

Система діагностики та прогнозування зміни стану багатопараметричних об'єктів з метою видачі рекомендації на прикладі авіаційних комплектуючих виробів

Зміст

Галузі застосування систем діагностики та прогнозування стану

- Основні поняття та визначення
- Доцільність застосування систем діагностики та прогнозування стану
- Об'єкти діагностики та прогнозування

Збір та обробка даних для діагностування та прогнозування стану

- Стратегії експлуатації на прикладі авіаційного обладнання
- Джерела та способи збору інформації
- Обладнання збору інформації для діагностування та прогнозування стану авіаційних комплектуючих
- Упорядкування інформації
- Критерії діагностики та прогнозування авіаційних комплектуючих виробів на прикладі авіаційного двигуна
- Обробка та аналіз даних на прикладі авіаційного обладнання
- Приведення даних до загальних умов на прикладі авіаційного обладнання

Діагностування та прогнозування стану об'єкта

- Діагностичні моделі

- Прогнозування
- Прийняття рішення
- Прогнозування та прийняття рішень на прикладі авіаційного обладнання

Система діагностики та прогнозування

- Завдання системи
- Основні модулі системи
- Графічний інтерфейс користувача
- Приклади застосування

Система діагностики та прогнозування зміни стану багатопараметричних об'єктів з метою видачі рекомендації на прикладі авіаційних комплектуючих виробів

Зміст

Галузі застосування систем діагностики та прогнозування стану

- Основні поняття та визначення
- Доцільність застосування систем діагностики та прогнозування стану
- Об'єкти діагностики та прогнозування

Збір та обробка даних для діагностування та прогнозування стану

- Стратегії експлуатації на прикладі авіаційного обладнання
- Джерела та способи збору інформації
- Обладнання збору інформації для діагностування та прогнозування стану авіаційних комплектуючих
- Упорядкування інформації
- Критерії діагностики та прогнозування авіаційних комплектуючих виробів на прикладі авіаційного двигуна
- Обробка та аналіз даних на прикладі авіаційного обладнання
- Приведення даних до загальних умов на прикладі авіаційного обладнання

Діагностування та прогнозування стану об'єкта

- Діагностичні моделі

- Прогнозування
- Прийняття рішення
- Прогнозування та прийняття рішень на прикладі авіаційного обладнання

Система діагностики та прогнозування

- Завдання системи
- Основні модулі системи
- Графічний інтерфейс користувача
- Приклади застосування

Стратегії експлуатації на прикладі авіаційного обладнання

До авіаційного обладнання висуваються суворі вимоги що до строку та умов експлуатації, оскільки від цього залежать людські життя, а також наслідками виходу з ладу можуть бути значних матеріальних та фінансових збитків.

Традиційною стратегією експлуатації авіаційного обладнання є експлуатація за напрацюваннями. Експлуатація за напрацюваннями здійснюється у рамках:

- призначених ресурсів
- міжремонтних ресурсів
- гарантійних ресурсів
- календарного строку

Підрахунок напрацювань може вестись від:

- початку експлуатації
- останнього відновлення стану (ремонту)

Недоліками стратегії експлуатації за напрацюваннями є:

- необхідність заміни обладнання незалежно від його стану
- наявність запасного обладнання, що не експлуатується

Переваги:

- виробник дає гарантії справності обладнання та бере витрати у разі відмов
- експлуатант не несе відповідальності і не здійснює витрат у разі виконання умов експлуатації

У зв'язку з відносно високою вартістю авіаційного обладнання існує процедура, що дозволяє продовжити гарантійний строк. Після вичерпання гарантійного ресурсу експлуатант може звернутись до виробника за продовженням ресурсу. У разі продовження ресурсу виробник продовжує нести матеріальну відповідальність за надійність обладнання. Недоліком для експлуатанта є необхідність витрат на виконання процедури продовження ресурсу.

