

**ŠOLA ZA ČASTNIKE
21. GENERACIJA
SPECIALIZACIJA LETALSTVO**

ZAKLJUČNA NALOGA

LETALSKA APLIKACIJA SA-24



Kandidat-slušatelj: des. Nejc Kovač

Mentor: por. Klemen Štirn

Cerklje ob Krki, september 2010



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO
Slovenska vojska

Poveljstvo za doktrino, razvoj,
izobraževanje in usposabljanje
Šola za častnike

Številka:

Datum:

ZAKLJUČNA NALOGA

LETALSKA APLIKACIJA SA-24

Kandidat-slušatelj: des. Nejc Kovač

Mentor: por. Klemen Štirn

Maribor, september 2010

Engelsova ulica 15, 2111 Maribor
Telefon: 02 332 2227, fax: 02 332 1035, e-pošta: pdriu@mors.si
Identifikacijska št. za DDV: (SI) 47978457, MŠ: 5268923, TRR: 01100-63701911

POVZETEK

Delo obravnava lahki prenosni raketni sistem SA-24 Grinch (9K338 Igla-S). V začetku bo podan zgodovinski razvoj lahkih prenosnih raketnih sistemov. Nato bodo opisani sestavni deli sistemov in raket, obrazloženo bo njihovo delovanje. Sledil bo povzetek iz izkušenj pri uporabi lahkih raketnih sistemov v Slovenski vojski – to sta lahka prenosna raketna sistema zračne obrambe Igla (9K38) in Igla-1 (9K310-1). Nato bo opisan lahki prenosni raketni sistem SA-24, izdelana pa bo primerjalna tabela med tremi opisanimi lahкими prenosnimi raketnimi sistemi. Na koncu bo podana uporaba lahkega prenosnega raketnega sistema SA-24 v svetu.

Ključne besede:

Lahki prenosni raketni sistem, SA-24 Grinch, Igla-S, 9K338

SUMMARY

The work deals with lightweight portable missile system SA-24 Grinch (9K338 Igla-S). At the beginning will be given the historical development of portable missile systems. It will then describe the components of missile systems and their operation will be explained. Followed by a summary of experience in the use of light portable missile systems in the Slovenian army - these are lightweight portable air defense missile system Igla (9K38) and Igla-1 (9K310-1). The lightweight portable rocket aystem SA-24 will be described the and a comparison table between lightweight portable missile systems will be made. Finally, the use of light transmission missile system SA-24 in the world will be given.

Keywords:

MANPADS, man portable air defence system, SA-24, Igla-S, 9K338

KAZALO

| | |
|--|-----|
| POVZETEK..... | iii |
| SUMMARY..... | iv |
| KAZALO..... | v |
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1 IZHODIŠČE ZAKLJUČNE NALOGE..... | 2 |
| 1.2 NAMEN IN CILJI RAZISKAVE..... | 2 |
| 1.3 METODE DELA..... | 2 |
| 1.4 STRUKTURA ZAKLJUČNE NALOGE..... | 2 |
| 2. ZGODOVINSKI PREGLED..... | 4 |
| 2.1. TIPI RAKET..... | 4 |
| 2.1.1. NEVODLJIVE RAKETE..... | 4 |
| 2.1.2. INFRARDEČI SENZOR VODENJA..... | 5 |
| 2.2. RAKETE PRVE GENERACIJE..... | 5 |
| 2.3. RAKETE DRUGE GENERACIJE..... | 6 |
| 2.4. RAKETE TRETJE GENERACIJE..... | 6 |
| 2.5. RAKETE ČETRTE GENERACIJE..... | 7 |
| 3. SESTAVNI DELI LAHKIH PRENOSNIH RAKETNIH SISTEMOV..... | 8 |
| 3.1. SESTAVNI DELI LAHKEGA PRENOSNEGA RAKETNEGA SISTEMA..... | 8 |
| 3.2. INFRARDEČA GLAVA ZA SAMOVODENJE..... | 9 |
| 3.3. KRMILNI DEL..... | 9 |
| 3.4. BOJNA GLAVA..... | 10 |
| 3.5. RAKETNI MOTORJI..... | 11 |
| 3.5.1. RAKETNI MOTORJI NA TRDNO GORIVO..... | 11 |
| 3.5.2. RAKETNI MOTORJI NA TEKOČE GORIVO..... | 12 |
| 3.5.3. HIBRIDNI RAKETNI MOTORJI..... | 13 |
| 3.5.4. DRUGE VRSTE RAKETNIH MOTORJEV..... | 14 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.5.5. | UPORABA RAKETNIH MOTORJEV V LETALSTVU..... | 14 |
| 3.6. | STABILIZACIJSKI DEL | 14 |
| 3.7. | LANSIRNA CEV..... | 15 |
| 3.8. | LANSIRNI MEHANIZEM | 16 |
| 3.9. | NAPAJALNA BATERIJA | 16 |
| 4. | IGLA in IGLA-1 | 17 |
| 4.1. | ZGODOVINA..... | 17 |
| 4.2. | TAKTIČNO – TEHNIČNE LASTNOSTI | 19 |
| 4.3. | METODA VODENJA | 22 |
| 4.4. | CONA LANSIRANJA IN CONA UNIČENJA..... | 23 |
| 5. | SA-24 | 24 |
| 5.1. | RAZVOJ..... | 24 |
| 5.2. | OPIS | 24 |
| 5.3. | TEHNIČNO-TAKTIČNE LASTNOSTI | 26 |
| 5.4. | PRIMERJAVA S SORODNIMI RAKETAMI..... | 27 |
| 5.5. | SISTEMI, KI UPORABLJAJO SA-24 | 28 |
| 5.5.1 | SHORAD..... | 28 |
| 5.5.2 | DJIGIT SYSTEM | 29 |
| 5.5.3 | GHIBKA SYSTEM..... | 30 |
| 5.5.4 | STRELETS SYSTEM (9S846) | 31 |
| 5.5.5 | LETALSKA APLIKACIJA SA-24 | 33 |
| 6. | ZAKLJUČEK..... | 34 |
| | SEZNAM SLIK IN TABEL..... | 38 |
| | IZJAVA O AVTORSTVU..... | 39 |

1. UVOD

Po obdobju obeh svetovnih vojn, v katerih se je vojno letalstvo zelo hitro razvilo, se je pojavila potreba po razvoju protiletalskih orožij. Tako so Združene države Amerike v petdesetih letih prejšnjega stoletja razvile prve prenosne raketne sisteme zemlja-zrak. Osnovni principi delovanja se z razvojem niso bistveno spremenili, izpopolnile so se le njihove komponente, ki zagotavljajo boljšo vodljivost, natančnost, zmožnost uporabe v vseh vremenskih razmerah, večata se njihova moč in doseg ter s tem učinkovitost in uporabnost tega orožja. Skratka, to orožje je postalo nepogrešljiv del obrambe vseh obrambnih sil.

Pri obrambi slovenskega zračnega prostora Slovenska vojska uporablja dva tipa lahkih prenosnih raketnih sistemov, to sta Iгла in Iгла-1. Operativno sposobnost sta oba sistema dosegla v začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja. Obe raketi sta si zelo podobni, saj Iгла-1 izhaja iz Igle. Z nadaljnjim razvojem pa so pri družini Iгла dobili naslednico Iгла-S, ki je sodobna različica predhodnic. Iгла-S je izboljšana verzija Igle, izdelana s sodobno tehnologijo, in je v samem vrhu po učinkovitosti med tovrstnimi sistemi.

Z uvedbo Igle S v obrambo zračnega prostora se v prvi vrsti nadgradi in posodobi sisteme, ki so trenutno v uporabi, s tem pa se poveča učinkovitost obrambe. Zaradi večjega dosega orožja se poveča območje varovanja, zmožnost hitrejšega delovanja na več ciljev, poveča se varnost enot, hkrati se zaradi večje moči rakete poveča bojna moč. Zanimljivo pa ni niti psihološki učinek, saj sistem slovi po učinkovitosti in natančnosti, kar pozitivno vpliva na moralo vojakov, ki sistem uporabljajo, in enot, ki jih takšen sistem varuje.

Vsestranskost lahkih prenosnih raketnih sistemov se odraža v njihovi uporabnosti, saj se uporabljajo za delovanje na cilje v zraku, kot so letala, helikopterji ter tudi brezpilotna plovila. Ker so ti sistemi dokaj kompaktni, so na voljo v različnih izvedbah. Uporabljajo se lahko kot samostojni – strelec lansira raketo iz ramenskega obroča, lahko pa se ta sistem tudi vgradi na različna bojna vozila in plovila. Lahki prenosni raketni sistemi se uporabljajo za obrambo materialno-tehničnih sredstev, moštva, zagotavljanje lastne varnosti ter varovanje območja in objektov posebnega pomena pred napadi iz zraka.

V zadnjih štiridesetih letih se je v svetu povečala dejavnost teroristov. Teroristični napadi na zračne cilje so vedno pogostejši, teroristi pa v napadih na letala in helikopterje največkrat uporabijo lahke prenosne raketne sisteme. Slovenska vojska se čedalje bolj udeležuje misij v državah z večjo grožnjo terorističnih napadov, zato je pomembno, da se naše enote kar najbolje pripravijo na tovrstne grožnje, dobro opremljene in seznanjene s sistemi, s katerimi se lahko na misijah srečajo.

1.1 IZHODIŠČE ZAKLJUČNE NALOGE

V Slovenski vojski sta v uporabi dva lahka prenosna raketna sistema za uničevanje ciljev v zraku – Igla in Igla-1. Oba sistema sta se začela uporabljati v začetku osemdesetih let in že počasi postajata zastarela. Najnovejša različica rakete v družini Igla je Igla-S, ki jo odlikujejo manevrirne sposobnosti, ognjena moč, natančnost, vsestranska uporabnost, izboljššan doseg in enostavna uporaba.

Posodobitev zračne obrambe v Slovenski vojski bi prinesla številne prednosti na področjih varovanja zračnega prostora, zagotavljanja varnosti, nudenja podpore svojim enotam pri izvajanju nalog na ozemlju Republike Slovenije in pri opravljanju nalog v okviru operacij kriznega odzivanja, zagotavljanja ustreznega nivoja tehnološke razvitosti in vzdrževanja opremljenosti enot po najvišjih standardih.

Prednosti najnovejše rakete Igla-S so precejšnje v primerjavi z do sedaj uporabljenimi predhodnicami. Raznolika uporabnost se odraža v uporabi tudi v drugih enotah, ki si morajo same zagotavljati varnost pred neposrednimi napadi iz zraka, ne samo v enotah zračne obrambe.

