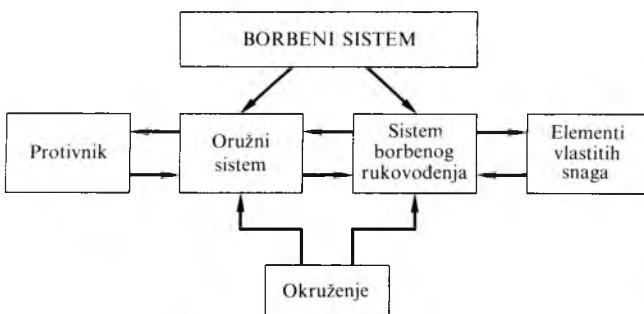


ORUŽNI SISTEMI, sastavni elementi borbenog sistema koji je najvažniji dio velikog sistema oružanih snaga.

Prema suvremenoj koncepciji, oružane su snage veliki sistem sastavljen od više podređenih sistema, namijenjenih vođenju oružane borbe. U velikom sistemu oružanih snaga osnovni sistem je *borbeni sistem* (Combat System) kojim se izvode sve borbene aktivnosti oružanih snaga. Svi ostali sistemi u sastavu oružanih snaga (npr. sistem logistike, sistem obuke itd.) jesu *prateći sistemi*, potrebeni da se osigura djelotvorno funkcioniranje osnovnog, borbenog sistema.

Borbeni sistem sastoji se od *oružnog sistema* (Weapon System) i *sistema borbenog rukovodenja*. Sveukupne borbene aktivnosti pokrivene su djelovanjem borbenog sistema; dio borbenih aktivnosti koje su usmjerenе prema protivniku obavlja oružni sistem, a podjednako važne borbene aktivnosti, koje su usmjerenе prema elementima vlastitog borbenog poretka, obavlja sistem borbenog rukovođenja (sl. 1). Uzajamno skladno djelovanje cijelokupnog borbenog sistema moguće je samo ako postoji čvrsta interakcija između oružnog sistema i sistema borbenog rukovođenja, uzimajući pri tom u obzir uvjete *okruženja*, koji bitno utječu na izvođenje borbenih aktivnosti.



U posljednje vrijeme borbeni sistem podijeljen je na dva osnovna podsistema, razgraničenjem obzirom na *odnos prema protivničkim i vlastitim snagama*. Takva nova podjela primjenjuje se samo u suvremeno organiziranim armijama, a proizlazi iz interakcije vojnih i tehničkih znanosti. U doba klasičnih oružja i niže razine ratne tehnike tradicionalni načini vođenja oružane borbe nisu jasno razgraničavali odnos prema protivniku od odnosa prema vlastitim snagama. U suvremenim uvjetima nužno je osigurati da oružni sistem uspješno djeluje na protivnika, ne gubeći vrijeme i energiju za koordinaciju s vlastitim snagama, što je dužnost sistema borbenog rukovođenja. Takva je podjela rezultat tehnološke revolucije nastale pradrom kibernetike u vojne znanosti. U takvim uvjetima *energetski plan*, tj. plan udarne moći oružnog sistema, postaje ravnopravan *informacijskom planu*, tj. planu usmjeravanja borbenih aktivnosti.

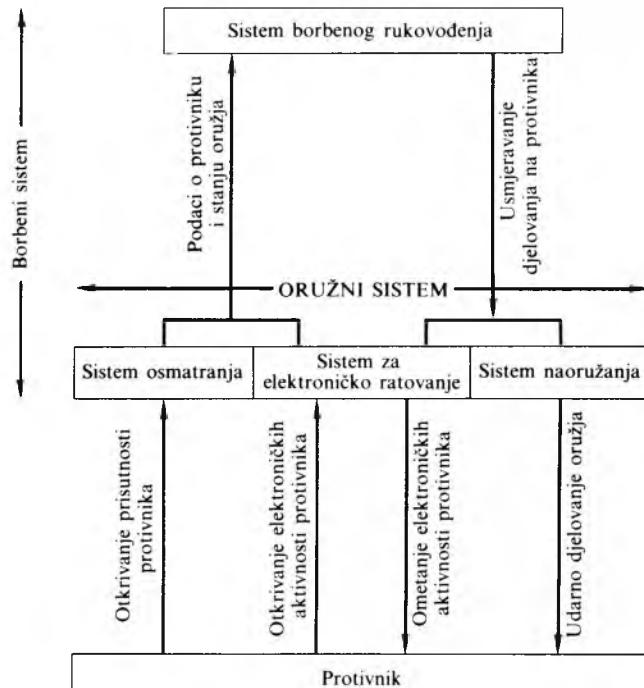
Sistem borbenog rukovođenja, kojim se usmjerava djelovanje oružnog sistema, upravljački je dio borbenog sistema, pa se zbog toga zove *sistem za komunikacije, komandiranje i upravljanje* (Communication-Command-Control System ili C3-System). U borbenim aktivnostima oružanih snaga često se pridaje velika važnost *sistemu obaveštajnih podataka* (Intelligence System). Za sistem borbenog rukovođenja u koji je uključena i služba obaveštajnih podataka upotrebljava se oznaka C3I.

Struktura oružnog sistema

U suvremenim uvjetima djelovanje na protivnika ne sastoji se samo od vatrenog udara oružjima. Svakim danom postaju sve važnija informacijska djelovanja na protivnika, pa se pomoću električkih uređaja nastoji pravodobno prikupiti što više podataka o protivničkim snagama ili se nastoji sprječiti da protivnik prikupi takve podatke o vlastitim snagama. U takvim aktivnostima ne upotrebljava se oružje, one postoje i kad nema ratnih operacija, a primjenjuju se i između potencijalnih protivnika u kriznim situacijama i predstavljaju novost prema ranijem stanju, npr. u drugome svjetskom ratu.

Informacijske aktivnosti usmjerene prema protivniku zapravo su borbene aktivnosti i zato spadaju u oružni sistem. Zbog toga se suvremena struktura oružnog sistema sastoji od tri glavna dijela: *sistema naoružanja* (Armament System), *sistema osmatranja* (Surveillance System) i *sistema električkog ratovanja* (Electronic Warfare System).

Na sl. 2 prikazano je djelovanje elemenata oružnog sistema i smjer u kojem se odvijaju pojedine aktivnosti s obzirom na protivnika. Aktivnost sistema naoružanja, tj. vatreni udar oružjem, usmjerena je prema protivniku. Aktivnost sistema osmatranja služi za otkrivanje prisutnosti protivnika, što znači da je tok informacije o protivniku usmjerena prema oružnom sistemu. Sistem za električko ratovanje djeluje u oba smjera. Podsistemom za *električno borbeno izviđanje* (Electronic Support Measures, ESM) otkriva se električka aktivnost protivnika i tako se dopunjavaju podaci o protivniku što ih prikuplja sistem osmatranja, tj. tok informacije usmjerene je prema oružnom sistemu. Podsistem za *električke protumjere* (Electronic Counter Measures, ECM) ometa električke aktivnosti protivnika nastojeći sprječiti protivnički oružni sistem da prikuplja informacije, dakle, djelovanje tog podsistema usmjereno je prema protivniku.



Između oružnog sistema i sistema borbenog rukovođenja izmjenjuju se informacije. Oružni sistem informira o protivniku i o stanju vlastitog oružja, a sistem borbenog rukovođenja donosi odluke i usmjerava aktivnosti sistema naoružanja i podistema za električke protumjere prema protivniku. Struktura oružnog sistema pokazuje da pojmovi oružni sistem i sistem naoružanja nisu sinonimi.

Integracija sistema. Nekada je u ratu sistem naoružanja bio jedini nosilac borbenih aktivnosti prema protivniku. I danas je, u ratnim uvjetima, kad se na protivnika djeluje oružjem, sistem naoružanja najvažniji element oružnog sistema. Međutim, suvremena tehnika i uvjeti ratovanja zahtijevaju da se naoružanju priključi osmatranje, a kasnije i električko ratovanje, te da se ta tri elementa integriraju u oružni sistem. Osnovni razlozi integracije sistema naoružanja u novi oružni sistem jesu sve veća nužnost da se skrati vrijeme reagiranja oružja i sve veće udaljenosti na kojima se odvijaju suvremene borbene aktivnosti.

Domet starijih oružja nije prelazio granice optičke vidljivosti, pa su poslužiocima oružja osmatranjem sami prikupljali

podatke o protivničkom cilju, a komandu za otvaranje vatre davali su starješine koji su bili u blizini ili neposredno uz oružje. Suvremena oružja s višestruko povećanim dometom, velikom razornom moći i kratkim vremenom reagiranja ne mogu samostalno djelovati, počevši od zapažanja protivnika pa do donošenja odluke za djelovanje. Složeni odnosi na suvremenom ratištu zahtijevaju posebne napore i postupke za koordinaciju djelovanja i donošenja odluka, što je moguće jedino izgradnjom sistema gdje su pojedine vrste aktivnosti izolirane u sisteme, a istodobno tjesno povezane u veći sistem informacijskim kanalima za izmjenu podataka. Dakle, strukturu suvremenih oružnih sistema istodobno karakterizira i relativna odvojenost i čvrsta povezanost njegovih elemenata (tj. sistema naoružanja, osmatranja i električkog ratovanja), što vrijedi i za sve kibernetički koncipirane sisteme.

Relativno kratka povijest suvremenih oružnih sistema pokazuje da u početku nisu pojedine aktivnosti bile podjednako povezane u relativno izolirane sisteme koji su bili međusobno usko povezani u veći sistem. Lakše je bilo prema kriterijima tehnologije okupiti naoružanje, sredstva za osmatranje i sredstva za električko ratovanje u zasebne sisteme koji su svaki za sebe djelovali gotovo savršeno nego postići da ti sistemi zajednički djelotvorno djeluju kao veći oružni sistem. Tada, naime, još nisu bila dovoljno razvijena tehnička sredstva za prijenos informacija. Zbog toga su pojedine zaokružene cjeline, svaka za sebe na zavidnoj tehničkoj razini, bile upućene jedino na usmeno razmjenu informacija, što je predstavljalo usko grlo i izvor subjektivnih grešaka.

Brzina reakcije i propusna moć u dostavi informacija veoma su se povećali uvođenjem poluautomatskih sistema s električkim prijenosom podataka u analognom obliku, što je u potpunosti riješilo komunikacije unutar oružnog sistema. Međutim, podaci u analognoj formi nisu prikladni za složeniju obradbu pa ne omogućuju zadovoljavajuće komunikacije između oružnog sistema i sistema borbenog rukovođenja koji, u sve složenijim uvjetima ratovanja, mora usmjeravati sva borbena djelovanja.

Tek je razvoj prijenosa podataka u digitalnom obliku, uz široku primjenu električkih računala, omogućio veliku propusnu moć prijenosa podataka između podsistema i djelotvornu komunikaciju oružnog sistema sa sistemom borbenog rukovođenja. Proces čvrstog povezivanja u jedinstvenu informacijsku cjelinu, poznat kao integracija sistema, još je uвijek u toku. Osim povećane djelotvornosti cjelokupnog borbenog sistema, u novijim generacijama integriranih sistema nestaju oštре granice između prijašnjih odvojenih sistema. Novi sistemi omogućuju kompaktna tehnička rješenja, pa se npr. oružja grade kao cjeline s radarima i drugim sredstvima sistema osmatranja i električkog ratovanja. Prednosti takve cjelevote gradnje jesu: manje dimenzije opreme, lakši rad osoblja i, što je najvažnije, mnogo kraće vrijeme reakcije. Suvremeni oružni sistemi s visokim stupnjem integracije i dalje su u svemu zadržali strukturu prikazanu na sl. 2. Razlike su samo u tome što se gube fizičke granice između podsistema i što su veze između njih bitno usavršene, a u obavljanju specifičnih zadataka u sve složenijim uvjetima ratovanja podsistemi su sačuvali, pa čak i mnogo boljšali, svoje interne funkcije.

Uloga električkih računala. Tokom integracije oružnog sistema, zasnovanoj na primjeni električkih računala, razlikuju se dvije faze. U prvoj je fazi cjelokupni sistem bio okupljen oko centralnog računala velikog kapaciteta. Centralno je računalo svojim potprogramima posluživalo podsisteme. U drugoj je fazi centralno računalo zamijenjeno s više relativno nezavisnih procesnih računala pridruženih pojedinim procesima ili čak njihovim dijelovima. Ta su procesna računala povezana u koordiniranu cjelinu preko hijerarhijski organizirane strukture, i to tako da, kad nastane neki kvar, računala mogu djelovati i odvojeno, uz nešto smanjeni kapacitet, ali ipak u punoj internoj funkciji. Kvar centralnog računala, međutim, neizbjježno je uzrokovao raspad integracije i prijelaz na ručnu obradbu podataka i usmeno komunikaciju.

Suvremeni integrirani oružni sistemi u svemu zadovoljavaju s obzirom na brzinu i točnost reakcije te uspijevaju slijediti nove

zahtjeve nastale tehničkim napretkom. Ipak, ostaje problem ispravnog usmjeranja reakcije, posebno problem kako da se izbjegnu pogrešne reakcije koje mogu lako nastati zbog nedovoljnih veza sa sistemom borbenog rukovođenja, koji je jedini mjerodavan za donošenje odluka. Zato su svi naporci u razvoju oružnih sistema usmjereni na povezivanje cjelokupnog borbenog sistema u tjesnu funkcionalnu cjelinu u kojoj je djelotvornost reakcije usko povezana s ispravnošću djelovanja i izbjegavanjem pogrešnih postupaka.

Oružni sistemi u suvremenim oružanim snagama

Koncepciju integriranih oružnih sistema i njihovo ujedinjavanje u širi borbeni sistem prihvatile su oružane snage gotovo svih zemalja u svijetu. Ta koncepcija vrijedi također i za sva tri vida oružanih snaga: kopnenu vojsku, ratno zrakoplovstvo i ratnu mornaricu. Međutim, velike su razlike u pristupu i provedbi integracije unutar oružanih snaga s obzirom na stratešku, operativnu i taktičku razinu.

Nužnost da cjelokupni borbeni sistem brzo i nepogrešivo reagira nastala je prvo na strateškoj razini, u vrijeme kad su globalni borbeni sistemi velikih sila s interkontinentalnim balističkim raketnim naoružanjem, svojom brzinom reakcije i razornom moći, premašili tehničke mogućnosti da ih se sigurno usmjerava, pa su tako ti sistemi postali prevelika potencijalna opasnost u globalnim razmjerima. Spoznaja da je ispravno usmjeravanje preko sistema rukovođenja bitno za djelotvornost cijelog borbenog sistema tražila je usavršavanje oružnih sistema.

U nekim zemljama najkrupniji borbeni sistemi pripadaju ratnom zrakoplovstvu, u drugima kopnenoj vojsci, a rjeđe ratnoj mornarici. U malim i većim srednjih zemalja uopće ne postoje borbeni sistemi na strateškoj razini visoke tehničke sposobnosti za trenutnu reakciju.

Integracija borbenog sistema, a time i oružnog sistema, na operativnoj razini najprije je počela u *ratnom zrakoplovstvu*, gdje već dugo vremena polumjer djelovanja gotovo svih borbenih aktivnosti iznosi nekoliko stotina kilometara. Najveća pažnja u integraciji borbenog sistema ratnog zrakoplovstva i protuzračne obrane posvećena je što užem povezivanju sistema osmatranja na velikim daljinama sa sistemom borbenog rukovođenja, dok je integracija unutar oružnog sistema provedena samo koordinacijom upotrebe letjelica i oružja za protuzračnu obranu sa zemlje.

U *kopnenoj vojsci*, gdje operativna razina prepostavlja zdržano djelovanje više armija, pod integracijom borbenih sistema još se uвijek razumije samo integracija u sistemu rukovođenja, i to pretežno u komunikacijama i komandiranju.

Ratna mornarica započela je integraciju na najnižoj, taktičkoj razini. Oružja su postepeno integrirana u jedinstveni sistem naoružanja, koji je zatim povezan sa sistemom lokalnog osmatranja i električkog ratovanja u novi oružni sistem, a taj je zatim integriran sa sistemom borbenog rukovođenja. Dva su razloga da su tako postupile gotovo sve ratne mornarice u svijetu. Prvi, što se borbene aktivnosti ratne mornarice odvijaju u tri ambijenta: na moru, u zraku i na priobalnom rubu kopna, uz veliku mogućnost da istodobno nastupi nekoliko različitih vrsta kontakata s protivnikom, što se ne događa u ostalim vidovima oružanih snaga. Drugi je razlog da su na ratnom brodu koncentrirana i gusto raspoređena borbena sredstva koja su prema novim koncepcijama u sastavu i oružnog i borbenog sistema, pa je zato put k integraciji najkraci i tehnički najlakše prošediv.

Proces integracije svih brodskih oružja u funkcionalnu cjelinu započeo je još za vrijeme drugoga svjetskog rata povezivanjem preko *brodskog operativnog centra* (BOC) sa sistemom radarskog osmatranja. To je već tada predstavljalo povezivanje sistema naoružanja sa sistemom osmatranja preko sistema borbenog rukovođenja. Sljedeća faza u razvoju brodskih oružnih sistema, iako još uвijek ostaje na taktičkoj razini, prelazi granice pojedinačnog broda. Radi što boljeg djelovanja brodovi su počeli međusobno izmjenjivati podatke (pretežno podatke osmatranja), što je značilo i prvi korak u integraciji mornaričkih oružnih sistema na operativnoj razini. Konačno se u združene

sastave brodova, koji međusobno izmjenjuju podatke i imaju koordinirano komandiranje na prostoru operacija, uključujući i zrakoplovni sastavi s nosačima aviona ili s kopna, te osmatračke stanice, baterije oružja velikog dometa i sl. smještene na obali.

Sve veća primjena satelita danas omogućuje da se mnogo prošire komunikacije i osmatranja, što služi svim oružnim sistemima, od taktičke do strateške razine.

SISTEMI NAORUŽANJA

Vatreni udar oružjima usmjerava se protiv elementa borbenog poretka protivnika, tj. protiv pojedinačnog ili grupnog cilja. Sistem naoružanja, sastavljen od oružja i podsistema za upravljanje vatrom, složeni je sistem za izravno udarno djelovanje.

Karakteristike sistema naoružanja. Za razliku od nekadašnjih sistema oružja sa samostalnim usmjeravanjem vatre, suvremeni sistemi naoružanja uključuju složenja oružja većih mogućnosti udarnog djelovanja. Ta oružja, za razliku od lakih oružja i streljačkog naoružanja, zahtijevaju da se s ciljem uspostavi kontakt (nišanjenje) pomoću složenih tehničkih uređaja, primjenom različitih senzora te uređaja za obradbu podataka i za raspodjelu vatre. Ti novi, tehnički složeni podsistemi spregnuti su s oružjima i djeluju kao cjelina u novom sistemu naoružanja. Budući da su danas sva oružja vatrena oružja, udomačen je izraz *uredaji za upravljanje vatrom* za tehnički, pretežno elektronički podsistem, koji se kao neodvojiva cjelina pridružuje oružjima.

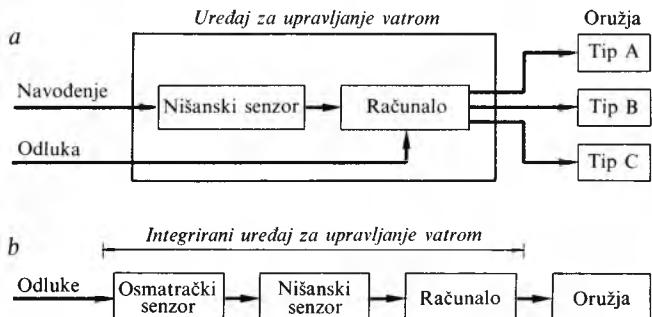
Osnovni je problem suvremenih sistema naoružanja da svojim senzorima uspostave prvi kontakt s ciljem u najširem vidokrugu oko zone djelovanja. Normalno se taj prvi kontakt s ciljem uspostavlja izvan sistema naoružanja, koordiniranim aktivnostima sistema osmatranja i sistema borbenog rukovođenja. Podaci *navodenja na cilj* dostavljaju se uređaju za upravljanje vatrom, tako da sistem naoružanja nije odgovoran za izbor cilja i njegovu identifikaciju, nego samo za što brzi i djelotvorniji vatreni udar. Postoje, međutim, i visoko integrirani sistemi naoružanja koji djeluju samostalno kao jedinstvena cjelina i kojima se osmatra, izabire i prati cilj izračunavajući parametre za otvaranje vatre, te konačno protiv cilja djeluje vatrenim udarom.

Suvremena tehnologija pogoduje izgradnji autonomnih, visoko integriranih sistema naoružanja koji uključuju i sisteme osmatranja i borbenog rukovođenja. Potpuna autonomija povoljna je za neke borbene sisteme kopnene vojske i ratnog zrakoplovstva, gdje zbog velikih udaljenosti između pojedinih oružja nije lako postići djelotvoran prijenos podataka od udaljenog sistema osmatranja na sistem naoružanja. Ipak, većina suvremenih velikih sistema naoružanja nije potpuno autonomna, nego se oslanja na izdvojene sisteme osmatranja i borbenog rukovođenja, najviše zato što se tako može djelotvornije usmjeravati djelovanje oružja iz centara koji imaju bolji pregled i veća ovlaštenja.

