

Tiba Zsolt, Győri Gyula, Ailer Piroska, Husi Géza

A Cessna 172 típusú repülőgép dízelüzemmódra alakításának megtérülése

A Cessna 172 típusú repülőgép dízelmotoros változatra való átalakításának több aspektusa van. Az eredeti hajtómű kiváltása korszerű dízelmotorral és változtatható beállítási szögű légcsavarral évtizedekkel modernebb technológiára való váltást jelent. A nagyobb motorteljesítmény és az alacsonyabb tüzelőanyag-fogyasztás kedvezően befolyásolja a repülőgép repülési teljesítményét. Ebben a dolgozatban azt elemezzük, hogy milyen költséggel jár az átalakítás, mennyi a megtérülés ideje tekintettel a gazdaságosabb üzemelésre, illetve hogyan alakulnak a karbantartási ciklusok és költségek.

Kulcsszavak: Continental repülőgépgyár, TAE 125-02-99 típusú dízelmotor, súlypontszámítás, repülési teljesítmény, felújítási és karbantartási költségek, karbantartási ütemezés, megtérülés

1. Bevezetés

A Debreceni Egyetem Műszaki Kar 2018-ban indította akkori nevén a Hivatásos repülőgépvezetői alapképzési szakot. A szak képzési célja hivatásos repülőgép-vezetők képzése, akik ismerik a légi közlekedést, alkalmasak a repülőgépeket üzemeltető vállalkozásoknál, szervezeteknél a hivatásos repülőgép-vezetői tevékenység ellátására, a légi üzemeltetéssel (*air operation*), a földi kiszolgálással (*ground handling*) és a szállítási feladatok szervezésével, megoldásával kapcsolatos, valamint a vonatkozó minőségbiztosítási teendők végzésére. A képzés során elsajátítják az ATP(A) (*airline transport pilot, aircraft*) integrált képzés követelményeit, felkészülnek a tanulmányok mesterképzésben való folytatására. A szak neve azóta megváltozott, magyar nyelven Repülőmérnöki alapképzési szak lett, de érdekes módon a képzési cél semmiben nem módosult. A hallgatói létszám növekedésével egyre több repült órát kell biztosítani. Jelenleg a hallgatói létszám a négy évfolyamon összesen 170 fő. Nem mellékes a képzés költsége, ezért a növekedő hallgatói létszám miatt elkezdtünk azzal foglalkozni, hogy a költségeket milyen módon lehet csökkenteni. A növekvő hallgatói létszám a Cessna 172 típusú repülőgép dízelmotoros változatra való átalakításának fedezeti pontját egyre inkább a rövid távú megtérülés irányába mozgatta. Az eredeti Lycoming O-320 motor csak repülőbenzinnel üzemeltethető a megkívánt ólomtartalom miatt, a fogyasztása pedig nem mondható takarékosnak. A mai korszerű benzinüzemű repülőgépmotorok ólommentes autóbenzinnel működnek, így a repülőbenzin felhasználása ma már nem nő arányosan a repülőgépek számának növekedésével.

Ebben a cikkben az utóbbi években már rutinszerűen végzett, úgynevezett „dízelesítéssel” kapcsolatos kérdésekkel foglalkozunk.

Az eredeti motor korszerű dízelmotorra cserélése által évtizedekkel modernebb technológiára válthatunk. Hasonlóan a gázturbinás hajtóművekhez, a dízelüzemű repülőgépek JET A1, más néven kerozin tüzelőanyaggal működnek, amely a repülőtereken széles körben elérhető.

Az átalakítás előtt célszerű megvizsgálni, hogy a nagyjavításig mennyi üzemidő áll még rendelkezésre, milyen költséggel jár, mennyi a megtérülés ideje tekintettel a gazdaságosabb üzemelésre, illetve hogyan alakulnak a karbantartási ciklusok és költségek.

2. Repülőgép-dízelmotorok napjainkban

A repülőgép-dízelmotorokat már csak az egyre szűkülő „kisgépes piac” használja, mivel a nagygépes világ már áttért a gázturbinás hajtóművekre. Emiatt a repülőgéphajtómű-fejlesztő vállalatoknak nem éri meg a mai technológiai szintnek és csak a korszerű anyagokkal biztosítható követelményeknek megfelelő teljesen új repülőgép-dízelmotor kifejlesztése. A gyártók ezért az autópárhazban már nagy sorozatban gyártott megbízható dízelmotort fejlesztették tovább, és ehhez illesztették a légcsavaregységet, valamint a repülőgép egyéb rendszereit alakították át a dízelüzemhez.



1. ábra
Centurion 1.7 [2]

Az első, szériában gyártott repülőgép-dízelmotor alapja a Mercedes-Benz A osztály 1,7 literes motor. Ezt a motort a német Thielert cég gyártotta 2002-ben. A Centurion 1.7 típusjelzésű dízelmotort a Lycoming O-320-as motor kiváltására tervezték, és a Cessna 172-es, valamint a Piper Cherokee típusokba építették be elsőként, lásd 1. ábra [1].

