

Наведені принципи розробки системи автоматизації процесу контролю та діагностуванню бортової радіоелектронної апаратури навігації та посадки. Дана оцінка економічної ефективності застосування таких методів та засобів, яка базується на скороченні часу визначення технічного стану апаратури

Ключові слова: автоматизація, діагностика, ефективність

Приведены принципы разработки системы автоматизации процесса контроля и диагностики бортовой радиоэлектронной аппаратуры навигации и посадки. Дана оценка экономической эффективности применения таких методов и средств, которая базируется на сокращении времени определения технического состояния аппаратуры

Ключевые слова: автоматизация, диагностика, эффективность

Principles of development of the system of automation of process of control and diagnostician of side apparatus of navigation and landing radio electronic are resulted. Estimation is given to economic efficiency of application of such methods and facilities, which is based on abbreviation of time of estimation of the technical state of apparatus

Key words: automation, diagnostics, efficiency

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

В.П. Путятін

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*
Контактний тел.: (057) 716-41-70
E-mail: agrocybernetic@gmail.com

В.В. Фірсанов

Пошукувач*

*Кафедра кібернетики
Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. П. Василенка
вул. Артема, 44, м. Харків, Україна, 61002
Контактний тел.: (057) 716-41-70
E-mail: agrocybernetic@gmail.com

Б.С. Елькін

Професор, кандидат технічних наук, директор
Східно – Українська філія Міжнародного Соломонового
університету
вул. Громадянська, 22/26, м. Харків, Україна, 61057
Контактний тел.: (057) 771-02-53
E-mail: univer@solomon-un.kharkov.ua

1. Вступ

Питання вдосконалення технічного обслуговування і ремонту авіаційної радіоелектронної апаратури є складовою частиною проблеми підвищення безпеки польотів літальних апаратів. На різних етапах розвитку авіації взагалі, і розвитку інженерно-авіаційної служби зокрема, виникали серйозні проблеми в експлуатації авіаційної техніки: початок 50-х років при освоєнні техніки I-го покоління; початок 70-х років при освоєнні техніки III-го покоління. Вирішення виникаючих проблем в ці періоди знаходилося в основному за рахунок витратних заходів (збільшення чисельності особового складу, закупівлі нової авіаційної техніки, устаткування, зміни в технічній підготовці інженерно-технічного складу).

Особливість нинішньої ситуації полягає в тому, що в умовах відсутності коштів на закупівлю нової авіа-

ційної техніки і запасних частин до неї, вдосконалення системи управління технічним станом стає одним з основних джерел підвищення готовності літальних апаратів, економії матеріальних і трудових ресурсів. Теоретичним основам цього напрямку присвячені роботи В.І. Кондрашова та його учнів.

2. Класифікація існуючих методів діагностування апаратури

Традиційна стратегія технічного обслуговування бортової авіаційної апаратури заснована на виконанні фіксованих об'ємів профілактичних робіт через певні інтервали часу, або за часом напрацювання. Така схема управління технічним станом апаратури, на протязі її життєвого циклу, при обслуговуванні по напрацюванню – є розімкненою.

При цьому управляюча дія на процес технічної експлуатації визначається не вихідними параметрами об'єкту, а часом напрацювання. До того ж за останні роки змінилася і сама природа відмов і пошкоджень апаратури.

Авіаційна апаратура може знаходитися в різних кліматичних зонах і, як наслідок, по-різному на неї впливає температура, вологість, перепад тиску. Та різні експлуатаційні навантаження на протязі життєвого циклу. При цьому на процес розвитку відмов апаратури впливає вже не стільки час і умови застосування літаків, скільки умови зберігання (простою) літаків, а також умови переходу зі стану тривалого простою до стану короточасного застосування літаків.

Тому стратегія технічного обслуговування апаратури по напрацюванню не забезпечує взаємодію між процесом зміни технічного стану апаратури контролю і процесом її технічної експлуатації. Очевидним стає необхідність переходу на іншу стратегію технічної експлуатації, а саме не за «часом напрацювання», а за «поточним станом» апаратури [1 – 5]. При цьому здійснюється безперервний або періодичний контроль параметрів апаратури.

За наслідками контролю ухвалюється рішення про розклад подальшого проведення профілактичних робіт, або про заміну апаратури і відправки її до ремонту.

Аналіз стратегії технічного обслуговування апаратури за «поточним станом» показав наявність ряду суперечностей.

З одного боку для забезпечення високих показників безпеки польоту необхідно поліпшити характеристики контролепридатності і характеристики програм контролю – це, перш за все, збільшення повноти контролю, глибини і інструментальної достовірності, а також частоти його проведення.

З іншого боку зміни цих характеристик приводять до збільшення маси бортового устаткування (за рахунок збільшення маси бортових засобів контролю), збільшення трудомісткості і вартості технічного обслуговування, що негативно позначається на показниках експлуатаційної технологічності.

