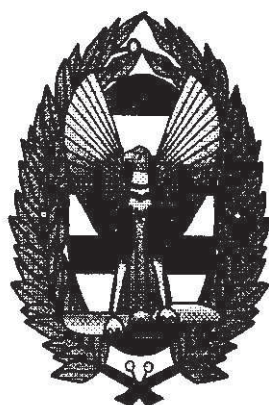


ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
REPÜLŐTISZTI INTÉZET

REPÜLÉSTUDOMÁNYI
KÖZLEMÉNYEK



XI. ÉVFOLYAM 26.SZÁM

1999/1.

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
XI. ÉVFOLYAM 26. SZÁM
1999/1.

**A ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
TUDOMÁNYOS LAPJA**

Felelős kiadó:

Dr. Szabó Miklós rektor

Felelős szerkesztő:

Dr. Hadnagy Imre alezredes

A szerkesztőség címe:

Szolnok, Killián út 1.

Telefon: 56-343-422 (48-75 mell.)

Szerkesztőbizottság:

Dr. Péter Tamás, Dr. Pokorádi László, Varga Béla, Dr. Szántai Tamás
Bottyán Zsolt, Dr. Pintér István, Dr. Óvári Gyula, Kovács József, Békési Bertold
Dr. Rohács József, Dr. Németh Miklós, Eszes János, Dr. Gedeon József
Dr. Szabó László, Dr. Szabolcsi Róbert, Vörös Miklós, Timár Szilárd.

Lektorai Bizottság:

Dr. Péter Tamás, Dr. Pokorádi László, Dr. Szántai Tamás, Dr. Óvári Gyula
Dr. Rohács József, Dr. Németh Miklós, Dr. Gedeon József, Dr. Szekeres István
Dr. Szabolcsi Róbert, Dr. Horváth János, Dr. Gausz Tamás, Dr. Sánta Imre
Dr. Pásztor Endre, Dr. Kurutz Károly, Dr. Nagy Tibor, Dr. Ludányi Lajos
Dr. Kuba Attila, Dr. Jakab László.

Készült a ZMNE Repülőtisztai Intézet Nyomdájában,
200 példányban

Felelős vezető: Szepesi János

ISSN 1417-0604

**A "KIHÍVÁSOK A REPÜLÉSTUDOMÁNYBAN A
3. ÉVEZRED KÜSZÖBÉN" TUDOMÁNYOS
KONFERENCIA KIADVÁNYA**

I. RÉSZ

A KONFERENCIA VÉDNÖKEI:

Prof. Dr. Szabó Miklós ny. vezérőrmagy,
a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem rektora

Dr. Szabó József ny. vezérőrmagy,
a Magyar Hadtudományi Társaság elnöke

Talla István vezérőrmagy
mb. Légierő Vezérkari főnök

A KONFERENCIA HELYE:

ZMNE Repülőtiszti Intézet, Szolnok

A KONFERENCIA IDEJE:

1999. április 17.

A KONFERENCIA TÁMOGATÓI:

RAIFFEISEN BANK

RICO-SZOL KFT

HBI PARTNER KFT

A konferencia szervezésében és lebonyolításában a támogatók által nyújtott segítséget a Szervezőbizottság ezúton köszöni meg.

A KONFERENCIA PROGRAMBIZOTTSÁGA:

Dr. Németh Miklós, ZMNE Repülőtiszi Intézet, intézet igazgató
Dr. Habil. Óvári Gyula, tanszékvezető, egyetemi docens
Dr. Habil. Pintér István, egyetemi docens, tanszékvezető-helyettes
Dr. Szabolcsi Róbert, tanszékvezető, egyetemi docens
Dr. Szilágyi Tivadar, tudományos rektorhelyettes
Dr. Turcsányi Károly, tanszékvezető, egyetemi tanár, tudományos dékánhelyettes
Dr. Csűrös János, tanszékvezető, egyetemi tanár, kari dékán
Dr. Pokorádi László, egyetemi docens, tanszékvezető-helyettes
Dr. Gausz Tamás, BME, egyetemi docens
Dr. Sánta Imre, BME, egyetemi docens, tanszékvezető-helyettes
Dr. Rohács József, BME, tanszékvezető, egyetemi tanár
Dr. Pásztor Endre, BME, tudományos főmunkatárs
Dr. Gedeon József, BME, tudományos főmunkatárs
Dr. Ludányi Lajos, egyetemi adjunktus.

A KONFERENCIA SZERVEZŐBIZOTTSÁGA:

Dr. Szabolcsi Róbert, ZMNE VSZTK, Fedélzeti Rendszerek Tanszék
Békési Bertold, ZMNE VSZTK, Fedélzeti Rendszerek Tanszék
Kavas László, ZMNE VSZTK, Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék
Varga Béla, ZMNE VSZTK, Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék.