A Centurion 1.7 motor engedélyezett tüzelőanyaga a kerozin, a dízelolaj, illetve a vegyes üzemeltetés azzal a kitételrel, hogy +5 °C alatt csak tisztán kerozin használható. Miután a gyártó leállította az 1,7 literes motor gyártását, a Centurion 1.7 motort a Centurion 2.0 motor váltotta azonos teljesítmény- és nyomaték-paraméterekkel: 135 LE és 409 Nm. A motort ellátták egy fogaskerék-hajtóművön keresztül meghajtott állandó sebességű légcsavarral és FADEC motorvezérlő rendszerrel. Az 1. táblázat a dízelmotor beépítésével foglalkozó fejlesztéseket foglalja össze [3].

1. táblázat
Repülőgépekbe kifejlesztett dízelmotorok és paramétere [3]

Géptípus	C172, DA-40	C206	DA-40, DA-42	C182, TB-20	Yak-52	Cirrus SR-20
Megjelenés	2006	2006	2008	1998	2010	2010
Tüzelőanyag	dízel, Jet A1	dízel, Jet A1	Jet A1	Jet A1	dízel, Jet A1	dízel, Jet A1
Hengerek száma, elrendezése	4, soros elrendezés	8, V elrendezés	4, soros elrendezés	4, boxer elrendezés	12, V elrendezés	4, V elrendezés
Fogyasztás (gallon/h)	4,5	6,6–7,8	5,5–9,25	10–13,2	20	7,5
Tömeg (kg)	134	272	185	195	372	148
Löklet térfogat (cm ³)	1991	3996	1991	4988	6134	3300
Teljesítmény (LE)	135	350	168	227	500	180
Típus	Centurion 2.0	Centurion 4.0	AE300	SR305-230	RED A03 v13	DH180A4
Gyártmány	Thielert	Thielert	Austro Engine	SMA Engines	Red Aircraft GmbH	DeltaHawk

A 2. táblázat a gépjárműmotorokon alapuló Continental dízelmotorokat foglalja össze [3].

2. táblázat
A gépjárműmotorokon alapuló Continental dízelmotorok [3]

Continental Diesel motorcsalád FADEC vezérléssel Változtatható beállítási szögű légcsvavar Tüzelőanyag: JET A1	Modellnév	Marketingnév	Státusz
99 kW (135 LE)	TAE 125-01	Centurion 1.7	2005 óta nem gyártják
99 kW (135 LE)	TAE 125-02-99	CD-135	Jelenlegi modell
114 kW (155 LE)	TAE 125-02-114	CD-155	Jelenlegi modell
221 kW (300 LE)	n/a	CD-300 (V6-os motor)	Fejlesztése folyamatban
228 kW (310 LE)	Centurion 4.0-BE 228 (széria)	Centurion 4.0 (V8-as motor)	Félbehagyott fejlesztés

