

УДК 629.735.067 (045)

Ю.П. ПУЧКОВ, М.Ф. МОЛОДЦОВ, Д.В. ПОПОВ

Національний авіаційний університет, Україна

ОЦІНКА БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН З ВИКОРИСТАННЯМ ІМОВІРНІСНИХ КРИТЕРІЇВ

Розглянуто один з можливих шляхів оцінки рівня безпеки польотів з урахуванням людського чинника та використанням імовірнісних критеріїв. Оцінити рівень безпеки можна за допомогою статистичних критеріїв, що широко використовуються в даний час. Імовірність безпомилкового виконання операцій в процесі технічного обслуговування кожного фахівця можливо розглядати як суму окремих його характеристик. При цьому необхідно прийняти єдину шкалу оцінювання, достатньо розширену, по якій можна було б оцінити кожен параметр, що характеризує ймовірність безпомилкового виконання своїх обов'язків, більшість з яких розподілені по нормальному закону.

Ключові слова: людський чинник, імовірнісні критерії, шкала оцінювання, технічне обслуговування польотів, імовірність здійснення помилки, експертне оцінювання.

Вступ

Як відомо, безпека польотів повітряного судна (ПС) є інтегральною характеристикою авіаційної транспортної системи (АТС), що включає сукупність властивостей самого ПС, його екіпажу, наземних служб обслуговування і забезпечення організації функціонування АТС, а також умов, в яких ця система функціонує. При цьому передбачається, що характеристики окремих складових АТС, що беруть участь у виконанні польотів, відповідають вимогам, що пред'являється до них. Чому ж, при достатньо жорстких вимогах, викладених у ряді нормуючих і керівних документів, спостерігається значна кількість авіаційних подій (АП), що відбуваються з ПС? Відповідь на відносно легке питання є досить складною і деколи носить суперечливий характер.

Постановка завдання

Аналіз статистичного матеріалу по авіаційних подіях, що відбулися з ПС як за інформацією ІКАО, МАК і Госавіаслужби України, так і у ряді статей і звітів приведено немало [1,2, і т.п.]. У всіх цих документах підтверджується та обставина, що основна частина АП відбувається з вини людського чинника і складає на сьогодні до 80% всіх причин подій, що відбулися.

При цьому також відомо, чим більше вибірка випадкових подій, до яких можна віднести авіаційні події, тим більш достовірні отримані результати. Проте, спиратися на ці данні дуже дорого як експлуатанту, галузі, так і державі в цілому. Окрім мізерних коментарів про набуті значення оцінок рівня

безпеки польотів далі справа, на жаль, не йде і, як нам здається, із-за організаційних проблем.

Спроби врахувати людський чинник традиційно відносились до роботи льотного екіпажу та недостатньо розглядалися ті аспекти людського фактору, які б спроможні були впливати на персонал, що проводить технічне обслуговування ПС і контроль якості виконаних робіт по ТО. Це доволі таки серйозний пропуск, оскільки помилка обслуговуючого персоналу оказує такий самий критичний вплив на безпеку виконання польоту, як і помилки пілотів або диспетчерів керування повітряним рухом.

Зростаюча складність ПС, багатократне резервування систем та їх автоматизація зменшують навантаження на льотний екіпаж, але підвищують вимоги до технічних фахівців, що обслуговують ПС.

Яким би математичним апаратом ми не користувалися для обробки наявних статистичних матеріалів по авіаційних подіях і на цій основі намагалися виробити рекомендації по запобіганню подібним до них, ми намагаємося двічі увійти до однієї і тієї ж ріки, а як відомо, це зробити неможливо.

Абсолютно однакових авіаційних подій не буває, хоча їх класифікація може бути однією і тією ж, оскільки зрештою дуже рідко в актах по розслідуванню АП можна виявити конкретну причину того, що відбулося. В більшості випадків, в актах по розслідуванню авіаційних подій причини того, що відбулося, носять гаданий (імовірнісний) характер. Це відбувається з різних причин як суб'єктивних, так і об'єктивних, які фахівцям досить добре відомі.

