

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Дегтярєва Анастасія Олегівна

УДК 629.3:618.5.01(043)

**ВИБІР І ОПТИМІЗАЦІЯ НАДІЙНИХ СТРУКТУР ІНФОРМАЦІЙНО-
УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТІ**

05.13.06 – Інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Національного транспортного університету Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Аль-Амморі Алі Нурддинович
Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України, м. Київ,
завідувач кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Снитюк Віталій Євгенович
Київський національний університет імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України, м. Київ,
декан факультету інформаційних технологій

доктор технічних наук, доцент
Цюцюра Микола Ігорович
Київський національний університет будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України, м. Київ,
професор кафедри інформаційних технологій.

Захист відбудеться «21» квітня 2021 року о 13:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.01 при Національному транспортному університеті, за адресою: 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, зал засідань ауд. 333

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного транспортного університету, за адресою: 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розіслано «19» березня 2021.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.059.01
кандидат технічних наук, професор

О.І. Мельниченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дисертації. 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 ліквідації пожеж шляхом наукових досліджень є актуальним завданням, яке вимагає спеціального підходу для його вирішення.

За даними міжнародної організації цивільної авіації ІКАО, 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 (НПС), 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).

Аналіз світової статистики АП показує, що пожежі в повітрі 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. 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 контролюваного ними параметра. При цьому точність і достовірність інформації визначається як конструктивними особливостями, 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:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| - ускладнені умови польоту (УУП) | $P_{ууп} < 10^{-3}$ 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 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.

За даними різних джерел, кількість помилкових спрацьовувань 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.

В даний час вирішено досить багато завдань по оптимізації надійності складних технічних систем: оптимізація елементної, 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 Колмогорова А.М., Глушкова В.М., Гнеденка Б.В., Ушакова І.О., Денисова В.Г., Комарова А.О., Ломова Б.Ф., Сіндєєва І.М., Кунцевича В.П., Скурихіна В.І., Анцеловича Л.Л., Буловського П.І, Зайденберга М.Г., Вентцель О.С., Новожилова Г.В., Федорова С.М., Рябініна І.О., Горського Л.К., Волкова Л. І., Райкіна А.Л., Кривенцева В.І., Барлоу Р., Прошан Ф., Дмитриченко М.Ф., Дмитрієва М.М., Данчука В.Д., Соломенцева О.В., Кулика М.С., Корченка О.Г., Снитюка В.Є., Цюцюри М.І., Воробйова В.М., Левковця П.Р., Гамеляка І.П., Прокудина Г.С., Аль-Амморі Алі та інших. 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.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові результати роботи отримані при виконанні науково-дослідної теми Національного транспортного університету за темою «Інформаційне і алгоритмічне забезпечення в процесах управління системи організаційного типу»: етапу 4 «Розробка інформаційно-логічних моделей предметної області в процесах управління систем організаційного типу» та етапу 5 «Розробка алгоритмів інформаційного забезпечення в процесах управління систем організаційного типу та їх реалізації». Дисертаційна робота виконана відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р, Дос 10004 ІСАО «Глобальний план забезпечення безпеки польотів 2017 – 2019 рр.» та Дос 10004 ІСАО «Глобальний план забезпечення безпеки польотів 2020 – 2022 рр.».

Мета дисертаційної роботи полягає у виборі і оптимізації надійних структур інформаційно-управляючих систем сигналізації про пожежу ПС за допомогою інформаційних технологій, з метою підвищення ефективності локалізації і розпізнавання таких небезпечних явищ як пожежа всередині двигуна і титанова пожежа.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні завдання:

1. Аналіз існуючих структур систем сигналізації про пожежу, для виявлення основних недоліків цих систем і шляхи їх усунення.
2. Побудова інформаційної моделі аналізу пожежної ситуації силової установки ПС і проведення розслідування катастрофи пов'язаної з пожежною небезпечною ситуацією.
3. Проведення інформаційно-статистичного аналізу і статистичної оцінки технологічної складності функціонування ССП ПС.
4. Розробка інформаційно-математичних моделей підвищення достовірності інформації за допомогою паралельного інформаційного резервування ІУС ПС.
5. Побудова логіко-математичної моделі розпізнавання пожеж авіадвигунів на повітряних судах, алгоритму і програми вибору та оптимізації структур локалізації і розпізнавання небезпечних польотних ситуацій.

6. Вибір оптимальної структури надійної ІУС сигналізації за допомогою розробленої програми з урахуванням реальних надійнісних характеристик датчиків ІУС сигналізації.

Об'єкт дослідження - процес інформаційно-технологічного забезпечення вибору і оптимізації надійних інформаційно-управляючих структур систем сигналізації.

Предметом дослідження є моделі і методи вибору і оптимізації інформаційно-управляючих систем сигналізації літаків різного покоління.

Гіпотеза. Якщо проаналізувати перші моменти виникнення небезпечних польотних ситуацій, відмов і збоїв ІУС ПС, то можна з високою точністю локалізувати і усунути небезпечні польотні ситуації, відмови і збої ІУС ПС, а також підвищити надійність, живучість, ефективність та безпеку польотів.

Методи дослідження засновані на апараті теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії інформації, методах оптимізації і алгебри логіки. Реалізація цих підходів в роботі проведена через математичне моделювання процесів визначення ймовірнісних характеристик, зон невизначеностей і помилок при роботі датчиків, розкриття природи відмов в ІУС ССП, інформаційне резервування та інформаційні технології вибору і оптимізації структур ІУС.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

Вперше :

- запропонована математична модель вибору і оптимізації структур ІУС сигналізації як основа для проектування і створення ІУС літаків нового покоління з метою уникнення, так званих, електронних катастроф.

Удосконалено:

- математико-інформаційну модель виникнення зон невизначеностей і помилок контролю параметрів функціонування ІУС та на основі цієї моделі отримане геометричне уявлення системних ймовірностей контролюваного явища в ІУС.

Набуло подальшого розвитку:

- логіко-математична модель розпізнавання пожеж авіадвигунів на повітряних судах, для N-кількості датчиків як для рівноймовірних, так і для різноймовірних характеристик датчиків інформації.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в тому, що запропоновані математичні моделі дозволяють розширити можливості вибору і оптимізації структур ІУС з урахуванням технічних і економічних витрат при їх створенні.

Найбільш вагомими результатами для практики:

1. аналіз існуючих ІУС на основі керівництв з технічної та льотно-технічної експлуатації спрямовані на пошук недоліків і розробки рекомендації як для конструкторських бюро так і для екіпажів ПС для боротьби з такими небезпечними явищами на ПС як пожежа двигуна і титанова пожежа.

2. запропонована методика оцінки технологічної складності ІУС сигналізації за допомогою якої можна попередити і мінімізувати ризики виникнення помилок льотних екіпажів в особливих польотних ситуаціях.

3. проведений статистичний аналіз дозволяє виявити слабкі місця в роботі ІУС сигналізації і надати рекомендації та відповідні рішення для попередження переходу аварійної ситуації в катастрофічну.

4. Розроблені програмні інструменти створюють наукову базу для розробки і вибору оптимальної структури при проектуванні, створенні та використанні ІУС ПС нового покоління.

5. Розроблені моделі можуть бути використані при аналізі пожежних ситуацій на борту ПС, особливо в перші моменти виникнення пожеж, та дозволять надавати екіпажу рекомендації по переходу з монопараметричного до поліпараметричного контролю параметрів для підвищення ефективності ІУС.

