УДК 629.735.33.07:62-192(087.23)

Р.Г. Шабан[1], С.В. Парахін[1], Е.В. Лучук[2], Л.О. Новгородська[3]

[1]*Державний науково-випробувальний центр ЗСУ, Феодосія*
[2]*Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*
[3]*Секція прикладних проблем Президії НАН України, Київ*

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ЛЬОТНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ НА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ НАДІЙНОСТІ

В статті розглядається вплив нальоту і неоднорідності статистичних даних на визначення показників надійності авіаційної техніки та можливість використання методів факторного аналізу для врахування цього впливу.

Ключові слова: *надійність авіаційної техніки, потік несправностей літака.*

Вступ

Постановка проблеми. В сучасних економічних умовах через недостатнє фінансування суттєво змінились умови матеріально-технічного забезпечення експлуатації авіаційної техніки. Суттєво зменшився наліт, зросли простої авіаційної техніки (АТ) з причин відсутності запасних частин, палива та ін.

Ці обставини впливають на показники надійності АТ. При зміні статистичних оцінок показників надійності виникає питання: ця зміна статистичних оцінок показників надійності сталася через те, що дійсно зменшився рівень надійності виробів, або це викликано впливом інших факторів, у тому числі і зміною умов експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначення показників надійності АТ в наступний час здійснюється відповідно [1, 2]. Однак викладені в них методичні рекомендації стосуються періоду експлуатації військової АТ з відносно великим нальотом та малим простоєм (часів колишнього Радянського Союзу). Статистичні вибірки даних з надійності АТ того періоду відповідали цим методичним рекомендаціям. Зменшення обсягу статистичних даних, яке пов’язане зі зменшенням інтенсивності експлуатації АТ, приводить до викривлення оцінок показників надійності.

Мета статті – визначити, яким чином зменшення інтенсивності льотної експлуатації АТ впливає на показники її надійності, а також шлях врахування цього впливу.

Виклад основного матеріалу

Основний етап експлуатації літака характеризується експоненційним законом розподілу часу безвідмовної роботи. При цьому параметр потоку несправностей ω визначається через статистичні дані за парком літаків у період активної експлуатації і, як правило, вважається сталою величиною (ω = const) [3].

Для оцінки параметра потоку несправностей літака ω можливо скористатись відношенням [1, 2]

$$\hat{\omega} = \frac{1}{\hat{T}_c}, \qquad (1)$$

де $\hat{T}_c$ – оцінка середнього нальоту на несправність, год.

Теоретично коливання параметру потоку несправностей ω літака за роками експлуатації не повинно бути суттєвим, навіть при зміні середньорічного нальоту літака. Це обумовлено кореляційною залежністю між підсумковою кількістю несправностей і підсумковим нальотом парку літаків (коефіцієнт кореляції складає близько 0,97 практично для усіх типів літаків військової авіації).

Але аналіз надійності авіаційної техніки за 90-і роки виявив тенденцію до зміни значень показника T_c (рис. 1). Це свідчить, відповідно, про тенденцію зміни параметру потоку несправностей літака в експлуатації. Зростання параметру потоку несправностей можливо пояснити зростанням частки несправностей, що в більшому ступені пов’язано з впливом зовнішніх факторів та зміною обсягу і, можливо, якістю технічного обслуговування, а в меншому – з нальотом літака.

Розглянемо причину зміни значень показника T_c при зміні середньорічного нальоту літаків.

Відомо, що фізичний знос об’єктів АТ виникає як при їх використанні (знос 1-го роду), так і у той час, коли вони не працюють (знос 2-го роду). При цьому знос 1-го роду пов’язаний з напрацюванням