У сучасних роботах по даній проблематиці немає і натяку на те, що необхідно робити для ство-

рення рекомендацій, направлених на підвищення або підтримку досягнутого рівня безпеки польотів до настання ситуації, що приводить до важких наслідків, використовуючи поточні матеріали по менш тяжких подіях, що відбуваються, які, в свою чергу, відбулися з різних причин. Існуюче положення справ не відповідає принципам, викладеним в [5(п.2.4.)] в тому сенсі, що не виконуються або виконуються не в повному обсязі такі положення як:

- принцип випередження – передбачає діяльність, яка носить випереджаючий характер, направлений на своєчасне виявлення і усунення негативних чинників, які можуть привести до авіаційних подій;

- принцип виявлення і усунення причин – передбачає проведення профілактичної роботи, направленої на усунення виявлених недоліків;

- принцип адекватності – відповідність заходів щодо безпеки реальним і потенційним загрозам.

Це все віддано на відкуп експлуатантів, які напевно чи мають можливість якісно оцінювати досягнутий рівень безпеки польотів, а тим більше його прогнозувати на певний період часу із-за малої вибірки подій, що відбуваються, обмежених засобів і відсутності відповідних штатів, хоча кожен експлуатант повинен мати свою програму по забезпеченню безпеки польотів, затверджену Державною авіаційною адміністрацією. Передбачити в ній постійно змінну картину подій, що відбуваються, достатньо складно, а виділяти кошти для відповідних досліджень, результати яких здаються ілюзорними, на сьогоднішній момент часу напевно чи хто буде.

Оцінити рівень безпеки можна за допомогою статистичних критеріїв, що широко використовуються в даний час. Вони підрозділяються на загальні і часткові, абсолютні і відносні. Загальні показники характеризують рівень БП інтегральний, враховуючи вплив на неї всіх чинників, а часткові – окремих чинників або їх груп [2].

Відомо також, що оцінити рівень БП, окрім статистичних критеріїв (показників), можливо за допомогою імовірнісних [1 – 3].

У інформаційних випусках Державної авіаційної адміністрації по безпеці польотів в даний час [4] використовують загальні абсолютні статистичні показники (тобто число АП за даний період часу) і, з недавнього часу, – відносні (кількість АП на 10^5 годин польоту і кількість жертв на 10^6 перевезених пасажирів) відповідно до вимоги наказу Міністерства транспорту [4].

Відомо також, що імовірнісні показники безпеки польотів обчислюють з використанням методів теорії ймовірності (аналітичним шляхом). Вони дозволяють:

- оцінити вплив окремого несприятливого чинника або їх сукупності на рівень БП;

- визначити відповідність фактичного рівня БП заданому;

- оцінити ефективність заходів і доопрацювань на АТ, направлених на підвищення БП, ще до їх практичної реалізації;

- відшукати найбільш слабкі місця в забезпеченні БП і розробити ефективні заходи для її підвищення;

- оптимізувати рівень БП з урахуванням вартості і ефективності ПС і, крім того, прогнозувати стан рівня безпеки польотів на майбутнє, при певних допущеннях.

Проте, в даний час їх не використовують з ряду причин. Хоча підстави для їх застосування в даний час, на наш погляд, є завдяки наявності могутньої обчислювальної техніки, що є у кожного експлуатанта у вигляді персональних комп'ютерів.

Їх застосування вимагає визначення ряду імовірнісних характеристик, таких як ймовірність появи і не появи несприятливого чинника, а також умовної ймовірності парирування і не парирування його наслідків екіпажем або групою керівництва польотів.

Визначення ймовірнісних характеристик

Визначення імовірнісних характеристик вимагає наявності у кожного експлуатанта відповідної бази даних: на кожного авіаційного фахівця ПС, наземного устаткування і засобів забезпечення польотів, стану метеоумов на аеродромі вильоту, по маршруту, запасних аеродромів і кінцевому пункті маршруту. Ця база даних повинна постійно оновлюватися, оскільки характеристики елементів АТС постійно змінюються.

За наявності цих даних представляється можливим визначити у будь-який момент часу рівень БП при дії одного або групи несприятливих чинників по відомих критеріях.

Якщо характеристики надійності авіаційної техніки r_T і q_T можуть бути визначені відносно просто, а умовна ймовірність варіації наслідків відмов r_T самої техніки передбачається відомою (наявність резервування агрегатів і систем, засобів автоматизованого парирування наслідків виникаючих відмов), то визначення подібних характеристик, властивих кожній людині, достатньо складне.

