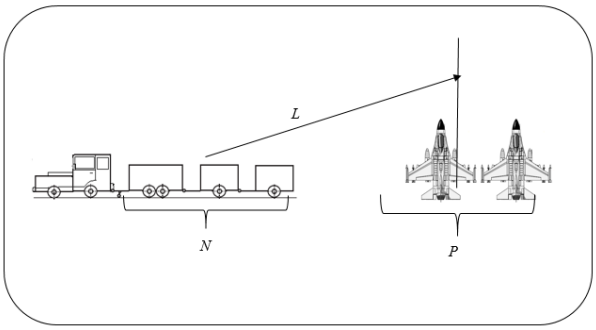

Рис. 3. Схема розташування повітряних суден та засобів обслуговування на летовищі

Процес доставки вантажів необхідних для обслуговування повітряних суден на летовищах буде оцінюватися витратами – B_z, які формують множину значень встановлених витрат за кожним елементом технологічного процесу та характеризуються наступними елементами

$$B_z = \left\{ I \ , S_V, S_M, t_o, N \ , P \right\}, \qquad (1)$$

де I – інтенсивність надходження замовлень засобів обслуговування (вантажу), т/год.;

S_V – собівартість виконання одиниці відповідної операції, грн/т.;

S_M – собівартість однієї години роботи одного робітника, грн/год.·од.;

t_o – час виконання відповідної операції, год.;

N – кількість задіяних модулів для виконання відповідного обслуговування, од.;

P – кількість повітряних суден, од.

Витрати на зберігання вантажу визначаємо з урахуванням спеціальних умов розташування відповідних видів вантажів

$$B_1 = \sum_{i=1}^{n} I_i \cdot S_{зб.i.} \cdot (1 + \alpha_{зб.i.}) \cdot t_{зб.i.}, \qquad (2)$$

де I_i – інтенсивність надходження замовлень *i*-го виду вантажу, т/год.;

$S_{зб.i.}$ – собівартість зберігання *i*-го виду вантажу в відповідному вигляді засобу, грн/т;

$\alpha_{зб.i.}$ – частка *i*-го виду вантажу, яка залишилася в відповідному вигляді засобу, т;

$t_{зб.i.}$ – час зберігання *i*-го виду вантажу в відповідному вигляді засобу, год.;

n – кількість відповідного i-го виду вантажу.

Витрати на формування партії обслуговування

$$B_2 = \sum_{i=1}^{n} (I_i \cdot S_{ф.i.} \cdot t_{ф.i.} + M_i \cdot S_{M.i} \cdot t_{M.i}), \quad (3)$$

де $S_{ф.i.}$ – собівартість формування партії обслуговування i-го виду вантажу з урахуванням виду засобу обслуговування, грн/т;

$t_{ф.i.}$ – час формування партії обслуговування i-го виду вантажу в відповідному виду засобу обслуговування, год.;

M_i – кількість робітників, задіяних в формуванні партії обслуговування i-го виду вантажу, од.;

$S_{M.i}$ – собівартість одного часу робітника, задіяного в формуванні партії обслуговування i-го виду вантажу, грн/год.;

$t_{M.i}$ – час роботи одного робітника, задіяного в формуванні партії обслуговування i-го виду вантажу, год.

Витрати на процес транспортування до повітряного судна

$$B_3 = \sum_{i=1}^{n} S_{тpi} \cdot N_i \cdot q_i, \quad (4)$$

де $S_{тpi}$ – собівартість перевезення однієї тони i-го виду вантажу технічним засобом, грн/т;

N_i – кількість технічних засобів, задіяних в перевезенні i-го виду вантажу, од.

q_i – обсяг i-го виду вантажу, що перевозиться відповідним технічним засобом (автомобілем або модулем), т.

Витрати на обслуговування повітряного судна

$$B_4 = (S^{j}_{обсл.} \cdot P_j + S^{m}_{обсл.} \cdot M_{обсл.}) \cdot t^{j}_{обсл.}, \quad (5)$$

де $S^{j}_{обсл.}$ – собівартість обслуговування відповідного j-го типу повітряного судна за визначений час, грн/год;

P_j – кількість повітряних суден відповідного j-го типу;

$S^{m}_{обсл.}$ – собівартість виконання обслуговування відповідного j-го типу повітряного судна одним робітником за визначений час, грн/год;

$M_{обсл.}$ – кількість робітників, які задіяні в обслуговуванні повітряних літаків;

$t^{j}_{обсл.}$ – час обслуговування відповідного j-го типу повітряного судна, год.