Оскільки від авіаційної техніки вимагається висока відмовостійкість, що досягається за рахунок багатократного резервування, для деяких вузлів системи можлива експлуатація

до відмови. Якщо дана стратегія експлуатації прийнята виробником, то експлуатант може мати гарантію на систему в цілому навіть при відмові деякого вузла. У цьому випадку при відмові системи в цілому виробник все ще несе матеріальну відповідальність за справність системи. Недоліком систем, що мають багатократне резервування є висока вартість і збільшення маси ПС, що погіршує економічність експлуатації (в тому числі зі збільшенням маси зростають витрати палива).

Також експлуатант може прийняти рішення користуватись обладнанням за його станом. У разі вичерпання гарантійного ресурсу виробник не несе жодної відповідальності. При наявності відповідного програмного, апаратного та методичного забезпечення користувач сам може визначати стан обладнання та приймати рішення про його експлуатацію, ремонт або заміну. Основною проблематикою експлуатації обладнання за його станом є достатність наявних засобів для оцінки стану.

Стратегії експлуатації	Особливості
По напрацюванням	Наявність призначеного, міжремонтного та гарантійного ресурсів та календарного строку експлуатації
З продовженням ресурсу	Продовження гарантії при дотриманні умов експлуатації
До відмови	Збереження працездатності системи завдяки багатократному резервуванню
За станом	Продовження експлуатації завдяки програмному, апаратному та методичному забезпеченню прогнозування стану

У сфері авіації одним з найбільш авторитетних рекомендаційним органів є International Civil Aviation Organization (ICAO). Оскільки стратегії експлуатації авіаційного обладнання впливають на безпеку польотів, це питання є одним з напрямків діяльності цієї організації.

Згідно з DOC 9935 ICAO пропонує використовувати підхід урахування ризиків та їх контроль. У документі пропонується застосовувати попереджувальні стратегії, що покликані

запобігати потенційні авіаційні події. Рекомендується забезпечити поширення критично важливої інформації в усьому міжнародному авіаційному співтоваристві та її використання для глобально узгоджених методів аналізу.

Також формується курс на впровадження безперервного моніторингу, що стало можливим з появою сучасних програмно-апаратних засобів і є важливим для сучасних стратегій експлуатації.

Джерела та способи збору інформації

Інформація — абстрактне поняття, що має різні значення залежно від галузі використання. У контексті збору та обробки даних з ціллю діагностики та прогнозування інформація — це нові відомості, які прийняті, зрозумілі і оцінені її користувачем як корисні.

Цінність інформації визначається за корисністю та здатністю її забезпечити суб'єкта необхідними умовами для досягнення ним поставленої мети.

Для коректного діагностування та прогнозування стану авіаційного обладнання інформація завжди має бути достовірною, актуальною та повною.

Достовірність — здатність інформації об'єктивно відображати процеси та явища, що відбуваються в навколишньому світі. Як правило достовірною вважається насамперед інформація, яка несе у собі безпомилкові та істинні дані. Під безпомилковістю слід розуміти дані які не мають, прихованих або випадкових помилок. Випадкові помилки в даних обумовлені, як правило, неумисними спотвореннями змісту людиною чи збоями технічних засобів при переробці даних в інформаційній системі. Тоді як під істинними слід розуміти дані зміст яких неможливо оскаржити або заперечити.

Актуальність — здатність інформації відповідати вимогам сьогодення (поточного часу або певного часового періоду).

Повнота інформації – це показник, який вказує на міру достатності отриманих даних для вирішення тієї чи іншої задачі.

Джерелами інформації для діагностування та прогнозування стану авіаційних комплектуючих можуть бути:

- бортові засоби реєстрації, що збирають та накопичують дані з бортових датчиків, звукову та відео обстановку на борту
- засоби реєстрації наземних систем спостереження за ПС
- зафіксована інформація від членів екіпажу, пасажирів ПС, персоналу служби наземного контролю
- дані супутникового спостереження.

