

УДК 629.7.07

¹Т.Ф. Шмельова, к.т.н., доц.
О.П. Бондар, к.ф.-м.н., доц.
²І.Л. Якуніна, асп.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОГО ВИПАДКУ В ПОЛЬОТІ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕРЕЖЕВОГО ГРАФІКА

Державна льотна академія України

¹E-mail: Shmelova@ukr.net

²E-mail – iro4ka_777_@mail.ru

За допомогою мережевого графіка проаналізовано взаємодію між членами екіпажу під час відмови двигуна на зльоті на прикладі літаків Ту-134 та Як-40.

With the network timetable analyzed the interaction between the crew members in this particular case the flight, as the engine failure on takeoff, the example of aircraft Tu-134 and Yak-40.

С помощью сетевого графика проанализировано взаимодействие между членами экипажа при отказе двигателя на взлете на примере самолетов Ту-134 и Як-40.

Постановка проблеми

Несподіване повідомлення про виникнення особливого випадку в польоті, гострий дефіцит часу, раптове усвідомлення небезпечної аварійної ситуації може привести членів екіпажу літака до помилкових дій, пов'язаних з такими факторами [1]:

– виникненням ефекту антагонізму механізмів пам'яті і пригнобленням інтелектуальної та рухової активності;

– нездатністю відтворити в пам'яті причини відмови і виконати в належному порядку необхідні дії, що наведені в нормативних документах;

– втратою уявлень про співвідношення курсу, висоти польоту і рельєфу місцевості;

– дезорієнтацією у формі ілюзій про плин часу та місцезнаходження літака.

Причини авіаційних подій останнє десятиріччя майже не змінюється. 70–80% аварій і катастроф відбувається через людський фактор і тільки 15–20 % – через конструктивно-виробничі недоліки авіаційної техніки [2].

Для своєчасного діагностування потрапляння повітряного судна в позаштатні польотні ситуації, прогнозування їх розвитку і можливості оперативно надавати відповідну допомогу оператору авіаційної ергатичної системи розроблена модель прийняття рішення людиною-оператором авіаційної ергатичної системи.

Позаштатну ситуацію найбільш доцільно подати у вигляді мережевого графіка, аналіз якого становить основу для побудови системи підтримки прийняття рішень людиною оператором у разі виникнення позаштатної ситуації в польоті.

Аналіз публікацій

Автори роботи [3] аналізували мережеві графіки на прикладі складних організаційних систем переважно з теоретичного погляду.

Автоматизовані системи з елементами інформаційної підтримки в авіації розглянуто в роботах Б.М. Герасимова [4], В.М. Неділько [5], Ю.В. Сікірди [6]. Питаннями автоматизації вирішення складноформалізованих задач займалися В.Г. Митрофанов [7], Г.С. Поспелов [8], Ю.М. Соломенцев [7], Т. Ф. Шмельова [9; 10].

Мета роботи – побудувати фрагмент мережевого графіка, що описує роботу екіпажу літака від моменту відмови двигуна на зльоті до видачі командиром літака екіпажу команди продовжити чи припинити зліт.

Елементи системи «екіпаж – літак» в певні проміжки часу є нормативно визначеними в керівництвах з льотної експлуатації літаків, зокрема, Ту-134, Як-40, інструкціями та експертними оцінками.

Розглянемо позаштатні польотні ситуації, які мають тенденцію до розвитку в аварійні чи катастрофічні.

Відмова двигуна

Імовірність відмови двигуна з урахуванням сучасного рівня надійності силових установок дуже мала.

Відмова двигуна на етапах зльоту та набору висоти має ще меншу ймовірність:

– по-перше, ці етапи тривають протягом відносно невеликого проміжку часу, порядку десятків секунд;

– по-друге, безпосередньо перед вильотом повітряне судно проходить ретельний огляд, перевірку роботи всіх двигунів.

Однак не можна недооцінювати, хоч і мізерну, можливість відмови двигуна на вказаних етапах.

Причини та наслідки відмови двигуна розглянуто в роботах [11; 12]. Найбільш поширені з них показано на рис. 1.

Найрозповсюдженішими причинами відмови двигуна, на думку членів екіпажів, є відмова паливної системи двигуна та відмова системи вихлопу [2].

Серед наслідків найчастіше зустрічаються відхилення від стандартного маршруту вильоту, відхилення від курсу, посадка перед собою.

Дії екіпажу у випадку відмови двигуна на зльоті відрізняються залежно від типу літака і висвітлені в керівництвах з льотної експлуатації відповідного літака.

Загальні правила регламентують роботу екіпажу незалежно від того, на якому типі літака сталася відмова.



Для кожного літака перед вильотом проводиться розрахунок швидкості прийняття рішення V_I , яка залежить від багатьох параметрів:

- злітної маси та центрування літака;
- довжини злітно-посадкової смуги, її стану, покриття;
- метеоумов (вітер, температура).

Якщо відмову виявлено на меншій за швидкості V_I , то командир літака повинен прийняти рішення про припинення зльоту.

