

УДК 629.735.017.1:629.735.33(045)

**О.Г. КУЧЕР, П.О. ВЛАСЕНКО**

*Національний авіаційний університет, Київ, Україна*

## **УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ ПАРКУ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН УКРАЇНИ**

Розглянуті питання управління, аналізу і контролю надійності авіаційної техніки, що входить до складу парку повітряних суден України. Проведений моніторинг надійності компонентів ПС.

**льотна придатність, показники надійності та ефективності, контроль та моніторинг надійності, управління надійністю**

### **Передмова**

В останні роки ІКАО і багато авіаційних держав різко підвищили вимоги до забезпечення безпеки польотів. Реалізація цих вимог потребує постійної оцінки та моніторингу технічного стану парку авіаційної техніки України. В основу цих заходів покладено забезпечення високого рівня безпеки польотів, забезпечення і підтримання льотної придатності авіаційної техніки, аналіз стану надійності компонентів авіаційної техніки в процесі експлуатації, оцінка та моніторинг ресурсного стану компонентів авіаційної техніки, подовження строків її експлуатації [1, 2].

### **1. Формулювання проблеми**

Керування надійністю парку повітряних суден України проводиться на базі Програми надійності ПС авіакомпаній, яка є частиною програми технічного обслуговування й регламентується міжнародними документами FAA, EASA, IOSA, а також українськими вимогами до сертифікації експлуатантів і є обов'язковим для виконання авіакомпаніями [3]. Головним діючим інструментом Госавіаадміністрації для забезпечення і підтримки льотної придатності парку ПС є контроль і моніторинг рівня надійності компонентів ПС та повітряних суден України в цілому. Для авіакомпаній найбільш вагомими критеріями за якими здійснюється оцінка стану надійності АТ та ефективності Програми ТО є дані Про-

грами Надійності з наступних критеріїв: наростання частоти виникнення авіаційних подій за три літні періоди; наростання частоти здійснення затримок і скасування рейсів з технічних причин за контрольний період; постійне перевищення значення частоти зауважень екіпажа по окремій системі граничного значення; постійне перевищення значення частоти зауважень технічного персоналу по окремій системі граничного значення; підвищена частота відмов окремого компонента.

Документи Госавіаадміністрації, FAA, EASA вимагають, щоб все літакове обладнання у відповідності зі стандартами льотної придатності було справним. Однак, правила також допускають експлуатацію ПС із несправностями певного типу. Це обговорено в переліку припустимих відмов і несправностей (переліку відхилень від конфігурації літака MEL/CDL), що після підтвердження дозволяє експлуатацію ПС із обмеженнями, якщо: відкладене обслуговування не впливає на льотну придатність ПС; відкладене обслуговування повинне бути прийнятно для продовження експлуатації ПС відповідно до MEL/CDL. В зв'язку з цим моніторинг процедури контролю термінів усунення відкладених несправностей є також важливою ланкою управління надійністю ПС в авіакомпанії.

При недодержанні авіакомпаніями вимог по надійності, їм не надають право (сертифікат) на проведення як внутрішніх, так і міжнародних пасажирських та грузоперевезень, що, в свою чергу, може призвес-

ти до великих матеріальних збитків авіакомпаній. Для попередження подібної ситуації авіакомпаніям необхідно проводити постійний контроль за надійністю систем, виробів ПС та літаків в цілому.

Парк повітряних суден України налічує 76 типів і модифікацій повітряних суден, які експлуатують більше ста авіакомпаній. З метою виявлення і попередження зниження надійності в контрольні терміни часу, а також для забезпечення підтримки заданого рівня надійності авіаційної техніки розроблена система «Надійність ПС» в рамках якої проводиться контроль та моніторинг надійності компонентів ПС.

**1.1. Показники надійності.** Оцінка основних характеристик надійності виконується шляхом статистичної обробки даних про відмови та наробітки парку ПС, що спостерігаються в польоті та експлуатації. За причинами виникнення відмови ЛА поділяються на конструкційні, експлуатаційні та виробничі. За наслідками - на ті, що призвели до затримки або відміни рейсу, або до виникнення інцидентів, в тому числі авіаційних подій та катастроф, відмови, що призвели до вимушеної посадки, дострокового зняття двигуна або комплектуючого виробу ПС, виключення двигуна в польоті, та для агрегатів, що знаходились на гарантії. Для визначення стану надійності ПС виконується оцінка показників надійності трьох основних виробів (планера, двигунів та ДСУ), п'яти видів обладнання (радіоелектронного, приладного, електрообладнання, планера і двигунів), 47 функціональних систем та комплектуючих виробів ПС (агрегатів). Вихідні дані про відмови та несправності реєструються за кожний квартал по авіакомпаніях для кожного типу і модифікації ПС по кожній функціональній системі з вказівкою на агрегати, що відмовили.

