NEMZETI
KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
Doktori Tanács

VARGA BÉLA OKL. MK. ALEZREDES

- Gázturbinás hajtóművek teljesítmény és hatásfok növelésének műszaki technológiai háttere, és ezek hatása a katonai helikopterek korszerűsítésére -

című doktori (PhD) értekezésének szerzői ismertetése és
hivatalos bírálatai

Budapest
2013

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM

VARGA BÉLA OKL. MK. ALEZREDES

- Gázturbinás hajtóművek teljesítmény és hatásfok növelésének műszaki technológiai háttere, és ezek hatása a katonai helikopterek korszerűsítésére -

című doktori (PhD) értekezésének szerzői ismertetése és
hivatalos bírálatai

Témavezető: Prof Dr. Óvári Gyula egyetemi tanár, CSc

Budapest
2013

1. A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A helikopterek erőforrásainak jelentős fejlődése, ami főképpen a hajtómű teljesítmény–tömegviszony, a hatásfok és fajlagos-tüzelőanyag fogyasztás, valamint megbízhatóság, üzemeltethetőségben jelenik meg, természetesen kihatással volt a helikopterek harcászati technikai jellemzőire. Ezek a tények kutatásra érdemessé teszi ezt a területet. Értekezésemben az időbeni fejlődési folyamatot, a volt és jelenlegi keleti és nyugati típusok összehasonlító elemzésén keresztül kívánom elvégezni, amelynek szerves részét fogja képezni a hajtóművek és azok részegységeinek termikus és szerkezeti vizsgálata.

2. KUTATÁSI CÉLOK

A tervezett értekezésemben négy kutatási célt tűztem ki magam elé:

1. Bemutatni a helikopterek fejlesztésének korai időszakát, a közben felmerülő technikai problémákat, a hadseregekben történő rendszeresítésük nehézségeit, specializálódásuk folyamatát és harctéri elterjedésük különböző lépcsőfokait, a múltban kialakuló konfliktusokban betöltött szerepük alapján.
2. Történeti áttekintést nyújtani a helikopter hajtóművek fejlődéséről a kezdeti dugattyús motoros korszaktól a jelenlegi korszerű, nagy tengelyteljesítményt szolgáltató gázturbinás helikopter hajtóművekig.
3. Elvégezni a hajtóművek és azok részegységeinek termikus és szerkezeti vizsgálatát és ezek összehasonlító elemzésén keresztül bemutatni az elmúlt 60 év fejlődési folyamatát.
4. Elemezni a jelenleg alkalmazott hajtómű fejlesztések fő irányait, részletesen bemutatni e technikai újdonságokat, valamint hatásukat a különböző katonai helikopterek harctevékenységére.

3. HIPOTÉZISEK

A helikopter hajtóművek, mint minden egyéb gázturbina, adott hőmérséklet határok között és gépegység hatásfokok (veszteségek) mellett a fajlagos hasznos munka és a termikus hatásfok szempontjából is rendelkeznek optimummal, amit mindkét esetben a kompresszor nyomásviszonyával jellemzhető. Ennek meghatározásával feltárhatóak a kompresszor nyomásviszony, a turbina előtti maximális gázhőmérséklet és a gépegység hatásfokok összefüggései, valamint ezek hatása a hajtómű fajlagos jellemzőire.

A helikopter hajtóművek a helikopterek alkalmazásának jellegzetességeiből adódóan rendelkeznek néhány szerkezeti sajátossággal, amelyek elősegítik a hajtómű védelmét (porkiválasztó rendszerek), valamint magának a helikopternek a védelmét (infrafejes rakéták elleni eszközök), de ugyanakkor hatással vannak a hajtómű üzemére. Ezek vizsgálata hozzájárul a hajtóművek teljesítmény és hatásfok csökkenésének minimalizálásához.