A KONFERENCIA SZERVEZŐI:

Magyar Hadtudományi Társaság, Légierő Szakosztály,
Repüléstudományi Csoport, Szolnok,
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Fedélzeti Rendszerek Tanszék,
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Repülő Sárkány-Hajtómű Tanszék.

A KONFERENCIA KIADVÁNYÁNAK SZERKESZTŐI:

Dr. Szabolcsi Róbert mérnök alezredes, tanszékvezető, egyetemi docens,
Békési Bertold mérnök százados, egyetemi tanársegéd,

A KONFERENCIA PROGRAMJA

PLENÁRIS ÜLÉS

A plenáris ülés elnöke: Dr. Németh Miklós
Társelnök: Dr. Habil. Pintér István

10⁰⁰ Megnyitó - Dr. Németh Miklós

10⁰⁵-10²⁰ Prof. Dr. Szabó János

„Katonai repülés humán erőforrás gazdálkodása a következő évezredben.”

10²⁰-10³⁵ Talla István

„A légierő feladatai a NATO csatlakozás tükrében.

10³⁵-10⁵⁰ Dr. Horváth János - Dr. Kormos László

„A légierő repülőszakember képzésének koncepciója 2000 után”

10⁵⁰-11⁰⁵ Dr. Szilágyi Tivadar

„A doktori képzés jövője”

11⁰⁵-11²⁰ Dr. Szabó József

„A légierő fejlődésének története napjainkig”

11²⁰-11³⁵ SZÜNET

Elnök: Dr. Szilágyi Tivadar
Társelnök: Dr. Szabolcsi Róbert

11³⁵-11⁵⁰ Dr. Rohács József

„Tolóerőirány szabályozás repülőgépeken”

11⁵⁰-12⁰⁵ Dr. Óvári Gyula - Keszthelyi Gyula

„A tudományos technikai forradalom hatása a XXI. század katonai repülésére”

12⁰⁵-12²⁰ Dr. Gedeon József

„Sztochasztikus módszerek a repüléstudományban”

12²⁰-12³⁵ Dr. Sánta Imre

„Gázturbinás repülőgép hajtóművek fejlesztési tendenciái, a várható jövő”

12³⁵-12⁵⁰ Dr. Gausz Tamás

„Helikopter rotorok működésének integrált szimulációja”

13⁰⁰-13³⁰ EBÉD

**„A” SZEKCIÓ
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK I.**

**A szekció elnöke: Dr. Gedeon József
Társelnök: Bottyán Zsolt**

13³⁰-13⁴⁵ Dr. Péter Tamás

„Repülőgépek sztochasztikus földterési folyamatait modellező nemlineáris lengőrendszerek ekvivalencia osztályozása”

13⁴⁵-14⁰⁰ Bottyán Zsolt

„A CFIT típusú repülőgép katasztrófák túlélési arányának alakulása néhány földrajzi paraméter függvényében”

14⁰⁰-14¹⁵ Dr. Péter Tamás - Dr. Zibolen Endre

„Modern computer-algebrai módszerek alkalmazása a mérnöki tervezésben”

14¹⁵-14³⁰ Domján Károly

„Légi járművek sárkányrendszerei”

14³⁰-14⁴⁵ Bottyán Zsolt - Sárközi Szilárd

„Az alacsonyszintű orkáncsatorna, mint repülésre veszélyes időjárási tényező. Egy repülőgép katasztrófa lehetséges magyarázata”

**„B” SZEKCIÓ
INTERDISZCIPLINÁRIS TUDOMÁNYOK I.**

**A szekció elnöke: Dr. Szilágyi Tivadar
Társelnök: Dr. Pokorádi László**

13³⁰-13⁴⁵ Dr. Pokorádi László

„Kockázatkezelés a repülésben”

13⁴⁵-14⁰⁰ Dr. Szabó László - Kavas László - Szilágyi Mihály

„Az FSM-29 szimulátor gyakorlati alkalmazásának lehetősége a MÍG-29-es pilóták kiképzésében a Magyar Honvédségnél”

14⁰⁰-14¹⁵ Dr. Pokorádi László - Madarász László

„A repülőműszaki menedzsment és a kockázatkezelés”

14¹⁵-14³⁰ Dr. Peták György

„A vadászrepülőgépek korszerűsítése, harci hatékonyságuk, túlélő képességük és fenntartási költségeik néhány összefüggése”

14³⁰-14⁴⁵ Dr. Pokorádi László - Bera József

„A jövő század repülésének környezeti kihívása”

„C” SZEKCIÓ OKTATÁS, KIKÉPZÉS

**A szekció elnöke: Dr. Csűrös János
Társelnök: Dr. Szabolcsi Róbert**

13³⁰-13⁴⁵ Dr. Szabolcsi Róbert - Kovács József

„Új szakok a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Fedélzeti Rendszerek Tanszékén”

13⁴⁵-14⁰⁰ Békési László

„A multimédia alkalmazási lehetőségei a helikopter aerodinamika tantárgy elsajátítási hatékonyságának növelése érdekében”

14⁰⁰-14¹⁵ Kavas László

„Számítógépes oktatóprogramok a hallgatók gépészmérnök képzésében”

14¹⁵-14³⁰ Békési László

„A működő modellek alkalmazási lehetőségei az aerodinamika tantárgy oktatása során”

14³⁰-14⁴⁵ Tóth Tivadar

„WAN-ok (Nagy kiterjedésű számítógépes hálózat) kialakulása, jelene, jövője”

„D” SZEKCIÓ MŰSZAKI TUDOMÁNYOK II.