Якщо ж відмова сталася на більшій від швидкості V_I , то єдиним правильним рішенням є продовження зльоту.

Ознаками відмови двигуна на зльоті є [13]:

- поривання літака до розвороту в бік двигуна, який відмовив (для пілота, що пілотує літак);
- помпаж двигуна («хлопки», трясіння) та падіння частоти обертів, що супроводжується зростанням/спаданням температури газів за турбіною;
- підвищення температури газу за турбіною вище допустимої;
- загоряння світлосигналізаторів «пожежа лів», «пожежа прав», «пожежа су»;
- загоряння світлосигналізаторів «замок реверсу», «реверс увімкнений»;
- одночасне загоряння світлосигналізаторів «несправність двигуна», «перевір двигун» та одного чи декількох світлосигналізаторів «вібрація велика», «малий тиск мастила», «ошурки в масилі», «паливний фільтр засмічений».

Роботу екіпажу від моменту відмови двигуна на зльоті до прийняття рішення про продовження/переривання зльоту опишемо, побудувавши фрагмент мережевого графіка (рис. 2).

Статичні стани системи «екіпаж – літак» показано на рис. 2 у моменти часу, що відповідають початку чи кінцю відповідних дій екіпажу при переході від одного стану до іншого. Ці стани (табл. 1) зумовлені інструкціями та керівництвами з льотної експлуатації літаків Як-40 та Ту-134.

Зміст етапів (табл. 2) переходу з одного стану системи до іншого, показаних на рис. 2, включає дії екіпажу, зумовлені керівництвами з льотної експлуатації [13; 14].

Час переходу системи з одного стаціонарного стану в інший було визначено методом експертних оцінок провідними фахівцями з льотної загону Державної льотної академії України та пілотами авіакомпаній України.

У результаті статистичного оброблення отриманих результатів анкетування було отримано час, який необхідний системі «екіпаж – літак» для переходу з одного стану в інший (табл. 3).

Окремої уваги заслуговує час, який необхідний бортмеханіку для виявлення відмови двигуна.

У результаті експертного опитування цей час становить 5 с. У звіті про розслідування катастрофи літак Ту-134Б, що сталася 05.12.1995 р. в аеропорту Нахичевань подано аналіз дій бортмеханіка, з якого випливає, що на розпізнавання факту відмови двигуна йому потрібно 3 с.

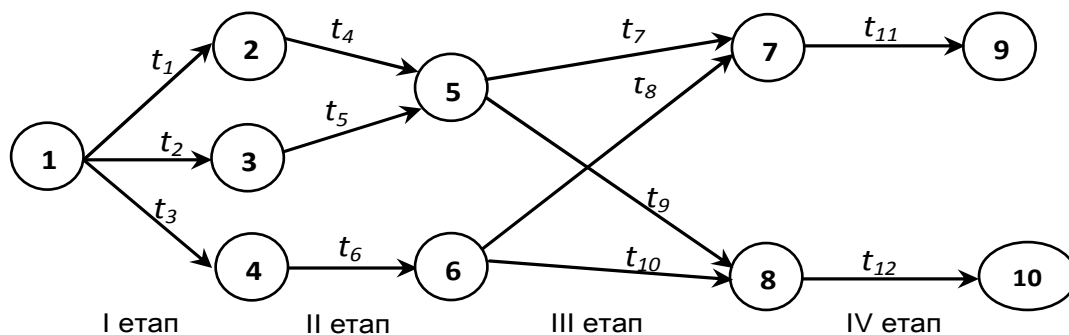


Рис. 2. Фрагмент мережевого графіка:
1–10 – статичні стани системи «екіпаж – літак»

Таблиця 1

Стани системи «екіпаж – літак»

Номер стану	Характеристика стану
1	Початок (відмова двигуна на зльоті)
2	Другий пілот виявив відмову двигуна
3	Бортмеханік виявив відмову двигуна
4	Командир літака виявив відмову двигуна
5	Командир літака отримав від одного з членів екіпажу інформацію про відмову двигуна
6	Командир літака має в наявності інформацію про відмову двигуна
7	Командир літака фіксує швидкість літака більше V_I
8	Командир літака фіксує швидкість літака менше V_I
9	Екіпаж отримав команду «Зліт продовжити»
10	Екіпаж отримав команду «Зліт припинити»

Таблиця 2

Етапи роботи екіпажу

Номер етапу	Зміст етапу	Регламентовані керівництвами з льотної експлуатації дії екіпажу
I	Виявлення відмови двигуна	Виявлення ознак відмови двигуна
II	Доповідь командира літака про відмову двигуна	У разі виявлення на будь-якому етапі зльоту ознак відмови двигуна бортмеханік (другий пілот) негайно доповідає командирі літака
III	Аналіз командира літака швидкості літака	Залежно від швидкості, на якій відбулась відмова одного з двигунів, командир літака повинен прийняти рішення припинити або продовжити зліт
IV	Видача команди «Продовження/переривання зльоту»	Прийнявши рішення про припинення або продовження зльоту, командир літака повинен дати екіпажу команду «Зліт припиняємо» або «Зліт продовжуємо»

Таблиця 3

Водночас для фактичного аналізу показань приладів у такому випадку необхідно не менше 5 с [15], що підтверджується результатами експертного опитування.