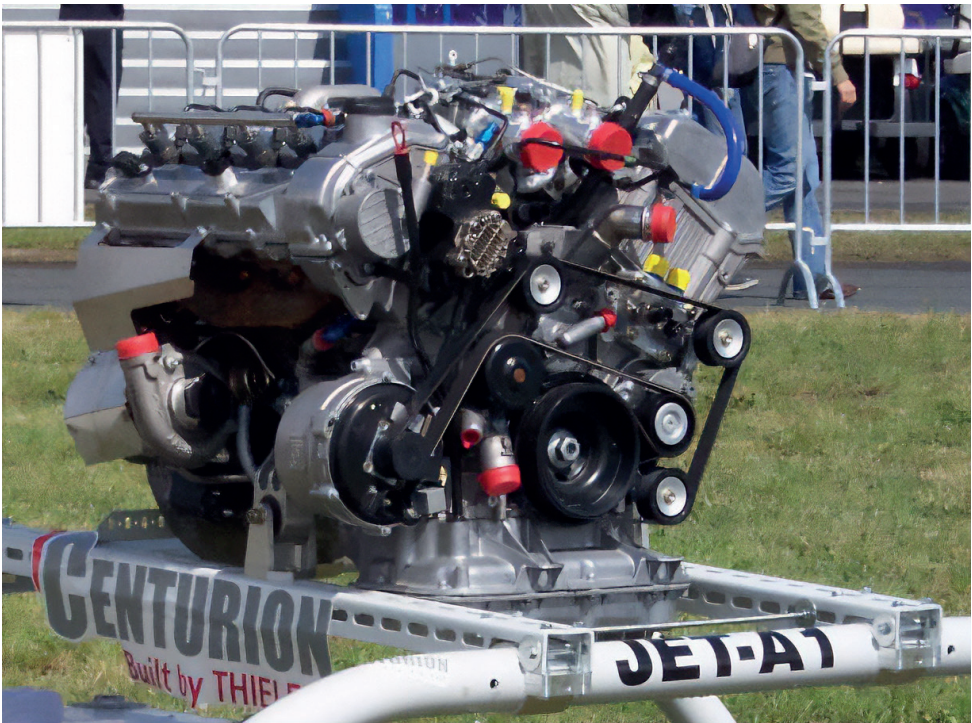
3. TAE-125 szériájú repülőgépmotor

A ma elérhető TAE 125-02-99 típusú dízelmotor egy 2,0 literes turbófeltöltős, DOHC-szelepvezérlésű, hengereként 4 szelepes, soros 4 hengeres, közös nyomócsöves motor,

amelyet FADEC-rendszer vezérel. A változtatható beállítási szögű légszavar egykaros teljesítményvezérléssel működik, és túlterhelés elleni tengelykapcsolóval látták el. A 2. ábrán látható a motor a kiegészítő berendezésekkel. Az alapmotoron a következő fejlesztéseket végezték a repülőgéphez való alkalmazáshoz:

- a TMG (Technify Motors GmbH) által átterveztek a szívó-, a kipufogó- és a turbófeltöltő-rendszert, valamint egy elektromos vezérlőrendszert telepítettek;
- a motor forgattyúházát alacsony nyomású homoköntvényes alumínium egységgel váltották ki;
- a motor főtengelyét egy SAE 4340 szabványú repülőgépacél-ötvényetből készült kovácsolt anyagból készítették.

A motor fordulatszáma 3900 1/min, amit a gyártó egy $i = 1,69$ áttételű hajtóművel illesztett a 2300 1/min fordulatszámú légszavar hajtásához. A motor dízelolajjal vagy Jet A1 tüzelőanyaggal üzemel.



2. ábra
TAE 125-02-99 motor [4]

FADEC-rendszer

Az alapvető különbség a TAE 125 szériájú és az eredeti repülőgépmotorok között a dízelüzem-mód és a FADEC-rendszer. A FADEC-rendszer (*Full Authority Digital Engine Control*) teljes körű motorvezérlést jelent. Az elektronikus vezérlésű szabályozórendszer (*Electronic Control Unit, ECU*) a motor összes paraméterét és a légszűrő beállítási szögét vezérli. A pilótának csak a kívánt motorteljesítményt kell beállítania a gázkarral.

FADEC-rendszerredundancia és -diagnosztika

A FADEC-rendszer két egymástól független Electronic Control Unit vezérlőt tartalmaz. Mindkét vezérlőrendszer külön szenzorokkal méri a külső és a szívócsőben uralkodó légnyomást. A két vezérlőrendszer folyamatosan működik, felügyeli a működést, és számolja a „jósági szintjüket”, de egy időben csak az egyik aktív. Ha az egyik motorvezérlő nem 100%-os állapotú, a rendszer automatikusan átkapcsol a másik vezérlőre. Ekkor a motorellenőrző lámpa felgyullad, és rögzíti az eseményt (az esemény dátumát, idejét, az esemény fennállásának időtartamát és a hiba típusát), amelyet egy fájlban tárol.

Légszűrővezérlő rendszer

A légszűrő beállítási szögének állításához használt munkaközeg a hajtóműolaj-rendszer kenőolaja. A hajtóműházban elhelyezett olajszivattyú 20 bar nyomást biztosít a rendszerben. A FADEC-rendszerrel vezérelt légszűrőszabályzó szelep az olajnyomáson keresztül állítja a légszűrő beállítási szögét, amely az olajnyomás növekedésével növekszik, és csökken az olajnyomás csökkenésével. Így a pilótának nincs közvetlen ráhatása a légszűrő állítására.