**A szekció elnöke: Dr. Turcsányi Károly
Társelnök: Dr. Ludányi Lajos**

13³⁰-13⁴⁵ Kovács Klára

„A Delphi programrendszer alkalmazásának lehetőségei a repülőeszközök üzemeltetése során alkalmazott anyagok raktározásában és tárolásában”

13⁴⁵-14⁰⁰ Dr. Ludányi Lajos

„A radarjelek detektálása neurális hálózat alkalmazásával.”

14⁰⁰-14¹⁵ Dr. Szabolcsi Róbert

„Solution of Control Problems Using MATLAB®”

14¹⁵-14³⁰ Szaniszló Zsolt - Burján Tamás

„Rezgésvizsgálat gyakorlati alkalmazási lehetőségei a Magyar Honvédség repülőcsapatainál.”

14³⁰-14⁴⁵ Ailer Piroska

„Kisteljesítményű gázturbina szabályozásának matematikai modellezése”

14⁴⁵ - 15⁰⁰ SZÜNET

"E" SZEKCIÓ
TÁRSADALMI KIHÍVÁSOK ÉS ÚTKERESÉS A REPÜLÉSTUDOMÁNY
ÉS VEZETÉS-SZERVEZÉS KAPCSOLATÁBAN

A szekció elnöke: Mráz István
Társelnök: Dr. Habil. Pintér István

15⁰⁰-15¹⁵ Tóth Sándor

"A katonai szemlélet és militáns elvárások helyének, szerepének változása az ezredfordulón a politikai rendszerben és hatása a repülések vezetésére és szervezésére."

15¹⁵-15³⁰ Mráz István

"Az MH informatikai rendszere fejlesztését akadályozó humán tényezők az évezred küszöbén a NATO elvárások tükrében, különös tekintettel a repülés igényeire."

15³⁰-15⁴⁵ Dr. Habil. Pintér István

"A katonai vezetés elmélete és gyakorlata fejlődésének tendenciája a NATO csatlakozás tükrében az ezredfordulón, és hatása a repülőalakulatokra."

15⁴⁵-16⁰⁰ Tóth Zoltán

"A katonai vezetési módszerek fejlődésének dinamikája és kritikus területei, a NATO vezetésfelfogása és az MH alegységei tényleges állapota alapján. A csoportos munkavégzés vezetés-módszertani problémái a repülőcsapatok életében."

"F" SZEKCIÓ
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK III.

A szekció elnöke: Dr. Gausz Tamás
Társelnök: Békési Bertold

15⁰⁰-15¹⁵ Békési Bertold

"Lézergiroszkópok elméleti alapjai"

15¹⁵-15³⁰ Szilvássy László - Békési Bertold

"Rakéta hajtóművek"

15³⁰-15⁴⁵ Varga Béla

"Egyforgószárnnyas faroklégcsavaros helikopterek súlypont vándorlási tartománya"

15⁴⁵-16⁰⁰ Békési Bertold

"Mechanikai és optikai lézergiroszkópok"

16⁰⁰-16¹⁵ Abdesselam, Aomar

"Effects of the Hydraulic Servo-Actuator Anomalies on the Aircraft and Control System"

"G" SZEKCIÓ
INTERDISZCIPLINÁRIS TUDOMÁNYOK II.

A szekció elnöke: Dr. Németh Miklós
Társelnök: Palik Mátyás

15⁰⁰-15¹⁵ Dr. Czövek László

"A TESZTER típusú fedélzeti adatrögzítő rendszer új típusú gyorskiértékelő berendezésének fejlesztése."

15¹⁵-15³⁰ Kiss Gyula

"Teljesen automatikus, digitális repülésvezérlő rendszerek a gyakorlatban."

15³⁰-15⁴⁵ Jánosi Krisztina

"Változások a magyar katonai repülésirányításban."

15⁴⁵-16⁰⁰ Palik Mátyás

"A pilóta nélküli repülőekkel megoldható feladatok a NATO harcászati Légierő alkalmazási formái keretében."

