Інформаційні технології

УДК 629.03: 004.94 **doi: 10.26906/SUNZ.2024.2.053**

Алі Аль-Амморі, А. Є. Клочан, А. О. Дегтярьова, О. П. Шкурко, Х. А. Аль-Амморі

Національний транспортний університет, Київ, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ПОЖЕЖ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Анотація. Розглядається система сигналізації про пожежу як інформаційно-управляюча система, яка виконує функцію подачі світлового і звукового сигналу про виникнення пожежі в одному з відсіків повітряного судна. Дана класифікація і характеристика датчиків первинної інформації. При цьому для великого класу систем сигналізації повітряного судна різного покоління визначаються основні причини відмов датчиків, невиявлення і помилкових спрацювань, які на сьогоднішній день складають більше 70% з загальної кількості спрацювань систем сигналізації про пожежу. Побудована інформаційна модель аналізу пожеж силової установки повітряних суден і визначені основні параметри і сигналізатори (небезпечної температури газів, небезпечної температури підшипників, стружки в маслі, небезпечної вібрації і частоти обертання та інших параметрів), з метою переходу від монопараметричного до поліпараметричного контролю небезпечної пожежної ситуації на борту повітряного судна. Запропоновану інформаційну модель можна використовувати при підготовці пілотів для ліквідації небезпечних польотних ситуацій. Також, в роботі розглядається реальна катастрофа, яка пов'язана з пожежею двигуна, як приклад важливості своєчасного визначення першого моменту виникнення пожежі. При цьому приділяється більше уваги титановим пожежам і причинам їх виникнення.

Ключові слова: інформаційна модель, інформаційна безпека, інформаційні технології, датчик первинної інформації, достовірність інформації, пожежа двигуна, безпека польотів, інформаційно-управляючи системи.

Вступ

В даний час авіація є однією з найбільш результативних галузей сфери транспорту. Однак, відмови функціональних систем і збої авіоніки, а також відмови пов'язані з людським фактором можуть призвести до авіаційних пригод (АП) і авіакатастроф (АК). Ці негативні фактори знижують рівень безпеки польотів (БП) і ефективність експлуатації повітряного судна (ПС). Особливо велике зниження ефективності і БП спостерігається при пожежах ПС коли ситуація стає небезпечною і вимагає термінового втручання екіпажу ПС та прийняття правильних рішень для зупинки розвитку пожежі та її ліквідації. Безумовно, одним з найнебезпечніших видів пожежі на ПС є пожежа авіадвигунів (АД). Тому боротьба з пожежами АД і організація заходів з питань ліквідації пожеж шляхом наукових досліджень є актуальним завданням, яке вимагає спеціального підходу для його вирішення.

За даними міжнародної організації цивільної авіації (International Civil Aviation Organization) ICAO, розподіл АП за причиною виникнення має наступний вид – 20% з вини авіатехніки і 80% – людський чинник. Це стосується і аварійності при пожежах – 80% всіх катастроф так чи інакше пов'язані з діями екіпажу. Таким чином, пожежа – це небезпечна польотна ситуація, яка відноситься до класу проблемних ситуацій. Пожежа як явище для екіпажу є малоймовірним, несподіваним і швидкоплинним. Тому його ліквідація вимагає своєчасного втручання екіпажу. Ці труднощі виникають через невизначеність пожежі як за часом (першого моменту виникнення пожежі), так і за місцем виникнення, а також за видом пожежі (звичайна пожежа всередині двигуна чи титанова пожежа двигуна) [1, 2].

Аналіз світової статистики АП показує, що пожежі в повітрі [3], становлять близько 10% із загальної статистики АП. Відповідно до статистики Transportation Safety Board of Canada, частка пожеж складає 12% з загальної кількості АП за період з 2009 р. по 2019 р. Оскільки пожежі на ПС, як правило, носять фатальний характер, то така частка пожеж серед статистики АП є дуже високою. Для вирішення такої актуальної проблеми необхідно забезпечити екіпаж достовірною та своєчасною інформацією про стан функціональних систем (ФС) ПС, особливо інформаційно-управляючих систем (ІУС). Ефективність функціонування ІУС істотно залежить від достовірності інформації, що надходить на входи ІУС.

Відомо, що ефективність і якість управління технологічними процесами істотно залежить від достовірності інформації, що надходить на входи управляючих систем, від різного роду датчиків та систем вимірювання, які контролюють стан і хід виконання технологічного процесу. Збої можуть відбуватися як в апаратній частині датчиків, так і в програмному забезпеченні, або в структурі побудови ФС як це сталося з Boeing 737 MAX, польоти яких були припинені в березні 2019 року в зв'язку з тим, що менш ніж за рік розбилися два літаки цього типу. Перший - в Індонезії в жовтні 2018 року, другий - в Ефіопії в березні 2019 року. Загальна кількість осіб, що загинули в двох авіакатастрофах складає 346 осіб. Таким чином, рішення подібних проблем має світовий характер і потребує вирішення за допомогою математико-фізичних методів із залученням сучасних інформаційних технологій.