Наприклад, розглянемо складання виразу у разі дії на систему «екіпаж – ПС – середовище» п несприятливих, незалежних чинників.

Після ряду перетворень маємо вираз [2]:

$$P_{\text{БП}}(t) = \prod_{i=1}^n P_{\text{БП}i}(t) = \prod_{i=1}^n (p_i + q_i \cdot r_i), \quad (1)$$

де $P_{\text{БП}}(t)$ – ймовірність благополучного завершення польоту;

$P_{\text{БП}i}(t)$ – ймовірність благополучного результату польоту при дії на систему i -го чинника;

r_i – умовна ймовірність парирування наслідків i -го чинника.

Ймовірність протилежної події $Q_{\text{АП}}(t)$ визначається як:

$$Q_{\text{АП}}(t) = 1 - P_{\text{БП}}(t). \quad (2)$$

Після ряду перетворень виразу (2) одержимо:

$$Q_{\text{АП}}(t) \approx \sum_{i=1}^n Q_i. \quad (3)$$

Вирази (1) і (3) можуть бути використані для розрахунку рівня БП або рівня ризику в одному польоті, якщо його розглядати таким, що складається з n етапів, а під P_i і Q_i розуміти, відповідно, рівень безпеки або рівень ризику при виконанні i -го етапу польоту.

Для приблизної оцінки рівня БП або порівняння набутого значення ймовірності безпечного завершення польоту з розрахунковими можна скористатися поняттям коефіцієнта ризику по окремих етапах польоту ПС з урахуванням тривалості його перебування на окремих етапах [3, 4]:

$$Q_{\text{АП}}(t) \approx 1 - \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m P_{ij}, \quad (4)$$

де m – кількість етапів польоту.

Експлуатація ПС підрозділяється на наземну експлуатацію і експлуатацію ПС у польоті. Основне призначення наземної експлуатації – підготовка і забезпечення надійної роботи авіаційної техніки у польоті. У свою чергу, наземна експлуатація включає: виконання різних форм підготовки, виконання доопрацювань, бюлетенів, ремонт і зберігання.

В процесі наземної експлуатації ПС піддається агресивній дії зовнішнього середовища, дії технічного персоналу в процесі технічного обслуговування. У процесі ТО на ПС працює велика кількість фахівців.

В процесі виконання окремих операцій людині властиво помилятися з різних причин.

Ймовірність безпомилкового виконання операцій в процесі технічного обслуговування кожного фахівця можливо розглядати як суму окремих його характеристик.

За базові характеристики авіаційного фахівця, ПС, що бере участь в ТО, можна прийняти: особові і професійні.

При цьому під особовими характеристиками слід розглядати:

- вік;
- стан здоров'я (об'єктивне);
- тип характеру;
- побутові умови;
- взаємини з колективом.

До професійних характеристик можна віднести такі:

- коли, де і з яким результатом закінчив базовий авіаційний учбовий заклад за даним профілем, форма навчання;
- досвід роботи в авіації;
- досвід роботи на даному виді авіаційної техніки на даній посаді;
- коли, де і з яким результатом пройшов чергові курси підвищення кваліфікації;
- якість виконуваних посадових обов'язків, при даній системі організації і забезпеченості процесу технічного обслуговування.

Шкала оцінювання

Найбільшим ступенем невизначеності володіють чинники з невідомими функціями приналежності. Звичайно до них застосовують процедуру експертного оцінювання діапазонів змін їх значень. Навіть самі довершені моделі не здатні нормально функціонувати через відсутність взаємопов'язаних процедур об'єктивних і суб'єктивних вимірювань показників, що характеризують різноманітні за своєю природою чинники, що підлягають обліку при дослідженні. Тому одна з головних проблем вимірювання – уніфікація вимірювань всіляких об'єктів з використанням числової системи, що дозволяє створити загальну формальну схему як об'єктивних, так і суб'єктивних вимірювань.