Витрати на повернення рухомого складу

$$B_5 = \sum_{i=1}^{n} S_{тpi} \cdot N_i \cdot q_i^{зал}, \quad (6)$$

де $q_i^{зал}$ – залишки відповідного виду вантажу в технічному засобі, т.

Витрати на розформування модульної конструкції

$$B_6 = \sum_{i=1}^{n} S_{розф.i} \cdot N_i \cdot t_{розф.i}, \quad (7)$$

де $S_{розф.i}$ – собівартість розформування модульної конструкції відповідного типу за визначений час, грн/год;

$t_{розф.i}$ – час розформування модульної конструкції, год.

Висновки

Визначено, що на теперішній час у місцях постійної дислокації Повітряних Сил Збройних Сил України використовуються застарілі транспортні засоби для технічного обслуговування, заправки паливом та боєкомплектом, та застосовуються застарілі транспортно-технологічні схеми доставки такого виду вантажів на летовищах України, що призводить до зниження боєздатності та підвищення матеріальних витрат та витрат часу на проведення робіт пов’язаних з обслуговуванням літаків. Тому необхідно приділяти увагу питанням застосування нових транспортних засобів, а особливо модульних конструкцій та розробці технології визначення оптимального розподілу транспортних ресурсів для підготовки повітряних суден, для різних умов функціонування транспортного комплексу та різних видів підготовки повітряних суден.

Запропоновано розглядати дві схеми обслуговування повітряних суден – існуючу, з використанням існуючих транспортних засобів та пропоновану – з використанням модульних конструкцій, в якій в якості тягача виступає колісний трактор вітчизняного виробництва та мобільні модулі, що представляють собою спеціальні засоби для обслуговування повітряних суден, змонтовані на причепах. Процес доставки вантажів необхідних для обслуговування повітряних суден на летовищах буде оцінюватися витратами, які формують множину значень встановлених витрат за кожним елементом технологічного

процесу обслуговування повітряних суден. Розроблені моделі функціонування систем обслуговування бойових літаків для технічного обслуговування дозволять врахувати вплив випадкових факторів, оцінити можливість використання модульних конструкцій, а також визначити ефективність використання існуючих ресурсів на летовищах України.

В подальшому планується побудувати імітаційну модель процесу, що розглядався, за допомогою програмного середовища та визначити ефективну технологію наземного обслуговування повітряних суден (бойових літаків).