Реальні датчики характеризуються кінцевою точністю представлення контрольованого ними параметра. При цьому точність і достовірність інформації визначається як конструктивними особливос-

© Аль-Амморі Алі, А. Є. Клочан, А. О. Дегтярьова, О. П. Шкурко, Х. А. Аль-Амморі, 2024

тями, так і технічною надійністю датчиків і, як правило, не задовольняють або слабо задовольняють нормам щодо точності і достовірності інформації, що подається на входи обчислювальних систем управління технологічними процесами.

Відомо, що вимоги нормативно-технічної документації (НТД) з експлуатації ПС і систем, при їх використанні за призначенням, допускають певні рівні виникнення особливої польотної ситуації (ОПС) на годину нальоту [4–6]:

ускладнені умови польоту (УУП)	$P_{уун} < 10^{-3}$ $1/год$
складна ситуація (СС)	$P_{сс} < 10^{-5}$ $1/год$
аварійна ситуація (АС)	$P_{ас} < 10^{-7}$ $1/год$
катастрофічна ситуація (КС)	$P_{кс} < 10^{-9}$ $1/год$
функціональна відмова	$P_{фв} < 10^{-7}$ $1/год$

Пожежа як небезпечна польотна ситуація, завжди несе максимальне навантаження на екіпаж, а ймовірність небезпеки його появи класифікується як СС яка дуже швидко може переходити в АС і КС. Безумовно, якість системи сигналізації про пожежу (ССП) безпосередньо впливає на рівень безпеки польоту ПС, в тому числі на властивості системи "екіпаж-ПС".

Як правило, з огляду на порівняно невисокий рівень якості ССП і надзвичайно високу складність функції прийняття рішення екіпажем, пожежі двигунів поки що пов'язані з аварійними і катастрофічними ситуаціями. Це викликано тим, що існуючі системи ССП за своєю якістю мають цілий ряд недоліків:

- невисокий рівень надійності;
- висока ймовірність невиявлення і помилкових спрацьовувань;
- відсутність спеціальних пристроїв розпізнавання пожежі в перший момент її виникнення;
- утворення значних невизначеностей при прийнятті рішення екіпажем.

Постановка проблеми. За даними різних джерел [2, 3], кількість помилкових спрацювань сигналізації про пожежу перевищило кількість нормальних спрацьовувань в 3 рази. Таким чином, проблема боротьби з пожежами авіадвигунів і розробка способів підвищення ефективності їх розпізнавання є однією з актуальних проблем, яка вимагає різнобічного підходу до вирішення з використанням математичного моделювання та інформаційних технологій.

Відсутність багаторічного прогресу в її вирішенні, наявність тенденції зростання числа пожеж, показує необхідність створення принципово нового підходу до вирішення цієї проблеми, з новими логічними і теоретичними передумовами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час вирішено досить багато завдань по оптимізації надійності складних технічних систем: оптимізація елементної надійності, режимної, схемної і структурної надійності, оптимального резервування з залученням теорії і методів технічної кібернетики, експлуатації складних систем, системотехніки, системного аналізу, процесного аналізу, теорії прийняття рішення, інформатики, прикладної математики та елементів інформаційних технологій. Дослідженню вище зазначеної проблеми присвячені роботи Глушкова В.М., Гнєденка Б.В., Ушакова І.О., Денисова В.Г., Комарова А.О., Анцеловича Л.Л., Буловского П.І, Зайденберга М.Г., Л.К., Волкова Л. І., Кривенцева В.І., Барлоу Р., Прошан Ф., Дмитриченка М.Ф., Соломенцева О.В., Кулика М.С., Корченка О.Г., Снитюка В.Є., Воробйова В.М., Левковця, Аль-Амморі Алі та інших [4, 5, 6, 7, 8, 9]. У той же час, лише невелика кількість робіт присвячена забезпеченню надійності, живучості, ефективності ІУС, які безпосередньо впливають на БП і ефективність експлуатації ПС. Таким чином, завдання залишається актуальним.

Метою статті є побудова інформаційної моделі аналізу пожеж силової установки ПС і визначення основних параметрів, що сигналізують про її появу, з метою переходу від монопараметричного до поліпараметричного контролю небезпечної пожежної ситуації на борту ПС.

Виклад основного матеріалу

Функціонування газо-турбінного двигуна (ГТД) характеризується складною взаємодією різних його елементів і систем, оцінка стану яких проводиться шляхом контролю і вимірювання великої кількості параметрів.