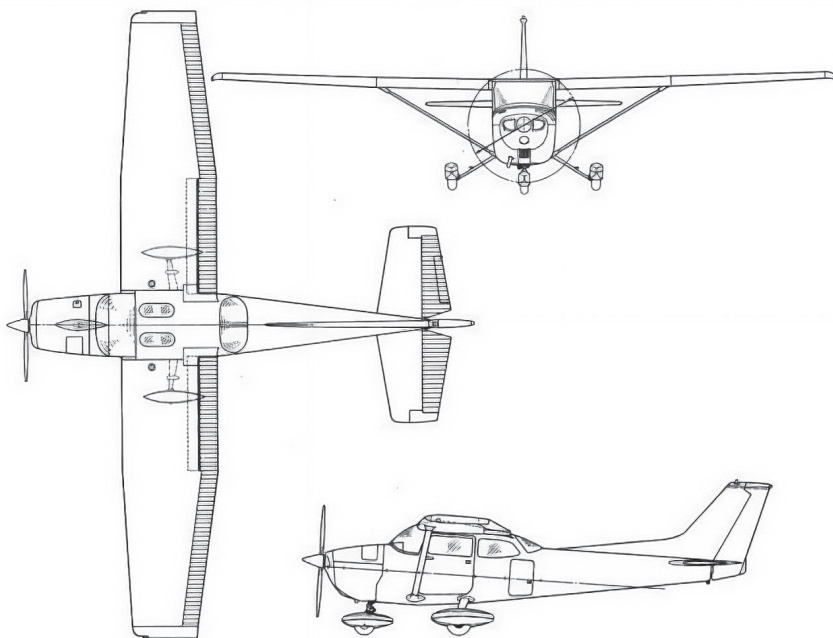
Elektromos rendszer

A motort vezérlő FADEC-rendszer működtetéséhez a repülőgép elektromos rendszerét újra kell konfigurálni és vezetékkel összekötni. A FADEC-rendszer két elkülönített áramforrással működik. Az egyiket a motor által hajtott generátor biztosítja, a másikat a repülőgép 24 V-os akkumulátora. Minden egyéb elektromos berendezés egy hagyományos biztosítékon keresztül csatlakozik az elektromos rendszerhez, amelyek együttes áramfelvétele nem haladhatja meg a 70 A-t. Generátorhiba esetén az akkumulátor körülbelül 2 órán keresztül biztosítja a normál üzemhez szükséges energiát.

4. Az átalakított Cessna 172

A Fly-Coop Kft., amely rendelkezik a Part-145-ös karbantartó jogosítvánnyal, több Cessna 172 repülőgép átalakítását végezte már el. Az átalakítást előírt technológia alapján az EASA (European Aviation Safety Agency) által elfogadott, a Continental repülőgépgyártótól vásárolt

STC- (*Supplemental Type Certifications*) kittel végzi. A szükséges engedélyeztetés részeként a CAMO (*Continuing Airworthiness Management Organisation*) ellenőrzi a karbantartó jogosultságát a munka elvégzésére, és hogy az átalakítás az adott típusra megvalósítható-e. Ezt követően az STC alapján a változtatásokat bevezeti a karbantartási programba. Az átépítést a légügyi hatóság felügyeleti jogkörben, a légi alkalmasság kapcsán ellenőrzi.



3. ábra
A Cessna 172 sematikus rajza [5]

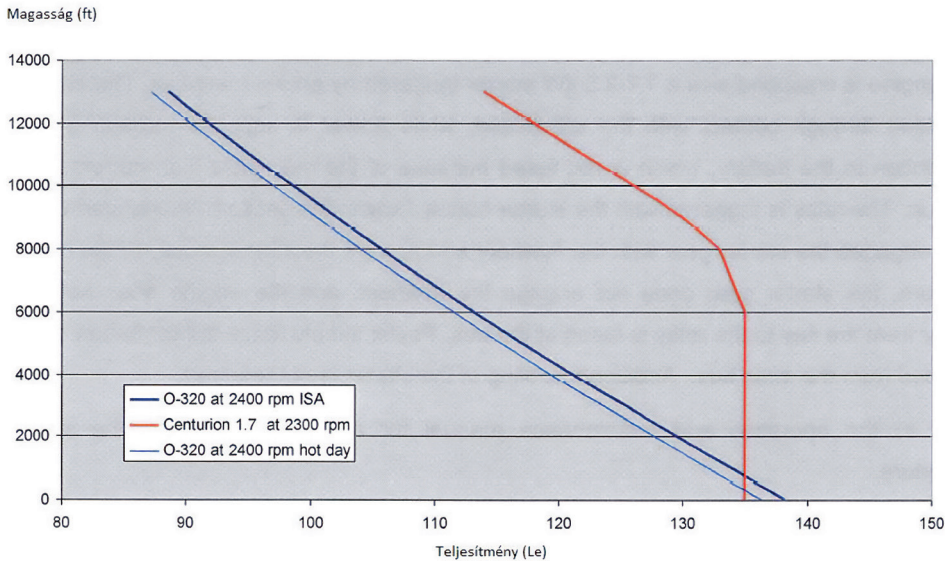
Jelen dolgozatban a francia Reims cég által licenccben gyártott F172 típusjellel ellátott M, illetve N típusváltozatok (lásd 3. ábra) teljesítményszámításai szerepelnek. A továbbfejlesztett modellváltozatok leginkább a hajtóművek módosítására korlátozódtak.