6. Результати роботи можна використовувати при підготовці екіпажів для ПС нового покоління, таких як АН-158, АН-178 та ін., а також для сертифікації ІУС ССП і інших інформаційних структур.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати, що виносяться на захист, отримані особисто здобувачем і ґрунтуються на опублікованих наукових результатах. При підготовці публікацій зі співавторами внесок здобувача був визначальним: у [1] проведено аналіз і вибір необхідних параметрів для розпізнавання пожеж авіадвигунів, у [2] розроблено імовірнісну модель розпізнавання ситуації на ПС і побудована структурна схема розпізнавання пожежі, у [3] розроблено теоретичні положення задачі надійності ІУС та визначено відмову як подію, яка розглядається через її розвиток: УУП, СС, АС і КС, у [4] розроблено математичну модель на основі інформаційно-факторного аналізу та визначено технології вирішення завдань аналізу небезпечних льотних ситуацій, у [7] розроблено триноміальну модель імовірнісних характеристик ІУС сигналізації, у [8] проведено обробку керівництв по льотній експлуатації і побудовано модель нормування індексу складності стандартних льотних процедур для системи пожежогасіння на літаках АН-74 та АН-148.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дослідження доповідалися й обговорювалися на: «Проблеми інформатизації» (Київ, 11-13.12.2014), LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Київ, 05.2015), LXXII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Київ, 05.2016), “Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)” (Київ, 18-20.10.2016), «Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі» (Чернігів, 19-20.04.2017), «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2017)» (Київ, 16-17 травня), LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Київ, 17-19.05.2017), «Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи)» (Київ, 16-18.05.2017), «Розвиток промисловості та суспільства» (Кривий ріг, 24-26 травня 2017), «ІТ-Перспективи» (Кременчук, 22.04.2017), “Actual problems of unmanned aerial vehicles developments (APUAVD)” (Київ, 17-19.10.2017), LXXIV наукова

конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Київ, 16-18.05.2018), Data Stream Mining & Processing (DSMP) (Львів 21-25.09.2018), «Інформаційні технології та взаємодії» (Київ, 20-21.11.2018), LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Київ, 15-17.05.2019), LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Київ, 15-17.05.2020).

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано 25 наукових праць, із них: 1 стаття у виданні, цитованому у науково-метричній базі Scopus; 8 статей у виданнях іноземних держав або у наукових фахових виданнях, що входять до переліку затверджених ДАК України, 19 праць апробаційного характеру, з них 3 цитованих у науково-метричній базі Scopus, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір і 1 патент на корисну модель.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 127 найменувань, додатків на 37 сторінках, разом з якими її обсяг складає 219 сторінок, робота ілюструється 91 рисунком, містить 32 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет, розкрито зв'язок роботи з науковими планами та програмами, показано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, відзначено особистий внесок автора, наведено дані про апробацію та практичне впровадження, публікації та структуру роботи.

У першому розділі проводиться аналіз існуючих структур ІУС протипожежних систем і визначаються основні недоліки цих систем з метою їх усунення при проектуванні, виробництві і експлуатації ПС нового покоління. Дана загальна характеристика пожежі і основні причини її виникнення на борту ПС. Також розглядаються основні види пожеж на ПС і їх місця появи як це показано на рисунку 1. Розглядається ССП як ІУС, яка виконує функцію подачі світлового і звукового сигналу про виникнення пожежі в якому-небудь з відсіків ПС. Дана класифікація і характеристика датчиків первинної інформації для різних ПС. При цьому для великого класу систем сигналізації ПС різного покоління визначаються основні причини відмов датчиків, невиявлення і помилкових спрацювань, які на сьогоднішній день складають більше 70% з загальної кількості спрацювань ССП. Побудована інформаційна модель аналізу пожеж силової установки ПС 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 ПС. Запропоновану інформаційну модель можна використовувати при підготовці пілотів для ліквідації НПС.

Також, в роботі розглядається реальна катастрофа зв'язана з пожежею двигуна, як приклад важливості своєчасного визначення першого моменту виникнення пожежі.

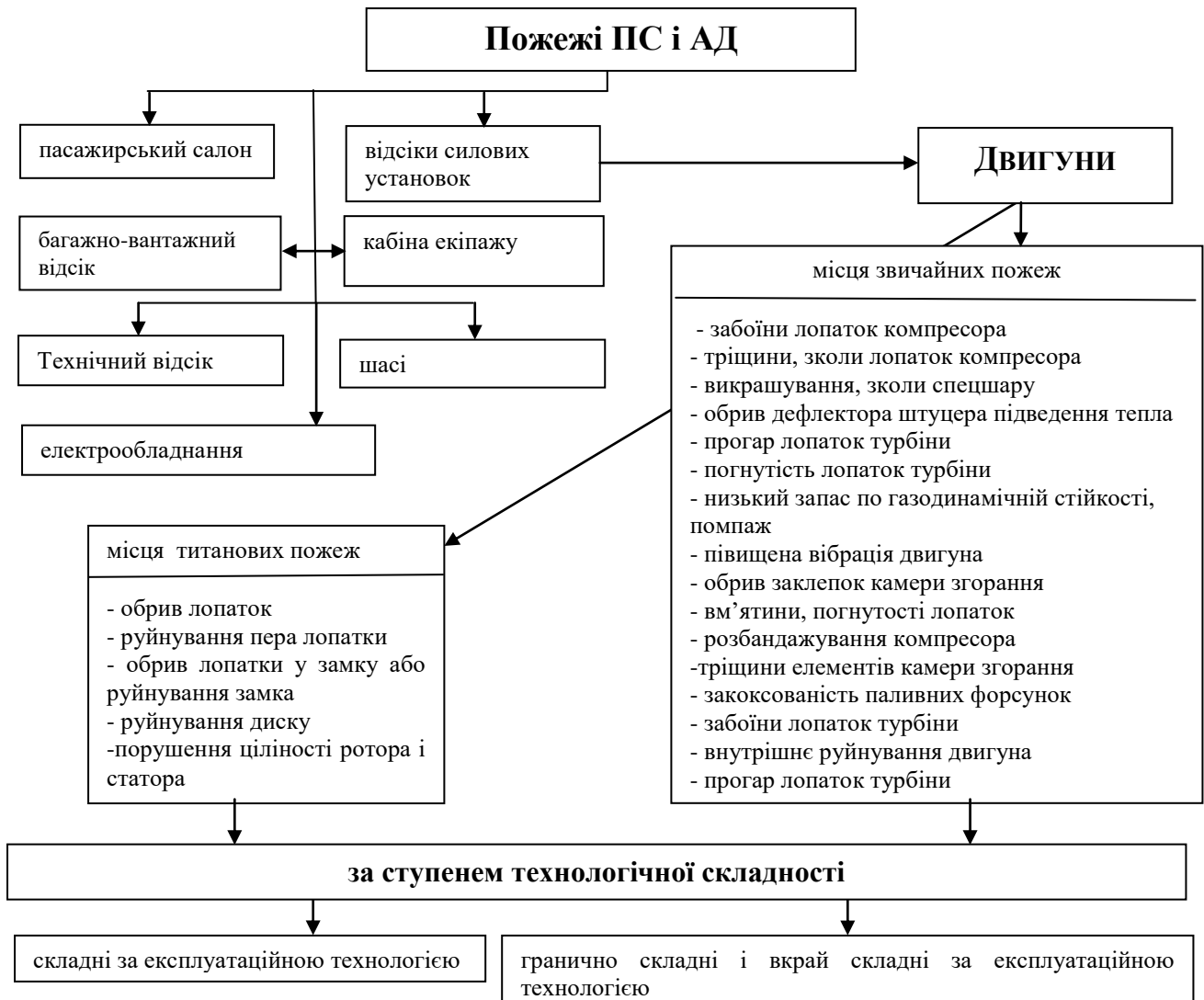


Рисунок 1 – Класифікація та місця появи пожеж на ПС

У другому розділі проведено інформаційно-статистичний аналіз пожежної ситуації на борту повітряного судна. В відповідності до світової статистики авіаційних подій частка пожеж становить 5% по причині АП та 9% по причині АК. Розглядається також статистика пожеж по причині відмов деталей авіаційного двигуна, як це показано на рисунку 2.