Бортові засоби реєстрації (засоби об'єктивного контролю) та обробка накопиченої ними інформації є загально прийнятим та обов'язковим способом збору інформації про ПС.

Інформація з засоби об'єктивного контролю є у більшості випадків достовірною, актуальною та достатньо повною, отже це джерело інформації можна вважати достатнім для діагностування та прогнозування стану авіаційних комплектуючих.

Одним з типів засобів об'єктивного контролю є QAR (quick accessible recorder), який не є обов'язковим і встановлюється за бажанням експлуатанта, але є досить поширеним.

Необхідність застосування QAR спричинена вимогами, що постійно зростають, до надійності зберігання (додаткове сховище окрім FDR) ПИ (польотної інформації), її якості та об'єму (QAR може мати більший об'єм, ніж FDR), що викладені у Додатку 6 до конвенції ICAO.

QAR використовується як додаткове сховище ПИ, що записується паралельно до штатної системи бортової реєстрації. Можливість швидкого зняття інформації на переносні засоби зберігання та обробки ПИ для подальшої обробки та аналізу служить основою для реалізації переходу до безперервного моніторингу і впровадженню у міжнародній спільноті обміну інформацією, що рекомендується ICAO (Doc 9935).

Таким чином інформація, отримана з QAR, аналогічно до інформації з засобів об'єктивного контролю є достовірною, актуальною та достатньо повною і її можна застосовувати як джерело для діагностування та прогнозування стану авіаційних комплектуючих.

Обладнання збору інформації для діагностування та прогнозування стану авіаційних комплектуючих

Основним джерелом інформації діагностування та прогнозування стану авіаційних комплектуючих є засоби об'єктивного контролю.

Згідно правил об'єктивного контролю в державній авіації України, бортовий засіб об'єктивного контролю - будь-який самописний прилад, який встановлюється на борту повітряного судна для записування, накопичення і зберігання інформації про працездатність авіаційної техніки, дії екіпажу і використовується для відповідного контролю, а також як додаткове джерело інформації під час розслідування авіаційної події або інциденту.

Для діагностування та прогнозування важливу роль відіграє саме інформація з сенсорів (датчиків та сигналізаторів).

Датчики та сигналізатори - це засоби вимірювання, призначені для перетворення вимірюваної інформації у сигнал у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки та зберігання.

Відмінність між датчиками та сигналізаторами полягає у тому що сигналізатор призначений для реєстрації наявності або відсутності події, тобто може знаходитись лише у 2 станах: спокій, збурення. Датчик оцінює кількісну міру вимірюваної величини.

Датчики можна класифікувати за такими рисами:

- метод вимірювання
- вимірюваний параметру
- принцип дії
- характер вихідного сигналу
- середовище передачі сигналів
- кількість вхідних величин
- технологія виготовлення

Для реєстрації параметричної інформації можуть використовуватись датчики таких типів:

- тиску
- витрати
- рівня

- температури
- концентрації
- переміщення
- положення
- фото датчики
- кутового положення
- вібрації
- механічних величин
- вологості

Доставка інформації з датчиків та сигналізаторів до засоби об'єктивного контролю може здійснюватись декількома способами:

- безпосереднє підключення
- через розподільний щиток
- через шину даних
- через мережу

Безпосереднє підключення було характерним для перших самописців, коли кількість параметрів була незначною. Прикладом безпосереднього підключення є системи реєстрації на основі бароспідографа, де аналоговий сигнал висоти та швидкості безпосередньо на пристрій. Недоліком такого підходу є необхідність надлишкової, у порівнянні з іншими способами, кількості каналів зв'язку та роз'ємів.

Прикладом підключення через розподільний щиток є система збору інформації з самописцем МСРП - 12. У цьому випадку безпосереднє підключення встановлюється не з бортовим накопичувачем, а з розподільним щитком, який у свою чергу перетворює зібрану інформацію у послідовність сигналів на одному або декількох каналах, що заведені на накопичувач.

