

УДК 629.331.083

С.М. Новічонок, О.Б. Куренко, О.А. Усачова, С.І. Борових

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ МЕТОДИКИ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ЗАХОДІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ АЕРОДРОМНО-ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПРИ ПЕРЕВОДІ ЇХ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ

*Розроблена комплексна методика обґрунтування доцільного комплексу заходів технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів аеродромно-технічного обслуговування літальних апаратів при переводі їх на експлуатацію за технічним станом. Запропонований в методиці спосіб визначення наближеної інформації про прогнозований стан парку полягає в отриманні її на підставі наближених розрахунків, за методами статистичного аналізу та експертного оцінювання.*

**Ключові слова:** *технічне обслуговування за станом, транспортний засіб, аеродромно-технічне обслуговування, коефіцієнт технічної готовності, експертна оцінка.*

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз літератури.** В сучасних умовах можливості частин та підрозділів авіації Збройних Сил (ЗС) України виконувати завдання за призначенням значно залежать від якісного, своєчасного та повного аеродромно-технічного обслуговування (АТО) літальних апаратів (ЛА), основу якого складає автомобільна та електрогазова техніка [1].

На теперішній час дійовим засобом підтримки транспортних засобів (ТЗ) в справному стані є підвищення їх технічної готовності шляхом проведення відповідного технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). Проведений аналіз [1–8] показав, що призначення встановленого на великий термін (незмінного) постійного комплексу заходів ТО і Р ТЗ веде до зниження гнучкості ТО і Р. Для усунення цього недоліку потрібна методика, яка дозволить ефективно коригувати початковий комплекс заходів.

Проведений аналіз літературних джерел [1 – 9] показав, що незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених застосуванню технічного обслуговування за станом, питанню постійного коригування встановленого комплексу заходів ТО і Р приділено недостатньо уваги.

На цей час актуальним є питання формування раціональних шляхів підвищення ефективності ТО і Р ТЗ АТО ЛА ЗС України шляхом переводу їх на експлуатацію за технічним станом [9]. Відомо, що підвищення ефективності ТО і Р може бути здійснено через організаційні та технічні заходи. Чітке розуміння розподілу завдань між цими двома складовими є основою ефективного переходу на експлуатацію за

технічним станом. Однією з головних переваг експлуатації за технічним станом є висока гнучкість.

**Метою статті** є підвищення технічної готовності ТЗ засобів АТО ЛА шляхом розробки комплексної методики обґрунтування доцільного комплексу заходів щодо ТО і Р ТЗ АТО ЛА ЗС України при переводі їх на експлуатацію за технічним станом.

### Основний матеріал

Режими ТО і Р ТЗ АТО ЛА ЗС України залежать від великої кількості конструктивно-технологічних та експлуатаційних факторів. Очевидно, що для кожного пункту ТО (пункту регламентних робіт і т.ін.) повинні бути обрані свої, найвигідніші (оптимальні) режими ТО і Р, що враховують специфічні умови роботи. Проте у нормативних документах [10] вказується лише періодичність проведення ТО і регламентні роботи, які не прив'язані до умов експлуатації.

Оптимальні режими ТО і Р можуть бути отримані шляхом коригування режимів, рекомендованих [10] для заданих умов експлуатації. Сутність коригування режимів ТО і Р полягає в уточненні основного переліку операцій і періодичності їх виконання на підставі спільного аналізу фактичних даних про виконання операцій обслуговування та періодичності, змісту та обсягів виконаних ремонтів.

Максимальна гнучкість буде досягатись тоді, коли рішення щодо змін режимів ТО і Р буде прийматись безпосередньо тим, хто експлуатує ТЗ, в тому числі водієм. При переході на обслуговування за технічним станом необхідно забезпечити необхідний рівень надійності та готовності ТЗ. Це не може бути здійснено тільки за рахунок досвіду водіїв та

техніків навіть при забезпеченні їх необхідним тестовим обладнанням.

Відомо, що [4] при планово-попереджувальній системі (ППС) експлуатації проводиться збір даних про відмови та їх статистичний аналіз. Окрім того, при експлуатації техніки за ППС був накопичений великий досвід прогнозування відмов, і цей досвід необхідно врахувати.

