

ORUŽJE, borbeno sredstvo, stroj ili složeni tehnički sistem kojim se u ratu nanose gubici neprijateljskoj živoj sili, ratnoj opremi, uređajima i građevinama, a u mirnodopskom životu to su i svi ručni predmeti što služe za osobnu obranu, lov i sportska takmičenja.

Najranija oružja bila su prirodni predmeti prikladnog oblika, npr. kamen, toljaga, dugi štap i sl. To su bila ručna oružja koja su djelovala na blizinu. S vremenom su takvi prirodni predmeti zamijenjeni izrađenim predmetima, kao što su bat, sjekira, nož i sablja. Radi lova bilo je potrebno da se djelovanje oružja poveća i na daljinu, pa su se razvile dvije vrste daljinskih oružja: bacačka oružja i nagazna oružja. Bacačka oružja, kao npr. pračka, kladivo, koplje, luk i strijela izbacivala su prema udaljenoj lovinu ili protivniku jednostavne projekte, preteče današnjih projektila. Nagazna oružja bile su različite vrste klopki i stupica koje su se postavljale tako da na njih naiđe lovinu ili protivnik, pa su to preteče današnjih minskih oružja. Svjesnom ili nesvjesnom primjenom fizikalnih zakona čovjek je sve više usavršavao prva, jednostavna oružja, pa su neka od njih postala prava čuda primijenjene mehanike i tehnike uopće. Sve su to bila hladna oružja koja danas pripadaju povijesti.

Potkraj XIII st. u Evropi i u sjevernoj Africi već su bile poznate eksplozivne smjese slične crnom barutu. Prema starim zapisima Arapi su prvi izbacivali kugle i kamenje iz željeznih cijevi pomoću plinova nastalih eksplozijom salitrene smjese. Time je počela epoha razvoja vatrenog oružja, koja traje i danas. Osim suvremenih vatrenih oružja koja djeluju oslobađanjem energije iz kemijskih spojeva, postoje i vatrena oružja na osnovi energije oslobođene nuklearnom reakcijom.

U našem su stoljeću razvijena i oružja bez udarnog i razornog efekta koja djeluju samo na živa bića (kemijska, biološka, neurološka i sl.) ili na neke dijelove ratne opreme protivnika (neutronska), pa se za razliku od razornih oružja mogu zvati paralizirajuća oružja. Opća klasifikacija klasičnog i suvremenog oružja prikazana je na sl. 1.

PREGLED SUVREMENIH VRSTA ORUŽJA

Udarno-razorna oružja

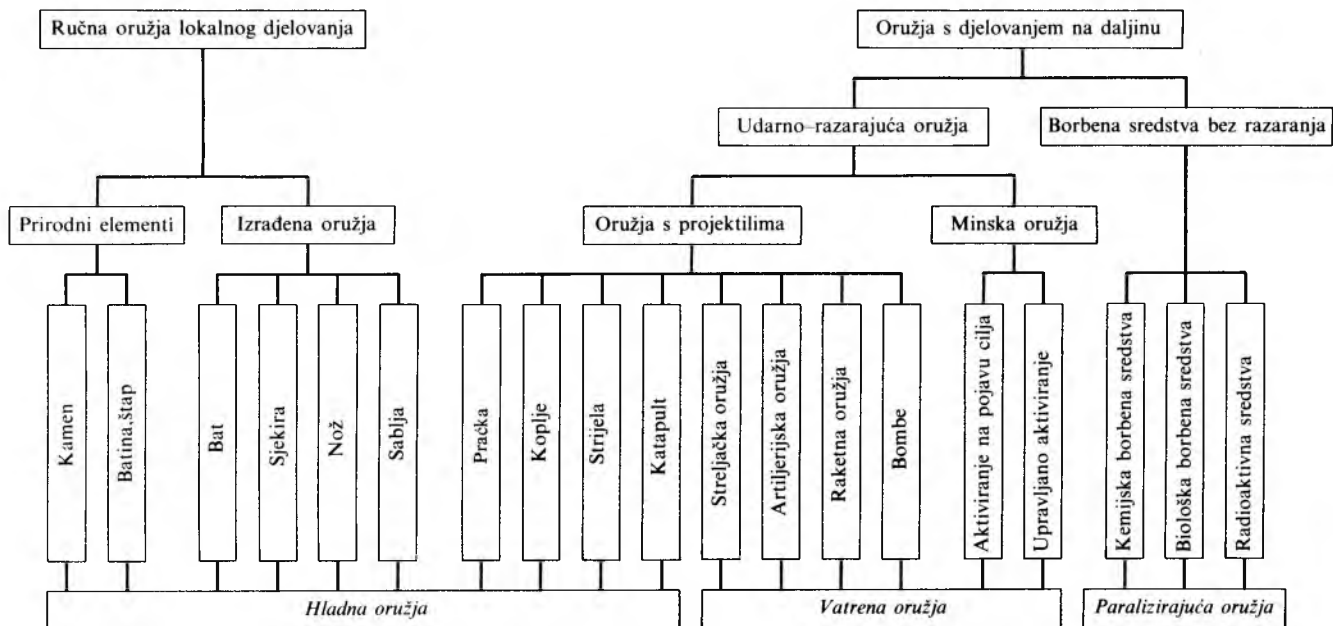
Razlikuju se dvije osnovne vrste udarno-razornih oružja: projektili i mine. Obje vrste djeluju na cilj koji je udaljen, tako što se projektil upućuje prema cilju ili protivniku, a mina se postavlja tako da na nju naiđe protivnik. U oba slučaja pri susretu s protivnikom ili ciljem oružje djeluje razorno.

Projektili su ubojna tijela upućena velikom brzinom prema cilju da bi mu nanosila udar. U projekte spadaju i povijesna hladna oružja, kao što su kamen, koplje i strijela, izbačena i ubrzana snagom ljudske ruke. Prema načinu ubrzavanja i podržavanja gibanja projektila na putanji do cilja razlikuju se projektili bez vlastitog pogona i projektili s vlastitim pogonom (sl. 2).

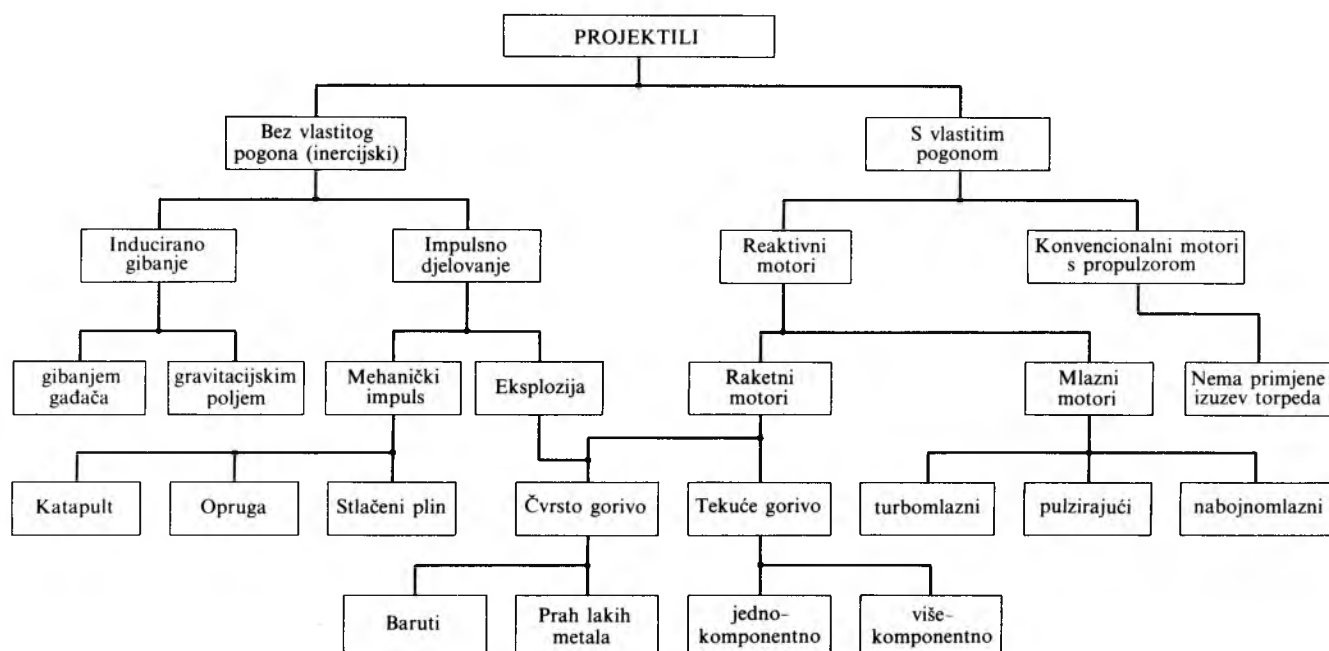
Projektili bez vlastitog pogona u trenutku izbacivanja dobivaju energiju potrebnu za gibanje do cilja. Projektil se može izbaciti na različite načine.

Ako se s nekog vozila ili nosača koji se giba odbaci projektil, on će se nastaviti dalje samostalno gibati zbog svoje inercije. Ako je nosač takva projektila avion u letu, tada će odbaceni projektil, npr. avionska bomba, posjedovati i potencijalnu energiju zbog Zemljinog gravitacijskog polja. U oba se slučaja radi o *induciranom gibanju*, a takvi se projektili nazivaju *inercijskim projektilima*.

Bombe su posebna vrsta inercijskih projektila koji se upućuju prema cilju po putanji koja nije strogo definirana kao za artiljerijske i raketne projekte. Bombe se odbacuju pomoću *naprava za otpuštanje* (npr. na avionu), ili se izbacuju *bacačem*.



Sl. 1. Opća klasifikacija klasičnog i suvremenog oružja



Sl. 2. Klasifikacija projektila

Dakle, bombe se odbacuju ili izbacuju, a ne lansiraju kao projektili s vlastitim pogonom, niti ispaljuju kao topovske granate. Naziv *minobacač*, udomaćen u našem jeziku, nije tehnički ispravan, jer projektil bez vlastitog pogona, koji se izbacuje u balističku putanju iz bacača (mužara), nije mina zbog toga što nije stacionaran. To je također balistička bomba s aerodinamičkim stabilizatorima koji pomažu održavati što pravilniju putanju. Prema tome, iako naziv bomba upućuje na ručnu ili avionsku bombu, postoji mnogo drugih projektila bez vlastitog pogona koji se odbacuju prema cilju, a ne spadaju u raketne ili artiljerijske projekte (npr. protupodmorničke dubinske bombe).

Ostalim projektilima bez vlastitog pogona predaje se jednokratnim kratkotrajnim impulsom velika kinetička energija za gibanje po putanji do cilja. Taj se impulsni poticaj može na različite načine ostvariti mehanički ili eksplozijom pirotehničkih smjesa. Danas se još uvijek veoma mnogo primjenjuju projektili bez vlastitog pogona u obliku zrna, granata i bombi ispaljenih iz svih vrsta streljačkog oružja, topova, bacača bombi itd.

Zajednička je karakteristika svih oružja s projektilima bez vlastitog pogona da gibanje projektila na putanji i pogodak cilja pretežno ovise o početnim uvjetima izbacivanja projektila, tj. određeni su vektorom njegove početne brzine, i ne postoji mogućnost da se na projektil djeluje za vrijeme leta. Budući da takvi projektili nisu upravljivi, početni uvjeti moraju sadržati sve neophodno za pogodak, tj. sve potrebno treba poduzeti prije izbacivanja projektila.

Projektil bez vlastitog pogona giba se prema zakonima unutrašnje i vanjske balistike. Zakonima unutrašnje balistike definirani su konstrukcijski, energetski, dinamički i ostali odnosi što nastaju pri impulsnom poticaju, nastojeći da vektor početne brzine projektila bude unutar što užih granica koje su uvjet točnog pogotka. Vanjska balistika uzima u obzir dinamiku leta projektila, na koju utječu, osim vektora početne brzine, i poremećaji okoliša. Poremećaji okoliša posljedica su otpora medija kroz koji se giba projektil, zatim atmosferskih utjecaja, gravitacijskih i ostalih sila. Ako se u početnim uvjetima poremećaji sredine ne uzmu u obzir, projektil može promašiti cilj. Točnost gađanja projektilima bez vlastitog pogona ostvaruje se pomoću uređaja za upravljanje vatrom.

Projektili s vlastitim pogonom. Projektil mora imati dovoljno veliku brzinu da bi mu domet bio velik i da bi se stabilno gibao po putanji do cilja. Kinetička energija predana projektilu

jednokratnim impulsom ne može duže vremena savladavati otpor medija (zraka ili vode), pa se brzina projektila bez vlastitog pogona brzo smanjuje. Zato su, u prvom redu radi povećanja dometa, uvedeni projektili s vlastitim pogonom. Takvi projektili dobivaju od pogonskog motora početnu kinetičku energiju za ubrzanje i energiju za održavanje brzine gibanja.

Prvi projektil s vlastitim pogonom bio je *torpedo*, konstruiran na prijelazu iz XIX u XX st. u Rijeci. Torpedo se pokreće pomoću brodskog vijka pogonjenog nekim od konvencionalnih tipova pogonskih strojeva. Već su prva torpeda imala, osim pogonskog uređaja, i uređaje za upravljanje koji održavaju torpedo na određenoj putanji i određenoj dubini ispod površine vode.

Za razliku od torpeda, ostali suvremeni projektili s vlastitim pogonom najčešće imaju *reaktivni motor* (raketni ili mlazni) u kojem se kemijska energija goriva pretvara u toplinsku energiju i zatim u mehaničku silu potiska. Raketni su se motori od davnina primjenjivali za projekte koji nisu bili oružja, nego su služili za vatromet, signalizaciju, prijenos poruka itd. Tek za vrijeme drugog svjetskog rata raketnom je projektilu dodan eksplozivni naboj i tako su nastala raketna oružja. Mlazni motori uvedeni su mnogo kasnije, i danas se upotrebljavaju podjednako kao i raketni, naročito za trajni (marševski) pogon, dok je raketni motor prikladniji kao startni motor (booster) koji projektilu daje početno ubrzanje.

U posljednje vrijeme dodaje se artiljerijskim granatama većeg kalibra (155–203 mm) raketni motor. Tom se kombinacijom projektila bez vlastitog pogona i dodatnog raketnog motora povećava domet obične topovske granate.

Prvi raketni projektili nisu imali sistem za upravljanje, pa je pri velikom dometu tih oružja točnost gađanja bila smanjena. Veliki projektili s reaktivnim pogonom suviše su skupi da bi točnost pogotka bila prepuštena samo zakonima slobodnog balističkog gibanja, bez mogućnosti da se utječe na let projektila i da ga se održava na putanji koja vodi točno k cilju. Zato su razvijeni posebni uređaji za upravljanje kretanja projektila, pa su tako nastali suvremeni *upravljivi* ili *vodeni projektili*. Postoje dva različita načina vođenja projektila po putanji do cilja. Jedan je *vođenje sa strane* (tj. izvan projektila), a drugi *vlastito vođenje*.