Вирішення цих і ряду інших суперечностей є складною теоретичною і практичною проблемою переходу на технічну експлуатацію за «поточним станом» апаратури [5].

Складність рішення цієї проблеми обумовлена відсутністю розроблених моделей об'єкту контролю, як для режиму нормального функціонування, так і для різних видів відмов; великим числом різноманітних за фізичною природою та характером дії на процес технічної експлуатації чинників; стохастичним характером дії вищезгаданих чинників на процес технічної експлуатації; великим числом різноманітних за фізичним принципом функціонування і конструктивним виконанням апаратури контролю на сучасних літаках.

Таким чином, описані вище суперечності, важливість урахування великої кількості початкових чинників та обставин, дозволяє говорити про актуальність і складність проблеми розробки інструментарію для технічного обслуговування апаратури з контролем її параметрів за «поточним станом» [1 – 5].

3. Основна задача та засоби її вирішення

Поява нового IV-го та V-го покоління бортової радіоелектронної апаратури навігації та посадки вимагає докорінної зміни підходу до методів і засобів його технічного обслуговування. Це пов'язано з неможливістю достатньо повного і достовірного контролю традиційними методами великого об'єму цифрової інформації, що поступає з цих приладів. Природний шлях вирішення цієї проблеми – упровадження в систему технічного обслуговування засобів автоматизації виконання операцій контролю.

На користь цього свідчить досвід експлуатації автоматизованих систем контролю за кордоном. Цей досвід був узагальнений в рекомендаціях документу ARINC – 602 «Test Equipment Guidance», що розроблений представниками найбільших закордонних авіаційних компаній.

Удосконалення автоматизованої система контролю бортової апаратури навігації і посадки IV-го покоління типів ILS-85, VOR-85, повинно забезпечити проведення контролю бортового радіоелектронного обладнання з скороченням часу та трудомісткості контролю за рахунок: автоматизації виконання операцій контролю; установки режимів об'єктів контролю і контрольно-вимірювальної апаратури; збору і обробки інформації про значення контрольованих параметрів; автоматизованого документування результатів контролю. При цьому один з найважливіших показників якості контролю – його достовірність – вдається поліпшити за рахунок: майже повного усунення суб'єктивного чинника; збільшення повноти контролю; здійснення багатократних перевірок з подальшою статистичною обробкою результатів вимірювань; застосування мажоритарних алгоритмів контролю та самоконтролю, а у разі несправності апаратури – пошук дефекту з глибиною, визначуваною характеристикою контролепридатності апаратури.

Контроль технічного стану є джерелом інформації про технічний стан апаратури і тому принципово необхідний для управління якістю її виробництва, експлуатації і застосування за призначенням. При цьому важливо, щоб інформація про технічний стан апаратури, яку отримано в процесі контролю, мала об'єктивний характер.

Показником ступеня об'єктивного відображення результатів контролю дійсного технічного стану апаратури (її параметрів) є достовірність контролю D_k . Показником вартості процесу контролю технічного стану апаратури є C_k .

За достовірністю та вартістю контролю технічного стану апаратури визначають ефективність $\mathcal{E}_k = F_k(C_k, D_k)$ контролю, яка, виходячи з призначення контролю, є мірою його доцільності.

При цьому вимоги до достовірності D_k контролю істотно визначають його вартість C_k , а обмеження на вартість – знижують отримання достовірної інформації про технічний стан апаратури контролю. Ця взаємозалежність вимог між достовірністю і вартістю визначає класичну постановку задачі синтезу інструментарію для автоматизації проектування технологічного процесу контролю технічного стану апаратури.

Таким чином, приходимо до необхідності розв'язування наступних задач синтезу інструментарію для контролю апаратури [1].

Пряма задача синтезу зводиться до мінімізації витрат за обмеженнями на достовірність контролю технічного стану апаратури, та полягає у пошуку на множині систем $M_{д,}$ такої допустимої системи (інструментарію) $S_i (i = \overline{1, m})$, щоб

$$S_i \in M_{д,} \quad (i = \overline{1, m}) ; C_k \rightarrow \min ; D_k \geq D_{к доп} ,$$

де C_k – значення витрат на забезпечення заданої достовірності контролю параметрів апаратури;

D_k – вектор значень достовірностей контролюваних параметрів апаратури;

$D_{к доп}$ – вектор допустимих значень достовірностей контролюваних параметрів апаратури.