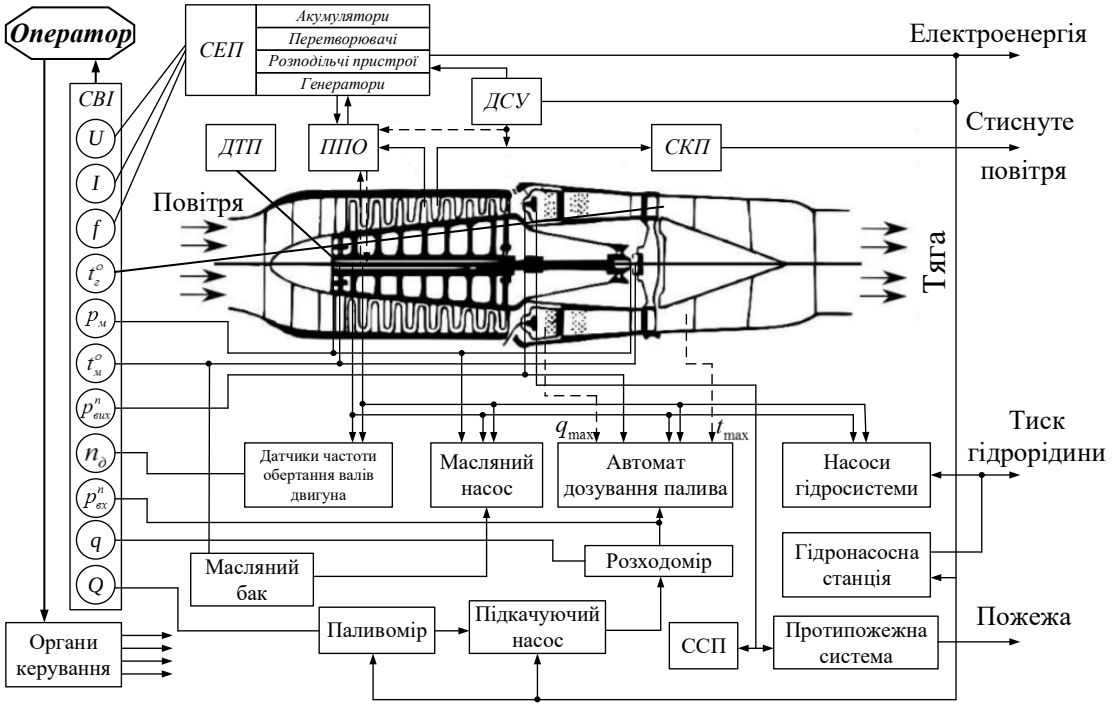
На літаках, які експлуатуються в даний час система контролю силових установок забезпечує отримання інформації з індикаторів і сигналізаторів для оцінки функціонування двигунів і систем силової установки в польоті, а також раннє виявлення несправностей основних вузлів двигуна і систем силової установки. Параметрична інформація, яку одержують з індикаторів, дозволяє екіпажу встановити задані режими роботи двигунів на всіх етапах польоту і контролювати якість їх функціонування при експлуатації літаків в різних умовах, як це показано на рис. 1.

Можна виділити наступні основні сигналізатори на основі інформації від яких відбувається оцінка стану двигуна і його основних вузлів за ознакою пожежі:

1) Сигналізатори небезпечної температури газів, що спрацьовують при порушенні газодинамічної стійкості двигуна і у випадках перевищення температури газів; основними причинами помилкових спрацьовувань є відмова конденсатора температури, перегорання трансформатора напруги ИБ, відмова підсилювача 2УЭ-6В ИБ.

2) Сигналізатори небезпечної температури підшипників, що дозволяють виявити руйнування підшипників оборотів турбокомпресора. Основною причиною помилкових спрацьовувань системи СТП-3 є завищення температури навколишнього середовища в районі установки підсилювача УС-3, що відбувається в результаті негерметичності системи відбору гарячого повітря від двигунів.

3) Сигналізатори стружки в маслі, що дозволяють виявити початок руйнування деталей двигуна.



СВІ – система відображення інформації, СЕП – система електропостачання, ДТП – датчик температури підшипників, ППО – привід постійних обертів, ДСУ – допоміжна силова установка, СКП – система кондиціонування повітря, ССП – система сигналізації про пожежу, *U, I, f* – напруга, сила струму та частота живлення системи електропостачання, $t_г^{\circ}$ – температура вихідних газів, $p_м$ – тиск масла, $t_м^{\circ}$ – температура масла, $p_{вих}^{п}$ – тиск палива на виході автомата дозування палива, $p_{вх}^{п}$ – тиск палива на вході автомата дозування палива, $n_д$ – частоти обертання валів двигуна, q – розхід палива, Q – залишок палива

Рис. 1. Інформаційна модель силової установки ПС

Основними причинами помилкового спрацьовування є попадання волосоподібних металевих частинок, що замикають електроланцюг сигналізації, струмопровідного графіту між пластинками, волога в штепсельних роз'ємах (ШР).

