

УДК 629.7.07

І.Л. Якуніна, Т.Ф. Шмельова, О.П. Бондар

Державна льотна академія України, Кіровоград

ЕКСПЕРТНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ВИНИКНЕННІ ОСОБЛИВОГО ВИПАДКУ В ПОЛЬОТІ

Розроблено методичні рекомендації для моделювання прийняття рішень людиною-оператором при виникненні особливого випадку в польоті. Наведено статистичні дані щодо однієї з причин відмови авіаційного двигуна на зльоті - зіткнення повітряних суден з птахами. Наведено результати експертної оцінки часу виконання авіаспеціалістом необхідних дій у випадку відмови авіаційного двигуна на зльоті.

Ключові слова: відмова двигуна, перерваний зліт, зіткнення з птахом, метод експертних оцінок/

Вступ

Постановка проблеми. Авіаційний транспорт, згідно статистичних даних, визнано найбезпечнішим видом транспорту: за підрахунками ІКАО, на один мільйон польотів припадає одна катастрофа [1]. Але, з метою підвищення безпеки польотів, кожна катастрофа, маючи негативні наслідки, повинна аналізуватись як окремий випадок, так і в сукупності з іншими подібними випадками.

Аналіз має бути всебічним. Він повинен враховувати і зовнішні чинники при польоті повітряного судна, і роботу механізмів та агрегатів повітряного судна, і безпосередньо дії екіпажу в особливих випадках в польоті.

Підтримка та покращення безпечного функціонування авіаційної людино-машинної системи є одним з найважливіших науково-технічних завдань. Зокрема, цій меті підпорядковано аналіз дій авіаспеціаліста в одній з небезпечних ситуацій: при відмові авіаційного двигуна на зльоті. Визначення часу (за тією чи іншою методикою) на виконання дій екіпажем в подібних випадках є важливим при аналізі парювання особливих випадків в польоті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Внаслідок тієї чи іншої причини може статися збій у роботі механізмів та агрегатів повітряного судна або навіть їх руйнування. В [3] досліджено рух багатомоторного повітряного судна з неповною та несиметричною тягою в результаті відмови одного чи більше двигунів. Розглянуто фізичні моделі поведінки повітряного судна у випадку відмови силової установки в чотиризмірному просторі «простір-час». Розраховано ймовірнісні характеристики польоту літака з двигуном, що відмовив.

Відповідальність за ліквідацію особливого випадку в польоті покладено на екіпаж повітряного судна, який безпосередньо підпорядковується командирі повітряного судна. На командира повітряного судна, в свою чергу, покладена відповідальність за своєчасне та оптимальне прийняття рішення. В роботах [4] та [5] наведено теоретичні основи прийняття рішень людиною-оператором, зокрема, в

[5] наведено еталонну таблицю оцінки коефіцієнту аргументації експерта.

При вивченні особливих випадків в польоті важливим є статистичний аналіз. Основними джерелами статистичної інформації для аналізу авіаційних подій в Україні, країнах СНД, Європи та в усьому світі є: інформаційні бюлетені про стан безпеки польотів (БП) цивільних повітряних суден (ПС) України, сайт Aviation Safety Network [7] (база даних з авіаційної безпеки, оновлюється раз на тиждень, містить статистичні дані за різними типами ПС з 1943 року), сайт EASA European Aviation Safety Agency [7] (розподіл авіаційних подій 1998-2007 рр у країнах Європи та світу) та інші.

В [2] наведено короткий аналіз даних стосовно зіткнень повітряних суден США з об'єктами живої природи за період з 1990 по 2007 рік. Наведено відсоток зіткнень з птахами від усього числа зіткнень повітряних суден з об'єктами живої природи.

Формулювання мети статті.

1. Розробити методичні рекомендації для моделювання прийняття рішень (ПР) людиною-оператором (Л-О) при виникненні особливого випадку в польоті (ОВП).