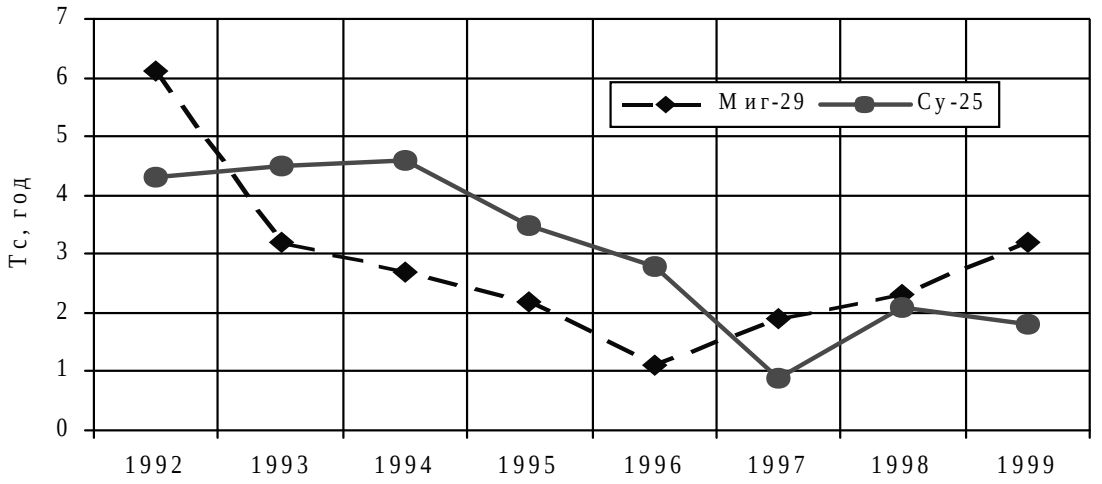

Рис. 1. **Зміна середнього нальоту на несправність T_c за роками**

(нальотом), а знос 2-го роду – з календарною тривалістю експлуатації [5].

Якщо причину виникнення несправностей літака пов'язати лише з його нальотом (що було традиційно), а сам літак розглядати як відновлювальний об'єкт, то справедливе твердження, що під час експлуатації літака спостерігається випадковий потік подій (несправностей): для складових частин конструкції літака, що замінюються, – потік Пальма, а для літака в цілому – потік Пуассона (відповідно до граничної теореми для сумарного потоку) [6].

Для оцінки надійності відновлювальних об'єктів використовують характеристики потоку несправностей:

$\omega(t)$ – параметр потоку несправностей за час *t*;

$M(t)$ – математичне сподівання напрацювання на несправність за час *t*.

На практиці в якості аналога $M(t)$ використовується експериментальна оцінка середнього нальоту на несправність

$$\hat{T}_c = \frac{t_\Sigma}{m_\Sigma}, \qquad (2)$$

де t_Σ – підсумковий наліт групи літальних апаратів (ЛА) за визначений період експлуатації; m_Σ – підсумкова кількість несправностей групи ЛА за визначений період експлуатації.

Здавалося б, що проблема оцінювання рівня надійності ЛА вирішена. Оцінка (2) є найкращою, тому що має властивості незміщення, спроможності та ефективності [4]. Однак існує значний недолік цього методу визначення надійності, і лише в останній час він примусив звернути на себе увагу. За цією схемою виникнення усіх несправностей пояснюється фізичним зносом 1-го роду, хоча багато несправностей ЛА виникає з причини зносу 2-го роду.

Використовуючи в якості оцінки надійності показник (2), ми повинні враховувати, що він є умовним і характеризує не тільки надійність конструкції ЛА, але і інтенсивність нальоту парку ЛА, що досліджується (відношення нальоту ЛА за період експлуатації, що розглядається, до тривалості цього періоду – ρ).

Припустимо, що на ЛА діють два незалежні потоки несправностей: 1-го роду – ω_1 і 2-го роду – ω_2. Обидва потоки є найпростішими, при цьому ЛА являє собою об'єкт зі змінним режимом експлуатації (зі змінною інтенсивністю нальоту ρ).

З урахуванням прийнятих допущень справедливий граничний стан [5]

$$\omega_1 + \frac{\omega_2}{\rho} = \omega = \frac{1}{T_c} \Rightarrow \frac{\rho}{\omega_1 \rho + \omega_2} = T_c, \qquad (3)$$

де ω – інтенсивність гіпотетичного потоку несправностей, які діють на ЛА, з урахуванням несправностей 1- і 2-го родів.

Очевидно, що у цьому варіанті $T_c = \hat{T}_c$.

За допомогою формули (3) можливо окремо показати вплив кожного параметру на значення показника T_c. Як видно з формули (3), зменшення інтенсивності нальоту парку літаків, що досліджуються, призводить до зменшення значення показника T_c та, відповідно, оцінки $\hat{T}_c$, яка розраховується на підставі статистичних даних парку ЛА.

Це ж підтверджується при оцінці надійності АТ за період з 1992 по 2000 роки (рис. 2). При цьому значне зменшення значення показника T_c спостерігається при низькій інтенсивності нальоту.