Висновки

Формалізація дій людини-оператора (пілота, диспетчера) в особливих випадках польоту за допомогою апарату мережевого планування і керування дозволяє визначитися з оптимальною послідовністю та часом виконання процедур на парировання особливого випадку в польоті. На прикладі наочно подано порядок роботи екіпажу літака у випадку відмови двигуна на зльоті.

Аналіз результатів анкетування

Час, с	Стандартне відхилення, с	Коефіцієнт варіації, %
$t_1 = 5$	0,5	9
$t_2 = 3$	0,5	16
$t_3 = 3$	0,5	18
$t_4 = 2$	0,3	16
$t_5 = 2$	0,4	19
$t_6 = 0$	-	-
$t_7 = 3$	0,5	18
$t_8 = 3$	0,5	18
$t_9 = 3$	0,6	19
$t_{10} = 3$	0,5	15
$t_{11} = 2$	0,4	18
$t_{12} = 2$	0,4	18

Застосування наданої методики в системі підтримання прийняття рішень авіаційного оператора при дії в особливому випадку в польоті дасть змогу якісно і кількісно аналізувати позаштатні польотні ситуації з метою підвищення безпеки польотів.

За неочікуваних умов експлуатації повітряного судна процес упорядкування з розвитком польотної ситуації змінюється на динамічну стохастичну задачу впорядкування дій людини, що приймає рішення в позаштатних польотних ситуаціях.

Література

1. *Стрелков Ю.К.* Психология труда, инженерная и профессиональная психология / Ю.К. Стрелков. – М., 2004. – 695 с.
2. *Лейченко С. Д.* Человеческий фактор в авиации: моногр: в 2 кн. Кн. 1 / С. Д. Лейченко, А. В. Малишевский, Н. Ф. Михайлик. – С.Пб.; Кировоград: С. Петерб. гос. ун-т гражданской авиации, Гос. летная акад. Украины, 2006. – 480 с.
3. *Игнатъева А.В.* Исследование систем управления: учеб. пособие для вузов / А.В. Игнатъева, М.М. Максимцов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 157 с.
4. *Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: навч. пос.* / Б.М. Герасимов, В.М. Локазюк, О. Г. Оксіюк, О. В. Поморова. – К.: Вид-во Європейського ун-ту, 2007. – 335 с.
5. *Неделько В.Н.* Обеспечение эффективности информационной поддержки принятия решений в автоматизированных системах обслуживания воздушного движения с элементами искусственного интеллекта: дис. канд. техн. наук: 05.22.13 / В.Н. Неделько. – К.: НАУ, 2002. – 183 с.
6. *Сікірда Ю. В.* Моделирование системы поддержки принятия решений авиадиспетчера в позаштатных полетных ситуациях: дис. канд. техн. наук: 05.13.06 / Ю. В. Сікірда. – К., 2004. – 184 с.
7. *Информационно-вычислительные системы в машиностроении* / Ю. М. Соломенцев, В. Г. Митрофанов, В. В. Павлов, А. В. Рыбаков. – М.: Наука, 2003. – 292 с.
8. *Поспелов Д.А.* Моделирование рассуждений. Опыт анализа вычислительных актов / Д.А. Поспелов. – М.: Радио и связь, 1989. – 184 с.
9. *Беляев Ю.Б.* Модели та алгоритми формування рішень в системі підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях / Ю.Б. Беляев, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Автоматизація виробничих процесів. – 2004. – №2 (19). – С. 42–49.
10. *Шмельова Т. Ф.* Моделирование процессу прийняття рішень людиною-оператором авіаційної ергатичної системи з урахуванням впливу психофізіологічних та суспільно-психологічних факторів / Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда // Наукові праці академії: зб. наук. пр. – Кировоград: ДЛАУ, 2007. – Вип. XII. – С. 342–355.
11. *Галлай М. Л.* Полет самолета с неполной и несимметричной тягой / М. Л. Галлай. – М.: Машиностроение, 1970 – 192 с.
12. *Ильченко М. А.* Устойчивость рабочего процесса в двигателях летательных аппаратов / М. А. Ильченко, В. В. Крютченко. – М.: Машиностроение, 1995 – 320 с.
13. *Руководство по летной эксплуатации самолетов Ту-134 (А, Б).* Кн. 1. – М.: Воздушный трансп., 1996. – 304 с.
14. *Руководство по летной эксплуатации самолета Як-40.* – М.: Воздушный трансп., 1995. – 440 с.
15. *Акт по результатам расследования катастрофы самолета Ту-134Б 65703 Государственного концерна «Азербайджан Хава Йоллары»,* произошедшей 05.12.1995 г. в аэропорту Нахичевань Азербайджанской Республики. – Режим доступа: <http://www.lastflight.info/content/view/35/40/>.