1.2 NAMEN IN CILJI RAZISKAVE

Namen diplomske naloge je zbrati čim večje število podatkov o lahkem prenosnem raketnem sistemu Igla-S ter te podatke strniti v slovenskem jeziku. Cilj je predstaviti sistem, izdelati primerjavo s sistemi, ki so v Slovenski vojski v uporabi danes, preučiti in predstaviti različne načine uporabe tega sistema in predstaviti prednosti v primeru nadgradnje dosedanjega sistema.

1.3 METODE DELA

Za izdelavo zaključne naloge sem uporabil deskriptivno metodo, ki temelji na poznavanju domače in tuje strokovne literature. Skoraj izključno sem uporabljal tujo literaturo in internetne vire, ker ustreznih virov v slovenskem jeziku s področja raketne tehnike ni.

1.4 STRUKTURA ZAKLJUČNE NALOGE

Zaključna naloga je sestavljena iz treh vsebinsko sklenjenih sklopov, in sicer iz teoretičnega, analitičnega ter perspektivnega.

V teoretičnem delu sem na kratko predstavil zgodovino razvoja lahkih prenosnih raketnih sistemov, sledi ji pregled raketnih motorjev in razlaga osnovnih pojmov, ki se uporabljajo v raketni tehniki.

Analitični del je sestavljen iz podrobnejšega opisa lahkih prenosnih raketnih sistemov Igla, Igla-1, ki sta v uporabi v enotah zračne obrambe v Slovenski vojski, ter sistema Igla-S, ki je naslednik teh dveh sistemov in bi bil pozitivna zamenjava oziroma nadgradnja sistemov zračne obrambe Republike Slovenije.

V perspektivnem delu sem preučil možnosti nadgradnje obstoječih sistemov v prihodnje. Navedel sem prednosti, ki jih prinašata uvedba novejšega sistema in posodobitev sistemov zračne obrambe.

2. ZGODOVINSKI PREGLED

Lahke prenosne raketne sisteme so razvili iz nevodnih prenosnih raketometov. Razvili so jih za uničevanje nizko letečih plovil, še posebno helikopterjev, učinkoviti pa so za vse vrste letal in helikopterjev.

Prvi sistemi so bili razviti v poznih petdesetih letih prejšnjega stoletja, z namenom zagotavljanja varovanja zemeljskih enot proti nevarnostim iz zraka. Veliko pozornosti so ti sistemi dobili kot potencialna orožja terorističnih skupin za uničevanje letal. Te rakete so zelo razširjene in zato tudi dokaj lahko dobavljive in cenovno ugodne. Uspešna uporaba teh sistemov se odraža z uporabo v različnih konfliktih v zadnjih štiridesetih letih, tako vojaških kot tudi terorističnih napadih. Na črnem trgu so rakete dobavljive povsod po svetu za nekaj sto dolarjev za starejše izvedenke in do četrto milijona ameriških dolarjev za novejšie izvedenke. Po svetu je trenutno petindvajset proizvajalcev lahkih prenosnih raketnih sistemov. Kljub nadzoru proizvodnje, prodaje, izvoza in uporabe teh sistemov pa se še vedno najdejo izdelki na črnem trgu, ki so se kontroli izmuznili. Kontrola prodaje vojaške opreme je vse bolj zaostrena, še posebno takšnih sistemov, ki predstavljajo tako veliko grožnjo civilnemu prebivalstvu.

Rakete so v večini približno podobnih dimenzij – dolge okoli 180 cm in težke okoli 18 kg. Njihov dolet je odvisen od količine goriva in velikosti bojne glave, maksimalne vrednosti pa so za zaznavanje cilja do 10 km, uničenje cilja do 6 km. Maksimalna višina cilja med uničenjem znaša 6 km. Bolj oddaljena plovila so razmeroma varna.

2.1. TIPI RAKET

2.1.1. NEVODLJIVE RAKETE

V letu 1944 je nacistični Nemčiji primanjkovalo mobilnih orožij za uničevanje ciljev v zraku. Koncept so si sposodili pri uspešni in enostavni protitankovski raketi »Panzerfaust«. Razvili so nevoden večcevni 20-milimetrski raketomet »Fliegerfaust«. Zaradi konca vojne orožje nikoli ni ugledalo masovne proizvodnje.

Ob koncu 2. svetovne vojne so tudi sovjetski konstruktorji razvijali nevodene večcevne raketomete, a so koncept kmalu opustili in ga nadomestili z vodenimi raketami, opremljenimi z infrardečim senzorjem.

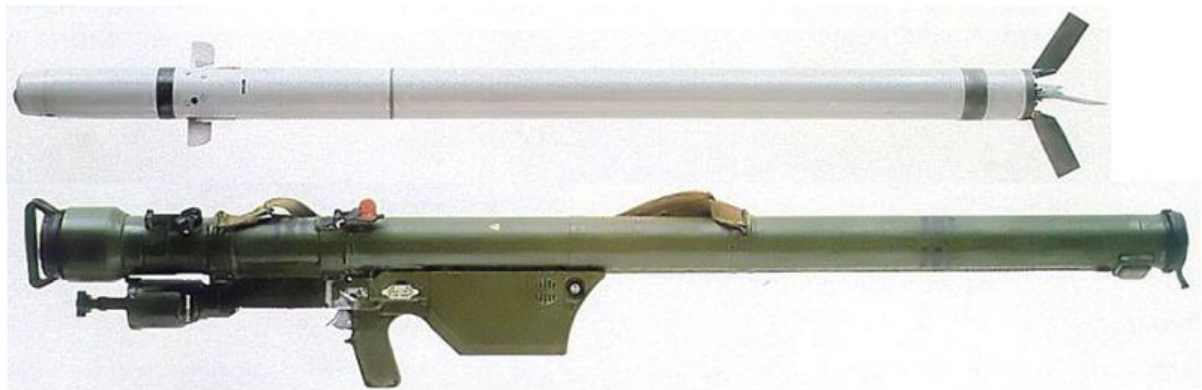
2.1.2. INFRARDEČI SENZOR VODENJA

Rakete, vodene prek infrardečega senzorja, so konstruirane tako, da sledijo in uničijo cilj s toplotno sledjo, ki ponavadi izhaja iz izpušnih plinov motorja plovila. Detonacija rakete sledi z zadetkom plovila ali v bližini plovila z namenom onesposobitve plovila. Te rakete uporabljajo pasivni sistem vodenja, kar pomeni, da ne oddajajo signalov za detekcijo toplotnega vira in so zato težje za odkrivanje in izvajanje protiukrepov.

2.2. RAKETE PRVE GENERACIJE

Prve izdelane rakete v šestdesetih letih prejšnjega stoletja so bile infrardeče vodene. Poznamo jih kot prve, izstreljive iz ramenskega obroča; v to skupino spadajo ameriška raketa Redeye, sovjetska SA-7, kitajska HN-5 in druge. Njihova slabost je, da so lahko uspešne le, ko je plovilo že mimo njih, zato so znane kot lovilci repa. Plovilo mora izpostaviti zadnji del, kjer so izpušni plini najbolj zgoščeni in je termalna slika najmočnejša. Na prvo generacijo raket zelo vplivajo tudi dogajanja v ozadju tarče, saj jih prisotnost drugega toplotnega vira lahko zavede. Zato s temi raketami ni priporočljivo streljati v smeri proti soncu ki je zadosten vir toplote, da ga raketa prevzame kot cilj. Zato so te rakete s protiukrepi ubranljive in so znane kot dokaj nezanesljive.

Slika 1: SA-7



Vir [<http://zbrane.glavo.net/pvo.html>]

2.3. RAKETE DRUGE GENERACIJE

Rakete druge generacije, kot na primer zgodnje verzije ameriške rakete Stinger, sovjetske SA-14 in kitajske FN-6, uporabljajo izboljšana hladilna sredstva v iskalni glavi, kar iskalnemu senzorju omogoči, da filtrira toplotne slike v ozadju, prav tako pa je raketa zmožna zadetka s strani in od spredaj. Poleg tega te rakete vsebujejo tehnologijo, ki deluje proti protiukrepom plovil, ki bi bila lahko aktivirana iz ciljnega plovila. Hkrati so te rakete opremljene še s sekundarnim iskalnim sistemom, ki deluje na principu ultravijoličnega žarčenja.

Slika 2: SA-14



Vir [<http://zbrane.glavo.net/pvo.html>]

2.4. RAKETE TRETJE GENERACIJE

Rakete tretje generacije infrardečih sistemov, kot so francoska Mistral, ruska SA-18 in ameriška Stinger B, uporabljajo večkratne detektorje, s katerimi si ustvarijo navidezno sliko tarče in imajo zmožnost prepoznavanja in zavračanja izstreljenih vab iz ciljnega plovila.

Slika 3: SA-18



Vir [<http://zbrane.glavo.net/pvo.html>]

2.5. RAKETE ČETRTE GENERACIJE

Rakete četrte generacije kot na primer ameriška Stinger block 2 in rakete, ki so v razvijanju v Rusiji, na Japonskem, Franciji in Izraelu, po predvidevanjih uporabljajo vodenje prek žariščnoravninskih detektorskih nizov in druge napredne senzorske sisteme, ki so trenutno še vojaške skrivnosti, pripomogli pa bi k večjemu dosegu raket, povečanju cone uporabnosti rakete in hkrati varnosti enot na tleh.

Slika 4: Stinger FIM-92



Vir [http://en.wikipedia.org/wiki/FIM-92_Stinger]

3. SESTAVNI DELI LAHKIH PRENOSNIH RAKETNIH SISTEMOV

3.1. SESTAVNI DELI LAHKEGA PRENOSNEGA RAKETNEGA SISTEMA

Lahki prenosni raketni sistem je sestavljen iz naslednjih delov:

- Protiletalska raketa
- Napajalna baterija
- Lansirni mehanizem

Protiletalske rakete so sestavljene iz naslednjih, med seboj povezanih sestavnih delov:

- Infrardeča glava za samovodenje
- Krmilni del
- Bojna glava
- Pogonski del
- Stabilizacijski del

Lansirni mehanizem je sestavljen iz:

- Lansirne cevi
- Prožilnega mehanizma
- Napajalne baterije



Vir [http://sl.wikipedia.org/wiki/9K38_Igla]

3.2. INFRARDEČA GLAVA ZA SAMOVODENJE

Infrardeča glava za samovodenje je namenjena zajemu in avtomatskemu sledenju cilja na podlagi toplotnega sevanja cilja (infrardečega sevanje), merjenju kotne hitrosti vizirne črte raketa-cilj in formiranju signala upravljanja, ki je sorazmeren kotni hitrosti vizirne črte.