Взагалі підприємство виробник шляхом проведення тестових досліджень окремих вузлів відслідковує рівень їх надійності з метою його підтримання на визначеному рівні. В умовах, коли ТЗ вже не знаходиться на гарантійному обслуговуванні, коли широко використовуються запчастини від сторонніх виробників, ефективність врахування узагальнених статистичних даних значно знижується. Як показано в [4], в цьому випадку, при експлуатації за технічним станом організація, що експлуатує ТЗ, сама повинна вести статистичні дослідження та проводити необхідні дослідження.

Не торкаючись питання визначення необхідних ресурсів для проведення відповідних робіт, зазначимо, що їх проведення вимагає значного часу. В той же час рішення по коригуванню режимів ТО і Р повинні прийматись своєчасно.

В цьому є одне з головних протиріч. Той, хто експлуатує ТЗ, не має часу, необхідного обладнання, освіти для прийняття об'єктивного рішення, але він вимушений його приймати через необхідність виконання свого основного завдання – забезпечення ТЗ виконання завдань за призначенням. Позитивним в цьому випадку може бути наявний досвід та можливість негайного проведення додаткових оглядів (вимірювань, аналізів) агрегатів (механізмів) ТЗ, про ТО і Р якого приймається рішення.

Персонал, який веде статистичний аналіз та проводить дослідження, в ідеальному випадку, має високу кваліфікацію (інженерну, наукову) та необхідні тестові прилади, але він або працює з даними, які він або отримав і узагальнив в процесі експлуатації багатьох ТЗ (причому вони можуть бути і неточними, за різних причин), або отримав їх під час досліджень. Дані, отримані професійними дослідниками, точніші, проте ці дані лише дані з дослідних зразків. Тобто оцінка, яка може отримуватись, буде мати лише певне наближення до решти ТЗ і може не враховувати особливості конкретного ТЗ.

Слід зазначити, що статистичний аналіз, враховуючи сучасний технічний розвиток, може бути автоматизований і проводитись достатньо швидко в реальному масштабі часу.

Проведення експериментальних досліджень на окремих вузлах потребує значного часу і буде, скоріш за все, займати час значно більший, ніж статистичний аналіз.

В [4; 9] показана доцільність проведення математичного моделювання з метою оцінки характеру та ступеня впливу конкретних існуючих або майбутніх умов експлуатації на остаточний ресурс ТЗ. Таке моделювання теж потребує певного часу.

До негативних рис таких теоретичних досліджень можна віднести можливі неточності оцінок через узагальнення отриманих висновків.

В той же час ТО і Р за станом дозволяє враховувати стан ТЗ і проводити необхідні упереджувальні впливи на підставі прогнозів по конкретному ТЗ, або у разі неможливості виконання відповідних робіт в зазначений термін коригування способу завдань за призначенням. Таким чином в процес прийняття рішення про зміну режимів ТО і Р доцільно включати осіб, які планують використання ТЗ за призначенням.

Для виконання прийнятих рішень повинно бути своєчасно організовано забезпечення матеріальними, людськими ресурсами та технічними засобами. У разі відсутності зазначеного забезпечення рішення на зміну режиму ТО і Р повинно відхилятися (перепрацьовуватись). Таким чином, раціональним є залучення керівництва органів постачання та ремонтних органів до прийняття відповідного рішення.

Залучення великої кількості виконавців (виконання великої кількості аналітичних та дослідницьких робіт) до прийняття рішення по зміні режиму ТО і Р значно уповільнює процес ТО і Р, чого допускати не можна. Одним з шляхів його уникнення є розроблення уніфікованих рішень. Забезпечення водіїв і ремонтного персоналу відповідними методиками та тестовим обладнанням дозволить приймати типові рішення безпосередньо під час виникнення проблеми. Очевидно, що перелік таких уніфікованих рішень та алгоритми їх приймання повинні постійно оновлюватись у відповідності зі змінами умов експлуатації та станом парку ТЗ.

На рис. 1 наведена функціональна схема запропонованої комплексної методики обґрунтування доцільного комплексу заходів щодо ТО транспортних засобів АТО ЛА при переводі їх на експлуатацію за технічним станом. Розглянемо її більш докладно.

На схемі функції розміщені в прямокутниках. Стрілки означають отримані результати.

При плануванні виконання завдань за призначенням необхідні відомості про прогнозований стан ТЗ (стрілка 1) можуть бути отримані на підставі наближених розрахунків та методами експертного оцінювання. За допомогою експертів також отримується перелік факторів, що враховуються при математичному моделюванні та під час експериментальних досліджень (стрілка 2).