Для визначення рівня надійності ЛА за основні показники надійності в системі приймаються наробіток на відмову (1) та коефіцієнт  $K_{1000}$  – кількість відмов, виявлених в експлуатації на 1000 годин наробітку ( або посадок) (2) [4]:

$$T = \frac{N}{n}; \quad (1)$$

$$K_{1000} = \frac{n}{N} \cdot 1000, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість відмов (несправностей), виявлених у компонентах ПС;  $N$  – наробіток за розрахунковий період (кількість посадок).

Формули для розрахунку частини основних показників надійності заснованих на виразах (1) та (2) приведені в табл.1[4].

Оперативні показники надійності використовують для оцінки, контролю рівня, моніторингу та прогнозуванню надійності різних типів ПС за періодами експлуатації, порівняльного аналізу стану надійності ПС, що експлуатуються різними авіакомпаніями.

Для більш детального аналізу надійності використовуються Картка обліку несправностей авіаційної техніки (КОН АТ) (рис. 1.), яка заповнюється на відмови й несправності, які проявилися під час польоту чи виявлені при ТО. На відмови та несправності, які могли б привести до авіаційної події чи інциденту, або реально загрожували безпеці польоту, заповнюється КОН АТ з червоною смугою. Така інформація має статус особливо важливих донесень. Реквізити КОН АТ заповнюються наступним чином.

Усім КОН АТ надаються облікові номери, назва експлуатанта, в сертифікаті якого значиться ПС, або експлуатанта, який його орендує, наводиться тип ПС, вноситься реєстраційний знак ПС та заводський номер, вказується дата виявлення несправності, при відмові двигуна вказується номер силової установки (СУ), записується кодовий номер форми ТО, на якій виявлена несправність, надається опис зовнішніх ознак, які свідчать про відмову або несправність, зазначається етап виявлення несправності, наслідки та спосіб усунення. У стислій текстовій формі здійснюється опис несправності та вказується її причина, а також заноситься будь-яка інформація, яка буде доречна при розробці профілактичних заходів щодо підвищення надійності АТ [2].