Sestavljena je iz dveh delov oziroma podsistemov, in sicer iz:

- Koordinatorja
- Elektronskega bloka

Dodatni element je ohišje. Aerodinamični dodatek zmanjšuje zračni upor med letom rakete. Funkcijo infrardeče glave za samovodenje zagotavljata dva dela:

- Sledilni koordinator
- Avtopilot

Sledilni koordinator neprekinjeno in samodejno sledi cilju, formira signal popravkov, ki je namenjen usklajevanju optične osi koordinatorja z vizirno črto, in zagotavlja signal upravljanja avtopilotu. Njegovi sestavni deli so: koordinator, elektronski blok, sistem za korekcijo žiroskopa in žiroskop.

Sestavni deli koordinatorja pa so objektiv, modulator in fotosprejemnik. Fotosprejemnik je hlajen prek hladilnega sistema, pri katerem se uporablja utekočinjen dušik. Objektiv je sestavljen iz sistema zrcal in leč. Pritrjen je na rotor žiroskopa in se obrača skupaj z njim. Modulator in fotosprejemnik ne rotirata, temveč se glede na vzdolžno os žiroskopa odklanjata za poljubni kot v poljubni smeri. Med vrtenjem rotorja žiroskopa infrardeča glava za samoupravljanje s fotouporom opazuje prostor v vidnem polju objektiva.

3.3. KRMILNI DEL

V ohišju krmilnega dela so nameščeni: krmilni mehanizem s krmilnimi krilci, notranji napajalni vir, ki je sestavljen iz turbogeneratorja in stabilizatorja usmernika, merilnik kotne hitrosti, ojačevalnik, tlačni generator, smodniški motor za upravljanje +, priključni konektor z armirnim sklopom in stabilizacijska krilca.

Krmilni mehanizem je namenjen aerodinamičnemu upravljanju leta rakete. Hkrati deluje kot razdelilna naprava v sistemu plinsko-dinamičnega usmerjanja rakete v začetni fazi leta, ko so aerodinamična krmila neučinkovita. Po principu delovanja je krmilni mehanizem plinski ojačevalnik električnih signalov upravljanja, ki se formirajo v infrardeči glavi za samoupravljanje.

Krmilni mehanizem uporablja za svoje delovanje energijo plinov smodniškega generatorja, ki se dovajajo po ceveh skozi gosti filter in razdelilni ventil, od tam pa po kanalih v ohišje in

objemko pod bat. Glede na komandne signale iz infrardeče glave za samoupravljanje se električna napetost izmenično prenaša na eno od tuljav elektromagnetov in s tem upravlja delovanje delovnih cilindrov.

Notranji napajalni vir rakete električno napaja naprave med njenim letom. Sestavljen je iz turbogeneratorja in stabilizatorja usmernika. Turbogenerator je sinhroni enofazni električni generator. Električno energijo proizvajajo plini, ki nastanejo pri izgorevanju smodniške polnitve in delujejo na turbino, pritrjeno na os rotorja. Nalogi stabilizatorja usmernika sta usmerjanje električne napetosti iz izmenične v predpisane vrednosti enosmerne napetosti in jo stabilizira pri različnih hitrostih vrtenja rotorja, ter regulira hitrost vrtenja rotorja ob spremembi plinskega tlaka pri vstopu v šobo z elektromagnetno obremenitvijo osi turbine.

Merilnik kotne hitrosti izničuje nihanje rakete okoli prečne osi z ustvarjanjem električnih signalov, ki jih krmilni mehanizem pretvori v uporabne podatke za izničenje nihanja.

Smodniški motor za upravljanje omogoča plinsko dinamično upravljanje rakete na začetnem delu trajektorije poleta. Aktivira se po lansiranju rakete – izstrelitvi in odprtju krmilnih krilc. Električno vžigalo prižge črni smodnik. Plamen se širi na pirotehnično petardo, ta s svojim intenzivnim gorenjem prižge smodniško polnitev. Smodniški plini prehajajo skozi razdelilni cilindar na dve šobi, ki sta postavljeni pravokotno na stabilizacijska krilca, in s svojim delovanjem na površino krilc ustvarjajo silo upravljanja, ki usmerja raketo na začetnem delu trajektorije poleta.

Stabilizacijska krilca so postavljena pod določenim kotom glede na vzdolžno os rakete. Krilci zagotavljata dodatni rotacijski moment in potrebne stabilne obremenitve. Odprejo se zaradi delovanja vzmeti na zaskočki. Zaskočki blokirata krilca po izstrelitvi rakete iz lansirne cevi.

3.4. BOJNA GLAVA

Namen in naloga bojne glave je uničiti ali poškodovati cilj v zračnem prostoru. Uničenje cilja doseže z rušilnim učinkom, ki nastane ob eksploziji eksplozivne polnitve, ter z učinkom delcev, ki nastanejo ob eksploziji bojnega dela in drobljenju ohišja rakete. Bojna glava je sestavljena iz bojnega dela in vžigalnika.

Bojni del z razpršno-rušilnim učinkom med eksplozijo formira uničevalno polje, s katerim učinkuje na cilj. Aktivira se z inicialnim impulzom, ki mu ga da vžigalnik. Bojni del sestavljajo ohišje, eksplozivna polnitev, detonator, obloga, cev in dodatna polnitev.

Vžigalnik po zadetju rakete v cilj ali po poteku časa za samorazstrelitev aktivira eksplozivno polnitev bojnega dela in dodatno polnitev. Vžigalnik je elektromehanski in ima dve stopnji varovanja (inercialno in pirotehnično), ki se izključita le med letom rakete. Tako je zagotovljena varnost med uporabo (lansiranjem, tehničnim vzdrževanjem, transportom in skladiščenjem) rakete. Varnostno-detonacijska naprava ima dve stopnji varovanja in zagotavlja varnost pri delu z raketo do trenutka armiranja. Vsebuje pirotehnično varovalo, rotor in inercialno varovalo.

PRINCIP DELOVANJA:

Po pritisku na sprožilec do zadnje lege prihaja napetost na armirni sklop. Ko raketa zapusti lansirno cev, se odprejo lopute krmila krmilnega mehanizma in zaprejo kontakti razmičnega stikala. Prižgeta se pirotehnično varovalo in pirotehnični obroč samorazstrelilnega mehanizma. Med normalnim letom se zaradi inercialne sile izvleče inercialno varovalo in s tem se prekine prva stopnja varovanja. Po določenem času leta zgori pirotehnično varovalo in s tem se prekine druga stopnja varovanja. Rotor se sprosti in obrne v bojni položaj. S tem je bojni del armiran.

Pri srečanju rakete s ciljem se inducira električni impulz. Impulz vodi do električnega vžigala, ki z ognjenim snopom prižge detonatorsko kapico, ta pa aktivira detonator. Detonator aktivira detonator bojnega dela, ki povzroči detonacijo eksplozivne polnitve bojnega dela in eksplozivne polnitve v cevčici vžigalnika. Ob eksploziji polnitve bojne glave učinkuje na cilj v radialni smeri z rušilnim učinkom eksplozije in razpršilnim učinkom, ki nastane pri drobljenju ohišja bojne glave. V smeri vzdolžne osi rakete se formira kumulativni tok, ki drobi sklope in dele sprednjega dela rakete, jih usmerja v cilj v obliki snopa delcev in s tem uničuje cilj z dodatnim razpršilnim učinkom. Prenosna polnitev v cevčici vžigalnika izzove detonacijo dodatne polnitve.

Če raketa cilj zgreši, pirotehnični obroč samorazstrelilnega mehanizma (po 14–17 sekundah poleta rakete) z ognjenim snopom vžge detonatorsko kapico, ta pa inicira detonatorje in dodatno polnitev, ki aktivira celotno eksplozivno polnitev bojnega dela. Z dodatno polnitvijo je povečana verjetnost eksplozije bojnega dela.

3.5. RAKETNI MOTORJI

Raketne motorje lahko razvrstimo v več razredov glede na vir energije (kemična, jedrska, sončna), osnovno funkcijo (vzletni, pospeševalni, krmilni, motorji za vzdrževanje orbite ...), tip vozila (letalska raketa, vesoljsko plovilo, ...), velikost, tip pogonskega sredstva, vrste konstrukcije ali število pogonskih enot v vozilu.

Danes se kot vir energije največ uporablja kemična energija, ostale tehnologije večinoma še niso dovolj raziskane, razvite ali zmogljive, da bi bile primerne za praktično uporabo. Vrste raketnih motorjev na kemično energijo so na kratko predstavljene v tem poglavju.

3.5.1. RAKETNI MOTORJI NA TRDNO GORIVO

Eden največkrat uporabljenih raketnih pogonskih sistemov je raketni motor na trdno gorivo (Solid Rocket Motor; SRM). Kitajci so razvili in uporabljali raketne izstrelke na trdno gorivo že pred več kot 800 leti, v vojaške namene pa so jih uporabljali tudi drugod v osemnajstem in devetnajstem stoletju.

Prednosti raketnih motorjev na trdno gorivo so razmeroma preprosta izdelava, skladiščenje in vzdrževanje, kar je pomembno tudi s finančnega vidika. So namreč brez gibljivih delov in ne potrebujejo dovoda goriva, ventilov ali drugih podobnih sistemov.

Širok spekter uporabe raketnih motorjev na trdno gorivo zajema:

- začetne pospeševalne motorje (boosters) za vesoljska plovila,
- pogon višjih stopenj orbitnih vozil,
- sisteme za obračanje vesoljskih plovil,
- pogon strateških in taktičnih vojaških raket,
- generatorje plina za vžig raketnih motorjev na tekoče gorivo,
- manjše raketne motorje (ognjemeti, modelarske rakete).

Polnitev (propellant grain), kot pravimo pogonski zmesi, oblikovani v geometrijsko telo, je vstavljena v zgorevalno komoro in vsebuje vse kemične elemente, potrebne za popolno zgorevanje. Po vžigu pogonska zmes gori z vnaprej znano hitrostjo na vseh izpostavljenih površinah. Vroči plini zapustijo komoro prek nadzvočne šobe in ustvarjajo potisk. Gorenja običajno ne moremo ustaviti in traja, vse dokler razpoložljiva pogonska zmes ne izgori. Prav to pa je glavna slabost teh motorjev – ko jih enkrat prižgemo, ne moremo ustaviti gorenja, spreminjati potiska ali drugih parametrov.

