

Dr. Szegedi Péter–Dr. Szabó László

## A RAKÉTÁK KONSTRUKCIÓS KIALAKÍTÁSÁNAK TÖRVÉNYSZERŰSÉGEI, FŐBB SZERKEZETI EGYSÉGEI KIALAKÍTÁSÁNAK SAJÁTOSÁGAI

A rakéta konstrukciós kialakításának általános törvényszerűségei két fő csoportra oszthatók:

- külső (aerodinamikai) kialakítás: a rakéta külső formájának, aerodinamikai rendszerének megválasztása, stabilizátorok, destabilizátorok, szárnyak, kormányfelületek kialakítása és helyzetük meghatározása a rakéta hossz tengelyén az irányíthatóság és a stabilitás feltételének kielégítése mellett;
- belső (szerkezeti) kialakítás: a rakétatestben a célkoordinátor, vezérlőjel kialakító fokozat, kormánygép, robotpilóta, közelségi gyújtó, harci rész, energiarendszer és a hajtómű elhelyezése az üzemeltetési, valamint a gyártási követelmények figyelembe vételével.

Az aerodinamikai kialakítás legfontosabb lépése az aerodinamikai rendszer megválasztása. Az elemzések azt mutatják, hogy bármely aerodinamikai elrendezés sajátos előnyökkel és hátrányokkal rendelkezik. A tervezés során olyan rendszert kell kiválasztani, melynek előnyei legjobban megfelelnek a rakéta alap rendeltetésének, hátrányai pedig nem gyakorolnak lényeges hatást a rakéta harci alkalmazhatóságára.

Ha a levegő-levegő rakétát nagy magasságban repülő célok megsemmisítésére kívánják felhasználni, célszerű **normál** vagy **csupaszárny** rendszert felhasználni. Az ilyen elrendezésű rakéták jelentős egyensúlyi állásszöggel rendelkeznek, így a szárnyak teljes egészében kihasználtak az irányítóerő létrehozásában. Nagy magasságban történő rávezetéskor ez rendkívül fontos, mivel a levegő sűrűsége kicsi, ezért a szükséges irányító erő létrehozása bonyolult feladat. Hasonló körülmények között a célok manőverező képessége is korlátozott, ezért nem követelmény az irányító erő nagyságának és irányának gyors megváltoztatása. A normál és csupaszárny rendszer hátrányai ilyen feltételek között nem vezetnek a rakéta rávezetési pontosságának lényeges csökkenéséhez. Manőverező légi harcban viszont a cél energikus fordulókat hajt végre, így a rakétának ennek megfelelően kell azonnal változtatnia saját röppályáját. Ebben az esetben az irányító erők létrehozásának ideje döntő tényező, tehát célszerű forgatható szárnyas rendszert alkalmazni. Mivel a manőverező légi harcot kis és közepes magasságokon vívják, az ilyen aerodinamikai elrendezés, hátrányai ellenére is, sokkal jobban megfelel, mint más rendszer.

Az aerodinamikai felületek nagysága és elhelyezése akkor megfelelő, ha az irányíthatóság szempontjából legkedvezőtlenebb feltételek mellett ( $H = H_{\max}$ ,  $M = M_{\max}$ ) lehetséges a rakéta maximális egyensúlyi állásszögre állítása, ugyanakkor a harci alkalmazás alsó magassági határán a rakéta indításának pillanatában rendelkezik kellő statikus stabilitással.

A hajtómű kiégése esetén a tömegközéppont vándorlása következtében komoly stabilitási problémák léphetnek fel. Ha a rakéta stabilizálása a robotpilóta által vezérelt kormánygép segítségével valósul meg, dinamikus stabilizálásról beszélünk.

A két alapvető feltétel (statikus stabilitás, irányíthatóság) közül az irányíthatóság a fontosabb követelmény. Ha a statikus stabilitás mértéke a rakéta repülése során túlzott, mérséklésére destabilizátor alkalmaznak. A destabilizátor a rakéta orr-részén elhelyezett, a kormányok és szárnyak tandem rendszeréhez illeszkedő merev aerodinamikai felület. Alkalmazása akkor is szükséges, ha a kormányok maximális hatásos kiterítésével nem biztosítható a rakéta szükséges állásszögre állítása (a rakéta szerkezeti kialakítása során a szárny valamilyen ok miatt nem helyezhető el a kívánt helyre).