4.1. Motorteljesítmény

A TAE 125-01 (Centurion 1.7) motor 99 kW (135 LE) teljesítménnyel rendelkezik felszállás közben egészen 6000 láb légsűrűség-magasságig¹ és 71 kW (97 LE) teljesítménnyel az utazóüzemben 5500 m-ig (18 000 ft), lásd 4. ábra. A tüzelőanyag-felhasználás normál utazómódban felhasználói tapasztalatok alapján körülbelül 17,5 l/h (4,5 gal/h). A motor száraz tömege 134 kg (295 lb). A 4. ábra kék színnel jelöli a Lycoming O-320 szívómotor teljesítmény-jelleggörbéjét

¹ A sűrűségmagasság a standard légköri feltételekhez viszonyított magasság, amelynél a levegő sűrűsége megegyezik a repülési magasságon jelzett levegősűrűséggel.

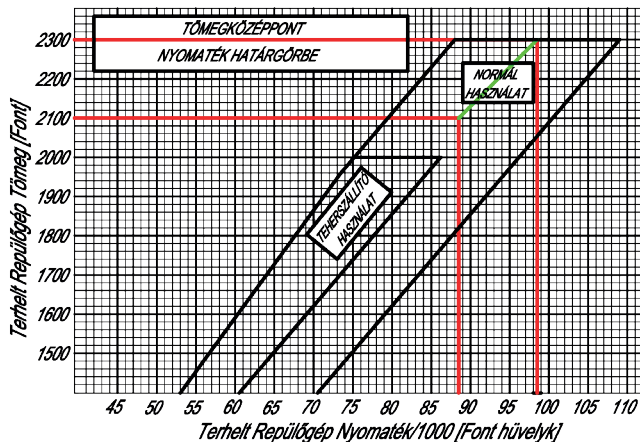
2400 1/min motorfordulatszám. A két jelleggörbe közötti különbséget a Centurion 1.7 motor turbófeltöltős működése indokolja.



4. ábra
Motorteljesítmények összehasonlítása [3]

4.2. Tömeg és tömegközéppont

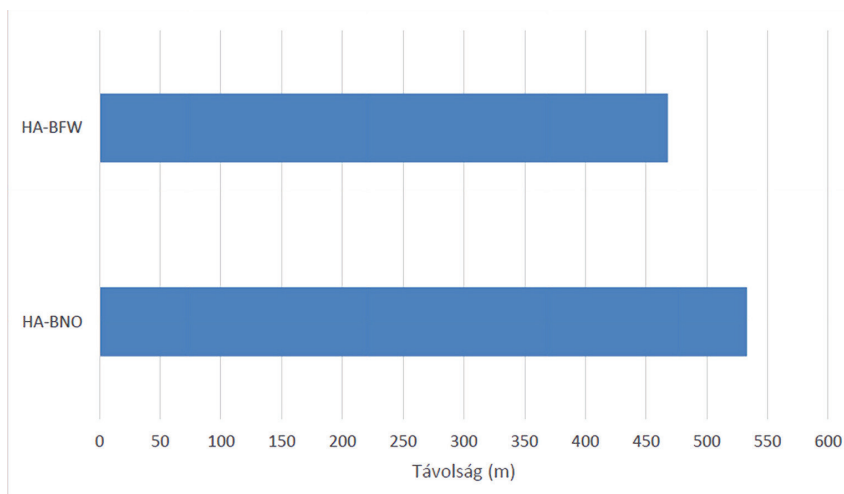
Dolgozatunkban a HA-BFW lajstromszámmal rendelkező Cessna 172N típusú repülőgép dízelmotoros változatra való átalakítását elemezzük. Az átépítéssel járó többlettömeg 32 kg, amely tartalmazza a motor kiegészítő felszereléseit, és az egyéb átalakításokkal járó tömegnövekedést a repülőgép-szerkezeten. Az 5. ábra a HA-BFW repülőgép tömeg- és nyomatóéki diagramját mutatja [6, pp. 52]. A tömegközéppont 949 mm-ről (37,36 inch, az átalakítás előtti tömegközéppont mérési jegyzőkönyvben szereplő adat) 1040 mm-re (40,95 inch) változott, tehát a repülőgép repülés közben kismértékben instabilabb lett [3]. A repülőgép tömegközéppontjának hátrébb kerülését az magyarázza, hogy bár a motor és az átalakításhoz szükséges kiegészítő felszerelések többlettömeget jelentenek, a tömegközéppontjaik hátrébb helyezkednek el, mint a kiváltott egységeké. Látható, hogy a repülőgép tömegközéppontja a zöld vonal mentén a megfelelő tartományban marad a tüzelőanyag fogyasztásával, így a számított terheléssel engedélyezett a repülés.