Minska oružja djeluju na udaljeni cilj, ali, za razliku od projektila, mine su nepokretne i unaprijed postavljene na mjestima gdje se očekuje da će na njih naići protivnik, ili gdje će eksplozija mine nanesti protivniku neku štetu.

Mina se aktivira pomoću upaljača. Prema načinu aktiviranja upaljača sva se minska oružja, i kopnena i pomorska, mogu razvrstati u dvije glavne grupe.

U prvoj su grupi *mine s upaljačem što ga aktivira cilj* kad se približi mini. Senzor (osjetljivi element) takva upaljača reagira na neku od pojava što prate nailazak cilja, npr. neposredni dodir s ciljem, promjena tlaka, promjena magnetskog polja, promjena razine buke itd.

U drugoj su grupi tzv. *lokalni upaljači* koji se nakon određenog vremena automatski aktiviraju pomoću satnog mehanizma ili složenog programskog uređaja, te upaljači daljinski upravljani preko električnog voda ili bežično.

Paralizirajuća oružja

Paralizirajuća oružja su borbena sredstva koja nanose udar protivničkoj živoj sili ili onesposobljavaju protivnički borbeni poredak, a da ne nastaju pri tom materijalna razaranja. Ta se borbena sredstva mogu razvrstati na kemijska, biološka i radioaktivna.

Kemijska oružja čine bojni otrovi, dimna i zapaljiva borbena sredstva.

Bojni otrovi su daljinska oružja koja onesposobljavaju ili uništavaju žive organizme. Da uskladišteni bojni otrov slučajno ne ugrozi vlastite borbene snage u posljednje su vrijeme napravljeni tzv. *binarni bojni otrovi*, sastavljeni od dviju neotrovnih ili malo otrovnih kemijskih komponenata, od kojih kemijskom reakcijom nastaje bojni otrov tek za vrijeme borbene akcije. Tom se kemijskom reakcijom posebno upravlja tako da ne može nastati spontano. Komponente binarnih bojnih otrova ponekad su i jednostavni materijali opće namjene, koje se može bez teškoće proizvoditi, čuvati i nakon isteka roka upotrebe uništiti što se ne može s klasičnim bojnim otrovima.

Dimna borbena sredstva jesu kemijski spojevi i smjese koje se u zraku pretvaraju u aerosole, stvarajući dim ili maglu. Služe za maskiranje i prikrivanje vlastitih borbena snaga i objekata te za zaslepljivanje protivnika.

Zapaljiva borbena sredstva jesu tvari koje zapaljene razvijaju visoku temperaturu, a neke i veliki plamen. Služe za uzrokovanje požara i uništavanje protivničke žive sile, protivničkih borbena sredstava i građevina pomoću plamena. Upućuju se na cilj pomoću zapaljivih boca, bacačem plamena, zapaljivim artiljerijskim granatama, zapaljivim bombama ili se postavljaju kao zapaljive mine.

Biološka oružja sadrže bakterije, viruse ili gljivice velike virulentnosti. Takva oružja uzrokuju masovne bolesti, pa i smrt ljudi i životinja. Do sada nije dokazano da su se biološka oružja upotrebljavala u ratu, ali se, s obzirom na opasnost koju predstavljaju za čitavo čovječanstvo, nastoji dogovorno zabraniti njihova upotreba.

Radioaktivna oružja jesu vrsta nuklearnog oružja koje nema razorno djelovanje, nego samo vrlo jakim primarnim neutronskim zračenjem uništava živa bića. Po tom se razlikuje od atomske i hidrogenske bombe koje primarno djeluju razorno, a tek sekundarno nuklearnim zračenjem (v. *Nuklearno oružje*, TE 9, str. 530).

Nova nekonvencionalna oružja

Danas se radi na razvoju daljinskih oružja na osnovi *usmjerene energije* koja se prenosi snopom laserskih zraka ili mlazom naelektriziranih čestica. Svi su ti radovi strogo čuvane vojne tajne pa o njima ima malo podataka.

Usmjereni snop koherentnog svjetla proizveden laserom može nositi dovoljno veliku energiju da termički uništi ili ošteti udaljeni cilj. Zbog nehomogenosti Zemljine atmosfere laserski se snop lomi, a apsorbiraju ga i raspršuju čestice nekih plinova u zraku, čestice vodene pare i aerosoli, što smanjuje domet na kojem lasersko zračenje može djelovati kao razorno oružje. Lasersko je oružje još uvijek u fazi razvoja, i, koliko je poznato, do sada je uspjelo samo na manjim udaljenostima (nekoliko stotina metara) laserskim snopom probiti metalni oklop tenka i oboriti rakete i avione. Međutim, laseri se u

vojnoj tehnici već uspješno upotrebljavaju kao daljinomjeri, blizinski i daljinski upaljači, zatim za navođenje upravljivih projektila, označivanje ciljeva itd. (v. *Laser*, TE 7, str. 489).

Mlaz električno nabijenih čestica (Charged Particle Beam, CPB) kao nosilac razorne energije može savladati veće udaljenosti i služiti za borbu protiv interkontinentalnih balističkih projektila i izvan atmosfere. Poznato je da se nastoji konstruirati takvo oružje, ali se ne zna da li je već uspjelo sagraditi postrojenja koja lansiraju snažan mlaz naelektriziranih čestica većeg dometa.

Umjesto klasičnih i nuklearnih eksploziva, u posljednje vrijeme nastoje se uvesti tzv. *aerosolni eksplozivi* za masovno razaranja na daljinu. Kao oružje na osnovi aerosolnih eksploziva služi plinovita tvar koja se rasprši u prostoru tvoreći smjesu zraka i aerosola. Ta smjesa u određenim uvjetima detonira uz trenutni i veliki skok tlaka u prostoru, a pri tom se udarni val odbija od tla ili površine mora i višestruko pojačava i produljuje razorno djelovanje eksplozije. Nosilac aerosolnog eksploziva može biti avionska bomba, artiljerijska granata, mina ili raketa. Zadatak je nosioca ne samo da prenese aerosolni eksploziv do mjesta eksplozije nego i da eksplozivnu smjesu rasprši u oblak takve koncentracije da nastane samodetonacija.

ARTILJERIJSKA ORUŽJA

Prva artiljerijska oružja nastala su potkraj XIII st. To su bili primitivni topovi s glatkom cijevi iz koje se eksplozijom baruta izbacivala kuglasta granata. Ti su topovi imali mali domet i slabu točnost gađanja. Tokom vremena top se usavršavao, pa je umjesto glatke cijevi dobio cijev s uzdužnim spiralnim žljebovima, a kuglastu granatu i barutno punjenje u dnu topovske cijevi zamijenio je *artiljerijski metak* sastavljen od čahure, eksplozivnog punjenja, kapsule i granate izduženog aerodinamičnog oblika. Zbog ožljebljene topovske cijevi granata dobiva osim linearne brzine i kutnu brzinu, tj. rotira oko svoje uzdužne osi, što mnogo povećava njenu stabilnost na putanji do cilja, a time se i povećava točnost gađanja. Suvremeni artiljerijski metak može imati granatu i čahuru sjedinjene u jednu cjelinu (sl. 3), ili je metak dvodijelan te su čahura i granata odvojeni, a u teške se topove eksplozivno punjenje stavlja i bez čahure u dno cijevi.



Sl. 3. Jednodijelni topovski metak u ambalažnoj kutiji

Osnovna je klasifikacija topova prema *kalibru granate*, koji je definiran kao unutrašnji promjer mjeren na ustima cijevi, između dvaju suprotnih žljebova. Topovima se nazivaju sva oružja kalibra većeg od 20 mm, dok streljačka oružja imaju kalibar manji od 20 mm. Kalibri oružja međunarodno su standardizirani i izražavaju se broječno u milimetrima, a oni što potječu iz anglosaksonskih zemalja u inčima (inch).

Razlikuju se topovi *lakog, srednjeg i teškog kalibra*. Područje je topova lakih kalibara od 20...57 mm, a u tom su području tipični kalibri: 20, 25, 25,4 (1 inch), 30, 35, 37, 40, 45 i 57 mm. Područje je topova srednjih kalibara od 76...127 mm, i u njemu su tipični kalibri: 76, 76,2 (3 inča), 85, 88, 90, 100, 102 (4 inča), 105, 114 (4,5 inča), 115, 120, 122 i 127 mm. Topovi su teških kalibara u području od 130...203 mm, gdje su najčešći kalibri 152 mm (6 inča) i 203 mm (8 inča), ali su tipični i kalibri 130, 155 i 175 mm. Nekadašnji teški topovi kalibra 406 mm (16 inča) danas se više ne grade jer su ih zamijenila raketna oružja velike razorne moći i velikog

dometa. Podaci o nekoliko najpoznatijih tipova topova lakih kalibara prikazani su u tablici 1.

Topovi svih kalibara i namjena mogu biti konstrukcijski vrlo različiti, ali ipak svi djeluju na sličan način i imaju slične neke osnovne konstrukcijske elemente. Tako svi topovi imaju *ožljebljenu cijev sa zadnjakom i zatvaračem* na stražnjem kraju. Cijev leži u *kolijevci* na posebnim *vodilicama*. Zbog reakcije što nastaje kad se opali metak cijev po vodilicama klizne unazad, a silu trzaja cijevi preuzimlju *kočnica i povratnik*. Pri tom se može energija trzaja cijevi iskoristiti da se izbaci prazna čahura i ubaci novi metak u cijev. Međutim, velike razlike među topovima postoje u konstrukciji *lafeta* (postolja). Pomoću mehanizma lafeta postavlja se topovska cijev u liniju gađanja po smjeru i kutu elevacije, pa konstrukcija lafeta mora biti prilagođena namjeni topa. Zato se prema konstrukciji lafeta topovi mogu razvrstati u tri osnovne grupe: *kopnene, brodске i avionske* topove.

Topovi su složene naprave. U gradnji topova primjenjuju se najnovija dostignuća metalurgije i strojogradnje, pa su oni vrlo skupi, a ipak su zbog habanja, relativno kratkog vijeka. Kad su šezdesetih godina našeg stoljeća usavršena raketna oružja, prevladalo je mišljenje da je došao kraj topovima kao oružju za djelovanje na daljinu, pa je nastao i mali zastoj u njihovu razvoju. Međutim, ubrzo se pokazalo da se u sveukupnom vatrenom udaru topovi i rakete dopunjavaju i da u više borbenih funkcija, kao što su gustoća vatre, brzina reagiranja, neosjetljivost na protivničke protumjere i prilagodljivost različitim namjenama, topovi imaju prednost pred raketnim oružjem.

Današnji razvoj topova malog i srednjeg kalibra usmjeren je na povećanje početne brzine projektila, povećanje brzine gađanja, povećanje razorne moći granata, usavršavanje upaljača na granati, smanjenje težine lafeta, povećanje brzine i ubrzanja pokretanja cijevi topa i točnosti njena postavljanja u liniju gađanja itd.

Za topove teških kalibara nastoji se prije svega povećati djelotvornost municije. Primjenom *raketnih granata* (Rocket Assisted Projectiles, RAP), koje imaju dodatni raketni pogon, mnogo je povećan domet topova teških kalibara, ali zbog povećanog dometa smanjila se točnost gađanja. Zato se uvodi tzv. *precizno vođena municija* (Precision Guided Munition, PGM), koja se sastoji od raketne granate kojoj je dodan i sistem za vođenje. Nadalje, topovi teških kalibara nastoje se usavršiti da postanu tzv. *panetna oružja* koja su sposobna da samostalno, nezavisno od posade topa, pronađu, prepoznaju i unište dobro zaštićeni cilj. Zbog svih tih inovacija nastale su i neke promjene na topovima teških kalibara, pa se oni grade i s glatkom cijevi bez žljebova, a kao municija služe i granate s nuklearnim nabojem, meci s masivnim zrnom od teškog metala, granate kalibra manjeg od kalibra topa i zato imaju odbacivi nazuvak u kojem se ulažu u top itd.

Svi suvremeni topovi lakih kalibara i većina topova srednjih kalibara imaju uređaj koji automatski puni top mecima, ispaljuje metak i izbacuje prazne čahure, te ubacuje novi me-

tak u ležište zadnjaka cijevi. Postoje različita tehnička rješenja za te automatske operacije, ali svima je svrha da se poveća brzina gađanja, tj. broj metaka ispaljenih u jedinici vremena (kadencija).

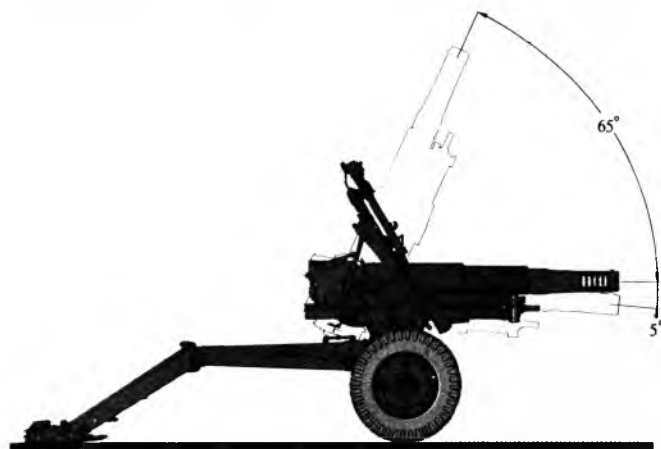
Svi topovi lakih kalibara i sve više topova srednjih kalibara gađaju u rafalima. Pri tom je najvažnije mjerilo valjanosti paljbe tzv. *gustoća vatre*, koja ovisi o brzini gađanja, pa se danas radi na razvoju automata za punjenje i paljbu koji će omogućiti što veću gustoću vatre.

Kopneni topovi

Kopnena ili zemaljska artiljerijska cijevna oružja mogu se prema unutrašnjoj balistici razvrstati u topove, haubice i bestrajne topove.

Top je artiljerijsko oružje koje duljinom svoje cijevi, energijom barutne eksplozije i izvedbom granate postiže velike početne brzine i veliki domet projektila, a da su pri tom polazni i upadni kutovi projektila maleni.

Haubica (howitzer) (sl. 4) ima kraću cijev, male početne brzine i velike polazne i upadne kutove granate, pa je domet manji nego u topova s dugom cijevi. Glavne su prednosti haubice: mala naprežanja, dugi vijek trajanja, jednostavnost i mala masa. Te su prednosti osobito izražene u teškim kalibrima, pa su zato haubice redovito teškog kalibra.



