

УДК 358.4 : 656.7

Р.В. Хращевський, Н.І. Кушнерова

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград

## МІСЦЕ І РОЛЬ ПРОЦЕСУ ВИЯВЛЕННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ НА БОРТУ ПОВІТРЯНОГО СУДНА

*Зібрана та проаналізована статистика авіаційних подій за останні десятиліття. Проведено аналіз умов і факторів виникнення нештатних ситуацій на борту повітряного судна. В результаті проведеного аналізу визначені фактори, які мають найбільший вагомий вплив на безпеку польотів. Визначені найбільш небезпечні етапи польоту. Проведений аналіз методів та моделей виявлення нештатних ситуацій на борту повітряного судна на їх основі виділені підходи до виявлення та попередження нештатних ситуацій в сучасних умовах.*

**Ключові слова:** аналіз, безпека польотів, нештатні ситуації, попередження, статистика.

### Обґрунтування актуальності дослідження та аналіз літератури

Безпека на авіаційному транспорті вимагає до себе прискіпливої уваги через можливі наслідки її ігнорування. Щорічно з 1990 по 2012 роки в середньому відбувалося по 200 авіаційних подій (АП), в яких зазнали лиха більше 1500 пасажирів. Завдяки посиленню та більш пильного нагляду за авіаційною безпекою та суворого дотримання технічних норм та авіаційних правил спостерігається зменшення динаміки росту АП, але ситуація в авіаційній транспортній сфері продовжує залишатися складною [1].

Важливість виявлення нештатних ситуацій (НС) на борту повітряного судна (ПС) відіграє важливу роль з точки зору правильності прийняття рішення щодо парирования складних ситуацій в які попадає ПС. Особливої уваги вимагають НС на етапах зльоту та посадки, що обумовлено складністю парирования

нештатної ситуації під час зльоту або посадки, через нестачу висоти та часу. Нестача часу на виявлення НС вимагає від науковців проводити пошук методів не тільки виявлення, але і прогнозування нештатних ситуацій на момент часу, що передуює появи НС. Дані методи дозволять екіпажу ПС (або автоматизованій системі парирования нештатних ситуацій) знайти додатковий час на прийняття правильного рішення для уникнення катастрофічних наслідків.

На даний момент часу пошук і реалізація методів завчасного прогнозування НС на ПС знаходиться на початковій стадії розвитку, що і спонукає продовжити дослідження за даним напрямком.

Значний внесок у дослідження питання виявлення НС зробили такі вчені, як І.А. Біргер, А.А. Ігнат'єв, Ю.В. Чуєв, П. Ейкхофф/ В роботах А. Антаса, А. Вілскі, Дж. Гертлера, П. Франка, М. Крамера, М. Бассевіла, І.В. Нікіфорова розглянуті методи виявлення ознак відмови. Зазначені вчені у своїх роботах приділили увагу методам та моде-

лям виявлення нештатних ситуацій, відмов та критичних режимів в автоматизованих системах, але вони не розглядали можливість прогнозування, що б дало можливість не тільки створити додатковий резерв часу на прийняття рішення, щодо парирования НС, але і, по можливості, ліквідувати можливість появи такої нештатної ситуації і, як наслідок, звести до нуля збитки, яка вона може викликати.

**Метою даної статті** є аналіз нештатних ситуацій, що виникають на ПС у польоті, аналіз методів та моделей, що використовуються для виявлення НС, та визначення шляхів формування методів та моделей, розробка методів та моделей прогнозування нештатних ситуацій на борту повітряного судна.

### Основний матеріал дослідження

Для виявлення найбільш небезпечних факторів та етапів польотів проаналізуємо статистику, що представлена консультативно-аналітичним агентством «Безпека польотів» (Aviation Safety Network) за період 1990 – 2012 р.р., та CAST/ICAO Common Taxonomy Team (CICTT) [2].

**Аналіз умов і факторів виникнення нештатних ситуацій на борту повітряного судна.** Безпека польотів (БП) завжди є вирішальним фактором у визначеності ефективності діяльності авіації. Прояви авіаційних пригод (АП) пов'язані із значними економічними збитками через необхідність відшкодувань наслідків АП, втратою ПС або їх ремонту та соціальними збитками у зв'язку з травматизмом чи загибеллю людей, втратою іміджу авіатранспортних підприємств, втрата фахівців.

