

GONČARENKO

**KIBERNETIKA
U VOJSCI**

БИБЛИОТЕКА
ДОМА ЈНА - БЕОГРАД

ГГ-1а-348 пр.1

Инв.
Бр.

1590





VOJNA BIBLIOTEKA

INOSTRANI PISCI

KNJIGA ŠEZDESET PRVA

UREĐIVAČKI ODBOR

Miroslav BORAS, Mirko BULOVIĆ, Boško ĐURIČKOVIĆ, Georgije JOVIČIĆ, Mihailo KOKOLJEVIĆ, Nikola LEKIĆ, Srećko MANOLA, Bogdan PECOTIĆ, Zdravko ĐUKOVIĆ (odgovorni urednik)

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

B E O G R A D

1966.

GONČARENKO



KIBERNETIKA U VOJSCI



ЦЕНТРАЛНА БИБИОГРАФИЈА
БЕЛГРАД
снр. III-1а-348/1
инв. бр. 21182

NASLOV DELA U ORIGINALU

М. Н. ГОНЧАРЕНКО

КИБЕРНЕТИКА
В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ДОПОЛНЕННОЕ И ПЕРЕРАБОТАННОЕ

Preveli sa ruskog

SLAVOLJUB JANKOVIĆ
NIKOLA MASLOVARA

Издательство
ДОСАФ — Москва
1963.

SADRŽAJ

PREDGOVOR NAŠEM IZDANJU	7
UVOD	13
I BROJEVI I VELIČINE. PROSTE I SLOŽENE MAŠINE ZA RAČUNANJE	23
II KIBERNETIKA I NJENI PROBLEMI U VOJSCI	44
III AUTOMATSKO UPRAVLJANJE	67
IV POJAM TEORIJE INFORMACIJA	86
V ELEKTRONSKЕ DIGITALNE MAŠINE	100
VI ELEKTRONSKЕ MAŠINE U AVIJACIJI	129
VII KIBERNETIKA U PROTIVVAZDUŠNOJ ODBRANI	167
VIII PROBLEMI KORIŠĆENJA KIBERNETIKE U REŠAVANJU OPERATIVNO-TAKTIČKIH ZADATAKA	215
IX SAVREMENA SREDSTVA VEZE I KIBERNETIKA	262
X ELEKTRONSKЕ MAŠINE ZA UPRAVLJANJE U RATNOJ MORNARICI	287
XI POZADINA ARMije I AUTOMATIZACIJA UPRAVLJANJA SNABDEVANJEM	323
XII ELEKTRONSKI TRENAŽERI I KONTROLORI	337
XIII MAŠINE ZA MODELOVANJE I PROJEKTOVANJE	356
XIV NOVO U RAZVOJU ELEKTRONSKIH RAČUNSKIH MAŠINA	373
ZAKLJUČAK	406

PREDGOVOR NAŠEM IZDANJU

Gotovo ni jedna naučna disciplina nije u kratkom vremenskom razmaku imala tako intenzivan razvoj kao kibernetika.

Kibernetika je nauka o procesima upravljanja koji se mogu sresti svuda: u živim organizmima (bionika), u automatskim uređajima koje sami konstruišemo (tehnička kibernetika) i u društvu u kome živimo (ekonomska kibernetika). Ako se to uopšti, može se reći da se procesi upravljanja sreću svuda gde postoji život. Otuda je jasno da kibernetika kao nauka ima široku primenu jer se bavi procesima upravljanja uopšte, bez obzira na to gde se oni sreću i u kojem se vidu manifestuju. Prirodno je što rešavanje ovih problema zahteva kolektivan rad naučnika raznih specijalnosti.

Kao pomoćnim aparatom, kibernetika se koristi različitim matematičkim metodama i oslanja se na veliki broj matematičkih oblasti. Ona istovremeno nameće potrebu da se matematika kao nauka razvija u širinu i da se u njoj razvijaju nove grane koje život i praksa, do pojave kibernetike kao posebne nauke, nisu mogli ni da formulišu. Kibernetika kao nauka dobija pravi smisao tek od onog vremena kada je počela da se oslanja na egzaktne metode. Od svih njenih grana, tehnička kibernetika je najviše otišla napred. To je i logično, jer je kibernetika kao nauka ponikla na osnovi ideja i metoda koje su razrađene u problemima automatskog upravljanja. Njen praktični značaj pojavio se pre svega kod primene različitih tehničkih sredstava. U prvom redu, tu spadaju problemi dinamike raznih sistema: upravljanih, zatim automatske opti-

mizacije, kao i niza drugih čiji su procesi automatizovani i kontrolisani. U tehnici upravljanja i regulisanja, problem optimizacije zauzima centralno mesto kojim se bavi tehnička kibernetika. Naučni rezultati postignuti u teoriji optimalnog upravljanja već su dobili praktičnu primenu i omogućili da se reši niz složenih zadataka. Principi koji se odnose na automatske sisteme dosta su složeni. Ovi sistemi su dužni da u izvesnoj meri modeliraju procese koji proizilaze iz nervnog sistema čoveka. Mašina koja može da zameni čoveka u pojedinim operacijama treba da bude sposobna da sama obavlja one procese koje bi joj rukovalac nalagao u zavisnosti od trenutne situacije.

Primena savremenih računskih uređaja koji inače spadaju u kibernetičke sisteme, stvorila je ogromne perspektive za dalji razvojni i istraživački rad na problemima kibernetike. Samo njihovom primenom mogu se realizovati i analizirati složeni matematički izrazi i algoritmi koji se odnose na pojedine probleme kibernetike.

Osobit značaj u razvoju tehničke kibernetike imali su neki rezultati koji se odnose na proučavanje živih organizama. Mogu se navesti mnogi primeri gde je izučavanje živih organizama omogućilo konstruisanje veoma složenih tehničkih uređaja. Izučavanje uha delfina omogućilo je da se u znatnoj meri poboljšaju hidroakustički sistemi. Izučavanje metoda kodiranja informacija koje se predaju preko nervnih kanala omogućilo je da se usavrše telemehanički sistemi. Isto tako, izučavanje navigacionih organa ptica i riba omogućilo je usavršavanje navigacionih pribora. Ovih primera ima mnogo, naročito u poslednje vreme kada se veliki broj naučnih kadrova orientisao na proučavanje i primenu automatizovanih procesa. Mada su do sada postignuti zapaženi rezultati u modeliranju odvojenih procesa mišljenja i funkcija intelekta, savremena matematika još ne raspolaže potpunim aparatom koji bi omogućio da se formulišu svi procesi ljudi u svakodnevnom životu. Interesi razvoja kibernetike nameću kao nužnu potrebu formiranje i iznalaženje odgovarajućeg matematičkog aparat-a. To se može postići samo zajedničkim i organizovanim

stvaralačkim radom naučnika i specijalista raznih profesija: matematičara, inženjera, biologa, lekara, ekonoma i dr.

I dalje je primarno pitanje — odnos čovek-automat. U velikom broju složenih sistema upravljanja čovek i dalje učestvuje i igra značajnu ulogu. Zbog toga su značajni problemi koji se odnose na raspodelu funkcija između njega i mašine u procesu složenog upravljanja, kao što su: izučavanje optimalnih uslova i režima rada čoveka u okviru zatvorenih procesa, izučavanje osobina i funkcija bioloških sistema i razrada tehničkih sistema koristeći te osobine.

Neosporno je da se kibernetika mora tretirati kao fundamentalna nauka, bez obzira na to što se trenutno nalazi u razvoju i formiranju. U suštini, ako fizika i hemija izučavaju kretanje materije i energije, kibernetika izučava kretanje informacija u procesima upravljanja. Zbog toga ona ne može biti deo ni jedne fundamentalne nauke kao što su: fizika, hemija, biologija i dr.; ona ima samostalan predmet izučavanja i sama se javlja kao fundamentalna nauka.

Kao što je poznato, automati su rodili kibernetiku i postoji opravданo verovanje da će ona postati centar iz kojeg će se kristalisati i razviti mnoge nove naučne discipline.

Bilo bi logično pitanje: šta se u budućnosti može očekivati od kibernetike? Za proteklu deceniju, otkako su postavljene osnove kibernetike kao nauke, postignuti su značajni rezultati koji su prevazišli sva očekivanja. Oni su naročito značajni na polju tehničke kibernetike i njene primene u rešavanju vojnih problema. Očekuje se da će budući rezultati imati još širi značaj. Predviđa se davanje prioriteta radovima koji će se odnositi na principe i metode za obezbeđivanje visoke pouzdanosti sistema automatskog upravljanja. Isto tako se očekuju dragoceni rezultati i u konstruisanju sistema koji obezbeđuju automatizaciju procesa projektovanja raznih uređaja i automatsku sintezu složenih sistema. Posebna pažnja će se pokloniti biološkim

procesima čije će izučavanje omogućiti realizaciju novih, ekonomičnijih i pouzdanijih automatskih sistema, pri čemu će se koristiti najnovija dostignuća fizike, hemije, radio-elektronike i drugih nauka. Značajni rezultati se očekuju na polju izučavanja tajni prirode, principa rada mašina koje misle, koje će biti sposobne za stvaralački rad i pomoći čoveku u raznim oblastima njegove delatnosti.

Svaki živi organizam krije u sebi neki samoregulišući mehanizam. Njihova proučavanja, kopiranja i prenošenja tih saznanja na tehnička sredstva biće od ogromnog značaja. Osobito značajni rezultati se očekuju od primene kibernetike u problemima medicinske dijagnostike, naročito kod automatske obrade dijagnostičkih podataka, u problemima medicinske statistike i organizaciji zdravstvene zaštite, u izučavanju funkcija mozga i prirode informacija u mozgu. Takođe se očekuju značajni rezultati u problemima ekonomike i planiranja sa realnim prognozama, zatim u obradi raznovrsnih statističkih podataka, u organizaciji proizvodnje, teoriji informacija — ispitivanju njihove verodostojnosti i pouzdanosti prenošenja pomoći sredstava veze itd. Očekuje se da će dalji razvoj kibernetike ići sve više u širinu i da će ona naći primenu u rešavanju složenih problema na čije se rešavanje, egzaktnim putem, do sada nije ni pomicalo.

Prvu veću praktičnu primenu kibernetika je kao nauka našla u vojsci. Posebno obeležje u intenzivnijoj primeni kibernetičkih sredstava predstavlja II svetski rat. Ranija iskustva, koja su prikupljena u vezi sa prvim automatima, primenjena su u vojnoj tehnici. Nastala su oružja ili sistemi oružja kod kojih su se delimični ili potpuni procesi odvijali automatizovano. Potrebe za tim bile su neminovne. U prvom redu pojava aviona koji su postizali veće brzine nametnula je klasičnoj pav-artiljeriji nov i nerešiv problem sa gledišta izbora preciznih polaznih podataka oružja na bazi podataka o cilju. Taj posao obavljaо je čovek-operator koji, bez obzira na to kako je bio uvežban, nije mogao više da udovolji savremenim potrebama i zahtevima. Zato je bilo nužno, u procesu upravljanja, zameniti

čoveka tehničkim sredstvima koja će mnogo brže i preciznije obavljati njegove funkcije. To ipak ne može da negira ulogu čoveka, jer je on i dalje faktor koji vlada tom tehnikom i kome je ona potčinjena.

Osobenost savremene vojne tehnike ogleda se u tome što se razvija veoma brzo. Dok je razvoj pušaka i topova zahtevao mnogo vekova da se postigne današnji stepen, za stvaranje tehnike oklopnih jedinica i vazduhoplovstva bilo je potrebno samo nekoliko decenija. U tehničkoj opremi oružanih snaga, naročito u periodu posle drugog svetskog rata, desile su se revolucionarne promene. Pojavilo se nuklearno i termonuklearno oružje koje svojim uništavajućim dejstvom prevazilazi sve što je do sada postojalo. Brz razvoj raketne tehnike omogućio je da se danas nuklearnim bojevim glavama veoma precizno pogodi svaka tačka na Zemljinoj površini. U radarskoj i infracrvenoj tehnici ultrazvuka i televizije, vojska je dobila tehnička sredstva izviđanja koja joj omogućuju da u svako doba dana i noći dobije obaveštenja, potrebna za vođenje borbenih operacija. Tehnika veza se još uspešnije razvija na osnovi dostignuća savremene radio-elektronike. Pomoću rezultata tehničke kibernetike, razvijena su automatska oružja i sistemi oružja, a mnogi procesi, počevši od prikupljanja informacija, njihove obrade, formiranja zaključaka, sve do preduzimanja odgovarajućih mera, automatizovani su.

Operativna istraživanja koja danas imaju široku primenu u raznim oblastima nauke i tehnike, u proizvodnji i istraživačkom radu, našla su primenu u vojsci, u analitičkoj proceni optimalnih uslova iskorišćavanja raspoloživih snaga i sredstava. To je uticalo da u velikoj meri poraste značaj istraživanja na polju razvoja efikasnih i pouzdanih metoda u vezi sa eksploracijom savremene tehnike, jer sama ona nameće veće zahteve ljudima koji se njome koriste. Danas ne postoji gotovo ni jedan ogrank u vojsci gde problemi mehanizacije i automatizacije nemaju široku primenu. Zahtevi za većom pokretljivošću trupa i većim radijusom dejstva jedino se mogu ispuniti svestranom pri-

menom sredstava za mehanizaciju i automatizaciju. Naravno da se pri tome prepostavlja da su svi procesi koji treba da se automatizuju prethodno temeljno izučeni i da su dovoljno ispitane zakonitosti njihovih međusobnih odnosa. Teorijske osnove za rešavanje ovih problema daje kibernetika.

Kibernetika se može primeniti na procese komandovanja trupama kao i na upravljanje tehničkim procesima. Komandovanje trupama obuhvata više problema nego što je to slučaj kod upravljanja tehničkim procesima. Zato se ne treba čuditi što je kibernetika primenjena najpre u rešavanju takvih vojnih zadataka kao što su, na primer, protivavionsko gađanje, upravljanje projektilima i optimalna upotreba snaga i sredstava vazdušne odbrane. U svim savremenim armijama proučavaju se problemi vojne primene kibernetike. Pored razvoja ratnih materijalnih sredstava, kod kojih su procesi delimično ili potpuno automatizovani, posebna pažnja se poklanja problemima široke automatizacije pojedinih procesa komandovanja trupama. Pri tome se polazi od činjenice da se potreba za rešavanje ovih problema sve više ističe u prvi plan, jer to zahteva primena savremene tehnike i njenog sve intenzivnijeg razvoja.

Knjiga M. N. Gončarenka se prvi put pojavljuje na našem jeziku u izdanju Vojnoizdavačkog zavoda, predstavlja sažet prikaz najnovijih dostignuća kibernetike sa aspekta vojne primene. Mnoga pitanja koja ona pokreće kritički su obrađena. Zato će ona verovatno korisno poslužiti širokom krugu čitalaca.

Beograd, 1966. god.

Dr inž. JOVAN PETRIĆ, dipl. mat.

UVOD

Pre pola veka nije bilo ni elektronskih računskih mašina, ni elektronike kao nauke na čijim su osnovama razvijene. Postojala je samo iskonska ideja čoveka — sagraditi mehanizam, sposoban da obavlja radnje koje je mogao obavljati samo jedan, zadivljujući mehanizam na svetu — ljudski mozak. Ta ideja se najpre rodila kod starih Grka posle stvaranja Aristotelove logike. U analima istorije, na žalost, ne potvrđuje se njeno sproveđenje u život.

Duhovni autori fantastičnih priča i romana uvodili su nas svojevremeno u svet mašina budućnosti koje će raditi za ljudе. Međutim, to što nam je nedavno izgledalo nestvarno, danas postaje stvarnost. Savremeni kibernetički uređaji, sredstva automatike i telemehanike već se nalaze u službi čoveka. Naše pokolenje je očevidac, po razmerama i tempu, do sada neviđenog razvoja nauke i tehnike. Nema sumnje da stojimo na pragu nove naučno-tehničke i industrijske revolucije koja po značaju daleko prevazilazi industrijske revolucije vezane za pojavu pare i električne energije. Nije daleko ni vreme kada će biti rešen i problem neposrednog pretvaranja atomske energije u električnu. To bi značilo takav preobražaj u nauci i tehnici, kakav istorija ljudskog roda još nije poznavala. Na primer, »gorivo« za termonuklearnu reakciju je teška voda. Kap teške vode daje energiju ekvivalentnu onoj koju daje 120 litara benzina.