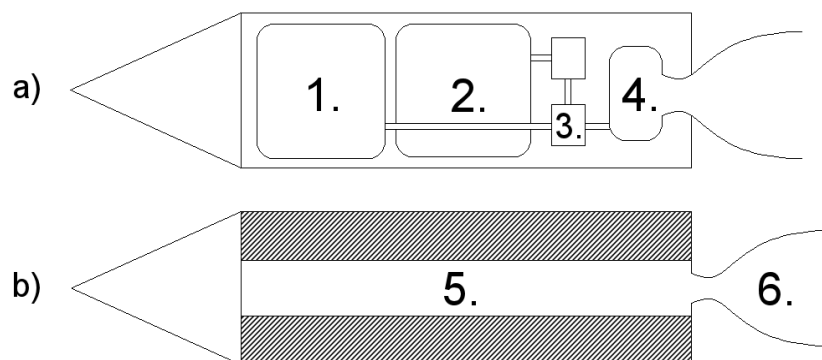
3.5.2. RAKETNI MOTORJI NA TEKOČE GORIVO

Raketni motorji na tekoče gorivo (Liquid Rocket Propulsion Systems/Engines; LRPS) so primerna izbira, kadar potrebujemo visok specifični impulz in nivo potiska. Njihova priljubljenost je spodbujala razvoj do te mere, da imamo danes na voljo zanesljive in zmogljive tehnologije.

Raketni motorji na tekoče gorivo, kot že ime pove, uporabljajo utekočinjeno gorivo, ki se ga pod tlakom dovaja v zgorevalno komoro iz rezervoarjev. Potreben tlak zagotovimo s pomožnim plinom pod visokim tlakom ali pa s pomočjo tlačnih črpalk. Slednje uporabljamo v sistemih z večjo količino goriva in višjim potiskom, na primer v vesoljskih raketah.

V nasprotju s trdnim gorivom lahko pri raketnih motorjih na tekoče gorivo med obratovanjem nadziramo in po potrebi prilagajamo potisk s primernim tlakom dovoda goriva v zgorevalno komoro. Nekatere lahko celo med letom ugasnemo in ponovno prižgemo, večje motorje pa lahko (po temeljitnem pregledu in testiranju) ponovno uporabimo. Raketni motorji na tekoče gorivo za delovanje tako zahtevajo kompleksen sistem dovoda goriva z več natančnimi ventili, črpalkami, turbinami in razmeroma zapleteno zgorevalno komoro.

Slika 6: Shema dveh najpogostejših tipov raketnih motorjev



Vir: Vpliv oblike pogonske zmesi na zmogljivosti raketnega motorja na trdno gorivo (2007, str. 18)

Shematska primerjava glavnih dveh vrst raketnih motorjev je prikazana na sliki 1. Pri raketnem motorju na tekoče gorivo (a) imamo ločeno shranjeno gorivo (1.), oksidant (2.), sistem ventilov in črpalk (3.) ter zgorevalno komoro z izpušno šobo (4.). Pri raketnem motorju na trdno gorivo (b) pa imamo pogonsko zmes (5.), ki vsebuje gorivo in oksidant v trdem stanju. Kot zgorevalna komora deluje ohišje samo, izpušni plini pa se pospešijo prek šobe (6.)

3.5.3. HIBRIDNI RAKETNI MOTORJI

Hibridni motorji so nekakšna mešanica motorjev na trdno in tekoče gorivo. Oksidant je običajno tekoč in shranjen v posebnem tanku, gorivo pa je v trdnem stanju. Omogočajo spreminjanje potiska (spreminjamo dotok oksidanta), prekinitvev in ponovni vžig motorja. Poleg tega so varni za uporabo, saj sta gorivo in oksidant fizično ločena.

Navkljub nekaterim prednostim pa hibridni motorji niso bili deležni razvoja v enaki meri kot motorji na tekoče in trdno gorivo. V praktični uporabi jih redko najdemo, mnogi zgodnji hibridni motorji so bili namenjeni letečim tarčam za potrebe ameriške vojske. V zadnjih letih se razvoj osredotoča na prototipe pospeševalnih motorjev (boosters) za vesoljske aplikacije.

3.5.4. DRUGE VRSTE RAKETNIH MOTORJEV

Obstaja še več vrst raketnih motorjev (nekateri zgolj na papirju), ki za ustvarjanje potiska ne izkoriščajo kemične energije. Mednje spadajo:

- **Električni pogon** deluje na principu pospeševanja majhnih mas na zelo visoko hitrost (na primer plazma ioniziranih plinov). Dobra lastnost teh sistemov je visok specifičen impulz, slaba pa izjemno majhen potisk (0,0001–20 N). Da dosežemo večje hitrosti, mora motor pospeševati tedne, celo mesece. Uporablja se na nekaterih vesoljskih sondah.
- **Jedrski pogon** izkorišča jedrsko energijo za segrevanje pogonskega plina, ki nato zapusti motor prek izpušne šobe. Razvili bi lahko velike potiske, vendar ostajajo zaradi politične neprivlačnosti, možnih radioaktivnih izpuhov in visoke cene zgolj v teoretičnih študijah.
- **Hladen plin** (N_2 , H_2), shranjen pod visokim tlakom in speljan prek izpušne šobe, se lahko prav tako uporablja kot pogonsko sredstvo. Prednosti so preprostost, varnost in čistost do okolja, žal pa razvijejo le majhne potisne sile.

3.5.5. UPORABA RAKETNIH MOTORJEV V LETALSTVU

V protiletalskih raketah se uporabljajo raketni motorji na trdna goriva, ker imajo nekaj pomembnih prednosti:

- Cenovno ugodna
- Zanesljivo in preprosto delovanje
- Velik specifični impulz
- Nezahtevno skladiščenje
- Varna uporaba
- Kompaktna konstrukcija
- Ob pravilnem skladiščenju ne potrebuje vzdrževanja

3.6. STABILIZACIJSKI DEL

Stabilizacijski del aerodinamično stabilizira raketo med letom, zagotovi vzgonsko silo (če obstaja napadalni kot) ter vzdržuje potrebno vzdolžno kotno rotacijsko hitrost rakete med letom.

Stabilizacijski del je sestavljen iz ohišja in štirih zložljivih stabilizacijskih krilc z mehanizmom za utrditev. Zložljivo krilce je sestavljeno iz aerodinamične plošče, ki je z dvema vijakoma pritrjena na podstavka osi, nameščene v odprtino ohišja.

Mehanizem za utrditev je sestavljen iz dveh utrjevalnih elementov – zatičev in vzmeti, s katerimi se krilca odpirajo in fiksirajo. Ko rotirajoča raketa zapusti cev, se krilca zaradi delovanja centrifugalnih sil odprejo. Krilca so postavljena pod kotom 2 stopinj glede na vzdolžno os rakete, da vzdržujejo potrebno hitrost rotacije rakete.

Stabilizacijski del je z vijaki pritrjen na šobo pogonskega motorja. S štirimi bradavicami na ohišju je stabilizacijski del spojen z elastičnim obročem izmetnega motorja.

3.7. LANSIRNA CEV

Lansirna cev je naprava za lansiranje rakete, hkrati se uporablja za transport in skladiščenje rakete. Z lansirno cevjo se raketa usmeri proti cilju, lansira ter zadrži izmetni motor med lansiranjem rakete. Hkrati varuje strelca pred plini iz izmetnega motorja.

Na lansirno cev so pritrjeni tuljavni blok, nosilci mehanskih merkov z informacijsko lučko, priključni mehanizem, konektor, priključna doza, objemki s pritrdilnimi ušeski za jermen in jermen za nošenje.

Tuljavni blok omogoča skupaj z blokom elektronike lansirnega mehanizma zagon rotorja žiroskopa in njegovo zaklepanje.

Namerilni mehanizem omogoča strelcu namerjanje v cilj. Prednji merek je na prednjem preklopnem nosilcu. Na zadnjem preklopnem nosilcu je zadnji merek z informacijsko lučko in zaslonko. Zaslonka služi za streljanje v polmraku, z njo se pokrije lučka in s tem prepreči zaslepitev strelca. Optična os nosilcev merkov je glede na vzdolžno os lansirne cevi postavljena pod kotom minus 10 stopinj. S tako postavitvijo merkov se pri streljanju na nizko leteče cilje zagotovi potreben naklonski kot rakete in s tem omogoči lansiranje rakete brez prehitevanja v navpični ravnini.

Priključni mehanizem je sestavljen iz ohišja, v katerem so večpolni vtikač, zagozda z vzmetjo, vodilo, priključni konektor in uho. Z ušesom in nosilnim zobom se lansirni mehanizem pritrdi na lansirno cev. Raketa je mehansko utrjena v lansirno cev z zagozdo, ki je nameščena v odprtini obroča na ohišju bojne glave.

Nosilni jermen se uporablja za prenašanje lahkega prenosnega raketnega sistema v pohodni postavitvi in je na lansirno cev pritrjen z objemkama.

Lansirna cev se lahko večkrat uporablja. V enoto lahko pridejo rakete, ki imajo rdeče oznake na zagonskem bloku. Število oznak na lansirni cevi kaže število izstreljenih raket iz te lansirne cevi.

3.8. LANSIRNI MEHANIZEM

Lansirni mehanizem je namenjen za pripravo in lansiranje rakete.

V ohišju lansirnega mehanizma so blok elektronike, zvočnik, utrjevalni mehanizem, nožasti kontakti konektorja, sprožilec in kontaktna skupina. Lansirni mehanizem je z nožastimi kontakti konektorja električno povezan z lansirno cevjo. Med transportom in skladiščenjem je konektor zaprt s pokrovom, ki je za vodo neprepusten.

Zvočnik omogoča zvočno signalizacijo o zajemu cilja. Vgrajen je v ohišje lansirnega mehanizma. Pred mehanskimi poškodbami je zaščiten s pokrovom, pritrjenim z vijaki. Pod pokrovom sta membrana in tesnilo, ki zvočnik še dodatno varujeta pred poškodbami, prahom in vlago.

Lansirni mehanizem se na lansirno cev pritrди z osjo in utrjevalnim mehanizmom. Ko se lansirni mehanizem pritrди na lansirno cev, se nosilni zob na lansirni cevi usede v odprtino na ohišju lansirnega mehanizma. Nosilni zob se zagodzi z zobom, na katerega pritisne vzmet utrjevala.