Iako je sistem naoružanja djelomično odvojen od sistema koji mu daju *glavno usmjeranje*, ne pojavljuju se teškoće ako se osigura brz i precizan prijenos i obradba podataka. Za razliku od starijih sistema naoružanja, suvremeni sistemi u svom sastavu najčešće imaju više oružja koja mogu djelovati na isti cilj ili se mogu raspoređiti da istodobno gadaju više ciljeva. Osim starije *baterije*, sastavljene od više jednakih oružja, suvremeni sistemi naoružanja mogu imati različita oružja, npr. više artiljerijskih oružja različitih kalibara uz dodatna raketna oružja različitih dometa. Takva veza različitih oružja rezultat je usavršavanja, povećanja udarne moći i dometa oružja. Osim brze reakcije, posebno je važno da se adekvatno usmjeri djelovanje, a to se ne može ostvariti bez oslonca na uređaje za upravljanje vatrom i na sistem rukovođenja.

Struktura sistema naoružanja sastoji se od dva osnovna elementa: od oružja i od uređaja za upravljanje vatrom. Složenost strukture ovisi o broju i vrsti oružja, o autonomnosti sistema ili o potreboj podršci vanjskog sistema borbenog rukovođenja. U strukturi autonomnih sistema naoružanja složeniji je uređaj upravljanja vatrom koji, osim nišanskih senzora za praćenje cilja, ima i senzore za otkrivanje dalekih ciljeva (senzori osma-

tranja) i najnužnije elemente borbenog rukovođenja za opći uvid u situaciju, izbor cilja i donošenje odluke. To su redovito sistemi koji vrlo brzo reagiraju, koji pretežno djeluju automatski, bez utjecaja čovjeka, ali konačnu odluku o otvaranju vatre ipak donosi čovjek. Autonomni sistemi najčešće su pridruženi samo jednom oružju visoke vatrene moći, ili bateriji istih oružja raspoređenih na relativno malom prostoru, za razliku od sistema kojemu je potrebna podrška vanjskog sistema osmatranja i koji upravlja vatrom više oružja (sl. 3).



Sl. 3. Struktura sistema naoružanja. a sistem naoružanja kojemu je potrebna podrška vanjskog sistema osmatranja i rukovođenja, b autonomni sistem naoružanja

Klasifikacija sistema naoružanja. Suvremeni sistemi naoružanja mogu se klasificirati na više načina, kao npr. prema stupnju autonomnosti, prema ciljevima na koje djeluju, prema vrsti oružja u sistemu, prema vidu oružanih snaga kojemu sistem pripada, prema razini sistema unutar oružanih snaga itd.

Uobičajena podjela na *nuklearno i klasično naoružanje* nije strogo točna jer se osniva samo na vrsti eksplozivnog naboja, bez obzira da li oružje djeluje samostalno ili je element nekog složenijeg sistema. Osim toga, danas je moguće, uz neznatne modifikacije, u istom oružju upotrebljavati osim konvencionalnih i nuklearne naboje. Zato ima smisla govoriti samo o konvencionalnom ili nuklearnom naboju artiljerijskih zrna, raketnih bojevih glava, avionskih bombi, mina itd., a nije opravданo govoriti o konvencionalnom i nuklearnom naoružanju.

Najstarija je klasifikacija prema *vidu oružanih snaga*, jer su se nekada oružja kopnene vojske, ratnog zrakoplovstva i ratne mornarice međusobno mnogo razlikovala u tehničkoj izvedbi, u načinu primjene i djelovanju. Danas su te razlike zanemarive, pa se klasifikacija sistema naoružanja prema rodovima oružanih snaga upotrebljava jedino u organizacijsko-komandnom smislu. Npr.. obalska obrana djeluje s kopna na ciljeve na moru, pa su u nekim zemljama takvi sistemi uključeni u kopnenu vojsku, a u drugima organizacijski pripadaju u borbene sisteme ratne mornarice. Za borbu protiv ciljeva u zraku u većini zemalja kopnena vojska raspolaže s protuzračnim sistemima naoružanja samo za blisku (trupnu) protuzračnu obranu, dok su snagama ratnog zrakoplovstva organizacijski pridruženi sistemi naoružanja za protuzračnu obranu na srednjim i velikim udaljenostima. Integracija ratnog zrakoplovstva i protuzračne obrane potrebna je radi jedinstvenog koordiniranja zračnih akcija na širem operacijskom području. Zato su sistemi naoružanja protuzračne obrane na srednjim i velikim daljinama, iako smješteni na kopnu, uvjek povezani u borbene sisteme ratnog zrakoplovstva.

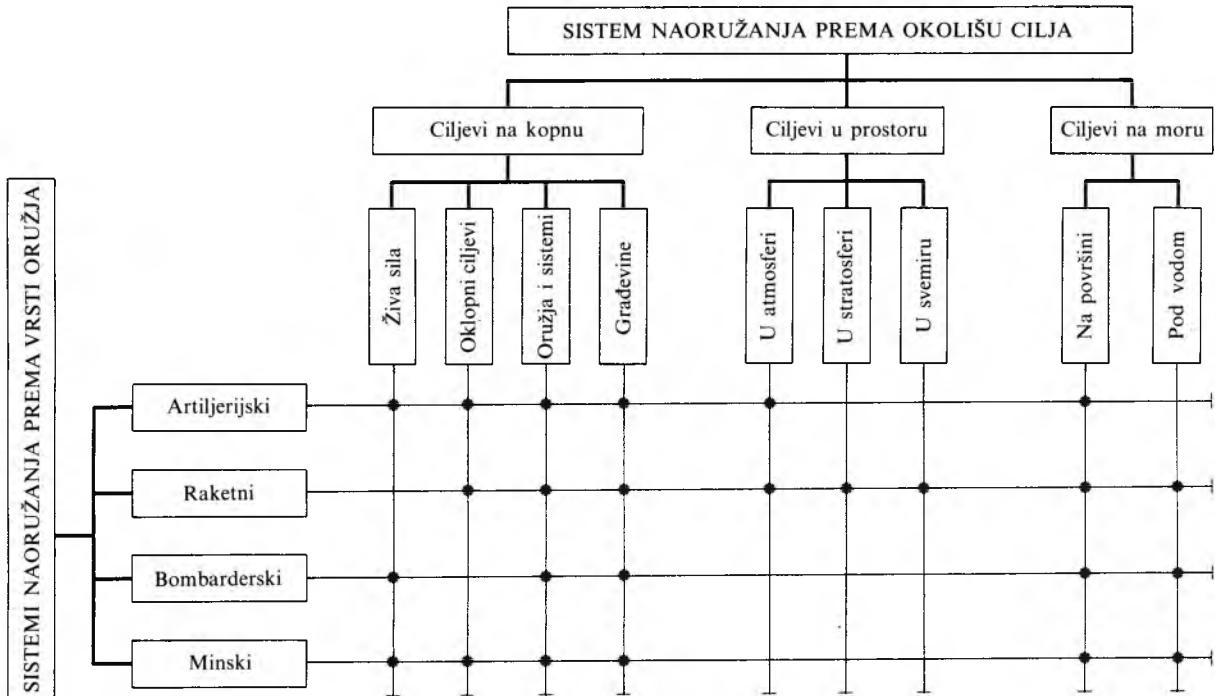
Uobičajena je i klasifikacija prema *vrsti oružja* koja su nosioci udarnog djelovanja sistema naoružanja, pa se razlikuju sistemi artiljerijskog, raketnog, bombarderskog, minskog, torpednog, diverzantskog, protudiverzantskog naoružanja itd. Danas je i takva klasifikacija donekle zastarjela, osobito kad se radi o složenijim sistemima naoružanja koji ne moraju biti sastavljeni samo od istovrsnog oružja.

U suvremenim je uvjetima najlogičnija i najsveobuhvatnija klasifikacija prema *vrsti ciljeva* na koje se usmjerava vatreni udar. Prema takvu kriteriju razlikuju se sistemi naoružanja što djeluju na kopnene ciljeve, ciljeve u zraku i ciljeve na moru. S tehničkog stanovišta, suštinske razlike između suvremenih si-

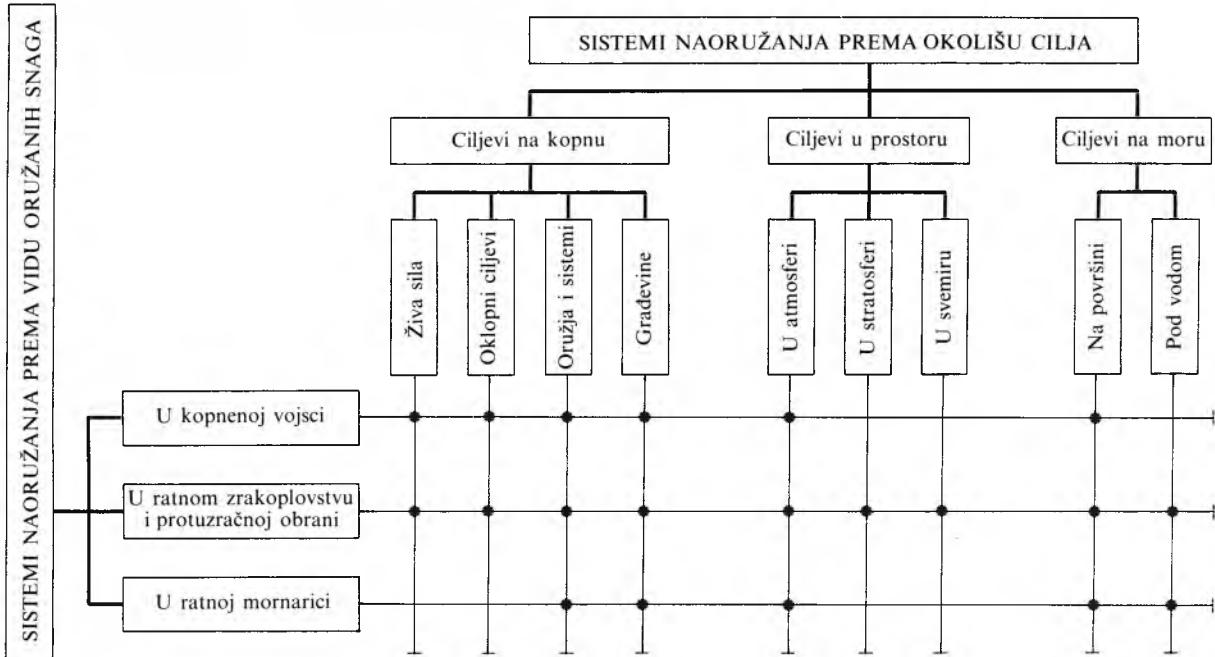
stema naoružanja ne proizlaze iz vida oružanih snaga ni vrste oružja, nego *okoliša* u kojem se nalazi cilj na koji je usmjeren vatreni udar. Međusobne veze između klasifikacije prema okolišu cilja, prema vidu oružanih snaga i prema vrsti oružja prikazane su na sl. 4 i 5.

i postoje mnogi nesporazumi u međunarodnim pregovorima o ograničenju strateškog naoružanja.

Jedinstvena i sveobuhvatna klasifikacija sistema naoružanja gotovo je neostvariva zbog tehničkih, vojno-političkih, organizacijskih i mnogih drugih razloga, ali i zbog neujednačenih



Sl. 4. Međusobni odnosi sistema naoružanja prema okolišu i prema vrsti oružja



Sl. 5. Međusobni odnosi sistema naoružanja prema okolišu i prema vidovima oružanih snaga

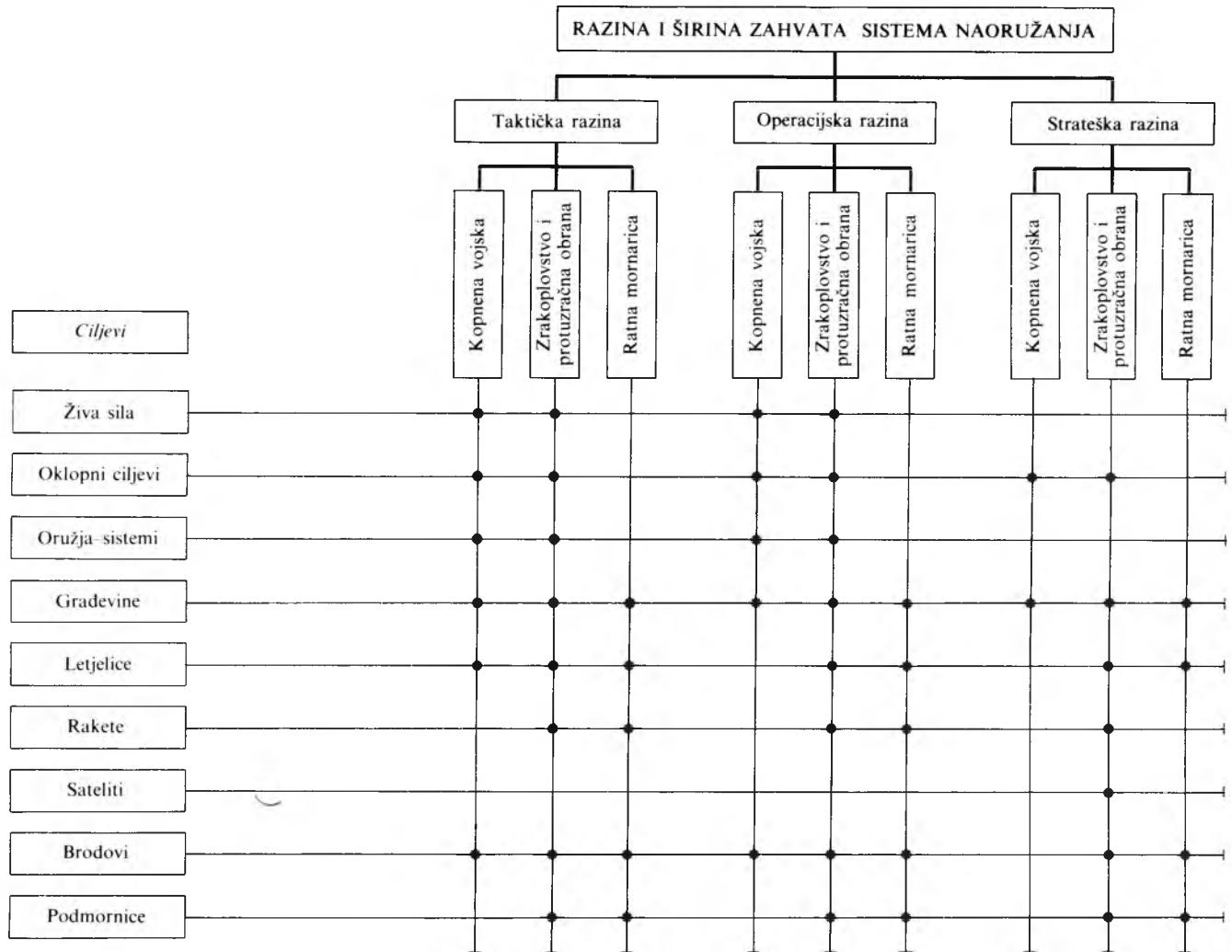
Klasifikacija sistema naoružanja prema *taktičkoj*, *operativnoj* i *strateškoj razini* uzima u obzir dubinu zahvata i razinu cijelokupnog borbenog sistema unutar oružanih snaga (sl. 6). S tehničkog je stanovišta prihvatljiva podjela samo na strateške i taktičke sisteme naoružanja, jer bitne tehničke razlike postoje jedino između tih dviju razina. Operativna razina u svojim višim sferama upotrebljava tehnička rješenja tipična za stratešku, a u nižim za taktičku razinu. Ne postoji, međutim, oštra granica između sistema strateške i operativne namjene, pa zato

definicija. Klasifikacije sistema naoružanja, prikazane na sl. 4, 5 i 6, najbolje pokazuju mnogočinosti koje postoje u svijetu.

Strateški sistemi naoružanja

Strateški sistemi naoružanja nastali su tek kad su uvedeni raketni vodeni projektili vrlo velikih dometa, pa se zato pod tim pojmom razumiju samo *balistički raketni sistemi*.

Osnovna podjela strateških sistema naoružanja razlikuje *kopnene*, *zračne* i *podmorničke balističke raketne sisteme*, tj. prema



Sl. 6. Klasifikacija sistema naoružanja prema razini i širini zahvata

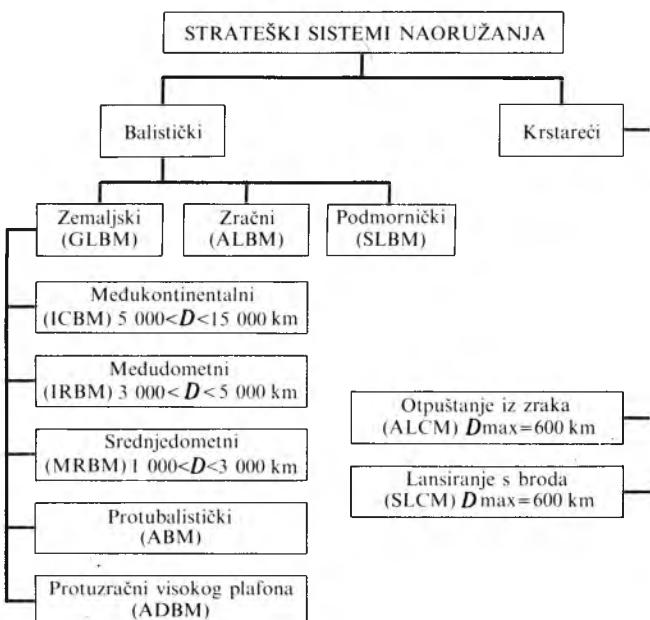
mjestu s kojeg se lansiraju balistički projektili, odnosno prema nosiocu strateškoga raketnog oružja (sl. 7). Najvažniji su kopneni balistički *raketni sistemi s lansirnim rampama smještenim na*

kopnu (Ground Launched Ballistic Missiles, GLBM). U tim sistemima postoji najviše razlika s obzirom na domet, način lansiranja i ciljeve. U ostala dva strateška sistema balističkoga raketnog naoružanja balistički se projektili lansiraju s *aviona* (Air Launched Ballistic Missile, ALBM) ili *podmornica* (Submarine Launched Ballistic Missile, SLBM), pa protivnik ne može predvidjeti mjesto lansiranja. Oba ta sistema nemaju toliko varijanti kao kopneni sistemi.

Strateški balistički projektili gibaju se po putanjama koje su dobrim dijelom izvan atmosfere. Te putanje mogu imati djelomično orbitalan oblik ili su položene. To zahtijeva vrlo dobro vođenje da bi se na tako velikim udaljenostima postigao pogodak. Zbog toga postoji složen sistem elektroničkih računala koja, prema podacima o lokaciji budućih ciljeva i položaju lansiranja, izračunavaju najpovoljnije putanje.

Po putanji se projektil usmjerava pomoću aktivnih uređaja, najčešće reaktivnih motora koji su postavljeni tako da mogu skretati projektil u skladu sa signalima vođenja. Sistem inercijskog vođenja, zasnovan na giroskopskim napravama, isto je tako skup kao i ostali sistemi u sastavu balističkih raketa da jedva opravdava svoju primjenu. Zbog zakona atmosferske i izvanatmosferske balistike ne postoji velika sloboda izbora putanje između dviju prostorno udaljenih točaka. To omogućuje protivniku da, ako zna lokacije raketnih silosa na drugoj strani, unaprijed proračuna moguće trajektorije do svojih najvažnijih ciljeva i da aktivira obranu čim sistem osmatranja identificira početni dio putanje projektila.

Ako se spomenutim nedostacima balističkih raketa doda ravnijost sistema za lansiranje te golema cijena raketa i infrastruk-



Sl. 7. Klasifikacija strateških sistema naoružanja

ture, proizlazi da su balistički raketni sistemi dostigli svoj vrhunac i da će ih vjerojatno zamijeniti krstareće rakete i sistemi manjeg dometa, kao što su sadašnje taktičke rakete za borbenu podršku iz dubine. Ipak, zbog prednosti raketa velikog dometa, one još nisu napuštene, nego se i dalje radi na usavršavanju takvih sistema nastojeći da se otklone slabe točke. Tako se umjesto balističkih trajektorija primjenjuju položene trajektorije; uvođe se odvojivi nosioci naboja minimalne radarske zamjetljivosti koji su sposobni da samostalno manevriraju, upotrebljavaju se korelatori za prepoznavanje cilja itd.

Kopneni balistički sistemi raketnog naoružanja poznati su i kao *interkontinentalni balistički sistemi raketnog naoružanja* (Inter-Continental Ballistic Missiles, ICBM), jer su već u početku balističke rakete imale domet od nekoliko tisuća kilometara. Nakon što su konstruirane balističke rakete i za domete veće od 10000 km, naziv interkontinentalni upotrebljava se samo za balističke sisteme s dometom većim od 5000 km, dok je za strateške rakete dometa od 1000–3000 km uveden naziv *rakete srednjeg dometa* (Medium Range Ballistic Missile, MRBM), a za područje od 3000–5000 km naziv *medudometne rakete* (Intermediate Range Ballistic Missile, IRBM). Ta su tri kopnena sistema strateškog naoružanja u suštini slična, namijenjana su za iste ciljeve na tlu, a razlikuju se samo u dometu. Osim njih postoje još dva kopnena sistema strateškog naoružanja koji su namijenjeni protiv *ciljeva u zraku* na velikim daljinama (Air Defense Ballistic Missile, ADBM) i protiv *protivničkih balističkih raket* na velikim visinama (Anti-Ballistic Missile, ABM).