Sl. 4. Brdska rastavljiva haubica kalibra 105 mm

Bestrajni top (sl. 5) je oružje jednostavnije konstrukcije u kojem se dio plinova, nastalih izgaranjem baruta u perforiranoj čahuri, propušta prema nazad kroz zatvarač tako da stvorena reaktivna sila mlaza poništi silu trzaja cijevi. Opterećenje bestrajnih topova, a posebno cijevi, mnogo je manje, cijev je lakša, a i ostali elementi topa su jednostavniji. Bestrajni topovi imaju mali domet i malu početnu brzinu projektila, ali to mnogo ne smeta jer su namijenjeni u prvom

Tablica 1
TOPOVI LAKIH KALIBARA

Naziv i oznaka	Zemlja	Kalibar mm	Duljina cijevi kalibara	Broj cijevi	Masa lafeta kg	Početna brzina m/s	Domet m	Brzina gađanja metaka/min	Masa granate kg	Primjena
Vulcan M61	SAD	20	90	6	120	1050	2500	do 6000	0,1	avion
Vulcan Phalanx M61 A1	SAD	20	90	6	4535	1050	2500	1000 do 3000	0,1	brod
Oerlikon GDF-001	Švicarska	35	85	2	6700	1175	5000	2 × 550	0,55	zemaljski
Bofors 40 L 70	Švedska	40	70	1	5150	1005	12000	300	0,93	zemaljski
Bofors 57 L 70	Švedska	57	70	1	6000	1025	14 000	200	2,4	brod

redu za gađanje bliskih ciljeva. Kopnena artiljerijska oružja mogu biti stacionarna ili pokretna.

Danas više nema nekadašnjih *stacionarnih teških fortifikacijskih topova*, a izuzetak su jedino stacionarni dalekometni topovi obalne zaštite. Međutim, i stacionarni obalni topovi sve se više zamjenjuju pokretnim artiljerijskim oružjima koja mogu djelovati s unaprijed pripremljenih položaja na obali.

Pokretna artiljerijska oružja uključuju topove, haubice i bestrajne topove, počevši od najjednostavnijih brdskih topova i haubica, artiljerijskih oružja na podvozu koja se mogu

tegliti (sl. 4), pa do složenih samohodnih topova (sl. 6) i samohodnih haubica (sl. 7). Tenkovi (sl. 8), kao nosioci manevarske komponente borbe na kopnu, redovito su naoružani najsloženijim topovima, sposobnim da precizno gađaju najrazličitije ciljeve.

Kopnena artiljerijska oružja mogu se klasificirati i prema tome da li su namijenjena za ciljeve *na kopnu, u zraku ili na moru*.



Sl. 5. Bestrajni protutenkovski top, tip Breda Folgore



Sl. 6. Samohodni top kalibra 90 mm



Sl. 8. Tenkovski top kalibra 150 mm



Sl. 9. Samohodni dvocijevni protuavionski top kalibra 30 mm

Na kopnu su najvažniji ciljevi oklopna kola, pa se najviše ulaže u razvoj protuoklopnih (*protutenkovskih*) topova srednjih i teških kalibara. Bestrajni topovi rjeđe se upotrebljavaju kao protutenkovsko oružje. Za ostale ciljeve na kopnu služe različite vrste poljskih topova i haubica svih kalibara. Ciljevi u zraku gađaju se *protuavionskim topovima* lakog i srednjeg kalibra i velike pokretljivosti (sl. 9). Protuavionski topovi lakih kalibara obično imaju više cijevi ugrađenih na jednom lafetu. Za ciljeve na moru služe obalni topovi, obično srednjeg i teškog kalibra velikog dometa.

Brodski topovi

Brodski artiljerijska oružja složeni su topovi lakih, srednjih i teških kalibara, koji imaju osnovne elemente (cijev, zatvarač, zadnjak, kolijevku, municiju) u principu jednake kao i kopnena topovi, ali je cijela konstrukcija prilagođena djelovanju s nemirne podloge. Brodski top mora biti iz osnove konstruiran za nemirnu i nehorizontalnu podlogu koja se njiše, pa sve mase topa koje se gibaju moraju biti potpuno uravnotežene. Zato pokušaji da se na brodovima primijene čak i najsposobnije konstrukcije kopnenih topova nisu nikada urodili plodom.



Sl. 7. Samohodna haubica

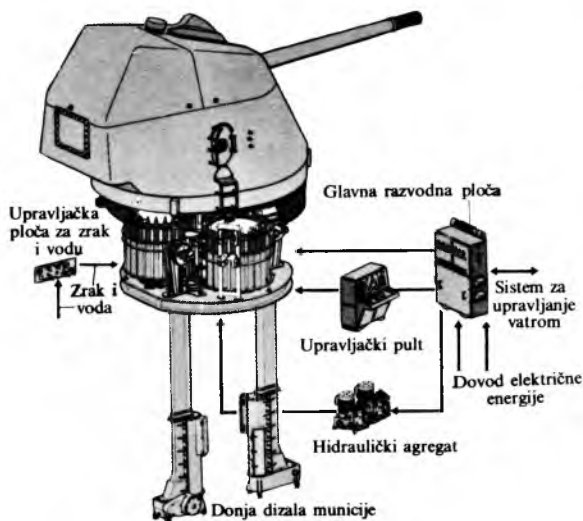
Lafet broskog topa. Za razliku od kopnenih topova, mehanizam lafeta brodskih topova mora omogućiti da se cijev postavi u bilo koji položaj po smjeru (tj. da se u horizontalnoj ravnini cijev može zakrenuti za puni krug), a po visini (elevaciji) u rasponu kutova od -15° do $+85^\circ$. Osim toga, pozicioniranje cijevi topa ne smije predstavljati poseban napor za poslužioce ili za servomehanizam strojnog pokretanja, pa zato brodski topovi imaju vrlo složen mehanizam lafeta.

Dinamika pokretanja lafeta (tj. kutna brzina i kutno ubrzanje lafeta te statička i dinamička greška položaja cijevi topa s obzirom na signal upravljanja) ovisi o kvaliteti servomehanizma. Najčešće se za pokretanje težih lafeta primjenjuju elektrohidraulički sistemi, jer se elektromotornim pogonom ne može postići potrebno kutno ubrzanje zakretanja lafeta, koje iznosi $60\text{--}200/s^2$. U posljednje se vrijeme samo za pokretanje vrlo lakih lafeta upotrebljavaju numerički upravljani električni impulsi (koračni) motori.

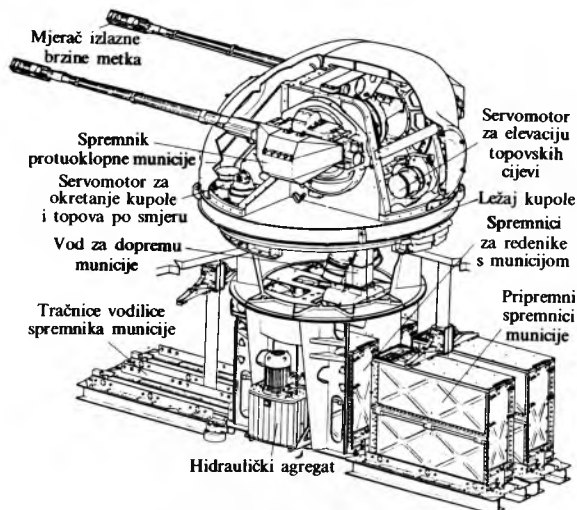
Namjene brodskih topova. Osnovna namjena svih suvremenih brodskih topova lakih i srednjih kalibara jest *protuzračna obrana broda ili plovnog sastava* što ga brod štiti. To uključuje, osim klasične protuavionske obrane, i proturaketnu obranu broda od protubrodskih niskoletjećih raketa. Konstrukcija brodskih topova mora biti prilagođena tom novom i teškom zadatku i mora osigurati osnovna svojstva topa: veliku preciznost i gustoću vatre, potreban domet, potrebnu kutnu brzinu i ubrzanje pokretanja lafeta, minimalnu masu topa itd.

Brodski topovi koji udovoljavaju zahtjevima protuzračne obrane mogu se upotrijebiti i za gađanje drugih ciljeva na površini mora ili na obali, eventualno uz primjenu druge vrste municije, s granatama koje su primjerene vrsti cilja. Za razliku od nekadašnje podjele na protuzračne brodske topove i topove za gađanje ciljeva na površini, danas su svi brodski topovi lakih i srednjih kalibara građeni za univerzalnu namjenu, a samo topovi teških kalibara na velikim ratnim brodovima i dalje služe jedino za ciljeve na površini mora ili na kopnu.

Upravljanje vatrom. U usporedbi s kopnenim topovima, specifičnost je brodskih topova da se još od kraja XIX st. centralizirano upravlja njihovom vatrom, naime, još od davnina je na brodovima osmatrač iz osmatračkog koša na jarbolu davao posluži topova podatke za nišanje. Uzrok je tome što su brodski topovi, zbog velike vlastite mase, odvajkad bili smješteni relativno nisko na brodu, pa je preglednost i mogućnost nišanja s položaja topa bila minimalna. Tradicionalni osmatrački koš na jarbolu zamijenila je potkraj XIX st. centralna nišanska sprava na visokom nadgrađu, koja je pomoću već tada preciznih nišanskih sprava i daljinomjera mjerila osnovne podatke o cilju (daljinu, smjer, kurs i brzinu). Izmjereni podaci služili su za gađanje cilja ne samo iz jednog nego iz svih topova na brodu a obrađivani su u posebnoj artiljerijskoj centrali i kao izvršni podaci prenosili se električki na topove.



Sl. 10. Brodski top kalibra 127 mm, s opremom za pokretanje lafeta, upravljanje paljbom i dopremu municije



Sl. 11. Brodski dvocijevni top kalibra 35 mm, s lafetom bez posade

Velike mase nekadašnjih teških brodskih topova onemogućivale su da posada topa ručno postavi cijev u zadani smjer i elevaciju, pa su to obavljali strojevi, preteče današnjih servouredaja. Umjesto prijašnjih servomehanizama s velikim istosmjernim elektromotorima u Ward-Leonardovu spoju, suvremeni brodski topovi pokreću se strojno pomoću elektrohidrauličkih servomehanizama visokih statičkih i dinamičkih performansi (sl. 10). Svi su suvremeni brodski topovi građeni za daljinsko upravljanje; servomehanizam za pokretanje cijevi slijedi signal iz elektroničkog računala u centrali, a da pri tom ne sudjeluje posada topa. Većina suvremenih brodskih topova građena je tako da na lafetu ili u kupoli topa nije ni predviđeno mjesto za posadu (sl. 11), a ako i jest, tada posada topa pokreće lafet samo ako je potrebno uz pomoć servomehanizma koji umjesto signala iz centrale prima signal od članova posade na lafetu.

Municijska komora. Brodski se topovi razlikuju od ostalih vrsta topova i po načinu dopreme (doturu) municije. Na brodovima je municija smještena u posebnim municijskim komorama, redovito duboko u trupu broda, ispod plovne vodne linije. Na lafetu topa ili u kupoli nalazi se samo manja količina municije, tzv. pripremna municija, koja služi za neposrednu upotrebu. Pripremna se municija obnavlja doturanjem iz municijske komore pomoću municijske dizalice (sl. 12). Municijske dizalice dio su složenih mehanizama brodskih topova, naročito ako topovi djeluju automatski ili uz minimalno sudjelovanje posade.



Sl. 12. Posluživanje donje municijske dizalice dvodijelnim mecima kalibra 127 mm (za top na sl. 10)

Na ratnom se brodu sva municija, osim pripremljene, uvijek nalazi u municijskim komorama, bez obzira na stupanj borbene pripravnosti broda. Municijske komore su vrlo složeni uređaji koji moraju potpuno osigurati brod i posadu od nezgoda što bi mogle nastati zbog koncentracije velikih količina razornog eksploziva na tako malom prostoru kao što je brod. Osim toga, municijske komore trebaju kroz dugo razdoblje štiti osjetljivu municiju od štetnog djelovanja brodskog okoliša (vlaga, promjene temperature, zrak koji sadrži sol, vibracije broda itd), što još više povećava složenost konstrukcije municijskih komora.

Brzina gađanja. Sadašnjim naporima na razvoju brodskih topova nastoje se povećati brzine gađanja i početne brzine projektila, smanjiti mase i gabarite topova, pronaći bolja rješenja za preciznije pozicioniranje topovske cijevi i bolju dinamiku pokretanja lafeta, povećati pouzdanost i trajnost topa itd.

Jedna od najvažnijih karakteristika svakog topa jest brzina gađanja. Ta brzina ovisi o izvedbi zadnjaka cijevi, tj. zatvarača i mehanizma za punjenje. Ako top ima klasični klinasti ili vretenasti zatvarač, metak se uvodi u ležište iz okvira, rednika ili automata za punjenje. Zbog mehaničkih ograničenja ti su zatvarači već dostigli gornju granicu mogućih brzina gađanja od 750 metaka/min za kalibar 20 mm, 300 metaka/min za kalibar 40 mm, 200 metaka/min za kalibar 57 mm i 80 metaka/min za kalibar 76 mm. Danas su se te gornje granice brzine gađanja uspjele premašiti zahvaljujući primjeni nove tehnologije na stara i već napuštena tehnička rješenja mehanizma za punjenje i rukovanje metkom. Tako su ponovno uvedena dva stara sistema: sistem Colt i sistem Gatling, što je omogućilo mnogo veće brzine gađanja.

U *sistemu Colt* zadnjak je revolverskog tipa s ležištem za četiri ili pet metaka. Bubanj s mećima rotira tako da se jedno od ležišta uvijek nalazi ispred cijevi, spremno za paljbu. Nakon što se metak ispali, bubanj se okrene za jedan korak u položaj za izbacivanje čahure, zatim u položaj za propuhivanje i otklanjanje eventualnog zastoja, pa u položaj za provjeru uvjeta punjenja sljedećim metkom, te konačno u položaj za ubacivanje sljedećeg metka u bubanj pomoću automata za punjenje. Cijeli proces je potpuno automatiziran pa topovi lakog kalibra sistema Colt mogu postići brzine gađanja od 1500 metaka/min.

Mnogo veće brzine gađanja postižu se *sistemom rotirajućih cijevi*, što je R. Gatling još 1862. god. u SAD primijenio za mitraljez. U sistemu Gatling umjesto bubnja rotiraju cijevi postavljene u snop, tako da je jedna od obično šest cijevi uvijek napunjena i u položaju za ispaljivanje, a druge se cijevi nalaze ispred mehanizama u položajima za ostale operacije ciklusa (sl. 13). Snop cijevi se pokreće pomoću hidrauličkog motora kojim vrlo točno upravljaju elektronički sklopovi. Pri maksimalnoj brzini rotacije snopa cijevi može se postići brzina gađanja od 6000 metaka/min. Za brodske topove sistema Gat-

ling i kalibra 20 mm nije potrebna tako velika brzina gađanja, pa ona iznosi ~3000 metaka/min, tako da se po potrebi može smanjiti na 1000 ili 400 metaka/min, uz najveću dopuštenu duljinu rafala od 950 metaka i uz mogućnost da se unaprijed točno odredi broj metaka u rafalu sve do pojedinačne paljbe. Pri takvim brzinama gađanja top izbacuje neprekidni mlaz zrna velike brzine, što je posebno važno za brzu reakciju protiv rakete koja se približava. Zbog velike brzine gađanja takav je top ekonomičan samo ako ga se može točno i brzo usmjeravati prema cilju, pa zato, osim vrlo složene konstrukcije cijevi i sistema za punjenje municijom, i svi ostali mehanizmi lafeta moraju biti najbolje kvalitete.