При цьому приділяється більше уваги титановим пожежам і причинам їх виникнення. Пошкодження і відмови, що виникли в найбільш відповідальних вузлах і деталях двигуна в 60,5% випадків приводять до примусової зміни режиму польоту і виникнення небезпечного виду пожежі – «титанової пожежі». В світовій авіаційній практиці відомо багато випадків пожеж авіаційних двигунів, які викликані самозайманням титанових деталей двигуна:

- руйнування пера лопатки – 72%;
- обрив лопатки у замку або руйнування замка – 10%;
- руйнування диску – 10%;

• порушення цілісності ротора і статора, що призводить до торкання деталей ротора і направляючого апарату, а також до інтенсивного тертя - 8%.



Рисунок 2 – Розподіл видів пошкоджень проточної частини двигунів

В роботі вперше запропонована статистична методологія оцінки технологічної складності стандартних льотних операцій і бортових систем по зведенню аварійних контрольних карт, які містяться в керівництві з льотної експлуатації. Також, розглядаються основні етапи запропонованої методології, акцентується увага на їх наукову новизну - нову інтегральну класифікацію льотної діяльності по комплексам сенсомоторних дій і функцій прийняття рішень. В даний час у всіх джерелах інженерної психології та ергономіки сенсомоторні операції і функції прийняття рішення розглядаються окремо та за різними класифікаціями. При цьому відсутнє нормування за функціями прийняття рішення, а в авіаційних правилах і нормах льотної придатності є лише норми на сенсомоторні операції пілотів. Нова інтегральна класифікація одночасно по сенсомоторних операціях і функціях прийняття рішення дозволяє провести статистичну обробку по ряду нормативних документів, таких як керівництво з льотної експлуатації, технічних інструкціях, регламентах і т.д.

Слід зазначити, що статистичні зведення аварійних контрольних карт вперше оброблялись за способами і методами, які використовуються в загальній теорії статистики - індексування, групування і т.д. Така статистична обробка має велику перспективу при мінімізації ризиків для управління безпекою польотів та зниження ризиків, які пов'язані з людським чинником. Методологія застосовується для ПС АН-74 і АН-148-100: визначені індексні коефіцієнти для різних особливих ситуацій в польоті, проведена оцінка

технологічної складності операцій при ліквідації пожеж та інших проблемних ситуацій в польоті. Отримані результати дозволяють знизити і мінімізувати ризики виникнення помилкових дій льотних екіпажів при парированні і знятті проблемних ситуацій в польоті.

У третьому розділі пропонуються вирішення проблеми надання екіпажу повітряного судна достовірної інформації від первинних джерел інформації (датчиків контролю параметрів ІУС розпізнання небезпечних польотних ситуацій). При цьому розроблена ймовірнісно-фізична модель роботи реального датчика і показано геометричні ймовірнісні характеристики: ймовірність правильного виявлення, невиявлення і помилкової тривоги, як це показано на рисунку 3.

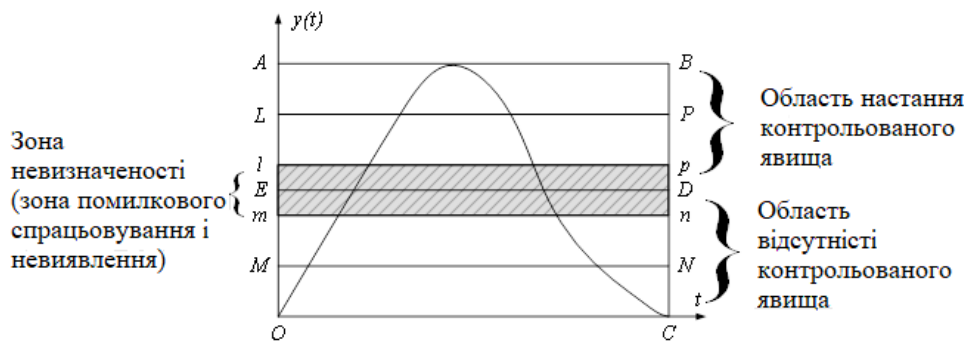


Рисунок 3 – Зона невизначеності спрацювання реального ДІ

Відповідно з фізичним представленням роботи джерел інформації, реальний датчик інформації може знаходитись в одному з трьох несумісних випадкових станів: правильного виявлення, невиявлення і помилкової тривоги, які відповідно визначаються ймовірностями a , b , d , тобто $a + b + d = 1$. Таку систему можна представити за допомогою триноміального розподілу ймовірностей, відповідно до якого ймовірність $P(n-m, m-k, k)$ того, що з n датчиків інформації k взагалі не виявлять контрольоване явище, $m-k$ датчиків інформації спрацює з помилковою тривоگوю, і $n-m$ датчиків інформації дадуть правильну інформацію про контрольоване явище. Ймовірність $P(n-m, m-k, k)$ описується наступним виразом:

$$P(n-m, m-k, k) = C_n^{n-m} a^{n-m} C_m^{m-k} b^{m-k} d^k.$$

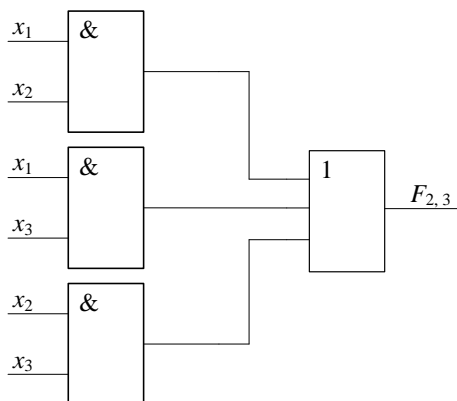


Рисунок 4 – Система збору інформації при $Q = 2$

На основі наведених теоретичних положень були показані конкретні приклади для системи датчиків інформації з 2, 3, 4 та 5 датчиків. Для прикладу була взята система $F_{2,3}$. Нехай система складається з трьох датчиків і працює так, що у відповідності до мажоритарного принципу інформація про наявність контрольованого параметру на виході $F_{2,3}$ з'явиться тоді, коли не менше двох датчиків підтвердять його наявність, як показано на рисунку 4.

Для всіх систем у відповідності до принципу мажоритарності розкриті математичні формули для визначення ймовірнісних характеристик роботи системи за допомогою навчальної програми, як для датчиків з рівноймовірнісними характеристиками так і для датчиків з різними ймовірнісними характеристиками.