Шина даних та мережа - сучасний спосіб передачі інформації на бортовий накопичувач. Саме за таким принципом підключені усі сучасні бортові реєстратори. Ідея цього способу полягає у тому, що на борту прокладена мережа, до якої під'єднані приймачі та передавачі інформації. Кожен передавач за визначеним протоколом віщує інформацію в мережу, а будь-який приймач може прослухати і сприйняти необхідну інформацію. Відрізняються шина та мережа тим, що у шині кожен із елементів має лише 1 підключення, а у мережі деякі елементи можуть мати надлишкові підключення для спрямованого обміну даними. Для такого способу характерна більш висока складність у порівнянні з іншими способами та вища ціна обладнання і системи в цілому. Але величезною перевагою є спрощення системи комунікацій (а отже і маси ПС) і можливість отримання будь-яким обладнанням, під'єднаним до мережі будь-якої інформації з датчиків та сигналізаторів. Це значно спрощує встановлення додаткового обладнання і забезпечує сумісність пристроїв.

Упорядкування інформації

Інформації, що зібрана засобами об'єктивного контролю, для використання її у цілях діагностики та прогнозування, потребує упорядкування.

Перед упорядкуванням параметричної інформації слід виконати збір технічної та нормативної документації по ПС, що у майбутньому полегшить аналіз зібраних даних.

До технічної документації відноситься опис типу ПС (склад ПС, опис систем, місць установки і т. д.) До нормативно-правової - паспорт ПС, експлуатаційна документація з технологіями обслуговування та періодичністю їх виконання, директиви, бюлетені.

Зібрана параметрична інформація повинна асоціюватись з іншою інформацією по ПС (технічною та нормативною), супроводжуватись міткою часу збору та за можливістю інформацією про навколишнє середовище виконання польоту (метеоумовами).

Критерії діагностики та прогнозування авіаційних комплектуючих виробів на прикладі авіаційного двигуна

Оскільки основним джерелом інформації про стан ПС є засоби об'єктивного контролю, міжнародні авіаційні організації встановлюють певні вимоги до їх конструкції та даних, які вони мають накопичувати.

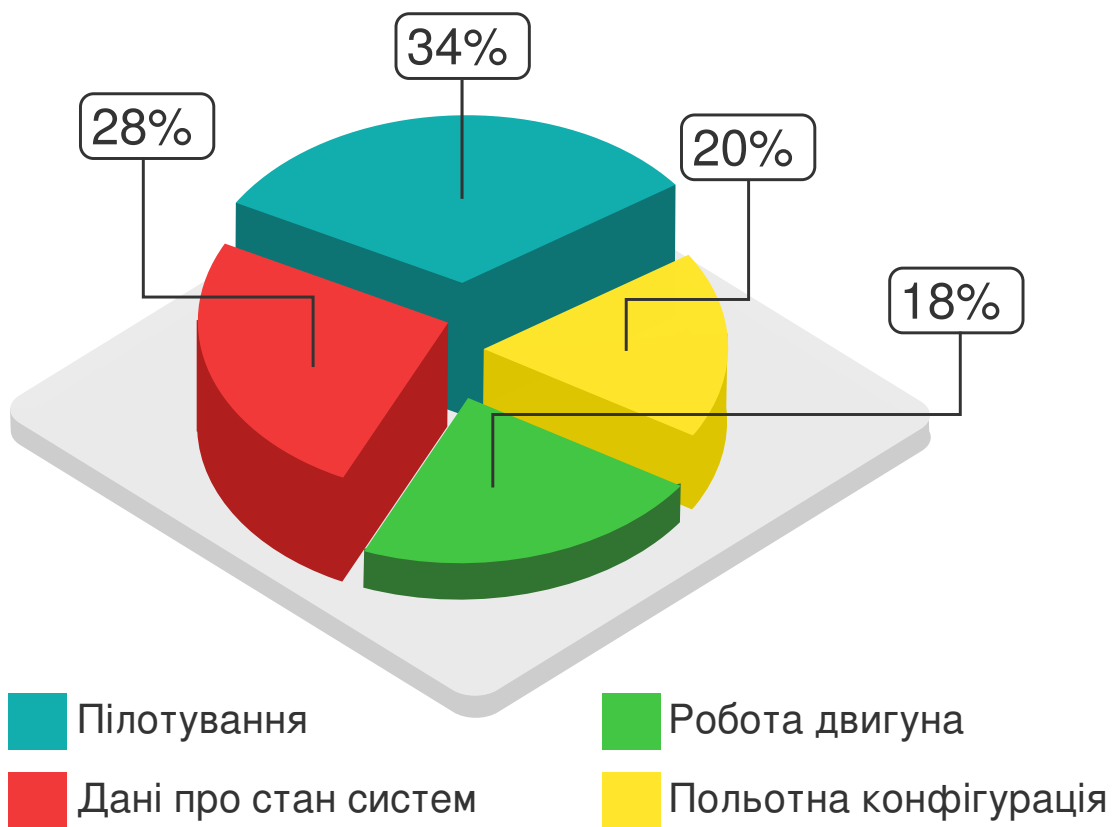
Одним з основних міжнародних документів, що регламентує вимоги до засобів об'єктивного контролю є додаток 6 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію (ICAO Annex 6).