Početna brzina projektila. O početnoj brzini projektila ovisе domet, balistika projektila i rasturanje pogodaka, a za zrna bez eksplozivnog naboja i kinetička energija proboja. Suvremeni brodski topovi lakih i srednjih kalibara imaju početnu brzinu projektila od ~1000 m/s. Povećanje početne brzine postiže se boljom municijom, primjenom brizantnijih baruta, granata veće mase i izduženijeg oblika itd., ali i konstrukcijskim zahvatima na topu, u prvom redu povećanjem duljine cijevi. Duljina cijevi topa izražava se kao višekratnik kalibra topa. Nekadašnji brodski topovi imali su cijevi duge 40...60 kalibara, dok suvremeni topovi imaju cijevi duljine 70...100 kalibara.

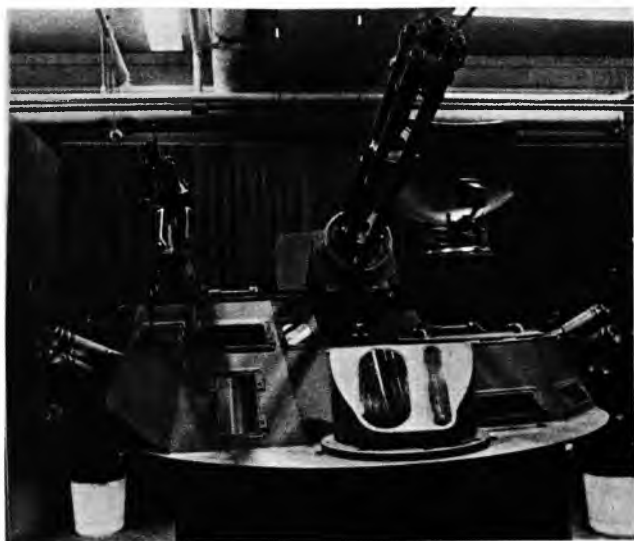
Avionski topovi

Avionski su topovi kalibra 20 i 30 mm i velike brzine gađanja (~1300 metaka/min). Najčešće su sistem Colt ili sistem Gatling. Cijev, kolijevka, mehanizam zatvarača i mehanizam privoda municije čine jedinstveni sklop čvrsto ugrađen u avion tako da je cijev kolinearna s uzdužnicom aviona.

Top je ugrađen u trup ili krilo aviona, a na brzim borbenim avionima sve se više ugrađuje u skidljive podvjeske ili izdanke trupa. Samo na nekim vrstama helikoptera i na transportnim avionima primjenjuju se topovi s lafetom koji omogućuje mala pokretanja cijevi po smjeru i visini radi nišanja.



Sl. 14. Dovod metaka pomoću rednika. Redenik se raspada na elemente koji se odbacuju zajedno s praznim čahurama



Sl. 13. Peterocijevni top sistema Gatling kalibra 25 mm

Top se zapinje i okida daljinskom komandom koja se prenosi električki ili pneumatski. Municija se avionskom topu najčešće privodi pomoću redenika koji se raspada na male dijelove na izlazu iz zatvarača (sl. 14). Posebno se pazi na konstrukcijska rješenja za otklanjanje zastoja u paljbi i za odbacivanje praznih čahura i elemenata redenika. Postoje i avionski topovi s privodom municije iz bubnja. Taj bubanj ujedno služi kao spremnik praznih čahura i metaka koji su zatajili.

RAKETNA ORUŽJA

Raketna se oružja zasnivaju na projektilima s vlastitim reaktivnim pogonom, koji može biti raketni ili mlazni motor. Prvi projektili s vlastitim reaktivnim pogonom imali su raketni motor i zato su nazvani raketnim oružjem. Kasnije su uvedeni

i projektili s mlaznim motorom, ali je i za njih zadržan naziv raketno oružje. Iako je za projekte s vlastitim reaktivnim pogonom važna vrsta pogona, ipak u klasifikaciji raketnih oružja nije uobičajena podjela na raketne i mlazne projekte.

Nevođeni i vođeni projektili. Osnovna podjela raketnih oružja jest prema načinu vođenja projektila po putanji do cilja, pa se razlikuju nevođeni i vođeni projektili.

Prva raketna oružja bile su jednostavne nevođene rakete malih dometa, koje su u drugome svjetskom ratu primijenjene za gađanje ciljeva na kopnu, na moru i u zraku. Ubrzo je domet nevođenih raketa toliko povećan da običnim usmjerenjem lansirnog mehanizma nije bilo moguće postići siguran pogodak cilja. Dakle, trebalo je od slobodnog ili eventualno pasivno stabiliziranog leta rakete prijeći na njeno vođenje do cilja. Pod vođenjem se razumije skup postupaka kojima je svrha da utječu na gibanje rakete da bi ona pogodila cilj. Veličina rakete omogućuje da se u nju ugrade uređaji pomoću kojih se aktivnim silama i momentima može utjecati na njeno gibanje po putanji do cilja.



Sl. 15. Nevođene rakete za lansiranje iz podvjeska na krilu aviona

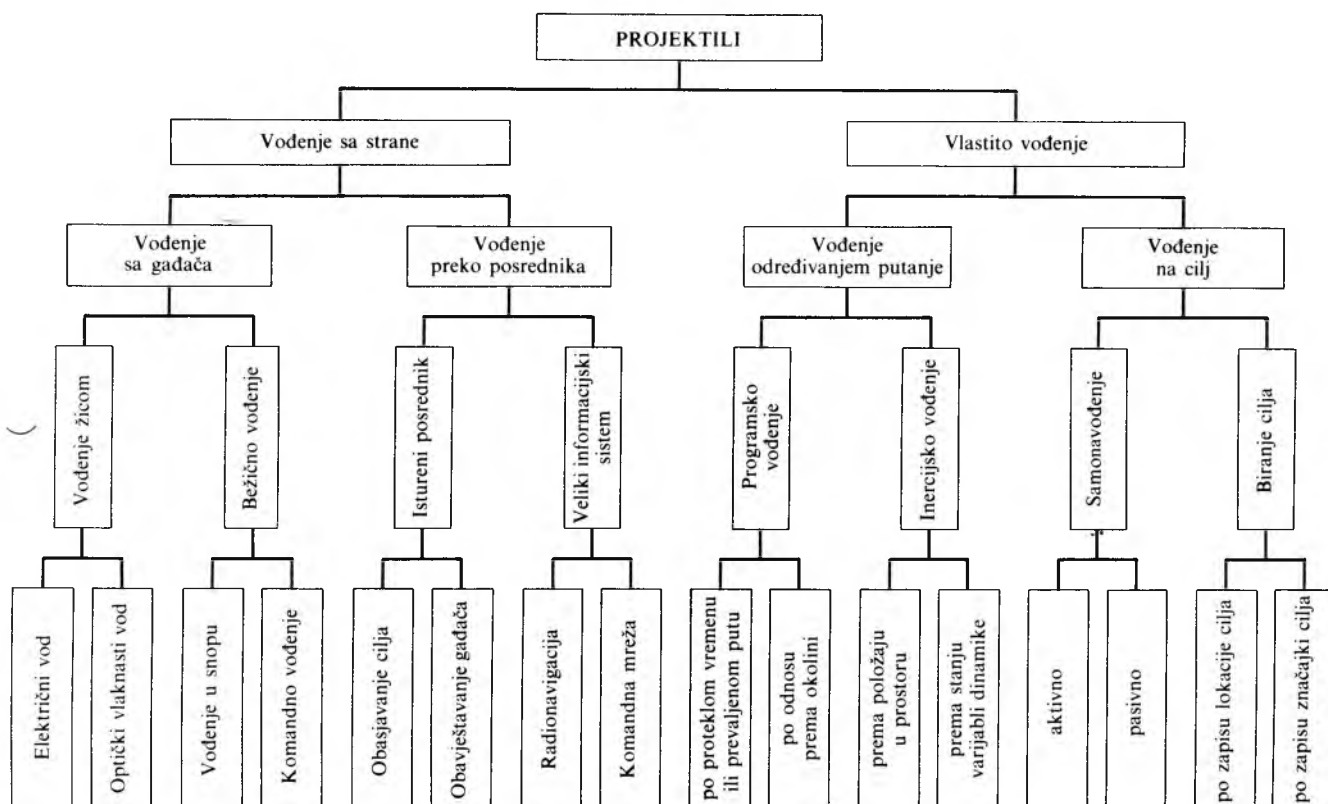
Suvremena raketna oružja redovno su vođena. Samo malo raketa specijalne namjene su nevođene (sl. 15), a u posljednje vrijeme izgrađeni su i novi tipovi nevođenih raketnih projektila kao što su npr. artiljerijska raketna zrna i proturaketne rakete. Postoji mnogo načina vođenja projektila, ali kao što se

vidi iz sl. 16, svi se mogu razvrstati u dvije osnovne grupe; u prvoj su projektili koje se vodi sa strane, a u drugoj su projektili s vlastitim vođenjem.

Vođenje projektila. Prvo je bilo uvedeno *vođenje sa strane*, u početku žicom, a kasnije bežično. Rakete velikih dometa nije se moglo voditi sa strane nego se primijenilo *vlastito vođenje* po putanji pomoću kombinacija programiranog i inercijskog vođenja, pa je točnost pogotka ovisila o točnosti kojom se moglo predvidjeti sve elemente putanje od gađača do cilja.

Samonavođenje. Tehnika vođenja raketa veoma je napredovala kad je uvedeno samonavođenje projektila na cilj. Raketa sa samonavođenjem ima na početnom i srednjem dijelu putanje programirano i inercijsko vođenje, da bi na završnom dijelu putanje preko senzora u glavi za samonavođenje uspostavila kontakt s ciljem i usmjerila se na njega. U početku su rakete sa samonavođenjem mnogo obećavale, ali se kasnije pokazalo da se u neposrednu vezu glave rakete i cilja mogu umiješati namjerni ili slučajni vanjski signali, što napadnutom pruža priliku da ometa i zbunjuje sistem samonavođenja takve rakete. Zato se usavršavaju prvobitni aktivni radarski senzori glave za samonavođenje da bi se bolje raspoznavale smetnje od signala koji stvarno potiču od cilja, a istodobno se uvode i drugi, naročito pasivni senzori koji djeluju u ostalim područjima spektra elektromagnetskih valova (infracrveni, vidljivi televizijski, laserski).

Kombinirano vođenje. Najsuvremenija elektronika i telekomunikacijski sistemi pružaju nove mogućnosti kombiniranog vođenja rakete i sa strane i samonavođenja. Umjesto gađača, koji nema najbolje uvjete da vodi projektil na veće daljine, to obavlja neki vanjski posrednik koji ima bolji pregled odnosa između rakete i cilja. Regionalni i globalni sistemi hiperbolne ili satelitske navigacije povezani s pasivnim prijemnicima u raketi mogu u kombinaciji s programiranim i inercijskim vođenjem postići sigurne pogotke na velikim daljinama. Pri tom se za završno vođenje do cilja, umjesto samonavođenja, primjenjuje tzv. *biranje* ili *prepoznavanje* unaprijed zadanog cilja kojemu su značajke ili lokacija upisane prije lansiranja u memoriju računarskog sistema rakete. Na toj se osnovi vode npr. *krstareći projektili*.

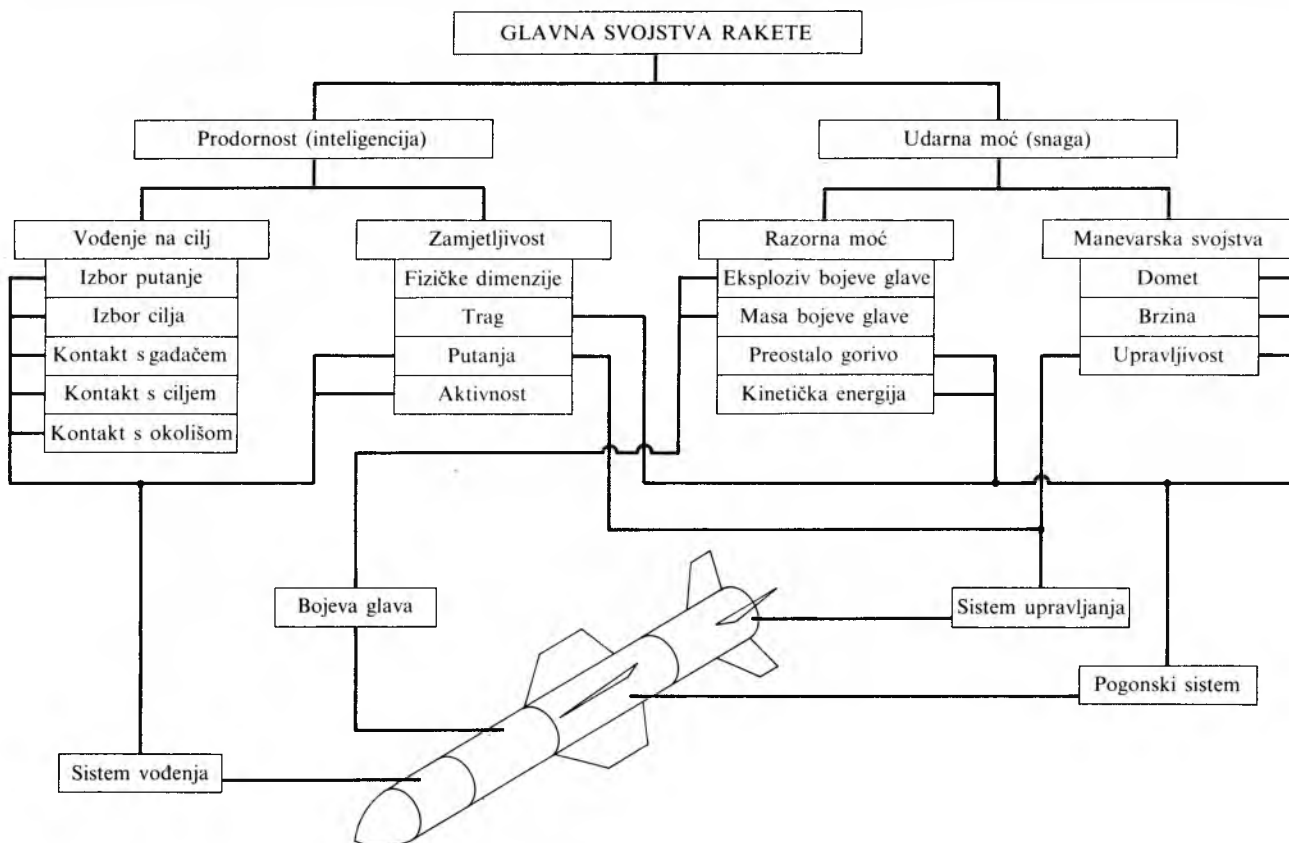


Sl. 16. Klasifikacija vođenih projektila

Suvremene koncepcije raketnih oružja. Razvoj raketnih oružja usmjeren je na povećanje *inteligencije* rakete, i po tomu se vođena raketa bitno razlikuje od nevođene. Za razliku od nevođenih raketa, koje se sastoje od pogonskog motora, bojeve glave i aerodinamičkog tijela, vođene rakete sadrže unutar aerodinamičkog tijela četiri osnovna podsistema: pogonski motor, sistem upravljanja, bojevu glavu i sistem vođenja. Vođeni projektili imaju dva osnovna svojstva: *snagu* ili *udarnu moć* i *inteligenciju* ili *prodornost prema cilju*. Svojstva i kvaliteta vođene rakete ovise o tome koliko svaki od četiriju osnovnih podsistema doprinosi osnovnim svojstvima rakete, jer prema prikazu na sl. 17 korelacija između osnovnih podsistema i glavnih svojstava rakete nije jednoznačna.

