

FAILURE RATE ANALYSIS IN AIRCRAFT MAINTENANCE PROCEDURES

ANALÝZA INTENZITY PORÚCH V POSTUPOCH ÚDRŽBY LIETADIEL

Martin Bugaj
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
martin.bugaj@fpedas.uniza.sk

Pavol Pecho
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
pavol.pechoj@fpedas.uniza.sk

Michal Janovec
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
michal.janovec@fpedas.uniza.sk

Abstract

An aircraft is a complex object composed of many complicated and interrelated parts, components and systems. Reliability of all parts and systems is very important to aircraft because operation of aircraft can affect flight safe directly. Aircraft failure rate is an important parameter of aircraft operation to maintain the effective level of reliability. The failure rate is the probability of failure at a point in time. When a part, component or system is not functional it can be upgraded through replacement or repair, and the condition of the aircraft is restored to some degree. We can defined several approaches to aircraft maintenance. There are maintenance can be based on condition, which is, items are repaired when they fail. Failure during operation can have serious consequences, so detection of items with a high probability of failure through periodic inspection is a major component of maintenance. This paper analyses how we can define the aircraft failure rate and its impact on operational reliability of aircraft.

Keywords

Failure rate, Reliability, Aircraft Maintenance, Safety.

1. Úvod

Zaistenie bezpečnej prevádzky a spoľahlivosti lietadlovej techniky priamo závisí od úrovne jej prevádzkovej spoľahlivosti, čo priamo súvisí s kvalitou systému údržby lietadlového parku, ale aj kvalitou technického personálu. Tento článok sa zaoberá práve riešením otázok spoľahlivosti lietadlovej techniky. Priebežné vyhodnocovanie kvantitatívnych ukazovateľov spoľahlivosti je v letectve nevyhnutnou a životne dôležitou podmienkou. Lietadlo po zaradení do prevádzky vyžaduje odbornú starostlivosť, pretože je určitým spôsobom opotrebovávaná a dochádza k následnej degradácii. Na zaistenie a prípravu lietadlovej techniky na výkon svojej funkcie je dôležitá technická údržba. To znamená, že jej úlohou je aj zaistenie vysokej úrovne spoľahlivosti lietadlovej techniky v prevádzke. Riešenie otázok spoľahlivosti pomáha priaznivo ovplyvňovať metódy údržby lietadlovej techniky. Z toho dôvodu je potrebné čo najefektívnejšie realizovať zber informácií exaktne špecifikované príslušným predpisom.

Jedným z faktorov pre zaistenie bezpečnosti leteckej prevádzky je sledovanie a udržiavanie požadovanej spôsobilosti lietadiel, čo priamo závisí od úrovne jej prevádzkovej spoľahlivosti. Negatívna zmena prevádzkových parametrov a s tým spojené znižovanie spoľahlivosti dopravného prostriedku - lietadla vyvoláva potrebu čiastočného alebo úplného obnovovania parametrov a samozrejme v procese prevádzky znižovania opotrebovania na čo najnižšiu možnú mieru. A práve tieto úlohy musí zabezpečovať systém technickej údržby a opráv, ktorý je nenahraditeľnou súčasťou prevádzky lietadlovej techniky. Kvalita systému technickej údržby priamo ovplyvňuje stupeň využitia týchto prostriedkov, spoľahlivosť, bezpečnosť a ekonomickú efektívnosť. Leteckí odborníci na sa dlhodobo zaoberajú problémom hľadania a zavádzania efektívnych programov technickej obsluhy, údržby a opráv lietadlovej techniky. Aktuálnosť tohoto problému vzrástla hlavne za

posledné roky. Je to spôsobené tým, že zvyšovanie zložitosti konštrukcie lietadlovej techniky, požiadaviek na bezpečnosť a pravidelnosť letov významne zvyšuje náklady na vývoj a výrobu lietadiel, pohonných jednotiek, vybavenia, a tak isto aj samotné náklady na vykonávanie údržbového procesu.

2. Analýza riešenej problematiky

2.1. Systém údržby ako súčasť prevádzkovej spoľahlivosti

Účelom systému údržby je aktívne riadenie technického stavu lietadiel počas ich prevádzky, ktorý umožňuje zabezpečiť legislatívnu úroveň spoľahlivosti k plneniu úlohy, prevádzkyschopnosť, minimálne časové straty a minimálne vynaložené náklady na údržbu a prípadné opravy.

Prevádzková spoľahlivosť je jedným z najdôležitejších znakov kvality výrobku a vyjadruje jeho schopnosť zachovať funkčné vlastnosti v danom čase v určených prevádzkových podmienkach. Hypoteticky možno dosiahnuť neobmedzene vysokú spoľahlivosť, ale pri neprimerane vysokých obstarávacích nákladoch. Treba preto hľadať optimum spoľahlivosti vzhľadom na celkové náklady (Novák & Žáčik, 2016). V letectve sú samozrejme prvoradé aspekty bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky lietadiel, no v súčasnej dobe sú nemenej dôležité aj ekonomické aspekty. Z toho dôvodu je potrebné pri zabezpečení spoľahlivosti rôznych systémov a podsystemov brať do úvahy aj sekundárne dopady leteckej prevádzky (Novák Sedláčková et al., 2018).