Sprožilec je namenjen za zapiranje tokokrogov kontaktne skupine. Ko se pritisne nanj, se obrne okrog osi, na kateri je nameščena povratna vzmet. Sprožilec je lahko v treh legah:

- Začetna lega: sprožilec je v izhodiščni legi, žiroskop je zaklenjen
- Srednja lega: sprožilec je na prvem kolenu, žiroskop je sproščen
- Zadnja lega: sprožilec je na drugem kolenu, lansiranje rakete

3.9. NAPAVALNA BATERIJA

Pri pripravi rakete za lansiranje napajalna baterija oskrbuje infrardečo glavo za samovodenje s hladilnim plinom in napaja sistem z električno energijo. Baterija se lahko uporabi samo enkrat.

Sestavna dela napajalne baterije sta rezervoar, ki je napolnjen z utekočinjenim plinom, in baterija s trdim elektrolitom.

Rezervoar je kovinski, v obliki krogle; uporablja se za dolgotrajno hranjenje utekočinjenega plina pod tlakom 35 MPa. V sredini rezervoarja je nameščeno vodilo. En konec vodila je spojen s priključkom, skozi katerega se polni rezervoar in zagotavlja izhod plinov po prebijanju membrane, na drugem koncu vodila je nameščena baterija. Baterija je sestavljena iz kombiniranih (paralelno-zaporedno vezanih) elektrokemičnih členov, med katerimi so pirotehnični grelci.

Napajalno baterijo vklopi udarna igla, ki po zasuku ročice za vklop baterije prebije membrano. Po preboju membrane steče utekočinjeni plin skozi kanal priključka in naprej po cevi v hladilni sistem infrardeče glave za samovodenje ter skozi kanal vodila k udarni igli. Ko je dosežen potreben tlak, se prereže pritrđilni člen, udarna igla, ki se giblje z veliko hitrostjo, pa udari vžigalno kapico. Vžigalna kapica se vžge in z ognjenim snopom prižge vse pirotehnične grelce. Toplota, ki nastane pri gorenju pirotehničnih grelcev, topi elektrokemične grelce in baterija začne dajati napajalne napetosti.

4. IGLA in IGLA-1

4.1. ZGODOVINA

Razvoj protiletalskega sistema Igla se je začel v biroju Kolomna OKB leta 1971. Igla je bila povsem nov projekt, saj ni izboljšana verzija protiletalskih sistemov iz družine Strela. Glavna zahteva novega orožja je bila boljša odpornost na protiraketno zaščito ter večji doseg, kot so ga imeli obstoječi sistemi Strela. Velike tehnične težave pri razvoju so razvijalce leta 1978 prisilile k ločitvi projekta na dva dela. Prvi projekt je bila preprostejša Igla-1, ki je temeljila na obstoječih infrardečih iskalnikih tipa Strela-3, ter na polno zmogljivo verzijo 9K38 Igla.

Slika 7: Igla-1



Na vrhu: SA-18 (Igla), spodaj: SA-16 (Igla-1).

Vir [http://sl.wikipedia.org/wiki/9K38_Igla]

9K310 Igla-1 sistem (NATO oznaka: SA-16 Gimlet) in njena raketa 9M313 sta prišla v uporabo leta 1981. Igla-1 je vsebovala naslednje novosti:

- Sistem IFF (Identification-Friend-or-Foe), ki je preprečeval sestrelitev lastnih letal
- Avtomatsko vodenje rakete
- Večja in izboljšana raketa, primernejša za streljanje na hitre tarče
- Boljše polnjenje bojne glave
- Izboljšana odpornost na zaščitna sredstva letal
- Rahlo izboljšan infrardeči iskalnik

Po poročanju proizvajalcev je imela Igla-1 30–48-odstotno verjetnost zadetka na nezaščitene tarče oziroma 24-odstotno verjetnost zadetka tarče s protiraketno zaščito.

Igla

Polno zmogljiva 9K38 Igla (NATO oznaka SA-18 Grouse) z raketo 9M39 je postala operativna leta 1983. Izboljšave so vključevale:

- Veliko boljšo odpornost na motenje
- Veliko boljši infrardeči iskalnik z večjim iskalnim kotom
- Rahlo daljši doseg
- Močnejše polnjenje bojne glave

Lahki prenosni raketni sistem tipa IGLA je namenjen za uničevanje nizko letečih reaktivnih, turbopropelerskih in propelerskih letal ter helikopterjev v prihodu ali odhodu pri vizualni vidljivosti.

V sestavo lahkega prenosnega raketnega sistema spadajo:

- Bojna sredstva
- Sredstva za sprejem in prikazovanje podatkov o ciljeh v zračnem prostoru
- Sredstva za tehnično vzdrževanje
- Vadbena sredstva

Sredstva za sprejem in prikazovanje podatkov o ciljeh v zračnem prostoru so sredstva za zveze in sprejemnik podatkov o ciljeh, prenosna elektronska planšeta.

Sredstva za tehnično vzdrževanje sta premična kontrolna postaja in kontrolnotestna aparatura; namenjeni sta za opravljanje tehničnih pregledov bojnih sredstev in trenažerjev.

V sestavo vadbenih sredstev spadajo:

- Terenski trenažer
- Psihološki komplet
- Komplet za kontrolo lansiranja
- Univerzalni trenažer
- Maketa rakete
- Presek rakete

Med pohodom strelec prenaša raketo s pomočjo jermena na hrbtu. Strelec lahko lansira raketo z rame iz stoječega ali iz klečečega položaja. Na ognjenem položaju ne sme biti ovir; omogočati mora opazovanje zračnega prostora v vse smeri. Lahki prenosni raketni sistem Igla omogoča tudi lansiranje rakete iz zaklonilnika, s plovila, iz močvirja, s streh zgradb in z motornega vozila (terenskega vozila ali oklepnega transporterja), in sicer z mesta, iz

kratkega postanka ali pa iz premika. Streljanje iz premika je mogoče izvesti samo, če se vozilo premika po ravni površini s hitrostjo do 20 km/h.

4.2. TAKTIČNO-TEHNIČNE LASTNOSTI

Največja višina uničenja cilja:

- a) Pri streljanju na cilj v prihodu:
 - Reaktivna letala in turbopropelerska letala 2000 m
 - Helikopterji in letala na batni pogon 3000 m
- b) Pri streljanju na cilj v odhodu:
 - Reaktivna letala in turbopropelerska letala 2500 m
 - Helikopterji in letala na batni pogon 3000 m

Najmanjša višina uničenja cilja: 10 m

Največji parameter uničenja cilja:

- a) Pri streljanju na cilj v prihodu:
 - a. Reaktivna letala in turbopropelerska letala 2000 m
 - b. Helikopterji in letala na batni pogon 32500 m
- b) Pri streljanju na cilj v odhodu:
 - a. Reaktivna letala in turbopropelerska letala 2500 m
 - b. Helikopterji in letala na batni pogon 3000 m

Največja hitrost cilja:

- a) V prihodu 400 m/s
- b) V odhodu 320 m/s

Poševna daljva uničenja cilja 500–5200 m

Potreben čas za prevedbo iz pohodne postavitve v bojno postavitvev 13 s

Čas pripravljenosti za lansiranje po vklopu napajalne baterije 5 s

Temperaturno območje delovanja od -44 do +50 °C

Zaščita pred toplotnimi motnjami (pasivnimi in aktivnimi) spektralna

Zaščita pred motnjami (IR vabe) s tempom metanja 0,21 s in več

Sprejemnik o ciljih v zračnem prostoru zagotavlja:

- Prikazovanje podatkov o cilju v zračnem prostoru (azimut, daljava, smer in hitrost leta cilja ter pripadnost – SVOJ oziroma TUJ)
- Usmerjanje strelca proti cilju na podlagi zvočnega ali svetlobnega signala
- Telekodni prenos podatkov o vizualno odkritih ciljeh
- Sprejem signalov – ukazov ali poročil
- Topografsko povezovanje

Premična kontrolna postaja:

Najdaljši čas za pripravo premične kontrolne postaje:

- Pri temperaturi nad ničlo 30 min
- Pri temperaturi pod ničlo 60 min

Najkrajši čas za pakiranje po uporabi postaje 25 min

Maksimalni čas neprekinjenega delovanja postaje 12 ur

Zajamčen čas delovanja postaje (minimalno 1000 ur) 10000 preverjanj

Število preverjanj raket na eno odpoved ne manj kot 1500 ciklov

Povprečen čas za preverjanje enega lansirnega mehanizma 5 min

Taktično-tehnični podatki o raketi:

- Kaliber 72,1 mm
- Dolžina rakete 1574 mm
- Masa 10,8 kg
- Srednja hitrost poleta rakete pri temperaturi +15 °C 570 m/s
- Hitrost rotiranja rakete okrog vzdolžne osi 12–20 o/s
- Frekvenca rotiranja žiroskopa 100 Hz
- Hlajenje fotosprejemnika -190 °C
- Čas delovanja pohodnega motorja 7 s
- Masa bojne glave 1,25 kg
- Masa eksplozivne polnitve 0,380 kg
- Masa delcev 0,400 kg
- Masa enega delca 0,005 kg

- Število delcev 860
- Srednja hitrost razpoletavanja delcev 2000 m/s
- Kot razpoletavanja delcev 52°
- Metoda vodenja proporcionalno približevanje
- Sistem upravljanja enokanalni
- Tip glave za samovodenja toplotna, sledilna
- Vidno polje 1,5°

Napajalna baterija:

a) Potrebni čas prehoda na delovni režim pri temperaturi:

- Od -20 do +50 °C 1 s
- Od -20 do -50 °C 1,3 s
- Najkrajši čas delovanja 30 s
- Masa 1,3 kg
- Delovni tlak 34,32 MPa

Lansirni mehanizem

- Masa 1,7 kg
- Temperatura delovanja od -50 do +50 °C
- Garancijska doba 750 lansiranj

Lansirna cev

- Masa 3 kg
- Dolžina 1697 mm

4.3. METODA VODENJA

Vodenje rakete k cilju poteka po metodi proporcionalnega približevanja (proporcionalna navigacija). Za navedeno metodo je značilno, da je signal upravljanja proporcionalen absolutni vrednosti kotne hitrosti rotiranja vizirne črte raketa-cilj (vektorja razdalje). S približevanjem rakete cilju se uresniči pogoj, da se kotna hitrost rotiranja vizirne črte in vektor hitrosti rakete izenačita z nič, s tem pa se zagotovi srečanje rakete s ciljem v točki prehitevanja.