Zamjetljivost rakete. Suvremena raketa ima to veću prodornost prema cilju koji se brani što je teže zamjetljiva detektorskim senzorima protivničke proturaketne obrane. Velike dimenzije tijela rakete, geometrijski oblik i materijal plašta povećavaju zamjetljivost rakete za aktivne radarske senzore; jak toplotni trag lako se otkriva pasivnim termovizijskim senzorima; visoka je putanja uočljiva za svaki senzor, a aktivnu radarsku glavu za samonavođenje zamjećuju pasivni elektromagnetski senzori. Zato se suvremene rakete grade za minimalnu zamjetljivost, jer je to bitan uvjet prodornosti rakete.

Postoje dva donekle oprečna načina da se poveća prodornost suvremenih raketa. Prodornost taktičkih raketa malih i srednjih dometa nastoji se povećati povećanjem njihove brzine iznad



Sl. 17. Korelacija između osnovnih podsistema i glavnih svojstava rakete

Udar na moć rakete uključuje i mogućnost da raketa svojim manevarskim sposobnostima doprinese intenzitetu udara. Nadalje, razorna moć, prije definirana samo količinom eksploziva u bojevoj glavi, sada uključuje i ukupnu masu bojeve glave, kinetičku energiju pri sudaru, djelovanje preostalog pogonskog goriva itd., što očigledno ne potječe samo od podsistema bojeve glave.

Ranije je pokazatelj kvalitete rakete bila točnost pogađanja cilja, ali to je bio *pasivni cilj* koji se ne brani od rakete. Suvremeni pokazatelj valjanosti rakete jest *prodornost* koja uključuje *kvalitetu vođenja* do cilja i *zamjetljivost* rakete za protivničke senzore.

Kvaliteta vođenja jednoznačno definira sposobnost projektila da u završnom dijelu putanje pronađe i pogodi cilj tako dugo dok cilj ne pokušava da ometanjem (Electronic Counter Measures, ECM) zavarava raketu i skrene je s putanje koja vodi do cilja. U prvo se vrijeme uspjelo posebnim mjerama (Electronic Counter-Counter Measures, ECCM) povećati otpornost protiv ometanja raketnih senzora u glavi za samonavođenje. Međutim, kad je uvedena *proturaketna obrana*, koja osim ometanja uključuje i postupke koji otkrivaju rakete koje nailaze te ih uništavaju prije nego što stignu do cilja, za raketu je postalo bitno svojstvo zamjetljivosti o kojem se prije, zbog velike brzine rakete, nije mnogo vodilo računa.

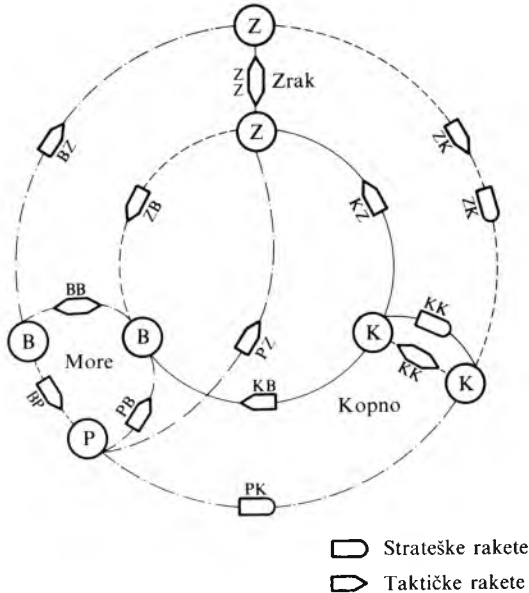
brzine zvuka, sve do $\sim 4 Ma$. Suprotno tomu, na vođenim projektilima velikog dometa namjerno se smanjuju rezervoari pogonskog goriva na račun manje brzine krstarenja (do $0,8 Ma$), ali se zato radi skrivenosti rakete odabiru povoljne putanje i novi sistemi vođenja do cilja, npr. *sistem biranja* unaprijed određenog cilja. Naime, za razliku od samonavođenja, sistemom biranja ne uspostavlja se s ciljem aktivni kontakt koji se može otkriti i ometati.

Klasifikacija raketa prema dometu i okolišu. Jedna od uobičajenih klasifikacija raketnih oružja polazi od *dometa* projektila. Prema toj klasifikaciji razlikuju se *rakete strateške namjene* s dometom reda veličine 10000 km i *rakete taktičke namjene*, koje se dalje razvrstavaju na *rakete velikog dometa* (nekoliko stotina km), *rakete srednjeg dometa* (~ 100 km) i *rakete malog dometa* (< 10 km).

Najpoznatija i općenita klasifikacija raketnih oružja jest prema *okolišu* u kojem se nalaze gadač i cilj. Gadač i cilj mogu biti na kopnu (K), u zraku (Z) ili na moru, i to na površinskim brodovima (B) ili na podmornicama (P). Tako su prema engleskom jeziku nastale kratice za vrst raketa: SS (Surface to Surface) za rakete koje se lansiraju s kopna ili površine mora na cilj koji je također na kopnu ili na površini mora, SA (Surface to Air) za rakete lansirane s kopna ili s površine mora na ciljeve u zraku, itd. U našem jeziku

upotrebljavaju se i naše kratice, kao što se vidi iz sl. 18 koja prikazuje kombinacije okoliša gdje se nalaze gađač i cilj, za koje danas postoje suvremene rakete.

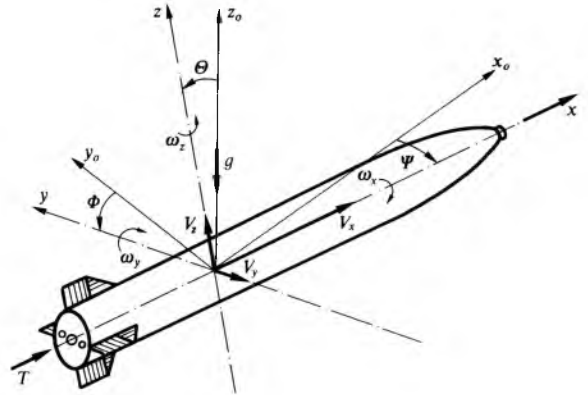
Pomorsko je ratište specifično po najviše kombinacija mogućih istodobnih borbenih aktivnosti, pa je zato i broj mogućih vrsta raketa u tom ambijentu najveći. Također je veoma mnogo podvrsta taktičkih raketa klase KK (kopno—kopno) ako ih se klasificira prema nosiocima i ciljevima, počevši od elementarnih taktičkih raketa KK (kopno—kopno) i KZ (kopno—zrak) malog dometa, koje se iz ruke strijelca lansiraju na oklopne ili zračne ciljeve, do najsloženijih taktičkih raketa velikog dometa, koje se lansiraju sa stacionarnih premjstivih položaja, kao što su rakete tipa Pershing namijenjene za gađanje stacionarnih kapitalnih objekata na kopnu.



Sl. 18. Vrste raketa prema kombinacijama okoliša gdje se nalaze gađač i cilj

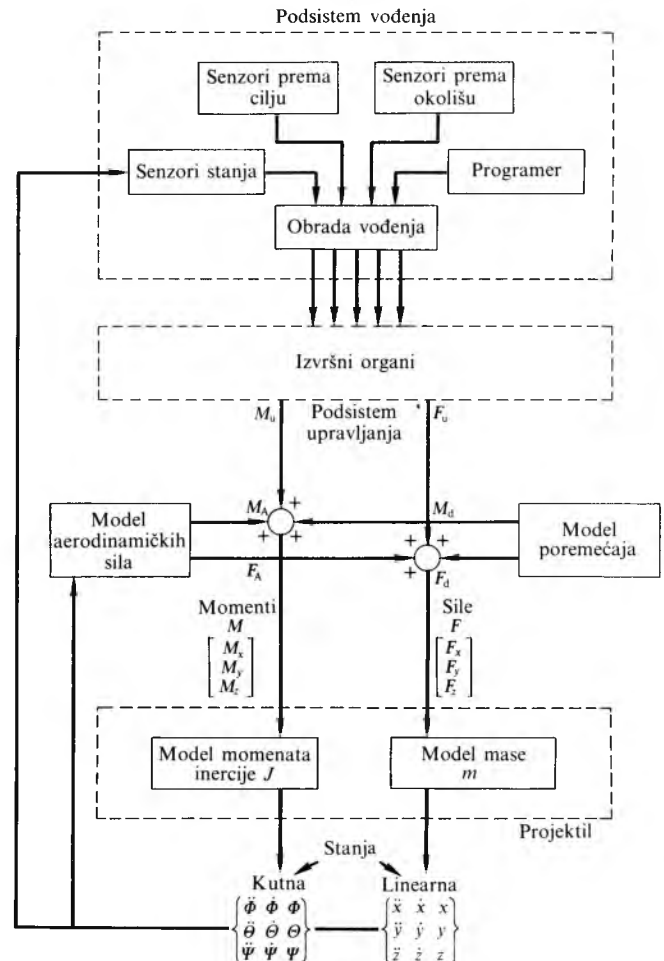
Iz sl. 17 vidi se da strateške rakete, poznate kao *interkontinentalne balističke rakete* (Intercontinental Ballistic Missile, ICBM), postoje samo u određenim kombinacijama; za kapitalne ciljeve na kopnu mogu se lansirati sa stacionarnih ili premjstivih lokacija na kopnu (Ground Launched Ballistic Missile, GLBM), iz zaronjenih podmornica (Submarine Launched Ballistic Missile, SLBM) ili s letjelica (Air Launched Ballistic Missile, ALBM). Manje je poznato da ne postoje rakete BK (brod—kopno) za gađanje s broda ciljeva na kopnu i da su u obalnoj obrani rakete KB (kopno—brod) gotovo identične raketama BB (brod—brod), uz male razlike u sistemu za lansiranje. Također malo su poznate i još uvijek rijetke rakete PZ (podmornica—zrak) namijenjene obrani podmornica od napada iz zraka.

Mehanika gibanja projektila. Između pojedinih raketnih oružja postoje velike razlike u izvedbi i primijenjenim tehničkim rješenjima, ali u aerodinamičkom pogledu za sve reaktivne vođene projekte vrijedi da su to aerodinamički sistemi sa šest stupnjeva slobode gibanja. Stanje projektila u prostoru i njegovo gibanje definirano je u svakom trenutku odnosom između pomičnog (dinamičkog) koordinatnog sistema (x, y, z) čvrsto vezanog za težište projektila i referentnog koordinatnog sistema (x_0, y_0, z_0) koji može biti georeferentni, tj. vezan za Zemlju, ili inercijski (nepomičan) ako kretanje Zemlje ne utječe na gibanje projektila (sl. 19). Ta su dva koordinatna sistema međusobno vezana varijablama stanja koje uključuju: tri linijske koordinate (x, y, z) koje određuju položaj težišta projektila, tri kutne koordinate (Φ, Θ, Ψ) koje određuju orijentaciju projektila, tri brzine (V_x, V_y, V_z) i tri ubrzanja $(\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z})$ uzduž glavnih koordinatnih osi, te tri kutne brzine $(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ i tri kutna ubrzanja $(\dot{\Phi}, \dot{\Theta}, \dot{\Psi})$ oko glavnih koordinatnih osi.



Sl. 19. Međusobni odnos dinamičkog i referentnog koordinatnog sistema projektila

Na projektil s vlastitim pogonom, za vrijeme dok se giba, djeluju različite sile, pa on mijenja svoje stanje u prostoru. Dominantna je porivna sila T , tj. pogonska sila što je proizvodi pogonski uređaj projektila. Porivna sila daje projektilu brzinu V_x , a o toj brzini ovisi linijska varijabla x u kojoj je izražen i domet projektila. Nadalje, na gibanje projektila djeluju aerodinamičke sile F_A i njihovi momenti M_A , te poremećajne sile F_d i njihovi momenti M_d . Aerodinamičke sile nastaju zbog aerodinamičkog oblika projektila, a poremećajne sile su posljedica stvarnih uvjeta u kojima se giba projektil (zračne struje, promjene gustoće i temperature zraka, promjene težine i položaja težišta projektila zbog utrošenog goriva itd.). Zbog složenih odnosa između pogonskih, aerodinamičkih i poremećajnih sila vektor brzine napredovanja projektila



Sl. 20. Shematski prikaz sistema vođenog projektila

$V(V_x, V_y, V_z)$ nije kolinearan s uzdužnom osi x projektila, nego je rezultanta i kutnih brzina skretanja ω_z , valjanja ω_x , i penjanja ω_y . Zato vođeni projektil mora imati izvršne organe, kao što su kormila, zakrilca, interceptori, nagibne mlaznice itd., koji proizvode silu i moment upravljanja F_u i M_u . Sile i momenti upravljanja pribrajaju se poremećajnim i aerodinamičkim silama i momentima tako da rezultirajuće sile i momenti dovode i održavaju projektil u stanju i na putanji prema uvjetima potrebnim da se postigne pogodak.

Uređaji za pogon i vođenje projektila. Podsystem za upravljanje (sl. 20) jest skup izvršnih organa koji primaju signale vođenja iz podsistema vođenja. Signal vođenja može se dobiti sa strane ili se generira u projektilu, bilo prema unaprijed zadanom programu gibanja projektila, bilo da ga daju senzori ugrađeni u projektil. U projektilu mogu se nalaziti tri vrste senzora: senzori stanja prema okolišu (senzori orijentacije, brzine, ubrzanja), senzori uzajamnog odnosa prema okolišu (visinomjeri, senzori georeferentne pozicije itd.) i senzori stanja prema cilju (aktivni i pasivni detektori cilja).

Energija potrebna za rad izvršnih organa dobiva se iz energetskih uređaja u projektilu. Najvažniji izvršni organ, pogonski motor rakete, troši energiju čvrstog ili tekućeg goriva iz glavnog spremnika energije za propulziju, dok se ostali izvršni organi napajaju energijom ili iz glavnog spremnika energije za propulziju, ili iz posebnog spremnika koji ujedno služi i za napajanje sistema vođenja (pogodni oblik akumulatora ili generatora električne energije).