Termonuklearni avionski motor snage 40.000 KS predstavlja se dimenzijama obične čaše zapremine 20 g. Čovečanstvo je za trista godina prošlo put od jednostavnih parnih mašina do motora koji rade na atomski pogon i ovla-

dalo nadzvučnim brzinama leta. U našoj zemlji (SSSR-u), zahvaljujući novoj grani nauke — kibernetici — i njenoj praktičnoj primeni, postali su tehnički mogućni izgradnja i puštanje u pogon, prve u svetu, atomske centrale, izgradnja međukontinentalnih balističkih raketa, veštačkih zemljinih satelita, kosmičkih brodova i precizno upravljanje njihovim letom pri izvođenju na datu trajektoriju.

Tako reći, još juče je ceo svet aplaudirao prvim kosmonautima na sovjetskim brodovima — satelitima »Istok«, oficirima Sovjetske armije Juriju Gagarinu i Germanu Titovu, koji su otvorili novu stranicu u istoriji čovečanstva.

I evo novog »čuda«, 11—15. avgusta 1962. godine — uzbudljivi dani grupnog leta novih sovjetskih letača kosmonauta, dani koje svet nikad neće zaboraviti. Ponovo trijumfalni let koji je omogućila kibernetika. Ovo je totalna kibernetika: od poletanja do ateriranja, od proračuna orbite do medicinskog pregleda! Kosmički let — jedan je od težih frontova primene kibernetike. Demonstriran je visok stepen preciznosti izvođenja drugog kosmičkog broda u datu orbitu. Andrijan Nikolajev na brodu-satelitu »Istok 3«, za 95 časova leta, obleteo je našu planetu preko 64 puta i prešao put preko 2 miliona 600 hiljada kilometara koji je 8 puta duži od rastojanja između Zemlje i Meseca. Drugi kosmonaut Pavel Popović na brodu-satelitu »Istok 4«, obišao je zemlju preko 48 puta i prešao preko 2 miliona kilometara, savladavši gotovo pet puta rastojanje do Meseca. Izvršen je, prvi u svetu, grupni let. No završetak je — visoka preciznost, rekord dvojnog praktično jednovremenog sjajnog ateriranja brodova sa razmakom od 6 minuta — tačno prema rasporedu. Sve to potvrđuje da su dostignuti visoka tehnika i pouzdanost naših (sovjetskih) kosmičkih brodova.

Lansiranje dva kosmička broda u jednu orbitu i grupni let imaju veliki naučni značaj, jer su stvorili novi problem merenja rastojanja između dvaju kosmičkih brodova na orbiti. Minimalno rastojanje između brodova iznosilo je

5 kilometara. U toku svog dugog leta kosmonauti su sproveli opsežan program naučnih ispitivanja, čiji će rezultati još više obogatiti svetsku nauku.

Najpre je između kosmonauta, odnosno između dve kosmičke aparature, uspostavljena obostrana radio i televizijska veza. Domet zemaljske veze znatno je prelazio 10 hiljada kilometara. Upravljujući brodovima, svemirski piloti koordinirali su svoje radnje, izmenjivali izveštaje o situaciji, radu aparature i upoređivali rezultate osmatranja.

Let je otkrio mogućnosti manevrisanja u kosmosu, mogućnost susretanja brodova radi zamene komandi i popune rezervama goriva i produkata, prelaza sa jedne orbite na drugu, grupisanje brodova, kao i izrade i montiranja raznih konstrukcija u kosmosu. Izvršivši dugi kosmički let, bez obzira na radijaciju, kosmonauti su ostali živi i zdravi, na osnovu čega se može reći da će ostati živi i zdravi i posle leta na Mesec. »Sovjetski Savez će 3 godine pre Sjedinjenih Američkih Država uputiti čoveka na Mesec« — izjavio je doktor L. Uzil, stručnjak za kosmologiju u SAD.

Mi smo započeli principijelno novu fazu u osvajanju kosmosa, prešavši preko dubokih i principijelnih prepreka. Dva broda i dva kosmonauta istovremeno u kosmosu — to nije kvantitativna razlika u odnosu na prvi let, to je *kvalitativan skok* koji principijelno menja uslove budućeg leta i karakter ispitivanja kosmosa.

I Sjedinjene Američke Države dale su svoj doprinos u istraživanju kosmosa. Međutim, letovi Dž. Glena, M. Karpintera i V. Šire po svojoj važnosti daleko zaostaju iza onih koje su izvršili naši (sovjetski) kosmonauti. Agencija SAD UPI izveštava da su »sovjetski letovi pokolebali nade Amerikanaca da će u takmičenju sa Rusima pre stići na Mesec.« Direktor opservatorije u Džodrelbenku (Engleska), Bernard Lovel, izjavio je: »Rusi su u raketnoj tehnici toliko otišli napred, da su sadašnje američke perspektive da ih za sledećih deset godina dostignu u toj oblasti slabe.« Razvoj američke nauke i tehnike propraćen je krajnjim

naprezanjima, no, bez obzira na to, njihovi uspesi da manje zaostaju vrlo su mali. O tome smo poslednjih dana takođe postali očevici — novih neobičnih događaja.«

Ti uspesi ubedljivo pokazuju da naša zemlja, zemlja pobedničkog socijalizma, može rešavati najsloženije naučno-tehničke probleme, računajući i probleme vezane za izučavanje i osvajanje kosmosa. Novi uspesi u osvajanju kosmosa — to je pobeda socijalizma u mirnom takmičenju sa kapitalizmom.

Još na početku socijalističke izgradnje V. I. Lenjin izrekao je proročanske reči: »Sada će sva čuda tehnike i sva kulturna dostignuća postati opštenarodna svojina i od sada ih ljudski um i genije neće nikad pretvarati u sredstva nasilja i eksploatacije. Mi to znamo — i zar se ne isplati raditi i uložiti sve snage u ime tog najvećeg istorijskog zadatka? Trudbenici izvršavaju taj titanski istorijski zadatak, jer se u njima nalaze snage revolucije, preporoda i obnove.«

Put za sledeća istraživanja kosmičkog sunčanog prostora, ispitivanje sunčanog sistema i leta čoveka na druge planete, leže u prvom redu u razvoju nove nauke — kibernetike.

Kibernetika je prodrla u oblast koja je donedavno smatrana potpuno nedostupnom i isključivom privilegijom čoveka — u oblast umne, logičke delatnosti ljudskog mozga. Savremeni nivo razvitka radio-elektronike omogućava naučnicima i inženjerima da izrade takve uređaje koji će oslobođiti čoveka od potrebe da lično prati tok proizvodnih procesa i da njima lično upravlja. Izgrađene su mašine za upravljanje koje su sposobne da rešavaju raznovrsne i složene zadatke, da upravljaju proizvodnim procesima, vozovima, pomorskim brodovima, da pilotiraju avionima i tome slično.

Mašine za upravljanje omogućavaju da se pređe od automatizacije pojedinačnih mašina-alatljika i agregata na kompleksnu automatizaciju pokretnih traka, fabričkih odeljenja i kompletnih fabrika. A to, zapravo, otvara mo-

gućnosti novog neviđenog proizvodnog rada i povećavanja proizvodnje.

Nauka o upravljanju — kibernetika — rodila se na osnovu dostignuća elektronike i atomske fizike, automatičke i telemehanike, filozofije i matematike, lingvistike i drugih nauka koje na prvi pogled nemaju među sobom ničeg zajedničkog.

Pojava elektronskih digitalnih računskih mašina dovela je do brzog razvoja kibernetike koju je osnovao ugledni američki naučnik profesor matematike Masačusetskog tehnološkog fakulteta, Norbert Viner.

Preko deset godina N. Viner je utrošio na istraživanja čiji je rezultat bio osnivanje kibernetike. Razvojem računskih mašina Viner se počeo baviti 1940. godine. On je predložio i razradio osnovne principe izgradnje tih mašina. SAD u početku nisu učestvovali u ratu protiv hitlerovske Nemačke, tako da njegovi radovi u početku nisu privukli dužnu pažnju. Tek u toku drugog svetskog rata setili su se radova Vinera i ponudili mu da reši važne matematičke probleme, vezane za protivavionska gađanja i povećavanje efikasnosti protivavionske artiljerije, za razradu problema upravljanja reaktivnim projektilima i primene elektronskih računskih mašina. Tokom praktičnih projektovanja realizovane su neke teoretske postavke.

Formiranju teorije elektronskih mašina prethodio je dugi period sakupljanja teoretskih znanja, ispitivanja i eksperimenata iz oblasti nervnog sistema. U procesu ispitivanja i proučavanja elektronskih sistema za upravljanje primećeno je da ponašanje mašina umnogome podseća na ponašanje živih bića i da put u izgradnji mašine za upravljanje koja zamenjuje komplikovane funkcije operatora, leži u proučavanju nervnog sistema. Mada ima odlučujući značaj u životu organizma, nervni sistem još nije dovoljno proučen i teško se podvrgava proučavanju i neposrednom posmatranju, a i eksperimentima, kako sa ljudima, tako i sa životinjama. Trebalo je stvoriti praktičnu bazu za teoretske dokaze.

Za praktičnu potvrdu svojih mnogobrojnih ispitivanja i detaljnog proučavanja ovih analogija*) Viner se neko vreme u Institutu za fiziologiju u gradu Meksiku bavio ispitivanjem fiziologije višeg nervnog sistema.

Rukovodeći se učenjem velikog fiziologa Pavlova i obavljenim radom u Meksiku, Viner je došao do konačnog zaključka da proces upravljanja i prenošenja signala u tehničkim uređajima i živim organizmima imaju veliku sličnost.

Kao rezultat uspešnog objedinjavanja znanja iz oblasti matematike, elektronike i fiziologije Viner je razradio opštu teoriju upravljanja, nazvao je *kibernetikom* i izložio u dve knjige. Prva je štampana 1948. god. pod imenom »Kibernetika ili upravljanje i veza u životu biću i mašini«. U toj knjizi izloženi su opšti osnovi nauke o samoregulisanim uređajima i sistemima, nezavisno od toga da li ih je sagradila priroda ili čovek. U njoj se razvija ideja o značajnom podudaranju između procesa upravljanja u tehničkim uređajima i živim organizmima. Postojanje takvog podudaranja u nizu slučajeva dozvoljava da se ti kvalitativno različiti procesi predstave istim sistemima matematičkih jednačina.

Proučavanje procesa upravljanja u tehničkim uređajima i živim organizmima potrebno je radi šire primene mašina za upravljanje koje zamenuju rad čoveka. Svestrano pažljivo proučavanje ljudskog organizma, njegovih mogućnosti i ograničenja pomaže da se izgrade mašine za upravljanje koje složene funkcije operatora mogu da rešavaju brže i tačnije nego čovek.

U drugoj knjizi »Kibernetika i društvo«, objavljenoj u ruskom prevodu 1958. godine**), N. Viner pokušava da razmotri društvene posledice razvitka kibernetike i ra-

*) Analogijom se naziva mogući zaključak o sličnosti dva predmeta u nekoj osobini na osnovu njihove ustanovljene sličnosti u drugim osobinama. Zaključak će biti utoliko verovatniji ukoliko je više sličnih osobina i upoređivanih predmeta i ukoliko su te osobine bitnije.

**) Naše izdanje, Nolit 1964. — Prim red.

spravlja o moćnim i slabim stranama njenog stanja u kapitalističkom društvu. Stojeci na pozicijama naučnika-optimiste, on ističe velike perspektive razvitka kibernetike u mirnom razvoju čovečanstva. Mogućnost izgradnje uređaja sa samoupravljanjem, koji rade bez učešća čoveka, prirodno, privukla je usredsređenu pažnju stručnjaka koji rade u oblasti savremene ratne tehnike.

Najperspektivnija je izgledala primena elektronskih računskih uređaja. Brzina obrade informacija, gipkost pri prelasku sa jednog zadatka na drugi, posedovanje sopstvene »memorije« i izvesna samostalnost elektronsko-računskih mašina koje duže vreme rade bez intervencije operatora, sve to predstavlja kvalitativno novu pojavu vrlo važnu za savremeno ratno iskustvo i ratnu tehniku. Tako je kibernetika počela da prodire u vojsku, a pre svega u izgradnju računskih mašina za upravljanje.

To ipak ne znači da se kibernetika u vojsci ograničava samo na korišćenje elektronskih digitalnih mašina. Takva postavka ne bi bila sasvim pravilna, jer je teorija brzih računskih mašina, kao što ćemo kasnije videti, samo jedan od osnovnih pravaca kibernetike.

Kao što se vidi iz pisanja strane štampe, vojni ideo-lozi kapitalističkih zemalja koji stvaraju agresivne planove za otpočinjanje rata, polažu u kibernetiku velike nade. Neki vojni stručnjaci SAD i Engleske spremaju se da vode takozvane »male ratove«, uz široku primenu kibernetičkih ratnih mašina umesto žive sile. Takve tendencije se propagiraju na predavanjima, u brošurama, časopisima i sl. U isto vreme buržoaski vojni predstavnici s ogorčenjem priznaju da su prvu etapu »hladnog rata« gotovo izgubili, ali se spremaju da drugu etapu sa »pametnim« mašinama bez ljudi dobiju (!). Ima se u vidu ne suviše nova buržoaska ratna doktrina o ratovima sa malim supermehaniziranim armijama bez vojnika. Američki i engleski vladajući krugovi ubedjuju finansijere da će u budućem ratu kibernetičke mašine moći gotovo potpuno da zamene vojnike i potrebno je samo davati više sredstava za njihovu proizvodnju.

U vezi s tim, karakteristično je pisanje časopisa »Amerika«: »Princip rada elektronskih uređaja, a pogotovo elektronskih mašina, za ogromnu većinu Amerikanaca je toliko zagonetan, gotovo kao tajna života«. U SAD je oko kibernetičkih mašina stvorena neprekidna reklamna vika, nastavljaju da im se pripisuju fantastične osobine i neverovatne mogućnosti kao remek-delo »američke supernaute« i ratne tehnike.

U američkoj štampi*) se sve češće i šire propagira ideja »malih ratova«, a takođe priprema oružanih snaga ne samo za opšti atomski rat, već i za rat uz primenu običnog oružja, opremljenog savremenim kibernetičkim mašinama i elektronskim uređajima. Stručnjak za pitanja spoljne politike SAD doktor G. Kissinger, u svojoj knjizi »Atomsko oružje i spoljna politika«, i bivši načelnik generalštaba armije SAD, general M. Tejlor, u članku »Naša velika zabluda«, zahtevaju brzi prelazak američkog vojnog sistema na kurs koji oni predlažu i veća ulaganja za klasično naoružanje.

General M. Tejlor piše da je politika pripremanja oružanih snaga samo za atomski rat pretrpela potpun krah ubrzo posle njenog usvajanja. On se poziva na to da je od 1945. godine u svetu došlo do osamnaest sukoba, ali se ni u jednom od njih nije primenilo atomsko oružje i zbog toga smatra neophodnim pripremanje vojske ne samo za atomski već i za običan rat.

Pozivi na ideje »malih ratova« zasnovani su na nemoći američkog imperijalizma. Pošto ne raspolažu potrebnim snagama za uništenje socijalizma na zemljinoj kugli pomoći opštег atomskog rata, imperijalisti pokušavaju da tu bezumno ideju ostvare na drugi način. Oni računaju da će »malim ratovima« postići postepeno otcepljivanje od socijalističkog lagera jedne zemlje za drugom, uz jednovremeno ugušivanje vojnom snagom nacionalno-oslobodilačkih pokreta u kolonijama i zavisnim državama. Treba podvući da je život, ne jedanput, opovrgao slične »teo-

*) Look, novembar, 1959.

rije« i »doktrine«. Takva ista sudbina čeka i »doktrinu« o malim supermehanizovanim armijama, kao i besmislenu strategiju »malih ratova«.