Na začetnem delu trajektorije raketa ne leti proti točki prehitevanja. Kotna hitrost vizirne črte ni enaka nič. Infrardeča glava za samoupravljanje meri kotno hitrost in sorazmerno njeni velikosti formira komandni signal, ki ga izkoriščajo krmila krmilnega mehanizma. Kot rezultat premikanja krmil se formira sila upravljanja (aerodinamična sila), ki usmerja raketo v potrebno smer. Zaradi delovanja te sile se raketa obrača okrog težišča (centra mase), pri tem pa se pojavi napadalni kot, tj. kot med vektorjem hitrosti in vzdolžno osjo rakete, na podlagi katerega nastane vzgonska sila.

Zaradi delovanja vzgonske sile raketa menja trajektorijo poleta, dokler se ne uresniči pogoj, da je kotna hitrost vizirne črte enaka nič. Po uresnitvi tega pogoja se vizirna črta premika v prostoru vzporedno sama s seboj, trajektorija poleta rakete pa je premočrtna do točke prehitevanja (točka srečanja rakete s ciljem). Če cilj manevrira s konstantno kotno hitrostjo, se približevanje uresničuje s sukcesivnim določanjem novih točk prehitevanja, dokler ne pride do resničnega srečanja rakete s ciljem.

Metoda proporcionalnega približevanja omogoča zadetek v bližini tistega dela konstrukcije cilja, ki ima najmočnejše toplotno sevanje (najbolj ogreti del). Da bi se povečala verjetnost uničenja reaktivnih letal, ima raketa vgrajen sklop za preusmerjanje, saj je najtoplejši del za izpušno šobo letala, kjer pa ni vitalnih delov, ki bi v primeru poškodbe zagotovili uničenje letala. Sklop za preusmerjanje formira dodatni komandni signal za upravljanje rakete, ki zagotavlja preusmerjanje rakete od preseka najmočnejšega toplotnega sevanja v trup letala.

Sistem upravljanja:

Za realizacijo izbrane metode vodenja rakete se uporablja sistem za upravljanje poleta rakete. Sistem ima enokanalno žiroskopsko glavo za samovodenje, ki:

- Meri kot med vzdolžno osjo koordinatorja in vizirno črto (tako imenovan kot napake).
- Na podlagi izmerjenega kota napake formira korekcijski signal (sorazmeren je vrednosti napake), ki s sledilnim sistemom izniči napako in zagotavlja neprekinjeno avtomatsko sledenje cilju.
- Meri kotno hitrost rotiranja vizirne črte.
- Na podlagi izmerjene kotne hitrosti formira signal za upravljanje leta rakete in ga posreduje krmilnemu mehanizmu.

Krmilni mehanizem je izvršilni element pri upravljanju poleta rakete; zagotavlja enokanalno upravljanje rotirajoče rakete in deluje po principu releja.

4.4. CONA LANSIRANJA IN CONA UNIČENJA

Cona lansiranja je omejeni del zračnega prostora, v katerem se mora raketa lansirati, da bi v coni uničenja prišlo do srečanja rakete s ciljem.

Cona uničenja je omejeni del zračnega prostora, v katerem je mogoče srečanje rakete s ciljem, če je bilo lansiranje izvedeno v coni lansiranja.

Pri streljanju na cilj v odhodu nastanejo prostorske cone lansiranja in uničenja, z vrtenjem določene horizontalne ravninske cone lansiranja okrog osi x , ki je v trenutku lansiranja vzporedna s kurzem cilja. Omejene so z največjo in najmanjšo višino uničenja cilja in z največjim kotom lansiranja rakete. Pri streljanju na cilj v prihodu nastanejo prostorske cone lansiranja in uničenja z nalaganjem vodoravnih ravninskih con različnih višin poleta cilja.

Cone lansiranja in uničenja so omejene z:

1. Bližnjo mejo cone lansiranja in uničenja, ki je odvisna od:
 - 1.1. Največje prečne (bočne) obremenitve rakete (pri ciljnih v prihodu)
 - 1.2. Največje hitrosti sledenja, pri kateri lansirni mehanizem še omogoča lansiranje, in od največje prečne obremenitve rakete (pri ciljnih v odhodu)
2. Daljno mejo cone lansiranja in uničenja, ki je odvisna od:
 - 2.1. Moči sevanja cilja v spektralnem območju občutljivosti IR-glave za samovodenje, pri katerem glava v trenutku lansiranja še dovolj zanesljivo deluje (pri ciljnih v prihodu)
 - 2.2. Daljave upravljanega poleta rakete (pri ciljnih v odhodu)
3. Na mejo cone lansiranja vplivajo tudi naslednji dejavniki:
 - 3.1. Največji odklonski kot infrardeče glave za samovodnje
 - 3.2. Največji dovoljeni naklonski kot lansiranja
 - 3.3. Čas analize avtomata za sprostitvev in lansiranje
 - 3.4. Najmanjša višina poleta cilja, pri kateri ne bo prišlo do prezajema infrardeče glave za samovodenje na infrardeče sevanje zemljiščih objektov (spodnja meja cone lansiranja)
 - 3.5. Najmanjša dovoljena kotna hitrost sledenja, pri kateri avtomat sprostitvev in lansiranja še dovoljuje lansiranje
4. Cona lansiranja je bočno omejena z maksimalnim kurznim parametrom.

5. SA-24

5.1. RAZVOJ

Lahki prenosni raketni sistem SA-24 je poznan pod več oznakami. Največ se uporabljajo Iгла-S kot Iгла Super ali Special, NATO oznaka SA-24 Grinch in pa ruska oznaka 9K338. Ta raketni sistem je razvit iz osnovnega raketnega sistema Iгла in družine sistema Iгла-1. Izboljšane so karakteristike raketnega sistema, kot so učinkovitost, zanesljivost, življenjska doba in preživetje. Hkrati pa jo odlikujejo vse lastnosti predhodnih ruskih lahkih prenosnih raketnih sistemov, kot so upravljivost enega strelca, koncept »streljaj in pozabi« (angl. »Fire and Forget«), velika odpornost proti motilnim faktorjem v ozadju cilja, velika odpornost proti termalnim prestreznim ukrepom, enostavno merjenje in lansiranje, enostavno vzdrževanje in usposabljanje, širok spekter uporabe ter možnost uporabe v ekstremnih operativnih okoljih.

Raketni sistem SA-24 je samostojno razvila družba KBM, brez podpore ali naročila ruske vojske. Nastal je kot odgovor na ameriško sodelovanje v Zalijski vojni v letu 1991 in na Balkanu v letu 1999. Pri razvoju je bil poudarek na uporabnosti rakete in delovanju v okolju infrardečih motilnih faktorjev, hkrati pa je morala biti zagotovljena uporaba proti hitrim nizko letečim plovilom.

Raketni sistem SA-24 spada v najsodobnejšo generacijo lahkih prenosnih raketnih sistemov, ki se izstreljujejo iz ramenskega obroča. Na trg je bil ponujen v letu 2002. Podobna raketna sistema konkurenčnih proizvajalcev sta ameriški FIM-92 STINGER in pa francoski MISTRAL.

Slika 8: Iгла-S (SA-24)



Vir [<http://www.kbm.ru/en/product/manpads/igla-s>]

5.2. OPIS

Lahki prenosni raketni sistem SA-24 je bil razvit za zračno obrambo prvih bojnih vrst, proti ciljem, kot so letala, helikopterji, brezpilotna zračna plovila in celo vodeni izstrelki. Sistem deluje v pogojih neposredne vidljivosti tako podnevi kot tudi ponoči. Zaznavnost tarče je mogoča s sprednje in zadnje strani cilja, v okolju z motnjami v ozadju in pri uporabi motilnih sredstev.

V primerjavi s predhodnimi sistemi je povečana verjetnost zadetka pri delovanju na vse tipe tarč, izboljšan je doseg rakete, uporablja se lahko ponoči s pomočjo naprave za nočno zaznavanje ciljev, mogoča je uporaba na različnih platformah.

K lahkemu prenosnemu raketnemu sistemu SA-24 spadata modificirani transportni zabojnik in lansirna cev (9P39-1), ki vsebuje na novo razvito raketo (9M342). Prav tako pa sta izboljšana lansirni mehanizem (9P519-1) in namerilna naprava. Izboljšana je tudi iskalna glava rakete, ki je prav tako hlajena s tekočim plinom. Krmilni mehanizem je opremljen s sodobnimi digitalnimi računalniškimi čipi, izboljšani pa so tudi iskalni algoritmi za iskanje ciljev. Bojna glava rakete je opremljena z laserskim bližinskim vžigalnikom in je za približno 1 kilogram težja od predhodnega modela.

Z uporabo digitalnih računalniških komponent krmilnega mehanizma se je sprostil dodatni prostor, ki so ga zapolnili nova bojna glava z izboljšanim razstrelivom, laserski bližinski vžigalnik in pa povečana količina novega raketnega goriva. Z uporabo večje količine boljšega raketnega goriva se je dolet rakete izboljšal za približno 15 %.

Slika 9: Igla-S (SA-24)



Slika 10: Igla-S (SA-24)



Slika 11: Igla-S (SA-24)



Vir (Slika 9, 10, 11) [<http://www.armyrecognition.com/forum/viewtopic.php?t=471>]

5.3. TEHNIČNO-TAKTIČNE LASTNOSTI

- Dolžina rakete 1,635 m
- Dolžina lansirne cevi 1,7 m
- Kaliber rakete 72,2 mm
- Masa rakete 11,7 kg
- Masa raketnega sistema 19 kg
- Masa bojne glave 2,5 kg
- Tip bojne glave: fragmentacijska High Explosive (HE) bojna glava
- Tip detonatorja: kontaktni detonator in laserski bližinski detonator z daljinskim senzorjem cilja za optimizacijo detonacije v najbližji točki tarče
- Gorivo: najnovejše trdno raketno gorivo
- Pogon: raketni motor z dvojnim potiskom
- Čas delovanja pogona 10 s
- Vodenje na dveh valovnih dolžinah 1,3–1,5 μm in 3–5 μm z novim konceptom kontrole ki raketi zagotavlja izboljšano natančnost pri manjši površini tarče
- Največja hitrost cilja v prihodu 400 m/s
- Največja hitrost cilja v odhodu 320 m/s
- Največja višina cilja 3500 m
- Domet 6000 m
- Potreben čas za bojno postavitvev do 13 s
- Potreben čas za pripravo rakete 6 s
- Najnižja višina cilja: zelo nizko, z možnostjo uporabe zemlja-zemlja – 10 m
- Vrednotenje lansirnih limit envelope poteka avtomatično pri daljni tarči, ki se približuje, in pri bližnjem sledilnem manevru
- Razpoznavanje prijateljskih ciljev DA

Lansirna cev in lansirni mehanizem rakete SA-24 zagotavljata lansiranje starejših verzij raket iz družine Iгла, tako rakete za sistem Iгла kot tudi za sistem Iгла-1.