Для системи, яка складається з трьох однакових датчиків і з мажоритарним принципом прийняття рішення 2 з 3, яка зображена на рисунку 4, ймовірність правильного виявлення $P_{cd2,3}$, невиявлення $P_{nd2,3}$ і помилкової тривоги $P_{fa2,3}$ має наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} P_{cd2,3} &= a^3 + 3a^2b + 3a^2d + 3ab^2 + 6abd; \\ P_{nd2,3} &= d^3 + 3ad^2 + 3bd^2; \\ P_{fa2,3} &= b^3 + 3db^2. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Якщо датчики різні то і ймовірнісні характеристики будуть визначатися наступними формулами:

$$\left. \begin{aligned} P_{cd2,3} &= a_1a_2a_3 + a_1a_2b_3 + a_1a_3b_2 + a_2a_3b_1 + a_1a_2d_3 + a_1a_3d_2 + a_2a_3d_1 + a_1b_2b_3 + \\ &+ a_2b_1b_3 + a_3b_1b_2 + a_1b_2d_3 + a_2b_1d_3 + a_2b_1b_3 + a_1b_3d_2 + a_2b_3d_1 + a_3b_2d_1; \\ P_{nd2,3} &= d_1d_2d_3 + a_1d_2d_3 + a_2d_1d_3 + a_3d_1d_2 + b_1d_2d_3 + b_2d_1d_3 + b_3d_1d_2; \\ P_{fa2,3} &= b_1b_2b_3 + b_1b_2d_3 + b_2b_3d_1 + b_1b_3d_2. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Таким чином отримані математичні залежності і структурні схеми на елементах електроніки для систем F_n , де $n = 3 \dots 5$, $Q = 1 \dots 5$. При цьому отримані графічні залежності, зображені на рисунках 5, 6 та 7.

З графіків видно, що використовуючи практично нескладно реалізовані структури систем з мажоритарною логікою, наприклад, структури рисунка 6, при підвищенні вимог до датчиків можна значно підвищити ймовірність правильного виявлення P_{cd} і знизити ймовірність помилкової тривоги P_{fa} . Так, при $a=0,9$; $b=0,05$; $d=0,05$ отримуємо: $P_{cd} = 0,994$, $P_{nd} = 0,003$; $P_{fa} = 0,003$ а при $a = 0,95$; $b = d = 0,0025$ ймовірність правильного виявлення пожежі має три дев'ятки, при подальшому зниженні P_{nd} і P_{fa} .

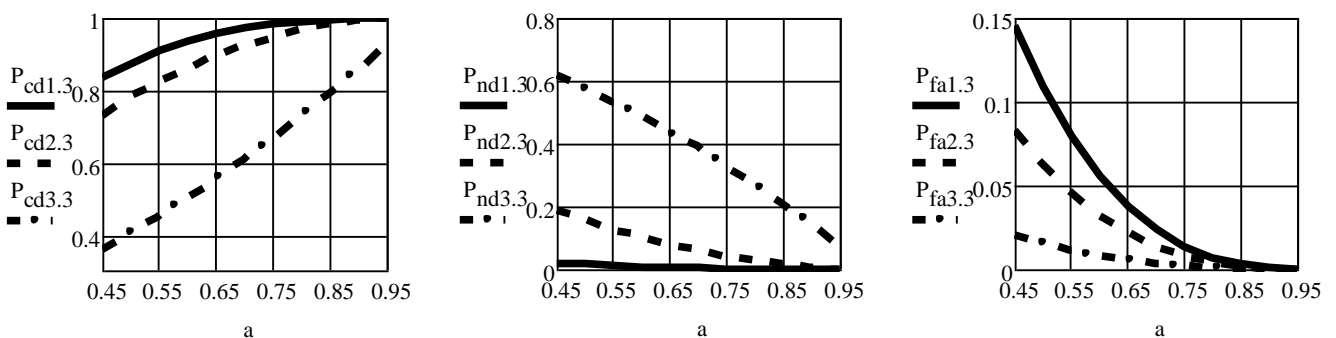


Рисунок 5 – Графічні залежності ймовірностей правильного виявлення, невиявлення та помилкової тривоги інформаційної системи при $Q = 3$

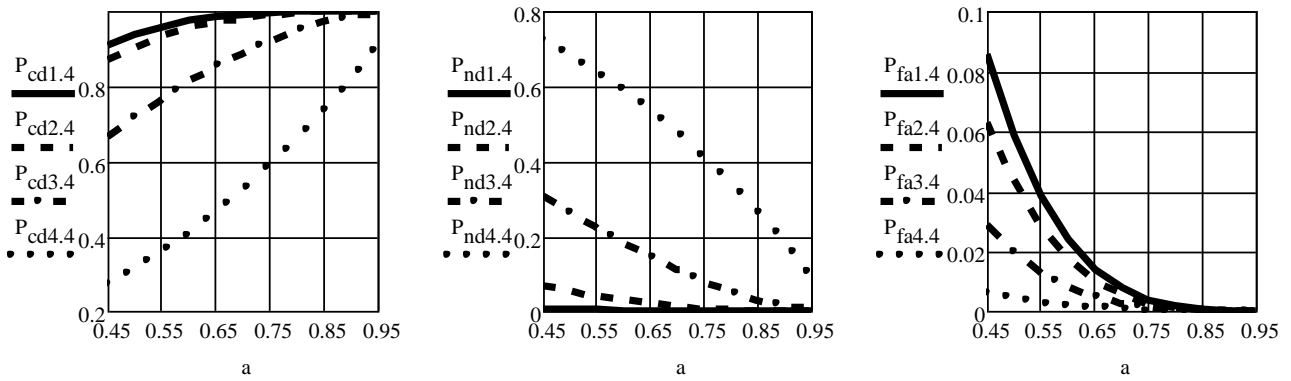


Рисунок 6 – Графічні залежності ймовірностей правильного виявлення, невиявлення та помилкової тривоги інформаційної системи при $Q = 4$

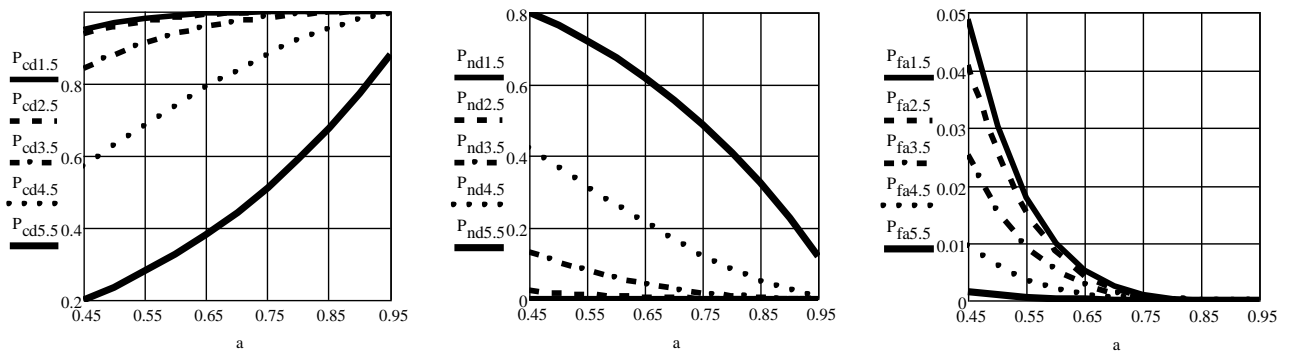


Рисунок 7 – Графічні залежності ймовірностей правильного виявлення, невиявлення та помилкової тривоги інформаційної системи при $Q = 5$

Існує принципова можливість отримати системи датчиків, які характеризуються достатньо високими ймовірнісними характеристиками навіть при умові, що вони виконані на датчиках з незадовільними характеристиками, за рахунок вибору та оптимізації структур ІУС розпізнання небезпечних ситуацій.