16²⁰ ZÁRÓ PLENÁRIS ÜLÉS

A plenáris ülés levezető elnöke:
DR. SZABÓ JÓZSEF, az MHTT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

Dr. Óvári Gyula - Keszthelyi Gyula A MÍG-29 típusú repülőgépek logisztikai rendszere a NATO tagság tükrében (Gondolatok, javaslatok a típus jövőjéről).	15
Dr. Gausz Tamás Helikopter rotorok működésének integrált szimulációja	25
Bottyán Zsolt A CFIT típusú repülőgép katasztrófák túlélési arányának alakulása néhány földrajzi paraméter függvényében	41
Bottyán Zsolt - Sárközi Szilárd Az alacsonyszintű „orkáncsatoma”, mint repülésre veszélyes időjárási tényező. Egy repülőgép katasztrófa lehetséges magyarázata	53
Dr. Pokorádi László Kockázatkezelés a repülésben	65
Dr. Szabó László - Kavas László - Szilágyi Mihály Az FSM-29 szimulátor gyakorlati alkalmazásának lehetősége a MÍG-29-es pilóták kiképzésében a Magyar Honvédségnél	79
Dr. Pokorádi László - Madarász László A repülőműszaki menedzsment és a kockázatkezelés	95
Dr. Peták György A vadászrepülőgépek korszerűsítése, harci hatékonyságuk, túlélő képességük és fenntartási költségeik néhány összefüggése	105
Dr. Pokorádi László - Bera József A jövő század repülésének környezeti kihívása	121
Békési László A multimédia alkalmazási lehetőségei a helikopter aerodinamika tantárgy elsajátítási hatékonyságának növelésében	133
Kavas László Számítógépes oktatóprogramok a hallgatók gépészmérnök képzésében	143

Békési László A működő modellek alkalmazási lehetőségei az aerodinamika tantárgy oktatása során	153
Kovács Klára A Delphi programrendszer alkalmazásának lehetőségei a repülőeszközök üzemeltetése során alkalmazott anyagok raktározásában és tárolásában	163
Dr. Ludányi Lajos A radarjelek detektálása neurális hálózat alkalmazásával	171
Dr. Szabolcsi Róbert Solution of Control Problems Using MATLAB®	187
Szaniszló Zsolt - Burján Tamás Rezgésvizsgálat gyakorlati alkalmazási lehetőségei a Magyar Honvédség repülőcsapatainál	225
Ailer Piroska Kisteljesítményű gázturbina szabályozásának matematikai modellezése	239
Békési Bertold Theoretical Backgrounds of the Ring Laser Gyros	253
Szilvássy László - Békési Bertold Rakéta hajtóművek	263
Varga Béla Egyforgószárnyas féroklégcsavaros helikopterek súlypontvándorlási tartománya	273
Békési Bertold Mechanical and Optical Laser Gyros	285
Jánosi Krisztina Változások a magyar katonai repülésirányításban	293
Palik Mátyás A pilóta nélküli repülőekkel megoldható feladatok a NATO harcászati légierő alkalmazási formái keretében	307

RAKÉTA HAJTÓMŰVEK

Szilvássy László mérnök őrnagy
Békési Bertold mérnök százados
egyetemi tanársegéd
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem
Vezetés- és Szervezéstudományi Kar
Fedélzeti Rendszerek Tanszék

A szerzők célja bemutatni a repülőgép-fedélzeti rakétákban alkalmazott hajtóművek különböző típusait, többek között a torlósugarhajtóművet is.

BEVEZETÉS

A szerzők előző cikkükben a repülőgép-fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagokról írtak, ahol elsősorban a szilárd hajtóanyag formákat mutatták be. Ez a cikk kapcsolódik az előzőhöz, igaz röviden bemutatva szinte a teljes keresztmetszetét a repülőgép-fedélzeti rakétákon alkalmazott rakétahajtóműveknek.

A REAKTÍV HAJTÓMŰVEK OSZTÁLYOZÁSA

A rakétahajtóműveket fizikai szempontok alapján a reaktív hajtóművek csoportjába sorolhatjuk, melyeket alapvetően két nagy csoportra oszthatunk:

Az egyik nagy csoportba azok a hajtóművek tartoznak melyek az atmoszférában található levegőt használják, mint az energiaforrás nélkülözhetetlen komponensét, vagy mint a kiáramló tömeget, vagy mint mindkettőt. Ezeket a hajtóműveket levegőnyelő (aerob) hajtóműveknek nevezzük. Ilyen hajtóműveket találhatunk a repülőgépeken, néhány rakétán és a robot repülőgépeken. Ezeknek a hajtóműveknek az alkalmazási magassága igen korlátozott és bármennyire is szeretnénk, de 30.000 méter fölött már nem alkalmazhatóak.

A másik nagy csoportba azok a hajtóművek tartoznak, melyeknek nincsen

szükségük a környezetükben található levegőre sem energiaforrásként, sem pedig a kiáramló tömeghez. Ezek a levegőt nem nyelő (anaerob) hajtóművek. Talán a legismertebb alkalmazási területük űrhajózási hordozó rakéták.