2. Описати та проаналізувати деякі зовнішні та внутрішні чинники виникнення такого особливого випадку, як відмова двигуна на зльоті, та часові характеристики дій екіпажу при парюванні цього випадку. Показати необхідність дослідження дій авіаспеціалістів у випадку відмови авіаційного двигуна на зльоті.

Виклад основного матеріалу

Авторами розроблено «Методичні рекомендації для моделювання ПР Л-О при виникненні ОВП»:

1. Попередній аналіз проблеми.

- Вибір ОВП для аналізу – «ОА ОВП» (обраний для аналізу ОВП).
- Статистичний аналіз авіаційних подій, обґрунтування вибору особливого випадку в польоті.
- Аналіз літературних джерел та формування вибірки з ОА ОВП

2. *Технологія роботи Л-О (диспетчера, пілота) в умовах розвитку ОА ОВП.*

- Алгоритм дій екіпажу повітряного судна при виникненні ОА ОВП (відповідно до ПС з вибірки, що сформована).

- Алгоритм дій авіадиспетчера при виникненні ОА ОВП.

- Блок-схема алгоритму дій екіпажу повітряного судна при виникненні ОА ОВП.

- Блок-схема алгоритму дій диспетчера при виникненні ОА ОВП.

3. *Визначення параметрів моделі.*

- Визначення часу t_i , t_i' , необхідного для виконання i -ї процедури відповідно до алгоритму дій Л-О при виникненні ОА ОВП експериментальним (експертним) методом.

- Порівняльний аналіз експериментальних (t_i , t_i') та експертних даних (t_j , t_j').

4. *Графоаналітичні моделі прийняття рішень Л-О при виникненні ОВП.*

4.1 *Детерміновані моделі.*

- Аналіз розвитку ОВП за допомогою мережевого планування.

- Мережеве планування дій Л-О (ЕПС, диспетчер) в ОВП:

- Структурно-часова таблиця дій Л-О в ОВП.

- Мережевий графік виконання дій Л-О в ОВП.

- Критичний час виконання дій Л-О в ОВП.

- Критичний шлях виконання дій Л-О в ОВП.

- Етапи ПР Л-О з парировання ОВП.

4.2 *Стохастичні моделі.*

- Структурний аналіз розвитку ОВП.

- Визначення структури і параметрів дерева рішень (вершин-рішень, випадкових вершин, дуг).

- Аналіз невизначеності: визначення ймовірностей розвитку аварійної ситуації.

- Аналіз наслідків розвитку аварійних ситуацій: визначення потенційних збитків при розвитку аварійної ситуації.

- Аналіз прийняття рішень Л-О за допомогою дерева рішень.

- Знаходження мінімального ризику розвитку аварійних ситуацій при виникненні ОВП.

4.3 *Рефлексивні моделі біполярного вибору Л-О при виникненні ОВП.*

- Системний аналіз і формалізація факторів, що впливають на ПР Л-О: індивідуально-психологічних, психофізіологічних та соціально-психологічних в умовах розвитку польотних ситуацій від нормальної до катастрофічної:

- Моделі переваг Л-О при впливі соціально-психологічних факторів.

- Моделі переваг Л-О значущості індивідуально-психологічних факторів.

- Моделі психофізіологічних факторів.

- Моделювання ПР Л-О при впливі зовнішнього середовища, попереднього досвіду і вольового вибору Л-О в ОВП.