У четвертому розділі приведена методика оцінки інформаційного резервування ІУС сигналізації. На основі запропонованої методики, будується узагальнена ймовірнісно-математична модель функціонування датчиків системи пожежної сигналізації на повітряному судні. Математичні формули моделі ймовірнісних характеристик a_n , b_n , d_n для n паралельно зарезервованих джерел можливо визначити з поліноміального розподілу:

$$\left. \begin{aligned} P_{cd} &= \sum_{m=0}^{n-q} C_n^{n-m} a^{n-m} \cdot (b+d)^m \\ P_{fa} &= \sum_{m=0}^n C_n^{n-m} a^{n-m} \cdot (b+d)^m - \sum_{m=0}^{n-q} C_n^{n-m} a^{n-m} \cdot (b+d)^m - \sum_{m=0}^{q-1} C_n^{n-m} d^{n-m} \cdot (a+b)^m \\ P_{nd} &= \sum_{m=0}^{q-1} C_n^{n-m} d^{n-m} \cdot (a+b)^m \end{aligned} \right\} (3)$$

$$P_{cd} + P_{fa} + P_{nd} = 1$$

Реалізації математичних формул на цифровій електроніці буде мати наступний вигляд. Інформаційне резервування за принципом мажоритарної логіки, згідно якого система сигналізації видає сигнал про пожежу тоді, коли сигнал пожежі видає не менше Q датчиків з n . Причому величина Q може змінюватися від 1 до n . Якщо $Q = 1$, то схема буде мати вид зображений на рисунку 8. Схема інформаційного резервування за мажоритарним принципом, згідно якого система сигналізації видає сигнал про пожежу, коли всі датчики спрацьовують (тобто всі n датчики об'єднуються по схемам И), тобто $Q = n$ наведена на рисунку 9. Коли $1 < Q < n$, то схема з'єднання датчиків буде мати вид приведений на рисунку 10.

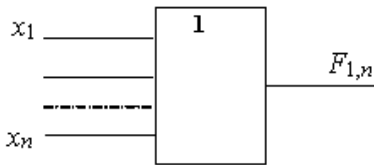


Рисунок 8 – Схема інформаційного резервування системи (OR)

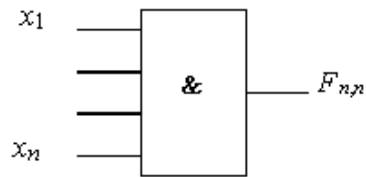


Рисунок 9 – Схема інформаційного резервування системи (AND)

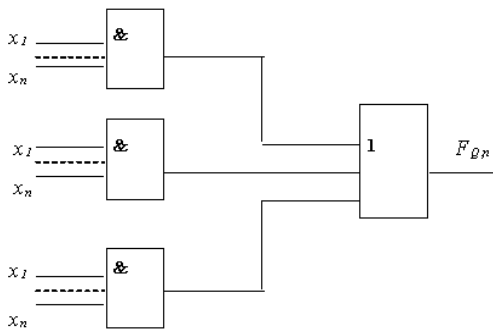


Рисунок 10 – Схема інформаційного резервування системи (AND і OR)

В цьому випадку датчики групами з'єднуються за схемою AND. Число датчиків в кожній групі рівно Q і кожна група датчиків відрізняються від попередньої хоча б одним датчиком. Число таких груп рівне числу комбінацій з n по Q , а всі ці групи по Q датчиків в кожній об'єднуються за схемою OR. Сигнал $F_{a,n}$ на виході схеми з'являється тільки тоді, коли буде сигнал на виході хоча б одної з груп. Сигнал на виході кожної групи з'являється тільки тоді, коли є сигнал від всіх датчиків, об'єднаних в цю групу.

На основі математичної моделі і її реалізації на елементах електроніки, складена програма на мові JAVA за якою проводиться вибір і оптимізація надійних структур інформаційно-управляючих систем сигналізації про пожежу. Програма складається з двох блоків.

З результатів роботи першого блоку програми отримуємо, відповідно, графіки (рисунок 11) залежності ефективності

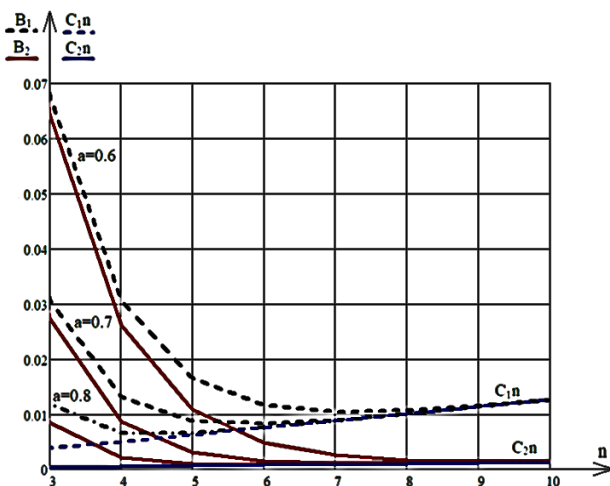


Рисунок 11 – Залежності $B_1 = f(n)$, $B_2 = f(n)$ при $a = 0,1 \dots 1$

резервування $B_1(n)$ і $B_2(n)$ датчиків пожежної сигналізації за принципом мажоритарної логіки. При цьому функція $B_1(n)$ характеризує дорогі датчики, а функція $B_2(n)$ – представляє датчики в 10 раз дешевші. Із графіків визначаємо, що $n_{opt} = 6$, оскільки $\Delta P = P_{nd} + P_{fa}$ зменшується до цієї точки, а після неї зростає (функція має в цій точці локальний екстремум-мінімум).

З результатів роботи другого блоку програми отримуємо, відповідно, графіки ймовірнісних характеристик, які зображені на рисунку 12. За цими номограмами можна визначити структуру з необхідними ймовірнісними характеристиками з врахуванням коефіцієнту мажоритарності Q .

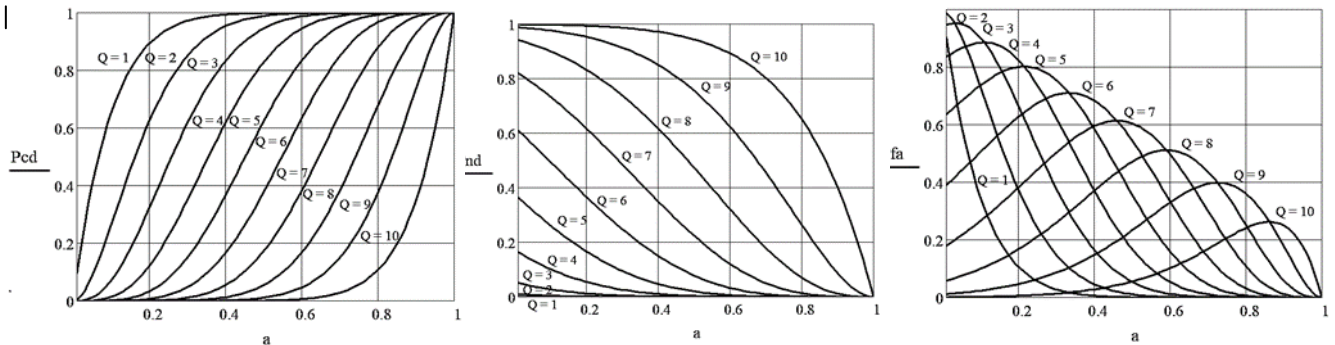


Рисунок 12 – Номограми ймовірності правильного виявлення, невиявлення, помилкової тривоги з урахуванням індекса мажоритарності

За результатами роботи програми проводиться більш детальний аналіз, за результатами якого можна побудувати графічні залежності (рисунок 13), де можна комплексно отримати відразу дані по всім параметрам структури, а саме: $a, b, d, n, Q, P_{cd}, P_{fa}, P_{nd}$ з урахуванням рівня резервування структур ІУС.