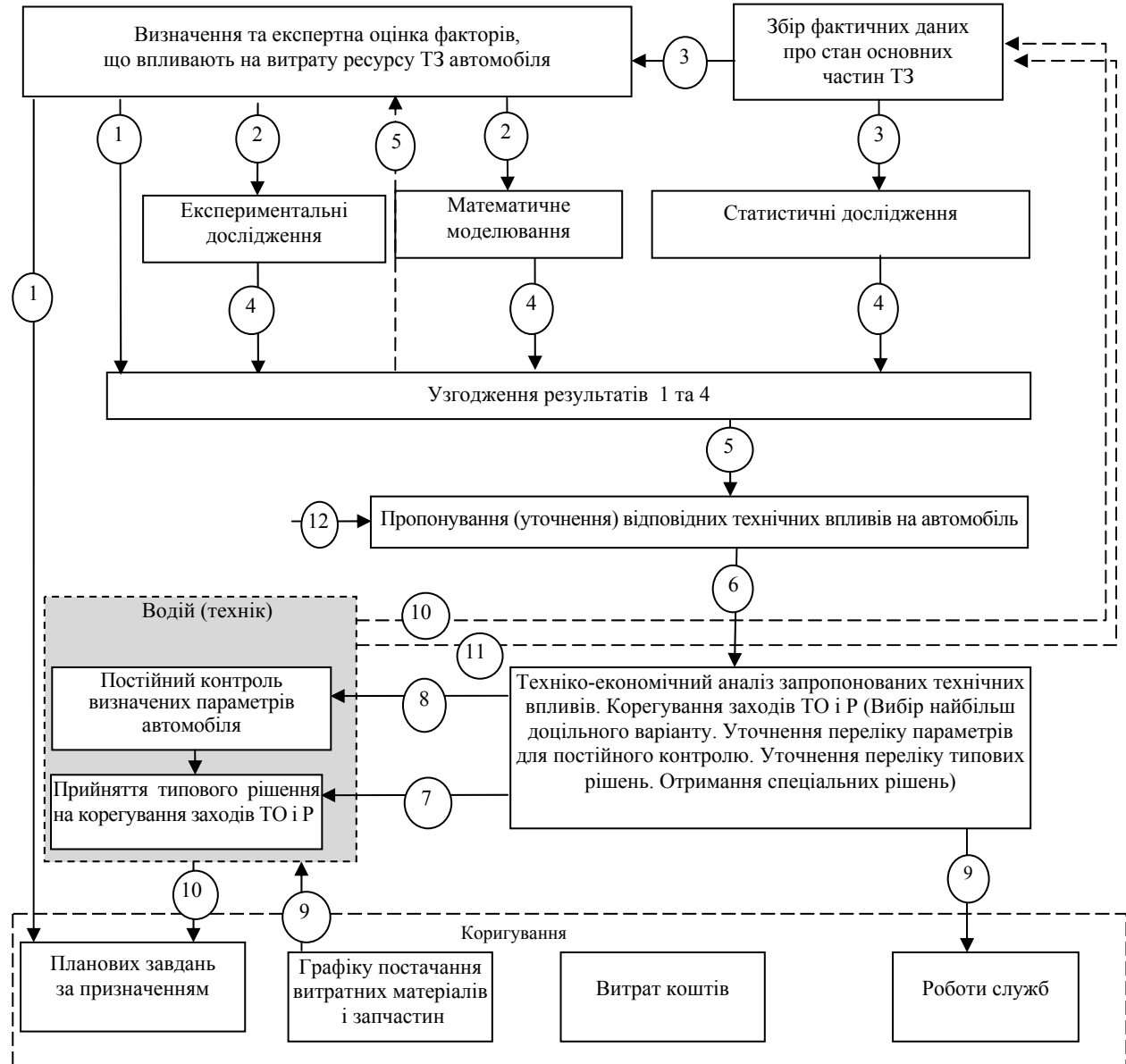
Наприклад, для отримання наближених відомостей про прогнозований стан ТЗ можна скористатись коефіцієнтом відмов, що визначається за виразом:

$$k_0 = \frac{n'_0}{n_0} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $n'_0$  – число відмов даного агрегату (механізму);

$n_0$  – число відмов за всіма агрегатами (механізмами) автомобіля.

Коефіцієнти відмов, отримані по всім агрегатам (механізмам), показують, які з агрегатів (механізмів) автомобіля є найменш надійними або надійність яких з елементів автомобіля необхідно підвищити для підвищення надійності всього автомобіля.