4) Сигналізатори небезпечної вібрації, що дозволяють виявити несправності, пов'язані з механічними ушкодженнями. Основними причинами помилкових сигналів про небезпечну вібрації є відмови вібродатчиків (заїдання рухомої системи, знос підшипників, осей і обрив обмотки) електронного блоку, потрапляння вологи в штепсельні роз'єми електронного блоку.

5) Сигналізатори пожежі призначені для автоматичної сигналізації про пожежу в будь-якій з гондол і у відсіку ДСУ [10, 11,12,13]. Основними причинами помилкових спрацьовувань є: зміна чутливості каналу виконавчого блоку; замикання в ШР комутаційної системи через попадання вологи; електричні наведення в ланцюзі датчиків переважають допустимі значення через порушення в трасуванні електропроводки.

З вище наведеного можна зробити наступні висновки:

1. Недостатній рівень надійності систем сигналізації призводить до помилкового спрацьовування сигналізаторів.

2. Обмежені можливості вбудованих систем контролю справності вимірювальної апаратури і відсутність автоматизованої видачі інформації про відмову систем вимірювання призводять до помилок типу помилкової тривоги при яких екіпаж вимикає справно працюючий двигун.

Кількість передумов АП ПС і АД, коли екіпаж сприймаючи помилкову інформацію за відмову двигуна, вимикає його, становить 70% від їх загальної кількості.

Важливе значення у своєчасному розпізнаванні відмов і несправностей силових установок мають системи бортової сигналізації. Для контролю за станом силових установок застосовують такі системи сигналізації: пожежа в двигуні або мотогондолі, небезпечна температура газів, небезпечна температура підшипників, небезпечна вібрація, стружка в маслі, мінімальний тиск масла і палива, мінімальний залишок масла, надлишок масла, засмічення паливного фільтра, положення механізації компресора, положення замка і створів реверсу, обмерзання двигуна та ін.

Системи індикаторів, за якими оцінюється робота двигунів, відхиляються на неоднакові кути, що ускладнює розпізнавання стану відмови двигуна, особливо в умовах дефіциту часу.

Більшість світлосигнальних індикаторів при спрацьовуванні не висвічують номер двигуна, що відмовив або несправного двигуна, в зв'язку з чим в умовах обмеженого часу не виключається можливість помилкового віднесення сигналу відмови до справного двигуна. Невизначеність істинного стану авіадвигуна при наявності ознак відмов або несправностей багато в чому обумовлена імовірнісною природою великої кількості різноманітних технічних

причин відмов двигуна і його систем, а також можливісю появи помилкової інформації систем контролю в процесі розпізнавання відмови і прийняття рішення. Ліміт часу на розпізнавання і прийняття рішення, небезпека наслідків раптової відмови двигуна накладають певні обмеження на наявний час виявлення, розпізнавання і локалізація відмови. Відмова двигуна небезпечний своїми наслідками, перш за все, втратою тяги, що особливо небезпечно при зльоті, можливими вторинними руйнуваннями конструкції двигуна, планера або їх систем і це все може супроводжується "пожежею", що може створити катастрофічну ситуацію. До небезпечних режимів роботи АД відносяться наступні фактори, які визначають причини пожеж АД ПС, як показано в табл. 1.

Таблиця 1 – **Фактори, які визначають причини пожеж АД ПС**

Небезпечні режими АД	Ознака пожежі	Не викликають пожежу
Мало масла		-
Стружка в маслі	+	
Надлишок масла	+	
Падіння тиску масла. Р масла	+	
Падіння тиску палива. Р палива	+	
Фільтр засмічений	+	
Небезпечна t газів	+	
Зупинка покажчика t газів	+	
Небезпечна t підшипників	+	
Вібрація велика	+	
Клапани перепуску		-
РНА прикритий		-
Замок реверсу. Мимовільне відкриття		-
Стулки реверсу: режим зворотної тяги		-
Пожежа	+	
Помпаж		-

Результати експертної оцінки опитувань пілотів і бортінженерів цивільної авіації, які мають великий досвід рейсів і льотно-випробувальної роботи на літаках з ГТД дозволяє виявити ступінь небезпеки можливих результатів від прийнятих рішень з локалізації відмов двигунів у польоті, які приведені в табл. 2.