Lansirni uređaji. Zbog velikih dimenzija i velike mase strateških balističkih raket te visokog tlaka reaktivnog mlaza sve se velike interkontinentalne rakete lansiraju iz *podzemnih silosa*. Manje raket srednjeg dometa mogu se lansirati s posebno konstruiranima teškim vozila opremljenih lansirnom rampom koja je približno vertikalna ($\sim 85^\circ$). Budući da najveće interkontinentalne rakete imaju masu do 35 t, duljinu veću od 30 m, promjer veći od 3 m, a pri lansiranju postižu brzinu od ~ 24000 km/h, silosi su duboki i do 40 m i imaju unutrašnji promjer do 4 m. Silosi sa svim instalacijama tako su velike građevine da se ne mogu sakriti od protivničkih uređaja za osmatranje iz zraka i svemira. Zbog toga se silosi, kao glavni ciljevi protivničkih balističkih raket, grade veoma masivno da bi mogli izdržati tlak do 7000 kN/m^2 , proizведен bliskom nuklearnom eksplozijom. Uz sve napore da se prikriju takvi silosi i da ih se od protivničkih napada zaštiti masivnom građevinskom konstrukcijom i posebnim sistemom za aktivnu obranu

od balističkih raket (Ballistic Missile Defence, BMD), silosi ostaju vrlo ranjive točke strateškog sistema naoružanja.

Protivnik ne može predvidjeti mjesto lansiranja ako se interkontinentalne balističke rakete lansiraju iz aviona. Međutim, lansiranje iz zraka nije bez teškoća, jer je potrebna stalna spremnost aviona da lansira raketu i jer avion mora biti konstruiran za tako teški teret.

Zračni balistički sistem. Avioni opremljeni interkontinentalnim balističkim raketama stacionirani su u dobro zaštićenim tajnim skrovištima. Na znak preduzbune avioni odlete na raštrkane poletne položaje s kojih na znak višeg stupnja opasnosti polijeću na unaprijed određena područja gdje kruže do znaka za lansiranje raket, a, ako je potrebno, gorivo se popunjava u letu. Novom konstrukcijom tzv. *radarski nevidljivog* trupa aviona i složenom opremom za električne protumjere nastoji se spriječiti da protivnički radari otkriju avion dok se nalazi u zraku. Inače, strateške rakete za lansiranje iz zraka jednake su onima iz silosa ili mobilnih lansirnih vozila.

Podmornički balistički sistem. Nepredvidivost lokacije strateških raketnih sistema postiže se i lansiranjem iz zaronjene podmornice. Te su rakete drugačije konstrukcije i prilagođene su lansiranju s velikih dubina iz lansirskih bunara postavljenih vertikalno u trupu podmornice (v. *Podmornica*). Po dometu to su rakete klase IRBM (4000–7500 km), ali se, budući da se podmornica može približiti cilju, smatraju ekvivalentnim raketama klase ICBM. Podmornice za podvodno lansiranje strateških balističkih raket moraju biti vrlo velike jer nose do 24 lansirna bunara za raketu promjera većeg od 2 m i duljine do 10 m. Teško se, međutim, može osigurati potpuna skrivenost tako velikih podmornica, pa se u posljednje vrijeme traže drugačija rješenja. Umjesto lansiranja iz velikih dubina, predviđaju se *flotne balističke rakete* (Fleet Ballistic Missile, FBM) za lansiranje s površinskih brodova, ili *rakete za lansiranje s malih dubina* (Shallow Underwater Mobile, SUM) iz manjih podmornica s nekoliko lansirnih bunara za jednostavnije rakete koje ne moraju izdržati tako veliki hidrostatski tlak zbog velikih dubina.

Krstareće rakete. U klasu strateških sistema raketnog naoružanja spadaju i novije *krstareće rakete* što se lansiraju iz zraka (Air Launched Cruise Missile, ALCM) ili s *podmornica i brodova* (Submarine/Surface Launched Cruise Missile, SLCM). Krstareće raketu imaju mnoge prednosti pred balističkim raketama jer su mnogo jednostavnije i jeftinije, uz gotovo jednak

Tablica 1
RAKETE STRATEŠKE NAMJENE

Naziv	Zemlja	Domet km	Duljina m	Promjer m	Masa kg	Bojeva glava	Pogonski stupnjevi	Mjesto lansiranja	Klasifikacija
MX	SAD	15 000 *	22,00	2,34	86 000	10 × 350 kt TNT, MIRV	4	kopno	ICBM
Titan II	SAD	15 000	31,40	3,05	150 000	6 × 5 Mt TNT, MRV	2	kopno	ICBM
Minuteman III	SAD	13 000	18,30	1,68	34 500	3 × 200 kt TNT, MIRV	3	kopno	ICBM
SS-18	SSSR	10 500	~36,00	~3,00		8 × 2 Mt TNT, MRV	2	kopno	ICBM
Trident I C-4	SAD	7 500	11,00	1,83		8 × 100 kt TNT, MIRV	3	podmornica	SLBM
Polaris A-3	SAD	4 630	9,55	1,37	13 600	3 × 200 kt TNT, MRV	2	podmornica	FBM
Poseidon C-3	SAD	4 630	11,00	1,83	29 250	n × MIRV	2	podmornica	FBM
SS-20	SSSR	5 500	12,00	1,50		2 × MIRV	2	kopno	IRBM
SSBS	Francuska	2 750	14,80	1,50	30 000	1 × 150 kt TNT	2	kopno	MRBM
MSBS	Francuska	2 500	10,40	1,50	18 000	1 × 500 kt TNT	2	podmornica	FBM
Tomahawk	SAD	3 200	6,25	0,60	1 360	450 kg	1	brod	SLCM

* Najmanje ili više od te vrijednosti

domet i točnost pogotka. Lete po niskim, skrivenim putanjama, pa mogu imati jednostavne i ekonomične turbomlazne motore.

Zahvaljujući novom načinu vođenja, zasnovanom na biranju cilja prema *zapisu značajki*, krstareće rakete lete podzvučnom brzinom po putanji koja nije strogo programirana jer se let oslanja na sistem satelitske navigacije i orientaciju prema unaprijed upisanim repernim točkama. To su zapravo male besplutne letjelice kojima se preko lokalne ili globalne strateške, komandne informacijske mreže može izmijeniti cilj u toku leta. Umjesto konvencionalnog samonavođenja, cilj se bira komparacijom slike okolnog terena s unaprijed zapisanim skupom slika na kojima je jasno izdvojen cilj. Kad se slika snimljena senzorima raketne poklopi sa zapisanom slikom, proizvede se signal koji vrlo točno vodi raketu do cilja. Zapis može biti optički na magnetoskopskoj traci gdje je prethodnim snimanjem upisana *kontura terena* (Terrain Contour Matching, TERCOM), odnosno *opća scena* (Scene Matching Area Correlator, SMAC), ili, ako se radi o razlučivanju brodova, na magnetnoj su traci upisane magnetne značajke traženog broda.

Višestruke bojeve glave. Za balističke raketne sisteme, osim dometa, veoma su važne karakteristike bojeve glave, tj. razorna moć nuklearnog naboja i način djelovanja glave u blizini cilja. Prve verzije balističkih raket imale jednostruku bojevu glavu razorne moći od nekoliko stotina kilotona TNT (v. *Nuklearno oružje*, TE 9, str. 530), dok današnje imaju i do 5 megatona TNT. Radi veće vjerojatnosti pogotka točkastih ciljeva, sve novije balističke rakete imaju *višestruke bojeve glave* s nekoliko samostalnih nosilaca naboja. Na kraju putanja, u blizini cilja odvoji se jedan ili nekoliko samostalnih nosilaca naboja i nastave put prema cilju po novim putanjama, različitim od putanje raketne. Postoji više izvedbi višestrukih bojevih glava, počevši od jednostrukog odvojivog nosioca sa *zasebnom balističkom putanjom* (Ballistic Reentry Vehicle, BRV), pa do *višestrukih nosilaca* (Multiple Reentry Vehicle, MRV) sa zasebnim putanjama prema jednom ili više ciljeva (Multiple Independantly Targeted Reentry Vehicle, MIRV), ili sa zasebnim vođenjem do cilja (Manoeuvrable Reentry Vehicle, MARV). Glavne karakteristike nekih raketne strateške namjene prikazane su u tabl. 1.

Taktički sistemi naoružanja

S tehničkog je stanovišta najpogodnija klasifikacija taktičkih sistema naoružanja prema okolišu lansiranja, pa se razlikuju *kopneni*, *zrakoplovni* i *pomorski sistemi* (sl. 8).

Kopneni sistemi taktičkog naoružanja. Najveća grupa kopnenih sistema taktičkog naoružanja jesu *sistemi za borbenu podršku iz dubine*. To su sistemi s raketama dometa 200-800 km, ali taj se domet može lako povećati do dometa koji odgovara strateškim sistemima. Sistemi za borbenu podršku iz dubine mnogo su pokretljiviji nego ekvivalentni strateški sistemi srednjeg dometa (MRBM). Rakete su manjih dimenzija i manje mase, pa se mogu prevoziti vozilima po normalnim cestama i po neuređenim terenima. Raketni se lanseri mogu u relativno kratkom vremenu postaviti u položaj za lansiranje s istodob-

nim uspostavljanjem komunikacijskih veza sa sistemom za osmatranje i komandovanje baterijom od nekoliko lansirnih rampi.

Rakete s vrlo složenim vođenjem i prikrivenom putanjom postižu iznenadnje i vrlo su razorne, tako da uz najveći domet mogu imati više strateški nego taktički učinak. U pregovorima o ograničenju strateških oružja osobito je sporna američka taktička raka *Pershing II* dometa do 2000 km, brzine do 8 Ma, koja ima nuklearnu bojevu glavu od 60 kt TNT, sa tri odvojiva nosioca naboja tipa MIRV ili MARV. Odvojeni nosioci naboja uspostavljaju kontakt s ciljem usporedbom sa slikom prethodno snimljenoj iz satelita ili izviđačkih letjelica.

Baterije sistema za borbenu podršku iz dubine (tabl. 2) nikad ne djeluju samostalno jer su ciljevi vrlo daleko, pa se oni ne mogu osmatrati s položaja baterije. Baterijama se upravlja iz armijskih centara preko sigurnih i višestrukih radioveza. Da bi se postigla moguća točnost pogotka (pogreška iznosi ~150 m), oba sistema upravljanja moraju raditi u istom i vrlo točnom georeferentnom koordinatnom sustavu, služeći se hiperbolnim i satelitskim sistemima navigacije, što nije bilo uobičajeno u kopnenoj vojsci.

Između gađača i cilja vrlo je velika udaljenost, pa se kartografskim i topografskim metodama pozicije lansera i cilja ne mogu odrediti s potrebnom točnošću (dopuštena je pogreška ± 50 m). Zato se uvijek gađa posredno, tako da baterijom, saставljenoj od nekoliko vozila s lanserima i komandnim vozilom, upravlja udaljeni nadređeni centar koji odlučuje o izboru ciljeva, a koordinate tih ciljeva unaprijed su određene posebnim postupcima. Nadređeni centar upućuje bateriju na određenu lokaciju gdje komandno vozilo odreduje koordinate pozicije preciznim mjerjenjima (npr. sistemom satelitske navigacije), te ih kodiranom porukom javi nadređenom centru. Istodobno se oko komandnog vozila rasporede vozila s lanserima na međusobnim udaljenostima od ~ 500 m, pa se posebnim mikrovalnim mernim postupkom određe relativne koordinate lansera s obzirom na komandno vozilo s točnošću ± 10 m. Neki od najnovijih sistema uzimaju u obzir i nadmorskiju visinu kao treću prostornu koordinatu, primjenjujući *globalni satelitski sistem za određivanje prostornih koordinata* (Global Positioning System, GPS).

Memorija električkog računala na komandnom vozilu sadrži podatke o više ciljeva, tako da se pri gađanju dostavljaju iz centra samo kodni brojevi odabralih ciljeva. Dakako da je moguće dostaviti i koordinate novih ciljeva koji se upisuju u memoriju računala. Električko računalo baterije izračunava razlike pozicija komandnog vozila od svakog lansera, komunicira sa svakom raketom pred start, uvodi početne uvjete lansiranja i vođenja za svaku raketu, te upravlja redoslijedom lansiranja. Električko računalo na komandnom vozilu može poslužiti kao simulator za uvježbavanje posade u gađanju bez lansiranja, vjerno simulirajući cjelokupnu dinamiku procesa i moguće protumjere protivničke strane.

Protuoklopni i napadni sistemi naoružanja (Anti-Tank/Assault System, tabl. 3) taktički su kopneni sistemi naoružanja, koji osim raketnih, upotrebljavaju i artiljerijske projektilne u prvom

Tablica 2
ZEMALJSKE RAKETE ZA BORBENU PODRŠKU U DUBINI

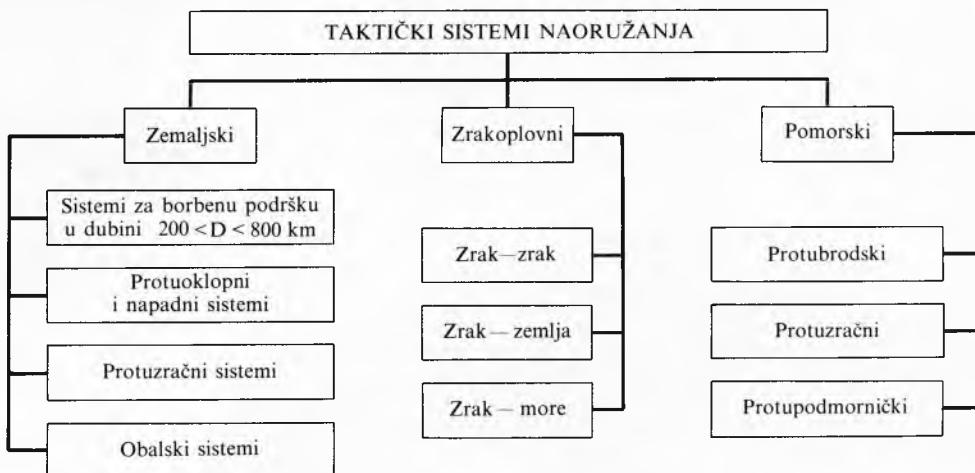
Naziv	Zemlja	Domet km	Duljina m	Promjer m	Masa kg	Bojeva glava	Vodenje
SS-12	SSSR	800	11,25	1,00	~7000	nuklearna	inercijsko
Pershing IA	SAD	740	10,5	1,00	4600	nuklearna 400 kt TNT	inercijsko
Sergeant	SAD	140	10,5	0,79	4530	nuklearna	inercijsko
Lance	SAD	120	6,14	0,56	1527		inercijsko
Pluton	Francuska	120	7,64	0,65	2423	nuklearna 25 kt TNT	inercijsko
Pershing II	SAD	1500*	10,5	1,00	4600	nuklearna 60 kt TNT	biranje cilja TERCOM

* Najmanje ili više od te vrijednosti

redu za borbu protiv oklopnih ciljeva, ali i za napad na utvrđene i druge ciljeve na kopnu. Od mnoštva različitih vrsta protuoklopnih oružja, u sisteme naoružanja uključuju se samo oružja kojima se ne upravlja pojedinačno, nego preko sistema za upravljanje vatrom ili sistema vođenja.

Pri gađanju prvom generacijom protuoklopnih projektila poslužilac prati nišanskom spravom i cilj i projektil, pa pomoću manipulatora upravlja preko žice projektilom.

Vodenje je projektila druge generacije jednostavnije, jer se pomoću nišanske sprave prati samo cilj, a raketu automatski



Sl. 8. Klasifikacija taktičkih sistema naoružanja

Tablica 3
ZEMALJSKE PROTUOKLOPNE RAKETE

Naziv	Zemlja	Domet m	Brzina m/s	Duljina m	Promjer m	Masa kg	Proboj oklopa mm	Vodenje
HOT	Francuska	70...4000	263	1,275	0,136	23,0	800	žično
TOW	SAD	65...3750	280	1,17	0,152	18,0	900*	žično
SS 11	Francuska	500...3000	180	1,20	0,164	30,0	600	žično
Sagger AT-3	SSSR	500...3000		0,86	0,12	11,3	400	žično
Sparviero	Italija	75...3000	290	1,38	0,13	16,5		žično
Swatter AT-2	SSSR	600...2500		1,12	0,15	26,5		žično, samonavođenje IC
Milan	Francuska	25...2000	200	0,77	0,09	11,5	350	žično
Copperhead	SAD	3000...20 000	balistička putanja	1,372	0,137	63,5	900*	posredno laser PGM

* Najmanje ili više od te vrijednosti

Najjednostavniji sistemi protuoklopnog naoružanja imaju ručne lansere koje poslužuje vojnik (sl. 9). Poslužilac vodi raketu pomoću žice koju projektil za sobom izvlači iz lansera. Prema usmjeravanju raketnog projektila prema cilju razlikuju se tri generacije takva oružja.



Sl. 9. Protutenkovski prijenosni raketni sistem MILAN (Missile d'infanterie légère antichar)

prati sistem pridružen lanseru, npr. infracrveni senzor koji je usmjeren na toplotnu točku raketnog mlaza (sl. 10). Svako odstupanje rakete od putanje prema cilju izračunava se i automatski, bez intervencije poslužiloca, te poput komande prenosi na raketu.

Poslužilac treće generacije protuoklopnih projektila samo prati cilj, a nišanskoj je spravi pridružen kodirani laserski predajnik



Sl. 10. Protuoklopni prijenosni raketni sistem MILAN s termovizijskim senzorom

koji šalje signale uređaju na raketu, pa čim raketa malo odstupi s putanje, upravljački uređaj rakete korigira putanju.

Za domete veće od nekoliko stotina metara protuoklopne se rakete lansiraju s vozila (npr. oklopni transporter), a mogu se lansirati i pomoću prijenosnih lansera na stalku s nišanskom spravom.

Za domete do 4000 m, koji su tipični za sisteme TOW (Tube-launched, Optically-tracked, Wire-guided, sl. 11) ili HOT (Haut subsonique Optiquement téléguidé tiré d'un Tube, sl. 12), upotrebljavaju se lanseri kontejneri u kojima se nalaze rakete sa složenim krilcima i kormilima. Raketa je spremna za lansiranje odmah nakon što se kontejner postavi na lansirnu rampu.



Sl. 11. Vozilo s protuoklopnim raketnim sistemom TOW

Startni motor na čvrsto gorivo potpuno izgori još u kontejneru, a pogonski motor počne raditi tek nakon što se raketa udalji od lansera, tako da je osoblje zaštićeno od plamena i čvrstih čestica u mlazu. S pogonskim motorom održava se brzina od $2\cdots 3 Ma$. Raketa ima umjesto udarnog usporenog upaljača da bi mogla probiti tvrde oklope. Na proračunatom razmaku ispred oklopa istureno ticalo usporenog upaljača inicira usmjereni udarni val prema oklopu, pa se tako postiže maksimalni probojni učinak.



Sl. 12. Vozilo s protuoklopnim raketnim sistemom HOT

Najnoviji protuoklopni sistemi naoružanja upotrebljavaju tzv. *precizno vođenu municiju* (Precision Guided Munition, PGM) koja se ispaljuje iz topova teškog kalibra. Najviše se primjenjuju haubice kalibra 155 mm koje ispaljuju projektil u visoku balističku putanju. Za vrijeme leta projektila istureni posrednik za navođenje obasjava cilj laserskim snopom, a poluaktivni laserski senzor u glavi projektila hvata odbijene laserske zrake i pomoću ugrađenog mikroprocesora daje signale kormilnom uređaju koji usmjerava projektil prema cilju. Projektil se giba inercijski, bez vlastitog pogona i ne vodi ga gađač, što je osnovna razlika od ostalih sistema. Nedostatak je u tome što je potrebna intervencija posrednika i što djelovanje laserskih

zraka ovisi o atmosferskim prilikama. Zato se nastoji uvesti potpuno samonavođenje pomoću milimetarskih radarskih valova koji su sposobni da razlikuju oklopni cilj od građevina i ostalih predmeta.

Protuzračni sistemi naoružanja. Postoje brojni kopneni taktički protuzračni sistemi naoružanja različitih tehničkih rješenja i različite veličine, dometa i složenosti. Prema veličini i dometu takvi sistemi mogu imati ručno lansiranje projektila, lansiranje s autonomnih borbenih vozila i lansiranje s premjestivih baterija.