Завдання забезпечення високого рівня БП займає особливе місце серед важливих задач, які стоять перед авіацією. З впровадженням в експлуатацію якісно нових дорогих ПС з великою пасажиромісткістю значно загострило її як в економічному, так і в

соціальному аспектах. БП забезпечується на всіх рівнях: промисловістю при розробці та виробництві авіаційної техніки, льотним та інженерно-авіаційним персоналом авіакомпаній, авіаремонтними підприємствами, підрозділами забезпечення, службами аеропортів, метеорологічною службою, органами організації повітряного руху (ОПР) тощо.

На БП впливають безліч факторів, які присутні на всіх рівнях організації та підготовки до польоту. Встановлено, що найчастіше загрози носять випадковий характер, тому з метою підвищення безпеки необхідно забезпечувати виявлення та оцінку негативних факторів, що впливають на рівень безпеки польотів [3].

Авіаційні події трапляються з різних причин. Згідно статистичних даних, що представлені CAST/ICAO Common Taxonomy Team (CICTT) [2], найбільш частими причинами виникнення АП з жертвами є втрата контролю в польоті та зіткнення з землею в контрольованому польоті (англ. CFIT Controlled flight into terrain) – авіаційний термін, переважно вживається в англійській (або перекладній) авіаційній літературі і позначає авіаційну подію, в ході якої справне повітряне судно, кероване екіпажем у штатному режимі, стикається з землею, водною поверхнею або нерухомими перешкодами, які не є іншими літаками.

Для аналізу статистичних даних визначено вагу кожного фактору. Зведені розрахунки представлені у табл. 1.

Порівнявши всі вагові коефіцієнти можна зробити висновок, що втрата контролю та зіткнення з землею в контрольованому польоті є найбільш частими катастрофами, які призводять до великої кількості людських жертв.

Причинами даних катастроф можуть різні фактори такі, як відмова технічних засобів, складні метеорологічні умови (СМУ), людський фактор.

Таблиця 1

Вагові коефіцієнти факторів виникнення катастроф та жертв у них

№ п/п	Фактор, що спричинив катастрофу	Ваговий коефіцієнт по кількості катастроф	Ваговий коефіцієнт по кількості жертв
1.	Втрата контролю в польоті	0,23	0,33
2.	Зіткнення з землею в контрольованому польоті	0,23	0,22
3.	Виліт за ЗПС (посадка)	0,18	0,16
4.	Наземне обслуговування	0,1	0,002
5.	Виліт за ЗПС (зліт)	0,06	0,04
6.	Невідомі причини	0,05	0,09
7.	Попередження зіткнення в повітрі	0,03	0,05
8.	Інші причини	0,03	0,03
9.	Вогонь/Дим	0,03	0,0008
10.	Відмова системи/деталі, вузла (не силова установка)	0,03	0,0006
11.	Відмова системи/деталі, вузла (силова установка)	0,01	0,05
12.	Здвиг вітру або гроза	0,01	0,02
13.	Паливо	0,01	0,005

Провівши декомпозицію статистичних даних АП, що були зібрані компанією CAST/ICAO Common Taxonomy Team (СІСТТ) [2], визначимо вагові коефіцієнти по кількості катастроф за період часу кожного з етапів польоту та зведемо їх до табл. 2.

Таблиця 2

Вагові коефіцієнти факторів виникнення ЛП (катастроф) по етапах польоту та жертв у них

№ п/п	Етап польоту	Ваговий коефіцієнт по кількості катастроф за період часу	Ваговий коефіцієнт по кількості жертв
1.	Зліт	10	12
2.	Початковий набір висоти	7	6
3.	Набір висоти	0,4	0,7
4.	Політ на ешелоні	0,2	0,4
5.	Зниження	0,4	0,2
6.	Початковий захід на посадку	1,2	1,6
7.	Заключний етап заходу на посадку	5,7	4,3
8.	Посадка	20	16

Аналіз отриманих даних показує, що найбільш небезпечні етапи польоту являються політ на ешелоні польоту (ЕП), зліт та посадка, але якщо взяти до уваги, що зліт та посадка займають лише по 1% [2] від загального часу польоту, то на такий короткий проміжок часу кількість АП та жертв є непомірно велика. Це викликано, насамперед, невеликим запасом висоти та коротким проміжком часу на прийняття рішення.