Savremeni ratovi uvlače u svoju orbitu ne samo oružane snage već, uglavnom celo stanovništvo, sve materijalne rezerve zaraćenih strana. U prvom svetskom ratu od 1914. do 1918. god. neposredno je učestvovalo na obe zaraćene strane oko 70 miliona ljudi, a u pozadini, za materijalno obezbeđivanje dejstva trupa na frontovima, radile su stotine miliona ljudi.

Drugi svetski rat je pokazao rastući uticaj mašinske tehnike na način vođenja oružane borbe i zahtevao ogromne materijalne troškove i moćnu odbrambenu industriju. Dovoljno je setiti se da je za vreme velikog otadžbinskog rata naša (sovjetska) industrija izradila za Sovjetsku armiju mnogo granata, bombi i mina, a jedna fabrika je za to vreme izradila 100.000 topova. Naša artiljerijska i minobacačka industrija je za poslednje tri godine rata proizvodila svake godine do 120.000 oruđa svih kalibara, do 450.000 puškomitrleza i teških mitraljeza, više od 3 miliona pušaka i oko 2 miliona automata. Poznato je, na primer, da je samo 1944. god. proizvedeno oko 240 miliona granata i 7,4 milijardi metaka. Sve je to dala teška industrija. Bez nje mi ne bismo mogli izdržati veliki otadžbinski rat, i ne samo izdržati, već i pobediti.

U posleratnom periodu svetska, a naročito sovjetska nauka i tehnika otišle su daleko napred. Sva naučno-tehnička dostignuća smatramo novim uspesima na putu ka boljem životu ljudi. U našoj zemlji ona se koriste pre svega u mirnodopske svrhe, u interesu izgradnje komunističkog društva. Međutim, u vezi sa nepovoljnom međunarodnom situacijom postalo je neophodno da se kibernetika primenjuje i u vojsci. Takva savremena vojnотehnička pitanja, kao što su razrada metoda i načina za usavršavanje procesa komandovanja trupama, određivanje povoljnih uslova u kojima trupe i ratna tehnika obezbeđuju postizanje maksimalnog bojnog efekta, i niz drugih pitanja, u stvari su kibernetički problemi u vojsci. Sve te probleme uspešno

rešavamo. Danas su sovjetske oružane snage, zahvaljujući brizi Partije i vlade, snabdevene snažnom raznovrsnom prvoklasnom ratnom tehnikom, sposobnom da efikasno rešava postavljene zadatke odbrane otadžbine.

Upoznavanje sa najnovijim tehničkim dostignućima i njihovom praktičnom primenom nemoguće je bez poznavanja elektronike i, još uvek relativno mlade grane nauke, kibernetike. Sasvim je jasno da naša radoznala i odvažna omladina treba da proučava sve novo što se uvodi u vojsku. Da bi bio nepokolebljiv i sposoban branilac otadžbine, čovek mora da bude vrlo svestan i mora dobro da vada savremenom tehnikom.

I. BROJEVI I VELIČINE, PROSTE I SLOŽENE MAŠINE ZA RAČUNANJE

Teško je zamisliti savremenog čoveka koji nešto ne meri i izračunava.

Još u davnoj prošlosti, u svesti ljudi počela su se formirati dva vrlo važna pojma koja su se neprekidno razvijala, usavršavala i došla do naših dana u vidu pojma veličine i broja. U praktičnom radu čovek je već na najranijim stepenima kulture shvatio da je okružen različitim količinama istih predmeta. On je shvatio da su pred njim, recimo, dva drveta a ne jedno, tri kamena a ne dva itd. Uporedo s tim on je morao uzimati u obzir da je drveće različite visine, da je jedan kamen teži, a drugi lakši. Prosto brojanje predmeta neizbežno je dovelo do upotrebe celih pozitivnih brojeva, a kvalitativno upoređivanje istih predmeta — do pojma veličine.

U istoriji duhovnog razvitka čovečanstva, veoma važnu ulogu igra pojava računanja koje predstavlja početak matematike. U prastaro doba, kod nekih naroda je postojalo najprostije brojanje do dva. Tri je već bilo »veoma neodređeno«. Kod mnogih naroda postojale su specijalne oznake za okrugle predmete, za dugačke palice, čamce i tsl.

Načini *brojanja i pisanja* brojeva neprekidno su se tokom vremena menjali i usavršavali. Poznato je da su se u početku pojavili tzv. *nepozicioni sistemi računanja*, kod kojih se svaki broj označavao odgovarajućim znakom. Rimski sistem pisanja brojeva, koji se sačuvao do naših dana, varijanta je takvog sistema. Njegovi su osnovni brojevi: V (pet), X (deset) i drugi. Ostali brojevi se pišu dodavanjem

ili oduzimanjem osnovnih brojeva jednih od drugih. Na primer, četiri se piše ovako: IV (pet minus jedan); sedam — VII (pet plus dva), devet — IX (deset minus jedan) i slično.

Zatim su se pojavili pozicioni sistemi računanja, kod kojih se bilo koji broj pokazivao ograničenom količinom simbola. Postao je važan ne samo simbol već i njegovo mesto, pozicija u pisanju broja. Pojavila se poziciona vrednost — nula — za oznaku »ništa«, što je najveća zasluga Indusa. Pronalazak nule učinio je isto tako veliki uticaj na aritmetiku kao pronalazak slova na pismo. Nepoznavanje nule dugo je kočilo dalji razvoj računa. Do njenog pronađaska, čim je račun izlazio van granica da može biti obavljen na prstima ili računaljci, bila je to tajna dostupna samo njobrazovanim ljudima. Pojavom nule nastupila je demokratizacija matematike.

Sistem pisanja brojeva kojim se danas koristimo jeste pozicioni. Tako, znak 3 napisan na prvoj poziciji shvatimo kao tri jedinice, a ako je taj isti znak napisan na drugoj poziciji, već ga shvatamo kao tri desetice — trideset. Zahvaljujući tako pogodnom načinu pisanja, postalo je moguće uz pomoć devet znakova 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 i nule napisati bilo koji broj. S obzirom na to da se pri predstavljanju brojeva koristimo (zajedno sa nulom) sa deset cifara, sistem se naziva decimalni. Broj »deset« se naziva osnovom decimalnog sistema.

Kada su u praktičan život ljudi ušle jedinice za merenje veličine, među brojevima i veličinama je uspostavljen određeni odnos. U matematičkim i filozofskim rado-vima prastarih naučnika nalazimo strogu podelu veličina i brojeva. Razlika između veličine i broja za stare Grke je bila toliko bitna, da je starogrčki matematičar Euklid koji je živeo u Aleksandriji 300-te godine pre naše ere, u svojim »Elementima« smatrao neophodnim da sve stavove dokazane za neprekidne geometrijske veličine dokaže ponovo za brojeve, i obratno.

Zbližavanje pojmljova broja i veličine završilo se u početku XVIII veka pronalaskom analize beskonačno malih veličina. Uz pomoć pojma granice uspostavljen je siguran

logički most između neprekidnih i diskretnih*) veličina. Postojanje dve kategorije veličina ostavilo je dubok pečat na ceo tok istorijskog razvijanja matematike. Proučavanje »neprekidnih« veličina i različitih odnosa među njima dovelo je do napretka geometrijskih grana matematike i razvijanja analize. Učenje o brojevima pretvorilo se u razvoj aritmetike i teorije brojeva.

Razlika između broja i veličine nije bila aktuelna samo u prvim etapama razvijanja matematike. Ona i danas nije izgubila svoj značaj. Vidimo to i u oblasti savremene elektronske računske tehnike kojom se obeležava nova etapa u razvijanju matematičkih nauka.

Početak automatizacije računanja takođe datira od prastarih vremena. Odavno su ljudi tražili da stvore pogodne sisteme računanja i koristili su se svim mogućim pomoćnim sredstvima. Razvitkom zanata, trgovine, moreplovstva i astronomije čovek je morao da obavlja sve više različitih izračunavanja. U Kini, Indiji i drugim zemljama drevnog istoka u tu svrhu su pronašli pomoćno sredstvo — specijalnu računsku dasku nazvanu abak. Zatim se ona pojavila u zapadnoj Evropi, gde su se njome koristili do XVIII veka. Ta daska je imala uzdužne žlebove, od kojih je svaki odgovarao određenoj brojnoj poziciji. U žlebove su se smeštali kamenčići radi popunjavanja broja jedinica odgovarajuće pozicije. Kada je broj kamenčića u jednom od žlebova pri računanju dostigao deset, zamjenjivali su ih jednim kamenom u susednom žlebu koji je predstavljao sledeću poziciju.

Danas je savremenoj nauci poznato da su se u staroj Grčkoj izradivale složene matematičke mašine. Od 1901. god. u Grčkom nacionalnom muzeju čuvala se neuređena gomila raznih bronznih predmeta, oštećenih dugim stajanjem u morskoj vodi. Te zagonetne predmete su sa morskog dna podigli skupljači sunđera blizu grčkog ostrvca Antikitera. Kraј ostrva je nekad potonula lada. Ustanovljeno je da predmeti potiču iz prvog veka pre naše ere, ali

*) Diskretan — razdvojen, prekidan.

je bilo nemogućno odrediti njihovu namenu i poreklo, jer su delovi predmeta bili oštećeni od korozije i kiseline.

Nedavno su grčki naučnici sve pronađeno podvrgli odgovarajućoj obradi i brižljivoj restauraciji. Pokazalo se da su to ostaci prilično složene mehaničke računske mašine koja se sastojala iz mnoštva zupčanika, poluga za upravljanje i tablica sa astronomskim oznakama i natpisima. Grupa istoričara, lingvista i arheologa ustanovila je da je mašina rešavala niz matematičkih jednačina i bila namenjena u astronomske svrhe. I ranije nam je bilo poznato da su stari Grci mogli vrlo tačno da predvide takve pojave kao što su izlazak i zalazak zvezda, mesečeve mene, pomračenje sunca i kretanje planeta, a ta činjenica pokazuje da su se u tu svrhu koristili mašinom za računanje.

U Kini i staroj Rusiji, za aritmetička izračunavanja su se upotrebljavale računaljke sa kuglicama nanizanim na konce ili žice. Ti mehanizmi su bili prvi računski uređaji, preteće savremenih kancelarijskih mašina za računanje. Treba odati priznanje onome ko ih je izmislio. Bez njih ne bi bilo ni »mašina za pamćenje« čiji je rad zasnovan na istom tom principu računanja po pozicijama. Najprostije računske sprave i mehanički brojači razlikuju se pre svega po načinu prenosa desetica. Kod prvih, desetice se prenose ručno, a kod drugih — automatski.

Prvu računsku mašinu — mehanički aritmometar — pronašao je poznati francuski fizičar i matematičar Blez Paskal 1642. god. da bi olakšao posao ocu, porezniku u Normandiji. Aritmometar je bio vrlo prost. Sastojao se od zupčanika i samo je sabirao dva broja. Na Paskalovom aritmometru bilo je mogućno sabirati višecifrene brojeve, ali su se brojači morali predavati po pozicijama. Najpre su se nameštale i brojaču predavale jedinice, zatim desetice, stotine itd. Zbog neusavršenosti mehanizma predaje dekada, brojač nije mogao odjednom da primi sve brojeve. Posmatrano sa današnje tačke Paskalova mašina je prelaz između prostog brojača — registratora i mašine sa mehaničkim brojačem.

1964. godine, tu mašinu poboljšao je nemački naučnik-matematičar Lajbnic i ona je postala prototip mehaničkog aritmometra. Računanje na takvom uređaju obavljalo se okretanjem malog stepenostog valjka sa različitim brojem zubaca, koji su pri okretanju zahvatili cifarski točak i pokazivao se broj.

Pravu revoluciju u oblasti automatizacije aritmetičkih operacija učinio je specijalni zvaničnik sa promenljivim brojem zubaca, pronašao inženjera petrogradske ekspedicije za pripremu državnih akata V. T. Odnera iz 1874. Isto kao što se na kancelarijskim mašinama za računanje brojevi fiksiraju premeštajem odgovarajućeg broja kuglica, kod dobro smisljenog »točka V. T. Odnera« oni su se fiksirali pomeranjem unapred potrebnog broja zubaca.

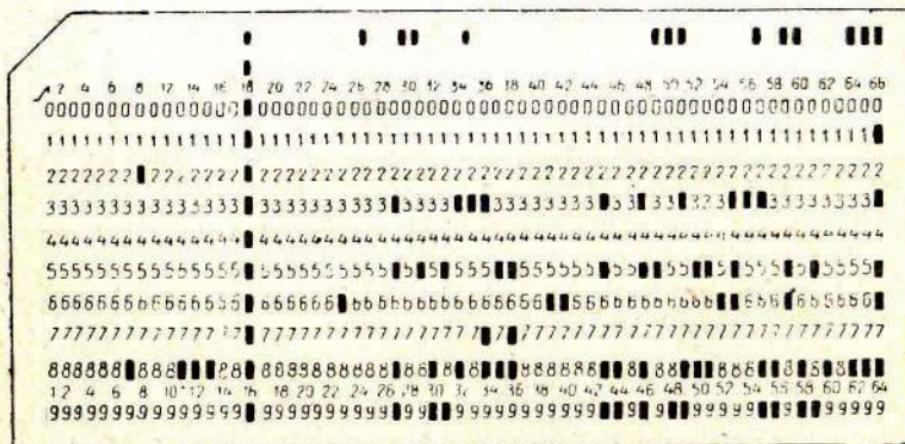
Ipak, računske mašine iz vremena V. T. Odnera imale su jedan osnovni nedostatak: rezultati su svaki put morali da se zapisuju na list hartije. Savremeni aritmometri — najrasprostranjenije, prenosne i jektive mašine za računanje, izrađene su na principima »Odnerovog točka«. Istaknuti ruski matematičar akademik P. L. Čebišev je 1878. godine takođe izradio mašinu za mehaničko sabiranje i oduzimanje. Nešto kasnije on je svoj uređaj dopunio mehanizmima za množenje i deljenje.

1911. god. akademik A. N. Krilov izradio je maketu mašine za rešavanje diferencijalnih jednačina primenom mehaničkih naprava za sabiranje, množenje i integriranje. Zatim su razrađene matematičke mašine i računari kod uređaja za upravljanje artiljerijskim oruđima.

Krajem prošlog veka, uporedo sa ručnim aritmometrima, pojavile su se prve stone mašine za računanje sa električnim pogonom. Čovek koji je računao morao je ručno uvoditi u mašinu početne podatke, pritisnuti dirlu odabrane aritmetičke operacije i zapisati dobijeni rezultat.

Tek je kod računsko-analitičkih mašina koje su se pojavile početkom XX veka ostvareno mehanizovano uvođenje početnih brojeva i posebnih signala za upravljanje radom mašine. Signali za upravljanje radom mašine i brojevi za-

daju se izbušenim rupicama na papirnim karticama po unapred sastavljenom planu. Takve kartice su dobile naziv perforisane kartice.*) (Sl. 1).



Sl. 1. — Perforisana kartica sa probijenim otvorima

Perforisane kartice su pravougaonog oblika određene dužine, širine i debljine sa jednim odrezanim ugлом, načinjene od tankog elastičnog kartona. Odsečeni ugao perforisane kartice dozvoljava da se u slogu lako otkrije perforisana karta koja nepravilno leži. Cela površina standardne perforisane karte podeljena je na 12 horizontalnih perforacionih pozicija i 45 ili 80 vertikalnih kolona. Zapисivanje se izvodi bušenjem otvora u tačkama preseka vertikalnih kolona i pozicija. Po položaju otvora u ovoj ili onoj poziciji određuje se vrednost zapisane cifre.

Na primer, ako je otvor probušen na najnižoj poziciji, to znači da je tamo zapisana cifra 9, a ako je na drugoj poziciji odozdo — 8 itd. Na samom vrhu kartice, iznad pozicije nule, nalaze se dve dopunske pozicije (jedanaesta i dvanaesta) koje se koriste za bušenje pomoćnih otvora čija je namena automatsko upravljanje radom mašine.