- Визначення очікуваних ризиків ПР Л-О на основі рефлексивної теорії біполярного вибору

Якщо проаналізувати авіаційні події, які сталися з вітчизняними та іноземними екіпажами в період з 2000 р. по 2010 р., то можна виділити такі найбільш поширені причини, які тим чи іншим чином призводили до авіаційної події [1]:

- умисне та свідоме порушення екіпажами ПС існуючих авіаційних правил та законів при виконанні чартерних рейсів у регіони Африки, Близького Сходу, Азії (порушення рекомендованих схем польоту та заходу на посадку, перевищення максимальної злітної маси, порушення центрування, польоти на аеродроми, які не включено до збірників JEPPESEN, незадовільна передпольотна підготовка);

- порушення правил льотно-технічної експлуатації авіатехніки (допуск до польоту несправних ПС, польоти з попередньо відомими несправностями);

- низький рівень професійної підготовки, особливо на гелікоптерах, з виконання польотів в складних метеоумовах;

- навмисне порушення мінімумів для зльоту та посадки (наприклад, під «тиском» замовника);

- систематичне розукомплектування ПС через відсутність запчастин, продовження ресурсів на силові установки та агрегати, які мають недостатню надійність в експлуатації;

- недостатня роль командно-льотного та інспекторського складу усіх рівнів у дотриманні діючих авіаційних законів і правил із забезпечення безпеки польотів (БП);

- формальний характер рекомендацій та заходів за результатами розслідування авіаційних подій, що призводить до повторення тих же ситуацій із тими ж причинами;

- практично припинено дослідження відмов авіатехніки, що знижує експлуатаційну надійність і приводить до збільшення їх кількості.

З досвіду авіаспеціалістів відомо, що ці причини є основними не тільки на Україні, але і для європейських та інших країн світу. Статистичний аналіз авіаційних подій, що відмова авіаційного двигуна займає значне місце серед інших причин авіаційних подій (7,5%) [2]. А відмова силової установки – авіаційного двигуна – на зльоті є не менш важливою причиною, тому що етап зльоту є одним з найбільш критичних етапів польоту. Оскільки виникнення на цьому етапі особливого випадку дає екіпажу значно менше шансів на успішне його подолання, тому з метою попередження авіаційних подій доцільно розглянути саме відмову двигуна на зльоті.

Відомо, що однією з причин відмови авіаційного двигуна, яка зустрічається нерідко, є зіткнення з птахами. Проблему зіткнення повітряних суден з птахом вперше було піднято в 1912 році, коли в Каліфорнії, в результаті попадання чайки в рульове управління, загинули повітряне судно і пілот.

На основі статистики зіткнень повітряних суден з птахами [6] побудовано діаграму (рис. 1). З діаграми видно, що птах при зіткненні з повітряним судном найчастіше попадає саме в двигун.

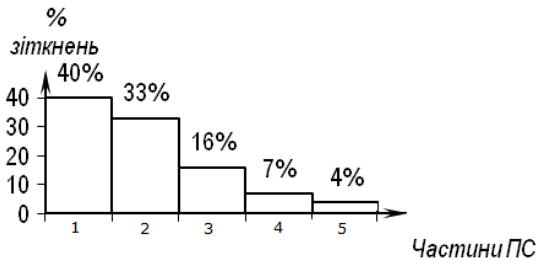


Рис. 1. Відсоток зіткнень птахів з окремими ділянками повітряного судна (з загального числа зіткнень; 1 – двигун, 2 – крила, 3 – лобове скло кабіни, 4 – фюзеляж, 5 – інші частини повітряного судна)

Розподіл зіткнень повітряних суден з птахами за етапами польоту демонструє наступна діаграма (рис. 2), з якої видно, що етап зльоту повітряного судна є важливим при аналізі зіткнень.