Таблиця 2 – **Ступінь небезпеки відмов двигунів**

Можливі результати польоту	Ступінь небезпеки
Невимикання двигуна при істинному сигналі:	
Пожежа в мотогондолі	10.0
Небезпечна t газів (ознака помпажа)	8.5
Небезпечна вібрація	8.2
Перегрів опор двигуна	4.7
Стружка в маслі	4.3
Падіння тиску масла	4.3

Як видно з табл. 2, найбільшу небезпеку при виникненні пожежі в мотогондолі створює ситуація невимикання двигуна при істинному сигналі про відмову. Тому КЛЕ передбачає екстрене вимикання двигуна навіть на етапі тривалого зльоту в разі загоряння табло "пожежа" і спрацьовуванні при цьому першої черги протипожежної системи.

У зв'язку з небезпекою пожежі і наявності безлічі параметрів, за якими можна визначити стан роботи двигуна з однозначним отриманням достовірної інформації необхідно переходити на принципово новий математичний метод розпізнавання проблемних ситуацій, які пов’язані з небезпечними режимами роботи авіадвигуна.

Цим методом може бути інформаційно-факторний аналіз на основі мультиплікативних функцій взаємодія факторів [7]:

$$S_i = -\prod_{i=1}^{n}(p_i)_i \log \prod_{i=1}^{n}(p_i)_i \qquad (1)$$

де p_i – імовірність появи діючого чинника в системі «екіпаж-ССП».

На основі математичної моделі, отримані графічні залежності які показують, що при збільшенні інформаційного навантаження в системі «екіпаж-ССП» невизначеність функції прийняття рішення стає гранично невизначеною, і при дії одночасно 4 факторів екіпаж виходить позамежні можливостей і не може впоратись з факторною накладкою.

Пожежа як складна проблемна ситуація вимагає поліпараметричного контроль параметрів функціонування системи "екіпаж-ССП" при пожежі на ПС для забезпечення безпеки польотів (БП).

Підвищення БП здійснюється шляхом цілеспрямованого впливу на фактори, що впливають на БП. Основним джерелом інформації для оцінки небезпечних факторів є розслідування авіаційних подій (АП та інцидентів).

Прикладом цього може служити АК літака Ту-154, де загинуло 104 пасажири і сім членів екіпажу. Політ тривав 8 хвилин 42 с. при аналізі звукового запису і розшифровці польотної інформації отримано графік параметрів польоту і роботи силових установок рис. 2. З графіків можна побачити, як розвивалися особливі польотні ситуації цієї катастрофи (табл. 3).

Таблиця 3 – **Аналіз причин розвитку ОПС**

ОПС	Причина ОПС і її розвитку
УУП	Було чути удар
СС	Спрацювала сигналізація " пожежа в 3-му двигуні". Пожежа-в результаті руйнування трубопроводу і неможливості закриття паливного крану (постійне надходження палива в 3-й двигун)
АС	Всі черги протипожежної системи були застосовані, але пожежа залишилася
КС	Відмова системи управління літаком

При розслідуванні авіакатастрофи необхідно аналізувати весь комплекс причин, який сприяв цій катастрофи, як це показано на рис. 3. Показані системні заходи які необхідно виконувати в подібних ситуаціях з урахуванням факторів, які впливають на поліергатичну систему "екіпаж-ПС", включаючи, як, виробничі так, і експлуатаційні фактори, де оператор є головною ланкою цієї системи в процесах прийняття рішенні і запобігання граничних ситуації.