*) Stvaranje automatskih računskih mašina koje se koriste perforisanim karticama nije novina sadašnjosti, već pripada engleskom matematičaru Čarlu Bebedžu (1790—1871. godine).

Otvori se buše na specijalnim mašinama-perforatorima. Pripremljen slog perforisanih kartica stavlja se radi obrade u drugu mašinu, nazvanu tabulator. Njeni prijemni delovi na odgovarajući način reaguju na postojanje ili nepostojanje otvora na perforisanim karticama. Tabulator sabira i oduzima brojeve zapisane na perforisanim karticama, a rezultati računa se štampaju na hartiji. Na taj način je u računsko-analitičkim ili računskim mašinama sa perforisanim karticama prvi put mehanizovan proces množenja brojeva i upravljanje mašinom.

Upotreba računsko-analitičkih mašina naročito je efikasna pri masovnom rešavanju kratkih istorodnih zadataka. Zbog toga su te mašine konstruisane za statistiku knjigovodstveni račun i finansijsko-bankarske poslove. Za rešavanje složenih matematičkih zadataka koji se pojavljuju u savremenoj nauci i tehnici one su se pokazale nepodesnim.

Tek je 1945. god. izrada elektronskih računskih mašina koje mogu da obavljaju računske operacije dotad neviđenom brzinom, učinila preokret u primeni matematike u rešavanju savremenih problema iz oblasti nauke i tehnike. Pojava brzih elektronskih računskih mašina izazvana je potrebom da se rešavaju obimni i složeni matematički zadataci u takvim oblastima nauke kao što su atomska fizika, reaktivna tehnika, radio-elektronika, protivavionska artillerija i tome slično.

Brze elektronske mašine su najznačajnije dostignuće tehnike u poslednje vreme. One su omogućile da se deset i sto hiljada puta ubrzaju proračuni, a da se sačuva neophodna tačnost. Zahvaljujući njima postala su mogućna izračunavanja koja su ranije uopšte bila nedostupna čoveku zbog toga što mu je život ograničen.

Najblistaviji primer tehničkog rešenja jednog od najvažnijih naučnih problema je izbacivanje veštačkih zemljinih satelita i kosmičkih raketa prema Mesecu i na Mesec. Određivanje elemenata njihove putanje obavljalo se na elektronskim računskim mašinama na osnovu podataka koji su od automatizovanih radarskih stanica automatski

dolazili u koordinaciono-računski centar. Obrada rezultata merenja omogućavala je davanje podataka o kretanju kosmičke rakete i određivanje onih delova vaspionskog prostora u kojima su se obavljala naučna osmatranja.

Prvo preim秉stvo savremene elektornike digitalne mašine sastoji se u tome što ona za jednu sekundu obavlja nekoliko desetina pa čak i stotina hiljada aritmetičkih operacija. Iskusni kalkulant može u toku jedne smene uz pomoć aritmometara i stonih mašina da obavi 1000—2000 računskih operacija. Ako se ove cifre uporede sa onima koje daje savremena elektronska računska mašina, shvatiće se kolosalan kvantitativni i kvalitativni skok u oblasti računske tehnike.

Pri tome, složenost i obim zadatka koji se rešavaju na elektronskim računskim mašinama stalno se povećavaju. Uporno se ispituju mogućnosti usavršavanja mašina da bi se povećala brzina rada. Karakterističan je primer holandskog matematičara Ludolfa Cejlena koji je za ceo svoj život (1510—1600. god.) mogao da izračuna poznati broj π (odnos obima kruga i njegovog prečnika) s tačnošću samo do 34-tog decimala.

Obično se zadovoljavamo veličinom π , jednakom 3,14. Engleski matematičar Šenks takođe je htio da sa velikom tačnošću izračuna broj π koji sa četiri decimala iznosi 3,1416. Uz pomoć olovke i hartije on je izračunao π sa 707 decimala, izgubivši za to više od 15 godina. Treba primetiti da je račun Šenkса izvršen pre više od sto godina i tada on nije imao nikakav praktičan značaj.

Kada su taj zadatak 1949. godine postavili jednoj od prvih elektronskih računskih mašina, ona je pokazala iznenađujuću mogućnost, izračunavši veličinu π sa 2048 decimala za manje od 24 časa. Broj e (osnova prirodnih logaritama) koji igra ogromnu ulogu u matematici, fizici, astronomiji, ne može biti tačno izražen. Izračunavali su ga samo približno. Na elektronskoj mašini izračunali su taj broj za 80 časova sa tačnošću do dve hiljaditog znaka.

Da bi, na primer, izračunali vibraciju savremenog aviona u letu, neophodno je da 10 kalkulanata radi oko

tri meseca, a elektronska digitalna mašina obavi to za 30—40 minuta.

Druga prednost elektronskih računskih mašina sastoji se u tome što one rade na principu digitalnog računa i zahvaljujući tome daju rezultate sa vrlo velikim stepenom tačnosti. Kod digitalnog računa tačnost izračunavanja određuje se jedino brojem pozicija koje učestvuju u računanju. Prema tome, tačnost se određuje jedino brojem elemenata uređaja. Mašina sa većim brojem pozicija povećava tačnost računa.

Treća prednost elektronskih računskih mašina sastoji se u tome što se na jednoj istoj mašini mogu rešavati najraznovrsniji zadaci. Ta okolnost je neobično značajna, jer ako bi za svaki tip vojnotehničkih zadataka bilo potrebno konstruisati specijalizovanu mašinu, one ne bi, na kraju, ni dobile tako široku primenu.

Prva elektronska digitalna računska mašina ENIAC izrađena je na Pensilvanskom univerzitetu u SAD ubrzo posle drugog svetskog rata. Ta mašina, namenjena za proračun putanja bombi i projektila, bila je vrlo glomazna, imala je 18.000 elektronskih cevi i 1.500 elektromehaničkih releja. Brzina sabiranja i oduzimanja dostizala je 5.000 brojeva u sekundi. Bez obzira na sve nedostatke, mašina je odmah pokazala ogromne mogućnosti koje u sebi krije nova elektronska računska tehnika. Od tog vremena počeo je nagli razvitak nove grane industrije — izgradnje elektronskih računskih mašina.

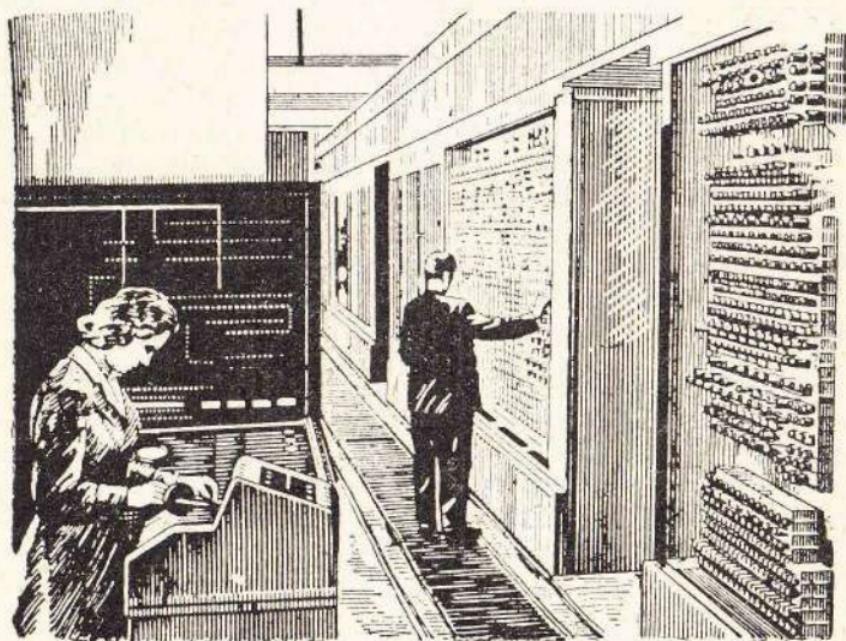
U Sovjetskom Savezu, početak rada na izgradnji elektronskih računskih mašina pada u 1949—1950. godinu. Prva elektronsko-računska mašina MESM izrađena je pod rukovodstvom akademika S. A. Lebedeva u Matematičkom institutu Akademije nauka SSSR. Na MESM je 1951. izvršen proračun prenosa elektroenergije na liniji Kujbišev—Moskva.

Svima je poznata univerzalna brza elektronsko-računska mašina BESM (sl. 2) koja je izrađena 1953. godine u Institutu precizne mehanike i računske tehnike Akademije

nauka SSSR. Ona je bila namenjena za izvođenje složenih računskih operacija iz raznih oblasti nauke i tehnike i bila je najsavršenija brza mašina u Evropi.

Karakteristična crta takvih velikih računskih mašina, kao BESM, je njihova univerzalnost. To znači da ista mašina može da rešava najrazličitije zadatke: da prevodi s jednog jezika na drugi, da igra šaha, da igra dame i rešava složene matematičke zadatke.

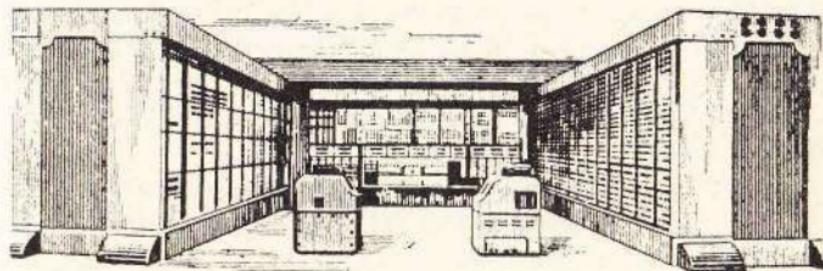
Sabiranje brojeva pomoću BESM obavlja se za 70—222 milionita dela sekunde, a množenje za 240 milionitih delova sekunde. To u proseku predstavlja 7.000—8.000 operacija sa devetocifrenim decimalnim brojevima. Takve brzine je teško zamisliti, ali ni one sada ne predstavljaju gornju granicu. Mašina ima oko 5.000 elektronskih cevi i zahvaljujući tome ima visoku tačnost računanja. Na milijardu operacija BESM ne daje više od jedne greške. Zauzima prostor od oko 100 m², a potrebna snaga je 75 kW.



Sl. 2 — Univerzalna elektronsko-računska mašina BESM

Nedavno je počela da radi nova i bolja mašina BESM-2 (poboljšana varijanta BESM-1) koja je sposobna da u sekundi izvrši 10.000 aritmetičkih operacija. Ona je manja po dimenzijama i zgodnija za upravljanje. Uredaj za pamćenje (memorija) nije konstruisan na bazi glomaznih elektronskih cevi, već na bazi feritnih jezgara. Mašina je postavljena u čuvenom računskom centru pri Letonskom državnom univerzitetu P. Stručka. BESM-2 je sposobna da rešava najsloženije zadatke za naučnoistraživačke ciljeve, nacionalnu ekonomiju, a može i da prevodi. Računski centar uslužuje industrijska preduzeća i naučne ustanove Letonije i drugih pribaltičkih republika.

Od 1953. godine sovjetska industrija je počela proizvoditi univerzalnu brzu digitalnu računsку mašinu »strela« (Sl. 3). Niz njenih uzoraka efikasno se koristi u naučnoistraživačkim ustanovama. Brzina rada maštine sa brojevima je 2.000—3.000 operacija u sekundi uz visoku tačnost. Na njoj se mogu rešavati bilo kako složeni i po obimu



Sl. 3 — Elektronska digitalna računska mašina »strela«

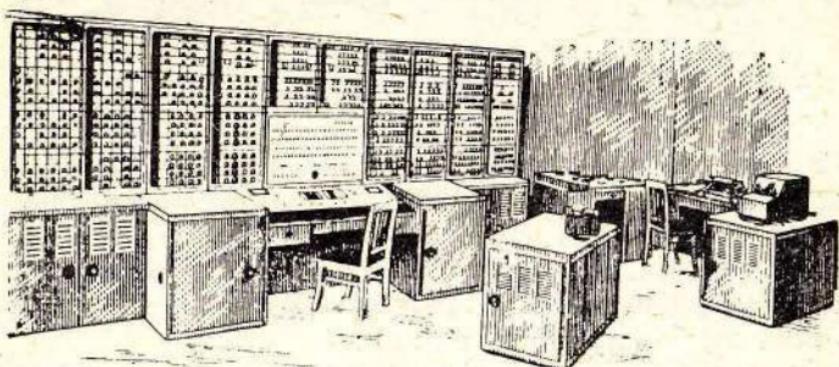
veliki zadaci. Mašina ima 6.400 elektronskih cevi i zahteva izvor napajanja snage do 120 kW. Težina joj je 33 t, a zauzima površinu od 120 m². 1958. godine u Akademiji nauka USSR izgrađena je računska mašina »kijev«. Po dimenzijama ona je tri puta manja od »strele«, a obavlja dva puta više operacija u sekundi.

Osim velikih mašina tipa BESM i »strela« izrađen je niz srednjih i malih univerzalnih mašina. Tu spadaju, na

primer, mašine M-2 i M-3, izrađene još 1952. god. u Laboratoriji mašina za upravljanje Akademije nauka SSSR. Te male mašine imaju niz prednosti. One su proste i jeftinije u eksploataciji. U cilju automatizacije M-2 se može montirati u sam blok nekog specijalnog tehničkog sistema. Mašina ima 1.670 elektronskih cevi i rešava složene zadatke sa velikom tačnošću i brzinom većom od 2.000 aritmetičkih operacija u sekundi. Smešta se na površinu od 22 m². Potrebna snaga je 29 kW. Mašina M-3 je još kompaktnija: svi njeni uređaji smešteni su u tri mala reka koji imaju ukupnu površinu 3 m².

Jedan od najrasprostranjenijih domaćih malih univerzalnih mašina je »ural«, koja je konstruisana 1954. (sl. 4). Ta mašina ima 800 elektronskih cevi, 3.000 germanijumskih dioda i zahteva snagu od 8 kW. Za smeštaj mašine potrebna je površina od oko 40 m². Ona radi brzinom od 100 operacija u sekundi, operišući brojevima sa 35 binarnih pozicija. Mašina se sastoji od velikog broja elemenata (vidi stranu 107). Operativna memorija mašine kapaciteta 1.024 reči ostvarena je pomoću magnetnog doboša; brzina okretanja doboša je 6.000 obrtaja u minuti, što omogućava pristup u bilo koju čeliju memorije za 10 milisekundi. Spoljni akumulator na magnetnoj traci ima kapacitet do 4.000 reči.

Za uvođenje podataka u mašinu upotrebljava se standardna perforisana kinotraka širine 35 mm. Čitanje sa



Sl. 4 — Mala elektronska digitalna računska mašina »ural«

trake ostvaruje se pomoću foto-čitača koji pri prolazu otvora na traci šalju u mašinu električne signale. Pri radu spoljnog akumulatora traka se pomera brzinom od 2 m/sek, što obezbeđuje brzinu upisa ili čitanja od 4.500 brojeva u minuti. Dobijeni rezultati štampaju se na papirnoj traci brzinom od 100 brojeva u minutu. Ovakve mašine već rade u Indiji, Čehoslovačkoj, NDR i Mađarskoj. Mašina se naširoko primenjuje za rešavanje inžinjerijskih zadataka u naučnoistraživačkom i projektantskim organizacijama. Na primer, sistem diferencijalnih jednačina koje opisuju kretanje aviona, za čije bi rešavanje ručnim putem trebalo oko godinu dana, mašina »ural« rešava za četiri časa.

Nedavno je na hiruškom institutu A. V. Višnjevskog Akademije medicinskih nauka SSSR osnovana laboratorija za kibernetiku, u kojoj je postavljena elektronska računska mašina »ural 2«. Sada je »uče« da pomaže lekaru u postavljanju dijagnoze kod nekih urođenih srčanih mana. Zatim, kada se nakupe »opiti«, mašina će moći da pomaže lekarima u otkrivanju i drugih bolesti.