Za ubrzavanje projektila s vlastitim pogonom najčešće služi startni motor (booster). To je redovito raketni motor na čvrsto gorivo, koji nakon lansiranja radi kratko vrijeme i zatim se odbaci. Postignuta brzina po putanji podržava se marševskim motorom (sustainer). To je raketni ili mlazni motor nešto manje snage, a na projektilima velikog dometa sastoji se od više stupnjeva. Kad se istroši gorivo prvog stupnja marševskog motora, taj se dio odbaci i stavi u pogon drugi stupanj itd.

BOMBE

Bomba je vrst inercijskog projektila koji se izbacuje pomoću različitih bacača ili se otpušta s aviona ili broda pomoću naprava za otpuštanje. Najčešće su bombe ispunjene eksplozivom, ali postoje i dimne bombe, svijetleće bombe, zapaljive bombe i bombe napunjene bojnim otrovom. Već prema namjeni i načinu izbacivanja bombe mogu biti vrlo različite veličine, oblika i konstrukcije, ali se u osnovi svaka sastoji od šupljega metalnog ili plastičnog tijela u kojemu je smješten eksploziv i upaljač.

Bombe imaju manji domet i manju točnost gađanja nego artiljerijske granate i raketni projektili. Za razliku od artiljerijske granate, bomba izbačena iz bacača ne dobiva rotacijsko gibanje i stabilnost je vanjske balistike bombe manja, pa je manja i točnost gađanja. Da bi se povećala stabilnost gibanja bombi po putanji, one većinom imaju dodatne aerodinamične repne površine koje djeluju kao pasivni stabilizatori.

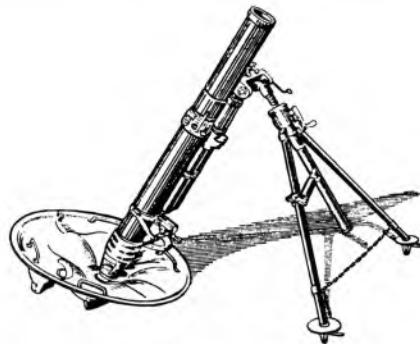
Bombe kopnene vojske. Ručne bombe bacaju se rukom na daljinu od ~40 m, a služe kao dopunsko oružje pješadije (sl. 21). Razlikuju se ofenzivne i defenzivne ručne bombe, a postoje i specijalne ručne bombe, kao što su protutenkovske, zapaljive, dimne, i kemijske (otrovne). Najmanju masu imaju ofenzivne bombe (0,1...0,4 kg), a najveću specijalne protutenkovske bombe (~1,2 kg). Zbog velike mase domet je protutenkovske ručne bombe ~20 m.

Bacači. Mnogo veći domet i jače djelovanje od ručnih bombi imaju bombe izbačene pomoću posebne naprave, tzv. bacača (sl.



Sl. 21. Ručne bombe

22). Bacač izbacuje bombu naglim oslobađanjem potencijalne energije sadržane u napetoj opruzi ili u komprimiranom zraku, odnosno energije oslobođene eksplozijom baruta.



Sl. 22. Bacač bombi

Danas se najviše upotrebljavaju bacači punjeni eksplozivom, najčešće barutom. Na dno glatke cijevi bacača postavi se eksploziv a povrh njega bomba. Eksplozijom proizvedeni plinovi izbacuju bombu, dajući joj početnu brzinu. Konstrukcija bacača je jednostavna i sastoji se od relativno lagane i obično glatke cijevi, temeljne ploče i potpornih nogu. Mehanizam potpornih nogu omogućuje promjenu kuta elevacije cijevi bacača u granicama $+45^\circ \dots +85^\circ$ i minimalno usmjeravanje po azimutu od $\pm 20^\circ$. Prema kalibru bombe i unutrašnjem promjeru cijevi bacači se razvrstavaju u lake (50...82 mm, sl. 23), srednje (82...120 mm) i teške (120...240 mm). Domet bacača raste s njegovim kalibrom, ali bacači najtežih kalibara nemaju domet veći od 8000 m.



Sl. 23. Lake pješadijski bacač bombi kalibra 51 mm i dometa 50...750 m

Bomba je opremljena pasivnim aerodinamičnim stabilizatorima, pa se pri relativno većim početnim brzinama (150...300 m/s) giba po putanji dovoljno stabilno i ujednačeno. Pogodak ovisi samo o početnim uvjetima izbacivanja bombe, tj. o usmjerenju cijevi bacača i početnoj brzini. Zato sve vanjske poremećaje i ostale utjecaje na gibanje bombe za vrijeme leta treba uzeti u obzir u početnim uvjetima.

Radi većeg dometa neki su suvremeni tipovi teških bacača namijenjeni za bombe s dodatnim raketnim pogonom. To su ipak samo bacači, jer se bomba izbacuje impulsnim djelovanjem eksplozije, a ne lansira se vlastitim pogonom. Dodatni raketni pogon bombe uključuje se kad se ona već giba po putanji i služi samo da se poveća domet. Takvi bacači obično imaju i ožljebljivu cijev da bi se povećala početna brzina bombe.

Mornaričke bombe. U ratnoj se mornarici upotrebljavaju samo dubinske protupodmorničke bombe. U početku to su bile jednostavne posude napunjene eksplozivom i opremljene upaljačem koji je aktivirao bombu pod vodom. Takve su se bombe na jednostavan način otpuštale preko krmne ili boka broda i slobodno su tonule. Kad su se povećale mase dubinskih bombi i kad se htjelo da bomba eksplodira na unaprijed određenoj dubini, usavršene su naprave za otpuštanje, pa su nastala različita rješenja klizača i košara za dubinske bombe. Istodobno su starinski dodirni upaljači zamijenjeni nekontaktnim upaljačima koje aktivira hidrostatski tlak na zadanoj dubini, ili koji djeluju nakon određenog vremena od otpuštanja, odnosno pada bombe u vodu. Nedostatak je takva načina otpuštanja dubinskih bombi u tome što brod-lovac mora biti iznad neprijateljske podmornice, pa ga ona može napasti ili ga može oštetiti udarni val podvodne eksplozije vlastite bombe. To je bio razlog da su uvedeni bacači dubinskih bombi. Prve konstrukcije bacača bile su prilagođene tadašnjim dubinskim bombama bačvastog oblika. U cijev bacača dosjedao je klip polucilindrične kolijevke u kojoj je ležala podvodna bomba, pa je eksplozijom baruta bacač izbacio kolijevku zajedno s bombom na udaljenost od ~50 m. Budući da je kolijevka bila užetom vezana za brod, ona se mogla izvući iz vode i ponovno upotrijebiti.



Sl. 24. Trocijevni pokretni bacač protupodmorničkih dubinskih bombi

Kasnije su konstruirane dubinske bombe koje se ulažu u cijev bacača pa ih se izbacuje neposredno, bez kolijevke, što je povećalo domet izbacivanja na 500 m. Takav bacač obično ima više cijevi ugrađenih na pokretnom lafetu (sl. 24). Mehanizam lafeta omogućuje da se cijevi bacača postave po smjeru i elevaciji, te da se primijene korekture zbog valjanja i posrtanja broda na valovima. Umjesto takvih glomaznih bacača danas na suvremenim ratnim brodovima služe rakete i torpeda kao nosači protupodmorničkih dubinskih bombi, a na manjim brodovima još se ponekad upotrebljavaju klasični bacači za izbacivanje bačvastih dubinskih bombi u kolijevci.

Avionske bombe. Avion je veoma prikladan kao nosač bombi, jer zbog velike brzine i visine leta bomba otpuštena iz aviona ima veliku potencijalnu i kinetičku energiju. To je razlog da se ni u jednom drugom vidu oružanih snaga ne upotrebljava toliko različitih vrsta bombi kao u ratnom zrakoplovstvu. Prema načinu djelovanja razlikuju se sljedeće vrste avionskih bombi: nuklearne, razorne, rasprskavajuće, probojne, kumulativne, zapaljive, kemijske, biološke, svijetleće, fotografske, dimne i propagandne.

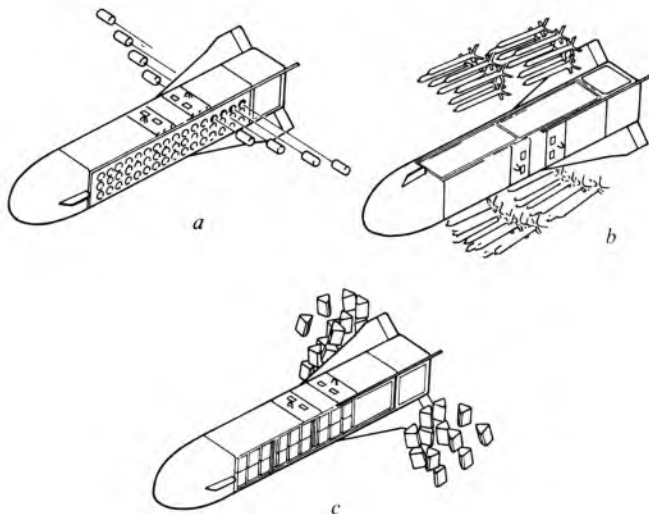
Za vrijeme prvoga svjetskog rata, kad su borbeni avioni bili tek u početku razvoja, upotrebljavale su se ručne bombe i manje bombe koje su se izbacivale rukom. S usavršavanjem borbenih aviona usavršavale su se i avionske bombe, pa se uskoro proizvode teže razorne i zapaljive bombe aerodinamičkog oblika koje se otpuštaju iz posebnog spremišta u avionu ili s podvješanih otpuštača na trupu ili na krilima aviona.

Nakon drugog svjetskog rata, osim običnih padajućih avionskih bombi, uvedene su *vođene* i *leteće bombe*. Zbog novih tehničkih rješenja vođenja i vlastitog pogona bombi nastala je očita razlika između klasičnih padajućih bombi i kombinacije bombe i projektila s vlastitim pogonom i vođenjem. Prema strogoj definiciji trebalo bi u bombe ubrajati samo one klasičnog tipa što nakon otpuštanja slobodno padaju. Međutim, ipak se avionskim bombama smatraju i vođene i leteće bombe jer ih se s aviona ne lansira poput raketa, nego ih se otpušta da počnu slobodno padati i tek nakon toga se uključuje vlastiti pogon i vođenje.

Klasične padajuće bombe, koje su se u drugom svjetskom ratu upotrebljavale u masovnim zračnim napadima na protivničke utvrđene položaje, gradove i komunikacije, danas nisu više značajne, također ni mehaničke ili elektromehaničke naprave za otpuštanje bombi nemaju nekadašnji značaj. Naime, suvremeni se avion u napadu bombama toliko približi cilju da i njemu prijeti opasnost od eksplozije bombe. Zato su današnji uređaji za otpuštanje bombi kombinacija odbacivanja i otpuštanja pomoću pneumatskih, hidrauličkih ili pirotehničkih ejektora. Bombe se u slobodnom padu ili horizontalnoj komponenti brzine koja potječe od brzine aviona koče pomoću padobrana da bi avion imao vremena udaljiti se od mjesta eksplozije, a ujedno da bi postigao i točniji pogodak.

Umjesto *lancima povezanih bombi*, koje su se upotrebljavale u drugom svjetskom ratu (sistem tepih bombardiranja), sve se više primjenjuju *bombe u grozdu*. Takve su bombe jedinstven sklop koji se odmah nakon otpuštanja raspada na nekoliko nezavisnih bombi što slobodno padaju, pa pogoci prekrivaju veliku površinu na tlu. Također se klasični eksplozivi sve više zamjenjuju *aerosolnim eksplozivom* (Fuel Air Explosive, FAE) koji u zraku raspršuje gorive komponente u tekućem stanju, pa pri određenoj koncentraciji nastaju snažne eksplozije nad velikim površinama.

Najnovija konstrukcija avionskih bombi jesu tzv. *rasijavajuće* ili *kasetne bombe* (sl. 25). Te su bombe zapravo spremnici s vlastitim pogonom i vođenjem, ispunjeni s mnogo malih bombi ili projektila koje rasijavaju u blizini cilja. Kasetne se bombe nalaze na granici između bombi i raketa, i elementi su složenijih sistema naoružanja koji, osim uređaja za odbacivanje ili lansiranje takvih bombi, uključuju i podsisteme za upravljanje vatrom te otkrivanje ciljeva.



Sl. 25. Tri varijante leteće avionske bombe za rasijavanje projektila na malim visinama

Suvremena je tehnologija omogućila da se usavrše i postojeće slobodno padajuće bombe. Na vrh klasične avionske bombe dodan je laserski uređaj za vođenje koji upravlja s kormilnim površinama na repu, pa je tako nastala vođena bomba velike točnosti pogotka koja se na udaljenosti do 8000 m od cilja otpušta klasičnim otpuštačima (sl. 26). Nakon što avion otkrije



Sl. 26. Klasična padajuća avionska bomba pretvorena u vođenu bombu dodatkom laserske glave za pasivno navođenje i upravljivih kormilnih površina

cilj i na njega usmjeri laserski snop s podvjeska na krilu ili trupu, odbijenu lasersku zraku primi senzor na vrhu bombe. U tom se trenutku bomba otpusti, pa vođena vlastitim laserskim iluminatorom kreće prema cilju, dok se avion udaljuje od cilja da bi izbjegao djelovanje eksplozije.

MINSKA ORUŽJA

Mine su stacionarne naprave postavljene tako da eksploziraju ili kad se na njih naiđe, ili kad ih se aktivira daljinski upravljanim ili unaprijed programiranim upaljačem. Mine mogu biti vrlo različite namjene, tehničke izvedbe, veličine i razorne moći, ali se u osnovi mogu razvrstati u dvije grupe: *kopnene mine* i *pomorske mine*. Naime, okoliš u koji se postavlja mina određuje većinu njenih svojstava i konstruktivnih rješenja, pa su zato kopnene i pomorske mine gotovo u svemu međusobno različite. Ipak, sve mine, bez obzira na namjenu, imaju uvijek dva osnovna elementa: eksplozivni naboj i upaljač.

Minski upaljači

Eksplozivni naboj mine aktivira se pomoću minskog upaljača. Minski upaljač može djelovati ili kad se u blizini mine pojavi cilj, ili kad dobije signal od uređaja za upravljanje. Upaljači koji djeluju na pojavu cilja imaju senzore kojima osjete blizinu cilja, bilo neposrednim fizičkim dodiranjem senzora i cilja, bilo da senzor reagira na neku od promjena što prate nailazak cilja, npr. promjenu magnetskog polja, akustičku promjenu,

promjenu temperature, promjenu tlaka itd. U prvom se slučaju radi o *kontaktnoj mini*, a u drugom o *nekontaktnoj mini*. Mine s daljinski ili vremenski upravljivim upaljačem nazivaju se *upravljive mine*.