Mali i srednji, vrlo mobilni sistemi, služe za trupnu protuzračnu obranu, a veliki polustacionarni za protuzračnu obranu baza, aerodroma ili teritorija. U posljednje je vrijeme zadatak tih sistema proširen i na proturaketnu obranu, pa sistem mora biti sposoban da vrlo brzo reagira na pojavu protivničkih raket. Za obranu od aviona u niskom letu i helikoptera, koji su sve više opasni za pješadiju, najprikladniji su jednostavni ručni raketni lanseri.

Prijenosni protuzračni ručni lanseri konstruirani su tako da se nišanski sklop s izdankom za nišanje i držaćem lansera kontejnera osloni na desno rame strijelca (sl. 13). Sistem je potpuno autonoman i može ga prenositi i posluživati jedan čovjek. Raketa nadzvučne brzine i dometa do 5000 m upakovana je u kontejner koji služi i kao lansirna cijev za jednokratnu upotrebu. Raketa s kontejnerom, nišansko-lansirni sklop i izvor električne energije teški su najviše do 20 kg. Raketa je dvostepena, na čvrsto gorivo. Prvi stupanj raketnog motora potpuno izgori još u lansirnoj cijevi tako da raketa napusti lanser ne ugrožavajući strijelca vrelim mlazom, a drugi stupanj raketne (marševski motor) proradi tek na sigurnoj udaljenosti od strijelca.



Sl. 13. Prijenosni protuzračni raketni sistem

Rakete protuzračnih prijenosnih sistema mogu imati samonavođenje ili ih vodi strijelac. Samonavođenje se primjenjuje za jednostavnije sisteme; strijelac nišani prema cilju samo do lansiranja, a na putanji se raketa sama navodi na cilj pomoću pasivnog senzora infracrvenog zračenja i usmjeruje se na najtopliju točku letjelice. Taj sistem nije pogodan kad letjelica nalijeće izravno na strijelca.

U suvremenijim sistemima raketu vodi strijelac nišaneći na cilj i nakon lansiranja, te pomoću manipulatora korigira let rakete prema cilju. Jedna je mogućnost da strijelac prati cilj kroz okular nišanske sprave, a sklop za nišanje upućuje raketu radio-vezom komande za korekturu putanje po smjeru i po visini. Druga je mogućnost da se raketa vodi pomoću laserskog ili mikrovalnog radarskog snopa. Strijelac u tom snopu drži raketu prateći je kroz okular nišanske sprave. Svaki pokušaj

rakete da izade iz snopa otkriva prijemnik u njenu repu, koji upravljačkim signalom djeluje na kormila koja vraćaju raketu u snop. Neki od tih sistema imaju i poseban uredaj za identifikaciju cilja (Identification Friend – Foe, IFF) kojim se sprečava da strijelac lansira raketu na vlastitu letjelicu.



Sl. 14. Autonomni protuzračni raketni sistem Rapier

obzora s identifikatorom (sl. 14 i 15), dok djelomično samostalni sistemi dobivaju podatke o cilju od vanjskog sistema osmatranja i rukovođenja.



Sl. 15. Autonomni protuzračni raketni sistem Roland

Već prema osnovnoj namjeni i dometu, raketni projektili imaju sklop za samonavodenje ili ih vodi gađač. Prema dometu i visini dosega razlikuju se sistemi za trupnu protuzračnu obranu dometa do ~10 km i visinskog dosega od nekoliko tisuća metara, te sistemi za protuzračnu obranu područja s visinskim dosegom do 15 km i velikim dometom (tabl. 4). Sistemi za trupnu obranu vrlo su mobilni i spremni da djeluju bez posebnih priprema, dok se sistemi za obranu područja mogu vozilima premještati i spremni su za djelovanje tek nakon pripreme od najmanje nekoliko sati.

Sistemi naoružanja za trupnu protuzračnu obranu imaju umjesto vođenih raketa topove ili nevođene rakete. Ta se oružja

Tablica 4
ZEMALJSKE PROTUZRAČNE RAKETE

Naziv	Zemlja	Domet km	Visina km	Brzina Ma	Duljina m	Promjer m	Masa kg	Vodenje
Nike Hercules	SAD	140	45	1+	12,1	0,8	4 850	komandno
Bloodhound	Velika Britanija	80						samonavodenje poluaktivno
SA-4	SSSR	70			8,8	0,9	1 800	komandno + samonavodenje
SA-6	SSSR	60	18	1,5	6,2	0,33	550	komandno + samonavodenje
Hawk	SAD	40	11	1+	5,12	0,35	580	samonavodenje poluaktivno
Indigo	Italija	10	0,5	2,5	3,32	0,195	121	komandno
Roland	Francuska SR Njemačka	6	4	1,6	2,4	0,16	63	komandno
SA-8	SSSR	8/16	6	2	3,2	0,21	180	komandno
Crotale	Francuska	9	3	2,3	2,89	0,15	80	komandno
Tigercat	Velika Britanija	5		0,9	1,48	0,19	63	komandno

* Najmanje ili više od te vrijednosti

Mobilni raketni protuzračni sistemi složeniji su sistemi naoružanja za domete od 5–80 km. To su redovito potpuno ili djelomično autonomne jedinice na vozilu. Potpuno samostalni sistemi imaju na istom vozilu ugrađen i radar za osmatranje

ugrađuju na vozila (sl. 16), ili na vrlo mobilne podvoze za tegljenje (sl. 17). Postoje samostalna vozila u kojima je, osim topa ili raketnog lansera, ugrađen i uredaj za upravljanje s električnim računalom i izvorom energije. Složeniji sistemi



Sl. 16. Samohodni protuzračni artiljerijski sistem s dvocijevnim topom kalibra 30 mm



Sl. 17. Protuzračni artiljerijski sistem na podvozu

imaju bateriju od nekoliko istih ili različitih oružja i komandnog vozila (sl. 18) u kojemu su smješteni nišanski i osmatrački senzori, centralno elektroničko računalo i komandni pult za raspodjelu vatre.

Artiljerijska oružja u sastavu sistema naoružanja za trupnu protuzračnu obranu jesu višecijevni topovi lakih kalibara (20,



Sl. 18. Baterija protuzračnih raket

30, 35 i 40 mm), velike gustoće vatre, visoke preciznosti gađanja, a relativno malog, ali dovoljnog dometa za blisku obranu od zračnih napada. Umjesto topova u posljednje se vrijeme nastoje upotrijebiti nevođene rakete malog kalibra i visokih nadzvučnih brzina. Često su takve rakete bez bojeve glave, jer se računa s velikom gustoćom vatre i velikom kinetičkom energijom pri izravnom sudaru s ciljem. Do stotinu takvih malih i jednostavnih raket lansira se iz sačastog lansera. Lanseri su dovoljno lagani, pa se mogu ugraditi na već postojeća vozila i lafete protuzračnih topova.



Sl. 19. Stacionarni obalni top u kuli

Obalski sistemi naoružanja dio su šireg sistema obrane obalnog dijela teritorije od napada s mora. Danas se tradicionalna obalska artiljerijska oružja velikih kalibara i velikih dometa, smještена u utvrđama (sl. 19), postupno zamjenjuju premjestivim baterijama koje mogu djelovati s niza unaprijed priređenih položaja, međusobno povezanih dobrim komunikacijama (sl. 20).



Sl. 20. Lansiranje rakete obala—brod s vozila na priređenom položaju

Suvremeni obalski sistemi naoružanja sastoje se od mobilnih artiljerijskih oružja dometa ~20 km i mobilnih raketnih baterija dometa većeg od 100 km (sl. 21). Topovi artiljerijskih sistema obalskog naoružanja jednaki su kopnenim topovima velikog dometa. Razlika je jedino u uređajima za upravljanje vatrom, koji moraju biti prilagođeni da otkrivaju, prate i gađaju ciljeve na površini mora, jer na senzorske uređaje more djeluje različito od kopna. Raketni sistemi obalskog naoružanja upotrebljavaju raketne konstrukcije za gađanje ciljeva na površini mora, jer taktičke raketne za kopnene ciljeve ne mogu uspješno gađati daleke ciljeve na moru.



Sl. 21. Četverostruki lanser raketa obala—brod na motornom vozilu



Sl. 23. Raketa zrak–zrak s glavom za samonavođenje pomoću senzora infracrvenog zračenja

Uz tako nagle i velike promjene leta djelotvorni su samo posebno građeni sistemi raketnog naoružanja koji su mehaničkom konstrukcijom, sustavom nišanjenja i vođenja prilagođeni naglim manevrima aviona (sl. 22). Na avionu su modifirani i pilotski instrumenti, posebno glavni pokazivač smjera koji, osim što služi za navigaciju i vođenje aviona, ima prikaz nišanskih senzora i uređaja za vođenje projektila.

Redovito se kao projektili upotrebljavaju male rakete, mase manje od 100 kg, visokih nadzvučnih brzina i dometa do 10 km, ali s mogućnošću gađanja na udaljenosti od svega nekoliko stotina metara. Rakete mogu imati samonavođenje (sl. 23 i 24) ili ih vodi pilot, dok vođenje pomoću posrednika nije moguće.

Zrakoplovni sistemi za borbu protiv ciljeva u zraku moraju biti sposobni da djeluju na protivnički cilj na daljinama

Tablica 5
RAKETE ZRAK – ZRAK

Naziv	Zemlja	Domet m	Visinska razlika gadač–cilj m	Duljina m	Promjer m	Masa kg	Vodenje
Phoenix	SAD	165 000 *		3,96	0,38	380	samonavodenje: radarsko
Sparrow	SAD	50 000–100 000		3,65	0,20	200	poluaktivno radarsko
Acrid AA-6	SSSR	45 000		6,29		750	samonavodenje: IC + radar
Super 530	Francuska	37 000	7 000	3,54	0,26	200	poluaktivno radarsko: samonavodenje IC
Apex AA-7	SSSR	15 000–35 000		4,3		350	samonavodenje: IC + radar
Sidewinder	SAD	18 000	14 000	2,87	0,127	86	samonavodenje IC
Magic 550	Francuska	200–10 000		2,80	0,16	90	poluaktivno, samonavodenje IC

* Najmanje ili više od te vrijednosti



Sl. 22. Borbeni avion Phantom naoružan raketama zrak–zrak

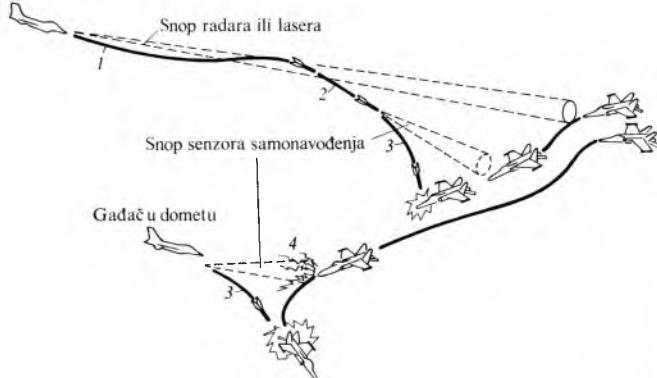


Sl. 24. Smještaj rakete zrak–zrak ispod trupa aviona

mogu lako mijenjati visinu od $\sim 15\ 000$ m pa do leta uz površinu tla, i brzinu od $1,6\ Ma$ do svega ~ 230 km/h. Nadalje, takvi avioni imaju ubrzanje i do $8\ g$, a pri tako velikim ubrzanjima upravljanje vatrom, pa i samo aktiviranje konvencionalnih oružja, postaje skoro nemoguće i malo djelotvorno.

otkrivanja koje su izvan dometa rakete, ali i na malim daljinama kad je avion izložen intenzivnoj protivničkoj vatri. Za tako složene uvjete jedino je moguće tehničko rješenje multimodalno vođenje projektila na početnom, srednjem i završnom dijelu putanje. Suvremeni sistem, kao što je AMRAAM (Advanced Medium Range Air-to-Air Missile), prilagođen je najtežim uvjetima, tj. borbi s avionom u susretu i sposoban je da pomoći nišanskog radara započne napad na protivnički avion mnogo prije nego što stigne na domet. Nakon toga raketa se vodi kako najbolje odgovara trenutnoj situaciji (sl. 25).

Gadač izvan dometa



Sl. 25. Suvremeni zrakoplovni taktički sistem naoružanja AMRAAM. 1 vođenje na početnom dijelu putanje: inercijsko, inicijalno ažurirano komandom, samonavodenje na aktivni ometač, 2 prepoznavanje i biranje cilja: prema kutnim koordinatama, prema daljinji ili prema brzini, 3 vođenje na završnom dijelu putanje: aktivno radarsko samonavodenje ili pasivno samonavodenje na ometač, 4 zračenje aktivnog ometača

Sistemi zrak—zemlja (tabl. 6). Zrakoplovni taktički sistemi naoružanja za borbu protiv ciljeva na zemlji uglavnom su namijenjeni protiv oklopnih ciljeva (sl. 26). Takvi sistemi imaju male nadzvučne rakete s vođenjem ili samonavođenjem, dometa 10–15 km. Raketu može voditi gadač ili se ona vodi preko posrednika, a za samonavođenje služi televizijski sistem, koji reagira na sliku cilja, ili termovizijski sistem (Imaging Infra Red, IIR), koji reagira na toplinsko zračenje cilja. Umjesto rakete, za iste svrhe služe i vodene bombe. Helikopteri za borbu protiv ciljeva na zemlji obično su naoružani protuoklopnim raketama, koje su inače namijenjene za lansiranje s kopna



Sl. 26. Sistem protuoklopog raketnog naoružanja na avionu Mirage 2000

(sistemi TOW i HOT, sl. 27 i 28). Takve rakete imaju modificirani sistem za nišanjenje i vođenje ugrađen u kabinu helikoptera.

Protivnički osmatrački i nišanski radari na tlu važni su ciljevi za napad iz zraka pomoći sistema proturadarškoga taktičkog naoružanja. Letjelice s proturadarškim naoružanjem imaju analizator protivničkih radarskih signala. Podaci s analizatora posebnim se uređajem prenose na glavu za samonavođenje raket koja reagira na aktivno zračenje radara (Anti Radiation Missile, ARM). Ako radar na tlu prestane s emisijom nakon što je raka lansirana, ona se vodi inercijski još neko vrijeme prema cilju, a zatim se aktivira upaljač za samouništenje.

Tablica 6
RAKETE ZRAK—KOPNO I ZRAK—MORE

Naziv	Zemlja	Domet m	Najveća brzina m/s	Duljina m	Promjer m	Masa kg	Vodenje	Ciljevi
AS 30	Francuska	12 000	450	3,65	0,342	520	komandno: radio samonavodenje: laser	objekti na kopnu, brodovi
AS 11	Francuska	3 000	160	1,20	0,164	30	žično	oklopni ciljevi
AS 12	Francuska	6 000/8 000		1,87	0,21	76	žično	oklopni ciljevi
Kormoran	SR Njemačka	16 000	300	4,40	0,344	600	samonavodenje: aktivno radarsko	brodovi
AS-4	SSSR	300 000–800 000	330	11,30			inercijsko	grupni ciljevi na kopnu
AS-5	SSSR	160 000	330	8,59			inercijsko + samonavodenje	objekti na kopnu
Sea Skua	Velika Britanija	14 000		2,83	0,20	210	komandno: radio polukaktivno: radio	brodovi
Bellpup	SAD	17 000		4,07	0,439	812	komandno: radio	objekti na kopnu; brodovi
Shrike	SAD	16 000	660	3,048	0,20	177	pasivno radar	radarske stanice
Maverick	SAD	8 000 *		2,46	0,30	209	TV, laser, IC	oklopljeni i armirani objekti

* Najmanje ili više od te vrijednosti



Sl. 27. Helikopter s protuoklopnim raketnim sistemom HOT



Sl. 28. Kontejner sa 4 protuoklopne rakete sistema HOT

Sistem zrak—more. Za borbu protiv površinskih ciljeva na moru zrakoplovni sistemi naoružanja upotrebljavaju rakete koje su u osnovi konstruirane za lansiranje s brodova, tj. koje su sposobne da razluče cilj u šumnom okolišu što ga stvaraju morski valovi. Najčešće su te rakete jednostavnije od brodskih zbog toga što nemaju startni motor, jer je za lansiranje iz zraka dovoljno otpustiti raketu i naknadno uputiti pogonski motor (sl. 29 i 30).

Rakete zrak—more imaju i veći domet od 100 km, pa je najveći tehnički problem da se odrede početni podaci o položaju vrlo udaljenog cilja. Za tako velike daljine nisu dovoljni senzori na letjelici, nego je potreban i sistem za prijem i proračun podataka primljenih od posrednika. Posrednik je obično daleko od aviona gađača i s njim komunicira izravno ili preko nekog centra na obali ili na komandnom brodu.

Sistemi za upravljanje vatrom zrakoplovnih sistema naoružanja za borbu protiv ciljeva na moru redovito su povezani u komandno-informacijske sisteme za *gadanje iza horizonta*, koji



Sl. 29. Protubrodski raketni sistem na helikopteru



Sl. 30. Lansiranje protubrodске rakete s helikoptera

su zajednički i za sisteme ratne mornarice. Zbog složenosti tih uređaja i veličine raket, protubrodskim raketnim sistemom naoružani su samo avioni ili helikopteri mornaričkog zrakoplovstva.

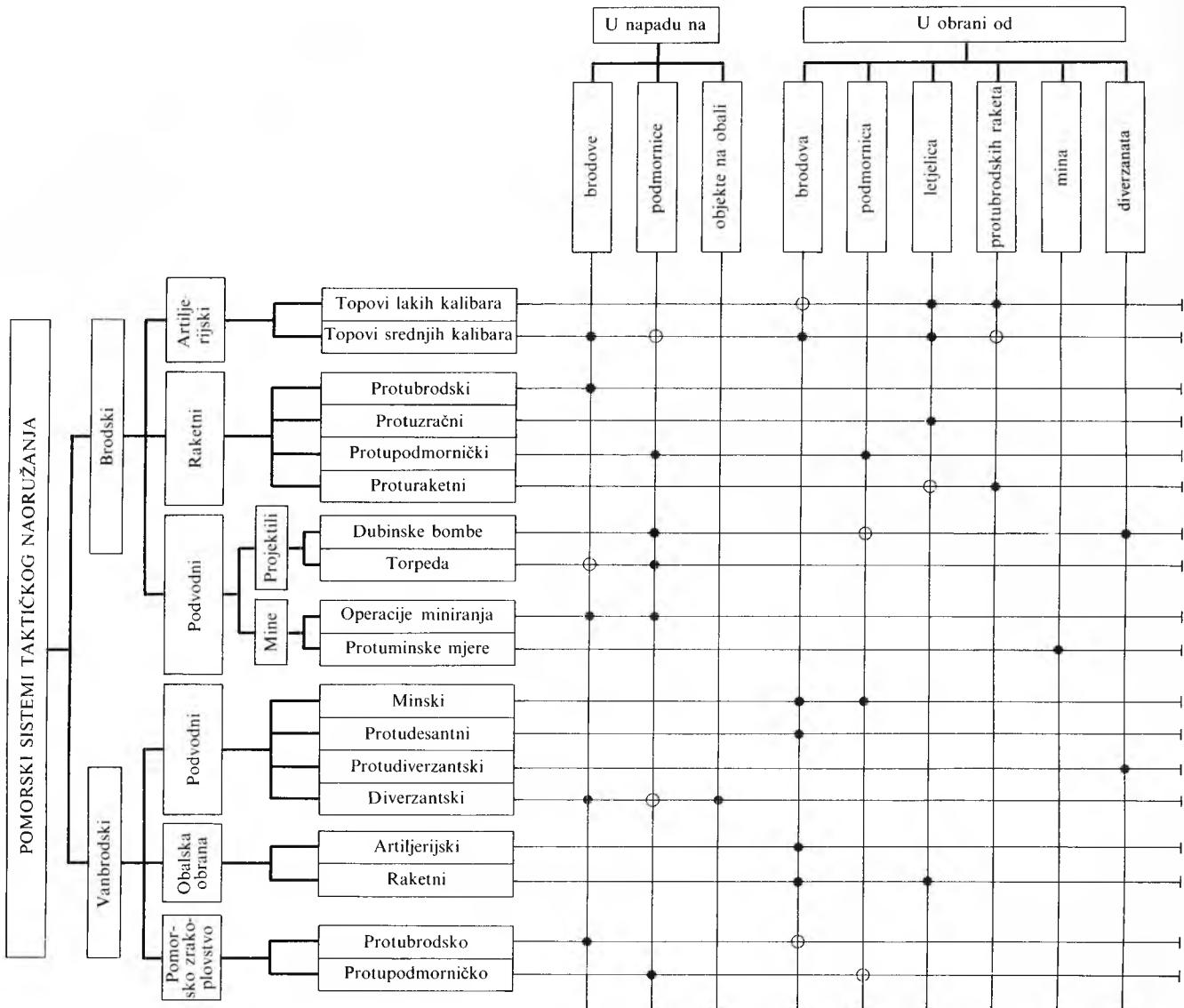
Pomorski sistemi taktičkog naoružanja obuhvaćaju sva brodска artiljerijska, raketna i podvodna oružja (sl. 31). Na suvremenom ratnom brodu nijedno oružje ne djeluje samostalno, nego su sva oružja povezana u sistem naoružanja koji osigura upravljanje vatrom i vezu sa sistemom osmatranja i borbenog rukovođenja. Za složene borbene aktivnosti na pomorskom ratištu služe osim brodova i podmornica i drugi, izvanbrodski, sistemi naoružanja.