Таблиця 1

## Оперативні показники надійності АТ

| Найменування показників надійності  | Позначення     | Формула оцінки показника надійності               | Пояснення до формули  |
|---|----------------|---|---|
| Середній наліт на відмову виробів АТ в польоті, год.  | $T_{II}$       | $T_{II} = \frac{t_{\Sigma}}{n_{\bullet}}$         | $t_{\Sigma}$ – сумарний наліт ПС за звітний період;<br>$n_{\bullet}$ – сумарна кількість відмов виробів АТ в польоті.                   |
| Середня кількість несправностей, виявлених у польоті на 1000 год. нальоту                           | $K_{1000II}$   | $K_{1000II} = \frac{n_{II}}{t_{\Sigma}} 1000$     |   |
| Середній наліт на відмову виробу АТ виявлених в експлуатації (виявлених в польоті й при ТО)         | $T_C$          | $T_C = \frac{t_{\Sigma}}{n_C}$                    | $t_{\Sigma}$ – сумарний наліт ПС за звітний період;<br>$n_C$ – сумарна кількість відмов, виявлених в експлуатації (у польоті й при ТО). |
| Середня кількість несправностей, виявлених в експлуатації (у польоті й при ТО) на 1000 год. нальоту | $K_{1000C}$    | $K_{1000C} = \frac{n_C}{t_{\Sigma}} 1000$         |   |
| Середня кількість несправностей з виробничих причин на 1000 год. нальоту                            | $K_{1000B}$    | $K_{1000B} = \frac{n_B}{t_{\Sigma}} 1000$         | $n_B$ – кількість відмов з виробничих причин;   |
| Середня кількість несправностей з експлуатаційних причин на 1000 год. нальоту                       | $K_{1000EKC}$  | $K_{1000EKC} = \frac{n_{EKC}}{t_{\Sigma}} 1000$   | $n_{EKC}$ – кількість відмов з експлуатаційних причин.  |
| Середня кількість позапланового зняття компонентів з ПС на 1000 год. нальоту                        | $K_{1000D3}$   | $K_{1000D3} = \frac{n_{D3}}{t_{\Sigma}} 1000$     | $n_{D3}$ – кількість позапланового зняття компонентів з ПС.   |
| Середня кількість затримок й відмін рейсу за розкладом через відмови виробів АТ на 1000 вильотів    | $M_{1000}$     | $M_{1000} = \frac{n_{3P} 1000}{N}$                | $n_{3P}$ – кількість затримок та відмін рейсу;<br>$N$ – кількість вильотів ПС за звітний період.  |
| Середня кількість перерваних зльотів й вимушених посадок на 1000 зльотів                            | $K_{1000BII}$  | $K_{1000BII} = \frac{n_{BII}}{N} 1000$            | $n_{BII}$ – кількість вимушених посадок;<br>$N$ – кількість вильотів ПС за звітний період.  |
| Середня кількість достроково знятих двигунів на 1000 год. напрацювання                              | $K_{1000D3D}$  | $K_{1000D3D} = \frac{n_{D3D}}{t_{\Sigma D}} 1000$ | $n_{D3D}$ – кількість достроково знятих двигунів;<br>$t_{\Sigma D}$ – сумарне напрацювання АД.  |
| Середня кількість виключень двигунів у польоті на 1000 год. напрацювання                            | $K_{1000VIK}$  | $K_{1000VIK} = \frac{n_{VIK}}{t_{\Sigma D}} 1000$ | $n_{VIK}$ – кількість виключень двигунів у польоті;<br>$t_{\Sigma D}$ – сумарне напрацювання АД.  |
| Відносна кількість відмов виробів АТ, які проявилися в польоті                                      | $\bar{K}_{II}$ | $\bar{K}_{II} = \frac{n_{II}}{n_C}$               | $n_{II}$ – кількість відмов виробів АТ в польоті;<br>$n_C$ – кількість відмов, виявлених в експлуатації (в польоті й при ТО).           |
| Середня тривалість затримки рейсу   | $T_{3P}$       | $T_{3P} = \frac{t_{\Sigma 3P}}{n_{3P}}$           | $t_{\Sigma 3P}$ – сумарний час затримок рейсів;<br>$n_{3P}$ – кількість затримок та відмін рейсу.                                       |