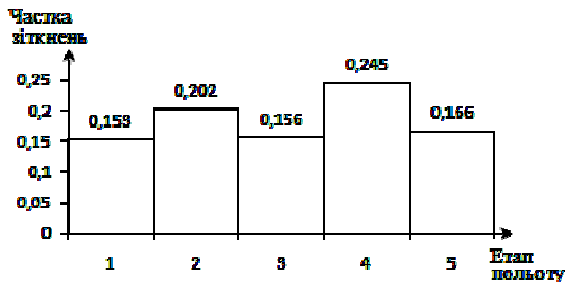


Рис. 2. Розподіл зіткнень повітряних суден з птахами за етапами польоту повітряного судна (1 – зліт, 2 – набір висоти, 3 – крейсерський політ, 4 – зниження, 5 – посадка)

Оскільки інформація про зіткнення повітряних суден з птахами у вільному доступі є тільки по США, то виконаємо статистичний аналіз на прикладі цієї країни. Проаналізуємо кількість N зареєстрованих зіткнень повітряних суден з птахами в США з 1999 по 2008 роки (рис. 3) [6].

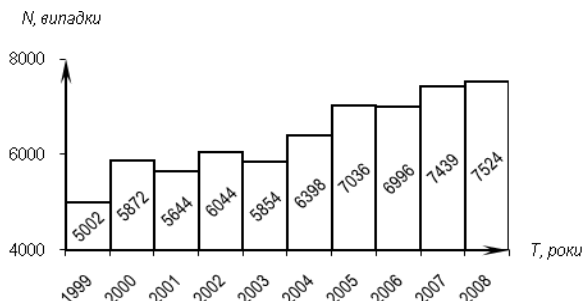


Рис. 3. Кількість зареєстрованих випадків зіткнень повітряних суден цивільної авіації США з птахами (по роках)

За десять років кількість збільшилась з 5002 випадків до 7524 випадків зіткнень за рік. Але за той

самий період в США збільшилась кількість М виконаних польотів (рис. 4), з 602 млн. у 1999 році до 803 млн. у 2008 році [2].

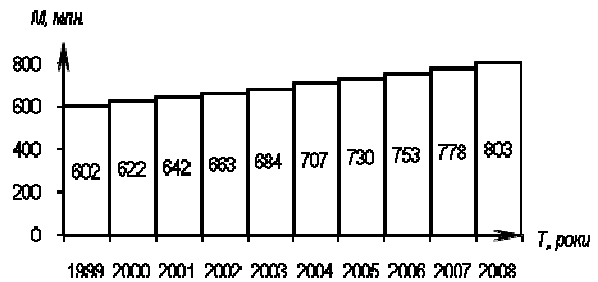


Рис. 4. Кількість виконаних польотів повітряними суднами цивільної авіації США (млн., по роках)

Знайдемо відношення кількості N зіткнень повітряних суден з птахами до кількості М виконаних польотів, отримаємо середню кількість зіткнень повітряних суден з птахом на 1 млн. виконаних польотів (табл. 1).

Таблиця 1

Середня кількість зіткнень ПС з птахами на 1 млн. виконаних польотів

Роки	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
N/M	8,31	9,44	8,79	9,12	8,56	9,05	9,64	9,29	9,56	9,37

Як видно з таблиці, відношення N/M протягом останнього десятиріччя залишається майже незмінним. Відобразимо дані табл. 1 на рис. 5 і побудуємо лінію тренда, яка дозволить графічно відобразити тенденції даних і спрогнозувати їхні подальші зміни. В даному випадку бачимо, що незважаючи на те, що орнітологічні служби аеропортів докладають всіх можливих зусиль для попередження зіткнень повітряних суден з птахами, кількість зіткнень має тенденцію до зростання.

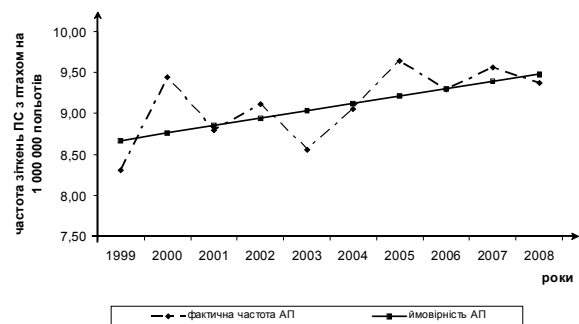


Рис. 5. Динамічний аналіз рівня БП по ймовірності АП "зіткнення ПС з птахом".