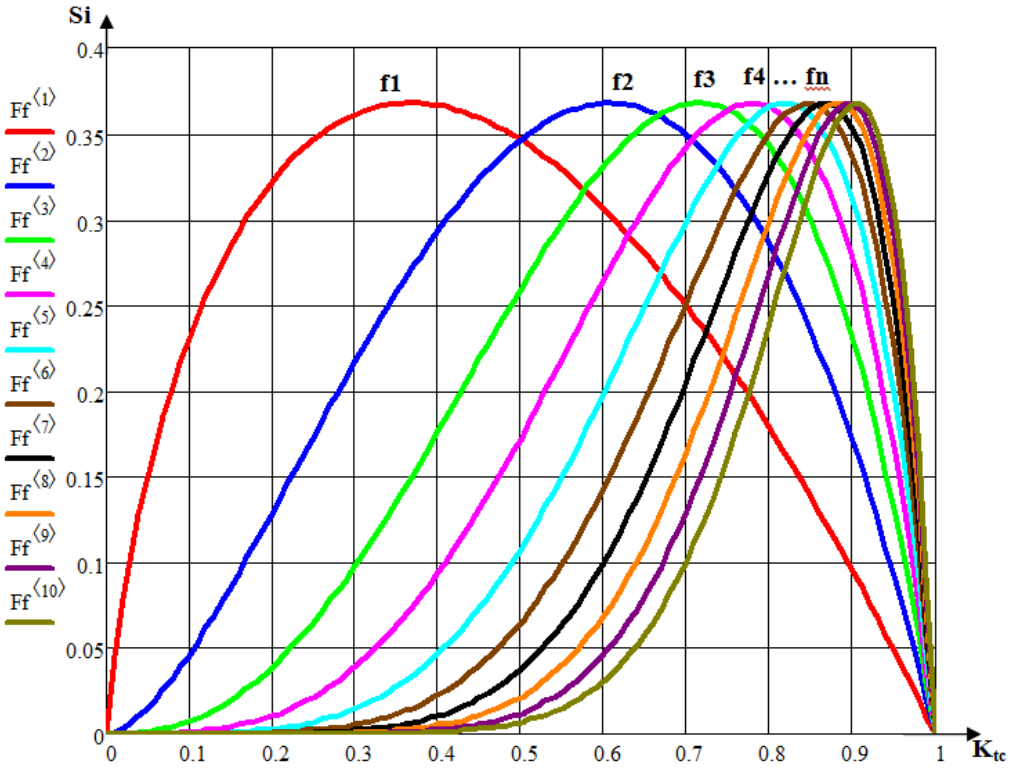


Рис. 2. Графічні залежності інформаційного навантаження системи "екіпаж-ССП" від кількості взаємодіючих факторів