Ha a statikus stabilitás a tervezett rakétán nem biztosítható, de meglétéhez ragaszkodunk, a rakéta szerkezeti kialakítását újra kell kezdeni a rekeszek áthelyezésével vagy akár más aerodinamikai elrendezés megválasztásával.

A rakéta szerkezeti kialakítása során a következő főbb követelményeknek kell eleget tenni:

- Az irányítási rendszert, a harci részt és a hajtóművet úgy kell elhelyezni, hogy egymás működését ne zavarják;

- A rakéta műszaki kiszolgálása akkor egyszerű és biztonságos, ha a berendezések szabályozásának szükséglete minimális, megfelelő számú és nagyságú, hermetikusan záródó, könnyen levehető szerelő nyílással és ellenőrző csatlakozóval rendelkeznek és a robbanó anyagok megfelelően biztosíthatók véletlen működés ellen;
- Minimális tömeget kell biztosítani;
- A gyártás egyszerűségére kell törekedni a kis munkaigény és a magasfokú automatizáltság biztosításával. (Rekeszek, panelek, egyszerű szerkezetek és profilok, kis számú alkatrész felhasználásával. Szabványos alkatrészek, illetve korábbi rakéták elemeinek ötvözésével, funkcionálisan összefüggő egységek egy rekeszbe illesztésével.)

## A RAKÉTA FŐBB SZERKEZETI EGYSÉGEI KIALAKÍTÁSÁNAK NÉHÁNY SAJÁTOSSÁGA

A tágabb értelemben vett **irányító rendszer** egységei:

- rávezető berendezés (célkoordinátor);
- robotpilóta (programegység, kormánygépek, gyorsulásadók);
- fedélzeti energiaforrások és átalakítók;
- kommutációs rendszer;

Rádió vezérlés esetén a szárnyak végén vagy a farokrészben antenna található, feladata az irányítási zónán belül a rakéta bármely helyzetében a megbízható rádiókapcsolat biztosítása a hordozó repülővel. A robotpilótában a szögsebesség és gyorsulás adók helyzetét a tömegközépponthez minél közelebb kell megválasztani, hogy működésüket a rakéta lengései kevésbé befolyásolják. Az erőátviteli berendezések és a vezetékek tömegének csökkentése miatt a kormánygép helyét a kormányfelületék közvetlen közelében, a fedélzeti energiaforrásokat a fogyasztókhoz közelében kell meghatározni, az összekötő vezetékeket pedig lehetőleg a rakéta belsejében elvezetni.

## A HARCIS RÉSZ ÉS A GYÚJTÓ SZERKEZET KIALAKÍTÁSÁNAK SAJÁTOSSÁGAI

- A nem irányítható rakéták harci része a rakéta elején helyezkedik el, ha várhatóan behatol a célba, középső részen, ha annak felületén vagy közelében robban, az irányítható rakéták esetében a célkoordinátor és a hajtómű között helyezkedik el, típustól függően;
- a repesz hatású harci rész esetében ügyelni kell arra, hogy a repesz szabadon szétrepülhessenek, ezért nem takarhatják szárnyak, kormányfelületek és vastag vezetékek;
- a rádiógyújtó érzékeny a rezgésekre, ezért a hajtóműtől minél távolabbra kell elhelyezni. Néha közös adó és vevő antennával rendelkezik (autodin rádiógyújtó), de leggyakrabban elkülönül egymástól (heterodin rádiógyújtó);
- antennák szárnyak vagy kormányfelületek között nem lehetnek;
- az optikai közelségi gyújtó a harci rész mellett helyezkedik el.