Levegő nyelő hajtóművek

A légcsavaros hajtóműnél a vonóerőt a légcsvavar keresztmetszetén, az úgynevezett légcsavartárcsán átáramló levegő felgyorsításával állítjuk elő. A v sebességgel mozgó repülőgépre szerelt légcsvavar a "beszívott" levegőt $2w$ sebességnövekedéssel "löki" hátra. Mivel hatása a tárcsa előtt és mögötti térre is kiterjed, amit a sugárkontrakció mutat, bizonyítható, hogy a légcsvavar síkjában sebességnövekmény feleakkora, vagyis w .

A légcsvart hajthatja dugattyús motor, vagy gázturbina. Mindkét esetben a hajtómű a környezeti levegőt használja az energiaforrás egyik komponensként.

A légcsavaros hajtómű legjobban a viszonylag kis sebességű repülőgépeknél, légijárműveknél alkalmazható.

A gázturbinás sugárhajtómű főalkotó elemei a levegő szívócsatorna, a sűrítő vagy kompresszor, az égőkamra, a turbina és a fűvócső. Az égőkamrában, a sűrített levegőben elégetett üzemanyagból nyert energia egy részét a turbina átalakítja mechanikai energiává a kompresszor hajtására, a megmaradó rész a fűvócsőben átalakul mozgási energiává és tolóerőt fejt ki.

Ezt a hajtómű típust a közepes és nagy sebességű repülőgépeknél, robotrepülőgépeknél kerül alkalmazásra. (körülbelül 2-2,5 M tartományig)

Az ennél nagyobb sebességeknél már feleslegessé válik a turbókompresszor, mivel a szívócsatornában létesített torlónyomás, rekompreszió elegendő az égési reakció jó hatásfokú lefolyásához. Az ilyen típusú hajtóműveket hívjuk a torlósugar hajtóműnek.

Ez a propulziós rendszer csupán a levegő beömlőcsatornából, az égőtérből és a fűvócsőből áll. Mivel nincsenek benne nagy sebességgel forgó alkatrészek, mint a kompresszor, vagy a turbina, felépítése sokkal egyszerűbb, mint a gázturbinás sugárhajtóművéké. Ezzel szemben viszont nagy hátránya, hogy csak nagy sebességeknél (kb. kétszeres Mach szám elérése után) lehet beindítani. Emiatt a torlósugarhajtóművet mindig gázturbinás sugárhajtóművel vagy rakétahajtóművel kell társítani.

Levegőt nem nyelő hajtóművek

A levegőt nem nyelő hajtóműveket leggyakrabban rakétahajtóműként szoktuk emlegetni. Vizsgáljuk meg mit is nevezünk rakétahajtóműnek.

"Olyan különleges sugárhajtómű, amely a működéshez nem a környező levegőt használja fel, hanem az üzemeltetéshez szükséges anyagot a fedélzeten

RAKÉTA HAJTÓMŰVEK

viszi magával. Ebből eredően a rakétahajtómű bárhol, még légüres térben is elő tud állítani tolóerőt. A rakétahajtómű lehet: kémiai, atom- és elektromos rendszerű. A kémiai rakétahajtómű munkaközege nagy hőmérsékletű gáz, a rakéta-hajtóanyag égésének v. nagyon gyors bomlásának a terméke. Ma még az atom-rakétahajtómű fejlesztési stádiumban van; az elektromos rakétahajtóművek pedig gyakorlatilag csak az irányító rendszerek orientációs egységeiben fordulnak elő." [14]

A fenti definíciót megvizsgálva a rakétahajtóműveket két csoportra oszthatók:

Az egyikben — a kémiai rakétahajtóművekben — az energiaforrás és a kiáramló tömeg szoros összefüggésben van egymással

A másikban a hajtómű energia forrása és a kiáramló tömeg nincsen olyan szoros összefüggésben egymással. Például használható az atomenergia vagy a napenergia. A kiáramló tömeget gyorsíthatjuk magas hőfokú gázkeverék expanziójával vagy esetleg elektromágneses tér segítségével.

Számunkra az első csoport a lényeges ugyanis a repülőfedélzeti rakétákban ezen az elven működő hajtóműveket alkalmazunk, mivel gyakorlati megvalósítása az ilyen típusú hajtóműveknek lehetséges viszonylag olcsón és egyszerűen. Ezek a hajtóművek azért is alkalmasak repülőfedélzeti rakétákban való alkalmazásra, mert rövid idő alatt képesek igen nagy sebességeket (akár 3-3,5 M) elérni, így igen nagy távolságokat rövid idő alatt megtenni.