В залежності типу повітряного судна (літак/гелікоптер) від максимальної сертифікованою злітної маси та дати видачі індивідуального посвідчення про придатність до польотів ICAO розділяє самописці на декілька типів. Аналізуючи перелік базового типу IA можна розділити усі параметри (включаючи не обов'язкові та враховуючи багатоцільове призначення деяких) на такі типи (перелік також можна застосувати для реєстраторів типу IVA, що розроблені для вертольотів):

- польотна конфігурація;
- пілотування;
- дані про двигуни;
- дані про стан систем (крім двигунів).

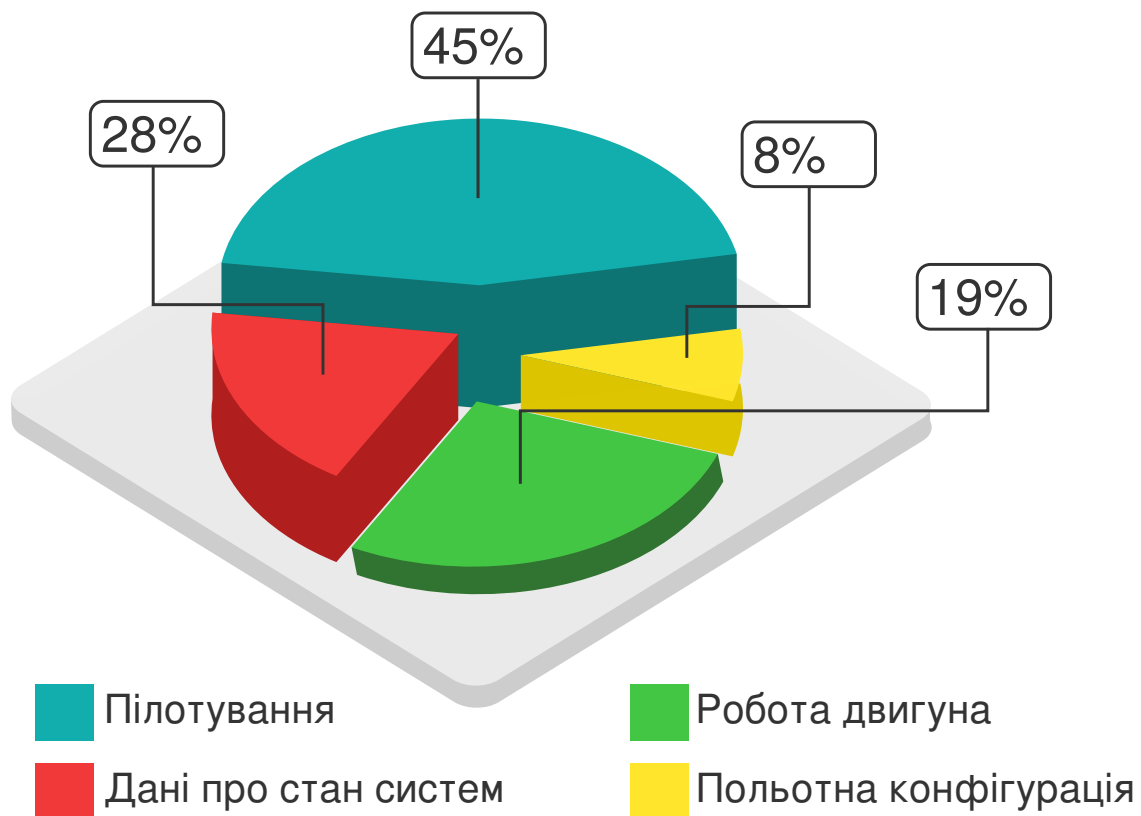
Підсумок кількості параметрів по групам для IA:

Група	Кількість	Відсоток
Польотна конфігурація	17	20
Пілотування	29	34
Робота двигуна	16	18
Дані про стан систем	24	28



Підсумок кількості параметрів по групах для IVA:

Група	Кількість	Відсоток
Польотна конфігурація	4	8
Пілотування	23	45
Робота двигуна	10	19
Дані про стан систем	14	28



Кількість та відсоток параметрів по групах для ІА не враховуючи не обов'язкові параметри:

Група	Кількість	Відсоток
Польотна конфігурація	1	5
Пілотування	10	48
Робота двигуна	3	14
Дані про стан систем	7	33

Кількість та відсоток параметрів по групах для ІVА не враховуючи не обов'язкові параметри:

Група	Кількість	Відсоток
Польотна конфігурація	0	0
Пілотування	11	58

Робота двигуна	4	21
Дані про стан систем	4	21

Отже ICAO рекомендує реєстрацію наступного переліку даних по роботі двигуна літака:

- барометрична висота;
- приборна швидкість та індикаторна повітряна швидкість;
- тяга / потужність двигунів: тяга / потужність кожного двигуна, що витрачається на поступальний рух;
- положення важеля реверсу тяги;
- температура зовнішнього повітря;
- кут атаки;
- додаткові параметри роботи двигуна (ступінь зростання тиску, кількість обертів N1, фактичний рівень вібрації, число обертів N2, температура вихлопних газів, витрата палива, положення важеля зупинки двигуна, кількість обертів N3);
- положення клапану забору повітря;
- задана зміна тяги;
- розрахункова тяга двигуна;
- сигналізація про вібрацію кожного двигуна;
- сигналізація про граничну температуру кожного двигуна;
- сигналізація про низький рівень мастил кожного двигуна;
- сигналізація про перевищення обертів кожного двигуна;
- положення перемикачів системи проти обмерзання постійної дії та системи проти обмерзання періодичної дії.

Причина вибору цих параметрів, як обов'язкових полягає у їх найвищій цінності при розборі авіаційної події, а отже і інформативності для діагностики та прогнозування.

Отже саме їх доцільно використовувати для діагностики та прогнозування стану цього авіаційного комплектуючого, адже розробляючи методику діагностики та прогнозування стану на основі цього переліку, можна, у деякій мірі, розраховувати на її застосовність до будь-якого ВС, який відповідає вимогам ICAO щодо оснащення засобами об'єктивного контролю.

Вибір критеріїв для діагностики та прогнозування не є тривіальним завданням і для будь-якого авіаційного комплектуючого має виконуватись індивідуально на основі моніторингу та експертної оцінки. З іншого боку збір надмірної кількості критеріїв та їх моніторинг ускладнює та здорожчує процес, тому цього теж слід уникати. При виборі параметрів та їх кількості слід керуватись принципом розумної достатності.