A rakétákban folyékony vagy szilárd hajtóanyagú rakétahajtóműveket alkalmaznak. A legerjedtebb hajtóanyag a szilárd lőportöltet. A hajtómű a rakéta test teherviselő eleme, elhelyezése a rakéta hátsó vagy középső részén történhet. Az első megoldás nagy előnye, hogy szerkezetileg könnyen kialakítható és a fűvócsó elhelyezése egyszerű, illetve tömegelosztás szempontjából a legkedvezőbb. Hátránya, hogy a hajtómű kiégésekor a rakéta tömegközéppontja előre tolódik, ezáltal stabilitási és irányíthatósági problémák léphetnek fel. A megoldás csak akkor van, ha a töltet viszonylagos tömege kicsi, magasabb töltetarány esetén a hajtóművet a rakéta középső részén kell elhelyezni. Ez csökkenti a tömegközéppont vándorlását, de a gázok elvezetésére más megoldást kell alkalmazni, pl.:

- hosszú gázvezető alkalmazásával a fűvócsó hagyományos módon elhelyezhető;
- oldalirányban, többnyire két fűvókán keresztül.

# AZ ALAPVETŐ REKESZEK RENDELTETÉSE ÉS SZERKEZETI KIALAKÍTÁSAIK

A rakétatechnika fejlődése, harci alkalmazásuk sokrétűsége rendkívül változatos szerkezeti kialakításokat eredményezett. Ezek közül néhány alaptípus:

## Önirányító fej

Az önirányító fej feladata a cél által kisugárzott, vagy a célról visszaverődött jelek alapján a cél pillanatnyi helyzete és az önirányító fej tengelye közötti szinteltérésből adódó hibajel meghatározása, ezt követően a hibajelből a kormányberendezés működtetésére alkalmas vezérlőjelek kialakítása.

## Rakéták kormánygépei

A kormányfelületeket működtető berendezések (kormány-gépek) a rakéták vezérlő berendezéseinek részegységei. Feladatuk a rakéta célra vezetése közben mért hibajelek alapján kidolgozott vezérlő jeleknek megfelelően a kormányfelületek kitérítése.

A felhasznált energia típusától függően megkülönböztetünk: pneumatikus, hidraulikus- és elektromos működtetésű kormánygépeket. Azt, hogy adott esetben melyik típust célszerűbb használni, elsősorban a teljesítmény-szükséglet és a működési idő határozza meg.

A kormánygépekkel szemben támasztott főbb követelmények:

- A rakéta jó manőverező képességét biztosító gyors működés;
- magas fokú megbízhatóság, hiba nélküli működés;
- az üzemképesség ellenőrzése gyors és egyszerű legyen, vagy ne igényeljen műszeres ellenőrzést;
- lehetőleg kis tömeggel és geometriai méretekkel rendelkezzen;
- gyártása legyen egyszerű és olcsó.

A rakétákban alapvetően a pneumatikus energiát felhasználó kormánygépeket alkalmazzák, az elektromos működtetésűek jelenleg egyáltalán nem, a hidraulikus működtetésűek pedig csak egyes megoldásokban (forgatható szárnyas) használatosak.

A gázműködtetésű kormánygépekben munkaközegként sűrített levegő, vagy szilárd lőportöltet égések keletkező gáz halmazállapotú égéstermékek szolgálnak. Az első esetben a kormánygépet pneumatikusnak, a másodikban forrógázosnak nevezik.

A pneumatikus kormánygépeknél a sűrített levegőt nagy nyomáson, speciális palackokban tárolják.

A forrógázos kormánygép kompakt felépítésű, üzemeltetése egyszerű, mert a szilárd lőportöltet nem igényel különösebb ellenőrzést. Működési ideje az égéskor keletkező gázok hőmérséklete miatt nem túl hosszú.

## Rakéta harci részek

A legelterjedtebb típusok a romboló, repesz, kumulatív, repesz-romboló, repesz-kumulatív és betonátütő hatású harci részek. A harci rész nagysága rakéta űrméretétől függ.