5. ábra
A HA-BFW repülőgép tömeg- és nyomatékdiagramja [3]

4.3. Felszállási úthossz

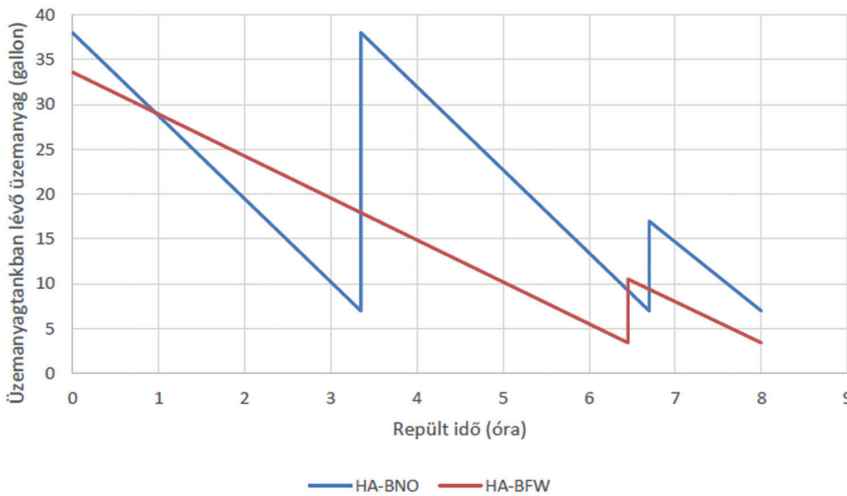
A 6. ábra a HA-BNO lajstromszámú Cessna 172M típusú benzinüzemű és a HA-BFW lajstromszámú Cessna 172N típusú dízelüzemű repülőgépek felszállási úthosszát szemlélteti. A számítások a gyártó által rendelkezésre bocsátott adatok, táblázatok alapján készültek 212,7 m (700 ft) tengerszint feletti repülőtérrel. Mint látható, a 15,2 m (50 láb) biztonsági magasságot a HA-BFW dízelüzemű repülőgép előbb éri el azonos légsűrűség magasság és tömeg mellett.



6. ábra
Felszállási úthossz 15,2 m (50 ft) biztonsági magasság eléréséig [3]

4.4. Útvonalrepülés

A 7. ábrán egy olyan repülési feladat végrehajtása látható, amely távolságot nem lehet egy (dízelüzem), illetve két (benzines üzem) tankolással teljesíteni. Az ábrán látható, hogy a dízelüzemű repülőgép közel kétszeres repülési távolsággal rendelkezik a kedvezőbb tüzelőanyag-fogyasztásnak köszönhetően. Mivel mindkét repülőgép esetében az utolsó szakaszra még egy kis mennyiségű tüzelőanyagot kell vételezni, a tankolási mennyiségek és a repülési szakaszok hossza kiegyenlíthető. Ennek megfelelően több csomag szállítására nyílik lehetőség, és a pilóta terhelése is csökken.



7. ábra
A tüzelőanyag-fogyás összehasonlítása [3]

5. Megtérülés

A Cessna 172 típusú repülőgép dízelmotoros változatra alakítás költsége az eredeti műszerezettség megtartása mellett körülbelül 60 000 EUR. Ez az ár tartalmazza a komplett csomagot (dízelmotor, segédberendezések, légcsavar a szabályozó rendszerrel, kiegészítő műszerek és minden szükséges alkatrész), a szerelési költségeket, valamint az STC-t (*Supplemental Type Certificates*). Az átalakítási költségből a motor ára nagyjából 50 000 EUR.

Az első átalakítás előtt a repülőgép-szerelőket, illetve a CAMO-mérnököket a motorgyártó gyár készíti fel az általa szervezett tanfolyamon. A CAMO-mérnökök elkészítik a szükséges dokumentációkat, karbantartási programot, amelyet az adott állam légügyi hatóságával kell jóváhagyatni. Az átalakítás folyamatát a gyártó mérnökei felügyelik. Ennek megfelelően az első átalakítás költsége körülbelül 65 000 EUR, ezt követően a megfelelő engedélyek és technológia birtokában a további átalakítások költsége 60 000 EUR.

A dízelmotoros átalakítást optimális esetben akkor végzik el, amikor az eredeti benzinüzemű motor eléri a beütemezett nagyjavítás időpontját. A következőkben nemcsak az átalakítási költségek megtérülését elemezzük, hanem a folyamatos karbantartási, üzemeltetési költségeket is összevetjük. Ennek megfelelően két felújítási ciklust vizsgálunk.

5.1. Tüzelőanyag-fogyasztás és költsége

A dízelmotorral szerelt Cessna 172 tüzelőanyag-fogyasztása 17–21 l/h kerozin, a repülési magasságtól és a repülési üzemmódtól függően. Az oktatási feladat ellátása során, az alacsony magasságon végzett repülés (gyakori iskolakörözés) esetén a tüzelőanyag-fogyasztás körülbelül 19 l/h.

A benzinüzemű Cessna 172 tüzelőanyag-fogyasztása 30–35 l/h repülőbenzin. A hasonló oktatási feladat ellátása során a tüzelőanyag-fogyasztás nagyjából 32 l/h. A JET A1 kerozin ára: 520 Ft/l; a 100LL repülőgépbenzin ára: 700 Ft/l.² Az adott árakat figyelembe véve 1 repült óra tüzelőanyag-költsége a dízelmotorral 10 000 Ft (JET A1), míg a benzinmotorral 22 500 Ft (100LL). A költségkülönbség óránként 12 500 Ft.