Nekontaktne mine. Zahvaljujući vrlo složenim sensorima upaljača, suvremene nekontaktne mine sposobne su da točno razlučuju određeni cilj. Inteligencija minskih upaljača, kojom se postiže selektivnost s obzirom na cilj i otpornost prema neželjenom aktiviranju, zasniva se na primjeni više senzora od kojih svaki reagira na neku od pojava što prate nailazak ili aktivnost cilja. Takav se upaljač naziva višekanalni jer svaki senzor ima poseban kanal.

Na sl. 27 prikazana je generalizirana shema djelovanja nekontaktne mine. Iz te se sheme vidi da oko svakog cilja postoji neko određeno stanje proizvedeno prisutnošću ili trenutnom aktivnošću cilja. To je stanje definirano određenim fizikalnim poljima što okružuju cilj (magnetsko, akustičko, tlačno, toplinsko, električno itd.) i pojavama koje nemaju karakter skalarnih ili vektorskih polja (dim, aerosolne ili kemijske izlučevine, gibanje ili pokreti itd.). U okolišu mine postoji mnogo različitih istodobnih pojava, od kojih većina nema nikakve veze s prisutnošću cilja. Ako od svih nosilaca tih različitih pojava treba selektivnošću upaljača razlučiti cilj za koji su karakteristične npr. četiri određene istodobne pojave (na sl. 27 to su pojave A_1 , B_1 , B_2 , i C_1), tada upaljač mora biti četverokanalni.

Svaki senzor upaljača započinje pretvaračem za određenu pojavu, a na izlazu daje signal kad je ta pojava prisutna. Zbog stvarnih uvjeta okoliša i nesavršenosti pretvarača na izlazu se pored korisnog signala javljaju i smetnje (šum), što otežava prepoznavanje cilja. Zato se izlazni signal obrađuje različitim korelacijskim ili statističkim metodama da bi se odstranile smetnje i dobio samo koristan signal o nastupu pojave za koju je namijenjen taj kanal upaljača.

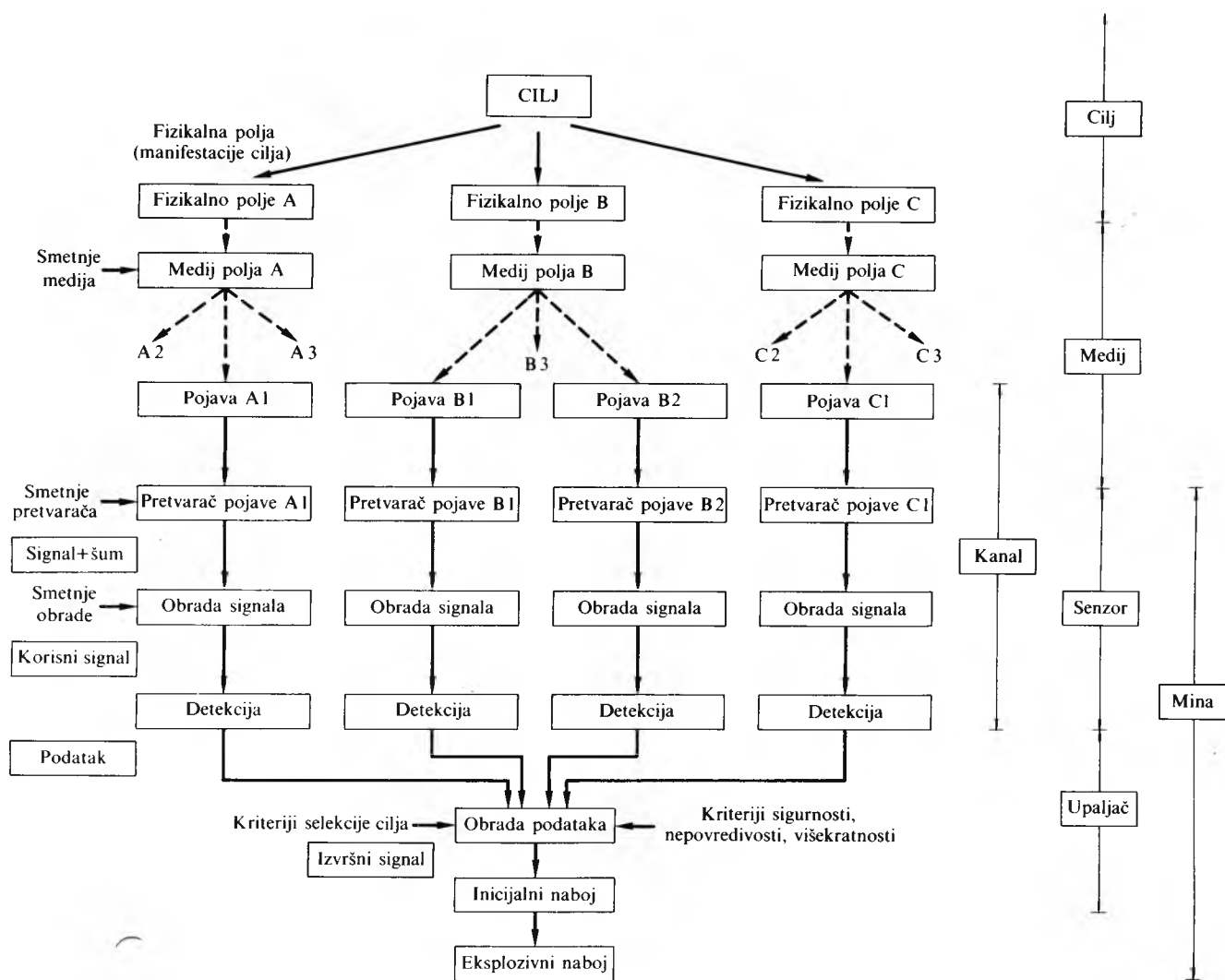
Tako filtriran koristan signal pretvara se u podatak koji je jedan od nužnih uvjeta za aktiviranje upaljača. Istodobnost svih n podataka na izlazu iz senzora svakog od n kanala najčešće još nije dovoljan uvjet za prepoznavanje cilja, a pogotovo to nije dovoljan uvjet da se aktivira upaljač. Selekcija cilja rješava se daljom obradom podataka s obzirom na njihovu vremensku, amplitudnu ili neku drugu međuzavisnost koja je upravo karakteristična za cilj što ga se želi izdvojiti od ostalih uzročnika sličnih pojava. Tek koincidencija svih n podataka s propisanim algoritmom obradbe nužan je uvjet za identifikaciju cilja. Ostali nužni uvjeti da se aktivira upaljač jesu različiti kriteriji sigurnosti, nepovredivosti, višekratnosti itd., koji su ugrađeni u algoritam obradbe i koji dopuštaju ili sprečavaju aktiviranje upaljača. Radi sigurnosti minski višekanalni upaljači najčešće su konstruirani tako da ne postoji pojedinačni dovoljan uvjet za njihovo aktiviranje, osim ako se pokuša položenu minu pasivizirati demontiranjem. Iz podsistema za obradbu podataka vodi se izvršni signal za aktiviranje mine na inicijalni ili prijenosni naboj (manja količina brizantnog eksploziva) koji aktivira eksplozivni naboj i uzrokuje eksploziju mine.

Suvremene selektivne nekontaktne mine vrlo su složene, vrlo skupe i imaju veliku razornu moć, pa ih se upotrebljava samo za kapitalne ciljeve.

Kontaktne mine su masovno oružje široke primjene, namijenjene su za uništavanje protivničkog ljudstva, vozila, tenkova, brodova, podmornica itd. Aktiviraju se izravnim mehaničkim dodiranjem cilja sa senzorom minskog upaljača. Ti su senzori jednostavni, u obliku ticala, roga, zapete žice, opruge, tlačne kutije i sl., i nisu naročito selektivni. Selektivnost se donekle može postići samo ako se propiše veličina sile koja se dodiranjem prenosi s cilja na senzor upaljača.

Upravljive mine. Upaljač upravljive mine aktivira se jednokratnim signalom upravljanja koji ne ovisi o pojavi cilja. Upravljanje upaljačem može biti lokalno ili daljinsko.

Lokalno upravljani upaljač aktivira se signalom što ga daje u minu ugrađeni i unaprijed programirani mehanizam, najčešće na principu satnog mehanizma. *Daljinski upravljani upaljač* dobiva signal bežično ili žicom od poslužioca koji odlučuje kad treba aktivirati minu.



Sl. 27. Generalizirana shema djelovanja nekontaktne mine

Upravljive mine najčešće služe za diverzije ili slične aktivnosti kad postoji velika vjerojatnost da će se cilj pojaviti na određenom mjestu ili u određeno vrijeme. Glavna je poteškoća postaviti upravljivu minu, jer to treba obaviti u uvjetima koji su redovito nepovoljniji nego uvjeti u kojima se postavljaju kontaktne ili nekontaktne mine. Često se upotrebljava kombinacija programskog i daljinskog upravljanja; za vrijeme polaganja mine upaljač je blokiran programskim mehanizmom, a rad se programskog mehanizma tek naknadno uključi daljinskim žičnim ili bežičnim signalom. Također se rad programskog mehanizma može zaustaviti pomoću daljinske komande i vratiti u početno blokirano stanje.

Minsko polje. Mine se polažu prema unaprijed određenom planu tako da tvore minske prepreke. Više sustavno raspoređenih minskih prepreka čini minsko polje gdje je svaka pojedina mina, koja djeluje na pojavu cilja, jednako opasna i za protivnika i za vlastite snage. Zato se pri izradbi plana minskog polja vodi računa da ono ne postane zapreka ili da ne nametne suviše velika ograničenja i za upotrebu vlastitih snaga u tom području.

Kopnene mine

Od različitih vrsta kopnenih mina najpoznatije su tzv. pješadijske ili nagazne mine (sl. 28) s upaljačem koji se aktivira mehaničkim dodiranjem, udarcem ili pritiskom noge. Postoje različita konstrukcijska rješenja upaljača, jer se stalno nastoji povećati vjerojatnost da mina eksplodira kad naiđe živi cilj, ali se istodobno nastoji smanjiti mogućnost aktiviranja mine zbog neke slične pojave (npr. bombardiranja terena na kojemu su postavljene mine, prolaska manjih životinja itd.). Također,

konstrukcijom upaljača nastoji se otežati protivniku da bez opasnosti demontira minu ako je pronađe.

Nagazne mine su najčešće zakopane u tlu ili zamaskirane na neki drugi prikladan način, a mogu biti razorne, rasprskavajuće, kemijske, dimne itd. Neke od njih djeluju dvofazno; nakon aktiviranja odskoče iznad površine terena i eksplodiraju na određenoj visini da bi pokrile što veće područje.

Slične su konstrukcije *protuoklopne kontaktne mine*, samo što imaju snažniji eksplozivni naboj i složeniji mehanizam upaljača. Protuoklopne mine obično su zakopane u tlu, a aktivira ih pritisak gusjenice ili kotača oklopnog vozila. Zbog važnosti da se unište oklopni ciljevi, danas se sve više primjenjuju *nekontaktne protuoklopne mine* s upaljačem koji reagira ne neko od fizikalnih polja oko oklopnog vozila (magnetsko, akustičko, vibracijsko polje itd.).

Pomorske mine

Pomorske mine služe za uništavanje protivničkih brodova i podmornica. Da bi bila potpuno prikrivena, pomorska se mina uvijek postavlja ispod površine vode, a jednako kao i kopnena mina, može biti kontaktnog ili nekontaktnog tipa.

Kontaktne pomorske mine. Prve pomorske mine bile su kontaktnog tipa, i taj se tip primjenjuje još i danas. Takva mina ima sferično ili valjkasto kućište ispunjeno eksplozivom, a iz kućišta strše ticala minskog upaljača. Mina eksplodira kad brod udari ili zapne o ticalo upaljača.

Sidrena mina je najčešća vrsta kontaktne pomorske mine. Na točno određenom položaju mina se usidri pomoću minskog sidra tako da je uronjena ispod površine vode na dubini primjerenoj



Sl. 28. Nekoliko vrsta kopnenih protuoklopnih i protupešadijskih mina

gazu brodova za koje je mina namijenjena. Minsko sidro leži na morskom dnu i sidrenim užetom je vezano za minu. Budući da mina ima pozitivan uzgon, sidreno je uže stalno zategnuto.

Prije polaganja mine namjesti se na mehanizmu sidrenog uređaja dubina ispod površine vode na kojoj treba postaviti minu. Mina i sidro zajedno se izbace u more, zatim se odvoje i pri tom se sa sidra odmotava sidreno uže do duljine pri kojoj će, nakon što sidro legne na dno, mina zauzeti zadanu položajnu dubinu ispod površine. Već prema načinu djelovanja mehanizma morskog sidra razlikuju se tri varijante sidrenja: gornje, srednje i donje sidrenje.

Pri *gornjem sidrenju* mina se odvoji od sidra čim padne u vodu te ostane plutati na površini. Na prvom dijelu puta sidra prema dnu sidreno se uže odmotava do određene duljine, a na preostalom dijelu puta sidro povlači minu za sobom tako da, kad sidro sjedne na dno, mina dođe na predviđenu položajnu dubinu.

Pri *srednjem sidrenju* mina i minsko sidro neko vrijeme tonu zajedno, a zatim se razdvoje pa sidro tone do dna dok minu uzgon podigne do položajne dubine koja je određena duljinom odmotanog sidrenog užeta.

Pri *donjem sidrenju* mina i sidro potonu zajedno na dno, pa se zatim mina odvoji i zbog uzgona diže prema površini odmo-

tavajući sidreno uže. Kad se mina podigne do položajne dubine, sidreni mehanizam zaustavi odmatanje sidrenog užeta.

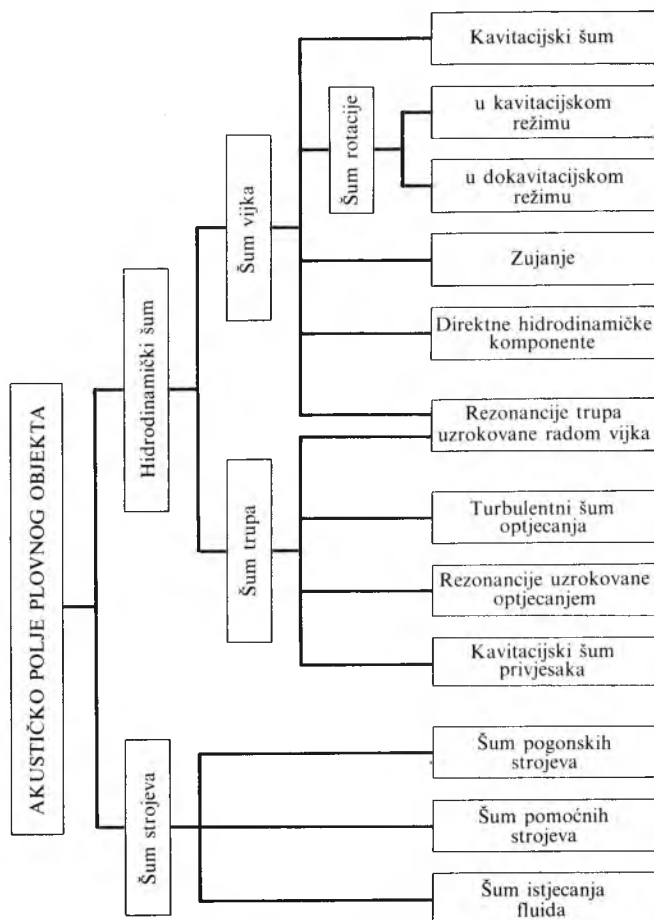
Antenska mina vrsta je protupodmorničke sidrene mine. Upaljač antenske mine djeluje na dodir trupa podmornice i sidrenog užeta razapetog između mine i sidra. Naime, trup podmornice, zbog svog električnog potencijala prema sidrenom užetu, pri dodiru uzrokuje u užetu pobudni signal kojim se aktivira minski upaljač.