Ismert tény, hogy manapság a repülőeszközöket 30–40 év, vagy ennél hosszabb szolgálai időre tervezik. Ez nem jelenti azt, hogy a repülőeszköz ennyi ideig minden változtatás, képesség-növelés nélkül hatékonyan felhasználható az adott kor követelményeinek megfelelően. Számos program létezik, amelyben foglalkoznak a meglévő helikopter flották egy, vagy több alrendszerének korszeűsítésével. Ebben nagyon fontos szerepe van a meglévő helikopterek elavuló hajtóműveinek új, korszerű, és gazdaságos erőforrásra történő cseréjének.

4. KUTATÁSI MÓDSZEREK

Értekezésemben a következő kutatási módszereket kívánom alkalmazni:

- *Történeti módszer* segítségével átfogó képet nyújtok a helikopterek megjelenéséről, hadseregekben történő rendszeresítésükről, a II. világháborútól napjainkig a háborúkban, konfliktusokban betöltött szerepükről, fejlődésük során bekövetkező specializálódásukról.

- Az *analízis módszerét* alkalmazva megvizsgálom a korszerű helikopter hajtóműveket feltárva az alkalmazott technikai újdonságokat, egyes típusok közötti hasonlóságokat és különbségeket.
- Az *összehasonlítás módszerét* alkalmazva megvizsgálom a jelenleg rendszerben álló, vagy rendszeresítés alatt álló katonai helikopter hajtóművek harci-technikai, üzemeltetési, kiszolgálási, hatékonysági, gazdaságossági mutatóit.
- *Matematikai módszereket* alkalmazok a hajtóművek és azok részegységeinek termikus vizsgálatához, valamint hatásfok, fajlagos fogyasztási és fajlagos hasznos munka adatainak meghatározásához.

5. AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLAT TÖMÖR LEÍRÁSA FEJEZETENKÉNT

Az értekezés a Bevezetőből, amely tartalmazza a Tudományos probléma megfogalmazását, a Hipotéziseket, a Kutatási célkitűzéseket és a Kutatási módszereket, valamint a kutatómunka 4 szakmai fejezetéből, az Összegzett következtetésekből, valamint az Új tudományos eredmények bemutatásából áll.

Az **I fejezetben** bemutatom azt az utat, ahogyan a helikopterek eljutottak a látszólag teljesen haszontalan, repülésre alig vagy egyáltalán nem képes állapotból odáig, hogy meghatározó részeivé váltak a katonai és természetesen a polgári repülésnek is. A fejezet második részében végigkövetem a helikopter hajtóművek evolúcióját. Ismertetem működésük jellegzetességeit, a legfontosabb gyártókat és gyártmányokat. Statisztikai kimutatásokon keresztül szemléltetem, hogy milyen teljesítmény paraméterekkel rendelkeztek a múltban és rendelkeznek a jelenleg alkalmazott helikopter erőforrások.

A **II fejezetben** ismertetem az általam kifejlesztett termikus matematikai modell elméleti alapjait, valamint példákat az általa szolgáltatott eredményekből. A modellel elvégzem több különböző korból származó nyugati és orosz hajtómű elemzését és összehasonlítását. Kimutatom, hogy a hajtóművek méretadatai hogyan befolyásolják teljesítmény és hatásfok jellemzőiket.

A **III fejezetben** bemutatom a helikopter hajtóművek porkiválasztó rendszereit. A modell segítségével elemzem a hajtómű teljesítmény paramétereire gyakorolt hatásukat. Ismertetem azokat az eszközöket és módszereket, amelyek a helikopterek védelme érdekében a hajtómű infravörös sugárzásának intenzitását az alkalmazott hőfejes rakéták érzékelési küszöbszintje alá viszi, egyben a felderíthetőséget a háttérsugárzáshoz viszonyított kontraszt elmosásával a minimumra csökkenti.