5.2. Karbantartási ütemezés

A TAE 125-02-114, vagyis a CD-155 (Centurion 2.0S) motoron 2100 óránként vagy 12 évente, míg a Lycoming O-320 E2D típusú repülőgépmotoron 2000 óránként vagy 12 évente kell kötelezően nagyjavítást végezni. A nagyjavítás után 2 év vagy 600 óra garancia vonatkozik minden olyan alkatrészre, amelyet normál körülmények között nem kellene cserélni.

A sárkányszerkezet karbantartási ütemezése és költsége a motorcserével nem változik, ezek a következők: 50/100/200 óra/év, amely 1-től egészen 20 évig elmehet a korróziós ellenőrzéseknek köszönhetően.

A motor karbantartási ciklusai: 100/200/300/600/900/1200/1500/1800 óra; 1/2/5/6 év, de ettől eltérő is lehet attól függően, hogy milyen üzemmódban dolgozik a gép. A karbantartási költségben a legjelentősebb különbséget a dízelmotor nagynyomású szivattyú, a közös nyomócső nyomásvezérlő szelep és a befecskendező fűvókák ára okozza, amelyeket a jövőhagyott karbantartási programban meghatározott időközökben kell cserélni vagy felújítani. A CD-155 dízelmotor nagyjavítását a motorgyártó cég végezheti el, mert csak ő rendelkezik az ehhez szükséges jogosítványokkal.

5.3. Felújítási és üzemeltetési költségek

Induljunk ki abból, hogy a Lycoming O-320 E2D típusú benzinmotor elérte a nagyjavítási ciklust, így a következő lehetőségek jöhetnek szóba:

- A Lycoming O-320 E2D motor felújítása és további üzemeltetés:

² A JET A1 kerozin és a 100LL repülőbenzin 2021. novemberi ára.

- Lycoming motort kétszer lehet felújítani körülbelül 34 000 EUR áron. A javasolt megoldás Rebuilt Engine, amely nagyjából 45 000 EUR, de a régi motort beszámíthatják állapottól függően, így körülbelül a felújítás költségével lesz azonos.
- Ennek megfelelően a felújítás költsége 40 000 EUR, amely adott árfolyamon számolva 14,4 millió Ft.
- A 2000 óra repülés tüzelőanyag-költsége: $2000 \times 32 \times 700 = 44,8$ millió Ft.
- Egyéb karbantartási költségek nélkül összesen: 59,2 millió Ft.
- A CD-155 dízelmotor beépítése és üzemeltetés:
 - Motorbeépítés, figyelembe véve, hogy már rendelkezésre áll az átépítéshez szükséges technológia, 60 000 EUR, amely adott árfolyamon számolva 21,6 millió Ft.
 - A 2000 óra repülés tüzelőanyag-költsége: $2000 \times 19 \times 520 = 19,8$ millió Ft.
 - Feltételezve, hogy a dízel nagynyomású rendszer, és az injektorok extra karbantartási/cseréköltséget jelentenek a Lycoming O-320 E2D típusú benzinmotorhoz képest, amelynek ára körülbelül (a gépjárműalkatrész-árakból kiindulva): 3 millió Ft.
 - Egyéb karbantartási költségek nélkül összesen: 44,4 millió Ft.
- A CD-155 dízelmotor felújítása és üzemeltetés (már átépített repülőgép esetén):
 - A CD-155 dízelmotor nagyfelújításának költsége pontosan nem ismert, de feltételezhető, hogy az új motor árának körülbelül 80%-a, azaz 40 000 EUR, tehát 14,4 millió Ft.
 - A 2000 óra repülés tüzelőanyag-költsége: $2000 \times 19 \times 520 = 19,8$ millió Ft.
 - A dízel nagynyomású rendszer és az injektorok pluszköltsége: 3 millió Ft.
 - További karbantartási költségek nélkül összesen: 37,2 millió Ft.

A fenti elemzésből látható, hogy a 2000 órás üzemeltetés:

- a dízelmotor beépítésével közel 15 millió Ft-tal;
- a már beépített dízelmotor fejújításával nagyjából 22 millió Ft-tal kevesebbe kerül a Lycoming O-320 E2D motor használatához viszonyítva.

Az üzemeltetés költségeit nagyban befolyásolja a rendszeres karbantartások költsége, amelyet illetően még kevés tapasztalat áll rendelkezésre.