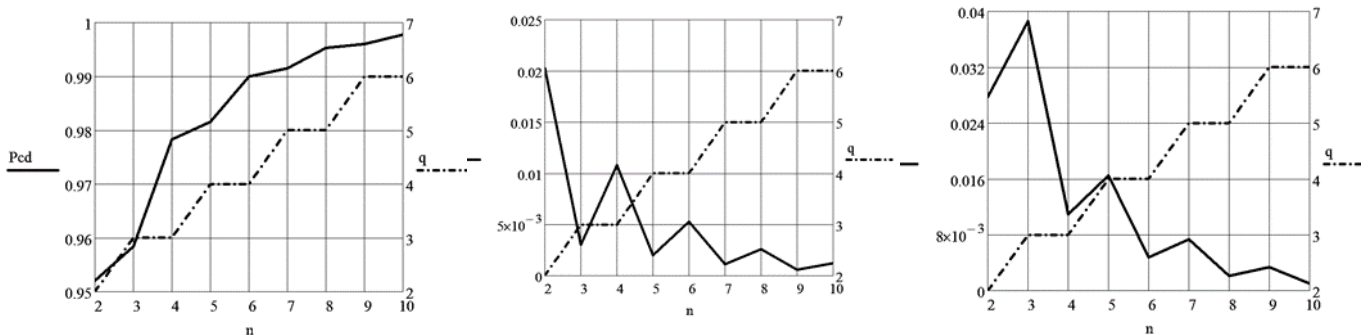


Рисунок 13 – Номограма залежності P_{cd}, P_{fa}, P_{nd} і q від n

Алгоритм вибору структури за допомогою номограми має наступний вигляд:

1. Вибір датчиків інформації з певними ймовірнісними характеристиками a, b, d . Для прикладу були взяті датчики з $a = 0,9, b = d = 0,05$.

2. За вимогами нормативно-технічної документації визначаємо ймовірність правильного виявлення системи P_{cd} .

3. За номограмою вибираємо структуру $[P_{cd}, n, q]$ для якої $P_{cd} \geq P_{cd}^{HTD}$.

4. Визначаємо коефіцієнт мажоритарності для обраної структури в такий спосіб: p - координата по осі абсцис, q - координата по осі ординат для обраної на графіку точки P_{cd} .

5. За номограмами для параметрів P_{nd} і P_{fa} визначаємо ймовірність невиявлення P_{nd} і помилкової тривоги P_{fa} для обраної структури.

Процедура вибору структури за допомогою номограми може бути також виконана за наведеним алгоритмом при наявності обмежень по ймовірності невиявлення або ймовірності помилкової тривоги в нормативно-технічній документації.

Також з використанням програми можна отримати структуру системи з найбільшою вірогідністю розпізнавання подій для кожної пари значень кількості датчиків n та значення ймовірності правильного виявлення події a , а також параметри структури системи сигналізації про пожежу для якої ймовірність помилкового спрацювання P_{fa} мінімальна.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз існуючих ІУС сигналізації та виявлено основні їх недоліки:

- великий температурний діапазон, від 100 до 350^{0С}. Для датчиків диму температура складова похибки вимірювання рівня задимленості в такому широкому діапазоні може істотно спотворити реальні значення задимленості, що може призвести до помилкового спрацювання сигналізатора під час польоту;

- велика інерційність;

- залежність часу спрацювання від температури навколишнього середовища;

- можливість помилкових спрацювань при наявності вологи, обриві, замиканні, трясці і вібраціях літака.

- система сигналізації про пожежу повітряного судна є критичною з точки зору відмовостійкості, надійності, безпеки польотів та ефективності.

2. Побудована інформаційна модель аналізу пожежної ситуації силової установки ПС і визначені з її допомогою основні параметри, по яким оцінюється стан двигуна і його основних вузлів за ознакою можливості виникнення і наявності пожежі: небезпечна температура вихідних газів, частота обертання ротора АД, небезпечна температура підшипників турбокомпресора, стружка в маслі двигуна, небезпечна вібрація, дим і відкрите полум'я.

При аналізі роботи датчиків і ССП визначені основні причини невиявлення і помилкових спрацювань ССП:

- відмова датчика або попадання гарячого повітря з тріщини гофри термокомпенсатора;

- зниження опору ізоляції проводу мотогондолои двигуна;

- відмова виконавчого блоку ССП;

- відмова блоку ССП, внаслідок замикання контактів поляризованого реле, викликаного попаданням вологи;

Проведено розслідування катастрофи пов'язаної з пожежною небезпечною польотною ситуацією, показані основні причини її виникнення та її розвиток від УУП до АК. При цьому можна зробити висновок що:

- пожежі двигуна являють собою не просто випадкові ситуації, а характеризуються як складне або поліфакторне явище і процес, який несе значний ступінь ризику, небезпеки і граничну невизначеність для процесу польоту ПС;

- 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 справний працюючий двигун.

3. Проведено інформаційно-статистичний аналіз і статистичну оцінку технологічної складності функціонування ССП ПС. Статистична частка пожеж серед інших АП характеризується значною величиною (до 12%) відносно багаторічної статистики, незмінністю цієї частки по роках, а також малою величиною тренду. Це пояснюється перш за все складністю початкового моменту виникнення пожеж двигунів і граничною технологічною складністю функції прийняття рішень екіпажем. Серед пожеж двигунів найбільш небезпечним різновидом пожеж є "титанова" пожежа, специфіка якої полягає в тому, що її складно усунути. При цьому необхідно проводити в процесі експлуатації ряд заходів для усунення причин виникнення "титанової" пожежі і зменшення ймовірності зміни ситуації в сторону розвитку небезпечних польотних ситуацій.

4. Розроблено інформаційно-математичні моделі підвищення достовірності інформації за допомогою паралельного інформаційного резервування ІУС ПС і показано що, спосіб паралельного резервування інформації істотно знижує ймовірність невиявлення ситуації і мало впливає на зниження ймовірності помилкової тривоги. Для зниження ймовірності помилкової тривоги, пропонується застосування принципів мажоритарної логіки, але при цьому необхідно збільшувати число паралельних каналів, що пов'язано з економічними обмеженнями. Математична обробка і схеми вибору компонентів рішення, проводяться за допомогою навчальної програми.

Виходячи з практично нескладно реалізованих структур систем з мажоритарною логікою, наприклад, при підвищенні вимоги до датчиків, можна значно підвищити ймовірність правильного виявлення p_{cd} і знизити ймовірність помилкової тривоги P_{fa} і невиявлення P_{nd} . Так, при $a = 0,9$; $b = d = 0,05$ отримуємо: $P_{cd} = 0,994$; $P_{nd} = 0,003$; $P_{fa} = 0,003$, а при $a = 0,95$; $b = d = 0,025$ ймовірності правильного виявлення пожежі має три дев'ятки, при подальшому зниженні P_{nd} і P_{fa} .