Обернена задача синтезу зводиться до максимізації достовірності контролю параметрів апаратури за обмеженнями на вартість системи (інструментарію контролю), та полягає у пошуку на множині систем $M_{д,}$ такої допустимої системи $S_i (i = \overline{1, m})$, щоб

$$S_i \in M_{д,} \quad (i = \overline{1, m}) ; D_k \rightarrow \max ; C_k \leq C_{к доп} ,$$

де D_k – достовірність контролю параметрів апаратури;

C_k – значення витрат на забезпечення контролю параметрів апаратури;

$C_{к доп}$ – допустиме значення витрат на забезпечення контролю параметрів апаратури.

Розгляд чинників, що визначають достовірність контролю параметрів технічного стану апаратури, дозволяє виділити їх перелік і відповідних їм складових достовірності: методичну, інструментальну, імітаційну та реальну.

Вказані складові достовірності істотно визначають достовірність контролю в цілому. Аналіз чинників, що визначають ці складові, дало змогу усвідомлення можливих напрямків підвищення ефективності контролю апаратури [1 – 5].

Реалізація системи (інструментарію) для автоматизації проектування технічного обслуговування радіоелектронної апаратури навігації та посадки базується на наступних даних: параметри, задані на етапі проектування радіоелектронної апаратури; технічні умови на радіоелектронну апаратуру; величини допусків на параметри; вимоги до надійності радіоелектронної апаратури; функціональна схема радіоелектронної апаратури (субблоки, блоки і т.п.).

Методика розробки раціональної системи технічного обслуговування радіоелектронної апаратури включає: методику проектування контролю технічного стану апаратури; методику проектування настанови для пошуку несправностей при негативних результатах контролю технічного стану апаратури; методику проектування структури і регламенту раціональної системи технічного обслуговування радіоелектронної апаратури; методику оцінки ефективності системи технічного обслуговування апаратури.

На цій основі створено уніфікований експлуатаційно-ремонтний комплекс «УЕРК Пароль» для наземного технічного обслуговування бортового радіо-

електронного обладнання навігації та посадки типів VOR-85, ILS-85 (DME-85, MLS-85) [1 – 5].

4. Оцінка економічної ефективності

Загальний критерій оцінки економічного ефекту від упровадження уніфікованого експлуатаційно-ремонтного комплексу «УЕРК Пароль», для наземного технічного обслуговування бортового радіоелектронного обладнання навігації та посадки, полягає у зменшенні вартості C при забезпеченні заданого рівня надійності D .

Зменшення вартості ΔC контролю апаратури визначається, як:

$$\Delta C = C_1 - C_2 ; C_1 = t_1 R ; C_2 = t_2 R ,$$

де C_1 – витрати коштів за існуючою методикою проведення контролю;

C_2 – витрати коштів за методикою проведення контролю, що пропонується;

t_1 – витрати часу за існуючою методикою проведення контролю;

t_2 – витрати часу за методикою проведення контролю, що пропонується;

R – витрати коштів на технічне обслуговування одного зразка апаратури.

Тоді зменшення вартості контролю апаратури визначається, як

$$\Delta C = (t_1 - t_2) R = \Delta t R .$$

Базова методика [1] визначає річні (годинні) витрати на проведення регламентних робіт з контролю, діагностування та технічного обслуговування радіоелектронної апаратури Курс МП-70 навігації та посадки, згідно з формулою

$$T_1 = (T_{нал.} / 1800) t_1 + (T_{нал.} / 900) t_2 + (T_{нал.} / 300) t_3 \text{ годин,}$$

де $T_{нал.}$ – кількість льотного часу на один літак в рік;

t_1, t_2, t_3 – час, необхідний на виконання регламентних робіт через 1800, 900, 300 льотних годин відповідно.

Економічний ефект від упровадження уніфікованого експлуатаційно-ремонтного комплексу «УЕРК Пароль» для автоматизації контролю технічного стану радіоелектронної апаратури Курс МП-70 навігації та посадки, створюється за рахунок скорочення часу на технічне обслуговування апаратури [4].

Прийmemo для розрахунків $T_{нал.} = 2200$ годин. Відповідно до регламенту технічного обслуговування радіоелектронної апаратури Курс МП-70: $t_1 = 10,5$ годин; $t_2 = 4,5$ годин і $t_3 = 1,5$ годин. Підставивши ці дані у формулу для T_1 , отримаємо $T_1 = 34,81$ годин на один літак.

Упровадження уніфікованого експлуатаційно-ремонтного комплексу «УЕРК Пароль» для автоматизації контролю технічного стану радіоелектронної апаратури Курс МП-70 навігації та посадки, дозволяє скоротити час на проведення таких робіт до величини $t_1^* = 1,5$ годин.

З урахуванням цього, та базової методики розрахунку ефекту, застосування комплексу «УЕРК Пароль» приводить до зменшення часу, необхідного для виконання регламентних робіт на одному комплекті апаратури Курс МП-70 протягом року до величини $T_2 = 23,81$ годин.