A **IV fejezetben** bemutatom, hogy meglévő és elavulófélben lévő helikopterek esetében a hajtóművek korszerűsítése, illetve új nagyobb teljesítményű és jobb fajlagos jellemzőkkel rendelkező erőforrások beépítése hogyan biztosíthatja az adott típusok továbbélését és az üzemeltető számára a kor színvonalának megfelelő gazdaságos tovább-működtetését.

Az értekezés kutatási eredményeinek összegzésében a célkitűzésemmel összhangban a végkövetkeztetések és a várható tudományos eredmények felsorolásával egyidejűleg tézisekbe foglalom az új tudományos eredményeimet. Ezt követően ajánlásokat teszek az értekezés felhasználhatóságára.

6. ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Végső következtetésként levonható, hogy a helikoptereknek nem csak múltja és jelene, de jövője is van úgy a polgári, mint a katonai felhasználás területén. A fejlesztések folyamatosak és ezekből a helikopterek erőforrásai sem maradnak ki. Más gázturbinás hajtóműveken alkalmazott újdonságok megjelentek a „turboshaft" hajtóművek szerkezetében is, lásd FADEC, nagy hőállóságú hűtött, egy-kristály turbina lapátok, valamint ezek aktív résvezérlése, általában könnyebb és jobb minőségű szerkezeti anyagok alkalmazása. Ezek a megoldások mind hozzájárultak ennek a kategóriának a teljesítmény, hatásfok, üzemeltetési és karbantartási tulajdonságainak javításához, a helikopterek repülési jellemzőinek javulásához.

Mindezen pozitív változások ellenére ennek a hajtómű kategóriának a hatásfok és fajlagos hasznos munka adatai kb. megfelelnek egy 30-35 évvel korábbi, de 30–50 kg/s, vagy afeletti levegőszállítású hajtómű vonatkozó adatainak. Mi ennek az oka? A fejlesztések iránya, nevezetesen a méretek csökkentése a hajtómű mind kompaktabb kialakítása, a hajtómű védelmében tett erőfeszítések felemésztették a gépegység hatásfokok javításának lehetőségeit.

- A szívócsatorna nyomásveszteségi tényezője romlott a ma már általánosan alkalmazott porkiválasztó rendszerek miatt;
- a hajtómű geometriai méretek csökkenése miatt a kompresszor és turbina politrópikus hatásfokok csak minimális mértékben javultak, de némely esetben még romlás is tapasztalható;
- az égőtér nyomásveszteségi tényező inkább romlott, mint javult az általánosan alkalmazott fordított áramú égőterek miatt;
- égőtér hatásfok változása várhatóan nem jelentős;
- a szabadturbina hatásfoka eleve rosszabb, mint egy fúvócsőé a bonyolultabb áramlási viszonyok miatt.

Ennek megfelelően sosem várhatjuk el, hogy helikopter hajtómű olyan fajlagos mutatókkal rendelkezzen, mint a nagyobb gáturbinák más repülőszerkezetekben. A nem vitatott javulást ezen a téren a turbina lapátok hőállóságának növekedése, az alkalmazott kifinomult hűtési módszerek miatt a turbina előtti magasabb gázhőmérséklet eredményezi. Ezek az eredmények nem elhanyagolhatóak, hiszen a fajlagos hasznos munka közelítően megduplázódott, a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás pedig 30–40%-al csökkent az első generációs helikopter hajtóművekhez képest.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Értekezésemben bemutatott kutatómunkám új tudományos eredményeit a következő tézisekben foglalom össze.