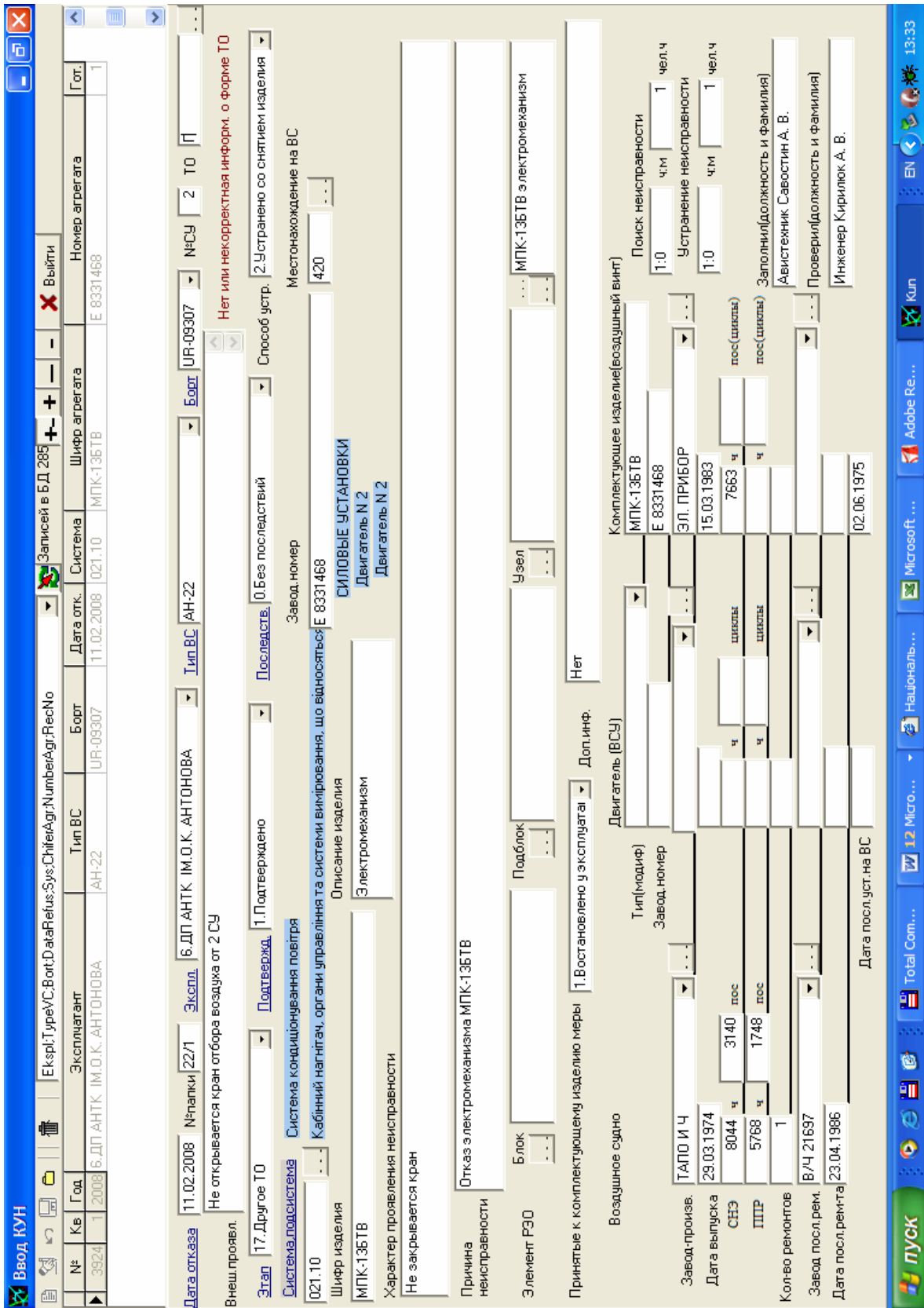


Рис. 1. Электронный вариант Картки обліку несправностей

За класифікатором вказується зона (місцезнаходження) виробу на ПС. В кінці заносяться паспортні дані: тип та заводський номер, наробітки з початку експлуатації і після ремонту для основного (их) і комплектуючого виробу (агрегату), що відмовив. При необхідності вказується час пошуку та усунення відмови.

За три останні роки експлуатації в системі зареєстровано більше 30000 відмов і на 3300 з них складено карточки обліку несправностей.

**1.2. Управління надійністю.** Управління надійністю парку повітряних суден України включає в себе контроль, моніторинг та аналіз рівня надійності авіаційної техніки і її складових. Контроль надійності базується на обчисленні показників надійності за даними, що визначаються у процесі експлуатації і порівнянні цих показників із гранично-допустимими нормами. Для кожної системи, виду обладнання, основного виробу повітряного судна встановлюється контрольний рівень показників надійності, який визначається шляхом оцінки значень цих показників за попередній період (1-2 роки) експлуатації. Рівні надійності залежать від типу ПС та кількості комплектуючих. У випадку, якщо розраховане значення показника надійності нижче встановлених нормованих значень, то необхідно ужити заходів по підвищенню надійності до встановленого рівня.

## 2. Рішення проблеми

**2.1. Вхідні дані та оцінка стану надійності.** Визначення показників надійності парку повітряних суден України здійснюється в рамках автоматизованої системи «Надійність ПС», в якості вхідної інформації якої слугують дані по власникам (рис. 2.), відмовам (рис. 3.) і наробіткам та ресурсам ПС (рис. 4.). Оскільки відповідальність за стан авіаційної техніки в цивільній авіації несе авіакомпанія, то ведеться постійний моніторинг власників (експлуатантів) ПС. В базі системи знаходиться список авіакомпаній, їх адреси, номери сертифікатів, а також, для

кожної авіакомпанії, типи і бортові номери ПС, початкова та кінцева дата періоду приналежності ПС даній компанії (рис. 2.). Дані про відмови (рис. 3) надходять до системи кожний квартал у вигляді трьох реквізитів – загальної кількості відмов за квартал, з них відмов у польоті та переліку агрегатів, що відмовили по кожній функціональній системі ПС. Дані про напрацювання (рис. 4) для оцінки надійності надходять до системи кожний квартал у вигляді сумарних наробіток по всім ПС даного типу, що належать авіакомпанії, за вказаний період по всіх прийнятих видах обліку: в годинах і посадках для планера, годинах і циклах для двигунів і газогодинах та власних запусках для ДСУ.