A repülőgép-fedélzeti rakétákban alkalmazott rakétahajtóműveket a következőképpen csoportosíthatjuk:

RAKÉTAHAJTÓMŰ					
FOLYÉKONY HAJTÓANYAGÚ		SZILÁRD HAJTÓANYAGÚ		KOMBINÁLT HAJTÓMŰ	
EGYFOKOZATÚ	KÉTFOKOZATÚ	EGYFOKOZATÚ	KÉTFOKOZATÚ		KÉTFOKOZATÚ

1. sz. táblázat
A rakétahajtóművek felosztása

Ha csoportosítjuk a repülőgép-fedélzeti rakétákat, és megvizsgáljuk, hogy a különböző csoportokban milyen rakétahajtóművek fordulnak elő, akkor a következő következtetésre jutunk. Nem irányítható rakéták esetében kutatásaim során nem talákoztam csak szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel. Ez a rakéták viszonylag gyakori kis méretével és a hajtómű gyártási hibáiból adódó viszonylag kis szórásból és a hajtómű megbízható működéséből, olcsó

előalíthatóságából adódik. Az irányítható rakéták között különbséget kell tenni a légi harc és a felszín elleni rakéták között. A légi harc rakéták között sem találtam csak szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművet, míg a felszínelleni rakéták között igen nagy a választék. A rakéta harcászati jellegétől, vagy a hatótávolságtól illetve a rakéta méretétől függően ebben a csoportban megtalálható valamennyi korábban felsorolt hajtómű.

A felsorolt reaktív hajtóművek szinte bármilyen kombinációja előfordulhat a rakétákon és ennek függvényében beszélünk egyfokozatú, vagy kétfokozatú hajtóműről. Háromfokozatú hajtóművel egyelőre nem találkoztam, de létezését nem tartom kizártnak, mivel az elektronika igen gyors fejlődésével a lokátorok, egyéb felderítő eszközök hatótávolsága is fejlődik, ami lehetővé teszi az egyre nagyobb távolságból történő rakétaindítást.

A sajtóban robotrepülőgépként vagy cirkálórakétaként emlegetett eszközöknek gázturbinás sugárhajtóműve van esetleg utánégetővel, vagy nélküle. Éppen ezért ha a hajtómű oldaláról közelítjük meg az eszköz elnevezését, akkor a robotrepülőgép a jobb elnevezés, de legtöbb szakmai könyvben rakétaként írnak ezekről az eszközökről. Nem tartom tisztemnek az elnevezések közötti ellentmondást feloldani csak rá szeretnék világítani, az elnevezések közötti ellentmondásra.

A hagyományos értelemben vett rakéták között találunk olyat, amelyik egyfokozatú, szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel rendelkezik, melyek felépítését nem tervezem tárgyalni. Találunk viszont olyat, amelyik kétfokozatú hajtóművel rendelkezik, melyek közül az első fokozat — a gyorsító fokozat — szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű. Ezen rakéták második fokozata lehet levegőt nem nyelő, tehát a hagyományos értelemben vett rakétahajtómű, lehet viszont levegőt nyelő torlósugárhajtómű. Ezek között a hajtóművek között is megkülönböztethetünk folyékony és szilárd hajtóanyagú hajtóműveket.

Szilárd és folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművek rövid összehasonlítása

A szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű szerkezetét tekintve igen egyszerű. A szilárd hajtóanyagot — általában különféle lőporokat — hajtótöltet formájában,¹ a tüzelőtérben helyezik el, így tulajdonképpen a tüzelőtér egyben a hajtóanyagtartály, és egyben a rakéta törzse is.

Igen fontos előnye:

¹ lásd [15] Szilvássy László: Repülőgép-fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagok, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Repülőtiszt Intézet Repüléstudományi Közlemények, X. évfolyam 25. szám 1998/2.

RAKÉTA HAJTÓMŰVEK

- szerkezet, így a gyártása is egyszerű és viszonylag olcsó;
- a hajtótöltet állandóan a rakétában tárolható;
- az indításhoz való előkészítés időigénytelen.

Hátrányai:

- mivel a hajtótöltet tárolótartálya a hajtómű működése során tüzelőtérre változik, és egyben a rakéta törzse is, így a fellépő nagy nyomást és hőmérsékletet a tervezéskor figyelembe kell venni, ami megnövelheti a tüzelőtér méretét;
- viszonylag kis fajlagos tolóerő;
- az égési folyamatot jelentősen befolyásolja a töltet kezdeti hőmérséklete;²
- nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem oldható meg a hajtómű leállítása.

Figyelembe véve a felsorolt előnyeit — hátrányai ellenére — páncéltörő, tüzérégi, légvédelmi, repülőgép-, helikopter-, hajó- és tengeralattjáró-fedélzeti rakétákban is széleskörű alkalmazást nyert. A korszerű szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművek legnagyobb fajlagos tolóereje 3000 N/kg, a legnagyobb tüzelőtérnyomásuk pedig mintegy 20 MPa.

A folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművet gyakran alkalmazzák közepes ill. nagy hatótávolságú rakétafegyverekben. Az ilyen típusú hajtóművek szerkezete bonyolultabb, mint a korábban tárgyalt szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművéké. Általában hajtóanyag tartályból vagy tartályokból, hajtóanyag-táprendszerből, hajtóházból (tüzelőtér a fűvókával) és a hajtómű automatikából áll. A hajtóanyagtartályokban tárolt összetevőket (általában oxidálóanyagot és tüzelőanyagot) a táprendszer szállítja a tüzelőtérbe, ahol a meggyulladás után folyamatos égés játszódik le.