6. Összefoglalás

A Fly-Coop Kft. a Cessna 172M és 172N típusú repülőgépeket TAE 125-2-114 (CD-155/Centurion 2.0s) motorral alakítja át dízelüzeműre. Hivatkoztunk a dízelüzemre való átalakítással együtt járó megváltozott repülési teljesítményre. Az elemzésből látható az átépítés előnye és hátránya. Előny a könnyebben elérhető és olcsóbb tüzelőanyag, valamint az alacsonyabb tüzelőanyag-fogyasztás; hátránya a nagyobb üressúly. Ennek megfelelően egy adott repülési feladat végrehajtására több szempont alapján választhatjuk ki a megfelelő motorral szerelt repülőgépet. További hátránként említhető a magasabb technológiai szinttel együtt járó költségesebb karbantartás, amelynek árát az alacsonyabb üzemeltetési költség többszörösen fedezi. Felmerülhet a kérdés a jelenleg használt Cessna 152-es kiképző repülőgépekkel kapcsolatban, hogy milyen lehetőségek állnak rendelkezésre a technológiaváltásra. Ebben az esetben

a motor nagyjavítása helyett egy korszerű autóbenzin-üzemű motor, változó beállítási szögű légcsavarral való beépítés lehetősége merül fel, még akkor is, ha az elérhető alacsonyabb üzemeltetési költség csak hosszú távon fedezné az átalakítás költségét.

Felhasznált irodalom

- [1] Continental, *CD-135 – Kerosene Piston Engine with 135 hp*. Online: www.continentaldiesel.com/typo3/index.php?id=65&L=1
- [2] Aero-News Network, *Thielertt Receives STCs For More Centurion-Powered PA28s*. 2006. május 30. Online: www.aero-news.net/index.cfm?do=main.textpost&id=92ebd7e7-0f3c-498e-bd00-1d148c5b0f86
- [3] Raffay F. I., *Cessna 172 típusú repülőgép dízel üzemű meghajtásának fejlesztése*. Szakdolgozat, DE MK Légijármű üzemeltető Szakmérnök Képzés, 2019.
- [4] Wikipedia the Free Encyclopedia, *Thielertt Centurion*. Online: https://en.wikipedia.org/wiki/Thielertt_Centurion#Centurion_2.0
- [5] Wikipedia the Free Encyclopedia, *Cessna 172*. Online: https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_172
- [6] *HA-BFW Pilot's Operating Handbook*. 2010.

A publikáció a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2020-4.1.1-TKP2020 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Return on Investment for the Diesel Conversion of a Cessna 172 Aircraft

The conversion of the Cessna 172 to a diesel version has several aspects. Replacing the original engine with a modern diesel engine and a variable pitch propeller represents a technological change of several decades. Higher engine power and lower fuel consumption have a positive effect on the aircraft's flight performance. In this paper, we analyse the cost of the conversion, the return period with regard to more economical operation, and the maintenance periods and costs.

Keywords: *Continental Aircraft Engine Company, TAE 125-02-99 type diesel engine, centre of gravity calculation, flight performance, overhaul and maintenance costs, maintenance schedule, return*

<p>Dr. Tiba Zsolt főiskolai tanár Debreceni Egyetem Műszaki Kar Légi- és Közúti Járművek Tanszék tiba@eng.unideb.hu orcid.org/0000-0003-1247-7204</p>	<p>Zsolt Tiba PhD College Professor University of Debrecen Faculty of Engineering Department of Air-and Road Vehicles tiba@eng.unideb.hu orcid.org/0000-0003-1247-7204</p>
<p>Győri Gyula (BSc) c. egyetemi docens PharmaFlight Aviation Academy Kft. Debreceni Egyetem Műszaki Kar Repülőmérnöki Kihelyezett Tanszék gyori.gyula@pharmaflight.hu orcid.org/0000-0002-7693-4622</p>	<p>Gyula Győri (BSc) Honorary Associate Professor PharmaFlight Aviation Academy Ltd. University of Debrecen Faculty of Engineering Off-site Department of Aeronautical Engineering gyori.gyula@pharmaflight.hu orcid.org/0000-0002-7693-4622</p>
<p>Dr. Ailer Piroska főiskolai tanár Debreceni Egyetem Műszaki Kar Légi- és Közúti Járművek Tanszék ailer.piroska@eng.unideb.hu orcid.org/0000-0002-5936-8841</p>	<p>Piroska Ailer PhD College Professor University of Debrecen Faculty of Engineering Department of Air- and Road Vehicles ailer.piroska@eng.unideb.hu orcid.org/0000-0002-5936-8841</p>
<p>Dr. Husi Géza egyetemi tanár Debreceni Egyetem Műszaki Kar Légi- és Közúti Járművek Tanszék husigeza@eng.unideb.hu orcid.org/0000-0002-9373-0189</p>	<p>Géza Husi, PhD Professor University of Debrecen Faculty of Engineering Department of Air- and Road Vehicles husigeza@unideb.hu orcid.org/0000-0002-9373-0189</p>