

THE TECHNICAL EXPERTISE OF A MGB-MAIN GEAR BOX FOR AVIATION SYSTEM, TO ENSURE SAFETY CONDITION

Dr. ing. Euring Dragoș POPA

¹ SETEC-AGIR, București, România

REZUMAT. Lucrarea va descrie aspecte privind utilizarea și comportamentul sateliților din reductorul epicicloidă, utilizați la construcția cutiilor de transmisie principale utilizate în Industria aeronautică. Se va face o scurtă prezentare a contextului/accidentului ce a generat expertiza tehnică conform legislației internaționale în domeniul aeronautic, vor fi prezentați anumiți factori declanșatori importanți precum și măsuri pentru eliminarea sau diminuarea efectelor negative pentru utilizatorii de aeronave dotate cu un anumit tip de MGB.

Cuvinte cheie: sateliți, cutie de transmisie principală, aeronautică.

ABSTRACT. The paper will describe aspects related to the use and behaviour of satellites from epicycloidal reductor from MGB. A brief presentation of aircraft accident which has become the subject of international technical expertise, a brief presentation of trigger factors as well as measures to eliminate or mitigate adverse effects for the aircraft operators with the same type of MGB, will be assessed.

Keywords: satellites, main gearbox, aeronautics.

1. INTRODUCERE

Expertiza tehnică la noi în țară referitoare la modul de mentenanță și asigurarea condițiilor de safety pentru exploatarea cutiilor de transmisie de pe elicoptere, este reprezentată de cultura organizațională a operatorilor aerieni și a organizațiilor de întreținere precum și de către producătorul și/sau reparatorul elicopterului și/sau echipamentelor sale ca furnizor de documentație tehnică primară, obligatorie de aplicat.

Principalele etape ale expertizei tehnice nr.1:

1.1. Scopul. Identificarea cauzei producerii particulelor metalice la cutia de transmisie principală CTP/MGB, a unui aparat de zbor.

1.2. Obiectivele expertizei:

A. Identificarea naturii particulelor și a pieselor de proveniență

B. Identificarea cauzei producerii particulelor; posibilitatea uzurii accelerate a unui component al cutiei datorită unor suprasolicități, neprevăzute sau nesemnificate

C. Propuneri de remediere

D. Întrebarea care se pune este de ce uzura avansată se pronunță pe partea stângă dacă toate elementele în mișcare și forțele aplicate sunt teoretic simetrice?

1.3. Date identificare CTP/MGB și aeronava:

- Referință, serie:

- Data fabricației, fabricant:
- Ore funcționare de la punerea în serviciu:
- Data RG, ore funcționare de la ultima reparație capitală, cine a efectuat RG:
- Ore funcționare de la ultimul defect major
- Număr total defecte consemnate
- Număr defecte în ultimul an, de la ultima reparație capitală
- Operatorii aeronavei
- Operatorii de mentenanță ai cutiei de transmisie
- Documentația tehnică de însoțire a acestora

1.4. Conflict de interese, asigurare expert

1.5. Baza de expertizare, tipul și definiția valorii

1.6. Situația juridică

1.7. Identificarea activelor și localizarea lor

1.8. Cadrul de reglementare

1.9. Ipoteze speciale și condiții limitative

1.10. Conformarea cu standard specific

1.11. Aplicarea metodelor de evaluare, justificarea acestora

1.12. Surse de informații utilizate, actualitatea și credibilitatea

1.13. Valoarea estimată, opinia și concluziile expertului

1.14. Declarația și semnătura expertului

2. CONTROLUL APARIȚIEI PARTICULELOR METALICE – PROCEDURA REGLEMENTATĂ

Conform procedurilor din practicile de intretinere reglementate aeronautic sunt doua metode de supraveghere in exploatarea cutiilor de transmisie:

- ASH-analiza spectrometrica a uleiului. Efectuata de catre laborator acreditat, prezinta tipul de particule, concentratia in ppm

Verificarea periodica a busoanelor magnetice si a filtrului, efectuata de catre operatorul de mentenanta. **rocedura reglementata de analiza a particulelor din cutiile de transmisie ale aero**

navelor – mod de aplicare. Se poate verifica modul in care au fost respectate precizarile procedurii, comparand documentele tehnice de aplicare cu informatiile obtinute de la specialisti si cu documentatia de mai jos.