1. Прогноз перспективного стану ТЗ на підставі експертного оцінювання та наближених розрахунків
2. Перелік факторів, що враховуються при моделюванні та під час експериментальних досліджень
3. Узагальнені фактичні дані про стан парку ТЗ та окремих вузлів
4. Розрахункова та фактична інтенсивність відмов, «слабкі» властивості та частини ТЗ
5. Прогнозований стан ТЗ
6. Перелік можливих впливів на ТЗ (елементи ТЗ)
7. Уточнений (оптимізований типовий перелік впливів)
8. Уточнений перелік параметрів для контролю
9. Окреме рішення по особливому випадку
10. Типове рішення
11. Дані про стан ТЗ (компонентів ТЗ) та прийняті рішення по ТО і Р
12. Відомості про технічні та організаційні можливості ТО і Р

Рис. 1. Функціональна схема комплексної методики обґрунтування доцільного комплексу заходів щодо ТО і Р транспортних засобів АТО ЛА при переводі їх на експлуатацію за технічним станом

Ті механізми та агрегати, у яких коефіцієнти відмов мають більші значення, потребують і більш ретельного обслуговування, ніж ті агрегати, за якими коефіцієнти відмов отримані меншими. Для виявлення частин автомобіля із зниженою надійністю та уточнення прогнозу щодо ресурсу основних частин автомобілів необхідно проводити експериментальні дослідження, математичне моделювання та статистичні дослідження.

Математичне моделювання необхідно для прогнозування швидкості і характеру зміни стану ТЗ при передбачуваній зміні режимів ТО і Р та режимів експлуатації. Експериментальні дослідження необхідні для перевірки адекватності запропонованих змін режимів ТО, впливу передбачуваних експлуатаційних факторів та перевірки окремих результатів математичного моделювання. Статистичний аналіз проводиться з метою оцінки реальних наслідків змін в процесі експлуатації.

В результаті проведених досліджень будуть отримані: розрахункова та фактична інтенсивність відмов, рівень надійності ТЗ в цілому та його окремих частин (стрілка 4).

Погодження цієї інформації з прогнозами експертів та наближеними розрахунками надасть можливість більш точного прогнозування стану ТЗ.

На підставі отриманої інформації про прогнозований стан ТЗ та з урахуванням технічних та організаційних можливостей (стрілка 12) формується (уточняється) перелік відповідних технічних впливів на автомобіль, тобто пропозиції по коригуванню режиму та обсягу ТО і Р.

Далі слід провести техніко-економічний аналіз запропонованих технічних впливів, а саме вибір найбільш доцільного варіанту, уточнення переліку параметрів для постійного контролю, уточнення переліку типових рішень та, у разі необхідності, отримання спеціальних рішень.

В якості цільової функції можна запропонувати вираз (2), обґрунтування якого наведено в [5]:

$$C, L_{\text{опт}}(t_{\text{тр}}) \rightarrow \text{opt}, \quad (2)$$

де  $C$  – витрати на ТО і Р ТЗ, грн.;

$L_{\text{опт}}$  – оптимальний (ефективний) пробіг ТЗ, тис. км;

$t_{\text{тр}}$  – питома трудомісткість поточного ремонту (ТО і Р), люд·год/1000 км.

Для прийняття рішення по ТО і Р конкретного ТЗ необхідно мати значення певного переліку контрольованих параметрів. В залежності від наявного тестового обладнання та методів контролю, які використовуються, перелік контрольованих параметрів також повинен бути уточнений.

Таким чином, уточнений перелік контрольованих параметрів та перелік уніфікованих рішень при виході їх за встановлені межі надаються персоналу, що безпосередньо експлуатують ТЗ (водій, технік і т.д). Про стан ТЗ, прийняті рішення (або неможливість його прийняття) та здійснені впливи інформація надається до органів з відповідними функціями (стрілки 10 та 11).

У разі, коли типові рішення прийняти не вдається, воно приймається керівництвом за допомогою усіх дослідницьких заходів, про які сказано вище і надається безпосередньому виконавцю (стрілка 9).

Слід звернути увагу на те, що запропонована функціональна схема не передбачає виконання окремої функції окремим органом. Рішення про кількість виконавчих органів та розподіл функцій між ними повинно прийматись в залежності від розміру парку, до якого застосовується методика, та інтенсивності його використання.

