

*Р. М. Салімов, к.т.н., В. О. Максимов, к.т.н., О. І. Юрченко,  
(Національний авіаційний університет, Україна)*

## **Управління технологічними процесами технічного обслуговування авіаційної техніки**

*В статті розглядаються проблеми збереження льотної придатності повітряних суден на основі управління якістю технічного обслуговування. Обґрунтовані показники якості роботи авіаційних фахівців, приведена структура властивостей, що визначають якість функціонування ергатичних систем. Надано схему формування ефективності та якості процесів технічного обслуговування авіаційної техніки*

### **Постановка проблеми.**

Якість технічного обслуговування (ТО) повітряних суден (ПС) являється одним з найважливіших елементів системи підтримання льотної придатності (ЛП) ПС, яка врегульовується державою, базуючись на авіаційних правилах; нормах; вимогах, регламентуючих процес сертифікації експлуатантів й організацій з ТО.

Управління якістю ТО розглядається як важлива умова впровадження нових високоефективних технологій підтримання ЛППС.

Важливою проблемою в цивільній авіації (ЦА) є забезпечення надійності складних функціональних систем ПС у процесі експлуатації. Важливим елементом у дослідженні надійності таких систем є визначення видів діяльності обслуговуючого персоналу, тривалості та часу виконання ними робіт з ТО, пов'язуючи їх з «ергатичними системами» (ЕС) [1-2].

### **Мета дослідження.**

Метою даних досліджень являється забезпечення якості робіт персоналу з ТО для підвищення ефективності заходів, які спрямовані на підтримання ЛП ПС в експлуатації.

Для керування якістю процесів ТО необхідно визначення кількісних показників надійності людини, які пропонуються на основі аналізу структури їх діяльності.

### **Основний матеріал.**

Система управління якістю ТО ПС представляє собою організаційно-технічну систему, що забезпечує збереження льотної придатності ПС в процесі експлуатації, й охоплює як матеріально-технічні об'єкти (вимоги до компонентів ПС, наземного обладнання, технологічного оснащення, інструментів), так й організаційно-методичне управління виробничим процесом (методи управління технічним станом (ТС), оцінку ефективності та якості процесів ТО, програми навчання та підготовки кадрів й інші сфери діяльності людей).

Деякий час при розгляді випадків, спричинених помилкою людини,

обставини, за яких умов (організаційних, протягом тривалого часу, тощо) ці помилки сталися, не враховувалася, та особа, що несе відповідальність за їхнє недопущення, не визначалася. Для виявлення загальносистемних умов, які сприяють появі таких помилок, слід більш детально дослідити системні та організаційні недоліки.

Виконання ТО компонентів ПС складається з комплексу діагностичних, профілактичних й ремонтних впливів на об'єкт будь-якого вигляду, об'єму й періодичності, який забезпечує необхідні показники надійності та ефективності використання ПС при відповідних витратах на обслуговування [3-5].

При аналізі надійності ПС як ергатичної системи слід розглядати як взаємодію інженерно-технічного персоналу з технічною системою ПС, так й цілеспрямовану діяльність керівників робіт, які організують процеси ТО ПС.

Пошук оптимальних варіантів технічної експлуатації включає задачі планування підготовки ПС до польотів й спорядження ЛА відповідно польотним завданням; організації системи забезпечення запасними частинами; методи оцінки технічного складу об'єктів експлуатації, планування робіт, які виконуються в організаціях по ТО згідно з Програмою ТО [6].

Для більш повного врахування різнотипних факторів, що мають вплив на якість ТО, будемо розглядати організацію з ТО як довільну систему у сфері авіації й позначимо її за об'єкт, що має вигляд:  $\langle X, H, S, F, Y \rangle$ . У цьому виразі приймемо  $X$  – за предмет, для якого створена ця система, в даному випадку це авіаційна техніка; за суб'єкт –  $H$ , в нашому випадку авіаційні фахівці. Знаряддя (технічні засоби) позначимо  $S$ , продуктом цієї системи призначимо підтримання льотної придатності об'єктів експлуатації й позначимо  $Y$ . Представимо увесь процес як  $F$  й опишемо так: результатом виконання системою процесу  $F$  є забезпечення ЛП  $Y$  об'єктів експлуатації (ПС)  $X$  за умови долучення до процесу спеціалістів  $H$  і засобів  $S$ .