In procedura de mai jos, se precizeaza ca daca particulele magnetice recoltate fac parte din materialele de mai jos – conform tabelului – atunci cutia de transmisie se trimite la reparatorul autorizat.

Se intocmesc rapoarte de incercari referitoare la analizele de material, dimensionale si spectrometrice ale cutiei de transmisie expertizate, efectuate la cel putin 2 laboratoare acreditate. Identificare materiale din care sunt particulele magnetice pentru a se incadra in criteriile de demontare.

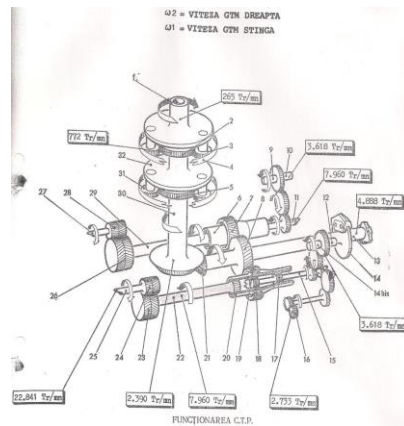
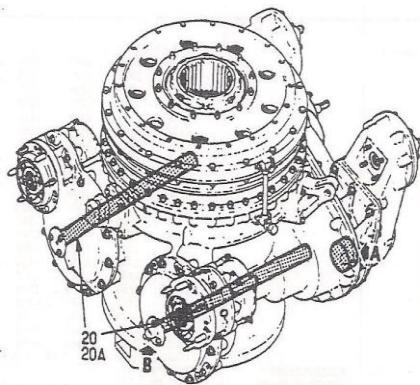


Fig. 1. Cutie de transmisie principal si schema cinematica.



Fig. 2. Verificare filtru ulei si buson magnetic.

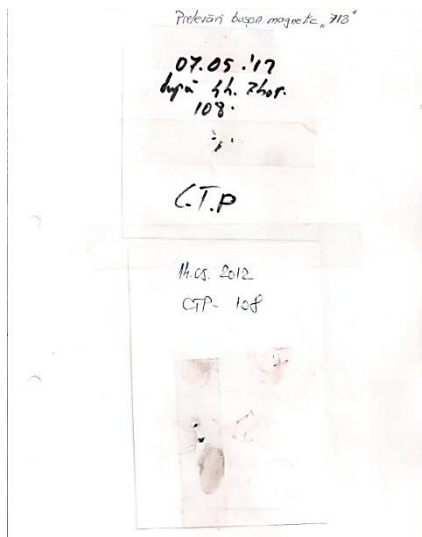
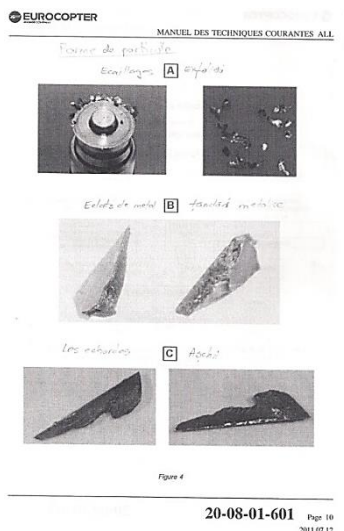


Fig. 3. Verificare particule metalice.



Fig. 4. Tabel cu materiale demontabile.



Fig. 5. Raport metalografic și demontare cutie.



Fig. 6. Piese defecte.

3. RASPUNSUL LA OBIECTIVELE EXPERTIZEI TEHNICE NR. 1

Obiectivul 1 Raspuns - Identificare natura particule: Analizele au fost efectuate de 2 laboratoare interne si unul extern, SPECTRO si au fost identificate: 1. exfolieri; 2. tandari metalice; 3. particule de uzura. conf. pct. 2.2. lit. a, b, g din MTC 22.08.01.601.