Ratni brodovi i podmornice glavni su nosioci borbenih akcija na pomorskom ratištu, sa zadatkom da napadaju protivničke brodove, podmornice i objekte na obali. Istodobno su ratni brodovi i podmornice važni ciljevi protivničkih napada s mora, iz zraka i s kopna. Suvremeni ratni brodovi veoma su lako ranjivi, pa zato pomorski sistemi naoružanja služe za napad i za aktivnu obranu od protivničkih raket, mina, torpeda, diverzanata itd., pa takvi sistemi moraju biti vrlo složeni.

Brodska artiljerijska oružja od početka XX stoljeća jesu elementi sistema naoružanja koji se, osim od oružja, sastoje od centralne nišanske sprave, mehaničkog računala i podsistema za uskladištenje i dostavu municije.

Centralna nišanska sprava (sl. 32), opremljena nišanskim duričinima visoke točnosti i koincidentnim optičkim daljinomjerom,

ORUŽNI SISTEMI



Sl. 31. Pomorski sistemi taktičkog naoružanja



Sl. 32. Optička centralna nišanska sprava

bila je smještana na povisrenom brodskom nadgrađu. Unutar vidnog polja ta je sprava bila u stanju da precizno izmjeri koordinate površinskog ili zračnog cilja i da ih dostavi elektromehaničkom analognom računalu koje se nalazilo duboko u unutrašnjosti broda. Na osnovi niza uzastopno izmjerenih podataka o koordinatama pokretnog cilja računalo je, uz malo kašnjenje, izračunalo elemente gibanja cilja. Zatim je računalo, prema podacima o kursu, brzini, valjanju i posrtanju vlastitog broda, proračunalo elemente za pretjecanje cilja. Da bi se od trenutne linije cilja izračunala linija gađanja, računalo je uneslo korekture ovisne o okolišnim uvjetima (vjetar, temperatura, tlak, vlažnost) i o balističkim karakteristikama (početna brzina i vrsta granate, balistička krivulja) i pribrojilo ih kinematičkim korekturama. Na osnovi korigiranih proračunskih vrijednosti računalo je odredilo smjer i elevaciju topovskih cijevi i te podatke električki dostavilo svakom topu, uzimajući u obzir položaj svakog topa s obzirom na centralnu nišansku spravu (paralaksa po duljini i visini).

U početku su centralne nišanske sprave bile jednostavne, ali uskoro su postale složene kule s nekoliko članova posade iz kojih se upravljalo vatrom, pa je centralna nišanska sprava nazvana *artiljerijskim direktorom*. Još u toku drugoga svjetskog rata dodan je artiljerijskom direktoru radar za mjerjenje duljine i kutnog odstupanja cilja, što je omogućilo da se odrede koordinate cilja koji nije bio izravno vidljiv. U početku su



Sl. 33. Brodski artiljerijski direktor s nišanskim radarem i televizijskom kamerom

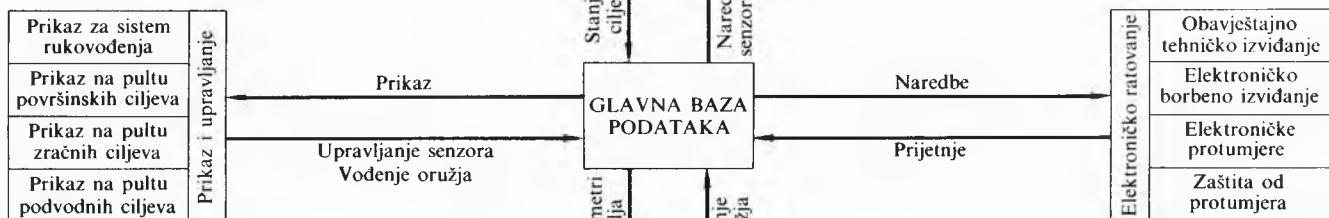
poslužioči artiljerijskog direktora nišanskim durbinima ili radarskim pokazivačima ručno pratili cilj, a zatim su uvedeni elektronički sklopovi koji su registrirali odstupanje cilja od nišanske linije. Tako se automatski pratilo cilj, pa posada više nije bila potrebna (sl. 33 i 34).

Zatim su računala sa sporim elektromehaničkim sklopovima zamijenjena elektroničkim računalima koja rade u realnom vremenu. Ona obrađuju vrlo točno i vrlo brzo podatke što ih prikupljaju svi senzori na brodu, što omogućuje upravljanje vatrom ne samo svih brodskih topova nego i svih oružja na brodu. Na ulaznoj strani integriranog brodskog sistema naoružanja nalaze se različiti senzori (optički, radarski, optoelektronički). Oni su smješteni na više artiljerijskih direkторa koji više nisu pridruženi oružjima, nego ciljevima na koje ih, prema potrebi, usmjerava elektroničko računalo (sl. 35).



Sl. 34. Artiljerijski direktor s radarskim, televizijskim, infracrvenim i laserskim senzorima

Oznaka cilja	Odluka o djelovanju	Protumjere	na brodu	na obali	na letjelicama	osmatrački	nišanski	za vođenje	optički	televizijski	laserski	infracrveni	aktivni	pasivni	Pozicija	broda	okoliša	Vlažnost	Valovi	Hidroakustički parametri	
Sistem rukovođenja	Udaljeni senzori cilja	Vlastiti senzori cilja										Podaci o stanju									
Baza ulaznih podataka																					



Artiljerijska				Raketna	Podvodna	Međuzavisnost
Topovi 127 mm	Topovi 76 mm	Topovi 57 mm	Topovi 40 mm	Protuzračna obrana	Dubinske bombe	Torpeda

Sl. 35. Shema integriranoga brodskog sistema naoružanja

U prethodnoj generaciji izoliranih brodskih sistema naoružanja svakoj je grupi istovrsnih oružja pripadao jedan ili više senzora za kontakt s ciljem (nišanjenje) ili posebni direktor, računalo i upravljački pult s poslužiocem. U integriranom sistemu s više raznovrsnih oružja, nestaju namjenske granice između različitih senzora i elektroničkog računala. Time su zadovoljeni osnovni zahtjevi suvremene borbe na moru, a to su kratko vrijeme reakcije, veći uvid u sveukupnu situaciju na ratištu i mogućnost istodobnog koordiniranog djelovanja na nekoliko različitih ciljeva.

Za istodobnu obradbu mnogo podataka potreban je računski stroj velikog kapaciteta i velike brzine. Taj su zahtjevi sedamdesetih godina zadovoljavala snažna centralna procesna računala, ali su ona, zbog svoje složenosti i teških uvjeta rada na brodu, bila podložna kvarovima i predstavljala usko grlo sistema. Zato je ubrzo za integrirane sisteme prihvaćen princip *distribuiranih procesora* koji imaju odredene funkcije, a njihov rad koordinira centralni upravljački sistem koji ne mora biti ni velik, niti je posebno osjetljiv. Takvi sistemi, međutim, zahtijevaju vrlo djelotvoran prijenos podataka između distribuiranih procesora, što predstavlja također ranjivo točku. Zbog toga se u posljednje vrijeme primjenjuju distribuirani sistemi koji ne rade preko distribuiranih miniračunala, nego preko mnoštva teško povredivih i lokalno raspodijeljenih mikroprocesora s jednostavnim i višestrukim komunikacijskim putovima, što osigurava djelovanje sistema naoružanja i u najtežim uvjetima.

Centralna baza podataka komunicira sa četiri specijalizirane baze podataka. *Baza ulaznih podataka* oslanja se na više podređenih i još više specijaliziranih baza podataka, a obraduje sve ulazne podatke o ciljevima, stanju gađača, okolišu i narednjima primljenim od sistema borbenog rukovođenja. *Baza podataka za prikazivanje* daje poslužiocima oružja u najpovoljnijem obliku prikaz odnosa cilj—gađač—oružje. *Baza podataka za upravljanje* osigurava prijenos podataka o intervencijama operatora tokom vatretnog udara. *Baza izlaznih podataka* osigurava komunikaciju s oružjima u oba smjera. Detaljni podaci o cilju, brodu i okolišu, primljeni iz baze ulaznih podataka i dodatno usmjereni odlukama i akcijama operatora, obrađuju se za svaki par oružje—cilj i o tom se u povratnom toku obavejštavaju ostale baze podataka.

Iako je istodobno djelovanje svih oružja na brodu krajnji cilj integriranih sistema, brod je vrlo skućen prostor s mnogo različitih oružja koja, uz sve tehničke mjere, ne mogu istodobno djelovati zbog brojnih međuzavisnosti (različite kombinacije broja i vrsta ciljeva, stanja broda). Zato su vrlo važni izlazni podaci kojima se stalno proračunavaju uvjeti bezopasne upotrebe svakog od raspoloživih oružja, uz što kraću zabranu djelovanja, što nije bilo moguće pomoći starijih izoliranih sistema naoružanja.

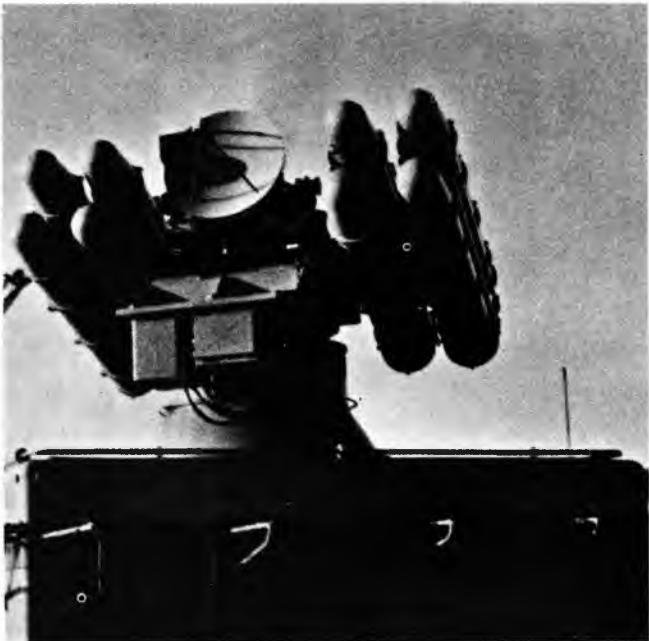
Stariji su sistemi naoružanja bili povezani sa sistemom elektroničkog ratovanja samo preko sistema borbenog rukovođenja. Radi što brže reakcije, u posljednje su vrijeme sistemi naoružanja izravno spregnuti sa sistemom elektroničkog ratovanja preko posebne baze podataka s dvostrujnom komunikacijom. Preko te dvostrujne veze sistem se naoružanja direktno obavještava o novim ciljevima što su ih otkrili senzori, odnosno usmjerava se prema ciljevima protiv kojih je potrebno elektroničko djelovanje.

Integrirani sistem naoružanja, prikazan shemom na sl. 35, vrijedi za vrlo veliki brod s mnogo raznovrsnih oružja i s mnogo senzora. Ta shema, ako se izostave pojedina oružja, vrijedi za svaki, čak i najmanji suvremeniji ratni brod koji može imati i do tri različita sistema oružja i nekoliko senzora.

Raketno naoružanje brodova uvedeno je tek nakon što su se rakete pokazale djelotvornima u kopnenoj vojsci i zrakoplovstvu. Kompletni sistemi protuzračnoga raketnog naoružanja uvedeni su na ratne brodove pedesetih godina, i to kao protuteža porasloj opasnosti od napada iz zraka. Prvi brodski protuzračni raketni sistemi naoružanja bili su glomazni zbog velikih dimenzija tadašnjih raket i zbog složenih uređaja za lansiranje, uskladištenje, dopremu i manipulaciju.

Prva generacija brodskih protuzračnih raketnih sistema naoružanja imala je velike palubne okretnе lansere za jednu ili

više rakete (sl. 36). Lanseri su se pokretali po smjeru i elevaciji, uz kompenzaciju dinamičkih kutova valjanja i posrtanja broda, pa su zato zauzimali mnogo mesta na palubi. Konstrukcija broda postala je složenija jer je trebalo na lansere, nakon lansiranja raketa, iz brodskih skladišta složenim manipulacijama postaviti nove rakete.



Sl. 36. Brodski palubni pokretljivi lanser protuzračnih raketa s radarem za vođenje

Druga generacija brodskih protuzračnih raketnih sistema naoružanja koristi potpalubne izvlačive lansere. Kad se otvori poklopac na palubi, lanser se izvuče na potrebnu visinu, postavi po smjeru i elevaciji prema cilju i odmah nakon lansiranja (obično dvije raketete) uvuče pod palubu u prostor gdje se nove rakete jednostavno ubace na klizne staze lansera. U međuvremenu se brodske protuzračne rakete počinju upotrebljavati ne samo za obranu od dalekih zračnih ciljeva nego i za blisku protuzračnu obranu, pa uvlačivi lanseri služe za sve vrste raketa. Uredaj za upravljanje vatrom daje signal uvučenom lanseru koju vrstu raketete treba postaviti na klizač, tako da je lanser spremjan za gađanje čim se izvuče u gornji položaj.

Treća generacija brodskih protuzračnih raketnih sistema naoružanja (tabl. 7) ima *potpalubne lansere za vertikalno lansiranje* (Vertical Launching System, VLS). Rakete se trajno čuvaju u vertikalnim kanisterima sve do trenutka lansiranja. Pri lansiranju otvore se palubni oklopni poklopci, raketa probije gornji poklopac kanistra i pogonjena startnim motorom izleti vertikalno, a plinovi mlaza odvode se na palubu preko posebnih kanala. Na raketu je prigraden sklop s mlaznim kormilom koje vertikalno ispaljuje raketu na određenoj visini naglo skrene u zadati smjer i elevaciju prema cilju, a zatim se taj dodatni sklop odbaci.

Sistem za vertikalno lansiranje obično se sastoji od više grupa, svaka po osam kanistara jednakih vanjskih dimenzija, a u kojima mogu biti smještene različite rakete. Osim protuzračnih raketeta manjeg i većeg dometa, u kanistera mogu biti smještene i protubrodskie i protupodmorničke rakete. U jednoj od čelija nekoliko ležišta sadrži, umjesto kanistera, mehanizam za punjenje praznih potpalubnih čelija. Unutrašnji mehanizmi mogu primiti nove kanistre bez otvaranja paluba, pa se popuna može obaviti i u vožnji na otvorenom moru s broda za opskrbu ili iz zraka.

Sistem za vertikalno lansiranje u osnovi je namijenjen za protuzračne sisteme raketnog naoružanja, ali se može primjenjivati i za protubrodskie i protupodmorničke raketne sisteme jer se odlikuje manjim dimenzijama, većom fleksibilnošću i kraćim vremenom reakcije. Taktički sistemi za vertikalno lansiranje brodskih raketeta imaju prednosti, ali su tehnički vrlo složeni, pa

Tablica 7
BRODSKE PROTUZRAČNE RAKETE

Naziv	Zemlja	Domet km	Visina km	Brzina Ma	Duljina m	Promjer m	Masa kg	Vodenje
Talos	SAD	120 ⁺	26,5	2,5	9,53	0,76	3175	komandno: radio, poluaktivno samonavodenje
Standard SM2-ER	SAD	96	20,0	2,8	8,23	0,305	1060	komandno + samonavodenje
Guideline SA-N-2	SSSR	50	27,0	3,0	10,70	0,7	2300	komandno: radio
Gao SA-N-1	SSSR	30	15,0	2,0	6,7	0,4	600	komandno
SA-N-4	SSSR	12	5,0	2 ⁺	3,2	0,21	200	komandno
Sea Sparrow	SAD	15/25	15,0	3,5	3,65	0,365	200	aktivno radarsko samonavodenje
Crotale Naval	Francuska	8,5	3,5	2,35	2,89	0,15	80	komandno: radio + IC
Sea Wolf	Velika Britanija	5,0		2,0	2,0	0,19	80	komandno

⁺Najmanje ili više od te vrijednosti.

se još uvijek dosta rijetko primjenjuju na novim ratnim brodovima. Preostali tehnološki problemi lansera i raketa za vertikalno lansiranje ubrzano se rješavaju, pa će vertikalno lansiranje biti standardno rješenje taktičkih brodskih raketnih sistema na brodovima što će se graditi potkraj našeg stoljeća. Ti će brodovi imati izrazito prazne palube, na kojima će se zapažati samo oklopni poklopci lancerskih čelija.

Nakon protuzračnih oružja uvedena su na brodove i raketna oružja za borbu protiv podmornica. Protupodmornička raketna oružja nemaju nedostatke prijašnjih protupodmorničkih oružja; dubinske bombe imaju mali domet, a torpeda malu brzinu. Iako su još u drugome svjetskom ratu za borbu protiv podmornica služile nevođene rakete kao nosioci podvodnog razornog naboja, domet tih raketa iznosio je do 5000 m, što nije bilo dovoljno za pravodobni napad na zaronjenu podmornicu. Zato su za veće domete uvedene velike vodene protupodmorničke rakete koje mogu nositi konvencionalna podvodna oružja: dubinske bombe ili torpeda (sl. 37). Tada raketni pogon služi samo da se skrati vrijeme potrebito da projektil



SL. 37. Lansiranje protupodmorničke rakete

prijeđe udaljenost između gađača i cilja, te da se vođenom raketom podvodni projektil izbaci u more što bliže zaronjenoj podmornici. Prvobitni lanseri velikih protupodmorničkih raketa bile su glomazne palubne naprave sa složenim uređajima za

Tablica 8
RAKETE BROD—BROD

Naziv	Zemlja	Domet km	Brzina Ma	Duljina m	Promjer m	Masa kg	Puštanja	Masa bojeve glave po masi eksploziva kg/kg	Vodenje
Styx SS-N-2	SSSR	40	0,9	6,25	0,75	2300	niska 45 m	450/400	inercijsko + aktivno radarsko samonavodenje
Exocet MM 38	Francuska	42	0,93	5,21	0,35	735	niska 5 m	165/110	inercijsko + aktivno radarsko samonavodenje
Shaddock SS-N-3	SSSR	550					balistička	Nuklearna bojeva glava 1 kt TNT	inercijsko
Harpoon	SAD	90 ⁺	0,95	4,58	0,34	670	krstarenje: 80 m obrušavanje: 400 m	230/110	programsко, aktivno radarsko
Otomat	Francuska Italija	180	0,9	4,46	0,46	770	niska 8 m ili obrušavanje 200 m	210/60	inercijsko; samonavodenje: aktivno radarsko
Gabriel	Izrael	41	0,7	3,35	0,325	420	niska 10 m	180/150	komandno radarsko
Penguin	Norveška	27	0,75	3,0	0,28	340	niska	180/120	inercijsko; samonavodenje: IC
Exocet MM 40	Francuska	70	0,93	5,8	0,35	850	niska 2,5 m	160/110	inercijsko; samonavodenje: aktivno radarsko

⁺Najmanje ili više od te vrijednosti.

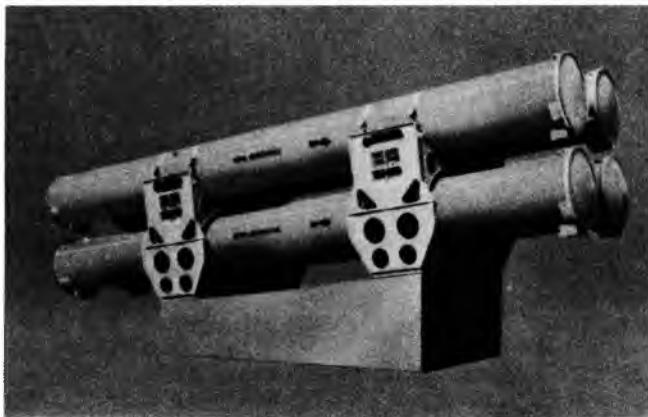
manipulaciju s rezervnim raketama. U posljednje se vrijeme i protupodmorničke rakete lansiraju iz potpalubnih okretno-podiznih lansera, ali u bliskoj budućnosti lansirat će se iz univerzalnog sistema za vertikalno lansiranje.

Protubrodski raketni sistemi naoružanja (tabl. 8) uvedeni su na ratne brodove tek sedamdesetih godina. Karakteristika svih protubrodskih raketnih sistema jest, između ostalog, što brod nosi samo rakete u lanserima, a ne postoji spremište za rezervne rakete.