При високій інтенсивності нальоту загальний потік несправностей взагалі визначається потоком несправностей, які пов'язані з нальотом. Це викликано тим, що основні навантаження, які визначають надійність конструкції ЛА, в більшому ступені пов'язані з нальотом літака, а не з його календарною тривалістю експлуатації [3]. При цьому розрахунок показника за формулою (2) дає вірогідну оцінку рівня надійності ЛА. При зменшенні інтенсивності нальоту частка несправностей, які пов'язані з нальотом, зменшується пропорційно нальоту. При цьому частка несправностей, яка пов'язана з календарною тривалістю експлуатації, залишається практично постійною. Здавалося б, що, використовуючи формулу (3), знаючи інтенсивності потоків несправностей 1-го і 2-го родів та інтенсивність нальоту, можливо вірогідно оцінити рівень надійності ЛА. Але формально, на підставі статистичного аналізу карток обліку несправностей за період з 1992 по 2000 роки, частка несправностей, яку можливо розділити на дві складові (пов'язані з нальотом та пов'язані з календарною тривалістю експлуатації), складає 10...15% від загальної кількості несправностей. Для решти несправностей виконати однозначну класифікацію неможливо. Це призводить до того, що на практиці під час розрахунків надійності АТ усі несправності пов'язуються тільки з нальотом, а розрахунок показника T_c виконується за формулою (2). Це і призводить до зменшення значення показника T_c, так як на нього здійснює вплив фактор низької інтенсивності нальоту.

Другою значною причиною, яка впливає на вірогідність оцінки загального рівня надійності, є те, що окремі літаки парку ЛА, які досліджуються, мають різний наліт, який значно відрізняється від середнього нальоту парку ЛА. При цьому 43% літаків мають наліт за рік 1...10 год., 10% літаків – 10...20 год., 6% літаків – більше 20 год. і 41% літаків мають нульовий наліт за рік. Внаслідок цього оцінка середньостатистичного показника T_c парку ЛА виконується за неоднорідними статистичними даними, що призводить до зменшення його вірогідності стосовно конкретних ЛА, значення нальоту яких є однаковими.

Усе вищенаведене говорить про те, що на практиці в умовах низької інтенсивності нальоту неможливо традиційними методами оцінити рівень надійності конструкції та розробити ефективні заходи для підвищення надійності ЛА.

При оцінці надійності ЛА в умовах низької інтенсивності нальоту необхідно усунути вплив нальоту та неоднорідності статистичних даних на значення показника T_c. Це вимагає використання нових методів оцінки рівня надійності, які відрізняються від традиційних. А саме, перейти від групової оцінки надійності до індивідуальної оцінки надійності кожного ЛА з урахуванням впливу інтенсивності нальоту на рівень надійності кожного ЛА і групи ЛА в цілому.

Проблеми, що розглядаються, характеризуються імовірним розподілом спостережень, неоднорідністю статистичної інформації з надійності та невизначеністю функціональної залежності рівня надійності від фактору інтенсивності нальоту. Це являє собою типове завдання, яке вирішується сучасними методами факторного аналізу, який застосовує різні типи і види розподілів для вивчення закономірностей випадкових змінних, регресійного та кореляційного взаємозв'язку явищ.

Під факторним аналізом розуміється математико-статистичні дослідження результатів в залежності від ізольованої або спільної дії факторів, а також якісна та кількісна оцінки ефективності цієї дії для великої і малої кількості спостережень.

У факторному аналізі ставиться завдання оцінити вплив факторів на результат шляхом створення рядів розподілу для того, щоб визначити характер і форму закономірностей при достатньо великій кількості спостережень; формування статистичних комплексів простої та складної структури для вивчення взаємозв'язку факторів при малій кількості спостережень.

Основними методами статистичної розробки комплексів є дисперсійний, кореляційний та регресійний аналізи. Дисперсійний аналіз дозволяє виділити, вивчити і оцінити вірогідність впливу не тільки одного фактору окремо, а і їх сукупності в різних комбінаціях. В дисперсійному аналізі застосовуються критерії оцінки вірогідності висновків про суттєвість впливу факторів, які отримані через таблиці Фішера-Ст'юдента. Кореляційний і регресійний аналіз дозволяють вивчити та визначити ступінь впливу окремих факторів на результат оцінки. При цьому в факторному аналізі дисперсійний, кореляційний і регресійний методи використовуються не окремо, а в тісній взаємодії та доповненні один одного.