1. Elkészítettem a helikopter hajtóművek általános termikus elemzését lehetővé tevő termikus matematikai modellt.
2. Elvégeztem a helikopter gázturbinás hajtóművek paraméter-érzékenységi vizsgálatát és kimutattam, hogy:
   a) a fajlagos hasznos munka szempontjából a hajtómű legérzékenyebben a kompresszió politrópikus hatásfok változására reagál, ezt követi az expanzió politrópikus hatásfoka, a mechanikai veszteségek, és az összegzett hajtómű nyomásveszteség, míg az égési hatásfok nem lesz rá hatással;
   b) a termikus hatásfokot az expanzió politrópikus hatásfoka befolyásolja a legerősebben, majd egyre csökkenő mértékben hat rá a kompresszió politrópikus hatásfoka, a mechanikai veszteségek, az égési hatásfok és az összegzett hajtómű nyomásveszteség.
3. Az általam elkészített programmal létrehoztam egy olyan diagramot, amelyből közvetlenül kiolvasható, hogy a kompresszor nyomásviszony, illetve a kompresszor politrópikus hatásfokának változása milyen változásokat indukál a fajlagos hasznos munka és a termikus hatásfok tekintetében
4. Az elkészített termikus modellel bizonyítottam, hogy a fajlagos hasznos munka és a termikus hatásfok tekintetében tapasztalható fejlődés többnyire a turbina előtti maximális gázhőmérséklet növekedéséből származik. Ennek keretében:
   a) meghatároztam a vizsgált hajtóművek lehetséges nyomásviszony tartományát és bebizonyítottam, hogy a gyártók által megadott aktuális nyomásviszony mindig az általam meghatározott tartományba esik, igazolva ezzel a termikus modellem helyes működését;
   b) a megvizsgált hajtóműveket elemezve megállapítottam, hogy közepes teljesítmény-kategóriában napjainkban az RTM 322, az LHTEC T800 és az MTR 390-es hajtóművek, illetve ezek modifikációi megfelelő alternatívát kínálnak a katonai helikopterek hajtómű modernizációs programjaihoz.

8. A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA ÉS AJÁNLÁSOK

A értekezés egésze és egyes fejezetei külön-külön is felhasználhatóak a helikoptereket üzembentartó mérnökök, hajtóműves szakemberek képzésében és továbbképzésében, valamint a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Tanszék szakirányú BSc és MSc képzéseinél.

Az értekezésben kidolgozott termikus matematikai modell lehetőséget teremt a hajtóművek részletes elemzésére, gépegységei hatásfokának, illetve veszteségeinek pontos megállapítására.

Az értekezésem porkiválasztó rendszerekkel foglalkozó része lehetőséget teremt a szakembereknek a rendszerek pontosabb megismerésére, hatásmechanizmusuk megértésére, a helikopterek teljesítménymutatóira gyakorolt hatásuk összehasonlítására.