Danas lekar sakuplja rezultate analiza i različitih ispitivanja, izjave bolesnika o njegovom subjektivnom osećanju, a zatim, oslanjajući se na svoja lična zapažanja, brižljivo izučava sve te podatke da bi ustanovio dijagnozu. Taj posao je veoma složen i zahteva veliki gubitak vremena. Teškoća se još povećava, na primer, time što postoji više od 80 podvrsta urođenih srčanih mana. Sada se svineophodni podaci o bolesniku, zapisani pomoću kodova na perforisanu karticu, uvode u »pametnu« mašinu koja kroz nekoliko sekundi saopštava podatke za postavljanje kočnane dijagnoze, a lekar određuje najkorisniji metod lečenja.

Ubuduće mašina će rešavati složenije medicinske zadatke, na primer, u hirurgiji, bitno skraćujući vreme operacije, davaće hitne preporuke u saglasnosti sa stanjem bolesnika koga operišu, automatski će ubacivati u arteriju potrebne količine krvi, fiziološkog rastvora itd. Mašina »koja misli« može sugerisati lekaru dijagnozu ne samo srčanim već i drugih bolesti. Kada elektronska računska

mašina bude »imala više medicinsko obrazovanje«, u njenoj memoriji će se čuvati svi simptomi karakteristični za mnoštvo najrazličitijih bolesti. U takvu mašinu sa perforisane katrice uvodi se informacija o stanju organizma ispitivanog pacijenta i informacija o prisustvu posebnih simptoma. Analizirajući ih automatski, mašina daje zaključak o najverovatnijoj varijanti bolesti.

Mašina »ural 2« pomaže medicini u sagledavanju slike električne aktivnosti mozga. Uz pomoć specijalnih aparaata pojačava, a zatim zapisuje na film procese raznih delova velikog mozga. Ovo omogućava praćenje konstantno promenljivog stanja.

Vreme kao faktor prilikom operacije ponekad ima odlučujući značaj za povoljan ishod, zbog čega će uporedo sa drugim kvalitetima u ratnoj medicini, a naročito u ratnoj hirurgiji, elektronske mašine biti nezamenljivi pomoćnici i savetnici lekara.

Nedavno je naša elektronska industrija proizvela mašinu »ural 4«. Ta univerzalna digitalna elektronska mašina namenjena je za rešavanje velikog broja naučnih i inžinjerijsko-ekonomskih zadataka koji su u vezi sa prijemom, čuvanjem, obradom i izdvajanjem velikog broja informacija. Mašina je sposobna da obavlja 5.000—6.000 aritmetičkih operacija u sekundi pri rešavanju inžinjerijskih zadataka i 9.000—10.000 operacija pri rešavanju ekonomskih zadataka. U memoriji mašine čuva se 4.098 reči; svaka od njih ima 20 binarnih pozicija.

Mašina ima 2.500 elektronskih cevi. Spoljni akumulator na magnetnoj traci ima kapacitet 5 miliona reči. Potrebna snaga iznosi 40 kW. Cela mašina može se smestiti u sobu površine 150 m². Relativno velike dimenzije i značajna potrošnja energije objašnjavaju se time što mašina ima veliki broj različitih uređaja koji joj obezbeđuju potrebne podatke i koriste se rezultatima njenih izračunavanja.

U poslednje vreme sovjetski naučnici su konstruisali još niz brzih elektronskih računskih mašina: »minsk-2«, »erevan«, »razdan-2« i druge. Digitalna mašina »razdan-2«

izvedena je sa poluprovodnicima i feritima. Srednja brzina računanja je 5.000 operacija u sekundi. Operativna memorija je kapaciteta 2.048 reči, sa 38 binarnih pozicija. Spoljna memorija na magnetnoj traci ima kapacitet 120.000 reči ili komandi. Površina koju zauzima mašina je 20 m², a potrošnja je 3 kW.

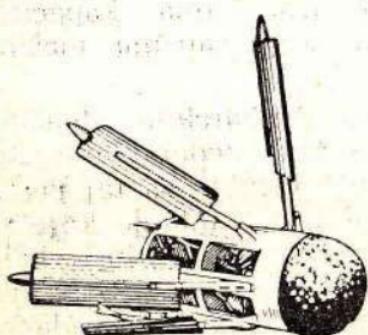
»Razdan-2« može rešiti sistem algebarskih jednačina sa 800 nepoznatih za manje od dva dana. Jedan matematičar bi običnim metodama računanja izgubio za taj posao 300 godina. Za izračunavanje vrednosti funkcije koje se susreću kod difrakcije svetlosti, jednom čoveku bi trebalo 15.000 godina neprekidnog rada. Mašina »razdan-2« rešava taj zadatak za 36 dana. Rešavanje matematičkog zadatka — nalaženje maksimuma funkcije dva argumenta na mašini »razdan-2« traje 35 min. Za rešavanje istog tog zadataka običnim metodama potrebno je da 25 ljudi radi neprekidno 9 meseci.

Mašina »minsk-2« takođe je izvedena sa poluprovodnicima. Srednja brzina računanja — 6.000 operacija u sekundi. Operativni akumulator sa feritnim jezgrima je kapaciteta 4.096 reči, sa 37 binarnih pozicija. Spoljni akumulator na magnetnoj traci je kapaciteta 400.000 reči, a potrošnja — 3 kW.

Za brzu i tačnu prognozu vremena u našoj zemlji sagrađena je elektronska računska mašina »pagoda«. Prognoze vremena neophodne su za najrazličitije svrhe. Načrto su neophodne u avijaciji i mornarici, a takođe za računske radnje u geodeziji i kartografiji. Početni podaci za predskazivanje vremena stižu iz mnogobrojnih meteoroloških stanica. Vrlo značajni meteorološki podaci za prognozu vremena su izveštaji sa Arktikom. U različitim rejonima Arktika postavljene su sada automatske meteorološke stanice. »Pametni« uređaji — automati u stanicama — obavljaju precizna merenja, sakupljaju ih i u određeno vreme radiom izveštavaju o vremenskoj situaciji u danom rejonu.

U SAD je za potrebe ratne mornarice razrađena automatska meteorološka stanica »grashoper« (sl. 5) koju pa-

dobranom spuštaju u udaljene rejone ili na mesta teško dostupna čoveku. Bez operatora stanica u određenim intervalima Morzeovom azbukom šalje podatke o pravcu i brzini vetra, temperaturi i atmosferskom pritisku. Pri izbacivanju stanice, najpre se od nje odvaja konus, a zatim se otvara padobran koji je složen u konusu.



Sl. 5 — Automatska meteorološka stanica „grashoper”

Istovremeno počinje da radi vremenski mehanizam. Kada stanica dodirne zemlju, aktivira se mehanizam koji oslobađa padobran. Stanica ostaje u horizontalnom položaju dok vremenski mehanizam ne zatvori kontakt i ne aktivira upaljač.

Taj upaljač prekida žicu koja drži u skupljenom stanju opružni mehanizam nožica stanica. Šireći se, opruga postavlja stanicu u vertikalni položaj, posle čega se aktivira drugi upaljač i postavlja teleskopska antena*). Čim je stаница postavljena, njome počinje da upravlja programski satni mehanizam. Pred svaku predaju, stanica šalje svoj pozivni znak, a zatim nekoliko puta uzastopce meteorološki izveštaj.

Uredaj za merenje pravca vetra koji se koristi u stanicama, predstavlja vetrokaz. Brzina vetra meri se od nule do 36 m/sek. Uredaj za merenje temperature sastoji se od okruglog potenciometra, čiji klizač okreće spiralna bimetalna žica. Temperatura se meri u granicama od minus 56 do plus 60°C.

Obrada meteoroloških podataka i proračuni su vrlo težak posao koji zahteva mnogo vremena. Sada elektronska računska mašina obavlja za nekoliko desetina minuta milione aritmetičkih operacija.

*) Kod teleskopske antene sastavni delovi ulaze jedan u drugi, kao kod običnog teleskopa.

U SAD se za takve proračune koristi univerzalna elektronska računska mašina »maniak«. Po formulama koje opisuju kretanje vazduha, ona za jedan čas rada daje prognozu vremena za 24 časa. Iskustva u predskazivanju vremena mašinom »maniak« omogućavaju da se otprilike dvanaest sati pre jakih oluja tačno predvide njihovo mesto, vreme i jačina. Po podacima kojima se raspolaže, jedna mašina pri obradi podataka dobivenih od široke mreže meteoroloških stanica razasutih po čitavoj Americi, u sastavljanju dnevne prognoze vremena zamenjuje jednočasovni rad 64.000 ljudi koji bi radili sa stonim računskim mašinama.

Računske mašine, takve kao »pagoda« i »maniak«, rešavale su zadatke u vezi sa programom Međunarodne geofizičke godine. Kada su računskom centru dati podaci o količini taloga, atmosferskom pritisku i temperaturi, sakupljeni za sto pedeset godina u gotovo pet stotina punktova na zemljinoj kugli — u SSSR, SAD, na afričkom kontinentu, u Aziji — mašine su izračunale srednje veličine tih »elemenata klime«. Takvi proračuni su bili neophodni za sastavljanje klimatskih karata. Obim tablica, dobijenih kao rezultat proračuna, iznosi otprilike 25 tomova sa po 25 štamparskih tabaka svaki. Da bi se ovakvi računi izveli ručno, bile bi potrebne decenije. A mašine su ih obavile za nekoliko meseci.

Za globalni meteorološki sistem strategijske avijacije, u SAD je izgrađena avionska stanica za meteorološko izviđanje AN/AMQ-15. Tim stanicama je još 1961. god. opremljeno nekoliko reaktivnih aviona.

U komplet stanice ulaze dva radara, radio-sonde za ispitivanje atmosfere na visini od 45 km, radio-sonde sa padobranima za ispitivanje atmosferskih uslova blizu površine zemlje i elektronski računari. U avion je postavljena precizna telenavigaciona i telekomunikaciona aparaturna. Radio-sonde se izbacuju iz aviona pomoću raketa. Podaci iz avionske stanice dolaze u centralnu meteorološku stanicu strategijske avijacije SAD koja te podatke

obrađuje. Osim ovih podataka, u centralnu stanicu dolaze meteorološki izveštaji iz više od 8.500 zemaljskih i 100 brodskih meteoroloških stanica. Ovamo ulazi 100 aerodromskih meteoroloških stanica strategijske avijacije SAD, nekoliko automatskih meteoroloških stanica, smeštenih po teško pristupačnim severnim rejonima, pet vazdušnih jedinica meteorološkog izviđanja vremenske službe RV i nekoliko vazdušnih jedinica meteorološkog izviđanja strategijske i taktičke avijacije koje daju podatke o vremenu za 24 časa, a i 8.000 civilnih meteoroloških stanica raspoređenih po različitim delovima zemljine kugle.

Podaci iz meteoroloških stanica severnih-teško pristupačnih rejona prenose se radiom svakih 60 minuta. U centralnoj stanciji se svi podaci sakupljaju i daju na ulaz računske mašine IBM-704 koja ih obrađuje i štampa karte vremenske prognoze.*)

Meteorologima je odavno poznato da, ukoliko je veća visina na kojoj se osmatra, utoliko su tačniji rezultati. Struktura oblaka je takođe bila upoznata na osnovu osmatranja iz aviona, raketa i pomoću radara. Ipak, to nije osiguravalo prognoziranje vremena sa velikom tačnošću, jer su se osmatranja vršila, u oblačnom pokrivaču, na malim rastojanjima.

Danas je u SAD izrađen plan nacionalnog sistema meteoroloških veštačkih zemljinih satelita. Oni će imati veliki značaj za meteorološko obezbeđivanje borbenih dejstava ratne mornarice i avijacije i uglavnom strategijske avijacije SAD. Praktično ostvarenje plana počelo je u aprilu 1960. god. lansiranjem satelita »tiros-I« težine 122 kg. Zatim su lansirana još dva slična satelita »tiros-II« i »tiros-III« (vidi sl. 82). Ti sateliti su namenjeni za proučavanje oblaka, temperature zemljine površine, fotografisanje i radio-vezu. Oni već određuju položaj uragana i oluja, brzo upozoravajući o njihovom nastanku. Na primer, 10 septembra 1961. godine, pomoću satelita »tiros-III« ot-

*) *Aviation Week*, oktobar, 1961.

kriven je uragan velike snage dva dana pre nego što su ga otkrili radari i avioni spasilačke službe.

Satelite »tiros-I« je u periodu od aprila do 14. jula 1960. poslao iz kosmosa televizijskim kanalom 22.952 snimka, od kojih je 14.000 bilo uspešno. Snimale su foto-televizijske kamere, od kojih je svaka imala magnetnu memoriju, sposobnu da pri svakom obrtu oko zemlje zapamti 32 fotografije. Satelit je fotografisao sa putanje koja je od zemlje bila udaljena 750—690 km. Slike su na zemlju predavala dva predajnika snage 2 W na frekvenciji 235 MHz, frekventnom modulacijom. Napajanje satelita ostvareno je pomoću sunčanih baterija montiranih po površini satelita.

Satelite »tiros-II« težine 128 kg, za vreme svog korisnog rada predao je na zemlju 35.384 fotografije, od kojih je 75 procenata bilo uspešno. Satelit »tiros-III«, lansiran 12. jula 1961, predao je 18.000 upotrebljivih fotografija. Satelit je bio snabdeven infracrvenim uređajem koji za prognoziranje vremena ima veće mogućnosti od televizijskog. Osim toga, moguće je pomoći osetljivih infracrvenih elemenata zabeležiti povećavanje ili smanjivanje radijacije koja se dobija iz atmosfere.

Meteorološka informacija sa satelita na zemlju može se preneti direktnom predajom, bez prethodnog upisivanja na magnetnu traku. U tom slučaju satelit mora na orbiti da se nalazi u zoni direktne vidljivosti zemaljskih stanica, što su i primenjivali američki meteorolozi. Foto-kamerama satelita upravljavaju komande sa zemlje. Slike oblačnog pokrivača primljene na zemlji projektuju se na ekran kineskopa, posle čega ih meteorolozi obrađuju. Istovremeno, sa direktnom predajom meteoroloških podataka na ekran kineskopa, automatski se upisuju slike i infracrveni podaci na magnetnu traku za kasniju obradu, a negativi oblačnog pokrivača šalju se na konačno dešifriranje u centar RM.

Veoma je važna kontrola datog položaja satelita na putanju. U tom cilju se na telo satelita namotava magnetsni kalem od 250 namotaja žice. Polje kalema i mag-

netno polje zemlje uzajamno deluju jedno na drugo zbog čega se satelit postepeno nagnije prema zemlji, odstupajući samim tim od svog vertikalnog položaja. Na iskustvu satelita »tiros« projektovani su za nadgledanje zemljinog oblačnog pokrivača sateliti »nimbus« koji moraju da se okreću po polarnoj putanji, a njihovi objektivi da budu celo vreme okrenuti prema zemlji. Oprema ovih satelita mora da izvršava složenije meteorološke zadatke nego satelita »tiros«.

U SAD su nameravali da do kraja 1962. god. izbace još šest sličnih satelita na polarne orbite — a sedmi na ekvatorijalnu. Koordinirano posmatranje uz pomoć takvih satelita omogućilo bi, po mišljenju američkih specijalista, tačnu, sigurnu i dugoročnu prognozu vremena u svetskim razmerama. Uporedo sa već lansiranim američkim veštačkim zemljinim satelitima, u poslednje vreme je komanda RV SAD počela objavljivati lansiranje »tajnih« satelita sa aviobaze Vandenberg (Kalifornija). Ne objavljuju se ni vreme, ni putanje, niti cilj lansiranja tih satelita. Ipak, američka štampa ne krije da slični sateliti igraju ulogu špijuna u kosmosu.

Sposobnost elektronskih digitalnih mašina da daje tačna numerička rešenja složenih jednačina za najkraće vreme dozvolila je da se zamene skupa, duga i složena ispitivanja novih modela ratne tehnike takozvanim »matematičkim eksperimentom«. Eksperiment se sastoji u tome što je proračunom mnogih varijanti postavljenog zadatka mogućno naći najbolje tehničko rešenje.

Ipak, primena elektronskih računskih mašina nikako se ne ograničava na oblast napornih izračunavanja i proračuna. Takve mašine se naširoko koriste kao uređaji za upravljanje u različitim sistemima automatske regulacije u industriji i ratnoj tehnici.