A hajtómű-automatika irányítja a hajtómű működését:

- a megindítását;
- az összetevők begyűjtését;
- a tüzelőtérbe betáplálendő hajtóanyag mennyiségének szabályozását;
- az összetevők egymáshoz viszonyított mennyiségének megváltoztatását;

² Töltet kezdeti hőmérséklete: a hajtótöltetek lényeges tulajdonsága. A töltethőmérséklet meghatározza a szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművek tolóerejét, ugyanis a kisebb hőmérsékletű hajtótöltet lassabban ég. A lassabban égés eredményeként egy időegység alatt kevesebb égéstermék keletkezik, tehát kisebb a tolóerő. A töltethőmérsékletnek -30 °C-ról +40 °C-ra való növelésekor a tolóerő, a hajtóanyag fajtajától függően, 40-60 %-kal növekedhet. A töltethőmérsékletet a löelemek megadásakor, illetve a szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművek üzemeltetése során figyelembe kell venni. [14]

— a hajtómű leállítását.

A folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművek előnyös tulajdonságai:

- a szabályozás egyszerűsége és pontossága;
- a gyors és pontos leállítás lehetősége;
- viszonylag magas fajlagos tolóerő.

Hátrányai

- bizonyos típusú hajtóanyag-összetevőket sajátos tulajdonságuk miatt nem lehet a rakéta fedélzeti tartályaiban tárolni huzamosabb ideig;
- az előbbiből következően viszonylag nagy előkészítési idő;
- szerkezete meglehetősen bonyolult;

	Fajlagos tolóerő [Ns/kg]	Kiáramlási sebesség [m/s]	Tüzelőtérnyomás [MPa]
Szilárd hajtóanyagok	2500-3000	1000-2500	15-20
Folyékony hajtóanyagok	3500-4000	2500-4000	6-8

2. sz. táblázat
Hajtóanyagok összehasonlítása

A különböző hajtóanyagú rakétahajtóművekről eddig leírtakat figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a gazdaságossági és kezelhetőségi szempontokat figyelembe véve látható, hogy a szilárd hajtóanyagformák térhódítása miért olyan jelentős a repülőfedélzeti rakéták körében.

Rakétákon alkalmazott torlósugarhajtómű felépítése

Torlósugarhajtóművel felszerelt rakéták különös ismertetője, hogy rendelkeznek valamilyen levegőbeömlő csatomával, vagy csatomákkal. Ismerek olyan rakétát, melynek a levegő beömlő csatomája külső megjelenésében a MiG-21 repülőgép beömlő csatomájára hasonlít. Ha jobban megvizsgáljuk a rakéta hajtóművének felépítését a hasonlóság fokozódik, ugyanis a rakéta második fokozata nem más, mint az egyik ismert MiG repülőgép utánégető fokozata, folyékony kerozin üzemanyaggal. Természetesen mire ez a hajtómű működésbe kezd a rakéta már közel 2 Mach sebességgel repül. Ezt a sebességet négy darab szilárd hajtóanyagú leváló rakétahajtómű biztosítja.

A másik igen gyakran alkalmazott torlósugarhajtómű felépítését tekintve eltér az előbb említettől. A különbség az, hogy a levegő beömlő csatoma a rakéta

RAKÉTA HAJTÓMŰVEK

testen kívül, az oldalán helyezkedik el. A leggyakrabban alkalmazott beömlőcsatoma szám a négy. Éppen ez az, ami nagyon sok félreértésre ad okot ugyanis felületes szemlélő számára ez a négy beömlőcsatoma úgy néz ki, mintha négy gyorsító fokozat lenne, amiről fentebb írtam. Az ilyen típusú rakétahajtómű általában közös hengeres testben nyer elhelyezést a gyorsító hajtóművel egymás mögötti elrendezésben. A rakéta indulásakor csak a gyorsító fokozat indul és viszonylag rövid idő alatt nagymennyiségű szilárd hajtóanyagot éget el, progresszív égéssel a rakéta gyorsításához. A gyorsító fokozat kiégésével egy időben indul a második menet vagy utazó fokozat, ami a kiéget indító-hajtóműteret használja égőtérként, ahol megtörténik hajtóanyag elégetése a környező levegő segítségével. A levegő beömlő csatomák addig, míg a gyorsító fokozat működik lezárásra kerülnek egy speciális dugó segítségével. (lásd I. sz. ábra felső rajz) A dugókat a start hajtóműben uralkodó nagy nyomás tartja a helyükön mindaddig amíg a hajtómű nyomása magasabb mint a torlónyomás. Ez pedig a hajtómű kiégésekor következhet csak be. Ekkor a dugók a torlónyomás hatására beesnek az égőtérbe és rendszerint elégnek vagy távoznak a fűvókán keresztül. Az indító hajtómű kiégésével egy időben szükség van a fűvóka keresztmetszetének megnövelésére a menet hajtómű igényeinek megfelelően (lásd I. sz. ábra alsó rajz). Ezt a leggyakrabban egy lerobbantható fűvóka egységgel oldják meg. A menet hajtómű a hajtóanyag tekintetében lehet akár folyékony akár szilárd. Bármelyikről is legyen szó olyan összetételű, hogy az égés során felhasználásra kerülő oxigén csak egy részét tartalmazza így szükséges a külső levegő betáplálás a tökéletes égéshez.