Отже, упровадження уніфікованого експлуатаційно-ремонтного комплексу «УЕРК Пароль» для автоматизації контролю технічного стану радіоелектронної апаратури Курс МП-70, дозволяє отримати економію часу ΔT з розрахунку на один літак на рік: $\Delta T = T_1 - T_2 = 34,81 - 23,81 = 11$ годин.

Загальний річний економічний ефект, від упровадження уніфікованого експлуатаційно-ремонтного комплексу «УЕРК Пароль» може бути підрахований за формулою:

$$\Delta = \Delta T \cdot R \cdot N,$$

де: N – кількість літаків, обладнаних апаратурою Курс МП-70;

R – загальна вартість витрат на технічне обслуговування апаратури Курс МП-70, приведена до однієї години роботи і визначена із співвідношення:

$$R = R_{амп} + R_{олвк} + R_1 + R_m + R_w,$$

де: $R_{амп}$ – вартість однієї години витрат ресурсу апаратури Курс МП-70;

$R_{олвк}$ – вартість однієї години витрат ресурсу лабораторно-вимірювального комплексу;

R_1 – вартість трудовитрат на технічне обслуговування апаратури Курс МП-70 за одну годину роботи;

R_m – вартість матеріалів, що витрачаються на технічне обслуговування за одну годину роботи;

R_w – вартість споживаної енергії апаратурою за одну годину роботи.

Відповідні значення вартості мають наступні величини: $R_{амп} = 3,8$ у.о./годину; $R_{олвк} = 0,8$ у.о./годину; $R_1 = 0,9$ у.о./годину; $R_m = 0,5$ у.о./годину,

де: у.о. – умовні одиниці вартості. При цьому значенням R_w - нехтуємо, зважаючи на малу споживану потужність апаратури.

Таким чином, загальна вартість витрат на технічне обслуговування апаратури Курс МП-70 за 1 годину роботи становить: $R = 6$ у.о./годину.

Зважаючи $N = 600$, отримаємо загальний річний економічний ефект від упровадження уніфікованого експлуатаційно-ремонтного комплексу «УЕРК Пароль», який дорівнює $\Delta = \Delta T \cdot R \cdot N = 11 \times 6 \times 600 = 39600$ у.о. на рік.

Або, за курсом долара на початок лютого 2010 року, це складає 316800 грн.

5. Висновки

На підставі аналізу зарубіжних та вітчизняних засобів контролю авіаційного бортового радіоелектронного обладнання, дано обґрунтування необхідності переходу до автоматизованого контролю бортової навігаційно-посадочної апаратури за її «поточним станом».

Показано, що найтісніший зв'язок між станом об'єкту і процесом його експлуатації забезпечують програми технічного обслуговування, засновані на раціональному поєднанні стратегії технічного обслуговування апаратури за її «поточним станом» з традиційними методами профілактичних робіт із заданою періодичністю і об'ємами (за «напрацюванням»).

Обґрунтована необхідність переходу від існуючих в даний час методів контролю цифрового устаткування ILS-85, VOR-85 на автоматизацію оцінки працездатності апаратури і її параметрів безпеки за допомогою уніфікованого експлуатаційно-ремонтного комплексу «УЕРК Пароль». Проведено розрахунок економічної ефективності застосування методів та технічних засобів контролю авіаційного бортового радіоелектронного обладнання за його «поточним станом».

Література

1. Кондрашов В.И., Фирсанов В.В. Анализ факторов повышения эффективности контроля бортовых радиоэлектронных авиационных систем // Арсенал – XXI. Научно-виробничий журнал. – Київ: 2007. – № 3 – 4. – С. 29 – 31.
2. Фирсанов В.В., Скрылев В.Ю. Аттестация предприятий-поставщиков электронных компонентов – нужна ли она? // Арсенал – XXI. Научно-виробничий журнал. – Киев: 2006. – № 1 – 2. – С. 52 – 54.
3. Машков О.А., Фирсанов В.В., И.И Самборский. Проблемы построения функционально устойчивого комплекса управления дистанционно пилотируемыми летательными аппаратами с применением псевдоспутниковых технологий // Арсенал – XXI. Научно-виробничий журнал. – Київ: 2007. – № 2. – С. 27 – 34.
4. Кондрашов Я.В., Фиалкина Т.С., Фирсанов В.В. Анализ методов технического обслуживания и ремонта авиационного навигационно – посадочного радиооборудования // Арсенал – XXI. Научно-виробничий журнал. – Київ: 2007. – № 3 – 4. – С. 41 – 44.
5. Кондрашов Я.В., Фиалкина Т.С., Фирсанов В.В. Анализ возможности и основные принципы перевода авиационной радиоэлектроники на техническую эксплуатацию «по состоянию» // Арсенал – XXI. Научно-виробничий журнал. – Київ: 2008. – № 3 – 4. – С. 25 – 30.