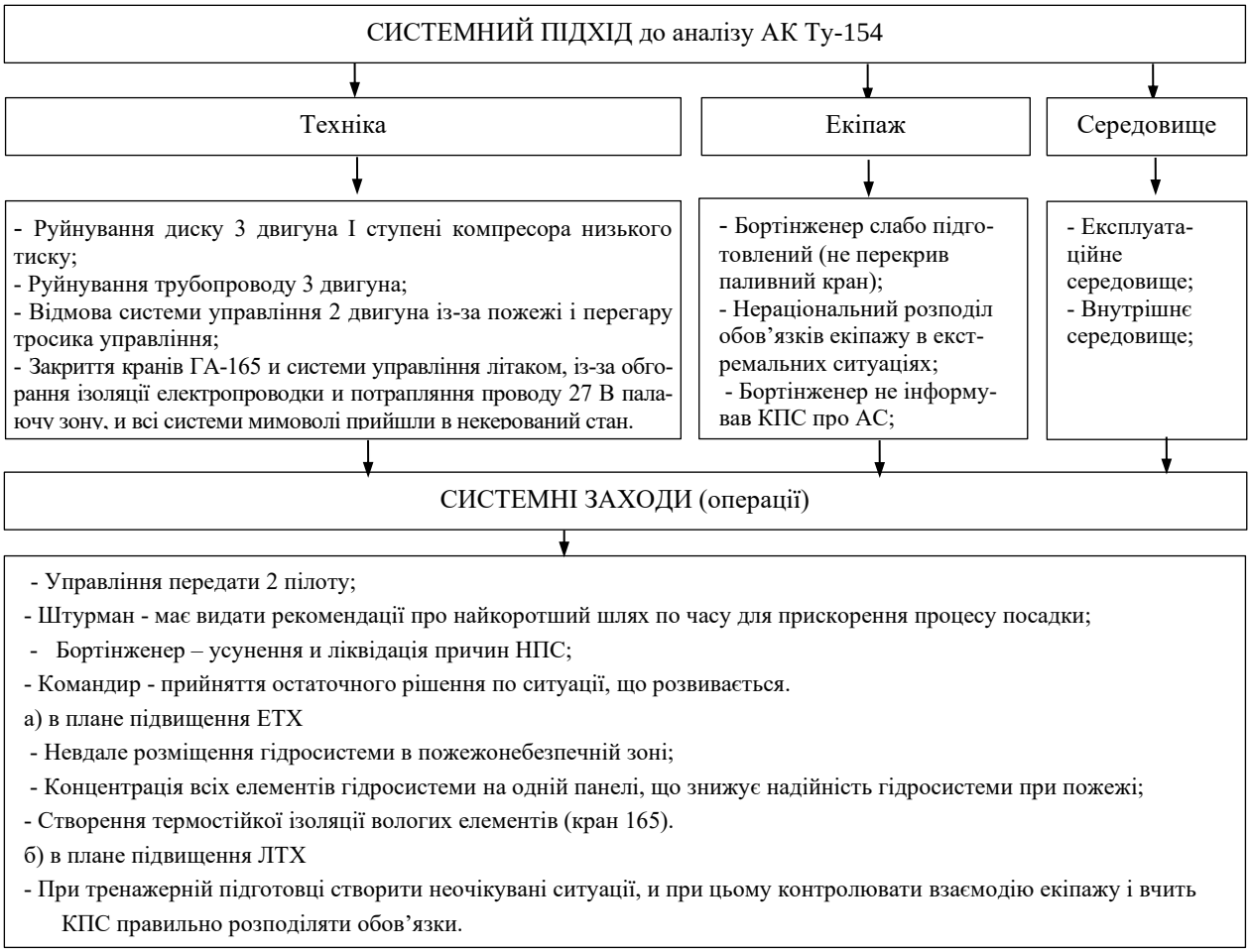


Рис. 3. Аналіз процесів розвитку НПС АК Ту-154

При проблемному аналізі авіакатастроф, пов'язаних з пожежею двигунів, за методикою інформаційно-факторного аналізу (ІФА) дуже важливо розуміти, що вся проблемна ситуація, яка потім переходить в катастрофічну, повинна з позиції ІФА розглядатися як ситуація, яка складається з декількох етапів. Умовно приймаємо, що в початковий момент ситуації всі 3 двигуна створюють ΔSmax - зону максимальної невизначеності, тому що поява пожежі - вкрай малоймовірна і абсолютно несподівана подія для екіпажу.

При виключенні двигуна ця невизначеність зникає, тому ми позначимо процес вимкнення двигуна через символ (-): як зняття ΔS.

У табл. 4 наведено аналіз наслідків катастрофи шляхом аналізу появи та зняття ΔS.

Таблиця 4 – **Перехід від ΔSmax до ΔSmin**

Час	ΔSmax1	ΔSmax2	ΔSmax3	Вихідні стани
3.21		+		
3.26		-		
3.31			+	
3.34		+		
3.43	+	+	+	Горять всі двигуни
3.55			+	
3.59	-			
4.02			+	
4.03		-	-	
4.12	+	+	+	Не запускається жоден
4.32.				Запусти хоч один
4.41		-	+	
4.56		-	+	
5.09	-			
5.17		-	+	
5.18	-	-		
5.24	+	+	+	Пожежа горить
6.15	+	+	+	
6.45	+	+	+	
7.07	-		+	
7.09		+		Другий горить

Видно, що фактично при монопараметричному контролі за роботою двигунів, як було при цій авіакатастрофі 3-й двигун (який горів) був поза контролем екіпажу (число ΔSmax - 11, закреслений (знятий)- 1), тобто весь час в максимальній зоні невизначеності. Цю зону максимальної невизначеності можна зняти тільки переходом до поліпараметричного аналізу.

З таблиці видно, що невизначеність ситуації не зменшувалася з третім двигуном, а зростала. Можна виділити 3 критичних моменти, коли ситуація була гранично максимально невизначеною.

Таким чином, якби в проблемній ситуації з самого початку був забезпечений перехід від (3 ΔS_{max} до ΔS_{min}) - трьох максимумів до мінімуму невизначеності в початковий момент проблемної ситуації за допомогою поліпараметричного розпізнавання ознак пожежі (контролю), то ситуація могла б розвиватися по іншому, оскільки двигуни 1 і 2 могли працювати по іншому.

Тому створення поліпараметричних систем розпізнавання пожеж дає велику можливість в перші моменти зняти максимальну невизначеність ситуації, а в подальшому не дати їй досягти знову максимуму, як це було 3 рази (3.43; 4.12; 5.24) в Красноярській катастрофі.

З аналізу табл. 5 можна зробити наступні висновки:

1) третій двигун, який горів, був без контролю і весь час в ΔS_{max} .

2) відсутність поліпараметричного контролю в початковий момент проблемної ситуації - головна діюча причина, яка призвела до катастрофи.

3) це не просто помилкові дії БІ, а вказівка в технологіях на перехід контролю за поліпараметричним принципом в початковий момент катастрофи.

Таблиця 5 – **Кількість S_{max} и S_{max} знімань**

	S_{max}	S_{max} знімань
Д1	6	4
Д2	7	6
Д3	11	1

При аналізі таблиць 4 та 5 видно, що через відсутність контролю параметрів третього двигуна в

проблемній ситуації у екіпажу було три критичні моменти, коли ситуація оцінювалася по третьому ΔS, тобто як гранична ("Горить", "Не запускається ніякий", "Пожежа. Горить").

Висновки

У міру розвитку проблемної ситуації відбувалося зростання невизначеності ситуації-червона лінія.

Зняти це зростання невизначеності можна було тільки переходом від операції "вимкнути Двигун" до технологій поліпараметричного контролю всіх двигунів.

Таким чином, можно зробить наступні висновки.

1. Пожежі двигуна являють собою не просто випадкові ситуації, а характеризуються як складні або поліфакторні явища і процеси, які несуть значний ступінь ризику і граничну невизначеність для процесу польоту ПС.