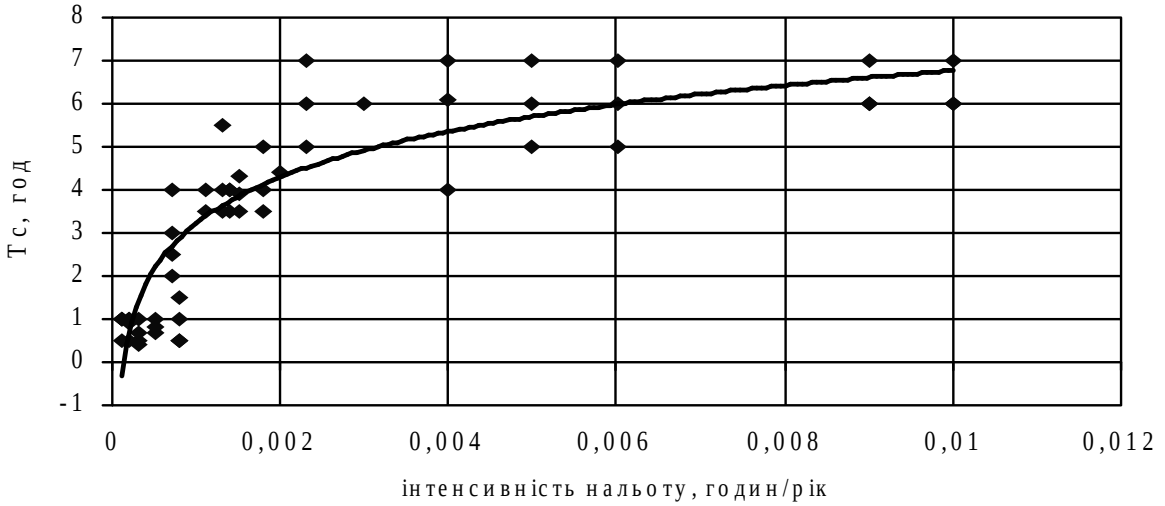

Рис. 2. **Розподіл середнього нальоту на несправність T_c в залежності від інтенсивності нальоту**

Висновки

Зміна інтенсивності експлуатації АТ призводить до зміни показників її надійності та викривлення трактування цих змін. Це виникає внаслідок впливу нальоту та значної неоднорідності статистичних даних, які є вихідними для визначення показників надійності.

Використання методів факторного аналізу для оцінок показників надійності АТ дозволяє усунути вплив нальоту та неоднорідність статистичних даних, яка пов'язана зі зменшенням інтенсивності експлуатації АТ та оцінити вплив окремих факторів (наприклад нальоту, кількості об'єктів спостережень та ін.) на показники надійності.

Список літератури

1. *Сбор, анализ и представление информации о неисправностях авиационной техники. Методические указания. Введено в дію Вказівкою Головного інженера ВПС №25 від 09.06.93р. – Вінниця, 1993. – 110 с.*

2. *Руководство по определению надежности изделий авиационной техники при их разработке, испытаниях и эксплуатации. Часть 1. Выпуск 1300. – Вид. п/я В-8759, 1969. – 75 с.*

3. *Смирнов Н.Н., Андронов А.М., Владимиров Н.И., Лемин Ю.И. Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания самолетов. – М.: «Транспорт», 1974. – 253 с.*

4. *Барзилович Е.Ю., Савенков М.В. Статистические методы оценки состояния авиационной техники. – М.: «Транспорт», 1987. – 135 с.*

5. *Барзовский И. Надежность. Теория и практика. – М.: «Мир», 1965. – 213 с.*

6. *Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н.. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: «Наука», 1987. – 198 с.*

Надійшла до редакції 5.11. 2010 р.

Рецензент: доктор технічних наук, старший науковий співробітник В.М. Корольов, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛЕТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ НАДЕЖНОСТИ

Р.Г. Шабан, С.В. Парахин, Э.В. Лучук, Л.А.Новгородская

В статье рассматривается влияние налета и неоднородности статистических данных на определение показателей надежности авиационной техники и возможность использования методов факторного анализа для учета этого влияния.

Ключевые слова: *надежность авиационной техники, поток неисправностей самолета.*

INFLUENCE OF AEROTECHICS FLYING EXPLOITATION INTENSITY ON DETERMINATION OF ITS RELIABILITY INDEXES

R.G. Shaban, S.V. Parakhin, E.V. Luchuk, L.A. Novgorodska

In the article the influence of flight time and statistical information heterogeneity on determination of reliability of aerotechics indexes and possibility of factor analysis methods using for the account of this influence are considered.

Keywords: *reliability of aerotechics, stream of airplane disrepairs.*