При цьому необхідно прийняти єдину шкалу оцінювання, достатньо розширену, наприклад таку, яку застосовують зараз в загальноосвітніх школах, по якій можна було б оцінити кожен параметр, що характеризує ймовірність безпомилкового виконання своїх обов'язків, більшість з яких розподілена за нормальним законом. Одержану величину балів потім перевести у ймовірність безпомилкової діяльності, приклад наведений на рис. 1.

Наприклад, розглянемо вплив віку на ймовірність здійснення помилки в процесі роботи фахівця (рис. 2). Відомо, що оптимальний вік виконавця знаходиться в діапазоні 30 ÷ 40 років. До досягнення цього віку позначається недосвідченість, а після нього – самовпевненість і втома. Так, наприклад, якщо оцінюється фахівець, вік якого 25 років, то величина імовірності здійснення помилки у нього буде рівна 0,1.

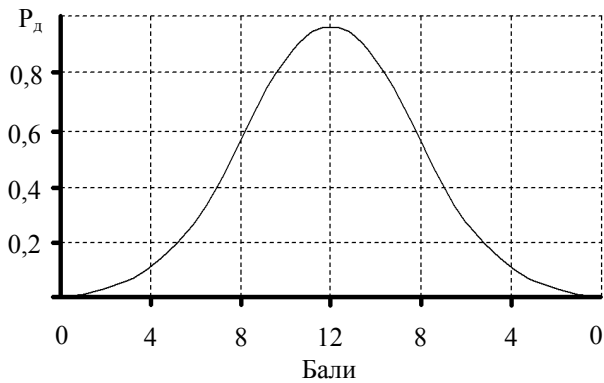


Рис. 1. Пропонований переклад величини одержаних балів у ймовірність успішного виконання функцій

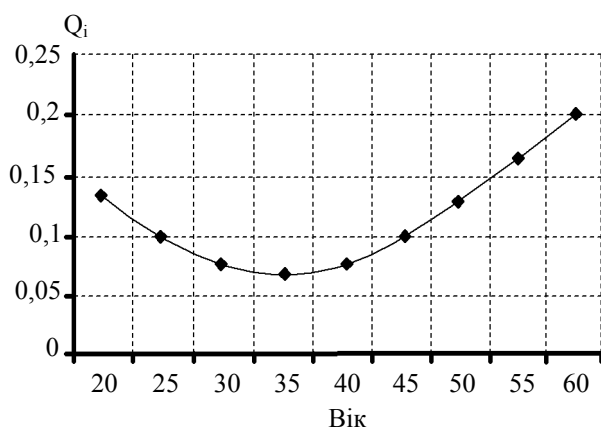


Рис. 2. Ймовірність здійснення помилки в процесі роботи фахівця залежно від його віку

Вплив температури навколишнього середовища на ймовірність здійснення помилок технічного персоналу приведений на рис. 3, звідки видно, що найбільш комфортна температура, при якій спостерігається найменша кількість помилок, складає приблизно 10 градусів за Цельсієм.

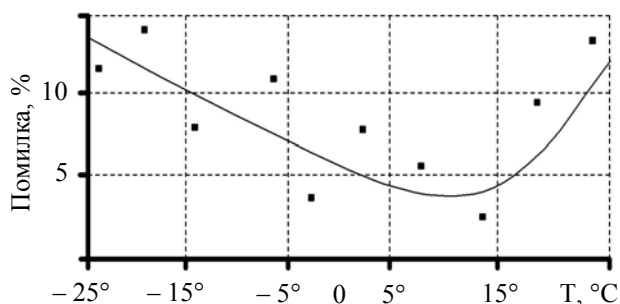


Рис. 3. Зміна відсотків помилкових дій технічного персоналу від температури навколишнього середовища

Висновки

В результаті одержимо множину ймовірнісних критеріїв безпомилкових дій для конкретного індивіда, підсумувавши які, одержимо його сумарний «портрет», який можна буде використовувати для обчислення рівня БП відповідно до виразу (4).

При аналізі ряду помилкових дій обслуговуючого персоналу запропоновано три класи стратегій дії при ТО ПС, кожен з яких визначається методом дії на помилки.

1. Зниження частоти помилок. Стратегія цього класу призначена для безпосередньої дії на джерело самої помилки. Прикладами таких стратегій є: забезпечення ремонтпридатності і полегшення доступу до обслуговуваних виробів, покращення підготовки обслуговуючого технічного персоналу.