Na osnovu elektronske računske tehnike grade se složeni automati, sposobni da uzimaju u obzir promene spoljašnjih uslova, da pamte tok procesa regulisanja, da pronalaze logička rešenja. Takvi se automati primenjuju, na

primer, za upravljanje procesima proizvodnje, automatsko regulisanje režima rada električnih centrala, za upravljanje vatrom, letom raketa, aviona itd. Elektronske računske mašine koriste se u velikim razmerama za oružane snage u raznim zemljama. U kopnenoj vojsci, ratnom vazduhoplovstvu, PVO i ratnoj mornarici niza zemalja, one se koriste kao sastavni elementi borbenih kompleta, probnih i školskih uređaja, a i za automatizaciju štabnih poslova, procesa komandovanja trupama i sistema materijalno-tehničkog snabdevanja.

II. KIBERNETIKA I NJENI PROBLEMI U VOJSCI

Naziv kibernetika dolazi od starogrčke reči »kibernetes«, što u prevodu znači »upravljanje« ili »kormilar«. Čuveni francuski fizičar i matematičar Andre Amper upotrebio je 1834. god. takvu reč za označavanje buduće nauke o upravljanju ljudskim društvom. Danas se tom terminu daje novo značenje.

Kibernetika u svom savremenom značenju ponikla je kao rezultat uopštavanja sličnosti između oblika ili strukture sastava živih organizama i savremenih automatizovanih sistema, a takođe iz uopštavanja pojava primećenih pri prenošenju uticaja ili signala u živim organizmima i električnim linijama veze automatskih sistema.

Kibernetika je nova i vrlo mlada nauka, mada se njenim metodama čovečanstvo koristilo još u prastarodobu. Kao naučni pravac ona se, radovima naučnika raznih zemalja, razvijala postepeno kroz vekove. Naročito veliki prilog dali su toj oblasti znanja naučnici predrevolucionarne Rusije i sovjetski naučnici: A. A. Andronov, A. I. Bogoljubov, A. I. Berg*), A. N. Krilov, V. S. Kuljebakin, V. A. Koteljnikov, A. A. Markov, A. J. Hinčin, A. A. Černišev, V. I. Šestakov i drugi. Najveći prilog kibernetici dali su u svetu poznati ruski naučnici I. P. Pavlov i A. N. Kolmogorov. Američki matematičar N. Viner koji je oformio kibernetiku kao samostalnu naučnu disciplinu, s pravom ističe veliki značaj ruskih naučnika u formirajući kibernetike kada u svom radu piše: »... moja istraživanja

*) Akademik A. I. Berg je jedan od osnivača, organizatora i tvoraca napredne sovjetske radio-elektronike.

u tom pravcu bila su povezana s ranijim radom Kolmogorova*) u Rusiji, ja sam se pozivao na radeve ruske škole«.

Kao samostalna nauka kibernetika se oformila tokom poslednje decenije.

Kibernetika je nauka o upravljanju u širem smislu. Ona obuhvata ceo proces veza za upravljanje, kontrolu, prenošenje informacija ne samo u mašini već i u čovečijem organizmu, posebno u njegovom nervnom sistemu. Kibernetika ima dva osnovna pravca — *opšteteorijski i praktičan*. Opšteteorijski pravac postavlja filozofske probleme kibernetike, njene opšte zakone, matematičke i logičke osnove.

Izučavajući procese upravljanja, kibernetika primenjuje metodologiju dijalektičkog materijalizma. Sada se nalazi u stadijumu razvoja i postigla je izuzetne uspehe uglavnom u oblasti praktične primene mnogih teorijskih postavki u automatici, telemehanici i izgradnji elektronskih računskih mašina. Još nisu poznati ni okviri te mlađe nauke ni granice njene primene. Još nije postavljena opšte usvojena tačna definicija samog predmeta kibernetike, što je veoma važno pitanje, principijelnog značaja. Međutim, neosporna izuzetna vrednost kibernetike je u njenoj širokoj sveobuhvatnosti dostignuća različitih teorija i u praktičnom smislu. Njena vrednost je u tome što objedinjuje matematičare, fizičare, biologe i tehničare koji proučavaju isti krug pojava sa raznih gledišta, zahvaljujući čemu metode jedne nauke lakše prodiru u drugu i bogate je.

Danas je kibernetika u takvom položaju da njeni praktični uspesi prevazilaze teorijsko razumevanje zadataka koje rešava. Pri konstruisanju ratne tehnike odlučujući značaj ima faktor vreme. Pobediće onaj ko brže snabde svoj arsenal boljom ratnom tehnikom. Pri pogrešnoj orientaciji može se pojaviti realna opasnost konstruisanja mašina i uređaja, u principu neostvarljivih, koji od-

*) Kolmogorov A. N. *Интерпомерование и экстрапомерование стационарных случайных последовательностей*. Изд-во АН СССР, сер. мат, т. 5, стр. 3—14, 1914.

stupaju od realnog pravca te nauke. Već je poznato da je gubitak perspektive i cilja naučnih ispitivanja doveo u kapitalističkim zemljama do parazitske buržoaske propagande kibernetike, do osnivanja lažnih pravaca i pogleda i čestog korišćenja te nauke u reklamne svrhe i za senzacije.

Jedna od bitnih karakteristika savremene nauke je njen kolektivni, opštetehnički karakter. Zbog toga rešavanje najvažnijih problema savremene nauke zahteva angažovanje naučnika različitih smerova i profesija. Na primer, zajednički rad biologa i kibernetičara pretvorio se u potpuno nov oblik: pojavila se mlada grana tehničke kibernetike — bionika. Koristeći se principima koje je biološkim sistemima podarila priroda, bionika nastoji da reši inženjerske probleme.

U našem socijalističkom društvu, parazitske pojave na račun kibernetike su isključene, ali se ipak mora odrediti pravilan perspektivan put daljeg razvijanja. Naročito nas moraju zabrinjavati pitanja vojne kibernetike, jer je jasno i svrsishodno formulisanje problema u vojnoj kibernetici isto tako važno kao i njegovo rešenje. Ni za koga nije tajna da će odlučujući okršaji u savremenom ratu, kako nas tome uči iskustvo iz prošlosti, biti obezbeđeni najverovatnije u naučno-istraživačkim institutima, laboratorijama i fabrikama. I najbolja vojna tehnika, ako je izgrađena suviše kasno, osuđena je na propast.

Akademik A. I. Berg smatra da postoje sve osnove da se sovjetska kibernetika prizna za samostalnu nauku, »koja se oslanja — kako on piše, na filozofiju dijalektičkog materijalizma i zaslužuje svu mogućnu pažnju«. Osim toga, on kaže da se završio »period neosnovanih senzacionalnih pretenzija« kibernetike u Sovjetskom Savezu. »Ušli smo u eru naučno-opravdanih i na materijalističkoj ideologiji zasnovanih preporuka sovjetske kibernetike svim organizacijama i ustanovama koje učestvuju u razvoju sovjetske nauke, tehnike i ekonomije, da se koriste dostignućima i mogućnostima kibernetike za bržu izgradnju komunističkog društva«.

Onome što je rekao akademik A. I. Berg mora se dodati da je u Sovjetskom Savezu akademik Kolmogorov dao sveobuhvatniju definiciju kibernetike.*)

Kibernetika je čisto kvantitativna teorija čiji je osnovni pojam — informacija.

Kibernetika je naučna teorija koja izučava procese različite prirode, ali slične po fizičkoj formi, koji su podložni matematičkoj interpretaciji; to je matematička teorija informacije i upravljanja mehanizmima. Praktična kibernetika ima u osnovi tri grane.

Prva grana — teorija informacija, razmatra pitanja prenošenja informacija preko raznovrsnih kanala veze, uključujući i nervni sistem živih organizama; obradu dobijenih informacija u regulatorima, tj. organima centralnog nervnog sistema živih organizama; teoriju igara i opštu teoriju veze.

Druga grana je teorija automatskog upravljanja i teorija povratne sprege u tehničkim uređajima i živim organizmima.

Treća grana je teorija regulatora sa stanovišta njihove sposobnosti za ispunjavanje određenih logičkih funkcija. Kao najsavršeniji regulatori koji se mogu uporediti sa organima centralnog nervnog sistema živih organizama, upotrebljavaju se brže elektronske računske mašine.

Kibernetika razmatra teoriju elektronskih računskih mašina i pre svega teoriju ostvarivanja logičkih procesa sličnih onima ljudskog mišljenja. U drugom i trećem pravcu, pored toga, razmatraju se pitanja fiziologije. Kao matematički aparat kibernetika se koristi teorijom verovatnoće, teorijom funkcija i matematičkom logikom.**)

U poslednje vreme zajedno sa kibernetikom intenzivno se razvijaju njene grane koje imaju specijalniji karakter: biološka kibernetika, humanitarna kibernetika***) itd.

*) ВСЭ (Velika sovjetska enciklopedija), t. 2, str. 65; ВСЭ т. 51, str. 149—151.

**) Nauka koja proučava matematičke dokaze.

***) Pod humanitarnom kibernetikom treba podrazumevati kibernetiku u medicini, ekonomiji, lingvistici, upravljanju nacionalnom privredom i rešavanju pravnih problema.

U svojim radovima N. Viner i njegovi sledbenici definišu kibernetiku kao nauku o vezi, upravljanju i kontroli u mašinama i živim organizmima. Ipak, oni ne isključuju iz razmatranja ni takve slučajeve kada funkciju veze, upravljanja i kontrole ostvaruju kolektivi ljudi ili ljudi uz pomoć mašina.

Proces upravljanja je nemogućan a da se saopštenje ne prenosi različitim kanalima veze. U najprostijim i naj složenijim sistemima upravljanje se ostvaruje na osnovu kretanja, čuvanja i obrade informacije koja se kanalima veze dobija izvan ili unutar sistema. U organima upravljanja zbiva se proces pretvaranja informacije koja kontroliše u informaciju upravljanja.

Kibernetika proučava maštine, žive organizme i njihovo ujedinjavanje samo sa stanovišta sposobnosti za primanje određene informacije, čuvanje u memoriji, prenošenje po kanalima veze i preradu u signale za upravljanje. Osnova opšteg interesa za kibernetiku je konstruisanje i multipliciranje maština i tehničkih uređaja različitih mogućnosti, specijalno namenjenih za obradu, čuvanje i prenošenje informacija. Konkretna izgradnja uređaja za automatsko upravljanje i regulaciju i njihovih izvršnih organa, ili proračuni sa stanovišta minimalnog utroška energije pri dejству na regulisani sistem, ne ulaze u domen kibernetike.

Savremena dostignuća u oblasti radio-elektronike, veza, elektronskih računskih maština i maština za upravljanje, a takođe automatike, potvrdili su ranije prepostavke o postojanju nekih zajedničkih zakona upravljanja i kontrole u savremenim automatskim sistemima i živim organizmima. Ta dostignuća omogućavaju oponašanje tehničkim sredstvima nekih funkcija svojstvenih samo životom organizmu. Kibernetika je uspostavila neku analogiju između rada novijih automatskih samoupravljujućih sistema (na primer, elektronskih digitalnih računskih maština) i rada nervnog sistema živih organizama. Biće nepravilno potpuno negirati analogiju između veza u nervnom sistemu

živog organizma i u mašini, jer će slično negiranje, sprovedeno do kraja, neizostavno dovesti do metafizičkog odvajanja organizma od prirode.

Kibernetika je utvrdila mnoge sličnosti između strukture nervnog sistema i kibernetičkih uređaja, a takođe između osobina i funkcija njihovih delova. Kao primer može da posluži poznata sličnost u strukturi i funkcionisanju između organa čula i ulaznih organa mašina:oko i foto-elemēnat, uho i mikrofon i sl.

Upoređujući sličnosti osobina živog organizma i tehnički ostvarljivih automatskih sistema, neke od funkcija živog organizma prenosimo na tehničke sisteme, nazvane sistemima *tehničke kibernetike*. Obavlaju se široka ispitivanja u vezi sa primenom osnovnih postavki kibernetike ne samo kod tehnički ostvarljivih sistema, nego i kod izučavanja procesa vođenja ratnih operacija, uzajamnih odnosa u ljudskom društvu, bioloških i mnogih drugih procesa, a takođe kod objekata čije funkcionisanje, upravljanje i kontrola proizilaze na osnovu cirkulacije i obrade informacije.

Ipak, u svakom od tih pravaca smatra se praktično mogućim primenjivati metode kibernetike samo ako je razrađen matematički aparat koji dozvoljava da se uspostave kvantitativni odnosi među posmatranim pojавama u procesima koji se zbivaju.

Za tehničke sisteme takav matematički aparat već postoji. U nizu kapitalističkih zemalja obavlaju se intenzivni radovi da se napravi takav matematički aparat koji bi omogućio da se kvantitativno opišu uzajamni odnosi koji se dobijaju u procesu upravljanja ratnim operacijama.

Za sada nije rešen problem matematičkog izražavanja prirodnih procesa i pojava društvenog života. Buržoaski naučnici nastoje kod takvih procesa da primene osnovne postavke kibernetike, ali u većini oni imaju čisto površan karakter. Oni daju suviše površna uopštavanja, analogije i izvode koji dovode do fantastičnih izmišljotina, idealističkih špekulacija, zasnovanih na korišćenju ideoloških grešaka pojedinih kibernetičara.

Danas su izgrađeni uređaji koji modeliraju neku formalnu sličnost radnjama životinje ili čoveka. Stvorene su elektronske mašine za igranje šaha, za dokazivanje najraznovrsnijih teorema, za prevod teksta s jednog jezika na drugi i za obavljanje niza drugih funkcija. Nauka i tehnika se brzo razvijaju i zbog toga je teško ustanoviti moguće granice operacija, u kojima elektronske računske mašine mogu da zamene čoveka.

Pitanje odnosa između mogućnosti čoveka i automata (granice mogućnosti maštine i mišljenja) jedno je od najspornijih pitanja kojima se bavi kibernetika. Osnovno pitanje je zamena funkcije ljudskog mišljenja radom kibernetičke maštine. Ta mašina ima za sada snagu ne mnogo jakog šahiste. Ali kibernetičke maštine, sagrađene za automatski prevod s jednog jezika na drugi, a takođe razrađene metode automatskog sastavljanja programa za univerzalne računske maštine koje uključuju obavljanje niza složenih i raznovrsnih operacija, pokazuju da su mogućnosti kibernetičkih maština u tom pogledu vrlo velike. Nastavlja se brižljivo proučavanje i široko razmatranje tog pitanja.

Stvar je u tome što se rad bilo koje kibernetičke maštine ne može uporediti sa delovanjem ljudskog mozga. Nemoguće je jednostavno prilaženje biološkim i psihičkim procesima i njihovo suočenje na nivo mehanike i elektronike. Ipak, ne treba smatrati da kibernetika pokušava da nametne nekakva mehanička objašnjenja psihofizičkih procesa, niti se baviti besmislenim rasuđivanjima kao što je to — da li se može napraviti mašina »koja misli« ili »koja oseća«, shvatajući te termine kao funkcije čoveka. Po svojoj prirodi, mišljenje nema ničeg zajedničkog sa radom maštine.

Mozak je osposobljen za brzu zamenu odumrle ćelije, prenoseći njene funkcije na druge ćelije mozga, pa zbog toga ne prestaje funkcionisanje čitavog organizma, što je nemoguće reći za mašinu. Istina, sada se razrađuju kibernetičke maštine koje ne prekidaju rad prilikom kvara neke radio-cevi, ekvivalentne moždanoj ćeliji. Takve maštine sa

»samoopravkom« automatski će zamenjivati istrošenu cev i obavestiti o tome komandni pult. Ipak, glavna razlika između nervne ćelije i elementa elektronske mašine je suštinski različit karakter njihove veze sa sredinom koja ih okružuje. Samo čovek ima svest; životinja, a pogotovo mašina, nema svesti. Proizvod delatnosti ljudskog mozga je svest. Proizvod delatnosti mašine ne može biti svest. Neke radnje elektronskog automatskog sistema izvana mogu da izgledaju »razumne« i »misaone«. I stvarno, danas smo svedoci toga da savremene elektronske računske mašine olakšavaju intelektualni rad, pomažu čoveku da »misli« i mehanički obavljaju logičke funkcije.