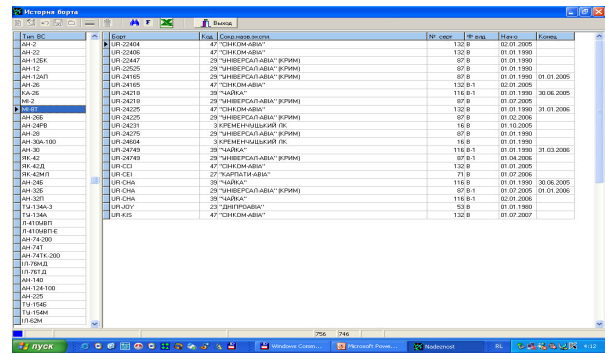


Рис. 2. Дані по авіакомпаніях, що експлуатують парк вертольотів Mi-8T

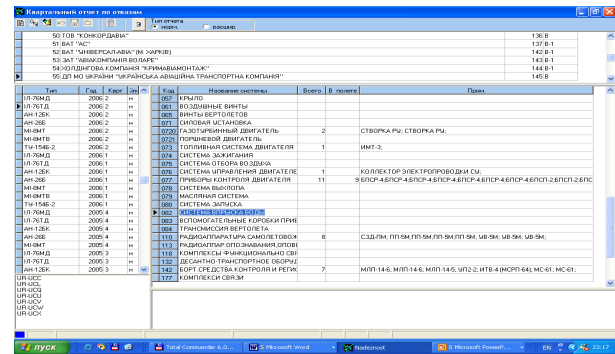


Рис. 3. Квартальний звіт по відмовам в системах ПС Іл-76 компанії УАТК за 2 кв. 2007 р.

На основі інформації, яка знаходиться в системі проводиться аналіз надійності парку ПС і АД для всіх типів і модифікацій АТ, які експлуатуються в Україні. Для оцінки стану надійності в системі кожний квартал ведеться облік відмов та несправностей,

що виникли в експлуатації та в польоті. На основі даних про відмови розраховуються абсолютні та відносні показники надійності (кількість відмов, напрацювання на відмову і  $K_{1000}$  в годинах та посадках/циклах) для всіх ПС даного типу які експлуатуються в Україні або для кожної авіакомпанії окремо по всім системам (рис. 5), видам обладнання (радіоелектронного, приладного, електрообладнання, планера, двигуна) і агрегатам, а також основним виробам (планеру, двигунам, ДСУ) і літаку в цілому.

| Год  | Кварт | Тип       | Дата       | К.Брт | Плр.ч.м. | Плр.пос. | СУ ч.м. | СУ щ.кя | ВСУ ч.м. | ВСУ с.з. |
|------|-------|-----------|------------|-------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|
| 2006 | 3     | Іл-76МД   | 01.01.2006 | 5     | 1253.00  | 376      | 5012.00 | 1504    | 423.00   | 564      |
| 2006 | 2     | Іл-76ТД   | 01.01.2006 | 6     | 1766.00  | 776      | 7064.00 | 3104    | 873.00   | 1164     |
| 2006 | 1     | Іл-76     | 01.01.2006 |       |          |          |         |         |          |          |
| 2005 | 4     | АН-12БК   | 01.01.2006 | 2     | 122.00   | 24       | 488.00  | 96      | 27.00    | 36       |
| 2005 | 3     | АН-26Б    | 01.01.2006 | 3     | 88.00    | 26       | 176.00  | 52      | 29.15    | 39       |
| 2005 | 2     | МІ-8МТ    | 01.01.2006 | 1     | 151.00   | 118      | 302.00  | 236     | 132.45   | 177      |
| 2005 | 1     | МІ-8МТВ   | 01.01.2006 | 2     | 126.00   | 98       | 252.00  | 196     | 110.15   | 147      |
|      |       | ТУ-154Б-2 | 01.01.2006 | 1     | 55.00    | 18       | 165.00  | 54      | 20.15    | 27       |

Рис. 4. Квартальний звіт з напрацювання основних виробів ПС Іл-76 компанії УАТК за 4 кв. 2005 р.