9. A DOKTORJELÖLT TÉMÁVAL KAPCSOLATOS PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE

1. TV2-117A típusú gázturbinás helikopter hajtómű termikus körfolyamatának vizsgálata, Szolnoki Repülőtiszti Főiskola Tudományos Kiképzési Közlemények, 1991/1, 22-35. oldal.
2. TV2-117A típusú gázturbinás helikopter hajtómű kompresszorának vizsgálata, Szolnoki Repülőtiszti Főiskola Tudományos Kiképzési Közlemények, 1991/3, 40-51. oldal.
3. TV2-117A típusú gázturbinás helikopter hajtómű turbináinak vizsgálata, Szolnoki Repülőtiszti Főiskola Tudományos Kiképzési Közlemények, 1992/1, 24-38. oldal.
4. Egyforgószárnyas faroklégcsavaros helikopterek súlypontvándorlási tartománya, Kihívások a repüléstudományban a 3. évezred küszöbén tudományos konferencia, ZMNE Repülőtiszti Intézet Repüléstudományi Közlemények, 1999 XI. évfolyam 26. szám, ISSN 1417-0604, 273-284. oldal.
5. A gyűrűs vezérlőautomata kialakításának aerodinamikai összefüggései, A XX század haditechnikai forradalmának hatása a XXI század katonai repülésére tudományos konferencia, ZMNE Repülőtiszti Intézet Repüléstudományi Közlemények, 2001 különszám I., ISSN 1417-0604, 165-177. oldal.
6. Az egyforgószárnyas helikopterek forgószárnyának és reakciónyomaték kiegyenlítési módszereinek vizsgálata zaj szempontjából, valamint a lehetséges zajcsökkentési módszerek, Szolnoki Tudományos Közlemények V., ISSN 1419-256-X, 2001, 199-207. oldal.
7. Új irányzatok a helikopterek építésében, Bolyai Szemle 2001 különszám, ISSN 1416-1443, 163-175. oldal.
8. A forgószárny reakciónyomaték kiegyensúlyozásának új módszerei, „fenestron" légcsavar, NOTAR rendszer, ZMNE Repülőműszaki Intézet Repüléstudományi Közlemények, ISSN 1417-0604, 2001 XIII. évfolyam 33. szám, 119-125. oldal.
9. Noise reduction methods of modern single rotor helicopters, Proceedings of the 1st International Symposium on "Future Aviation Technologies", MZ NDU Aviation Technical Institute Bulletins in Aeronautical Sciences, ISSN 1417-0604, 2002 XIV. vol. 1., p 107-114.
10. A katonai helikopterek műszaki fejlődésének hatása harci alkalmazhatóságukra, valamint a jövő fejlesztések várható irányai (kutatási témám bemutatása), Doktoranduszok I. Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Tudományos Konferenciája, 2002, Szolnok ZMNE RMI, CD formátum.
11. Noise Reduction Methods of Modern Helicopter Manufacturing, (társszerző Dr. Szabó László), Transport Means 2006, Kaunas, Proceedings of 10th International Conference, ISSN 1822-296X, p. 320-323.

12. Thermodynamic Comparison of Helicopter Engines, (Társszerző: Prof. Dr. Óvári Gyula), Transport Means 2007, Kaunas, Proceedings of 11th International Conference, ISSN 1822-296X, p. 234-237.

13. Helikopter hajtóművek termikus összehasonlítása, Műszaki Tudomány az Észak-alföldi Régióban Konferencia 2007, Szolnok, MTA DAB Műszaki Szakbizottsága, http://www.dab.hu/digitalcity/entity/entityHomePage.jsp?dom=AAAAGVPY&egd=AAAAFXSS&prt=AAAAFXDX&efm=AAAAYPMH&bem=AAAANCEB, ISBN978-963-7064-18-0.

14. A hajtóművek termikus számításánál, valamint az adatbázisok kezelésénél alkalmazott elektronikus tansegédletek, szoftverek alkalmazásának lehetőségei a ZMNE RLI-ben. MTA DAB konferencia, Debrecen, 2008. 05. 07. (Társszerző: Dr. Békési László, Varga Béla, Miskolczi Ildikó)

15. TV2-117A, T58-GE-100, valamint RTM-322-01/9 helikopter hajtóművektermikus számítás eredményeinek összehasonlítása, Társszerző: Dr. Szabó László, Dr. Békési László), Tudomány napja megyei rendezvénye, Szolnok, MTESZ, 2008. 11. 06., Szolnoki Tudományos rendezvények XIII., http://www.szolnok.mtesz.hu/sztk/index.html, HU ISSN 2060-3002.

16. Helikopter hajtóművek a kezdetektől napjainkig, 50 év hangsebesség felett a magyar légtérben Tudományos konferencia, Szolnok, 2009. 04. 24., ZMNE RMI, http://www.szrfk.hu/rtk/index.html, HU ISSN 1789-770X.

17. A FADEC szerepe a korszerű katonai helikopterek képesség növelésében, (Társszerző: Dr. Békési László), Tudomány napja megyei rendezvénye, Szolnok, MTESZ, 2009. 11. 12., Szolnoki Tudományos rendezvények XIII., http://www.szolnok.mtesz.hu/sztk/index.html, HU ISSN 2060-3002.