Da li to znači da, obavljajući određeni rad za čoveka, mašina »misli« isto kao i on? Svakako, ne. U isto vreme nemoguće je poreći da se rad čoveka i rad, na primer, mašine-prevodioca s jednog jezika na drugi uz izvesnu korekturu ne podudaraju. Umesno je ovde setiti se mišljenja engleskog matematičara A. M. Tjuringa koji je još 1936. god. razradio i predložio projekat logičke mašine sa neograničenom memorijom. On je pisao: »Spremam se da razmotrim pitanje može li mašina da razmišlja?« No za to je potrebno odrediti najpre značenje termina »razmišljati«. Tako do danas pojam »misli«, »razmišljati« nije dobio jednoznačnu definiciju za mašinu. Sasvim je očigledno da u procesu rada čoveka i mašine postoje zajednička obeležja. U oba slučaja radi se o obradi informacija koje u sebi sadrže signali. Ti signali su oličeni određenim fizičkim procesom kodiranim i izmenjenim u saglasnosti sa nekim algoritmom*).

*) Algoritam je sistem formalnih pravila, čije mehaničko izvršenje dovodi do očiglednog rešenja zadataka. Svaki zadatak koji ima rešenje ima i odgovarajući algoritam. Algoritmovanje se sastoji u tome što se svaki složeni proces može predstaviti u vidu elementarnih operacija koje izvršava elektronska računska mašina. Nalaženje algoritama raznih zadataka koje izvršavaju raznorodni automatski sistemi, među njima i samoupravljujući, to je osnovni matematički zadatak kibernetike.

Vrlo važan značaj u matematici dobili su algoritmi pri rešavanju pitanja za koje grupe zadataka je moguće sastaviti najcešćihodniji i najpodesniji algoritam.

Procesi prevodenja stranog teksta, ako ga radi čovek ili se izvodi mašinom, ne liče jedan na drugi, osim možda po algoritmu pretvaranja koji očigledno ima mnogo zajedničkog za oba načina prevoda. Oba prevodioca prekodiraju informaciju sa koda koji se zove, recimo, »engleski jezik«, u kod nazvan »ruski jezik«. Kao što se vidi, radnje elektronske mašine uvek će biti sekundarne u odnosu na funkcionisanje ljudskog mozga. Izgradnjom elektronskih digitalnih mašina pojavila se mogućnost da se strogo ograničena, formalno opisana, oblast misaone delatnosti čoveka pred mašinama. Razlika između rada maštine i čovečjeg mišljenja sastoji se ne u postojanju nekih naročito delikatnih i neobično složenih zasebnih operacija koje obavlja ljudski mozak i koje ne mogu biti automatizovane i date mašinama, već u tome što mašine kao pomagač i sluga ispunjavaju samo pomoćne operacije u saglasnosti sa ciljevima koje je postavio čovek. Koliko god mašina bila savršena, uvek će njome upravljati čovek.

Sve radnje automatskih sistema, uključujući i elektronske računske mašine, obavljaju se po strogo formalnim zakonima u saglasnosti sa pravilima koja je čovek unapred razradio i zadao im. Kada su ovaj ili onaj proces ili pojava proučeni do tog stepena da se sve radnje u vezi sa prevodom informacije mogu izraziti nizom matematičkih ili logičkih zavisnosti, takav proces može se reprodukovati, tj. modelirati na univerzalnoj računskoj mašini.

Sve što čovek radi rezultat je fiziološkog procesa mišljenja. Mišljenje je mnogo šire od funkcija koje ono izvršava pri prevodu s engleskog jezika na ruski. Mašina obavlja rad uz pomoć elektronskih procesa koji se u njoj odigravaju. Fiziološki proces mišljenja i elektronski procesi računanja imaju pri prevodu teksta jednak sadržaj informacija. Ali mišljenje je po svojim mogućnostima neuporedivo šire od logičkih mogućnosti savremene elektronske računske mašine i kibernetika je zainteresovana za njihovo tačno tumačenje.

Prema tome, po svojoj fizičkoj prirodi mišljenje ima malo zajedničkog sa radom maštine. U isto vreme fiziološki

proces mišljenja i elektronski proces računanja imaju iste izvorne podatke i pri prevodu daju isti rezultat. Pošto su oba procesa povezana sa informacijom oni su kibernetički, pa se otud moraju shvatiti kao srodnici i informacioni sadržaj mišljenja i elektronskog računanja se ukrštaju, ali se ne podudaraju po sadržaju. Fizički procesi u oba slučaja su različiti.

Primena kibernetike u proučavanju delova različitih sistema i procesa ili pojava koji su u njima dešavaju, omogućena je zahvaljujući razrađenim, u određenom nizu, u zajamno povezanim matematičkim i logičkim operacijama koje opisuju proces obrade informacija. Otuda je jedan od osnovnih zadataka kibernetike traženje algoritama za obradu informacija i njihova realizacija. Svaka matematička formula može se posmatrati kao primer algoritma. Pod algoritmom se podrazumeva tačan propis o obavljanju, određenim redom, niza operacija za rešavanje svih zadataka nekog datog tipa. Ako je potrebno rešiti veoma složen zadatak, on se razbija na prostije, prostiji na najprostije, a najprostiji — na elementarne. Izgrađuje se lanac determinisanih radnji,*) za čije rešavanje nije potreban naročit razum ni inicijativa. To se može uraditi automatski, rutinski.

Pretvorivši takav lanac uzastopnih prostijih operacija u pravilo, moguće je izvršiti složeniju operaciju. To pravilo, ili »tačan propis o izvršenju«, u stvari je algoritam. Držeći se algoritma nemoguće je ne rešiti sve zadatke date grupe. Sastavivši algoritam, čovek stavlja mašinu u takav položaj pri kojem ona, stavljena u pokret, ne može da ne ispuni dobijenu instrukciju. Svi smo se mi, sedeći u školskoj klupi, prvi put upoznali sa algoritmima, rešavali smo algebarske zadatke sa iksevima i ipsilonima, ne sluteći da će oni imati tako veliki značaj u kibernetici. Još

*) Determinizam — to je nauka o zakonitoj, neophodnoj povezanosti svih događaja i pojava i njihove uzročne uslovljenošći. Drugim rečima, to je učenje o tome da se sve pojave unutrašnjeg i spoljnog sveta određuju predašnjim, a same određuju nastupajuće pojave.

gotovo pre četiri hiljade godina vavilonski đaci su poznavali kvadratne jednačine i jednačine sa dve nepoznate. I evo, sada je teorija algoritama, dugo smatrana apstraktom, doprinela pojavi važne grane praktične matematike — programiranju na elektronskim računskim mašinama.

Može se reći da je svaku matematičku formulu moguće razmatrati kao primer algoritma. Na taj način, kibernetika se bavi izučavanjem procesa upravljanja i izgradnje sistema za upravljanje koji igraju važnu ulogu u mnogim oblastima tehničkih, bioloških i društvenih nauka.

Rezultati, dobijeni na teoretskoj osnovi kibernetike, odlikuju se sa velikom istovetnošću, što dozvoljava da se dostignuća jedne grane nauke pri izučavanju procesa upravljanja i sistema za upravljanje primene u drugim granama. Tako su se ideje, ponikle pri izučavanju uslovnih refleksa, pokazale korisnim pri rešavanju niza tehničkih pitanja.

U suštini, kibernetika predstavlja izvesno objedinjavanje i uopštavanje rezultata i zaključaka niza posebnih nauka kao što su teorija informacija, teorija automatskog upravljanja i teorija elektronskih računskih mašina.

Teorija informacija proučava procese prenošenja informacija preko raznolikih kanala veze, uključujući i nervni sistem živih organizama, i daje mogućnost da se kvantitativno oceni propusna moć kanala veze, da se odaberu optimalni (sa stanovišta smetnji i propusne moći) načini kodiranja informacija.

Teorija elektronskih računskih mašina proučava tehničke metode najracionalnijeg pretvaranja informacija u saglasnosti sa zadatim algoritmima i izrade potrebnih komandi za upravljanje.

Teorija automatskog upravljanja proučava metode i sredstva realizacije zadatih komandi za izvršavanje usmerenih radnji.

Kibernetika pripada kategoriji egzaktnih nauka, te se zbog toga koristi različitim matematičkim metodama i oslanja se na mnogobrojne grane savremene matematičke

nauke: na teoriju verovatnoće i matematičku statistiku, na teoriju funkcija realne promenljive i teoriju skupova; na funkcionalnu analizu i kombinatornu topologiju; na teoriju brojeva; na teoriju funkcija kompleksne promenljive; na apstraktnu algebru i tsl.

U isto vreme potrebe kibernetike dovode do postavljanja niza matematičkih zadataka i stvaranja novih grana matematike. Na taj način su poslednjih godina ponikle takve samostalne matematičke discipline, ujedinjene zajedničkim okvirima kibernetike, kao što su matematička ekonomika, matematička lingvistika, matematička biologija.

U svim zemljama sveta obavlja se ogroman rad na izučavanju i primeni, u savremenim uslovima, novih metoda komandovanja trupama uz široku primenu raznovrsne ratne tehnike i korišćenje elektronike i kibernetike. U vojne kibernetičke probleme spada mnoštvo zadataka koje rešavaju strategija, operativna veština i taktika. Evo šta kaže sovjetski naučnik akademik A. I. Berg: »S određenim ciljem organizovana delatnost nekoliko izdvojenih grupacija snaga zahteva prikupljanje informacija o situaciji, što je veoma složeno. Upravljanje složenom operacijom koju izvršavaju ljudi, tipičan je zadatak kibernetike.

Vojna nauka je, kao što je poznato, sistem znanja o zakonitostima rata, njegovoj pripremi i vođenju u određenim istorijskim uslovima. Ona obuhvata ratnu veštinsku organizaciju i pripremu trupa, kompleks specijalnih vojnih disciplina i mnoga druga pitanja«.

Sva ratna dejstva koje štabovi planiraju po direktivama komande, izvode ljudi u određenoj situaciji i ona podležu određenim zakonitostima. Zbog toga postoji potreba sistematskog proučavanja tipskih ratnih dejstava. Proučavanje tih dejstava treba da pomogne komandi pri donošenju pravilnih rešenja na osnovu nagomilanog iskustva.

Zakonitosti ratnih dejstava izučavaju se radi ocene uspešnosti operacija i borbi koja dozvoljava da se dobiju kriterijumi efikasnosti i rezultati iskorišćavanja snaga i

oruđa za rešavanje određenih operativnih i taktičkih zadataka. To je glavni i najsloženiji kibernetički problem u vojsci.

Najviše razrađena i praktički osvojena je oblast vojno-tehničke kibernetike. Ona proučava principe izgradnje takvih automatskih sistema koji mogu da realizuju algoritme što opisuju postavljene informacione procese.

Tehnička kibernetika se zasniva na teoriji informacija koja izučava procese prenošenja informacija postojećim kanalima veze za određeno vreme i bez izobličavanja, i na teoriji logičkih i računskih mašina koja proučava metode za najracionalnije pretvaranje informacija u saglasnosti sa zadatim algoritmima i dobijanje neophodnih komandi za upravljanje.

U inostranstvu se u poslednje vreme veoma intenzivno izvode radovi iz oblasti tehničke kibernetike, obavljaju se mnogobrojna ispitivanja u oblasti izgradnje vrlo pouzdanih, brzih malih elektronskih računskih mašina najraznovrsnije namene. Elektronske računske mašine koje omogućavaju modeliranje i eksperimentalno proučavanje raznovrsnih algoritama upravljanja, moćno su sredstvo za kibernetička proučavanja.

Stvaranje sistema tehničke kibernetike praćeno je razradom novih principa upravljanja i izgradnje sistema, daljim smanjivanjem dimenzija i težine, poboljšavanjem tehničkih karakteristika i sigurnosti rada pojedinih delova aparature, što je krajnje neophodno za eksploataciju u vojnim uslovima. Tako su elektronske računske mašine i radio-tehničke aparature sa elektronskim cevima imale velike dimenzije, zahtevale velike snage i komplikovanu ventilaciju, bile nedovoljno sigurne i odlikovale se nedovoljnom brzinom rada. One su mogle da rade samo u specijalno opremljenim prostorijama. Stvaranje mašina sa poluprovodnicima i feritima znatno je smanjilo njihove dimenzije, težinu i potrebnu snagu, što je otvorilo mogućnost njihove primene u vojsci i u poljskim uslovima. Na primer, savremena, omanja računska mašina AN/VSQ-20 ima dimenzije $0,9 \times 0,9 \times 1,8$ m. Takva mašina zamenjuje

rad dve velike mašine »univak 1103« od kojih svaka zauzima površinu od oko 140 m².

Najvažniji zadatak vojnotehničke kibernetike je da obezbedi pouzdanost takvih sistema za upravljanje kojima se poverava naoružanje.

U budućem ratu, primenom atomskih sredstava za uništavanje naglo će se skratiti vreme za proučavanje nastale ratne situacije i donošenje odluke u toku borbe. Zbog toga će komandanti i štabovi moći najefikasnije da komanduju trupama samo ako primene sva najnovija dostignuća nauke i tehnike.

Razrada metoda i načina za usavršavanje procesa komandovanja trupama i ratnom tehnikom određivanjem uslova u kojima potčinjene trupe na bojištu i vojna tehnika obezbeđuju postizanje maksimalnog borbenog efekta — to su problemi kibernetike u ratnoj veštini. Ceo skup posebnih problema moguće je, izgleda, objediniti jednim nazivom *vojna kibernetika ili kibernetika u vojsci*. Pod vojnom kibernetikom treba podrazumevati novu naučnu teoriju za primenu principa i metoda kibernetike u proučavanju procesa komandovanja u vojsci, koja obezbeđuje najbolje iskorišćavanje u borbi informacija i savremene raznovrsne, složene ratne tehnike. Cilj vojne kibernetike je povećavanje efikasnosti upotrebe snaga i sredstava na osnovu primene naučnih metoda i tehničkih sredstava za prikupljanje i obradu informacija i izradu naređenja za komandovanje trupama i upotrebu tehnike.

Sada je u toku intenzivni proces stvaranja teorijskih osnova vojne kibernetike. Na bazi prodiranja matematičkih metoda proučavanja, vojna nauka od deskriptivne postaje egzaktna, kvantitativna. Matematizacija vojne nauke je jedno od najkrupnijih dostignuća vojne kibernetike.

Vojna kibernetika, kao jedan od praktičnih pravaca kibernetike koji primenjuje njene opšte zakone, ima izuzetan značaj za savremenu vojnu nauku i tehniku. Skup pitanja povezanih sa komandovanjem trupama koja izučava vojna kibernetika veliki je.

Bazu vojne kibernetike čine danas uglavnom tri samostalne discipline: teorija vojnih informacija, teorija proučavanju operacija, tj. ispitivanje ratnih dejstava koja je u stvari teorija primene matematičkih metoda za rešavanje borbenih zadataka, i primena elektronskih računskih mašina za upravljanje.

Kao što je već istaknuto, informacija prodire u sve oblasti kibernetike i predstavlja osnovu svakog procesa upravljanja, uključujući komandovanje trupama i ratnom tehnikom. U vojnem smislu, pod informacijama treba podrazumevati sve izveštaje, odluke, naredbe i druge operativno-izviđačke dokumente koji sadrže podatke o sopstvenim ili trupama neprijatelja koji se prenose usmeno, pismeno ili putem tehničkih sredstava veze. Teorija informacija bavi se načinima prenošenja informacije i metodima kodiranja i dekodiranja, metodima obrade i principima sortiranja informacija. Ona proučava pitanja obezbeđivanja visoke produktivnosti i visoke otpornosti na smetnje kod tehničkih uređaja koji rade sa informacijama.