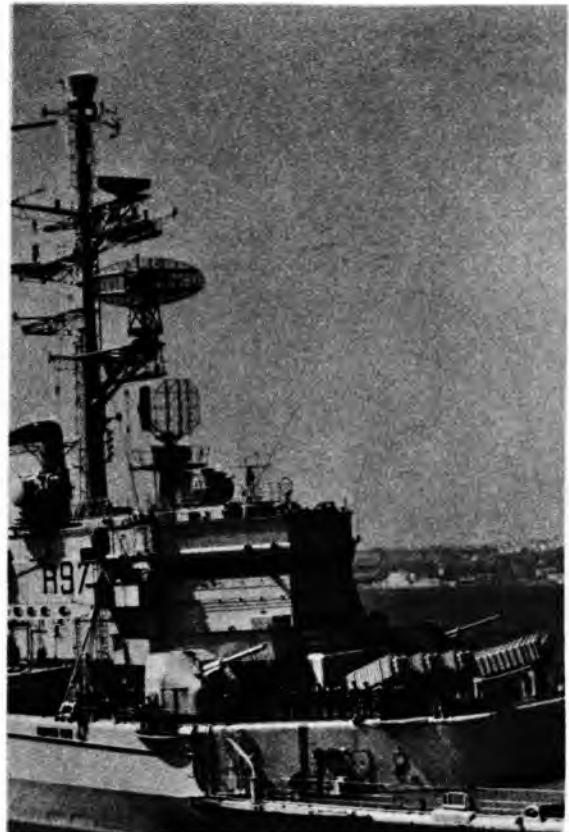
Prva generacija protubrodskih raketa ima stalne, čvrsto ugradene palubne lansere, najčešće usporedne s uzdužnicom broda. U takav se lanser raketa postavlja vrlo složenim postupkom pomoću brojnih pomoćnih naprava. Pri lansiranju brod plovi u *borbenom kursu*, tj. u smjeru prema cilju.

Druga generacija tih sistema ima izmjjenjive palubne lansere kontejnere (sl. 38 i 39) koji se zajedno s raketom donose na brod i pričvrste na priređena ležišta. Raketa u lanseru može ostati na palubi bez nadzora i više od jedne godine, a uvijek

je spremna za lansiranje. Lanser može biti ugrađen pod kutom prema uzdužnoj osi broda, a pri lansiranju brod ne mora ploviti u smjeru početnog dijela putanje rakete (sl. 40 i 41). U trenutku lansiranja raketa prima podatak o iznosu kuta za koji treba skrenuti odmah pošto napusti lanser. Nakon lansiranja prazni se lanser kontejner iskrca s broda i u bazi se napuni novom raketom (sl. 42).



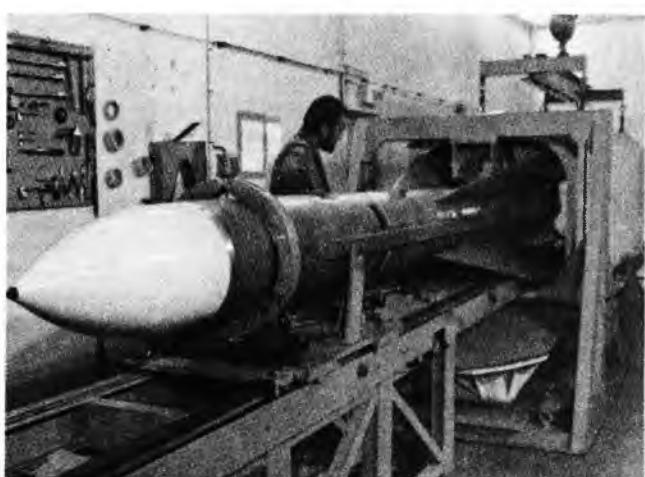
Sl. 38. Izmjenljivi palubni lanseri kontejnери protubrodskih raketa



Sl. 41. Pramčani lanseri protubrodskih raketa smješteni pod kutom prema uzdužnoj osi broda



Sl. 39. Izmjenljivi lanseri protubrodskih raketa na malom ratnom brodu



Sl. 42. Postavljanje protubrodske rakete u lanser kontejner



Sl. 40. Lanseri protubrodskih raketa na palubi broda

Suvremene protubrodske rakete imaju domet i do 200 km, što je mnogo više od dometa brodskih senzora za otkrivanje cilja i određivanje njegovih koordinata. Zato se za upravljanje vatrom na ciljeve iza horizonta brod oslanja na senzore posrednika (drugi brodovi na istureni položajima, helikopteri, komandno-informacijska mreža, sateliti itd.). Za razliku od protuzračnih i protupodmorničkih raketnih sistema koji se mogu

ugraditi samo na ratne brodove istisnine veće od 600 t, protubrodskie raketne sisteme mogu nositi i najmanji ratni brodovi istisnine od svega 100 t.

Za zaštitu od sve veće opasnosti koja prijeti površinskom ratnom brodu od protubrodskih raket služe *sistemi naoružanja za blisku proturaketnu obranu* (Close In Weapon System, CIWS). U tim se sistemima upotrebljavaju topovi malih kalibara s velikom gustoćom vatre i nove proturaketne rakete malog kalibra i visokih nadzvučnih brzina, koje se lansiraju iz sačastih palubnih lansera s mnogo lansirnih cijevi (do 100 cijevi).

Minsko ratovanje i dalje je važna borbena aktivnost na pomorskim ratištima. Pod minskim ratovanjem razumiju se operacije polaganja mina (miniranje), operacije uklanjanja i uništavanja mina (razminiranje) te pasivni protuminski postupci.

Za operacije polaganja mina u protivničkim, međunarodnim ili vlastitim vodama služe minopolagači (brodovi, podmornice, letjelice) opremljeni uređajima za polaganje mina i za točno određivanje pozicije na kojoj treba položiti mine. Za razminiranje upotrebljavaju se specijalne jedinice ratne mornarice, opremljene uređajima i napravama za otkrivanje, označivanje, identifikaciju, pasiviziranje i uništavanje mina. Pasivni protuminski postupci obavezni su za sve ratne i trgovačke brodove koji moraju prelaziti minska polja. Razlikuju se postupci u minskom polju (izbor rute, smanjenje aktivnosti i brzine plovivde, precizna navigacija) i zaštitni uređaji kao što su uređaji za kompenzaciju magnetskih polja, za smanjenje zvučnog polja itd.

SISTEM OSMATRANJA

Sistem osmatranja ima zadatak da prikuplja i obrađuje podatke o trenutnoj prisutnosti protivnika u zoni djelovanja borbenog sistema kojemu taj sistem osmatranja pripada. Za razliku od obaveštajnih podataka, koji se također odnose na protivničke snage, a prikupljaju se izviđanjem, podaci o prisutnosti protivnika uvijek se odnose na trenutno stanje. Širi je zadatak sistema osmatranja da dostavlja sistemu rukovodenja podatke o ukupnom stanju nadziranog područja, što, uz podatke o protivničkim snagama, znači i detaljan uvid u stanje na bojištu, uključujući podatke o vlastitim snagama i eventualnim stalnim ili promjenljivim zaprekama.

Sistem osmatranja mora biti sposoban da pravodobno otkrije i razluči detalje. Nekadašnjim, samo vizuelnim osmatranjem, mogao se otkriti protivnik samo na malim udaljenostima, što je ovisilo i o vidljivosti, pa su pravodobnost otkrivanja i sposobnost razlučivanja detalja bile sasvim nedovoljne za brzu reakciju. Tek je pronalazak radara, uređaja za otkrivanje na velikim udaljenostima i neovisno o vidljivosti, omogućio da osmatranje postane zaseban sistem, sposoban da otkrije daleke i teško zamjetljive predmete, da dojavi podatke o njihovoj prisutnosti, da odredi njihove koordinate i pripadnost te da pomaže sistemu naoružanja u borbi.

Radarski sistemi osmatranja (v. *Elektronika, uređaji*, TE 4, str. 701) gotovo su preko noći izmijenili dotadašnje mogućnosti uvida u stanje na ratištu. Umjesto oskudnih podataka o samo nekoliko ciljeva, radar daje vrlo mnogo podataka o svemu što je prisutno u zoni nadzora, ali su podaci o snagama protivnika pomiješani s podacima o vlastitim snagama i o svim stalnim i pomičnim objektima koji nisu posebno važni za borbene aktivnosti. Radar donekle može razlučiti tzv. *stalne odraze* što potječe od okoliša, ali ne može razlučiti pripadnost gotovo identičnih elemenata (npr. aviona). Zato je svakom radarskom uređaju pridružen uređaj za *radarsko legitimiranje* ili *identifikaciju*. Takvim se uređajima svaki otkriveni cilj koji ne spada među stalne odraze identificira. Uredaj za identifikaciju upućuje prema otkrivenom cilju nepoznate pripadnosti kodirani impuls elektromagnetskih valova na posebnom frekvencijskom pojasu. Ti signali na cilju pobude *odgovarač* (*transponder*) koji prema osmatraču vraća kodirani odgovor kojim se, uz odraz na pokazivaču radara, potvrđuje da se radi o vlastitom cilju. Ako cilj nema odgovarač koji radi s istim kodom, sistem osmatranja smatra ga protivničkim ciljem. Zato svi elementi vlastitih

snaga, koji se mogu naći u nadziranom prostoru bez posebne najave, imaju radarski uređaj za identifikaciju (odgovarač).

Iako su nakon radara pronađena i druga tehnička sredstva za otkrivanje na daljinama većim od optičkog doseg (laser, televizija za nisku razinu svjetloće, termovizija), radarski senzori su i dalje nezamjenljivi za otkrivanje ciljeva u zraku, na moru i na kopnu na većim udaljenostima, i u uvjetima vrlo loše vidljivosti (kiša, magla, noć). Radar se ne može upotrijebiti za osmatranje pod vodom. Tada se upotrebljava sonar kojim se registruju refleksija zvučnih valova.

Među sistemima osmatranja razlikuju se *sistemi za daleko osmatranje* ili *za rano upozorenje* (Early Warning) i *sistemi za blisko osmatranje*. Osim toga, sistemi osmatranja mogu se razvrstati na *kopneni, zračni i pomorske sisteme osmatranja* koji se međusobno razlikuju i po konstrukciji i po mogućnostima detekcije, koje ovise o mogućem raspoznavanju cilja od okoliša. Najlakše je otkriti cilj u zraku, nešto teže na moru, a najteže pod vodom i na kopnu.

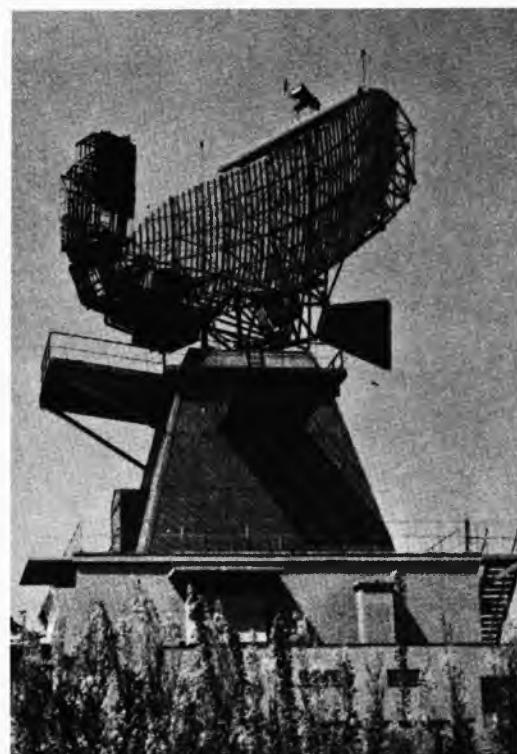
Kopneni sistemi osmatranja

Razlikuju se kopneni sistemi za osmatranje zračnog prostora na velikim daljinama i kopneni taktički osmatrački sistemi.

Kopneni sistemi za daleko osmatranje. Sistemi za osmatranje dalekih zračnih prostora dio su protuzračne obrane. Za rano upozorenje služe radari dometa 500–3500 km, s velikim *fiksni antenama*. To su obično veliki stacionarni ili premjestivi radari koji na velikim daljinama otkrivaju avione i balističke projek-

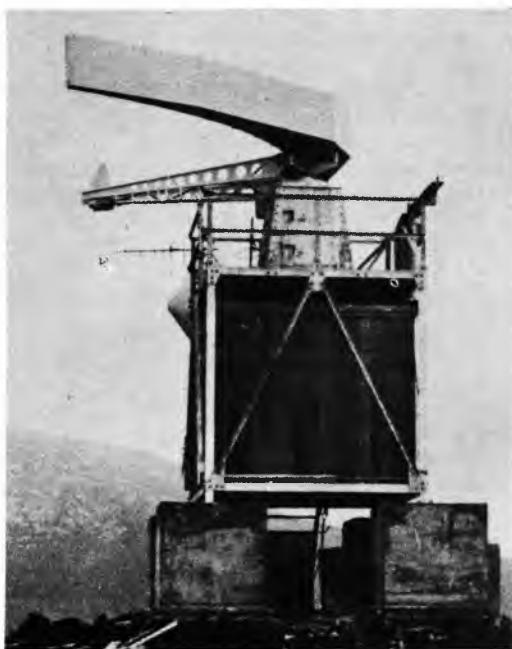


Sl. 43. Stacionarni dvodimenzionalni osmatrački radar



Sl. 44. Stacionarni trodimenzionalni osmatrački radar

tile pretražujući sektor od $\sim 120^\circ$. Promjer fiksne antene iznosi do 35 m, a pri pretraživanju prostora električki sklopovi pomiču snop zračenja u dva ili tri smjera, pa se razlikuju *dvodimenzijски радари* (sl. 43), koji registriraju položaj cilja dvjema polarnim ili ravninskim koordinatama (npr. bez visine), i *trodimenzijски радари* (sl. 44), koji svaki cilj registriraju trima prostornim koordinatama.



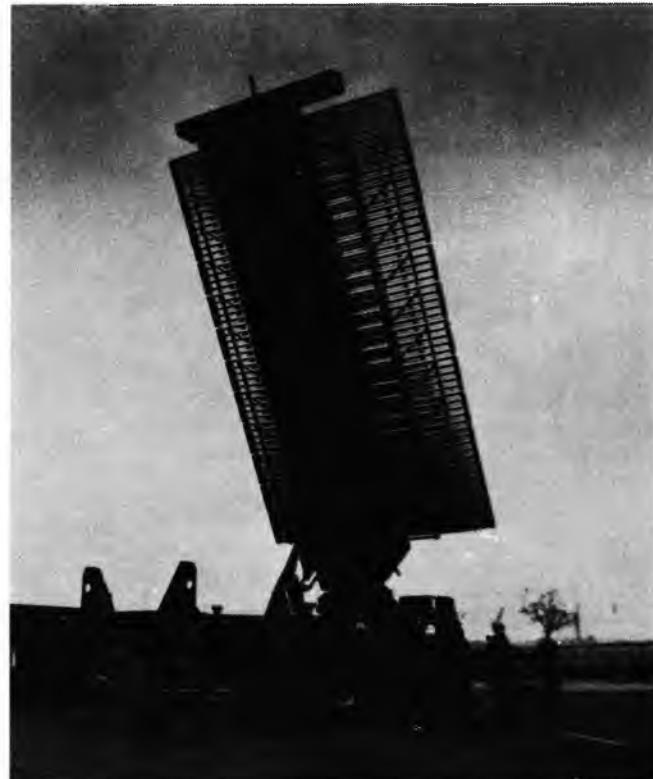
Sl. 45. Stacionarni dvodimenzijski obalni radar



Sl. 46. Radarski visinomjer

Među radare velikog dometa pripadaju i *radari s rotirajućim antenama* koji imaju domet od nekoliko stotina kilometara (sl. 45). Ako su postavljeni dovoljno visoko iznad okolnog terena, takvi radari mogu otkriti i sasvim male zračne ciljeve, bez obzira na njihovu brzinu. To su obično dvodimenzijski radari, pa se visina, tj. treća koordinata, odredi posebnim *radarom visinomjerom* (sl. 46) koji se usmjeri prema otkrivenom cilju i vertikalnim pretraživanjem odredi visina ili kut elevacije cilja.

Međutim, najnoviji su radari s rotirajućom antenom trodimenzijiski, zahvaljujući planarnim antenama s mnogo fazno upravljaljivih radijacijskih elemenata (sl. 47). *Planarna antena* rotira oko vertikalne osovine sa 6–10 okretaja u minutu i pretražuje cijeli obzor, a snop zračenja pomiče se po visini u granicama od -1° do $+18^\circ$, tako da iz svakog smjera dobiva odraze iz cijelog zahvaćenog segmenta. Ti su radari ugrađeni na vozilima i mogu se premještati na položaje koji ne moraju biti posebno pripremljeni.



Sl. 47. Premjestivi trodimenzijinski osmatrački radar s planarnom antenom

Kopneni sistemi za blisko osmatranje. Za osmatranje zračnog prostora u sklopu taktičkih oružanih sistema lokalne ili trupne protuzračne obrane upotrebljavaju se radari dometa do 100 km, postavljeni na vozila (sl. 48). Udaljenje ciljeve na kopnu,



Sl. 48. Pokretni osmatrački radar

pa i avione i helikoptere u niskom letu, gotovo je nemoguće otkriti običnim radarem zbog mnogih smetnji od neravnog terena, vegetacije, ptica, insekata itd. Za tu svrhu s dosta uspjeha služe posebno građeni radari s vrlo složenom korelacijskom obradom signalima pomoću elektroničkog računala (sl. 49).

Na bojnom se polju mnogo upotrebljavaju mali prijenosni i ručni radari za otkrivanje živih bića ili vozila u pokretu na daljinama od 1 500–3 000 m (sl. 50), te radari za otkrivanje položaja bacača bombi (Mortar Locating Radar, MLR) ili teških topova (sl. 51). Na najnižoj se taktičkoj razini umjesto radarskoga sve više primjenjuje optoelektroničko osmatranje s doometom od nekoliko desetaka kilometara. Termovizijski senzori



Sl. 49. Taktički osmatrački radar s antenom na podiznom jarbolu



Sl. 50. Prijenosni osmatrački radar



Sl. 51. Prijenosni radar za otkrivanje položaja bacača bombi

u kombinaciji s laserskim daljinomjerima i televizijski sistemi za nisku razinu svjetloće te sistemi s pasivnim pojačalima svjetla uveliko popunjavaju prazninu koja postoji između običnog motrenja okom i radara.

Bistatički radarski sistem. Iako su radarski senzori prema doometu i neovisnosti o stanju okoliša (noć, magla, kiša, oblaci, prašina itd.) superiorni ostalim vrstama senzora za osmatranje, ipak im je osnovni nedostatak u tome što ih nije teško otkriti i ometati. Da bi se otklonio taj taktički nedostatak, jedno od suvremenih rješenja radara zasniva se na činjenici da se može otkriti samo radarski predajnik kad emitira signale, a da se može ometati samo radarski prijemnik kad prima odraze emitiranih signala. Obični radar ima zajedničku antenu za predajnik i prijemnik. Upadni radarski snop što dolazi na cilj iz antene predajnika raspršuje se unutar velikog prostornog kuta, a povratni snop ima samo smjer prema prijemnoj anteni. Prijemna antena i prijemnik mogu se postaviti daleko od predajne antene, na mjestu gdje će se odraz od cilja jednako ili još bolje primati, uz uvjet da je prijemnik sinhroniziran s predajnikom i da su poznate njihove točne pozicije. Prijemnik takva bistatičkog radara, postavljen daleko od predajnika, ne može se ometati djelovanjem na emisiju predajnika. Bistatički radarski sistemi omogućeni su razvojem elektroničkih računala, jer se takvim rasporedom radarskih predajnika i prijemnika moraju određivati koordinate cilja dinamičkom triangulacijom u realnom vremenu.

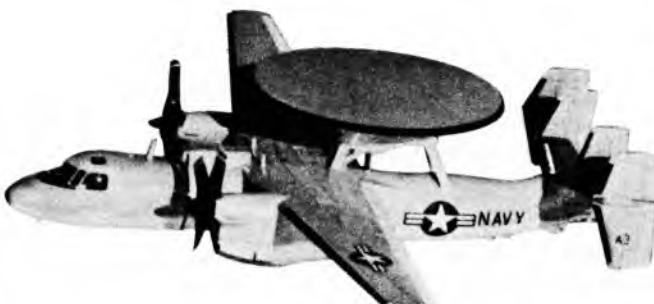
Zračni sistemi osmatranja

Zračni sistemi osmatranja imaju prednost da se osmatrač nalazi na povišenom položaju pa može nadzirati velika prostranstva. Najveći se doemeti postižu radarskim senzorima ugrađenim na avionu ili helikopteru. Glavni ciljevi osmatranja iz zraka nalaze se na kopnu ili na morskoj površini, dok otkrivanje zračnih ciljeva nije taktički važno, a teško je i provedivo.



Sl. 52. Osmatrački avion za rano upozorenje Boeing E-3A AWACS

Sistemi za rano upozorenje. Za otkrivanje dalekih ciljeva služe specijalni osmatrački avioni poznati pod kraticom AWACS (Airborne Warning and Control System). Takav je avion Boeing E-3A (sl. 52), koji iznad trupa ima postavljenu veliku antenu osmatračkog radara. Antena, u obliku aerodinamičkog diska, rotira sa 6 okretaja u minuti i pretražuje cijelo obzorje (360°) uz promjenu vertikalnog smjera radarskog snopa. Već prema visini krstarenja aviona, postiže se dometi između 450 i 650 km. Avion s posadom od 17 specijalista može ostati u zraku do 12 sati bez opskrbe gorivom. Sličan je osmatrački avion GRUMMAN E-2C Hawkeye (sl. 53) koji polijeće s nosača aviona, britanski NIMROD (sl. 54) i sovjetski avion TU-126. Svi imaju veliku rotirajuću antenu koja svojim dimenzijama omogućuje relativno dobro razlučivanje detalja na kopnu i na morskoj površini.