5.4. PRIMERJAVA S SORODNIMI RAKETAMI

Tabela 1: Primerjava s sorodnimi raketami

| | 9K38 Igla | 9K310 Igla-1 | FIM-92A Stinger (USA) | Mistral (Fr) | 9K338 Igla-S |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|
| V uporabi od | 1983 | 1981 | 1982 | 1988 | 2002 |
| Masa sistema | 17,9 kg | 17,9 kg | 14,3 kg | 24 kg | 19 kg |
| Masa rakete | 10,8 kg | 10,8 kg | 10,1 kg | 19 kg | 11,7 kg |
| Masa bojne glave | 1,17kg | 1,17 kg | 2-3 kg | 2,95 kg | 2,5 kg |
| Masa eksploziva | 390 g | 390 g | 450 g | 1 kg | ni podatka |
| Tip bojne glave | rušilno-razpršna | rušilno-razpršna | rušilno-razpršna | rušilno-razpršna | rušilno-razpršna |
| Tip vžigalnika | kontaktni z zakasnitvijo | kontaktni z zakasnitvijo | kontaktni z zakasnitvijo | kontaktni, bližinski | kontaktni, bližinski, laserski |
| Hitrost rakete povprečna/najvišja | 600/800 m/s | 570 m/s | 700/750 m/s | 800 m/s | ni podatka |
| Domet | 5200 m | 5000 m | 4500-4800 m | 5300 m | 6000 m |
| Najvišja hitrost cilja v odletu | 360 m/s | 360 m/s | ni podatka | ni podatka | 400 m/s |
| Najvišja hitrost cilja v priletu | 320 m/s | 320 m/s | ni podatka | ni podatka | 320 m/s |
| Tip iskalne glave | hlajena z dušikom | hlajena z dušikom | hlajena z argonom | plinsko hlajena | plinsko hlajena digitalna |

5.5. SISTEMI, KI UPORABLJAJO SA-24

5.5.1 SHORAD

Shorad (Short Range Air Defence Sistem) je sistem kratkega dosega za montažo na različnih platformah vozil za obrambo zemlja-zrak. Razvila ga je družba ICDS. Sistem je sestavljen iz pasivno delujočih multisenzorjev v nadzorni enoti (IRSS – panoramic passive Infra-Red Surveillance Sistem) ter enote za izbiro cilja in sledenja (IRST – Infra-Red Search and Track). Oborožitev je sestavljena iz dveh mitraljezov 7.62 PKT ter iz dveh lansirnih cevi za sistem SA-18 ali SA-24. Enota je po potrebi lahko opremljena z različnimi orožji. Na platformo lahko namestimo od štiri do osem različnih orožij.

Tektično-tehnični podatki:

- | | |
|--|------------------------|
| • Število orožij | 4–8 |
| • Število oseb za upravljanje | 2 |
| • Način ognja | posamično/rafalno |
| • Upravljanje okoli navpične osi | 360° |
| • Naklon | -10 do +40° |
| • Masa sistema | 250 kg brez oborožitve |
| • Natančnost | 0,5 mrad |
| • Število zasledovalnih ciljev (istočasno) | 50 |
| • Doseg senzorjev (večje letalo) | do 20 km |
| • Doseg senzorjev (bojno letalo) | 15–18km |
| • Doseg senzorjev (helikopter) | 8–9 km |
| • Doseg senzorjev (lovec) | 5–7 km |

Slika 12: SHORAD na vozilu



Slika 13: SHORAD na oklepnem vozilu



Vir [http://homepage.tinet.ie/~steven/images/shorad_g.jpg, <http://www.angelfire.com/biz/troopsupport/untitled.jpg>]

5.5.2 SISTEM DJIGIT

Sistem DJIGIT je mobilni sistem za lahke prenosne rakete iz družine Iгла. Nanj sta nameščeni dve lansirni cevi. Strelec sistem upravlja tako, da sedi na sedežu med obema raketama in ročno upravlja s sistemom. Sistem zagotavlja natančnejše streljanje in povečuje možnost uničenja zračnega cilja.

Taktično-tehnični podatki sistema DJIGIT:

| | |
|-------------------------------|-----------------------|
| • Število raket | 2 |
| • Število oseb za upravljanje | 1 |
| • Način streljanja | posamično, obe raketi |
| • Čas za ponovno oborožitev | 2,5–3min |
| • Delovno okolje | -44 do +50° |
| • Masa | 105 kg |
| • Premer (postavljen) | 2,3 m |
| • Višina | 1,52 m |
| • Zložen | 0,88 m |
| • Širina rampe | 1,2 m |

Sistem sestavljajo: dve lansirni cevi, oprema za montažo na vozilu, šest dodatnih raket, pribor za vzdrževanje ter oprema za urjenje.

Posebna lastnost tega sistema je zmožnost izstrelitve dveh raket na eno tarčo.

Slika 14: DJIGIT



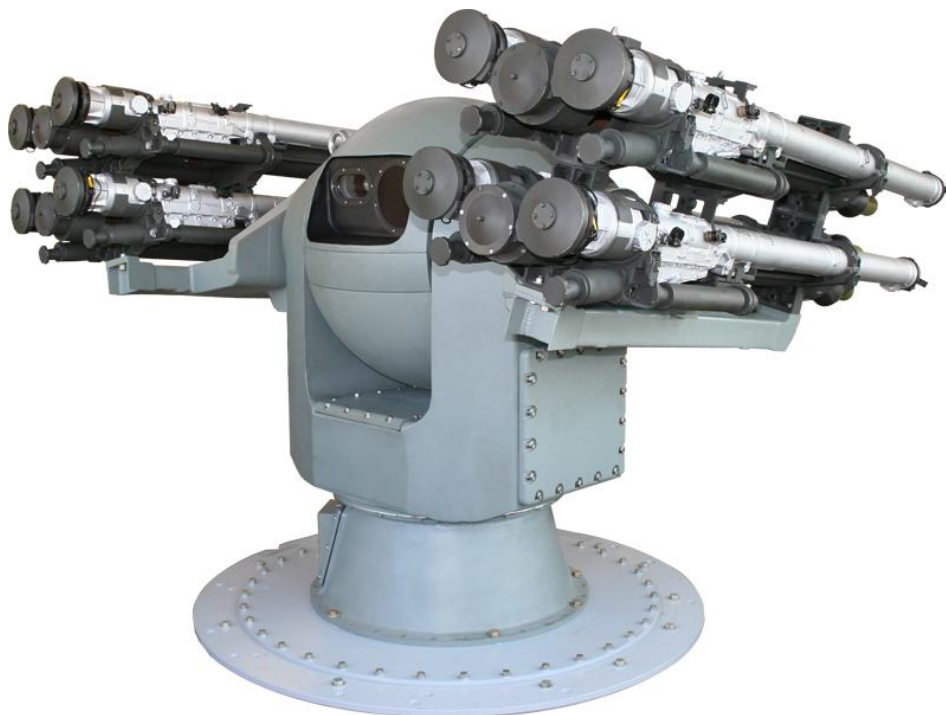
5.5.3 SISTEM GHIBKA

Sistem Ghibka je namenjen obrambi pomorskih plovil pred napadi iz zraka. Uporablja se na ladjah mase 200 ton in več. Varuje jih pred protiladijskimi izstrelki, letali in helikopterji v neposredni bližini.

Taktično-tehnični podatki:

- | | |
|-------------------------|------------|
| • Število tarč naenkrat | 1 |
| • Doseg | 500–6000 m |
| • Višina leta tarče | 10–3500 m |
| • Hitrost tarče | do 400 m/s |

Slika 15: GHIBKA



Vir [<http://www.altair-navy.ru/eng/catalogue/6/12/>]

5.5.4 SISTEM STRELETS (9S846)

Sistem STRELETS je modularni sistem, na katerega se namestijo lansirne cevi raket iz družine Igla. Najboljše karakteristike in rezultate sistem dosega z nameščenimi raketami Igla-S. Namenjen je uporabi proti letalom, helikopterjem, izstrelkom kratkega in dolgega dosega ter brezpilotnim plovilom. Uporaba z raketami Igla-S (SA-24) je mogoča podnevi in ponoči in pa tudi v okolju naravnega in umetnega motilnega delovanja.

Slika 16: Modul sistema STRELETS



Vir [<http://www.armyrecognition.com/forum/viewtopic.php?p=6863&sid=51cae9e96569198b3a045f238079f62d>]

Taktično-tehnični podatki:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| • Višina leta tarč | 10–3500 m |
| • Oddaljenost tarč | 500–6000 m |
| • Hitrost tarč (prilet/odlet) | 400/320 m/s |
| • Operativna doba | 10 let |
| • Število lansirnih modulov | 4 |
| • Število raket na modulu | 2 |
| • Število aktiviranj z eno baterijo | največ 4 |
| • Način ognja | posamično, sekvenčno, rafalno |
| • Čas za pripravo iz on duty-combat | 2s |

- Čas avtonomije v načinu on duty 8h
- Delovna temperatura okolja -40 do +55°
- Način izbire ciljev avtomatski
- Operativnost glede na čas dnevno/nočno
- Merjenje območja nadzora lasersko
- Zaznavna razdalja letala tipa F15 ne manj kot 10 km
- Reakcijski čas 5-6 s
- Metoda vodenja pasivno samovodenje po metodi proporcionalne navigacije
- Imuniteta proti motenju:
 - Zagotovljena pri aktivnem hrupu in pasivnem motenju sistema STRELETS
 - Zagotovljena pri motenju iz ozadja prek infrardečega kanala
 - Zaščita proti organiziranemu optičnemu motenju termalnega izvora velike moči ne glede na smer izvora
 - Protiukrepi kot lokacija tarče, velikost, hitrost in smer so zaznani avtomatično, kot tudi kompenzacija za popravke
- Natančnost merjenja koordinat tarče ne več kot 20 m

Slika 17: STRELETS na vozilu



Vir [<http://www.kbm.ru/en/product/manpads/igla-s>]

5.5.5 LETALSKA APLIKACIJA SA-24

Podobno kot predhodnice (Igla in Igla-1) se tudi sistem SA-24 lahko učinkovito uporabi tako za samozaščito zrakoplovov kot tudi za ofenzivne naloge (na primer lov na sovražne helikopterje).