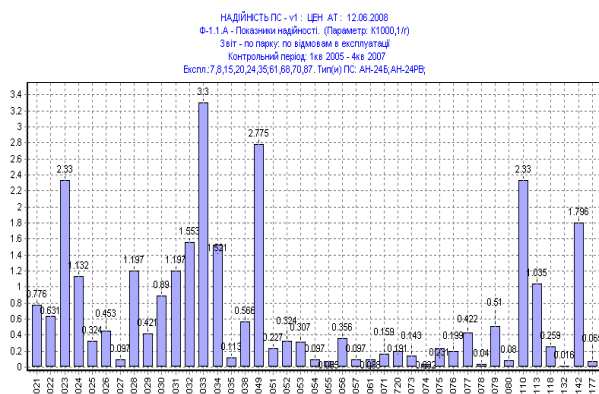


Рис. 5. Показник надійності  $K_{1000}$  по відмовам в експлуатації систем ПС АН-24 за 1 кв.2005-4 кв.2007

Для оцінки стану надійності типу літака в цілому використовуються загальні показники надійності та ефективності за визначений термін – квартал або вказаний період: кількість відмов, наліт, кількість посадок(польотів), наробітки на відмову та  $K_{1000}$  в годинах і посадках, наліт парку ПС за добу, середній наліт на одне ПС за добу, середня тривалість рейсу.

Дані оцінки стану надійності використовуються для поточного контролю та визначення зміни стану надійності (моніторингу) ПС і його компонентів.

**2.2. Результати контролю та моніторингу.** Для управління рівнем надійності парку ПС України проводиться контроль та моніторинг надійності агрегатів, функціональних систем, видів обладнання основних виробів – планера, двигуна та ДСУ.

Для контролю рівня надійності АТ показники надійності компонентів ПС порівнюються із гранично-допустимими значеннями. При перевищенні значеннями встановлених меж, вживаються заходи по підвищенню рівня надійності. В системі проводиться порівняльний аналіз надійності ПС по періодах експлуатації та авіакомпаніям, що експлуатують однакові типи ПС шляхом порівняння їх з середньостатистичними показниками за підконтрольний період.

Відстеження динаміки зміни показників надійності за певний період експлуатації (моніторинг надійності) проводиться зі ступенем осереднення (згладжуваності) даних за квартал або рік. В другому випадку показник надійності розраховується на основі даних про відмови та наробітки за рік закінчуючи поточним кварталом.

На рис. 6 та 7 приводяться дані моніторингу показника надійності  $K_{1000}$  видів обладнання літака ЯК-40 за 2005-2007 роки зі ступенем осереднення за квартал та рік. В останньому випадку більш чітко спостерігається динаміка зміни показника надійності. Як слідує з рис. 7. за 2007 рік відбулося погіршення рівня надійності для компонентів радіоелектронного обладнання (ріст  $K_{000}$ ) та покращення для компонентів планера при незначних змінах інших видів обладнання.

На рис. 8. приводиться розподіл відмов літаків В-737-300, В-737-400, В-737-500 по системам ПС за кожен квартал періоду з 2005 по 2007 рік, з якого видно що форма розподілу зберігається практично на протязі всього підконтрольного періоду. Такі закономірності характерні і для інших типів АТ.

На рис. 9 та 10 проводяться результати контролю показника надійності  $K_{1000}$  по видам обладнання та функціональним системам літака Як-40. Аналіз

отриманих даних показує, що необхідно вжити міри по підвищенню надійності агрегатів та комплектуючих виробів, що входять до складу радіоелектронного обладнання, оскільки в 4 кварталі 2007 року значення  $K_{1000}$  майже досягло критичного значення (рис. 9.). Особливу увагу необхідно звернути на виробу систем: 023 – обладнання зв'язку і 142 - бортові засоби контролю й реєстрації польотних даних, оскільки спостерігається перевищення контрольного рівня надійності в 4 кварталі 2007 року (рис. 10).

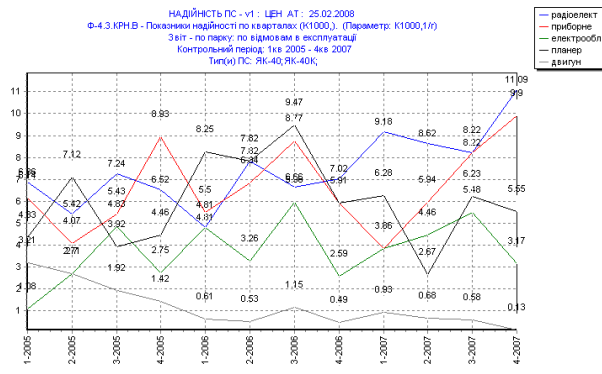


Рис. 6. Моніторинг надійності (K1000) ПС Як-40 по видам обладнання за 2005-2007 роки