Nekontaktne pomorske mine. Već prije drugoga svjetskog rata razvijen je senzor morskog upaljača koji je reagirao na poremećaj zemaljskog magnetskog polja, pobuđen prisutnošću velike feromagnetične mase broda. Taj poremećaj, poznat kao magnetsko polje broda, iskorišten je za konstrukciju prvih nekontaktnih pomorskih mina s indukcijskim senzorima, tzv. magnetskih mina.

Magnetske mine svojim senzorom osjete prisutnost površinskog broda i na većoj daljini, pa ih se zato ne mora postavljati na neku strogo određenu dubinu kao kontaktne mine. Magnetska mina može ležati i na morskom dnu ako dubina nije tako velika da je intenzitet udarnog vala podvodne eksplozije na površini mora suviše malen da bi uništio ili ozbiljno oštetio brod. S obzirom na površinski brod podvodna mina djeluje razorno do udaljenosti od ~60 m, pa se to smatra graničnom dubinom za nekontaktne magnetske mine što slobodno leže na morskom dnu. Na dubinama većim od 60 m upotrebljavaju se sidrene nekontaktne mine, postavljene na položajnoj dubini od ~60 m, odnosno još većoj ako su namijenjene podmornicama.

Akustičke mine. Ubrzo nakon što su razvijeni indukcijski senzori morskog upaljača koji djeluje na magnetsko polje broda, počeo se primjenjivati minski upaljač s hidrofonom kao senzorom koji reagira na akustičko polje broda. Tako su nastale akustičke mine s nekontaktnim upaljačem.

Brodovi u plovidbi proizvode širok spektar različitih zvukova i šumova (sl. 29), pa se prema akustičkom polju mogu ne samo otkriti nego i razlikovati tipovi brodova i pojedini



Sl. 29. Komponente akustičkog polja broda

brodovi. To omogućuje konstrukciju različitih vrsta selektivnih akustičnih minskih upaljača koji se mnogo primjenjuju za najsu-vremenije nekontaktno pomorske mine.

Nekontaktne pomorske mine s višekanalnim upaljačima. Slično kao kopnene nekontaktne mine, i suvremene pomorske nekontaktno mine mogu imati upaljače sa dva ili više kanala, što poboljšava selektivnost mine i njenu otpornost prema razmini-ranju. Višekanalne nekontaktne pomorske mine mogu imati osim magnetskih i akustičkih senzora i kanale sa senzorima koji rea-giraju na tlačno (hidrodinamičko) i gravitacijsko polje broda.

Nedostatak je nekontaktnih pomorskih mina da su nakon polaganja podjednako opasne za protivničke i za vlastite bro-dove i podmornice. Da bi se ta opasnost otklonila ili smanjila, konstruirane su mine s upaljačima koji se daljinskom komandom mogu blokirati ili deblokirati, može se daljinski mijenjati selektivnost upaljača itd.

Sidrene i na morskom dnu ležeće mine nepokretne su, a taktički razlozi ponekad zahtijevaju da mina bude pokretna i da mijenjajući položaj poveća vjerojatnost susreta s protivničkim brodom. Zato se u posljednje vrijeme upotrebljavaju i upravljive pokretne pomorske mine s daljinskim vođenjem ili samonavođen-jem. Takve su mine donekle slične projektilima, ali im je brzina kretanja malena. Inače, još prije prvog svjetskog rata primjenjivale su se slobodno lutajuće mine koje su se pušale da ih morska struja odnese u protivničke vode, a kasnije su se pomoću aviona polagale i u rijeke na teritoriju protivnika.

TORPEDO

Torpedo je podvodni projektil s vlastitim pogonom i uređajem za vođenje po smjeru i dubini ispod površine vode. Sve do pojave raketnih oružja torpedo je služio za uništavanje različitih ciljeva na površini i ispod površine mora, a danas se u prvom redu upotrebljava kao glavno oružje za borbu protiv pod-mornica.

Torpedo se lansira s broda, podmornice, aviona ili helikop-tera. Način lansiranja i konstrukcija torpeda ovise o nosaču torpeda, pa se prema konstrukciji razlikuju *brodska, podmornička i avionska*, odnosno *helikopterska torpeda*. Posebna su vrsta torpeda s raketom kao nosačem. Naime, u podvodnoj vožnji torpedo ima relativno velik otpor gibanja i zato relativno malen domet. Da bi se torpedom mogli gađati i vrlo udaljeni ciljevi, u posljednje se vrijeme upotrebljava raketa kao nosač torpeda na prvom dijelu puta do cilja. Noseći torpedo kroz zrak raketa prevlači velikom brzinom najveći dio udaljenosti do cilja i zatim ispusti torpedo da sam pređe završni dio puta ispod površine vode. Trup torpeda je od prvih svojih verzija (sl. 30), do najsuremenijih izvedbi, izduženi cilindar sa sferičnim pred-njim i koničnim zadnjim krajem.

Konstrukcija torpeda. Klasični se torpedo sastoji od bojeve glave s udarnim upaljačem, pogonskog agregata na komprimirani zrak te dubinskog i smjernog ravnača za dubinska i smjerna kormila, koja se nalaze na stražnjem koničnom dijelu (repu) torpeda gdje su i pogonski kontrarotirajući brodske vijci.

Upaljač eksploziva u glavi torpeda može biti *udarni* ili *kontaktni*, ako se aktivira mehaničkim udarom torpeda o cilj, ili *nekontaktni*, kod suvremenih torpeda, koji u blizini cilja reagira na promjenu magnetskog ili akustičkog polja. Zbog velikih dimenzija i velike dubine ronjenja unutrašnji čvrsti trup suvre-menih podmornica izgrađen je od debelih visokokvalitetnih čeličnih limova, pa torpedo s klasičnom bojevom glavom, koja

eksplokira već na vanjskom lakom trupu podmornice, teško može ozbiljnije oštetiti unutrašnji čvrsti trup. Zbog toga se bo-jeve glave suvremenih protupodmorničkih torpeda grade za tzv. dvofazno razaranje, tako da torpedo mehanički ili primarnom eksplozijom probije laki trup podmornice, a glavni naboj eksplokira tek na površini čvrstog trupa.

Pogonski uređaj torpeda. Za pogon torpeda razvijeno je više različitih pogonskih agregata. Prva su torpeda imala sprem-nik komprimiranog zraka i zračni stapni stroj, a kasnije zračnu turbinu. Za suvremena se torpeda s podjednakim uspjehom primjenjuju elektromotor napajani iz akumulatorske baterije i plinska turbina na plinove dobivene kemijskom reakcijom određenih spojeva, odnosno izgaranjem čvrstog ili tekućeg goriva. Snaga pogonskog stroja predaje se paru kontrarotirajućih vijaka koji proizvode poriv potreban za gibanje torpeda. Mnogo se rjeđe grade torpeda s reaktivnim pogonom pomoću mlaza pli-nova iz reaktivnog motora na čvrsto ili tekuće gorivo, ili mlaza vode iz hidroeaktivnog motora.

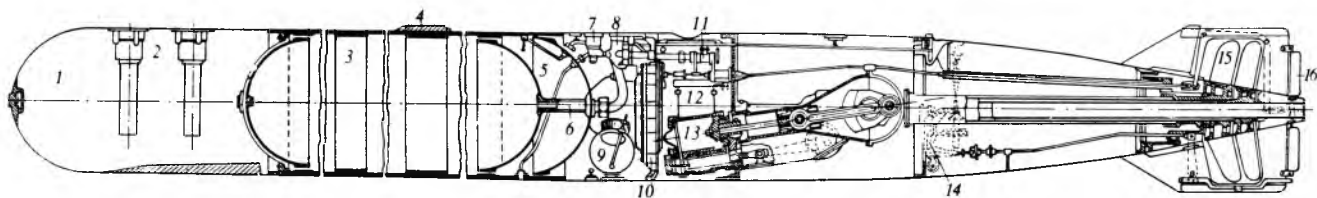
Pogonski uređaj torpeda određuje se samo prema brzini i dometu, tj. prema vremenu trajanja pogona. Na primjer, suvre-mena laka torpeda mase ~300 kg i brzine 60 čvorova imaju pogonski stroj od 500...600 kW koji je predviđen da bude u pogonu samo 12 minuta. Zato se pri projektiranju i konstrukciji pogonskih strojeva torpeda, za razliku od ostalih strojeva, ne uzimaju u obzir kriteriji kao što su dug vijek trajanja, otpor-nost na trošenje, preopterećenje, hlađenje itd., nego se jedino zahtijeva potpuna sigurnost da će stroj raditi predviđeno kratko vrijeme.

Protupodmornička torpeda. Danas se torpeda najviše upotre-bljavaju za borbu protiv podmornica. Naime, nadvodni ciljevi na moru uspješnije se uništavaju raketnim ili artiljerijskim oružjem, a protiv podvodnih ciljeva ova su praktički neupo-trebljiva. Osnovna karakteristika protupodmorničkih torpeda jest njihova sposobnost djelovanja na velikoj dubini, čak do 1200 m ispod morske površine. Postoje samo dvije klase suvre-menih protupodmorničkih torpeda: teška i laka.

Teška torpeda (sl. 31) kalibra 533 mm duga su 5,5...7 m, imaju masu ~1500 kg, brzinu do 60 čvorova, a mogu roniti do dubine od 1000...1200 m. Lansiraju se samo s podmornice



Sl. 31. Teški protupodmornički torpedo kalibra 533 mm



Sl. 30. Presjek klasičnog torpeda. 1 bojeva glava, 2 upaljač, 3 zračni spremnik, 4 vodilica, 5 komora za vodu, 6 glavni zračni vod, 7 ventil za punjenje, 8 zatvorni ventil, 9 posuda za petrolej, 10 dubinski ravnač, 11 dubinski kormilarski stroj, 12 zagrijač, 13 stapni pogonski stroj, 14 smjerni ravnač, 15 kontrarotirajući vijci, 16 smjerna kormila

Tablica 2
SUVREMENI PROTUPODMORNIČKI TORPEDI

Naziv i oznaka	Zemlja	Kalibar mm	Masa kg	Duljina m	Brzina čvorova	Domet km	Dubina ronjenja m	Eksplziv kg	Pogon ¹⁾	Vodenje ²⁾	Upaljač ³⁾
Mk 48, M 1	SAD	533	1600	5,8	50	46	900 ⁺	350	bm/hm	Ž S: A + P	U
Mk 24 Tigerfish	Velika Britanija	533	1550	6,46	15...35	35	300 ⁺	~300	e/v	Ž S: A + P	U, B
SUT	SR Njemačka	533	1370	6,39	35 ⁺	35 ⁺	300	260	e/v	Ž S: A + P	U, B
A 184	Italija	533	1350	6,0	45 ⁺	30 ⁺	300 ⁺	~250	e/v	Ž S: A + P	U, B
L	Francuska	550	910	4,3	25	5,5	300	200	e/v	I S: A	U, B
Mk 46, M 2	SAD	324	252	2,59	45	~5	500 ⁺	20	kg/hm	I S: A + P	U

1) bm benzinski Ottov motor, e elektromotor napajan iz akumulatorske baterije, kg kruto gorivo, hm hidromlazni propulzor, v udvojeni kontrarotirajući vijci

2) Ž žično, S samonavođenje, I inercijsko, A aktivno sonarsko, P pasivno sonarsko

3) U udarni (kontaktni), B blizinski (nekontaktni)

⁺ Najmanje ili više od te vrijednosti



Sl. 32. Lansiranje lakog torpeda sa protupodmorničkog helikoptera

protiv protivničke velike podmornice. To su vrlo složena i skupa oružja, prilagođena djelovanju na velikoj dubini, pa se samo izuzetno upotrebljavaju i protiv kapitalnih površinskih brodova. Osim vođenja žicom, ta su torpeda pretežno opremljena složenim sistemima samonavođenja pomoću kombinacije aktivnih i pasivnih sonarskih senzora.

Laka torpeda kalibra 300...330 mm duga su ~2,5 m, imaju masu do 300 kg, brzinu do 60 čvorova, veliku dubinu ronjenja i relativno mali domet od ~12 morskih milja (tabl. 2). Lansiraju se s površinskih ratnih brodova, iz zraka (sl. 32), odnosno prenose se kroz zrak pomoću rakete-nosača, a sistemom samonavođenja na završnom dijelu putanje usmjeravaju se na podvodni cilj.

Torpedni aparat. Torpedo se lansira pomoću torpednog aparata. Torpedni je aparat vrlo složena naprava koja ne samo što lansira torpedo pomoću tlaka komprimiranog zraka ili barutnih plinova nego neposredno prije lansiranja podesi na torpednom dubinsko-komilarskom uređaju elemente dubine i smjera, te pokrene pogonski motor torpeda. Konstrukcija torpednog aparata je različita na podmornici i na ratnom brodu.

Podmornički torpedni aparat čvrsto je ugrađen u čvrsti trup podmornice, najčešće u pramcu, a sastoji se od torpedne cijevi



Sl. 33. Lansiranje lakog protupodmorničkog torpeda iz trocijevnog torpednog aparata na palubi broda

u kojoj je smješten torpedo, uređaja za izbacivanje torpeda pomoću komprimiranog zraka, uređaja za stavljanje u pogon motora torpeda, te uređaja za postavljanje elemenata gađanja. Na prednjoj strani torpedne cijevi nalazi se nepropusni poklopac koji se automatski otvori pri izlasku torpeda. Na suvremenim se podmornicama torpeda lansiraju *isplivavanjem* na vlastiti pogon iz prethodno naplavljene torpedne cijevi.

Brodski torpedni aparat razlikuje se od podmorničkoga po tome što su jedna ili više torpednih cijevi postavljene na zajedničkom okretnom postolju na palubi (sl. 33) i što uređaj za izbacivanje torpeda može biti i pomoću barutnih plinova. Na torpednim čamcima i manjim ratnim jedinicama upotrebljavaju se jednostavniji žlijebni ili okvirni torpedni aparati koji su nepokretni.

V. Kristić