A légi harc rakéták harci részeit önálló rekeszek formájában alakítják ki, általában hengeres formával rendelkeznek, elhelyezésük a hajtómű és az irányító rendszer rekeszei között van. A rakétáknál a célt közvetlen becsapódáskor, illetve annak meghatározott körzetében történő robbanással megsemmisítő repesz és repesz-romboló harci részeket alkalmaznak. A harci részek konstrukciója biztosítja a köpeny meghatározott számú és tömegű részekre (repeszekre) darabolását, vagy kész repeszelemek alkalmazását. A harci rész tömege 4 kg-tól 40 kg-ig terjedhet, alapvetően a rakéta rávezetési pontossága határozza meg.

## Rakétagyújtók

A nem irányítható rakéták többségét csapódó orrgyújtóval látják el. A nagy űrméretű repesz és repesz-romboló harci részekkel rendelkező nem irányítható rakétákban közelségi gyújtót is alkalmazhatnak.

A légiharc rakéták gyújtója elektromágneses, fényelektromos, akusztikus vagy más elven működő közelségi gyújtó, amely a robbanótöltetet a céltól meghatározott távolságra működteti.

A légiharc rakéták harci részének felrobbantását általában közelségi gyújtóból, kontaktadóból és biztosító végrehajtó szerkezetből álló gyújtó szerkezet végzi.

A közelségi gyújtók feladata a robbantási parancs kiadása, ha a rakéta a cél meghatározott körzetében repül el. Közelségi gyújtóként leggyakrabban rádió vagy valamilyen optikai gyújtót alkalmaznak. A közelségi gyújtó általában egy önálló rekeszt foglal el.

A kontaktadók szintén a robbantási parancs kiadására szolgálnak, de csak közvetlen becsapódás esetén. Kontaktadóként áram impulzus generátorokat, vagy piezo generátorokat, illetve mechanikus áramkörzáró elemeket alkalmaznak.

A Biztosító végrehajtó szerkezet egy konstrukciós egységbe foglalja össze a tüzláncot és a biztosító berendezéseket.

Az önmegsemmisítő szerkezet is robbantási parancs kiadására szolgál a rakéta indításától számított meghatározott idő eltelte után, ha addig a pillanatig még nem érkezett parancs sem a közelségi gyújtótól, sem pedig a csapódó adóktól. Az alkalmazott önmegsemmisítők általában pirotechnikai, vagy óraműves szerkezetűek. A biztosító végrehajtó szerkezet gyújtó perselyben, vagy a harci rész speciális fészében foglal helyet.

## A rakétahajtóművek

A hajtómű a rakéta egyik alapvető egysége. Feladata a tolóerő létrehozása, ami biztosítja a rakéta leválását az indítóberendezésről, valamint az irányításhoz, és a cél elfogásához szükséges sebességet.

A harci rakétákat célba juttató reaktív hajtómű működési elve szerint lehet rakéta- vagy kombinált hajtómű. A rakétahajtómű folyékony, illetve szilárd hajtóanyagú, egy vagy kétfokozatú. A gyakorlatban a felsorolt típusok kombinációit is alkalmazzák.

A rakétahajtóműveket azokban a rakétákban alkalmazzák, amelyek felhasználása széles magasság tartományt fog át, illetve rövid idő alatt a repülési sebességüket jelentős mértékben képesek növelni.

Két alapvető típusuk terjedt el:

- szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű;
- folyékony hajtóanyagú rakétahajtómű.

A harcászati rendeltetésű repülőgép-fedélzeti rakétákban ritkán alkalmazzák a folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművet, mert nagy számú repülőgép kiszolgálása hosszadalmas és balesetveszélyes művelet.

A repülőfedélzeti rakétákban leggyakrabban a szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű kerül felhasználásra. Felépítésük viszonylag egyszerű, az előkészítés, ellenőrzés, tárolás során nem igényel speciális és veszélyes munkafázisokat. Hátrányos tulajdonsága, hogy a tolóerő szabályozása körülményes.