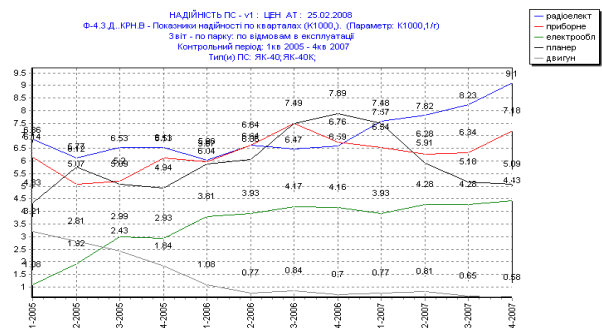


Рис. 7. Моніторинг надійності ПС Як-40 по видах обладнання за 2005-2007 роки зі ступенем осереднення за рік

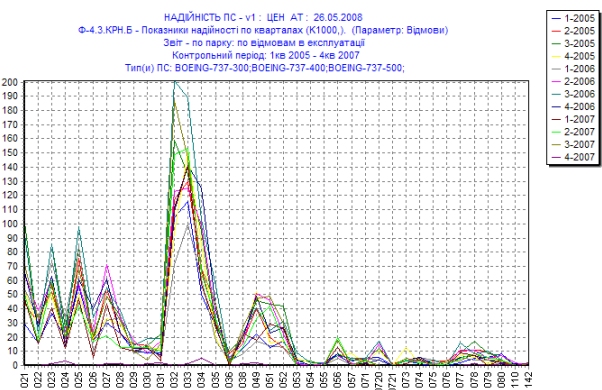


Рис. 8. Відмови за квартал по системах ПС за 2005-2007 роки літаків В-737-300, -400, -500

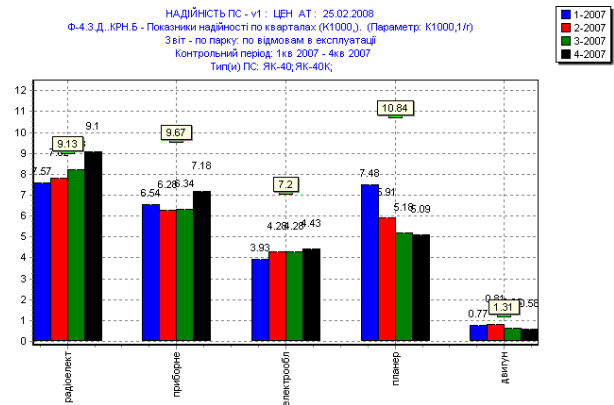


Рис. 9. Контроль показників надійності видів обладнання літака Як-40 по кварталах за 1-4 кв. 2007 р.

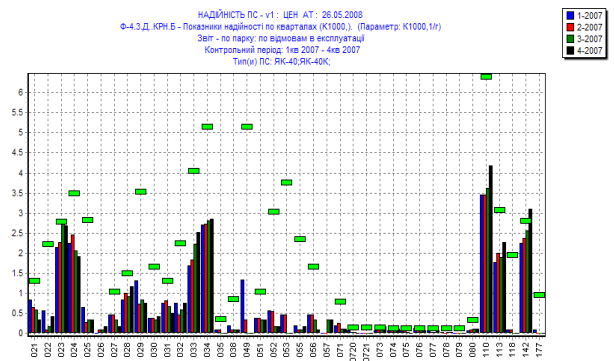


Рис. 10. Контроль показників надійності функціональних систем ПС ЯК-40 по кварталах за 2007 р.

Аналіз загальних показників надійності всього парку ПС України показує, що найбільше число відмов за три роки експлуатації 2005 – 2007р.р. зареєстровано для літаків типу BOEING-737-300, –400, –500 та BOEING-767-300ER, але й напрацювання цих типів літаків в годинах складає майже половину нальоту всього парку. Ці ж типи ПС та AIRBUS-320-211 за 2007 р. мають найвищий добовий наліт (рис. 11). Результати контролю загальних показників надійності показують, що для літаків типу BOEING-737-200 і BOEING-737-300, DC9-51, АН-2, К-26 та ТУ-134 і вертольотів МІ-2 значення показника  $K_{1000}$  перевищили контрольні рівні (рис. 12.) і для цих літаків необхідно вжити міри по підвищенню надійності.