S-au stabilit obiectiv:

- Natura materialelor: oțel cu proprietati magnetice, Ni in compozitie;
- Suprafata totala > 50 mm²;

- Sectiunea cea mai mare >0,4 mm;
- Lungimea particulei celei mai mari > 6 mm;
- Suprafata particulei celei mai mari > 10 mm²;
- Numar total de particule > 20.

Obiectivul 2 Raspuns – Identificare cauze producere particule: Aceste verificari sunt consemnate in lista cu lucrarile efectuate periodic si verificate atat de Operator cat si de Companie. Concluzia indubitabila este ca fenomenul este de natura repetitiva si se impune demontarea si trimiterea cutiei la un reparator autorizat. Nuse reliefeaza elemente determinante pentru uzura avansata si nici solicitari anormale.

Obiectivul 3 Raspuns - Concluziile expertului:

a) In urma studiului de piata propunem reparatia echipamentului prin inlocuirea conform procedurii SE standard exchange a celor 3 piese defecte, la reparatorul autorizat.

b) Achizitia pieselor: xxx.000 Euro. Remontarea cutiei si probele pe banc: xx.000 Euro. Transport si montare pe aeronava: x.000 Euro.

d) Aplicarea procedurii SE reduce pierderile prin diminuarea timpului de indisponibilizare a aeronavei, Se tine cont ca piesele inlocuite sa asigure timpul ramas pana la reparatia capitala a cutiei de transmisie.

Obiectivul 4 Raspuns – Opinia expertului: In urma studiului flotei in exploatare, pornirea repetata cu motorul 1 ar putea fi cauza, cea mai probabila. Problema specifica despre care constructorul CTP recomanda a se tine seama. Prima pornire prezinta momentul mecanic cel mai important. Suma lor poate deveni semnificativa.

Expertiza a fost finalizata cu predarea Raportului de expertiza agreat de semnatori, dupa care s-au efectuat lucrarile corespunzatoare la cutia de transmisie si aceasta a fost repusa in exploatare pe aeronava.

4. EXPERTIZA TEHNICA NR. 2 IN CONDITII SIMILARE

Dupa 2 ani de zile se reiau etapele unei noi expertize, ca urmare aparitiei de noi particule metalice, cu pasii precizati anteriori.

Dupa demontarea cutiei de transmisie si analiza tuturor elementelor amintite mai sus s-a constatat ca particulele proveneau de la o bila a unui satelit al reductorului epicicloid, lucru prezentat pe scurt in imaginile de mai jos.

Concluzii in urma celei de a doua expertize tehnice:

1. Se inlocuiesc toti satelittii treapta 1 + treapta 2, ai reductorului epicicloid (expertiza tehnica si analiza resurselor);



Fig. 7. Imagini cu demontarea cutiei, sateliti si bila sateliti.

2. Se introduce verificarea satelitilor la RG a CTP;

3. Se constata ca urmarirea corecta in exploatare a CTP (prin ASH, filtru CTP, buson magnetic, determinare forma, dimensiuni, material particule, fund CTP, conf. MI) Verificarile tehnice sunt conforme cu prevederile regulilor de mentenanta prevazute in Manualul de Tehnici Curente 20.08.01. pag 601 pune in evidenta uzura din interiorul CTP si prin masurile impuse se mentin conditiile de siguranta a zborului;

4. Estima costuri- Achizitia: pieselor xxx.000 Euro. Remontarea cutiei si probele pe banc: xx.000 Euro. Transport si montare pe aeronava: x.000 Euro.