2. Невизначеність початкового моменту виникнення будь-якої пожежі двигуна призводить до того, що функція прийняття рішення КПС і екіпажем стає технологічно і операційно гранично складною, тому навіть прості операції і сенсомоторні руху під час раптового і несподіваного виникнення пожежі виконувати екіпажу досить важко.

3. Всі системи сигналізації про пожежу є складними логіко-динамічними системи, тому необхідно обґрунтувати оптимальні варіанти їх структур і забезпечити їх ергономічну досконаліть.

4. Інформаційно-факторна модель створює перспективи більш глибокого аналізу проблемної ситуації при пожежах і дає підставу для переходу від монопараметричного до поліпараметричного контролю параметрів роботи двигуна при пожежі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Transportation Safety Board of Canada. Statistical Summary. Air Occurrences in 2018. - Режим доступу: URL: https://bst-tsb.gc.ca/eng/stats/aviation/2018/ssea-ssao-2018.pdf
2. Aviation Safety Performance Reports and Statistics. - Режим доступа: https://www.skybrary.aero/index.php/Aviation_Safety_Performance_Reports_and_Statistics.
3. ICAO. Safety Report. 2020 Edition. - Режим доступа: URL: https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2020_final_web.pdf
4. Основи теорії надійності, експлуатації та ремонту радіоелектронної апаратури / О.В. Соломенцев, Ю.М. Хмелько, І.К. Жаров та ін.; Нац. авіац. ун-т. – К., 2007. – 108 с.
5. Barlow R.E., Proschan F. Mathematical Theory of Reliability. SIAM, 1987. - 274 p.
6. Надійність та експлуатація систем та комплексів авіаційного обладнання. Терміни та визначення. ДСТУ 3589-97. – К. : Держстандарт, 1997.
7. Аль-Аммори Х.А. Аналіз операторської діяльності при локалізації титанової пожежі на повітряному судні / Х.А. Аль-Аммори, // Slovak international scientific journal – Bratislava, 2018. –- № 17 Vol. 1. – С. 50 – 54.
8. Al-Ammouri, A. Development of a mathematical model of information serial redundancy of management information systems of the aircraft fire alarm [Text] / A. Al-Ammouri, P. Dyachenko, A. Degtiarova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 2, Issue 9 (86). – P. 4–10. doi: 10.15587/1729-4061.2017.96296.
9. Al-Ammouri Ali. Estimation the Information Reservation Effectiveness of Unmanned Aerial Vehicle Information-Control System / Ali Al-Ammouri, A.O. Degtiarova, H.A. Al-Ammori, A.E. Klochan, O.P. Tymchenko // Electronics and control systems. – 2017. – № 4(54). – P. 18–26.
10. AIRCRAFT Maintenance Manual 737-300/400/500. - Seattle, Washington, USA: Boeing commercial Airplanes group, 1999 – 5417 p.
11. Aeroengine Safety: Damages from Metal Fires. - Режим доступу: https://aeroenginesafety.tugraz.at/doku.php?id=9:91:912:912#prettyPhoto.
12. Engine Fire Detection Systems and Fire Zones - Aircraft Engine Fire Protection Systems. - Режим доступу: https://www.aircraftsystemstech.com/ p/engine-fire-detection-systems.html.
13. Titanium Fire in jet engines. - Режим доступу: https://www.fire.tc.faa.gov/pdf/fsr-0457.pdf/

Received (Надійшла) 27.02.2024
Accepted for publication (Прийнята до друку) 17.04.2024

Information model of aircraft power plant fire analysis

Ali Al-Ammori, A.Ye. Klochan, A.O. Degtyareva, O.P. Shkurko, H.A. Al-Ammori

Abstract. The fire alarm system is considered as an information and control system that performs the function of providing a light and sound signal about the occurrence of a fire in one of the compartments of the aircraft. The classification and characteristics of primary information sensors are given. At the same time, the main causes of sensor failures, non-detection and false alarm for a large class of aircraft alarm systems of various generations, which today account for more than 70% of the total number of fire alarm system activations are determined. An information model for the analysis of aircraft power plant fires was built and the main parameters and indicators were determined (dangerous gas temperature, dangerous temperature of bearings, chips in oil, dangerous vibration and rotation frequency, and other parameters), with the aim of transitioning from monoparametric to multiparametric control of a dangerous fire situation on board of the aircraft. The proposed information model can be used in the training of pilots to eliminate dangerous flight situations. Also, the paper examines a real disaster related to an engine fire as an example of the importance of timely determination of the first moment of fire occurrence. At the same time, more attention is paid to titanium fires and their causes.

Keywords: information model, information security, information technology, primary information sensor, reliability of information, engine fire, flight safety, information and control systems.