Рівняння лінії тренда має вигляд:

$$y=0,0906x-172,44.$$

Коефіцієнт 0,0906 показує, що кожного року кількість зіткнень повітряних суден з птахами на 1 млн. польотів збільшується на дану величину.

При передпольотному інформаційному обслуговуванні на аеродромах цивільної авіації екіпаж повинен отримати також і інформацію, щодо орнітологічної обстановки на аеродромах вильоту, прильоту та запасному. В Україні інформацію про орнітологічну обстановку на аеродромах екіпажам не завжди доводять до відома. Як приклад, - авіаційний інцидент, що стався 12.06.10 о 02.11 при виконанні рейсу UDC 252 за маршрутом Єреван-Донецьк на літаку Як-42 UR-42377 авіакомпанії «Донбасаеро»[8].

При виникненні особливого випадку в польоті командир повітряного судна необхідно в умовах жорсткого дефіциту часу прийняти оптимальне рішення. Досвід роботи екіпажів повітряних суден дозволяє полегшити вибір вищезгаданого оптимального рішення.

В табл. 2 представлено перелік дій, які необхідно виконати авіаспеціалісту у випадку відмови двигуна на зльоті [9, 10] та наведено отримані нами результати аналізу часу на виконання цих дій.

Середній час t_c виконання дій визначався двома методами: А- методом експертних оцінок і В – методом експерименту на льотних тренажерах.

Обчислене на основі дисперсії стандартне відхилення та коефіцієнт варіації вказують на діапазоні зміни оцінки часу в залежності від експерта (А) або того, хто тренується на тренажері (В).

В експертному опитуванні взяли участь провідні спеціалісти з льотного загону ДЛАУ та пілоти кількох авіакомпаній України.

Оцінку компетентності експертів було проведено за допомогою методу самооцінки експерта. Нагадаємо [5], що метод самооцінки базується на основі суджень експерта про ступінь своєї інформативності стосовно даної проблеми та про ступінь аргументації своїх думок. Ступінь власної інформативності експерти оцінювали за 10 - бальною шкалою. Ступінь аргументації думок визначали за допомогою «Еталонної таблиці оцінки коефіцієнту аргументації експерта (Л.Г. Євланов, В.А. Кутузов, 1978)».

В залежності від того, в який момент зльоту сталась відмова, а отже, від того, яке рішення доведеться прийняти командир повітряного судна, середній час, визначений за допомогою експертного опитування, складає 76,6 с. у випадку перерваного зльоту та 100,3 с. у випадку, коли прийнято рішення про продовження зльоту.

За результатами експериментального визначення часу, необхідного авіаспеціалісту для парирования особливого випадку в польоті в процесі тренажерної підготовки бачимо, що курсанту для парирования особливого випадку потрібно майже на кожну дію більше часу: 93 с. та 122,7 с. відповідно при перерваному та продовженому зльоті.

Для наочного порівняння результатів експертного опитування та експериментального визначення часу, необхідного для виконання дій авіаспеціалістом у випадку відмови двигуна на зльоті, побудуємо діаграму (рис. 6).

Як видно з діаграми, виконання деяких дій авіаспеціалістом вимагає в середньому приблизно однакову кількість часу (для дій під номерами 1-3, 7, різниця складає близько 0,2с в середньому).

Оскільки у випадку виникнення особливого випадку в польоті людина-оператор повинна не тільки прийняти правильне рішення, а ще й затратити на прийняття цього рішення та його виконання якомога менше часу, тому одне із завдань тренажера – вдосконалити навички парирования особливого випадку в процесі тренажерної підготовки в умовах гострого дефіциту часу. Середній час на парирования особливого випадку в польоті, визначений методом експертного опитування, може бути використаний як еталонний при оцінці часу, який витрачає на це курсант в процесі роботи на тренажері. Час, який було визначено методом експертних оцінок, в подальшому планується використати при побудові моделей поведінки людини-оператора при виникненні особливих випадків в польоті, а також для всебічного аналізу та оптимізації побудованих моделей.