## A harci rakéták néhány típusa, fontosabb jellemzői

Rakéták	Hossz [m]	Tömeg [kg]	Indítási távolság [km]	Repülési sebesség [M]	Harci rész tömege [kg]	irányítás
Nemzetközi fejlesztés						
AIM-132A ASRAAM	2.90	87	15	?	10	IR
S225X	?	?	100	?	?	AR
Brazília						
MAA-1 Mol	2.82	90	10	2.0	12	IR
Kína						
PL-2	2.99	76	3	?	11	IR
PL-3	2.99	82	3	?	14	IR
PL-5B	2.89	85	16	?	9	IR

PL-7	2.75	90	?	?	13	IR
PL-8	3.00	120	5	?	11	IR
PL-9	2.99	120	5	?	10	IR
PL-10	3.99	300	15	3.0	?	SAR
Franciaország						
MICA AR	3.10	110	60	?	?	AR
MICA IR	3.10	110	60	?	?	IR
R.550 Magic 1	2.72	89	10	2.0	13	IR
R.550 Magic 2	2.75	90	10	2.0	13	IR
Super 530D	3.80	270	40	4.5	30	SAR
Super 530F	3.54	245	35	4.5	30	SAR
Németország						
Iris	?	?	?	?	?	IR
India						
Astra	?	?	?	?	?	AR
Izrel						
Python 3	3.00	120	15	3.5	11	IR
Python 4	3.00	?	?	?	?	IR
Shafirir 2	2.60	93	5	?	11	IR
Olaszország						
Aspide 1	3.70	220	100	4.0	35	SAR
Aspide 2	3.65	230	100	4.0	35	SAR
Japán						
AAM-3 Type 90	2.60	70	5	?	?	IR
Oroszország						
K-13A/R-13S „AA-2 Atoll”	2.84	75	8	2.5	11	IR
K-13M/R-13M „AA-2-2 Atoll-D”	2.87	90	13	2.5	11	IR
K-13R/R-13R „AA-2-2 Atoll-C”	3.50	93	8	2.5	11	SAR
Kh-31P „AS-17 Krypton”	5.23	600	200	3.0	90	PR
KS-172 RVV-L	7.40	750	400	?	?	AR
R-23R „AA-7 Apex”	4.46	244	27	3.4	35	SAR
R-23T „AA-7 Apex”	4.16	217	27	3.4	35	IR
R-24R „AA-7 Apex”	4.46	?	?	?	?	SAR
R-24T „AA-7 Apex”	4.16	?	?	?	?	IR
R-27EA „AA-10 Alamo”	4.78	350	130	?	39	AR
R-27EM „AA-10 Alamo”	4.78	350	170	?	39	SAR
R-27ER „AA-10 Alamo-C”	4.78	350	130	?	39	SAR
R-27ET „AA-10 Alamo-D”	4.78	350	130	?	39	IR
R-27P „AA-10 Alamo”	?	?	?	?	39	PR
R-27R „AA-10 Alamo-A”	4.08	235	60	?	39	SAR

R-27T „AA-10 Alamo-B”	3.80	245	40	?	39	IR
R-33 „AA-9 Amos”	4.15	490	120	?	47	SAR
R-37	4.1	600	150	?	?	AR
R-40RD „AA-6 Acrid”	5.98	461	70	4.5	38	SAR
R-40TD „AA-6 Acrid”	5.98	460	30	4.5	38	IR
R-60 „AA-8 Aphid”	2.14	45	7	2.5	4	IR
R-60M „AA-8 Aphid”	2.14	45	?	2.5	4	IR
R-60MK „AA-8 Aphid”	2.14	45	12	2.5	4	IR
R-73/R-73M1 „AA-11 Archer”	2.90	105	15	?	7	IR
R-73E/R-73M2 „AA-11 Archer”	2.90	110	30	?	7	IR
R-77 RVV-AE „AA-12”	3.60	175	90	3.0	18	AR
Dél-Afrika						
Darter	2.75	89	10	4.2	16	IR
V3B Kukri	2.94	73	4	3.9	?	IR
Tajvan						
Sky Sword I	2.87	90	15	?	?	IR
Sky Sword II	3.60	190	40	?	?	SAR
Anglia						
Active Sky Flash	3.66	208	50	4.0	30	AR
Sky Flash	3.66	192	50	4.0	30	SAR
USA						
AIM-7M Sparrow	3.66	230	100	2.5	39	SAR
AIM-7P Sparrow	3.66	230	45	?	39	SAR
AIM-7R Sparrow	3.66	?	45	?	?	IR+SAR
AIM-9J Sidewinder	3.07	78	15	2.5	?	IR
AIM-9L Sidewinder	2.87	87	18	2.5	10	IR
AIM-9M Sidewinder	2.87	87	8	2.5	10	IR
AIM-9P Sidewinder	3.07	82	8	2.5	12	IR
AIM-9S Sidewinder	2.87	87	8	2.5	10	IR
AIM-9TC Sidewinder	3.00	84	?	?	?	IR
AIM-54C Phoenix	4.30	463	200	4.0	60	AR
AIM-92A Stinger	1.52	14	5	2.0	3	IR
AIM-120A AMRAAM	3.65	157	75	4.0	22	AR
Have Dash	3.00	180	50	3.0	?	AR+IR