Sl. 53. Osmatrački avion za rano upozorenje Grumman E-2C Hawkeye



Sl. 54. Osmatrački avion za rano upozorenje Nimrod

Zračni sistemi za taktičko osmatranje. Na obične se avione ne mogu postaviti velike radarske antene, pa se male antene ugrađuju u nos (sl. 55), na dno trupa ili u rep aviona. Zbog malih dimenzija antene ograničena je ili zona pretraživanja, ili kutno razlučivanje detalja.

Najnoviji avionski radari imaju vrlo dugu čvrstu antenu, postavljenu na podvjesku ispod trupa. Antena zrači koso prema dolje, a kretanje aviona omogućuje pretraživanje radarskim snopom, tako da se postiže isti učinak kao s produženom antenom s vrlo uskim snopom zračenja (Synthetic Aperture Radar, SAR). Pomoću radara sa sintetičkim suženjem snopa dobiva se uvid i u vrlo sitne detalje na tlu, u planinskim predjelima, čak i u gradovima, a uz dodatnu obradbu radarske slike na filmu mogu se dobiti i holografski snimci.

Zračni bistatički radari. Da bi se onemogućilo ometanje zračnih osmatračkih radara, intenzivno se radi na projektima bistatičkih radara. Avion s predajnikom djeluje kao iluminator, a ostali avioni, opremljeni samo prijemnicima, određuju parametre cilja koji je predajnik ozračio. Realizacija sistema bistatičkih radara u zraku mnogo je složenija nego na tlu jer se međusobni položaj predajnika i prijemnika stalno mijenja. Zato se sistem bistatičkih radara u zraku mora oslanjati na neki precizni sistem za jednoznačno određivanje pozicije i sinhronizaciju podataka, npr. na neki od globalnih sistema satelitske navigacije.

Svemirski sistemi osmatranja. Svemirske letjelice, orbitalni ili geostacionarni sateliti, od početka su služili i za vojna izvi-



Sl. 55. Antena osmatračkog radara ugrađena u nos aviona Mirage 2000

danja, a danas se sve više upotrebljavaju i za strateško osmatranje u realnom vremenu. Osnovu sistema osmatranja s velikih visina iz svemira čine svemirske radarske stanice (Space Based Radar, SBR), koje mogu otkriti ciljeve na Zemljinoj površini i dostavljati podatke stanicama na Zemlji. Pomoću svemirskih osmatračkih stanica nadziru se silosi za lansiranje balističkih projektila, otkrivaju se njihove putanje nakon lansiranja i prate se pokreti glavnih flotnih sastava. Najveći je nedostatak svemirskih osmatračkih stanica u tome što ih se ne može prikriti ni zaštiti, pa su u ratu vrlo ranjive.

Pomorski sistemi osmatranja

Pomorski sistemi osmatranja mogu biti nadvodni i podvodni, a prema smještaju razlikuju se brodski, podmornički i obalni sistemi osmatranja.

Nadvodni pomorski sistemi osmatranja. *Brodski osmatrački sistemi* s dometom od nekoliko stotina kilometara uglavnom su namijenjeni za osmatranje zračnog prostora i rano otkrivanje zračnih ciljeva (sl. 56 i 57). Antene brodskih radara nalaze se na relativno maloj visini, kao i ciljevi na morskoj površini, pa ih se na velikoj daljinici ne može otkriti jer su iza radarskog horizonta. Zato brodovi s velikim osmatračkim radarom



Sl. 56. Antena brodskog osmatračkog radara za rano otkrivanje zračnih ciljeva



Sl. 57. Jarbol nosača aviona s radarskim antenama. Na vrhu je jarbola antena pasivnoga radarskog analizatora

za rano upozorenje imaju i drugi radar (sl. 58 i 59) dometa najviše do 100 km, koji služi za otkrivanje površinskih zračnih ciljeva koji nisko lete. Takvi radari imaju posebne sklopove koji eliminiraju refleksije od morskih valova i omogućuju raspoznavanje detalja i izdvajanje brzih ciljeva, npr. raketa u

niskom letu, iz ukupne razine smetnji i stalnih odraza (Moving Target Indication Radar, MTI-Radar).

Na svakom se brodu nalazi i precizni navigacijski radar dometa do 60 km, koji omogućuje da se dobro raspozna detalji i u neposrednoj blizini broda, na udaljenosti od samo



Sl. 58. Antena brodskog osmatračkog radara za otkrivanje ciljeva na morskoj površini i zračnih ciljeva koji lete nisko



Sl. 59. Antene brodskih osmatračkih radara za rano upozorenje i za otkrivanje bliskih ciljeva na morskoj površini i za zračne ciljeve koji lete nisko



Sl. 60. Antena podmorničkoga navigacijskog radara na periskopskom jarbolu

25–50 m. Navigacijski radar nije važan za osmatranje ciljeva, ali je prijeko potreban za sigurnu plovidbu.

Podmornički osmatrački sistemi. Podmornice nisu opremljene pravim osmatračkim radarima, ali redovito na posebnom teleskopskom ili periskopskom jarbolu imaju antenu navigacijskog radara (sl. 60). Taj se radar upotrebljava u plovidbi na periskopskoj dubini kad se samo antena radara nalazi iznad morske površine (sl. 61). Podmornica se lako otkrije kad njen radar počne emitirati. Da bi se sačuvala skrivenost podmornice, podmornički radari imaju iste impulsne i frekvencijske karakteristike kao komercijalni radari na trgovačkim brodovima.



Sl. 61. Podmornica u plovidbi na periskopskoj dubini s isturenim antenama navigacijskog radara i pasivnoga radarskog detektora analizatora, te s periskopom

Obalni osmatrački sistemi. Za osmatranje zračnog i površinskog prostora upotrebljavaju se obalni sistemi s radarima velikog dometa postavljenim na povиšenim položajima uz obalu. Suvremeni prijenos i obradba podataka omogууju da brodovi i podmornice daleko od obale primaju preko stalne radio-veze podatke o ciljevima što su ih otkrili različiti izvanbrodski, u prvom redu kopneni i zračni radari, a da su pri tom brodski radari isključeni i ne odaju prisutnost broda ili podmornice. Podaci primljeni preko radio-veze prenose se u digitalnom obliku na pokazivač brodskog radara, gdje se ucrtava sintetička slika ciljeva i dopunskih podataka onako kako je ta slika komponirana u komandnom centru na obali. Sistem osmatranja na moru tako postaje jedinstveni komandno-informacijski sistem poznat pod različitim nazivima, kao npr. *sistem mornaričkih taktičkih podataka* (Naval Tactical Data System, NTDS), *sistem raspodjele zajedničkih taktičkih informacija* (Joint Tactical Information Distribution System, JTIDS) itd.

Podvodni sistemi osmatranja služe samo za otkrivanje zarenjanih podmornica. Pod vodom se ne mogu upotrebljavati radarski i optoelektronički senzori, nego se podvodno osmatra pomoću zvučnih valova posredovanjem uredaja koji se zove *sonar*.

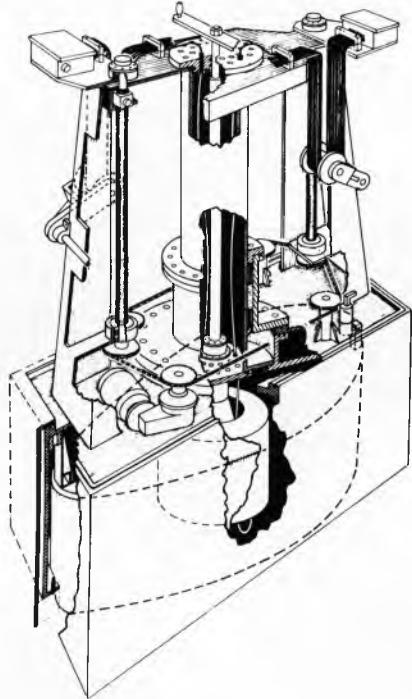
Zvučni se valovi u cijelom spektru čujnih i nečujnih (ultrazvučnih) frekvencija relativno dobro šire kroz vodu. Još od 1935. godine upotrebljava se pasivni sonar koji na osnovi šumova akustičkog polja podmornice može pomoći prikladno raspoređenih podvodnih hidrofona otkriti podmornicu i odrediti smjer u kojem se ona nalazi (*echo-goniometri*). Međutim, pasivnim praćenjem šumova ne može se odrediti udaljenost podmornice. Zato je u drugome svjetskom ratu konstruiran *aktivni sonar* koji, slično radaru, preko podvodne antene emitira snažne zvučne impulse, usmjerene u uskom snopu prema cilju, odnosno u smjeru koji je prethodno odredio pasivni sonar. Nakon sudara s ciljem dio se energije upadnog vala reflektira prema prijemnoj anteni, a vrijeme proteklo od emisije do povratka signala mjera je duljine cilja. Ta mjera, doduše, nije tako točna kao u radara, jer se elektromagnetski val prostire točno određenom i poznatom brzinom, dok rasprostiranje zvučnog vala u vodi nije pravocrtno, a niti se širi konstantnom brzinom.

Antena aktivnog sonara ugrađuje se u podvodnom dijelu broda, najčešće kao izdanak na kobilici u prvoj trećini duljine broda (sl. 62). Neki aktivni sonari imaju *izvlačivu antenu* koja se za vrijeme rada ispušta 1,5–2 m ispod kobilice broda da

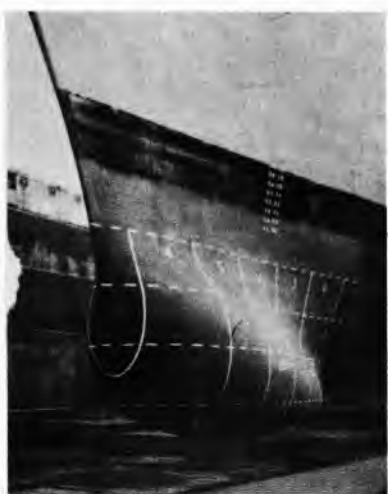
joj ne smetaju šumovi sustrujanja vode u graničnom sloju uz brodsku oplatu (sl. 63). Veliki protupodmornički brodovi imaju antenu aktivnog sonara ugrađenu u pramčanom strujnom tijelu koje je nalik pramčanom bulbu trgovackih brodova (sl. 64). Taj bulb smanjuje šumove optjecanja vode oko pramca broda, čime se povećava osjetljivost sonara na odraz od dalekih ciljeva, koji je slabog intenziteta.



Sl. 62. Strujni plastični plašt čvrste antene sonara ispod kobilice broda

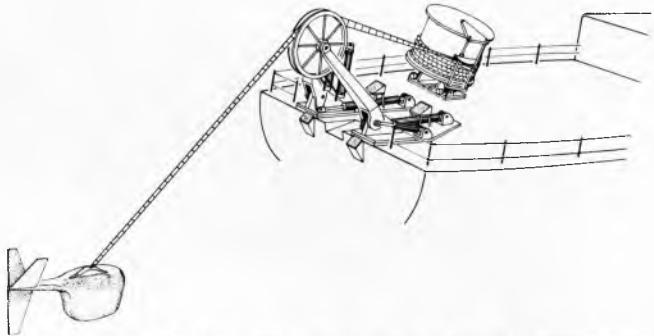


Sl. 63. Uvlačiva antena aktivnog sonara ugrađenog u kobilici broda



Sl. 64. Pramčani bulb s ugrađenim sonarom

I usprkos različitim smještajima antene, aktivni sonar nema dovoljno velik domet za suvremenu borbu protiv podmornica. Naime, dubina antene ispod površine ograničena je gazom broda, pa nije dovoljna da se pronađu najpovoljniji podvodni putovi zvuka i da se osigura pravocrtno rasprostiranje zvučnih valova dalje od 20 km. Zato, osim čvrsto ugrađene antene sonara, brodovi imaju i *antene promjenljive dubine* (Variable Depth Sonar, VDS) (sl. 65). Te se antene pomoću vitla tegle na udaljenosti od ~100 m iza krme broda, na dubinama i do 60 m, sve dok ne pronađu sloj vode u kojem se postižu dometi zvučnih impulsa veći od 20 km. U tegljenom podvodnom tijelu hidrodinamičkog oblika nalazi se predajnik i prvi stupnjevi prijemnika sonara, kompasni uređaj za orientaciju, sistemi za upravljanje po dubini i za prijenos podataka na brod.



Sl. 65. Krmeni uređaj za tegljenje antene sonara promjenljive dubine ronjenja

Kad združeni odred brodova traži protivničku podmornicu, tegljeni sonar često nije dovoljan da se pravodobno otkrije podmornica na većoj duljini, nego taj zadatok obavljaju helikopteri koji su ukrcani na svim većim protupodmorničkim brodovima. Tada daleko od broda helikopter spušta posebno građeni *uronjivi sonar* do potrebnе dubine (sl. 66). Podatci o svojoj poziciji i koordinatama otkrivene podmornice helikopter dostavlja radio-vezom svim brodovima združenog sastava koji sudjeluju u gonjenju podmornice.

Za otkrivanje udaljenih podmornica upotrebljavaju se i *protupodmorničke plutače* (sl. 67), izbačene iz letjelice na širem morskom području. Protupodmornička plutača opremljena je pasivnim sonarom i sistemom za orientaciju u smjeru, tako da



Sl. 66. Protupodmornički helikopter s uronjivim sonarom

svaki otkriveni šum podmornice iz određenog smjera odmah prenosi radio-vezom svim brodovima združenog odreda.

Moguće je, osim toga, otkriti zaronjenu podmornicu i instrumentima koji se ne zasnivaju na hidroakustici. Na primjer, prisutnost nevidljive podmornice može se otkriti iz zraka pomoću detektora magnetnih anomalija (Magnetic Anomaly Detector, MAD) na principu velike induksijske zavojnice ili osjetljivog magnetometra koji je sposoban da razlikuje intenzivnost ili smjer magnetnog polja u okolišu. Magnetno je polje na širem morskom prostoru homogeno i razmjerno je lokalnoj jakosti i smjeru vektora zemaljskog magnetnog polja sve dok se u njemu ne nađe velika feromagnetska masa kao što je trup podmornice. Zbog toga se magnetno polje Zemlje osjetno izbliči, što otkriva prisutnost podmornice.



Sl. 67. Protupodmornička pasivna radio-plutača

Velika podmornica u podvodnoj vožnji, osobito pri velikim brzinama, ostavljaiza sebe veliki hidrodinamički poremećaj u oblik u traga. Efekti tog poremećaja dopiru i do morske površine i dugo se zadržavaju, ali su nevidljivi za ljudsko oko ili konvencionalne senzore. Međutim, ti se poremećaji na površini mogu zamijetiti pomoću koherenih iluminatora, uz specijalnu obradbu pomoću električkih računala. Tako se uredaj za zrakoplovnu navigaciju FLIR (Forward Looking Infra Red) već upotrebljava na protupodmorničkim letjelicama za otkrivanje zaronjene podmornice, uz dodatnu opremu za koherentnu obradbu podataka.

Nadalje, podmornice s nuklearnim pogonom, emitiraju malo, i zasad teško zameljivo zračenje koje potječe od subatomskih elementarnih čestica neutrina. Neutrini se gibaju velikom brzinom i prodiru kroz sve prepreke, pa i na morskou površinu iznad podmornice. Sada se intenzivno radi na razvoju neutrinskih senzora sposobnih da razluče zračenje neutrina što potječe od podmorničkog reaktora od ostalog, većinom, kozmičkog zračenja.

Posljednjih dvadesetak godina stalno se nastoji povećati domet i osjetljivost pasivnog sonara, poboljšati razlučivanje pravog od lažnih šumova (šumovi okoliša i ometača) uz pasivno određivanje udaljenosti cilja. Primjena električkih računala i mikroprocesora omogućila je gradnju pasivnih podmorničkih

sonara koji mogu precizno mjeriti daljinu i smjer podvodnih i nadvodnih ciljeva. Budući da pasivni sonar ne emitira, njegovo djelovanje ne otkriva prisutnost vlastite podmornice. Zato se aktivni sonar na podmornicama upotrebljava samo u izuzetnim prilikama, a i tada vrlo kratko vrijeme.

Posljednje dostignuće u razvoju pasivnih sonara jesu tegljeni sistemi, sastavljeni od niza akustičnih antena ili hidrofona, raspoređenih u vrlo duge pravocrtnе nizove koji, osim što vrlo precizno pokazuju smjer, mogu i s velikom točnošću izmjeriti daljinu vrlo udaljenih podmornica. Posebno građeni brodovi tegle takve nizove duge ~ 125 m (Surveillance Towed Array Sensor System, SURTASS), kojima se može mijenjati dubina pa tako i u dubokim morima otkriti podmornice udaljene i nekoliko tisuća kilometara.

Kopneni su sistemi podvodnog osmatranja fiksni ili premještivi priobalni sistemi s usidrenim podvodnim hidrofonskim nizovima dugim do 3000 m (Moored Surveillance System, MSS). Hidrofonski su nizovi povezani s kopnenim stanicama koje obrađuju signale i triangulacijom određuju koordinate cilja udaljenog nekoliko tisuća kilometara. Noviji sistem čvrsto usidrenih hidrofona za podvodno pasivno osmatranje, kao što su SOSUS (Sonar Surveillance System) ili LAMBDA (Large Aperture Marine Basic Data Array) imaju hidrofonske nizove duge ~ 4000 m, a mogu otkriti podmornicu udaljenu do 10000 km, s točnošću unutar površine od nekoliko desetaka kvadratnih kilometara.

SISTEMI ELEKTRONIČKOG RATOVANJA

Elektroničko ratovanje dio je aktivnosti oružnog sistema usmjerenih prema protivniku bez udarnog djelovanja oružjima. Sistem elektroničkog ratovanja tek je nedavno izdvojen u posebnu strukturu spajanjem aktivnosti koje su u ranijim borbenim sistemima pripadale dijelom u sisteme osmatranja, sisteme rukovođenja, pa čak i u sisteme obaveštajnih podataka.

Primjena električkih sistema u borbenim aktivnostima bitno je izmjenila mnoge od ranijih odnosa između suprostavljenih strana. Konvencionalne borbene aktivnosti s primjenom oružja i razaranjem nastupaju u ratnom stanju, dok električke borbene aktivnosti postoje i za vrijeme mira, i to između borbenih sistema što pripadaju različitim oružanim snagama koje se nalaze u potencijalnom sukobu.

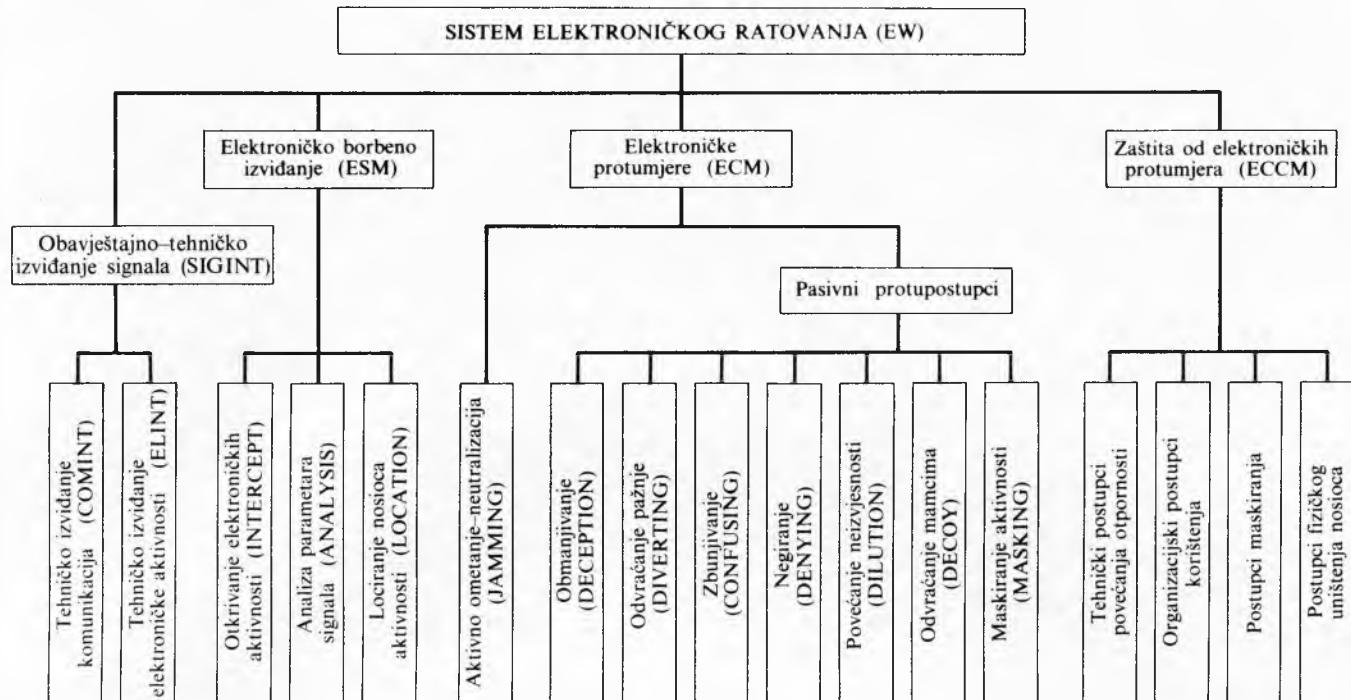
Sistem elektroničkog ratovanja trebalo je izdvojiti u zasebnu koordiniranu cjelinu unutar oružnog sistema i zbog toga jer električki sistemi osmatranja, upravljanja vatrom, vođenja, komunikacija itd. djeluju na velikim prostranstvima uključujući i sisteme Zemljinih satelita. To omogućuje da elementi borbenih sistema različitih oružanih snaga održavaju kontakte iako su medusobno vrlo udaljeni, te da pomoći njih prikupljaju mnoge podatke, što u prvom redu služi za planiranje razvoja vlastitih snaga, ali može poslužiti i eventualno u izravnom sukobu.