Таблиця 2

Аналіз результатів експертного опитування (А) та експериментального визначення (В) середнього часу, необхідного на виконання дій авіаспеціалістом у випадку відмови двигуна на зльоті

№ з/п	Дія авіаспеціаліста	Середній час, t_c , с	
		А	В
1	Виявлення відмови двигуна другим пілотом	4,7	4,9
2	Виявлення відмови двигуна механіком	3,2	3,2
3	Виявлення відмови двигуна командиром повітряного судна (КПС)	3,1	3,3
4	Отримання інформації командиром повітряного судна від члена екіпажу про відмову двигуна	2,8	3,2
5	Оцінка КПС швидкості ПС	3,5	4
6	Прийняття рішення КПС про припинення зльоту	2,7	3
7	Видача команди екіпажу про припинення зльоту	3,2	3
8	Переведення важелів керування двигунами на режим малого газу	3,1	2,7
9	Увімкнення реверсного пристрою працюючого двигуна	6,7	8
10	Випуск гасителів підйомної сили	5,0	6,8
11	Застосування інтенсивного гальмування колес шасі	6,8	9
12	Зупинка несправного двигуна	5,7	7,3
13	Оцінка загрози лобового зіткнення	5,2	7,1
14	Вимкнення неушкоджених двигунів	6,3	8
15	Застосування керування поворотом передньої стійки шасі в разі загрози лобового зіткнення	4,7	5,2
16	Застосування роздільного гальмування колес шасі для ухилення від перешкод	5,9	7
17	Зупинка ПС	4,2	7,3
Всього		76,6	93

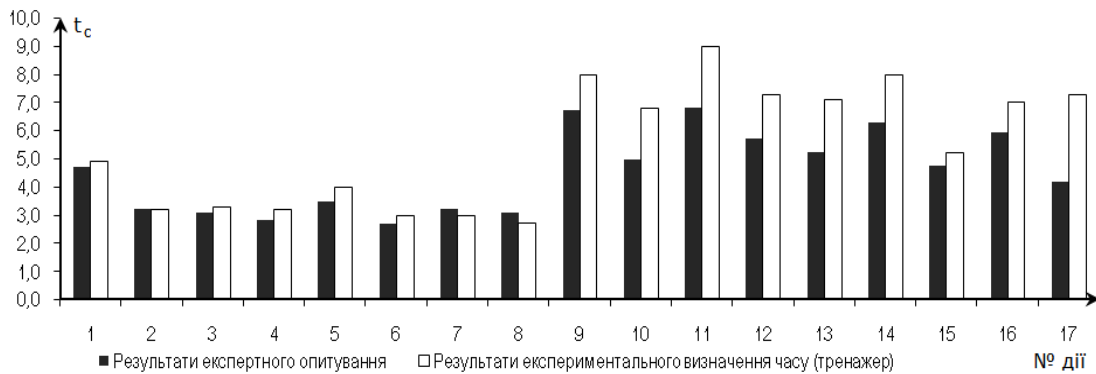


Рис. 6. Порівняльна характеристика результатів експертного опитування та експериментального визначення середнього часу необхідного для виконання дій авіаспеціалістом у випадку відмови двигуна на зльоті

Висновки

У даній роботі наведено методичні рекомендації для моделювання прийняття рішень людиною-оператором при виникненні особливого випадку в польоті, що за єдиною схемою дозволяє будувати зазначені моделі, і, як наслідок, дає широку базу для вирішення задач оптимізації діяльності авіаспеціалістів.