Згідно стандартів ЕС, дані з контролю рівня надійності та моніторингу надійності в експлуатації використовуються для задач оцінки динаміки зміни показників надійності комплектуючих виробів в залежності від напрацювання ПС, своєчасного при-

йняття рішень і реалізації заходів, спрямованих на підтримання заданого рівня надійності, забезпечення безпечної експлуатації, забезпечення заданого рівня регулярності вильоту, виключення можливості масових відмов і зупинки парку.

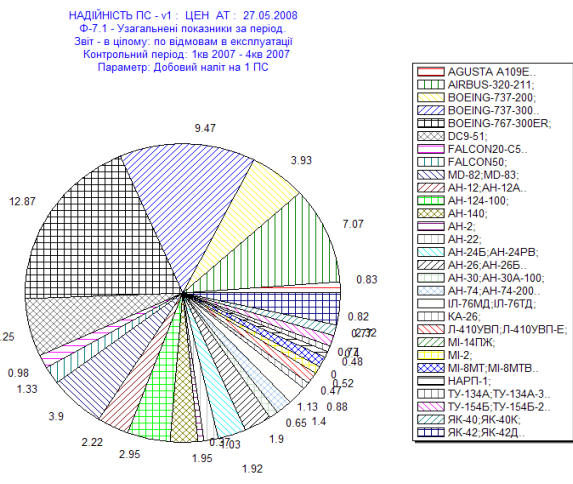


Рис. 11. Добовий наліт на 1 ПС за 2007р

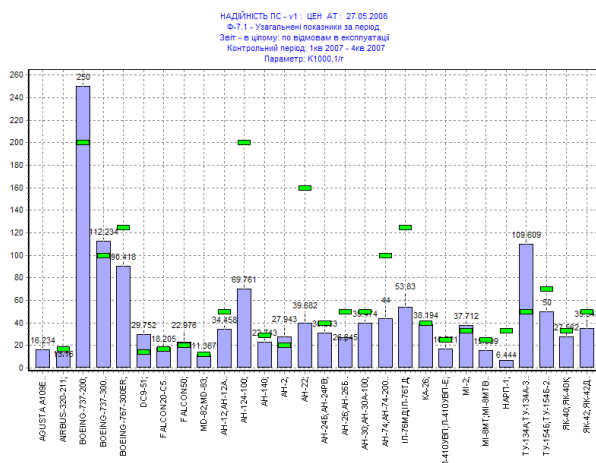


Рис. 12. Контроль показників надійності K1000 по парку ПС України за 2007р

Для організації по технічному обслуговуванню, а також підприємств розробників та виробників авіаційної техніки, система забезпечує підтримку в розв'язку задач оцінки надійності та ресурсного стану агрегатів, АД та ПС в цілому та для корегування (продовження) встановлених термінів служби і ресурсів; розробки заходів по попередженню відмов авіаційних виробів в процесі експлуатації; контролю цілісності конструкції ПС і розробки заходів по її забезпеченню; виявлення конструкційних та виробничих недоліків для розробки заходів і рекоменда-

цій відносно удосконалення конструкцій і технологічних процесів виробництва; розробки заходів, спрямованих на підвищення якості ТО та ремонту АТ; оптимізації програм ТО і розробки пропозицій по збереженню льотної придатності ПС України, вдосконалення діючої експлуатаційно-технічної документації.

## Висновки

Управління надійністю парку повітряних суден України проводиться для підвищення безпеки польотів та рівня надійності парку повітряних суден України, забезпечення регулярності польотів, вдосконалення процесів технічної експлуатації АТ, що забезпечують високу ефективність її використання, проведення заходів щодо зменшення кількості відмов, які можуть призвести до авіаційних подій, підтримки та збереження льотної придатності ПС та підвищення ефективності експлуатації.

## Література

1. Новожилов Г.В., Неймарк М.С., Цесарский Л.Г. Безопасность полета самолета. Концепция и технология. – М.: Машиностроение, 2003. – 144 с.
2. Безопасность авиации / В.П. Бабак, В.П. Марченко, В.О. Максимов та ін.; За ред. В.П. Бабака. – К.: Техніка, 2004. – 585 с.
3. Правила сертифікації експлуатантів, затвержені наказом Міністерства транспорту України від 29.05.98 № 204 і зареєстровано в Міністерстві юстиції України 09.09.98 за №552/2992.
4. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.

Надійшла до редакції 28.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Панін, Національний авіаційний університет, Київ.