Sve oružane snage nemaju jednaku strukturu sistema elektroničkog ratovanja. Negdje se u sistem elektroničkog ratovanja uvrštavaju samo ratne aktivnosti, dok se ostale aktivnosti pridružuju obaveštajnom sistemu koji djeluje i u miru, a drugdje su sve aktivnosti uključene u sistem elektroničkog ratovanja (sl. 68).

Obaveštajno-tehničko izviđanje signala. Klasifikacija sistema elektroničkog ratovanja, prikazana na sl. 68, uključuje aktivnosti obaveštajno-tehničkog izviđanja signala (Signal Intelligence, SIGINT). Za te aktivnosti, naime, služe isti uredaji i oprema kao i za električko borbeno izviđanje, iako se prikupljeni podaci različito upotrebljavaju u miru i u ratu.

Od svih aktivnosti kojima se pribavljaju obaveštajni podaci sistem elektroničkog ratovanja uključuje samo sistematsko praćenje emitiranih signala.

Tehničko izviđanje komunikacija. U početku je izviđanje signala služilo samo za obaveštajne svrhe, a prislушкиvale su se radio-poruke. Danas su komunikacijski sistemi postali vrlo složeni i teško ih je pratiti. Zato izviđanje komunikacijskih signala (Communications Intelligence, COMINT) uz prisluskivanje poruka uključuje i registriranje svih tehničkih parametara



Sl. 68. Struktura sistema elektroničkog ratovanja

stranih komunikacijskih sistema, jer u ratu takvi podaci olakšavaju da se uspješno nadziru i ometaju protivničke komunikacije.

Tehničko izviđanje elektroničkih aktivnosti. Osim komunikacijskih aktivnosti, izviđaju se i ostale elektroničke aktivnosti. Za vrijeme mira sistematski se izviđaju sve moguće elektroničke aktivnosti koje se povremeno obavljaju pri vojnim vježbama ili ispitivanjima novih borbenih sistema, tj. elektroničke aktivnosti stranih radarskih, optoelektroničkih i podvodnih sistema osmatranja, sistema za vođenje projektila, sistema za identifikaciju, sistema za upravljanje vatrom, sistema za daljinsko upravljanje itd. Taj se dio obaveštajno-tehničkog izviđanja signala naziva izviđanje elektroničkih aktivnosti (Electronic Intelligence, ELINT).

Osnovna je karakteristika svih aktivnosti obaveštajno-tehničkog izviđanja signala da se prikupljeni podaci obrađuju i analiziraju, te se uspoređuju s podacima prikupljenim na neki drugi način.

Osnova sistema elektroničkog ratovanja jesu aktivnosti i oprema za prikupljanje podataka u ratnim uvjetima, pa se na osnovi tih podataka odmah poduzimaju akcije prema protivniku. S obzirom na odnos prema protivniku, borbeni dio aktivnosti sistema elektroničkog ratovanja obuhvaća elektroničko borbeno izviđanje, elektroničke protumjere i zaštitu od protumjera.

Elektroničko borbeno izviđanje upotrebljava ista tehnička sredstva za izviđanje svih mogućih signala kao i služba obaveštajno-tehničkog izviđanja signala (SIGINT), ali prikupljeni podaci, osim za obaveštajne analize, služe u prvom redu za trenutnu reakciju sistema rukovođenja, a ponekad i oružnog sistema. Podaci elektroničkog borbenog izviđanja, zajedno s podacima sistema osmatranja i obaveštajnog sistema omogućuju sistemu rukovođenja da stvari bolju predodžbu o protivniku. Ta se aktivnost često zove i elektronička podrška (Electronic Support Measures, ESM), jer se na osnovi podataka o aktivnosti protivnika može bolje zaključiti o lokaciji i namjerama protivnika.

Najelementarnija aktivnost elektroničkog borbenog izviđanja svakako je stalno hvatanje signala od svih aktivnih elektroničkih uređaja protivnika. Složeniji su postupci i uređaji pomoći kojih se može detaljnim mjerjenjem parametara i režima rada trenutno analizirati sve uhvaćene signale. Takođe se ana-

lizom može mnogo dublje prozrijeti smisao aktivnosti protivnika i predvidjeti adekvatne vlastite postupke u borbi. Konačno, usporedbom analiziranih podataka može se odrediti položaj i identitet protivničkog elektroničkog sistema bez upotrebe vlastitih aktivnih sredstava osmatranja.

Elektroničke protumjere (Electronic Counter Measures, ECM) imaju zadatak da otežaju rad protivničkih elektroničkih sistema, počevši od komunikacijskih pa do osmatračkih, upravljačkih i sistema vođenja.

Najstariji oblik elektroničkih protumjera jest *gušenje* signalnih kanala (Jamming). To je aktivan postupak kojim se ometaju signalne aktivnosti protivnika uključivanjem na istom kanalu vlastitih snažnih izvora signala u obliku šumova ili bruhanja, što onemogućuje rad protivničkih prijemnika. Sl. 69 prikazuje aktivni ometač signala pričvršćen na krilu aviona.

Uz sva usavršavanja metoda ometanja i neutraliziranja to-kova informacija takve aktivne protumjere imaju ozbiljan nedostatak. Naime, aktivnom emisijom vrlo snažnih ili jasno izraženih signala otkriva se vlastita aktivnost i prisutnost, što olakšava protivniku da prikupi važne podatke za izravno borbeno djelovanje. Zato se aktivno ometanje primjenjuje samo izuzetno, a mnogo se više ulaze u razvoj pasivnih elektroničkih protumjera kojima se protivnik zavarava i zbrunjuje.



Sl. 69. Aktivni ometač signala na podvjesku ispod krila aviona

ORUŽNI SISTEMI

Suvremena tehnička rješenja omogućuju da se protivničkim električnim sistemima, različitim postupcima zavaravanja senzora i informacijskih kanala, sprijeći da prikupe podatke o stvarnom stanju. U shemi sistema električnog ratovanja (sl. 68) navedene su pasivne metode električnih protumjera koje se upotrebljavaju za prikrivanje pravog i za istodobno prikazivanje lažnog stanja. Sve te pasivne protumjere vrlo uspješno zbijaju i najsuvremenije električke sisteme osmatranja, upravljanja vatrom, vođenja projektila itd. One se stalno i poboljšavaju prateći razvoj električnih sistema protiv kojih trebaju djelovati.

Zaštita od električnih protumjera. Od svih borbenih aktivnosti električnog ratovanja najkasnije je uvedena zaštita od električnih protumjera ili tzv. *električke protu-protumjere* (Electronic Counter-Counter Measures, ECCM). Zaštita

je od protumjera potrebna da bi se vlastiti sistem zaštiti od protivničkih električnih protumjera, odnosno da bi vlastiti sistemi bili otporni na protumjere protivnika.

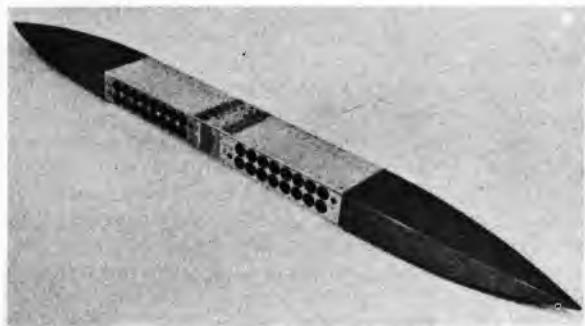
Zaštita vlastitih sistema od protumjera protivnika često je pasivna i sastoji se od tehničkih zahvata na vlastitim električnim uređajima i sistemima da bi bili sposobni uspješno funkcionirati i kad ih protivnik aktivno ometa, odnosno kad ih nastoji paralizirati. Radi zaštite od protivničkih električnih protumjera nastoje se aktivnosti vlastitih električnih sistema tako organizirati da za protivnika budu prikrivene i nepredvidive. Takva zaštita uključuje i maskiranje sredstava i aktivnosti tako da ih prikrije od protivničkih senzora, bez obzira na kojem principu djeluju ti senzori.

Uređaji i sistemi za električko ratovanje u naglom su razvoju, za koji je karakteristična integracija elemenata elektro-

UPOTREBLJAVANE KRATICE O ORUŽJU I ORUŽNIM SISTEMIMA

ABM	Anti-Ballistic Missile	protubalistička raketa
ADBM	Air Defence Ballistic Missile	balistička raketa protuzračne obrane
ALBM	Air Launched Ballistic Missile	balistička raketa za lansiranje iz zraka
ALCM	Air Launched Cruise Missile	krstareća raketa za lansiranje iz zraka
AMRAAM	Advanced Medium Range Air-to-Air Missile	svremeni sistem raketa zrak–zrak srednjeg dometa
ARM	Anti Radiation Missile	proturadarska raketa
AWACS	Airborne Warning and Control System	zračni sistem za rano upozorenje i upravljanje
ASW	Anti Submarine Warfare	protupodmorničke borbe aktivnosti u cijelini
BMD	Ballistic Missile Defence	obrana nad balističkim raketama
BRV	Ballistic Reentry Vehicle	balistički jednorukti odvojivi nosilac naboja
CIWS	Close In Weapon System	sistem naoružanja za blisku proturaketnu obranu
COMINT	Communications Intelligence	izviđanje komunikacijskih signala
CPB	Charged Particles Beam	mlaz električno nabijenih čestica
C3-System	Communication-Command-Control System	sistem komunikacija, komandiranja i upravljanja (sistem borbenog rukovodjenja)
DEW	Directed Energy Weapons	oružja s usmjerenim zračenjem energije
ECCM	Electronic Counter-Counter Measures	elektroničke protu-protumjere
ECM	Electronic Counter Measures	elektroničke protumjere
EMP	Electro Magnetic Pulse	impuls elektromagnetskog polja pri nuklearnoj eksploziji
ELINT	Electronic Intelligence	izviđanje električnih aktivnosti
ESM	Electronic Support Measures	mjere električke podrške (elektroničko borbeno izviđanje)
EW	Electronic Warfare	elektroničko ratovanje
FAE	Fuel Air Explosive	aerosolni eksploziv
FBM	Fleet Ballistic Missiles	flotne balističke raketama
FLIR	Forward Looking Infra Red	avionski optoelektrički uredaj za osmatranje ispred aviona
GLBM	Ground Launched Ballistic Missile	balistička raketa za lansiranje s kopna
GLCM	Ground Launched Cruise Missile	krstareća raketa za lansiranje s kopna
GPS	Global Positioning System	globalni satelitski sistem za određivanje prostornih koordinata
HOT	Haut subsonique optiquement téléguidé tiré d'un tube	sistem protuoklopnih raket s optičkim vođenjem
ICBM	Inter-Continental Ballistic Missile	interkontinentalna balistička raketa
IFF	Identification Friend-Foe	identifikacija prijatelj-neprijatelj (sistem za identifikaciju cilja)
IIR	Imaging Infra Red	termovizinski sistem samonavodenja rakete
IRBM	Intermediate Range Ballistic Missile	međudometna balistička raketa
JTIDS	Joint Tactical Information Distribution System	sistem raspodjelje zajedničkih taktičkih informacija
LAMBDA	Large Aperture Marine Basic Data Array	niz hidrofona širokog otvora za osnovne pomorske podatke (svremeni sistem sonara za osmatranja na velikim daljinama)
MAD	Magnetic Anomaly Detector	dektotor magnetskih anomalija
MARV	Manoeuvrable Reentry Vehicle	balistički odvojni nosilac naboja sa zasebnim vođenjem
MLR	Mortar Locating Radar	radar za otkrivanje bacaca bombi
MRBM	Medium Range Ballistic Missile	balistička raketa srednjeg dometa
MIRV	Multiple Independently-targeted Reentry Vehicle	balistički višestruki odvojni nosilac naboja sa zasebnim putanjama prema jednom ili više ciljeva
MRV	Multiple Reentry Vehicle	balistički višestruki odvojni nosilac naboja
MSS	Moored Surveillance System	usidreni sistem osmatračkih hidrofona
MTI-Radar	Moving Target Indication Radar	brodski radar za otkrivanje brzih ciljeva
NTDS	Naval Tactical Data System	sistem mornaričkih taktičkih podataka
OTH	Over The Horizon	osmatranje i otkrivanje cilja iza horizonta (posredno)
PGM	Precision Guided Munition	precizno vođena municija
RAP	Rocket Assisted Projectile	projektil s dodatnim raketnim pogonom (raketna granata)
RWR	Radar Warning Receiver	pasivni detektor radarskog zračenja (ESM)
SAR	Synthetic Aperture Radar	radar s uskim snopom zračenja
SBR	Space Based Radar	svemirska radarska stanica
SIGINT	Signal Intelligence	obavještajno-tehničko izviđanje signala
SLBM	Submarine Launched Ballistic Missile	balistička raketa za lansiranje iz podmornice
SLCM	Submarine/Surface Launched Cruise Missile	krstareća raketa za lansiranje iz podmornice ili broda
SMAC	Scene Matching Area Correllator	televizijski sistem navodenja prema zapisu scene
SOSUS	Sonar Surveillance System	sistem osmatračkih sonara s nizom usidrenih pasivnih hidrofona
SUM	Shallow Underwater Mobile	raketa za lansiranje iz podmornice na maloj morskoj dubini
SURTASS	Surveillance Towed Array Sensor System	osmatrački sonarski sistem sa nizom tegljenih senzora
TERCOM	Terrain Contour Matching	sistem samonavodenja prema zapisu konture terena
TOW	Tube-launched, Optically-tracked, Wireguided	sistem protuoklopnih raket s optičkim praćenjem i vođenjem preko žice
VDS	Variable Depth Sonar	sonar s antenom promjenljive dubine ronjenja
VLS	Vertical Launching System	sistem za vertikalno lansiranje protuzračnih raketa s broda

ničkog borbenog izviđanja (ESM) s elementima za neposrednu intervenciju, bilo pomoću elektroničkih protumjera, bilo uništavanjem protivničkih uređaja za elektroničko ratovanje. U tom slijedu događaja ostaje sve manje vremena za pravodobnu reakciju, pa se zato nekada odvojeni sistemi za otkrivanje elektroničke aktivnosti, analizu signala i lokaciju nosioca neposredno sprežu sa sistemima za intervenciju. Već prema vrsti otkrivene prijetnje, sistemi za intervenciju mogu aktivno ometati protivničke signale, zavaravati protivnika pasivnim protumjerama ili izravnom vatrom uništiti protivnika. Najkraći interval reakcije potreban je pri obrani od projektila sa samonavođenjem. Tada su najdjelotvornije gotovo trenutne protumjere proturaketne obrane, koje počinju zavaravanjem pomoću mamaca ili drugih postupaka za zbumjivanje radarskih ili termovizijskih senzora u sistemu za samonavođenje projektila.



SL. 70. Avionski podvjesak za izbacivanje radarskih i infracrvenih mamaca



SL. 71. Brodska višecijevna okretljiva lanser raketa za obmanjivanje

Još su u drugome svjetskom ratu avioni izbacivali trake staniola da bi zavarali radare protuzračne obrane. Danas se oblaci takve *radarske pljeve* (radar chaff) izbacuju pomoću projektila na mesta određena elektroničkim računalom, sa svrhom da se radarski senzori osmatranja, nišanjenja ili vođenja zbune u određivanju parametara cilja. Projektili za zavaravanje upotrebljavaju se i kao nosioci *toplinskih baklji* (IR-flare) koje izgaranjem stvaraju toplinsko polje one valne duljine u infracrvenom dijelu spektra na koju su osjetljivi senzori protivničkog sistema. Na avionima se bacači projektila za zavaravanje (sl. 70) ugrađuju u podvjeske ispod krila, a na brodovima se za tu

svrhu upotrebljavaju višecijevni palubni fiksni ili okretljivi lansi- seri velikog dometa (sl. 71) i impulsni bacači malog dometa.

Sve opisane aktivnosti elektroničkog ratovanja provode se i pod vodom, samo što se umjesto elektromagnetsnih primjenjuju hidroakustički kanali za elektroničko borbeno izviđanje protivničkih aktivnosti osmatranja i vođenja, za protumjere aktivnog ometanja ili za različite postupke zavaravanja.

LIT.: V. Kristić, Naoružanje i oprema ratnog broda (skripta). Zagreb 1980. — Godišnjaci: Jane's Weapon Systems. Sampson Low, Marston & Company, London. — Jahrbuch der Wehrtechnik. Wehr und Wissen Verlagsgesellschaft, Bonn. — Časopisi: International Defence Review. Interavia S. A., Genève. — Defence Today. Paolo F. Baucal, Roma. — Defence Electronics. EW Communications. Palo Alto (SAD).

V. Kristić

OTAPALA (rastvarači), tekućine, ponekad plinovite ili krute tvari, sposobne da otope druge tvari u homogeni jednofazni sustav. Otapalo i u njemu otopljeni tvar (*solut*) čine *otopinu* (rastvor, soluciju, v. *Otopine*). Ponekad kad su i otapalo i solut tekućine (npr. u sustavu etanol—voda), nije uvijek sasvim određeno što je otapalo, a što solut. Obično se otapalom smatra sudionik koji je u višku. Ćvrste i plinovite tvari redovno se smatraju solutima kad su otopljeni u tekućini. Međusobno otapanje dviju tekućina naziva se *miješanjem*. Otopina može biti sastavljena od više otapala i soluta.

Otopljeni tvari raspodijeljene su u otapalu kao ioni ili kao molekule. Osnovni činioци koji djeluju pri pojavi otapanja i topljivosti jesu intermolekulske sile između molekula otapala, između molekula ili iona soluta, te sile između tih čestica soluta i otapala.

Otapala služe u tehnologiji najviše za preradbu otopljenih tvari, npr. za njeno čišćenje kristalizacijom, za luženje (v. *Luženje*, TE 7, str. 572), za ekstrakciju (v. *Ekstrakcija*, TE 3, str. 537), za apsorpciju (v. *Apsorpcija plinova*, TE 1, str. 324), za čišćenje različitih predmeta od nečistoća i primjesa, te kao sredstvo koje omogućuje provedbu različitih kemijskih reakcija. Poslije izvršenja tih funkcija otapala postaju nepotrebna, odnosno smetaju, pa se moraju ukloniti iz sustava. Često se zatim rekuperiraju i recikliraju.

Prema tom gledištu otapala su pomoćni agensi. Međutim, ne smije se zaboraviti njihova uloga u kemiji. Ona je svojstvena u svakom pojedinom slučaju i mora se posebno razmatrati.

Izbor i primjena otapala od najstarijih vremena temeljili su se na iskustvu. Stara empirijsko pravilo *similis simili solvatur*, slično se otapa u sličnom, vrijedi i danas, uz riječke iznimke. Npr. propanol i propiljodid imaju ekstremno različitu topljivost u vodi iako oba spoja sadrže propilnu skupinu i imaju skoro jednakе dipolne momente. Propanol se otapa u vodi potpuno, a propiljodid samo do udjela 0,1% u otopini. Stara krialica *corpora non agunt nisi soluta*, samo otopljeni tvari reagiraju, ima ograničen smisao, ali očito govori o važnosti koja se pridavala otopinama. Novija otkrića molekulski i atomske strukture u drugoj polovici XIX i prvoj polovici XX stoljeća, koja su omogućila suvremenu interpretaciju kemijske veze (v. *Kemija*, TE 7, str. 9 i 14), omogućila su i shvaćanje mehanizama na temelju radova J. D. van der Waalsa, W. Kossela, G. N. Lewisa, L. Paulinga, P. J. W. Debyea, R. S. Mullikena, E. Hückela, Ch. A. Coulsona i drugih. Današnja shvaćanja o otapalima omogućuju predviđanje njihovih svojstava i njihov izbor.

Otapanje i topljivost. Disperzija čestica soluta u otapalu uzrokuje energijsku promjenu u sustavu. Da bi se solut otapao, potrebno je da promjena slobodne energije

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1)$$

bude negativna. U izrazu (1) ΔS je promjena entropije, a ΔH promjena entalpije. Ako je ΔH negativno ili manje od $T\Delta S$, otapanje teče spontano.

Intermolekulske sile. Intermolekulske sile među molekulama soluta i među molekulama otapala suprotstavljaju se otapanju. Otapanje će nastupiti ako privlačne sile između molekula otapala i soluta nadjačaju sile koje vladaju između jednakih molekula soluta i jednakih molekula otapala.

Ako su u sustavu prisutne supstancije koje disociraju na ione, u sustavu soluta i otapala djeluju *Coulombove privlačne sile* koje iznose