5. Побудовано логіко-математичну модель розпізнавання пожеж авіадвигунів на повітряних судах на основі якої розроблено алгоритм і програму аналізу, вибору і оптимізації структур локалізації і розпізнавання небезпечних польотних ситуацій. Розроблені інформаційні технології вибору і оптимізації структур ССП і подібних ІУС на транспорті, створюють

інформаційну базу для вирішення подібних завдань на етапах життєвого циклу об'єктів нової техніки. Основним критерієм для оптимізації виступає максимізація ймовірність правильного виявлення ($P_{cd} \rightarrow \max$) та мінімізація ймовірностей невиявлення та помилкової тривоги ($\Delta P = P_{fa} + P_{nd} \rightarrow \min$).

6. Вибір оптимальної структури надійних ІУС сигналізації проводиться за допомогою розробленої програми з урахуванням реальних надійнісних характеристик датчиків ІУС сигналізації. Наведений аналіз інформаційних структур систем сигналізації про пожежу дозволяє обґрунтовано підійти до формування загальної структури системи, що задовольняє вимогам НТД по експлуатації ПС, і визначити раціональні принципи розподілу потоків інформації між автоматикою і екіпажем. Крім того, дані досліджень представляють інтерес для локалізації особливо небезпечного виду пожежі авіадвигунів – титанової пожежі.

СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз

1. Аль-Аммори Али. Полипараметрический принцип распознавания пожаров авиадвигателей / Али Аль-Аммори, А.О. Дегтярева, А.Е. Клочан, Хафед И.С. Абдулсалам // Systemy i srodki transportu samochodowego. Badania i technologia silnikow spalinowych: wybrane zagadnienia. / Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukasiewicza. – Rzeszowska: Transport, 2017. Monografia nr. 9. – С. 7-14.

2. Al-Ammouri, A. Development of a mathematical model of information serial redundancy of management information systems of the aircraft fire alarm / 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.

3. Al-Ammouri Ali Probabilistic models reliability of information and control systems / Ali Al-Ammouri, H. A. Al-Ammori, A. E. Klochan, A. O. Degtiarova // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. – 2018. – № 3(1), P. 60-69. doi:10.14254/jsdtl.2018.3-1.6.

4. Аль-Аммори Али Логико-математические основы создания информационно-факторных технологий как нового вида процессных технологий / Али Аль-Аммори, Х.А. Аль-Аммори, А.О. Дегтярьова, А.Є. Клочан, Я.А. Лудченко // Slovak international scientific journal – Bratislava, 2018. – № 22 Vol. 1. – С. 12 – 17.

5. Дегтярева А.О. Математическая модель распознавания пожаров авиадвигателей/ А.О. Дегтярева // The scientific heritage – 2019. –Hungary, № 34 P.1. – P. 37 – 43.

6. Дегтярева А.О. Анализ структур сигнализации о пожаре внутри авиадвигателей воздушных судов/ А.О. Дегтярьова // Slovak international scientific journal – Bratislava, 2018. – № 47 Vol. 2. – С. 33 – 36.

Статті у наукових фахових виданнях

7. 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.

8. Аль-Аммори Х.А. Статистическая оценка технологической сложности особых случаев в полете по сводкам аварийных контрольных карт / Х.А. Аль-Аммори, А.О. Дегтярева, А.Е. Клочан // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. - К.: НТУ, 2018. - Вип. 1(40). - С. 3-10.

Опубліковані праці апробаційного характеру

9. Дегтярева А.О. Информационные технологии анализа статистических данных о пожарах на борту воздушных судов / А.О. Дегтярева // Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті. – 2016. – №4. С. 132 – 139.

10. Комп'ютерна програма «Вибір і оптимізація структур інформаційно-резервованої системи первинних датчиків пожежної сигналізації»: А.с. № 80403 від 23.07.2018/ Алі Аль-Амморі, А.О. Дегтярьова, Х.А. Аль-Амморі, А.Є. Клочан, Хафед І.С. Абдулсалам, І.М. Верховецька.

11. Спосіб виявлення пожежі авіадвигуна повітряного судна: пат. 131528 Україна: МПК G08B 19/00 / Аль-Амморі Алі, Клочан А.Є., Аль-Амморі Х.А., Дегтярьова А.О., Верховецька І.М., Хафед І.С. Абдулсалам, Тимченко О.П. - № u201805397; заявл. 15.05.2018; опубл. 25.01.2019, Бюл. № 2 – 4 с.

12. Al-Ammouri A. Optimization Structures of Onboard Aircraft Navigation Systems / Ali Al-Ammouri, A.O. Kasyanenko, H.A. Al-Ammouri, A.O. Degtiarova // Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC): Proceedings of 2016 IEEE 4th International Conference, October, 18-20, 2016, Kyiv, Ukraine / National Aviation University. – Kyiv, 2016. – P. 288-290.

13. Аль-Амморі Алі. Вибір і оптимізація структур інформаційно-управляючих систем на транспорті /Алі Аль-Амморі, Дегтярьова А.О.// LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, 17-19 травня 2017 р., м. Київ: тез. доп. / Національний транспортний університет. – К.: НТУ, 2017. – С. 91

14. Аль-Амморі Алі. Математическая модель параллельного информаци-онного резервирования информационно-управляющих систем / Алі Аль-Амморі, А.О. Дегтярева, А.Е. Клочан, Хафед И.С. Абдулсалам // Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі: Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених, 19-20 квітня 2017 р., М. Чернігів: тези доп. / Чернігівський національний технологічний університет. – Чернігів: Чернігівський національний технологічний університет, 2017. – С. 127-129.

15. Аль-Амморі Алі. Теоретические основы исследования механизма возникновения зон неопределенностей при контроле параметров

функціонування інформаційно-управляючих систем повітряних суден / Алі Аль-Амморі, А.Є. Клочан, А.О. Дегтярьова, Хафед І.С. Абдулсалам // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2017): десята міжнародна науково-практична конференція 16-17 травня 2017 року, м. Київ, Україна: збірка тез. / Національний авіаційний університет. – К.: НАУ, 2017. – С. 38-40.

16. Аль-Амморі Алі. Методи інформаційного резервування / Алі Аль-Амморі, А.О. Дегтярева, І.С. Хафед Абдулсалам // ІТ-Перспективи: тези доповідей четвертої науково-практичної конференції, 22 квітня 2017 р., Кременчук, Україна / Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2017. – С. 13-15.

17. Al-Ammouri Ali Estimation the Efficiency of Information-Control Systems of UAV / Ali Al-Ammouri, A.O. Degtiarova, A. E. Klochan, H.A. Al-Ammori // Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD): Proceedings of 2017 IEEE 4th International Conference, October, 17-19, 2017, Kyiv, Ukraine / National Aviation University. – Kyiv, 2017. – P. 200-203.

18. Аль-Амморі Алі Механізми формування інформаційних параметрів функціонування інформаційно-управляючих систем повітряних суден / Алі Аль-Амморі, А.О. Дегтярева, Х.А. Аль-Амморі // Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 12-13 квітня 2018 р., Вінниця, Україна / Вінницький національний технічний університет [та інші]. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – С. 5 – 6.

19. Аль-Амморі Х.А. Оптимізація числа статистичних випробувань байєсівським методом / Х.А. Аль-Амморі, А.О. Дегтярьова // LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, 16-18 травня 2018 р., м. Київ: тез. доп. / Національний транспортний університет. – К.: НТУ, 2018. – С. 91.

20. Аль-Амморі Х.А. Математична модель послідовного інформаційного резервування інформаційно-управляючих систем пожежної сигналізації повітряних суден / Х.А. Аль-Амморі, А.О. Дегтярьова // LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, 16-18 травня 2018 р., м. Київ: тез. доп. / Національний транспортний університет. – К.: НТУ, 2018. – С. 91.