Od opisanih sistemov je za uporabo v letalstvu primeren sistem STRELETS z raketami SA-24 (Igla-S), saj ga je mogoče namestiti tudi na helikopterje. Znano je, da ta sistem uporabljajo helikopterji tipa MI-35M, na svoje bojne helikopterje pa jih vgrajuje tudi ruski proizvajalec helikopterjev Kamov. Vgradnja lahko vključuje več modulov, glede na razpoložljiva mesta namestitve, druge oborožitve in naloge, ki jih bo helikopter opravljal. Sistem je dokaj nov, saj je prišel na trg leta 2008, posledično pa so dostopni podatki zelo skopi. Vsekakor pa je STRELETS zaradi uporabe raket tipa Igla-S zelo zanesljiv in dobra nadgradnja, ki poveča uporabnost zrakoplova, njegovo ognjeno moč, varnost posadke, moštva in materialno-tehničnih sredstev, ki jih helikopter varuje.

Slika 18: Sistem STRELETS na bojnem helikopterju MI-35M



Vir [http://www.aviapedia.com/photos/v/sasans23/MI-35M+2.JPG.html?g2_fromNavId=x8d5b7611]

Navsezadnje pa bi bilo sistem STRELETS mogoče vgraditi tudi na letala. Z vidika učinkovitosti bi verjetno bil primeren za nadgradnjo letal Pilatus PC-9M Swift Slovenske vojske. Na zunanje podkrilne nosilce bi lahko namestili po en modul z dvema raketama SA-24 (skupno 4 rakete). Letalo bi se tako prelevilo v uspešnega lovca na helikopterje, saj imajo turbopropelerska letala boljše manevrske sposobnosti pri nizkih hitrostih kot klasična lovška letala. Nisem pa zasledil nobenega podatka, da bi katerakoli vojska vgrajevala ta sistem na letala. Pri vgradnji na letalo bi bilo treba preučiti vpliv lanserjev na aerodinamiko letala in jih po potrebi prilagoditi, saj vsaka sprememba vpliva na zmogljivosti letala.

6. ZAKLJUČEK

V zaključni nalogi sem obravnaval lahki prenosni raketni sistem SA-24 (Igla-S). Lahki prenosni raketni sistemi so se začeli razvijati po drugi svetovni vojni, in sicer iz protitankovskega orožja, sčasoma pa so postali nepogrešljiv del v protizračni obrambi. Zaradi vsestranske uporabnosti sistemov so se razvile številne izvedbe in platforme, ki se lahko uporabljajo kot ramenski lanser in na različnih vozilih, plovilih ter zrakoplovih v vseh rodovih vojska.

Rakete lahkega raketnega prenosnega sistema so samovodljive prek fotosenzorjev in infrardečih tipal. So kratkega dosega, s taktično postavitvijo pa lahko pokrivajo zelo veliko območje.

V Slovenski vojski so trenutno v uporabi lahki prenosni raketni sistemi Igla (SA-18) in Igla-1 (SA-16) za protizračno obrambo. Ti sistemi so se začeli uporabljati v začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja, Igla-S (SA-24) pa je najnovejša izvedba lahkega prenosnega raketnega sistema, ki uporablja najnovejše tehnologije in je primerna za nadgradnjo obstoječih sistemov. Z uporabo na različnih platformah pa lahko ta sistem uporabljamo na različnih vozilih, plovilih ali zrakoplovih. Uporaben je tudi kot letalska aplikacija, saj ga nekatere vojske uporabljajo na bojnih helikopterjih.

Z nadgradnjo zrakoplovov Slovenske vojske s sistemom STRELETS bi zagotovili večjo ognjeno moč, varnost zrakoplova in posadke, povečala bi se zmožnost varovanja moštva ter materialno-tehničnih sredstev na tleh. To bi prišlo prav še posebno v operacijah kriznega odzivanja, ki se jih udeležuje Slovenska vojska. Četudi Slovenska vojska takih sistemov v prihodnosti ne bi uporabljala, se moramo z njimi seznaniti, ker bi lahko prišli v roke uporniškimi skupinam.

V svetu so ti sistemi zelo razširjeni. Odlikuje jih vsestranska uporabnost, nezahtevna in varna uporaba, visoka natančnost, enostavno vzdrževanje ter visoka verjetnost uničenja cilja, obenem pa so cenovno ugodni. V primerjavi s protizračnim sistemom ROLAND ima SA-24 večji doseg, večjo uporabnost, boljšo mobilnost in veliko nižjo ceno. Cena in lahka dostopnost pa sta vzrok, da se tovrstna orožja pojavljajo v oborožitvi terorističnih skupin.

V zadnjih dvajsetih letih so bili v naši bližini proti vojaškim zrakoplovom večkrat uporabljeni lahki prenosni raketni sistemi. V vojnah na Balkanu sta znana vsaj dva dogodka, v katerih so uspešno sestrelili vojaški zrakoplov. V Dalmaciji so leta 1991 sestrelili letalo Jastreb Hrvaške vojske, v zadnjem konfliktu Jugoslavije z NATO-m pa so v letu 1999 srbske sile sestrelile letalo Mirage francoske vojske.

Zaradi dostopnosti lahkih prenosnih sistemov na črnem trgu je vse več incidentov, v katerih so uporabljeni proti civilnim ciljem. Teroristični napadi postajajo čedalje večji problem v svetu, civilni zrakoplovi pa so zelo ranljivi, saj ne vsebujejo nobenih sredstev za ukrepe proti kakršnemu koli orožju. V zadnjih petindvajsetih letih je bilo s tovrstnimi orožji napadenih štiriintrideset zrakoplovov, od tega je bilo sestreljenih štiriindvajset. Žrtev je bilo v teh incidentih več kot petsto. Vsi incidenti pa so se zgodili na kriznih območjih, kjer so prisotne varnostne sile.

Med izdelavo zaključne naloge so se pojavili različni problemi. Največ težav sem imel s pridobivanjem literature, sej je ta na voljo večinoma le v angleškem jeziku, veliko podatkov o raketah, ki so v uporabi, pa je težko dostopnih. Literatura za najnovejše sisteme je dostopna v ruščini, zato sem si pomagal z različnimi programi za prevajanje. Ti pa pri prevodu že enostavnih besedil kažejo pomanjkljivosti, pri tehničnih člankih pa zaradi strokovnih izrazov

te težave postanejo še očitnejše. Nekaj malega je literature tudi v angleščini, zato sem poizkušal primerjati dobljene podatke, da bi zagotovil verodostojnost navedb.

Lahki prenosni raketni sistem SA-24 je na trgu od leta 2002 in je še dokaj nov, zato so razpoložljivi podatki zelo skopi. Ker so taki sistemi in njihovo delovanje skrbno varovana skrivnost, sem imel težave s pridobivanjem podatkov o njih. Na voljo so le osnovni podatki, o delovanju sistema pa jih skoraj da ni. Zato sem bil prisiljen pregledati še čim več sorodnih sistemov in iz njih izbrskati podobnosti ter jih primerjati.

Različni sistemi in platforme, ki za svoje delovanje uporabljajo lahki raketni sistem SA-24, pa so na trg prišli v zadnjih nekaj letih. Zato je o njih še toliko manj podatkov, našla se je le kakšna slika in pa osnovni, zelo skop opis delovanja in uporabe. Najmanj je podatkov o letalski aplikaciji sistema SA-24, saj je sistem najnovejši in ga vsi uporabniki skrbno varujejo pred drugimi in pred javnostjo.

Navsezadnje pa mi je v zaključni nalogi uspelo opisati lahki prenosni raketni sistem SA-24 in njegove različne možnosti uporabe ter ga primerjati s sorodnimi sistemi. Med izdelavo zaključne naloge sem imel priložnost spoznati delovanja protiletalskih raketnih sistemov kratkega dosega, njihov razvoj in uporabo.

LITERATURA

1. Samostojne publikacije:

Sutton, G., Biblarz, O. Rocket Propulsion Elements, Seventh Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2001.

Hill, P., Peterson, C. Mechanics and Thermodynamics of Propulsion, Second Edition. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., New York, 1992.

Lahki prenosni raketni sistem ZO (9K38) Igla, Navodilo, Slovenija, 1998

Lahki prenosni raketni sistem ZO Igla-1 (9K310-1), Navodilo, Slovenija, 2001

Štirn, K., Kosel, T., Trenc, F., Vpliv oblike pogonske zmesi na zmogljivosti raketnega motorja na trdo gorivo, Diplomaska naloga fakultete za strojništvo, Ljubljana, 2007

2. Viri iz različnih publikacij (prospekti proizvajalcev, poročila):

Igla-S effectiveness of two missiles in a single round, zloženka, KBM – KB Mashinostroyeniya, Rusija

3. Internetni viri:

<http://zbrane.glavo.net/pvo.html>

http://en.wikipedia.org/wiki/FIM-92_Stinger

http://sl.wikipedia.org/wiki/9K38_Igla

http://sl.wikipedia.org/wiki/9K38_Igla1

<http://www.kbm.ru/en/product/manpads/igla-s>

<http://www.armyrecognition.com/forum/viewtopic.php?t=4711>

http://homepage.tinet.ie/~steven/images/shorad_g.jpg

<http://www.angelfire.com/biz/troopsupport/untitled.jpg>

<http://www.altair-navy.ru/eng/catalogue/6/12/>

<http://www.armyrecognition.com/forum/viewtopic.php?p=6863&sid=51cae9e96569198b3a045f238079f62d>

http://www.aviapedia.com/photos/v/sasans23/MI-35M+2.JPG.html?g2_fromNavId=x8d5b7611

SEZNAM SLIK IN TABEL

Seznam slik:

- Slika 1: SA-7
- Slika 2: SA-14
- Slika 3: SA-18
- Slika 4: Stinger FIM-92
- Slika 5: Sestavni deli Igle-1
- Slika 6: Shema dveh najpogostejših tipov raketnih motorjev
- Slika 7: Iгла-1
- Slika 8: Iгла-S (SA-24)
- Slika 9: Iгла-S (SA-24)
- Slika 10: Iгла-S (SA-24)
- Slika 11: Iгла-S (SA-24)
- Slika 12: SHORAD na vozilu
- Slika 13: SHORAD na oklepnem vozilu
- Slika 14: DJIGIT
- Slika 15: GHIBKA
- Slika 16: Modul sistema STRELETS
- Slika 17: STRELETS na vozilu
- Slika 18: Sistem STRELETS na bojnem helikopterju MI-35M

Seznam tabel:

- Tabela 1: Primerjava s sorodnimi raketami

IZJAVA O AVTORSTVU

Zaključno nalogo sem samostojno izdelal pod vodstvom mentorja, por. Klemna Štirna.

des. Nejc KOVAČ

Cerklje ob Krki, 25.8. 2010