**Аналіз методів та моделей виявлення нештатних ситуацій на борту повітряного судна.** У процесі польоту на ПС можуть впливати різного роду внутрішні та зовнішні дестабілізуючі фактори. Безпека ПС залежить від міри захищеності його елементів та ПС в цілому від впливу цих факторів. Нажаль, захищеність ПС від зовнішніх та внутрішніх факторів не може бути абсолютною і тому завжди існує певний ризик виникнення катастрофічної ситуації.

Безпека на авіаційному транспорті можлива, коли ризик знаходиться на прийнятному рівні і підтримується на ньому чи більш низькому рівні шляхом безперервного процесу виявлення джерел небезпеки, попередження їх впливу при контролі факторів ризику [4]. Оцінка ризику базується на аналізі причин виникнення небезпечних ситуацій і умов розвитку аварійних ситуацій.

Визначення фактичного рівня безпеки польотів здійснюється з використанням математико-статис-

тичних методів. При цьому складності можуть виникати при аналізі характеру авіаційної події відповідно до існуючої класифікації цих подій.

При прогнозуванні безпеки перевезень на транспорті необхідні відповідні методики прогнозування, такі як «теорія ризиків», основу яких складає метод прогнозування аварійних ситуацій за допомогою ланцюгів випадкових подій [5].

Значна частина АП виникає через відмову технічного обладнання. Під відмовою в теорії надійності розуміють подію, яка порушує працездатність об'єкту [6, 7]. Розрізняють два види відмов – раптові та поступові. Поступовій відмові передують зміни одного або кількох параметрів, які характеризують здатність об'єкту виконувати свої функції [7, 8]. Якщо таку зміну своєчасно виявити, можна попередити виникнення відмови чи прийняти міри по усуненню його наслідків.

На даний час існує ряд підходів щодо виявлення та ідентифікації відмов технологічного обладнання. Методи виявлення можуть використовувати кількісні моделі, якісні моделі та ретроспективні дані [6 – 8]. При наявності аналітичної моделі технологічного процесу використовуються методи, що ґрунтуються на кількісних моделях. До них відносяться: використання аналітичної або апаратної надлишковості, побудова перевірочних рівнянь. При якісному опису технологічного процесу використовують методи, які ґрунтуються на нечислових моделях. До них відносяться використання орієнтованого графу, дерево відмов та модель «здорового глузду».

Для багатьох технологічних процесів при польоті ПС аналітичний опис не визначений, а якісне представлення доволі громіздке, у такому випадку використовують ретроспективні дані про технологічний процес. Для цього випадку необхідні такі методи діагностування, які б дозволили отримати інформацію з масиву ретроспективних даних. Такі методи поділяються на числові та нечислові. До нечислових методів відноситься використання експертних систем та якісний аналіз трендів. До числових – застосування статистичних методів, використання нейронних мереж [7].

Задачу виявлення відмови можна розглянути як задачу класифікації, для вирішення якої використовується дискримінантні функції. Набір значень параметрів технологічного процесу в кожний момент часу представляє собою точку в n-мірному просторі. За допомогою заздалегідь побудованої дискримінантної функції можна розпізнати точки, що відповідають збою. Недолік даного підходу заключається в необхідності побудови дискримінантних функцій, а також тому, що в більшості випадків отримати безпомилкову класифікацію досить важко.

При прогнозуванні аварійної ситуації шляхом пошуку раніше визначених ознак необхідно викори-

стовувати методи розпізнання образів. Найбільш прості методи основані на розрахунку відстані. Кожній ознаці відповідає точка в багатомірному просторі ознак. Метричні методи виявлення основані на кількісній оцінці близькості між цими точками. Для оцінки близькості використовуються різні відстані [6 – 8].

## Висновки

Таким чином, сучасні системи та елементи ПС описуються великою кількістю змінних, які при виникненні несправностей змінюють своє значення, але така зміна залишається не помітною людиною-оператором (членом екіпажу ПС). Тому, актуальним є питання розробки методів та моделей для прогнозування аварійної ситуації та своєчасного інформування про можливу відмову, що дасть можливість своєчасно парити нештатну ситуацію. Найбільш актуальним це питання постає на етапі зльоту та посадки, коли небезпеку несе невеликий запас висоти та нестача часу для прийняття рішення.