В найпоширеніших випадках завдання на якісне ТО рекомендується складати у такому вигляді: виявити такі значення  $X, H, S$  і  $F$ , за яких будуть виконуватися такі умови:

$$P_Y(H, X, S, F) \geq P_Y^n,$$

$$C_Y(H, X, S, F) \rightarrow \min,$$

де:  $P_Y(H, X, S, F)$  – функціонал, який виявляє ступінь залежності ймовірності відсутності помилок в роботі авіаційних фахівців під час ТО АТ;

$C_Y(H, X, S, F)$  – функціонал, який описує середні витрати на виконання робіт з ТО;

$P_Y^n$  – мінімально припустиме допустиме значення  $P_Y$ .

Процес змінювання властивостей елементів системи  $H, S$ , процесу  $F$  та пов'язаних з ними, певним чином, змінювання показників якості  $P_Y$  і вартості  $C_Y$ , при цьому залишаючи незмінною мету системи  $Y$  і є керування якістю ТО.

Структура властивостей, що визначають якість функціонування «ергатичних систем» показана на рис.1.

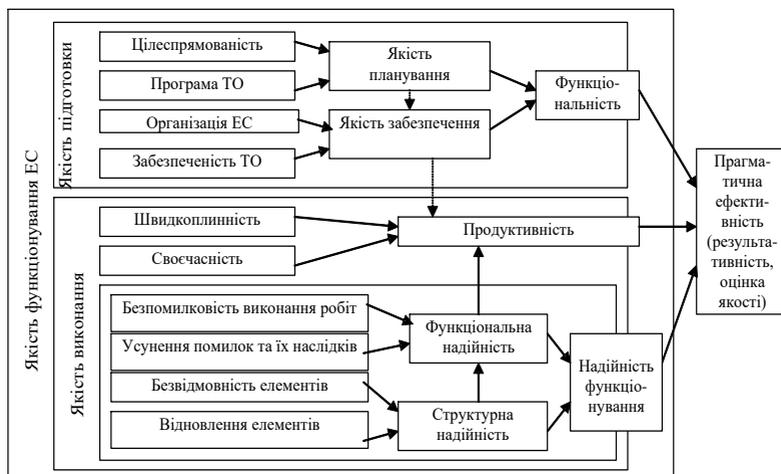


Рис.1. Структура властивостей, що визначають якість функціонування ЕС

Якість планування – сукупність властивостей, що включає існування реальної мети, яка планується для досягнення, й сукупність документів (програма ТО), які зумовлюють принципи, порядок, правила та режими ТО, котрі можуть привести до досягнення запланованої мети.

Якість забезпечення – сукупність властивостей, які включають існування документів, що зумовлюють правила взаємодії суб'єктів, а також фактичну наявність знаряддя праці та організацію поставок усіх елементів, необхідних для здійснення процесів функціонування.

Функціональність можна трактувати як надійність планування й забезпечення, і як наслідок, обирати методи, для оцінювання надійності функціонування [4, 7]. Це пояснюється тим, що на відміну від технічних систем, які розглядаються лише в розрізі процесу функціонування, в ЕС задіяні і процеси підготовки виробництва, що можуть спричинити появу функціональних або організаційних відмов (нестача або повна відсутність як трудових, так і матеріальних ресурсів, порушення взаємозв'язку між службами підприємства, тощо). Автори розглядають надійність функціонування ЕС, як таку, що поєднує в собі структурну та функціональну надійності.

До структурної надійності автори також відносять результати, отримані на основі методів та інструментів теорії надійності, а до функціональної – непостійні та нетривкі відмови (помилки людини, збої в роботі і засобів ТО, і систем ПС, тощо).

Функціонування складних систем ПС в експлуатації забезпечується спеціальними засобами та планомірною цілеспрямованою працею колективів та організацій з ТО ПС.