Література

1. *Авіацію Повітряних Сил зосередять на 5–6 авіабазах [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.ukrmilitary.com/2020/05/aviabazy.html (дата звернення 12.10.2021 р.).*
2. *Співробітництво Україна–НАТО у військовій сфері [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://nato.mfa.gov.ua/ukrayina-ta-nato/spivrobitnictvo-ukrayina-nato-u-vijskovij-sferi (дата звернення 12.10.2021 р.).*
3. *Новічонок С.М. Проблеми стандартизації аеродромно-технічного забезпечення державної авіації України та шляхи їх вирішення в умовах взаємодії з НАТО та міжнародної інтеграції / С.М. Новічонок, О.В. Бабіч, І.В. Терентьєва // Системи озброєння і військова техніка. – 2020. – № 2(62). – С. 24–34.*
4. *Візія Повітряних Сил ЗСУ: заміна радянського та уніфікація [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://mil.in.ua/uk/articles/viziya-povitryanyh-syl-zsu-zamina-radyanskogo-ta-unifikatsiya/ (дата звернення 13.10.2021 р.).*
5. *Кириченко В.В. Рішення проблемних задач перспектив розвитку засобів аеродромно-технічного обслуговування повітряних суден / В.В. Кириченко, В.В. Кав'юк, Б.Г. Васильєв // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. –2017. – № 2(27). – С. 42–48.*
6. *Петровський О.М. Маркетинг партнерської взаємодії підприємств при організації технічного обслуговування та ремонту повітряних суден / О.М. Петровський // Ефективна економіка України з питань економіки. – 2010. – № 4. – С. 24–29.*
7. *Кучер О.Г. Оцінювання якості технічного обслуговування повітряних суден авіакомпанії / О.Г. Кучер, П.О. Власенко // Наукоємні технології. – 2009. – № 4. – С. 14–20.*
8. *Sun Z.F. Construction of the Air Offensive Operation Battlefield Support System Based on the Internet of Things Technology / Sun Z.F., Ma X., Sun D.X. // Advanced Materials Research. – 2013. – Vol. 834–836. – PP. 1873–1876. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.834-836.1873*
9. *Škultéty F. Pre-flight inspections of aircraft emergency equipment via RFID technology / Škultéty F., Stalmašeková N. // Transportation Research Procedia. – 2018. – Vol. 35. – PP. 279– 286. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.010*
10. *Prescott D. Modelling the Use of Maintenance to Minimise Aircraft Service Disruption / Prescott D., Andrews J. // IFAC Proceedings Volumes. – 2010. – Vol. 43(3), 44–49. http://dx.doi.org/10.3182/20100701-2-PT-4012.00009*
11. *Qin Y. A mathematical model and algorithms for the aircraft hangar maintenance scheduling problem / Qin Y., Wang Z.X., Chan F.T.S., Chung S.H., Qu T. // Applied Mathematical Modelling. – 2019. – 67. – PP. 491–509. https://doi.org/10.1016/j.apm.2018.11.008*
12. *Hobbs A. Aircraft Maintenance and Inspection, Editor(s): Roger Vickerman, International Encyclopedia of Transportation, Elsevier, 2021. – 2386. – PP. 25–33.*
13. *Zaki S.M. Towards Deploying Vehicular Ad Hoc Networks on Aerodromes to Mitigate Incursions / Zaki S.M., Ngadi M.A., Razak S.A. // Advanced Materials Research. – 2012. – 433–440. – PP. 4968–4976. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.433-440.4968*
14. *Verhoeff M. Maximizing Operational Readiness in Military Aviation by Optimizing Flight and Maintenance Planning / Verhoeff M., Verhagen W.J.C., Curran R. // Transportation Research Procedia. – 2015. – 10. – PP. 941–950. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.048*
15. *Kumar Shukla S. Integrated Logistics System for Indigenous Fighter Aircraft Development Program / Kumar Shukla S., Kumar S., Selvaraj P., Rao V.S. // Procedia Engineering. – 2014. – 97. – PP. 2238–2247. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.468*
16. *Al-Momani H. The efficiency of using a tailored inventory management system in the military aviation industry / Al-Momani H., Al Meanazel O. T., Kwaldeh E., Alaween A., Khasaleh A., Qamar A. // Heliyon. – 2020. – 6(7). – PP. 257–269. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04424*

References

1. Air Force aviation will be concentrated at 5-6 air bases. URL: https://www.ukrmilitary.com/2020/05/aviabazy.html [in Ukrainian]
2. NATO–Ukraine cooperation in the military sphere. URL: https://nato.mfa.gov.ua/ukrayina-ta-nato/spivrobitnictvo-ukrayina-nato-u-vijskovij-sferi [in Ukrainian]
3. Novichonok, S.M., Babich, O.V. & Terentyeva, I.V. (2020). Problems of standardization of aerodrome-technical support of the state aviation of Ukraine and ways of their solution in the conditions of interaction with NATO and international integration. *Weapons systems and military equipment*, 2(62), 24–34. [in Ukrainian]
4. Vision of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine: replacement of the Soviet Union and unification. URL: https://mil.in.ua/uk/articles/viziya-povitryanyh-syl-zsu-zamina-radyanskogo-ta-unifikatsiya/ [in Ukrainian]
5. Kirichenko, V.V., Kavyuk, V.V. & Vasiliev, B.G. (2017). Solving problematic problems of prospects for the development of aerodrome maintenance of aircraft. *Science and Technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*, 2(27), 42–48. [in Ukrainian]
6. Petrovsky, O.M. (2010). Marketing of partnership interaction of enterprises in the organization of maintenance and repair of aircraft. *Effective economy of Ukraine on economic issues*, 4, 24–29. [in Ukrainian]
7. Kucher, O.G. & Vlasenko, P.O. (2009). Evaluation of the quality of maintenance of the airline's aircraft. *Science-intensive technologies*, 4, 14–20. [in Ukrainian]
8. Sun, Z.F., Ma, X. & Sun, D.X. (2013). Construction of the Air Offensive Operation Battlefield Support System Based on the Internet of Things Technology. *Advanced Materials Research*, 834–836,