5. Obligatoriu respectarea MI si MZ referitor la modul de abordare si tratare a unui simptom, de la **obligatia** descrierii clare si contextuala de catre echipajul de zbor pana la abordarea prudenta a masurilor de mentenanta de catre echipa tehnica

6. Efectuarea unui program de verificare de la 3-5 ore de zbor a aeronavei, dupa asamblarea si montarea CTP-ului.

5. EXPERTIZA TEHNICA SIMILAA PE PLAN INTERNATIONAL, CA URMARE A UNUI ACCIDENT DE AVIATIE

De la AIBN - pe 29 aprilie 2016, rotorul principal a fost detașat brusc dintr-un Airbus Helicopters EC 225 LP, operat de CHC Helikopter Service AS, de la o platforma maritima Gullfaks B din Marea Nordului până la Aeroportul Bergen Flesland, Norvegia. Zborul accidental a fost normal până când rotorul principal a fost separat. Elicopterul tocmai coborase de la 3000 ft și a fost stabilizat în zbor de croazieră la 140 kt și 2.000 ft, timp de aproximativ două minute, când rotorul principal sa desprins. Nu au existat avertismente înainte ca zgomotul mecanic să fi fost înregistrat pe dispozitivul de înregistrare combinată a vocii și a datelor de zbor imediat înainte ca rotorul să fie separat. Elicopterul a lovit o insulă mică de la est de Turøy. Toate cele 13 persoane de la bord au pierit. Ancheta a arătat că accidentul a fost rezultatul unei fracturi de oboseală în una din cele opt

trepte planetare din stadiul doi din modulul epiciclic al cutiei de transmisie principale. Oboseala a avut originea în cursa exterioră superioară a rulmentului (în interiorul angrenajului), propagând spre dinții roților dințate. Inițierea fisurii pare a fi o microgroapa de suprafață. În orice caz, motivul pentru formarea microstructurii și mecanismele de conducere care stau la baza nu sunt în prezent înțelese, adică cum și de ce fisurile au continuat să crească sub suprafață. În timpul anchetei nu au fost dezvăluite aspecte legate de conformitatea materială sau discrepanțe în procesul de fabricație. Cutia de transmisie principală a rotorului a fost implicată într-un accident rutier în timpul transportului în 2015. A fost inspectată, reparată și eliberată pentru zbor de către producătorul de elicoptere Airbus Helicopters. A fost instalat pe elicopter în ianuarie 2016, cu 260 de ore de zbor înainte de accident. AIBN nu a găsit nici o dovadă fizică care să poată conecta accidentul de transport la sol la inițierea și creșterea ulterioară a fisurilor de oboseală din treapta a doua a reductorului. Modul de defecțiune observat la acest accident, inițierea fisurii și propagarea cu împrăștiere limitată, pare să difere de ceea ce se aștepta sau se prevedea în timpul proiectării și certificării cutiei de transmisie principale. Fractura propagată într-un mod care este puțin probabil să fie detectat de procedurile de întreținere și de sistemele de monitorizare montate pe elicopter în momentul accidentului. Procesul de certificare și specificațiile de certificare pentru aeronavele cu rotor mare, legate de eșecul catastrofal și cerințele privind barierele de siguranță, vor face obiectul unei investigații ulterioare - AIBN, Consiliul de Investigare a Accidentelor din Norvegia.

5.1. Caz asemanator. Ancheta a arătat că acest accident are asemănări clare cu un accident AS 332 L2 în largul coastei Scoției în 2009 (G-REDL). G-REDL avea o cutie de transmisie aproape identică cu cea instalată în primul caz. În ambele accidente, una din cele opt trepte planetare din modulul epiciclic a fost fracturată ca rezultat al oboselei. Cu toate acestea, în cazul G-REDL a existat un avertisment privind posibilele fracturi de angrenaj, în timp ce în acest accident nu a existat niciun avertisment în avans (LN-OJF). În cazul G-REDL, originea crack-ului se afla

într-o secțiune a unelei eșuate care nu a fost recuperată. Raportul G-REDL a prezentat o predicție a modelului de stres de creștere a fisurii în secțiunea lipsă a echipamentului planetar. Calea de propagare a fisurilor în treapta planetară din a doua treaptă recuperată în acest accident (LN-OJF) pare a fi foarte asemănătoare cu creșterea estimată a fisurilor în G-REDL. AIBN va continua ancheta asupra modului și a motivelor pentru care două accidente catastrofale similare s-ar putea întâmpla în apropierea elicopterelor identice, la doar șapte ani. Evaluarea ulterioară a acțiunilor ulterioare privind recomandările de siguranță G-REDL și menținerea navigabilității cutiei de viteze după 2009 reprezintă o problemă relevantă.