Основні напрямки досліджень експлуатації ПС пов'язані із розробкою технологічних процесів ТО, з управлінням технічним станом ПС, збереженням їх льотної придатності та забезпеченням безпеки польотів [8].

У відповідності з методологією функціонально-структурної теорії ефективність ергатичної системи ( $E_c$ ) характеризують сукупність показників якості функціонування ЕС  $F_c$  – продуктивності, можливих зовнішніх впливів системного рівня  $Z_c$  та управляючих факторів  $X_c$ :

$$E_c = f[F_c, X_c, Z_c]$$

Наступний вираз показує зв'язок між показниками  $F_c$  та показниками якості виконання певних задач  $F_z$  та структури їх логіко-часового взаємозв'язку  $L_{c-z}$ :

$$F_c = \varphi[F_{z_i}, X_{z_i}, Z_{z_i}, L_{c-z}, U_{c-z}, Y_{c-z}]$$

де  $X_{z_i}$  – керовані фактори системи для певної задачі;

$Z_{z_i}$  – різні некеровані фактори, які мають вплив на якість виконання задачі;

$U_{c-z}$  – обмеження, які мають вплив на структуру;

$Y_{c-z}$  – керовані фактори структури.

Так само існує зв'язок між показником якості виконання задачі  $F_z$  та якості виконання певних операцій  $F_o$  й логіко-часової структури операцій  $L_{z-o}$ :

$$F_z = \gamma[F_{o_i}, X_{o_i}, Z_{j_i}, L_{z-o}, U_o, Y_o]$$

де  $X_{o_i}$  – керовані фактори системи для певної операції;

$Z_{o_i}$  – різні некеровані фактори, які мають вплив на якість виконання операції;

$U_o$  – обмеження, при виконанні певної операції, які мають вплив на структуру;

$Y_o$  – керовані фактори структури.

Досліджувана схема формування показників якості процесів ТО має такі відмінності:

- пропонуване порівняне обрахування показників  $F_i$  дозволяє поділити складні процеси на більш простіші;
- обчислення окремо і параметрів і структури системи, дає можливість здійснювати і окрему їхню оптимізацію: структурну та параметричну;
- пропонуване порівняне обчислення усіх перешкоджаючих та керуючих факторів дозволяє оцінювати їхній вплив відповідно їхньому рівню.

Використання принципово нової концепції експлуатації, яка не тільки враховує, але й раціонально використовує усі резерви сформованих промисловістю експлуатаційних властивостей конструкцій ПС й потребує не

тільки застосування сучасних досягнень в області теорії надійності та технічної експлуатації, але й технічного переоснащення експлуатантів, а також діджиталізації процесів управління ТО ПС з метою впровадження безпаперових технологій.

Усвідомлення важливості ТО для забезпечення безпеки польотів ПС являється логічним наслідком проведення більш широких досліджень цього виду діяльності людини.

Впровадження сучасних методів діагностування поділяє технологічні процеси ТО до більш вузької спеціалізації персоналу з ТО. Це тягне за собою зростання витрат на засоби контролю й число операцій з контролю ТС виробів, значно зростає значимість результатів контролю й діагностування ТС об'єктів експлуатації. Також, формуються передумови для впровадження найбільш ефективних методів ТО та усунення деяких видів ТО ПС й створює можливість для скорочення простою ПС на ТО і підвищує ефективність їхнього використання.

Надійність діяльності людини визначається надійністю організму людини та надійністю виконання людиною функцій з ТО. Тому надійність діяльності людини за звичай надають у вигляді структурної та функціональної надійності [7-9].

Показниками функціональної надійності були розглянуті ймовірності безпомилкового ( $\beta_1$ ) виконання операції та виконання з помилкою ( $\beta^0 = 1 - \beta^1$ ). За показники функціонально-часової надійності бралася ймовірність своєчасного виконання операції, тобто час  $t$ , витрачений на операцію не перевищує гранично допустимий час  $\tau$ .

Наведені показники були математично пов'язані із ймовірностями виконання (операції або рішення задач) без помилок та з помилкою; математичним очікуванням; дисперсією часу виконання; імовірністю достатності наділених ресурсів й інших факторів та досліджені на 3-х рівнях: операцій, задачі та задачі.