1873–1876. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.834-836.1873
9. Škultéty, F. & Stalmašeková, N. (2018). Pre-flight inspections of aircraft emergency equipment via RFID technology, *Transportation Research Procedia*, 35, 279–286. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.010
10. Prescott, D. & Andrews, J. (2010). Modelling the Use of Maintenance to Minimise Aircraft Service Disruption. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(3), 44–49. http://dx.doi.org/10.3182/20100701-2-PT-4012.00009
11. Qin, Y., Wang, Z.X., Chan, F.T.S., Chung, S.H. & Qu, T. (2019). A mathematical model and algorithms for the aircraft hangar maintenance scheduling problem. *Applied Mathematical Modelling*, 67, 491–509. https://doi.org/10.1016/j.apm.2018.11.008
12. Hobbs, A. (2021). Aircraft Maintenance and Inspection, Editor(s): Roger Vickerman. *International Encyclopedia of Transportation, Elsevier*, 2386, 25–33.
13. Zaki, S.M., Ngadi, M.A. & Razak, S.A. (2012). Towards Deploying Vehicular Ad Hoc Networks on Aerodromes to Mitigate Incursions. *Advanced Materials Research*, 433–440, 4968–4976. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.433-440.4968
14. Verhoeff, M., Verhagen, W.J.C. & Curran, R. (2015). Maximizing Operational Readiness in Military Aviation by Optimizing Flight and Maintenance Planning. *Transportation Research Procedia*, 10, 941–950. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.048
15. Kumar Shukla, S., Kumar, S., Selvaraj, P. & Rao, V.S. (2014). Integrated Logistics System for Indigenous Fighter Aircraft Development Program. *Procedia Engineering*, 97, 2238–2247. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.468
16. Al-Momani, H., Al Meanazel, O.T., Kwaldeh, E., Alaween, A., Khasaleh, A. & Qamar, A. (2020). The efficiency of using a tailored inventory management system in the military aviation industry. *Heliyon*, 6(7), 257–269. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04424

Рецензент: д-р техн. наук, професор П.Ф. Горбачов, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: НАГОРНИЙ Євген Васильович
доктор технічних наук, професор
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – ktt@khadi.kharkov.ua
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9813-2479

Автор: КАЛІНІЧЕНКО Олександр Петрович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – kttkap@gmail.com
ID ORCID: http://orcid.org/0000-0002-9024-3668

Автор: ПАВЛЕНКО Олексій Вікторович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – ttpov@ukr.net
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4237-4310

MODEL OF OPERATION OF COMBAT AIRCRAFT GROUND TRANSPORTATION SERVICE SYSTEMS

Y. Nagornyy, O. Kalinichenko, O. Pavlenko
Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The article analyzes the current state and prospects of development of systems of ground transport maintenance of aircraft, which allowed to form the purpose of the study in this development. The chosen topic is quite relevant, because effective organization of combat aircraft maintenance allows raising combat effectiveness of Ukrainian air forces. One of the directions of maintenance cost reduction is effective use of resources. The study establishes that in order to improve the quality of transport maintenance and increase the combat effectiveness of the Armed Forces and National Guard of Ukraine, it is necessary to pay attention to the use of new transport vehicles, especially modular designs and development of technology to determine the optimal distribution of transport resources for aircraft maintenance, for different conditions of the transport complex and different types of aircraft maintenance. The authors propose to consider two aircraft maintenance schemes – existing using existing technology and proposed using a modular design. In a modular design, a wheeled tractor acts as a tug, which drives mobile modules, which are special means for servicing aircraft. Such an energy-efficient vehicle may consist of 4 modules at a time. The process of delivering the cargo required for servicing the aircraft at the airport is estimated at costs, which form a set of cost values for each technological process of servicing the aircraft. The set criterion is influenced by the parameters: the cost of performing a unit of the corresponding operation, the cost of one hour of work of one worker, the time of performing the corresponding operation, the number of modules involved to perform the corresponding service, the number of aircraft. The developed models of functioning of combat aircraft maintenance systems for maintenance will allow to take into account the influence of random factors, to assess the possibility of using modular designs, as well as to determine the efficiency of existing resources on airfields in Ukraine.

Keywords: *model, combat aircraft, airfield, transport service, modular systems.*