*A táblázatban felhasznált rövidítések jelentései:*

**AR:** aktív rádió önrányítás

**IR:** infravörös önrányítás

**SAR:** félaktív rádió önrányítás

**PR:** passzív rádió önrányítás

**Opt:** optikai

## ÖSSZEGZÉS

Cikkünkben a rakéták konstrukciós kialakításának törvényszerűségeivel, valamint a rakéta főbb szerkezeti egységei kialakításának néhány sajátosságaival foglalkoztunk. A technika fejlődésének eredményeképpen mind pontosabb rakéták állnak a rendelkezésünkre, de a vadászrepülőgépek megnövekedett sebességével jelentősen csökkent a pilótának a cél felkutatására, azonosítására, a célzás végrehajtására, a rakéta indítására és rávezetésére álló idő. Ezért a korszerű harci repülőgépeken széleskörűen alkalmaznak olyan elektronikus tűzvezető rendszereket, amelyek a fedélzeti rakétákat félautomatikusan vagy automatikusan indítják és vezérlik a kiválasztott célra, megkönnyítve ezzel a pilóta tevékenységét. A korszerű vadászbombázó repülőgépek földi célok elleni rakétáinak többsége irányítható. A röppályán való irányításukhoz fedélzeti vezérlőrendszer és kormánysszervek szükségesek. A vezérlőrendszernek rendszerint csak egy részét helyezik el rakétán, a másik részük a hordozó repülőgépen található.

Az irányítás módját tekintve hasonlóan a légi harc rakétákhoz a levegő-föld rakétáknál is megtaláljuk a táv- és önirányítású rávezetési módokat. A távirányítású rávezetési mód előnye, hogy egyszerűbb és olcsóbb a rakéta, az önirányítási rendszereknél a drágább rakéta nagyobb pontosságot biztosít, mivel a célhoz való közeledéskor az önrávezetés pontossága nő.

A levegő-föld rakéták hatótávolságától, a hordozott töltet fajtájától és a rendeltetésétől függően harcászati vagy hadászati jellegűek lehetnek. Rájuk minden esetben jellemző, hogy (robbanótöltetük nagyobb tömege miatt) a légi harc rakétáknál nehezebbek, testesebbek.

Összegezve elmondható, hogy a modern hadviselésben egyre nagyobb szerepet kapnak a nagy teljesítményű, több feladat ellátására képes repülőgépek, amelyek specializálódott feladatok megvalósítására alkalmas fegyverrendszereket hordoznak és teszik képessé ezeket a fegyverrendszereket feladataik pontos végrehajtására.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Gyöngyösi Ferenc, Lőrincz Attila, Kónya László, Kakula János: Repülőgép-fedélzeti fegyverberendezések fejlesztési eredményeinek elemzése, tanulmány, Szolnok, 1990.
2. Lőrincz Attila: repülőfedélzeti fegyverzet komplexum, Szolnok, 1990.
3. <http://www.sci.fi/~fta/ruaf-ap5.htm>
4. <http://aeroweb.lucia.it/~agretch/RAFAQ/AAMs.html>
5. Bill Gunston: Korszerű harci repülőgépek fegyverzete, Zrínyi kiadó, Bp., 1995.