I. sz. ábra
A torlósugarhajtómű felépítése

SZILVÁSSY LÁSZLÓ, BÉKÉSI BERTOLD

Végezetül szeretnék néhány példát felsorolni az ismertebb rakétákon alkalmazott különböző rakétahajtóművekre. (Előre bocsátom, hogy a felsorolás csak olyan információt tartalmaz amely az irodalomjegyzékben felsorolt nyílt, szabadon hozzáférhető könyvekben, jegyzetekben fellelhető.)

	EGYFOKOZATÚ		KÉTFOKOZATÚ			
	SZILÁRD	FOLYÉKONY	ELSŐ FOKOZAT		MÁSODIK FOKOZAT	
			SZILÁRD	FOLYÉKONY	SZILÁRD	FOLYÉKONY
AA-1, -2, -3, -4	X					
AA-5, -6, -7, -8	X					
AA-6, -7, -8	X					
AS-4, -5, -6		X				
AS-15		X***				
SA-4, Ganef			X			X**
SA-6, Gainful			X		X*	
AS.11			X		X	
ASMP			X			X**
Kormoran			X		X*	
ANS			X		X*	
Martel			X		X	
Gabriel III A/S			X		X	
Penguin			X		X	
RB 05A				X		X
ACM		X***				
AGM-86B		X***				
AGM-84A Harpon		X***				
AMRAM, AIM-120	X					
ASAT			X		X	
Phoenix, AIM-54	X					
Sidewinder, AIM-9	X					
Sparrow, AIM-7	X					

* torlósugár rakétahajtómű

** kerozin hajtóanyagú, torlósugárhajtómű

*** gázturbinás sugárhajtómű

3. sz. táblázat
Néhány rakéta és hajtóműve

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bill GUNSTON: Korszerű harci repülőgépek fegyverzet, Zrínyi Kiadó, Budapest, 1995.

RAKÉTA HAJTÓMŰVEK

- [2] Haditechnika folyóirat 1996/3. szám
- [3] Haditechnika folyóirat 1997/4. szám
- [4] Hadtudományi lexikon CD-ROM, MHTT 1995, Scriptum Rt. 1998.
- [5] Idegen hedseregek katonai repülőerőiben rendszeresített főbb fedélzeti pusztítóeszközök, Magyar Honvédség kiadványa 1993, (Id/16 Szabályzat)
- [6] KAKULA János mk. őrnagy: Rakéták szerkezetana, Főiskolai jegyzet, KGyRMF, Szolnok 1989.
- [7] KAKULA János mk. őrnagy: Robbanóanyagok és a robbanás hatásai, Főiskolai jegyzet, KGyRMF, Szolnok 1990.
- [8] DR. LUKÁCS László: Katonai robbantástechnika és a környezetvédelem, ZMNE HTK, 1997.
- [9] MiG-29 publication by 4+ Publishing Co., Praha, 1995.
- [10] Militair folyóirat I. évf./ 1. szám, Triak gmk, 1996. május
- [11] Militair folyóirat I. évf./ 2. szám, Triak gmk, 1996. június
- [12] NAGY István György-SZENTESI György: Rakétafegyverek űrhajózási hordozórakéták, Típuskönyv, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1983.
- [13] PAPP Bálint-NAGY István György-DR. TAMÁSI Zoltán: Rakétafegyver, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1962.
- [14] SÁRHIDAI Gyula: Robotrepülőgépek, Haditechnika fiataloknak Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1986.
- [15] SZENTESI György: Hadászati rakéták, Haditechnika fiataloknak Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1987.
- [16] SZILVÁSSY László: Repülőgép-fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagok, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1998/2. (43-50) o.
- [17] О. А. ИЛЬИНА: Авиационное вооружение, Военное Издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1977.
- [18] Н. Е. КОНОВАЛОВ, Н. И. МЕЛИК-ПАШАЕВ: Теория авиационных двигателей Часть III. Прямоточные ВРД и ракетные двигатели, ВВИА им. П. Е. Жуковского, Москва, 1974.
- [19] Р. С. САРКИСЯН: Авиационные боеприпасы, ВВИА им. П. Е. Жуковского, Москва, 1978.
- [20] В. А. ЧУМАКОВ: Авиационные ракеты, ВВИА им. П. Е. Жуковского, Москва, 1974.

The purpose of the authors is to review rocket engine propellants of on-board missiles and their composition, and also ramjet engine.