## Висновки

В роботі розроблена комплексна методика обґрунтування доцільного комплексу заходів щодо ТО ТЗ АТО ЛА ЗС України при переводі їх на експлуатацію за технічним станом. Запропонований спосіб визначення наближеної інформації про прогнозований стан парку та цільова функція для обиравання оптимального способу коригування переліку впливів на ТЗ під час ТО і Р. Запропонована методика дозволить послабити протиріччя між тривалістю прийняття оптимального рішення по коригуванню режиму ТО і Р на ТЗ та необхідністю негайного впливу на конкретний ТЗ для підтримання заданого рівня надійності та технічної готовності.

## Список літератури

1. Біла книга – 2015. Збройні Сили України. – К.: МО України, 2016. – 104 с.
2. Орловский М.Н. Современные проблемы технической эксплуатации воздушных судов. / М.Н. Орловский, Ю.А. Яковлев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии –2011. – № 49. – С. 95-103.
3. Комаров Ю.А. Методические основы перехода на ремонт по техническому состоянию оборудования АЭС / Ю.А. Комаров, В.И. Скалозубов // Удосконалення устаткування теплових і атомних енергоустановок. Збірник наукових праць СМУЯЕтаП. – Севастополь: СМУЯЕтаП, 2009. – Вып. 4(32). – С. 26-39.
4. Смирнов Н.Н. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию / Н.Н. Смирнов, А.А. Ицкович. – М.: Транспорт, 1980. – 232 с.
5. Лисий О.В. Моделирование эксплуатационных показателей уровня технического stanu автопоїзда / О.В. Лисий // Збірник наукових праць Військової академії. – Одеса: ВА, 2015. – Вып. 2(4). – С. 18-24.
6. Аринин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей. Управление технической готовностью подвижного

состава / И.Н. Аринин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов и др. – Владимир: 1998. – 219 с.

7. Banks J. C., Crow E., Reichard K. & Ruark, R. (2002) *Cost-benefits analysis of the effect of condition-based maintenance strategies for military ground vehicles*, IEEEAC.

8. *Condition Based Maintenance (CBM) for Ground Vehicles – Режим доступу до сайту: [https://www.researchgate.net/publication/224407906\\_Condition\\_based\\_maintenance\\_of\\_military\\_ground\\_vehicles](https://www.researchgate.net/publication/224407906_Condition_based_maintenance_of_military_ground_vehicles).*

9. Рогозін І.В. Проблеми технічного обслуговування і ремонту засобів рухомості озброєння та військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України за технічним станом / І.В. Рогозін, О.Б. Куренко, С.М. Новіченок //

Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 3. – С. 150-152.

10. Про затвердження Керівництва з експлуатації автомобільної техніки в Збройних Силах України: наказ № 219 від 01.07.2002 р. / Міністр оборони України – Офіц. вид. – К.: МО України, 2002. – 48 с.

Надійшла до редколегії 12.01.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. М.А. Подригало, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків.

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ МЕТОДИКИ ОБОСНОВАНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ АЭРОДРОМНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ИХ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ**

С.М. Новиченок, А.Б. Куренко, О.А. Усачова, С.И. Боровых

*Разработана комплексная методика обоснования целесообразного комплекса мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств аэродромно-технического обслуживания летательных аппаратов при переводе их на эксплуатацию по техническому состоянию. Предложенный в методике способ определения приближенной информации о прогнозируемом состоянии парка заключается в получении ее на основании приближенных расчетов по методам статистического анализа и экспертных оценок.*

**Ключевые слова:** техническое обслуживание по состоянию, транспортное средство, аэродромно-техническое обслуживание, коэффициент технической готовности, экспертная оценка.

**COMPLEX METHOD OF SUBSTANTIATING AN EXPEDIENT SET OF MEASURES FOR THE MAINTENANCE OF VEHICLES FOR GROUND HANDLING OF AIRCRAFT OF ARMED FORCES OF UKRAINE DURING THE PERIOD OF THEIR TRANSFER TO CONDITION BASED MAINTENANCE**

S.M. Novichonok, O.B. Kurenko, O.A. Usachova, S.I. Borovyh

*A complex method of substantiating an expedient set of measures for the maintenance of vehicles for ground handling during period of their transfer to condition based maintenance was made. The proposed method is based on methodology for determining the approximate condition of park of vehicles, using methods of statistical analysis and expert evaluation.*

**Keywords:** condition based maintenance, vehicle, ground handling, availability factor, expert evaluation.