Datorită domeniului de aplicare și complexității investigației, nu este posibilă estimarea unei date de finalizare a raportului final. Ancheta va continua la un nivel ridicat de activitate.

5.2. Ancheta în situația accidentului culege și prezintă date relevante despre:

- 1.1 Istoria zborului;
- 1.2 Vătămări corporale;
- 1.3 Deteriorarea aeronavei;
- 1.4 Alte daune;
- 1.5 Informații despre personal;
- 1.6 Informații despre aeronave ;
- 1.7 Informații meteorologice;
- 1.8 Ajutoare pentru navigație;
- 1.9 Comunicații;
- 1.10 Informații privind aerodromurile;
- 1.11 Înregistratoare de zbor;
- 1.12 Informațiile privind locul accidentului și informațiile privind epavele;
- 1.13 Informații medicale și patologice;
- 1.14 Focul;
- 1.15 Aspecte de supraviețuire;
- 1.16 Teste și cercetări;
- 1.17 Informații organizaționale și de management;
- 1.18 Informații suplimentare;
- 1.19 Tehnici de investigare utile sau eficiente.

5.3. Cateva concluzii:

1. Nu există nici un indiciu că aceste particule oferă informații utile altele decât observațiile făcute din fișa de analiza a particulelor magnetice. Există două configurații ale angrenajului planetar în cadrul tipului principal. Analiza profundă a datelor de proiectare și de service a arătat că o configurație are niveluri mai ridicate ale tensiunilor de operare care conduc la evenimente mai frecvente de rupere, asociate cu oboseala de contact prin rulare, în timp ce cealaltă prezintă un comportament mai bun de fiabilitate. Prin limitarea modelului de tip la configurația roților dințate cu niveluri mai scăzute de tensiune și o mai bună fiabilitate și specificând o limită de viață redusă, combinate cu proceduri mai eficiente de monitorizare a deșeurilor de ulei și alte

controale operaționale, se poate restabili un nivel acceptabil de siguranță

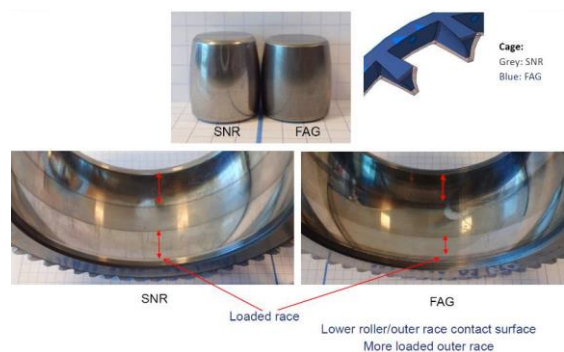


Fig. 8. Diferența dintre sateliți de tip SNR și FAG referitor la urmele lasate pe camasa exterioră a lagarului.
Source: Airbus Helicopters.

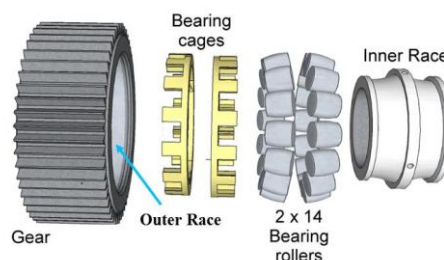


Fig. 9. Configurația unui satelit.
Source: Adaptat după raportul AAIB / G-REDL.



Fig. 9. Portsatelitul cu cei opt sateliți ai etajului al doilea al reductorului, vedere de jos. Foto: AIBN.