21. Аль-Амморі Алі Математична модель паралельного інформаційного резервування інформаційно-управляючих систем повітряних суден / Алі Аль-Амморі, Х.А. Аль-Амморі, А.О. Дегтярьова // LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, 16-18 травня 2018 р., м. Київ: тез. доп. / Національний транспортний університет. – К.: НТУ, 2018. – С. 91-92.

22. Al-Ammouri Ali Logic-Mathematical Model for Recognition the Dangerous Flight Events / A. Al-Ammouri, A. Klochan, H. Al-Ammori, A. Degtiarova // Data Stream Mining & Processing (DSMP): Proceedings of IEEE Second International Conference, August 21-25, 2018, Lviv, Ukraine. – Kyiv, 2018. – P.468 – 472.

23. Аль-Аммори Али Оптимизация структур информационного резервирования / Али Аль-Аммори, Х.А. Аль-Аммори, А.О. Дегтярёва // Интегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2017): десята міжнародна науково-практична конференція 22-23 травня 2018 року, м. Київ, Україна: збірка тез. / Національний авіаційний університет. – К.: НАУ, 2018. – С. 65-66.

24. Аль-Амморі Х.А. Інформаційно-факторні технології розгортання прогнозу на етапі експлуатації літаків нового покоління/ Х.А. Аль-Амморі, А.С. Клочан, А.О. Дегтярьова // LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, 15-17 травня 2019 р., м. Київ: тез. доп. / Національний транспортний університет. – К.: НТУ, 2018. – С. 93.

25. Дехтяр М.М. Оцінка інформаційного резервування систем сигналізації небезпечних польотних ситуацій / М.М. Дехтяр, А.О. Дегтярьова, А.О. Семаєва // LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, 15-17 травня 2020 р., м. Київ: тез. доп. / Національний транспортний університет. – К.: НТУ, 2020. – С. 93.

АНОТАЦІЯ

Дегтярьова А. О., Вибір і оптимізація надійних структур інформаційно-управляючих систем на транспорті. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології» – Національний транспортний університет МОН України, Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена актуальній науково-технічній задачі вибору і оптимізації надійних структур ІУС на транспорті, з метою підвищення ефективності роботи ІУС сигналізації про пожежу. Вирішення поставлених завдань пропонується з використанням ймовірнісно-статистичних методів прийняття рішення в ОПС.

Проведено аналіз існуючих ІУС сигналізації та визначено основні недоліки. На основі статистичного аналізу визначено, що найнебезпечніші види пожежі, це пожежі всередині авіаційних двигунів і титанові пожежі. Статистична частка пожеж серед інших авіаційних подій характеризується значною величиною (до 12%) і ця частка має стабільний характер. Показано що, система сигналізації про пожежу повітряного судна є критичною з точки зору відмовостійкості, надійності, безпеки польотів та ефективності. Навіть помилкова відмова систем сигналізації про пожежу передбачає зміну плану польоту і відключення працюючого двигуна, що викликає втрату тяги. Тому

можна класифікувати пожежі ПС як складні події, які можуть привести до виникнення аварії та катастрофи.

Розроблено інформаційно-математичні моделі підвищення достовірності інформації за допомогою паралельного інформаційного резервування інформаційно-управляючих систем і показано що, спосіб паралельного резервування інформації істотно знижує ймовірність невиявлення ситуації і мало впливає на зниження ймовірності помилкової тривоги. Для одночасного зниження ймовірностей невиявлення і помилкової тривоги, пропонується в роботі застосування принципів мажоритарної логіки. Математична обробка і схеми вибору компонентів рішення, проводяться за допомогою навчальної програми. Таким чином, для кожної комбінації числа датчиків та числа мажоритарності проводиться вибір складових ймовірностей правильного виявлення, невиявлення і помилкової тривоги.

Розроблено логіко-математичну модель розпізнавання пожеж авіадвигунів на повітряних судах, алгоритм і програма вибору та оптимізації структур локалізації і розпізнавання небезпечних польотних ситуацій. Розроблені алгоритм і програми аналізу, вибору і оптимізації структур системи сигналізації про пожежу та подібних ІУС на транспорті, створюють інформаційну базу для вирішення подібних завдань на всіх етапах життєвого циклу об'єктів нової техніки. Основним критерієм для оптимізації виступає максимізація ймовірності правильного виявлення та мінімізація ймовірностей помилкової тривоги і невиявлення.

Розроблено програму та алгоритм вибору оптимальної структури надійних ІУС з урахуванням реальних надійнісних характеристик датчиків ІУС сигналізації. Наведений аналіз інформаційних структур систем сигналізації про пожежу дозволяє обґрунтовано підійти до формування загальної структури системи, що задовольняє вимогам нормативно-технічних документів по експлуатації, і визначити оптимальні принципи розподілу потоків інформації між автоматикою і екіпажем.

Ключові слова: інформаційні технології, інформаційно-управляючі системи, достовірність інформації, система сигналізації про пожежу, оптимізація структур ІУС, надійність, безпека.

Abstract

Degtiarova A.O., Selection and optimization of reliable structure information control systems in transport. - The manuscript.

Thesis for Candidate of Technical Science degree in the specialty 05.13.06 "Information Technology" - National Transport University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to the actual scientific and technical problem of choice and optimization of reliable structure of information control systems in transport, with aim to increase the work efficiency of information control systems of fire alarm systems. The solution of the set tasks is offered with use of probabilistic and statistical methods of decision-making in special flight situations.

The analysis of the existing alarm information control systems are conducted and the main shortcomings are defined. Based on statistical analysis, it has been determined that the most dangerous types of fires are fires inside aircraft engines and titanium fires. The statistical share of fires among other aviation events is characterized by a significant value (to 12%), unfortunately, this share has stable character. It is shown that the aircraft fire alarm system is critical in terms of fault tolerance, reliability, flight safety and efficiency. Even the erroneous failure of fire alarm systems involves a change of flight plan and shutdown of the running engine, which causes loss of traction. Therefore, aircraft fires can be classified as complex events that can lead to accidents and catastrophes.

Information-mathematical models of information reliability increasing by means of parallel information redundancy of information-control systems are developed and it is shown that the method of parallel information redundancy significantly reduces the probability of non-detection of the situation and has little effect on reducing the probability of false alarm. To simultaneously reduce the probabilities of non-detection and false alarm, it is proposed to apply the principles of majority logic. Mathematical processing and schemes for selecting the components of the solution are carried out using the curriculum. Thus, for each combination of the number of sensors and the majority number, the choice of the component probabilities of correct detection, non-detection and false alarm is made.

A logical-mathematical model of aircraft engine fire detection on aircraft, algorithm and program for selection and optimization of localization structures and recognition of dangerous flight situations have been developed. Developed algorithm and programs for analysis, selection and optimization of fire alarm system structures and similar information and control systems in transport, create an information base for solving similar problems at all stages of the life cycle of new equipment. The main criterion for optimization is to maximize the probability of correct detection and minimize the probability of false alarms and non-detection.

The program and algorithm for selecting the optimal structure of reliable information and control systems, taking into account the real reliable characteristics of sensors of information and control alarm systems have been developed. The analysis of information structures of fire alarm systems allows to reasonably approach the formation of the overall structure of the system that meets the requirements of technical documentation for operation, and to determine the optimal principles of distribution of information flows between automation and crew.

Keywords: information technologies, information control systems, reliability of information, fire alarm system, optimization of ICS structures, reliability, security.