2.2. Prístupy v systéme údržby lietadiel

Jedným zo základných predpokladov teórie údržby vždy bolo, že existuje blízky vzťah príčiny a následku medzi plánovanou údržbou a prevádzkovou spoľahlivosťou. Tento predpoklad bol založený na intuitívnom presvedčení, pretože mechanické časti sa opotrebovávajú a spoľahlivosť ktoréhokoľvek zariadenia je priamo súvisiaca s prevádzkovým vekom. Preto sa riadilo tým, že

čím frekventovanejšie bolo zariadenie dôkladne skontrolované, tým lepšie bolo chránené proti pravdepodobnosti, že sa vyskytne porucha (Škultéty et al., 2018). Jediným problémom bolo stanovenie hraničnej hodnoty veku potrebného k zaisteniu spoľahlivej prevádzky. Preto bolo nevyhnutné zavádzať nové moderné prístupy k údržbe využitím rôznych prístupov, ako systémových, technických, technologických a organizačných postupov (Pecho & Bugaj, 2018). V súčasnosti existujú široké možnosti sledovania prevádzkovej spoľahlivosti v systémoch údržby lietadiel.

3. Modely údržbových procesov

3.1. Systémy údržby lietadiel

V súčasnej dobe sa najčastejšie stretávame s týmito metódami systémov údržby:

I. Údržba na základe pevne stanovených časových intervalov - je účelná len v prípade, ak je možné jednoznačne popísať mechanizmus vzniku poruchy ako funkciu času. Aj napriek tomu, že podľa najnovšieho stavu poznatkov a skúsenosti metóda nie je vhodná pre komplexné a zložité zariadenia, kde je časovo náročná výmena jednotlivých častí, používa sa predovšetkým tam, kde nie je možné definovať mechanizmus opotrebovania technického objektu. Spomínaný spôsob údržby je síce dostatočne bezpečný a spoľahlivý, ale nákladný.

II. Údržba na základe skutočného technického stavu zariadenia - Za predpokladu, že sú známe parametre mechanizmu vzniku poškodenia technického zariadenia je možné pomocou prognostických metód stanoviť správny moment pre realizovanie plánovaného technického prestoja za účelom vykonania potrebných údržbárskych činností. Počet porúch je možné pomocou zavedenie údržby na základe skutočného technického stavu a metódy diagnostikovania zariadenia podstatne znížiť, t.j. je možné splniť kritérium „dosiahnutia maximálnej životnosti objektu pri minimalizácii ekonomických strát v dôsledku vzniku poruchy“. Hlavným problémom tohto princípu je nájsť vhodné prostriedky pre diagnostiku reálneho stavu konkrétneho agregátu a správne určiť situáciu, kedy je potrebné a účelne vykonať jeho údržbu.

III. Údržba po poruche - metóda sa nepoužíva len vtedy, keď dôjde k poruche zariadenia, ale aj vtedy, keď sa objavia príznaky poškodenia objektu napr. existencia únavovej trhliny na konštrukcii, ktoré nie sú v rozmedzí dovolených hodnôt. Hlavná výhoda tejto metódy sú predovšetkým nízke náklady na údržbu, avšak použitie tejto metódy je možné len u takých zariadení, ktorých porucha nespôsobí ďalšie vážnejšie poruchy a prestoje.

IV. Úprava vlastnej konštrukcie - vylúčenie príčiny vzniku negatívneho javu formou preventívnych postupov. Vysoké straty, spôsobené poruchou zariadenia sú určujúcou veličinou pre rozsah a obsah konštrukčných zmien. Pri tomto postupe je však nutné vykonať podrobné analýzy ekonomickej efektívnosti vykonaných úprav vzhľadom na možnosť výhodnejšieho nákupu nového zariadenia a je potrebné prihliadať na bezpečnostné a prevádzkové predpisy.

3.2. Modely porúch

Zmena technického stavu objektu je objektívny proces, ktorý sa tvorí pod vplyvom širokého spektra prevádzkových faktorov a predstavuje v čase postupnú následnosť bezporuchových, poruchových ale prevádzkyschopných a prevádzky neschopných stavov. (Čerňan et al., 2019). Pre množinu rovnakých objektov zmeny parametra η v čase vytvárajú náhodnú funkciu $\eta(t)$. Porucha objektu nastáva v momente T , kedy sa pretína proces realizácie $\eta(t)$ s medznou úrovňou η^{**} . Vtedy pravdepodobnosť poruchy $Q(t)$ za čas t bude rovná pravdepodobnosti, že:

$$\eta(t) > \eta^{**} \quad (1)$$

$$Q(t) = P\{T < t\} = P\{\eta(T) > \eta^{**}\} \quad (2)$$

a pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky v čase:

$$R(t) = P\{T > t\} = P\{\eta(T) < \eta^{**}\} \quad (3)$$

Pre hustotu rozdelenia doby bezporuchovej činnosti $f(t)$ a prípustnú pravdepodobnosť poruchy Q_p určeného časového intervalu do opravy T_p sa vyjadruje zo vzťahu:

$$Q_p \geq \int_0^{T_p} f(t) dt \quad (4)$$

Vtedy stredná doba M do výmeny objektu a uplynutí určeného časového intervalu do opravy a za predpokladu výmeny objektov po poruche:

$$M = \int_0^{T_p} R(t) dt \quad (5)$$

V prípade, že vymeníme všetky objekty po poruche, je určený stredný časový interval do opravy:

$$T_{SR} = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (6)$$

Teda absolútna veličina strednej doby nevyčerpaného určeného časového intervalu do opravy pri výmene objektu po vyčerpaní životnosti:

$$\Delta T = T_{SR} - M = \int_{T_p}^{\infty} R(t) dt \quad (7)$$

Potom pomerná veličina strednej doby nevyužitia určeného časového intervalu do opravy:

$$\rho = \frac{\Delta T}{T_{SR}} = \frac{\int_{T_p}^{\infty} R(t) dt}{\int_0^{\infty} R(t) dt} \quad (8)$$

Pokiaľ využijeme vzťah z teórie pravdepodobnosti:

$$\rho = (t_{\alpha}\sigma) / T_{SR} = t_{\alpha}V(T) \quad (9)$$

kde

σ - stredná kvadratická odchýlka,

$V(T)$ - variačný koeficient,

t_{α} - kvantil rozdelenia.

Rozsah zmeny variačného koeficienta je pre normálne rozdelenie:

$V(T) = 0,1 - 0,3$ preto $\rho = 3 (0,1 - 0,3) = 0,3 - 0,9$, $\Delta T = \rho \cdot T_{SR} = (0,3 - 0,9) T_{SR}$. Preto využitie metódy výmeny objektov po skončení určeného časového intervalu do opravy pri vysokých požiadavkách na ich bezporuchovosť má za následok významné nevyužitie individuálnych určeného časového intervalu do opravy u väčšiny objektov. Určenie relevantných charakteristík spoľahlivosti lietadlovej techniky v prevádzke je nevyhnutnou podmienkou na posúdenie výslednej úrovne bezpečnosti. (Novák, et al., 2017).

4. Záver

Hlavným účelom systému údržby je riadenie technického stavu lietadlovej techniky počas ich prevádzky, ktoré umožňuje zabezpečiť požadovanú úroveň spoľahlivosti k plneniu úloh, prevádzkyschopnosť, minimálne časové straty a minimálne vynaložené náklady a úsilie na údržbu a opravy. Prevádzková spoľahlivosť je jedným z najdôležitejších znakov kvality. Vyjadruje jeho schopnosť zachovať funkčné vlastnosti v danom čase v určených prevádzkových podmienkach. Hypoteticky možno dosiahnuť neobmedzene vysokú spoľahlivosť, ale pri neprimerane vysokých obstarávacích a prevádzkových nákladoch. Je potrebné preto stanoviť optimum spoľahlivosti vzhľadom na celkové náklady na prevádzku lietadiel. Na určenie úrovne prevádzkovej spoľahlivosti je nutné priebežne analyzovať získané dáta z vlastnej letovej prevádzky a následne ich spracovať, aby boli splnené príslušné požiadavky, ktoré sú určené autoritatívne predpisom. Po následnej analýze získaných informácií z prevádzky (napr. parametre poruchovosti) môžeme zefektívniť systém technickej údržby lietadiel. Dôležitou osobitosťou stratégie údržby a opráv kontrolou úrovne spoľahlivosti je jej výskumné smerovanie, ktoré orientuje letecké spoločnosti k pravdivému ohodnoteniu vhodnosti lietadla k bezpečnej a ekonomickej prevádzke. Na základe získaných ohodnotení sa uskutočňuje pre túto stratégiu jediný spôsob riadenia spoľahlivosti cestou realizácie opatrení pôsobiacich na celý park prevádzkovaných lietadiel daného typu.

Uplatnenie stratégie údržby kontrolou úrovne spoľahlivosti výrobkov sa musí vykonať s uvažovaním ich prevádzkových vlastností, charakteristík spoľahlivosti a tiež reálnych možností splnenia vyššie uvedených cieľov.

Referencie

Čerňan et al., J., 2019. Fatigue stress analysis of the DV-2 engine turbine disk. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Issue 4, pp. 708-716.

Novák Sedláčková et al., A., 2018. Continual Monitoring of Precision of Aerial Transport Object. s.l., s.n., pp. 30-35.

Novák, A., Janovec, M. & Havel, K., 2017. Measuring and testing the instrument landing system at the airport Zilina. Hainburg, Elsevier, pp. 117-126.

Novák, A. & Žáčik, N., 2016. Traditional promotion activities. TTS - Technika Transportu Szynowego, Issue 12.

Pecho, P. & Bugaj, M., 2018. Vibration fault detection of fuel pump using Recurrence Quantification Analysis. s.l., Hamburg Elsevier, pp. 279-286.

Škultéty et al., F., 2018. Pre-flight inspections of aircraft emergency equipment via RFID. s.l., Hamburg Elsevier, pp. 279-286.