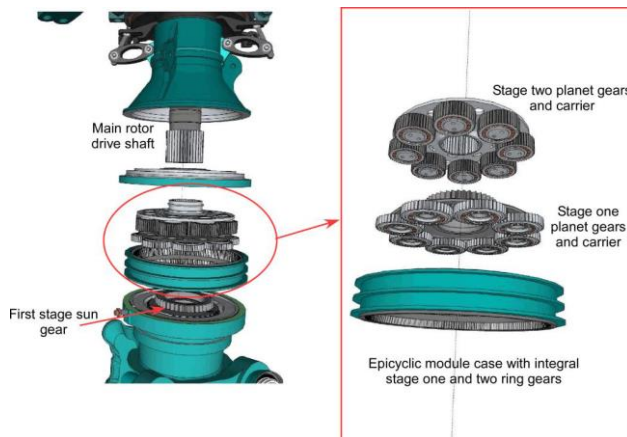


Fig. 10. Reductorul epicicloid al cutiei de transmisie principală.
Source: Airbus Helicopters.

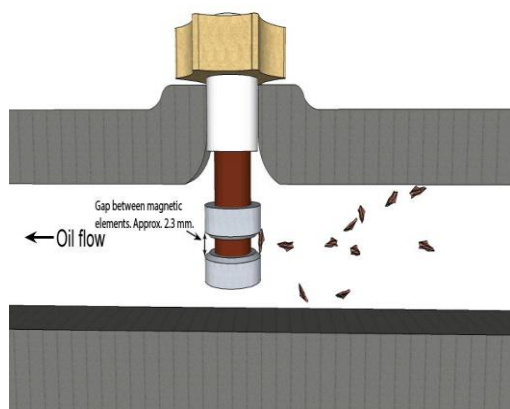


Fig. 11. Detector de span magnetic.

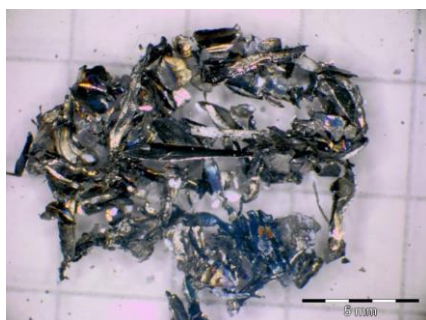


Fig. 12. Particulele magnetice de pe unul din detectorii de span.

3. Problema detectării a fost, de asemenea, discutată în legătură cu accidentul anterior și au fost luate măsuri pentru a îmbunătăți detectarea incendiilor,

adică înlăturarea inelului de magneți și îmbunătățirea regimului de inspecție.

4. Recomandarea de siguranță 2011-032 recomandă elicopterului Airbus să introducă mijloace suplimentare de identificare a degradării MGB, cum ar fi analiza deșeurilor de ulei MGB.

5. Accidentul analizat contrazice afirmația că dopurile magnetice și / sau detectoarele de particule „sunt suficiente pentru a asigura siguranța zborului”. Programul de testare aplicat la accidentul anterior a arătat, potrivit elicopterelor Airbus, că sistemul de detectare a particulelor a fost suficient pentru a detecta spargerea clasică.

6. Pentru LN-OJF, faptul că degradarea MGB a continuat să fie nedetectată de sistemul de detectare a particulelor nu poate fi explicată prin inelul de magneți sau de către factorii umani / întreruperea întreținerii, așa cum sa întâmplat cu G-REDL.

BIBLIOGRAFIE

- [1] I. Aron, V. Paun, *Echipamentul electric al aeronavelor*, Ed. Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1980.
- [2] AIBN report 28 Apr 2017 LN-OJF eng
- [3] H. Gavrilă, s.a., *Magnetism tehnic si aplicat*, Ed. Academiei Romane, 2000.
- [4] Irgens, Edith (2010): *Accident prevention through safety recommendations – How could the safety effect from AIBN's investigations be improved?*
- [5] Manuale de intretinere pentru elicoptere, MET, MSM - AH