18. A gázturbinás hajtóművek első 80 éve a repülésben, Műszaki Tudomány az Észak Alföldi Régióban 2010 konferencia, Nyíregyháza, 2010. 05. 19.,Konferencia kiadvány, http://www.dab.hu/digitalcity/entity/entityHomePage.jsp?dom=AAAAGVPY&egd=AAAAFXSS&prt=AAAAFXDX&efm=AAAAYPMH&bem=AAAANCEB, ISBN978-963-7064-24-1.

19. Helikopter gázturbinás hajtóművek hatásfok növelésének problémái, Véget ért a MIG-korszak Tudományos konferencia, Szolnok, 2011. 04. 15., ZMNE RLI, http://www.szrfk.hu/rtk/index.html, HU ISSN 1789-770X.

20. Helikopter gázturbinás hajtóművek optimális nyomásviszonyai a turbina előtti gázhőmérséklet és a gépegység veszteségek függvényében, Tudomány napja megyei rendezvénye, Szolnok, MTESZ, 2012. 11. 15., Szolnoki Tudományos rendezvények XVI., http://www.szolnok.mtesz.hu/sztk/index.html, HU ISSN 2060-3002.

21. Specific net work or thermal cycle efficiency, one of the questions engineers must face designing helicopter turboshaft engines, Repüléstudományi Konferencia, Szolnok, 2013. 04. 11., NKE KRT, http://www.szrfk.hu/rtk/index.html, HU ISSN 1789-770X.

10. A DOKTORJELÖLT SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ÉLETRAJZA

Személyes adatok:

Név:	Varga Béla okl. mk. alezredes
Munkahely:	Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Beosztás:	főiskolai docens
Születési idő:	1958. 11. 01.
Születési hely:	Lajosmizse
Családi állapot:	házas
Gyerekek:	21 éves fiú
Nemzetiség:	magyar
Beszélt nyelvek:	angol/orosz/magyar
Hobbi:	repülés, futás

Iskolai végzettségek:

2011-2013: Nemzeti Közszolgálati Egyetem (Zrínyi Mikós Nemzetvédelmi Egyetem), Katonai Műszaki Doktori Iskola;
2008: Gripen típusátképző tanfolyam, Halmstad, Svédország, Gripen technikus;
1987-1990: Budapesti Műszaki Egyetem; Budapest, gépészmérnök;
1978-1982: Kilián György Repülőműszaki Főiskola, Szolnok, hőerőgépész üzemmérnök.

Munkahelyek:

1990-2013: Tanársegéd a Kilián György Repülőműszaki Főiskolán, majd számos átszervezés után adjunktus, később főiskolai docens a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Sárkány Hajtómű Tanszékén, majd végül főiskolai docens a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Tanszékén;
1982-1987: Kiképző tiszt, Repülőműszaki Tiszthelyettes-képző Iskola, Szolnok.

Oktatói tapasztalat:

Tiszthelyettes képzés: Aerodinamika, Mi-8 helikopter szerkezete;
Főiskolai (később BSC) képzés: Mi-8 helikopter szerkezete és üzemeltetése, Repülőgépek és helikopterek szerkezete, Aerodinamika, Hőtan, Hajtóműelmélet, Repülőgép hajtóművek szerkezete.

Tudományos munka:

Multimédiás programok készítése és felhasználása a repülőműszaki technikusok és mérnökök képzésében;
Repülőgép gázturbinás hajtóművek termikus elemzése és modellezése.

****

Ezúton is köszönetet mondok mindazoknak, akik kritikai észrevételeikkel, tanácsaikkal, véleményükkel segítették a kutatómunkám sikeres elvégzését, a kitűzött célok teljesítését.

Külön köszönöm Prof. Dr. Óvári Gyulának, tudományos témavezetőmnek a sokéves fáradozását.

Szolnok, 2013. 07. 15.

Varga Béla okl. mk. alezredes