В результаті аналізу методів та моделей виявлення нештатних ситуацій на борту ПС можна зробити висновок, що вище описані методи та моделі не можуть прогнозувати відмову, а лише констатують факт відмови, що на етапах зльоту та посадки не забезпечує оперативне парити аварійної ситуації.

Аналіз різних варіантів побудови систем прогнозування [9] показав, що найбільш прийнятною є організація тестового діагностування за принципом блукаючого діагностичного ядра [9]. Оскільки цей метод дозволяє виконувати діагностування систем і підсистем ПС постійно, через невеликі проміжки часу, в процесі функціонування об'єкта за призначенням. Тому подальші дослідження щодо розробки методів та моделей прогнозування появи НС на борту ПС вбачаємо за доцільне проводити на основі зазначеного вище принципу.

## Список літератури

1. *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents. Worldwide Operations 1959 – 2011. Published by: Aviation Safety / Boeing Commercial Airplanes [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf>.*
2. *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents. Worldwide Operations 1959 – 2011. Published by: Aviation Safety / Boeing Commercial Airplanes [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf>.*
3. *Якість та ефективність системи організації повітряного руху / Авторський колектив: Биковець І.С., Дем'янчук В.С., Клименко В.О., Майкова О.С., Матвієнко А.Г., Петрашевський А.О., Чередніченко Ю.А., Чорнобай В.М., Юр'єв Ю.М., Яковлев О.І. – К.: ДП ОІПР, 2010. – 316 с.*
4. *Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко – М.: Наука, 1971. – 576 с.*
5. *Якість та ефективність системи організації повітряного руху / Авторський колектив: Биковець І.С., Дем'янчук В.С., Клименко В.О., Майкова О.С., Матвієнко А.Г., Петрашевський А.О., Чередніченко Ю.А., Чорнобай В.М., Юр'єв Ю.М., Яковлев О.І. – К.: ДП ОІПР, 2010. – 316 с.*
6. *Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 420 с.*
7. *Игнатъев А.А. Основы технической диагностики автоматизированных систем машиностроения / А.А. Игнатъев, Ю.С. Филиппов. – Саратов: СГТУ, 2001. – 68 с.*
8. *Иыуду К.А. Надежность, контроль и диагностика вычислительных машин и систем / К.А. Иыуду. – М.: Высш школа, 1989. – 216 с.*
9. *Mashkov V.A. Self-checking and Self-diagnosis of Module Systems on the Principle of Walking Diagnostic Kernel / V.A. Mashkov, O.V. Barabash // Engineering Simulation. – Amsterdam: OPA, 1998. – Vol. 15. – P. 43-51.*

Надійшла до редколегії 8.07.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Національний авіаційний університет, Київ.

## МЕСТО И РОЛЬ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА БОРТУ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Р.В. Храшевский, Н.И. Кушнерова

*Собрана и проанализирована статистика авиационных происшествий. Проведен анализ условий и факторов возникновения внештатных ситуаций на борту воздушного судна. В результате проведенного анализа определены факторы, которые имеют наиболее большое влияние на безопасность полетов. Определены наиболее опасные этапы полета. Проведен анализ методов и моделей определения внештатных ситуаций на борту воздушного судна и на их основе выделены подходы к определению и предупреждению внештатных ситуаций в современных условиях.*

**Ключевые слова:** анализ, безопасность полетов, внештатные ситуации, предупреждение, статистика.

## PLACE AND ROLE DETERMINING OF EMERGENCY SITUATIONS ON BOARD

R.V. Khrashcevskiy, N.I. Kushnerova

*Statistics of accident and analysis of conditions and factors of occurrence emergency situations have been collected. Based on the analysis defined the factors which have great influence on aviation safety. The most dangerous phases of flight have been determined. Analysis methods and models of detection emergency situations have been done. The method of identification and prevention of emergency situations on board in modern conditions was identified.*

**Keywords:** analysis, safety, abnormal situations, prevention, statistics.