## Висновки

Наведений підхід вказує на переваги та спрямованість ергатичної системи й дає можливість враховувати вплив усіх чинників (факторів) і на показники якості процесів ТО, і їхню структуру, що дозволяє підвищити ефективність процесів ТО АТ через їхню керованість за рахунок покращення базових ( $X_0, X_3, X_c$ ) і структурних ( $V_0, V_3$ ) елементів системи.

Для визначення показників функціональної надійності необхідно знати математичне очікування та дисперсію часу виконання одиниці діяльності. На функціональному рівні було отримано кількісні показники надійності людини на основі аналізу структури її діяльності і можуть бути використані для керування якістю робіт авіаційних фахівців.

## Список літератури

1. Бурлаков В.І., Салімов Р.М., Сікорський Є.О. Современные концепции управления процессами технической эксплуатации АТ. Збірник наукових

праць „Вісник КМУЦА”. 1999, с.9-16.суден та авіаційних двигунів. - Київ; НАУ, 2003. – 170 с.

2. Дмитрієв С.О., Бурлаков В.І., Салімов Р.М. Концептуальні положення збереження льотної придатності повітряних суден України. Матеріали IV МНТК «АВІА-2002”. НАУ. 2002, т.3. с.17-23.

3. Дмитрієв С.О., Бурлаков В.І., Юрченко О.І. Модель технологічного процесу технічного обслуговування авіаційної техніки. // Вісник НАУ.–К.: – 2005. – № 3(25). –С. 64-68. DOI: 10.18372/2306-1472.25.1205.,

4. V.O. Maksymov, O.I. Yurchenko, R.M. Salimov. The simulation model for the formation of the aircraft brake repair flow during flight operations // Proceedings of the Fourteenth International Conference of Science and Technology “AVIA-2019”, April, 23-25, 2019, Kyiv – K.: НАУ, 2019. – С. 17.21-17.25.

5. Burlakov V.I., Popov D.V., Yurchenko O.I., Slepuhina I.A., Korsunenko N.V. Management processes of technical operation of aviation technics. Proceedings Of the world congress “Aviation in the XXI-st century”, “Safety in aviation and space technology”. September 22-24, 2008, Volume 1. Kyiv, - 2008, p.11.28-11.31.

6. Maksymov V. O., Yurchenko O. I. Forecast of Demand for Aviation Maintenance and Air Navigation Specialists for the Next 20 Years / V.O. Maksymov, O.I. Yurchenko // 2018 IEEE 7th International Conference «Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)» Proceedings. Section G. Aircraft Control Systems with Elements of Artificial Intellect. October, 16-19, 2018, Kyiv, Ukraine. – K.: Освіта України, 2018. – pp. 267 - 270. DOI: 10.1109/MSNMC.2018.8576268

7. V.O.Maksymov, O.I.Yurchenko. Influence of the New Paperless Maintenance Procedures on the Continuing Airworthiness Personnel Training. // Proceedings of The Eighth World Congress “Aviation in the XXI-st Century” “Safety in Aviation and Space Technologies”. Kyiv, Ukraine, October 10-12, 2018: матеріали конгр. – Київ, НАУ; 2018. – pp. 1.2.24-1.2.26.,

8. Salimov R. M., Maksymov V. O., Smirnov Y. I., Surovtsev O. Y., Yurchenko O. I. Methodology of aircraft components continuing airworthiness control models development / R. M. Salimov, V. O. Maksymov, Y. I. Smirnov, O. Y. Surovtsev, O. I. Yurchenko // Technological systems. – 2019. – № 4(89). – pp. 82-86. DOI: dx.doi.org/10.29010/89.12; ISSN 2074-0603

9. Salimov R. M., Maksymov V. O., Surovtsev O. Y., Yurchenko O. I. Management of aircraft continuing airworthiness processes on the basis of incomplete information / R. M. Salimov, V. O. Maksymov, O. Y. Surovtsev, O. I. Yurchenko // Technological systems. – 2019. – № 3(88). – pp. 43-46. dx.doi.org/10.29010/88.6