2. Перехоплення помилок. Якщо помилка вже здійснена, то передбачаються заходи «перехопити» її до вильоту ПС в рейс. Прикладами таких стратегій є: контрольні перевірки правильності виконання якої-небудь задачі ТО, перевірки, що підтверджують правильність виконання окремих операцій, функціональні і експлуатаційні випробування, що проводяться після проведення регламентних робіт.

3. Терпимість до помилок. Терпимість до помилок – це здатність функціональної системи реагувати на помилку без серйозних наслідків. У випадку ТО ПС терпимість до помилок забезпечується як конструкцією самого літака, так і структурою системи його ТО.

Отримані результати можуть бути використані при здійсненні програм технічного обслуговування ПС і управлінні якістю ТО авіаційної техніки.

Література

1. Архипов М.С. *Безопасность полётов летательных аппаратов* / М.С. Архипов, В.С. Иванов, А.М. Киселёв. – К.: КВВАИУ, 1989. – 210 с.
2. Воробьев В.М. *Вероятностная динамическая модель оценки отказобезопасности кабинного эргатического интерфейса* / В.М. Воробьев, В.А. Захарченко, С.В. Енчев // *Вісник НАУ: зб. наук. праць*. – К.: НАУ, 2008. – С. 34-40.
3. Шишкин В.Г. *Безопасность полётов и бортовые информационные системы* / В.Г. Шишкин. – Иваново: МИК, 2005. – 240 с.
4. *Информационный выпуск по безопасности полетов* – К.: Государственная авиационная администрация. – 2006. – Вып. №1/8. – 64 с.
5. *Положення про систему управління безпекою польотів на авіаційному транспорті. Наказ Міністерства транспорту України, від 19.08.03 № 650.*

Надійшла до редакції 30.01.2009

Рецензент: канд. техн. наук, начальник служби організації управлінських систем Є.С. Сікорський, Державне підприємство Міністерства оборони України «Українська авіаційна транспортна компанія», Київ.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ КРИТЕРИЕВ

Ю.П. Пучков, Н.Ф. Молодцов, Д.В. Попов

Рассмотрен один из возможных путей оценки уровня безопасности полетов с учетом человеческого фактора и использованием вероятностных критериев. Оценить уровень безопасности можно с помощью статистических критериев, которые широко используются в настоящее время. Вероятность безошибочного выполнения операций в процессе технического обслуживания каждого специалиста можно рассматривать, как сумму отдельных его индивидуальных характеристик. При этом необходимо принять единственную шкалу оценивания, достаточно расширенную, по которой можно было бы оценить каждый параметр, который характеризует вероятность безошибочного выполнения своих обязанностей, большинство из которых распределены по нормальному закону.

Ключевые слова: человеческий фактор, вероятностные критерии, шкала оценивания, техническое обслуживание полётов, вероятность осуществления ошибки, экспертное оценивание.

ESTIMATION FLIGHT SAFETY OF AIRCRAFT WITH USING PROBABILISTIC CRITERION

Yu.P. Puchkov, N.F. Molodtsov, D.V. Popov

One of possible ways of estimation strength safety of flights is considered taking into account a human factor and by the use of probabilistic criteria. Estimating strength security is possible by statistical criteria which is widely use presently. Probability of faultless implementation of operations in the process of technical maintenance of every specialist, it is possible, to examine as a sumof separate his individual descriptions. It is thus necessary to accept the unique scale of evaluation, extended enough, on which it is possible to estimate every parameter which describe probability of faultless implementation of the duties, majority from which up-diffused on a normal law.

Keywords: human factor, probabilistic criteria, unique scale, technical maintenance, safety of flights, probability of realization of error, expert evaluation.

Пучков Юрій Павлович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри збереження льотної придатності авіаційної техніки та авіаційних двигунів, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, e-mail: zlpat@nau.edu.ua.

Молодцов Микола Федорович – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри збереження льотної придатності авіаційної техніки та авіаційних двигунів, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, e-mail: zlpat@nau.edu.ua.

Попов Дмитро Вікторович – магістр, аспірант кафедри збереження льотної придатності авіаційної техніки та авіаційних двигунів, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, e-mail: D_eMo_N@mail.ru.