Наведено результати аналізу авіаційних подій та умов їх виникнення, зокрема, стосовно відмови авіаційного двигуна на зльоті, показано необхідність дослідження дій авіаспеціалістів у випадку відмови авіаційного двигуна на зльоті. Виконано аналіз результатів експертного опитування щодо визначення часу на виконання тієї чи іншої операції авіаспеціалістом у випадку відмови авіаційного двигуна на зльоті.

Отримані результати в подальшому планується використати при побудові мережевих графіків.

Список літератури

1. Лейченко С.Д. Человеческий фактор в авиации: Монография / С.Д. Лейченко, А.В. Малишевский, Н.Ф. Михайлик. – СПб. – Кировоград: КОД, 2006. – Кн. 1. – 480 с.
2. Wildlife strikes to civil aircraft in the united states 1990–2007. Federal Aviation Administration National wildlife strike database serial report number 14. – Washington: DC, 2008. – P. 57.
3. Галлай М. Л. Полет самолета с неполной и не-

симметричной тягой / М.Л. Галлай. – М.: Машиностроение, 1970 – 192с

4. Рева О.М. Прийняття рішень шляхом виявлення системи пріоритетів (переваг) авіаспеціаліста: Методичні вказівки до вивчення курс «Основи теорії прийняття рішень» / О.М. Рева. – Кировоград: ДЛАУ, 1996. – 18 с.

5. Рева О.М. Однокрокові методи рішення задач з векторним показником ефективності: Методичні вказівки до вивчення курс «Основи теорії прийняття рішень» / О.М. Рева. – Кировоград: ДЛАУ, 1996. – 23 с.

6. База даних з авіаційної безпеки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://aviation-safety.net/index.php>.

7. Сайт EASA /European Aviation Safety Agency [Електронний ресурс] / Европейское агентство по безопасности полетов. – Режим доступу к сайту: <http://easa.europa.eu>.

8. Ильченко М.А. Устойчивость рабочего процесса в двигателях летательных аппаратов / М.А. Ильченко, В.В. Крюченко. – М.: Машиностроение, 1995 – 320 с.

9. Аналіз рівня безпеки польотів та виявлення потенційних факторів аварійності з цивільними повітряними суднами України у 1 півріччі 2010 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу к матеріалам: http://www.ukraviatrans.gov.ua/analiz_rbp.htm.

10. Руководство по летной эксплуатации самолета ЯК-40. – М.: Воздушный транспорт, 1995. – 440 с.

11. Руководство по летной эксплуатации самолетов Ту-134 (А, Б). Книга первая. – М.: Воздушный транспорт, 1996. – 304 с.

Надійшла до редколегії 19.01.2011

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. В.Ф. Гамалій, Кировоградський національний технічний університет.

ЭКСПЕРТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ОСОБОГО СЛУЧАЯ В ПОЛЕТЕ

И.Л. Якунина, Т.Ф. Шмелева, О.П. Бондарь

Разработано методические рекомендации для моделирования принятия решений человеком-оператором при возникновении особого случая в полете. Приведены статистические данные касательно одной из причин отказа авиационного двигателя на взлете – столкновение воздушных судов с птицами. Приведены результаты экспертной оценки времени выполнения авиаспециалистом необходимых действий в случае отказа авиационного двигателя на взлете.

Ключевые слова: отказ двигателя, прерванный взлет, столкновение с птицей, метод экспертных оценок

EXPERTLY METHOD FOR DETERMINING THE TEMPORAL CHARACTERISTICS IN THE EVENT A SPECIAL OCCASION IN FLIGHT

I.L. Yakunina, T.F. Shmeleva, O.P. Bondar

Developed guidelines for modeling decision-making human operator when a special occasion in flight. Presents statistical data regarding one of the reasons for the refusal of the aviation engine at takeoff - the collision of aircraft with birds. Results expertly evaluation run-time aviation specialists necessary actions in case of failure of aircraft engines during takeoff.

Keywords: engine failure, aborted takeoff, clash with the bird, the method of expert estimates.