Svaka informacija u automatizovanom sistemu mora biti predstavljena kao simbol ili broj, što joj omogućava da se uvede u elektronsku digitalnu računsku mašinu. Zbog toga svaku vojnu informaciju koja dolazi u vidu izveštaja, odluka, biltena, aero-foto-snimaka, signala dobijenih od radarske stanice i drugih izviđačkih aparatura, treba predstaviti u vidu kodograma ili mašinskih kodova. Samo u tom slučaju ona može biti iskorišćena za dalju obradu u automatizovanom sistemu komandovanja.

Ako je poznata informacija o stanju objekta kojim se upravlja i o spoljnim uslovima, neophodno je naći takve forme i metode upravljanja sa kojima će ta informacija biti i najpotpunije iskorišćena i omogućiti da se u konkretnim uslovima dobije najbolji borbeni efekat. Proučavanjem takvih pitanja bavi se teorija operacija.

Danas je jedna od važnijih primena vojne kibernetike nova primenjena nauka koja je dobila ime *proučavanje operacija*. Ona se pojavila i oformila još pre pojave elek-

tronskih računskih mašina i formiranja osnovnih postavki kibernetike.

Pojava ideje za ispitivanje operacija povezana je uglavnom sa vojnim problemima.

Metodi proučavanja operacija danas su glavni sastavni deo vojne kibernetike. Proučavanje operacija pripada kategoriji egzaktnih nauka zbog toga što u njihovoј osnovi leže matematičke metode. Pod operacijom u širem smislu podrazumeva se neka konkretna delatnost velikog kolektiva, rukovođenja jednom zamisli, prvenstveno iz jednog centra, koja se izvodi uz korišćenje velikog broja složenih tehničkih sredstava sa tačno određenim ciljem i koja, po pravilu, ima karakter višestrukog ponavljanja. Na primer, proizvodnja, transport, veza, izgradnja, ratna delatnost trupa, vazdušnih i pomorskih snaga — sve su to operacije. Baš se zbog toga termin »operacija« koristi u datom slučaju u širem smislu nego što je to do sada smatrano u vojsci.

Pod operacijom u vojsci podrazumeva se kako komandovanje velikim vojnim jedinicama tako i dejstvo posebnih sredstava naoružanja. Vojne operacije nose veoma različit i složen karakter, a vojna kibernetika se bavi njihovim proučavanjem radi matematičkog opisivanja i optimizacije procesa komandovanja trupama matematičkim metodama. Ipak, još ne postoji dovoljno iskustva u takvim proučavanjima.

Dok je dejstvo sredstava naoružanja proučeno gotovo potpuno i može biti izraženo matematički na osnovu opštih zakona elektronike, mehanike, fizike, složena ratna dejstva vojnih jedinica koje sjedaju velike grupe ljudi, njihovo moralno stanje — donedavno je bilo teško opisati bilo kakvim matematičkim zavisnostima.

To se objašnjava time da je matematičkom opisu ratnih dejstava svojstveno da uzima u obzir samo one veličine koje mogu da se izraze kvantitativno. Glavna teškoća matematičkog opisa ratnih dejstava sastoji se u kvantitativnom izražavanju kvalitativnih faktora.

Ipak, sada postoje osnove za tvrđenje da je to u principu moguće postići i da je u toj oblasti mnogo već urađeno.

Donedavno se smatralo da je takav faktor, kao što je političko-moralno stanje trupa, najvažniji i odlučujući, potpuno nemoguće podvrgnuti kvantitativnom proračunu. U stvari, izgleda neverovatno da se političko-moralno stanje izražava brojem ili merom. Međutim, iz ranije izloženog poznato nam je da je nauka uz pomoć matematike postigla pravilan opis ratnih dejstava, i odvojiti političko-moralni faktor od opisa ratnih dejstava znači pokazati veliku sumnju u svršishodnost rada na tom pitanju. Dijalektički zakon o prelasku kvantiteta u kvalitet služi vojnoj kibernetici kao osnova na kojoj nauka može matematički da izražava moralne osobine trupa. Zakonom se predviđa da skup kvantitativnih promena nekog objekta pri određenim uslovima odgovara novodobijenoj osobini. Otuda se može pretpostaviti da će veliki broj trupa, ali moralno manje stabilnih, biti jednak mnogo manjem broju moralno stabilnijih trupa. U tome se i sastoji mogućnost kvantitativnog izražavanja njihovog kvaliteta. To je pitanje veoma složeno jer političko-moralni faktor zavisi od niza kvalitativnih faktora.

Poznato je, da verovatnoća otkrivanja cilja na bojnom polju raste pri smanjenju rastojanja od njega i zavisi od karaktera maskiranja. Matematički to je nemoguće izraziti. Ali ako se praksom pouzdano potvrди kvantitativna zakonitost na osnovu koje se verovatnoća otkrivanja cilja pri postojanoj (nepromenljivoj) vidljivosti menja obrnuto proporcionalno kvadratu rastojanja od cilja, to već može naći svoj odraz u matematičkom opisu.

Matematički opis ne može unapred proreći rezultate predstojeće borbe ili okršaja. Po prirodi i dinamici razvoja, svaka epizoda borbe i veći okršaj su individualni događaji koji ne liče jedan na drugog i zbog toga se ne mogu ponoviti. Savremena nauka još ne poznaje metode pomoću kojih se može unapred i sasvim tačno predvideti ishod borbe. Ipak, na osnovu uspešne primene matematičkih metoda ispitivanja u drugim opisnim naukama vidi se da će se vremenom povećavati i broj kvalitativnih faktora

koji se uključuje u matematičko opisivanje i tačnost procene uticaja tih faktora na dinamiku borbenih dejstava.

Šta u tom slučaju daje metod matematičkog opisa borbe ili matematičkog modeliranja? Koristeći se tim metodom moguće je odrediti ne slučajne, već potpuno stabilne srednje pokazatelje pobeđe. Pri tome, to će se odnositi na veliki broj borbenih dejstava datog tipa koja se izvode pod istim početnim uslovima, što dozvoljava da se nađu verovatnoće za dobijanje efikasnih pokazatelja pobeđe. Pri primeni matematičkog modeliranja u istraživačke svrhe, stvara se realna mogućnost za upoređivanje različitih varijanti vođenja borbenih dejstava i stvaranje odgovarajućih preporuka.

Za matematičko prikazivanje borbenih dejstava veoma je značajan izbor kriterijuma za ocenu rezultata borbenih dejstava tj. kriterijuma pobeđe. Potpuno ili delimično uništenje žive sile neprijatelja i raznolik stepen njegovih gubitaka u ratnoj tehnici, opkoljavanje glavnih snaga ili pojedinih njegovih grupacija itd. — sve su to različiti kriterijumi pobeđe. Izvršenje borbenog zadatka je, svakako, osnovni kriterijum. Iskustvo velikog otadžbinskog rata uči da je važan kriterijum tempo nastupanja, a s tim u vezi silovitost pokretanja linije dodira zaraćenih strana na terenu, osvajanje i obezbeđivanje važnijih granica i tome slično. Kao važan kriterijum za ocenu rezultata borbenih dejstava može da služi broj zarobljenika i ratni trofeji, a takođe veličina teritorije koju je ostavio neprijatelj. Najbitniji kriterijum procene biće veličina relativnih gubitaka sukobljenih, po kojima se može suditi o rezultatima borbenih dejstava i porastu krize kod jedne strane. Uticaj gubitaka stvara određeni stepen krize, što ne može a da ne utiče na borbenu sposobnost svih trupa, dok će efekat zavisiti od političko-moralnog stanja i čvrstine.

Mogućnost matematičkog opisa borbe i operacije na osnovu kvantitativnih zaključaka — to je veliko dostignuće vojne kibernetike. Jedan od osnovnih pravaca vojne kibernetike je primena elektronskih računskih mašina koje mogu da rešavaju logičke zadatke vojnog karaktera, uzi-

majući u obzir kvantitativne pokazatelje i niz kvalitativnih. U kvalitativne pokazatelje spadaju: moralno stanje i klasni sastav trupa, praktično iskustvo trupa za dejstvo u savremenim složenim uslovima, njihov zamor, uspešno i dobro organizованo sadejstvo, ratno iskustvo, nacionalna pripadnost, hrabrost, kvalitet tehnike, karakter terena na kojem dejstvuju trupe, meteorološki uslovi i dr. Inostrana štampa*) ubraja u kvalitativne pokazatelje rukovodeće sposobnosti komandanata, njihovo ratno iskustvo, borbenu gotovost, lične kvalitete. Ali pošto elektronska računska mašina operiše jedino brojevima, pred uvođenje u mašinu svi kvalitativni faktori koji podležu proračunu moraju da budu pretvoreni i izraženi pomoću brojeva.

U kvantitativne pokazatelje za ocenu trupa spadaju: određivanje grupisanja trupa, odnos snaga, utrošak materijalno-tehničkih sredstava i niz drugih procesa. Za čitav niz kvantitativnih faktora takva ocena smatra se potpuno mogućnom**) Na primer, kišno vreme se može svrstati u kvalitativne faktore, zato što utiče na prohodnost puteva. Blatnjava zemljište posle kiše odražava se na prosečnu brzinu kretanja žive sile i ratne tehnike. Poznato je da se brzina određuje brojem pređenih kilometara u jedinici vremena, i ona je već kvantitativni faktor koji u datom slučaju izražava kvalitativni faktor — uticaj vremena.

S druge strane, kišno vreme pogoršava uslove osmatranja bojnog polja, čime se u osnovi otežava izviđanje ciljeva, što se takođe može izraziti kvantitativno — brojem ciljeva koji su otkriveni na određenom delu fronta ili koje je otkrila određena jedinica za određeni interval vremena. Takav kvalitativni faktor kao što je obučenost trupa može kvantitativno biti izražen pomoću takvih brojnih pokazatelja kao što su brzina gađanja iz oruđa, efikasnost njegove vatre izražena u procentima, vreme potrebno za izvršavanje borbenih zadataka, obavljanje inžinjerijskih, topografskih i drugih radova.

*) *Military Review*, februar 1960.

**) *Army Navy Air Force Journal*, mart 1960.

Veliki praktični značaj i interesantnu oblast za rešavanje vojnih logičkih zadataka sa elektronskim računskim mašinama predstavlja kvantitativna registracija elemenata konfiguracije zemljišta. Kod svih tih novih pitanja naučnici, razume se, nailaze na velike teškoće, savlađujući mnogo vrlo ozbiljnih prepreka.

U poslednje vreme počinju se te poteškoće postepeno savlađivati zahvaljujući razradi i upotrebi novog matematičkog aparata, zasnovanog na primeni linearног programiranja, teorije igara i teorije modeliranja.

Teorija modeliranja omogućuje da se ispita kako se odvijaju stvarni procesi na različitim modelima. Vojna kibernetika, pošto se koristi elektronskim mašinama, bavi se modeliranjem ratnih dejstava trupa da bi se odredili najverovatniji rezultati tih dejstava, otkrile objektivne zakonitosti koje deluju u toku borbe i, prema tome, da bi se dobili praktični zaključci, neophodni za uspešno vođenje stvarne borbe u analognim uslovima.

Teorija linearног programiranja omogućuje rešavanje složenih operativno-taktičkih zadataka i nalaženje najboljeg rasporeda snaga i sredstava za optimalno izvršenje postavljenog borbenog zadatka.

Pomoću metoda ove teorije rešavaju se, na primer, zadaci prevoza trupa uz najmanji utrošak transportnih sredstava ili za najkraće vreme po odabranim marš-rutama, zadaci najboljeg rasporeda borbenih sredstava radi efikasnijeg uništenja ciljeva i sl. Sa teorijom linearног programiranja vrlo tesno je povezana *teorija igara* koja omogućava nalaženje efikasne taktike za dejstvo, uzimajući u obzir aktivno protivdejstvo neprijatelja, uz minimalno posedovanje informacija o njegovim prethodnim borbenim dejstvima, zamislima i stanju.

Primena metoda linearног programiranja i teorije igara omogućena je zahvaljujući, u poslednje vreme, izgradnji brzih elektronskih računskih mašina, koje su spremne da izvršavaju stotine hiljada aritmetičkih operacija u sekundi.

Prvobitne osnove teorije igara postavio je poznati matematičar, svestrani američki naučnik Džon fon Nojman. Prvi radovi fon Nojmana iz teorije igara objavljeni su 1928. godine. Detaljno objašnjenje te teorije pojavilo se 1944. godine. Veliki problemski karakter teorije igara već tada su visoko ocenili neki dalekovidi komentatori koji su je smatrali važnijim naučnim dostignućem prve polovine dvadesetog veka. Opšti zadaci teorije igara vrlo su opširni i primena te teorije u vojnim pitanjima samo je poseban slučaj. Osnovni sadržaj teorije igara u vojsci sastoji se u izradi metoda za rešavanje zadataka u vezi sa procenom konkretne borbene situacije i u usvajanju najboljeg rešenja između niza obrađenih varijanti. Specifičnost zadataka teorije igara sastoji se u predviđanju elemenata slučajnosti i u neophodnosti da se uzme u obzir svesno protivdejstvo neprijatelja koji će takođe težiti da primeni najefikasniju taktiku. Danas se u stranim vojskama vrši interesantan pokušaj aktueliziranja matematičke teorije koja opisuje tok ratnih dejstava i njene primene u rešavanju operativno-taktičkih, a i nekih zadataka strategije. Na osnovu te nove teorije moguće je za izvođenje ove ili one operacije predvideti potrebne rodove vojske i ratnu tehniku.

Matematička teorija igara zasniva se na tzv. jednačinama engleskog matematičara Lančestera koje je on predložio još posle prvog svetskog rata. Tim jednačinama se određuju gubici zaraćenih strana u sukobima koji odgovaraju antičkim radovima i periodu pojave vatrenog oružja. Ali pošto je naoružanje zemalja u to vreme bilo istog tipa, bitke su se mogle smatrati skupom pojedinačnih duela.

Danas je učinjen pokušaj da se Lančesterovim jednačinama da oblik pogodan za analizu vojnih dejstava u savremenim uslovima. Izraženo je mišljenje da je neophodno pronaći zajedničku jedinicu mere za različite rodove vojske i vidove oružja postavljanjem ekvivalenta između korpusa, armija, avio-jedinica, brodova itd.

Svođenje različitih rödova vojske na jedan vid organizacije omogućuje da se uporede snage zaraćenih strana i, koristeći se jednačinama tipa kakav je primenjivao Lančester, da se odredi tok borbenih dejstava i, u izvesnoj meri, procene njihovi rezultati. Istina, to je vrlo grubo uprošćavanje stvarnog toka procesa i može se smatrati samo kao početni pokušaj izgradnje logičke teorije u budućnosti.

Na taj način teorija igara u današnjem obliku ne može biti priznata kao konačno oformljena. Ipak, ona svojim konturama otkriva široke perspektive. Zasad teorija igara trpi zbog nedostataka konstruktivnih metoda za rešavanje zadataka o igramu. Ali već i u ovom obliku teorija je vrlo značajna po glavnom sadržaju, tj. jasnom formulisanju osnovnih principijelnih osobina sporne situacije, a to je glavno da se pravilno priđe rešavanju praktičnih vojno-operativnih i strategijskih zadataka.

Autori knjige »Metodi proučavanja operacija« — koja je prevedena na ruski — Filip M. Morz i Džordž E. Kimbel*) daju primere obrade statističkih podataka za vreme drugog svetskog rata o napadima japanskih pilota-samo-ubica na američke bojne brodove. Dobijeni podaci su omogućili izbor najpovoljnije taktike za manevriranje brodova ratne flote SAD.

Eksperimenti i studije naučnog prilaženja pitanjima organizacije racionalnog upravljanja izvodili su se i kod nas još pre drugog svetskog rata. Sovjetski matematičar L. Kantorovič je, naime, predložio metode racionalne organizacije i opreme transporta. U formiranju savremene teorije verovatnoće, organizacije optimalnog planiranja i matematičke statistike, kao i u razradi njene primene u vojnim zadacima, važnu ulogu su odigrali sovjetski naučnici akademik A. N. Kolmogorov, profesor V. Pugačev, E. Ventcelj i drugi. Po rezultatima i značaju radova, sovjetska

*) F. M. Morz i D. E. Kimbel. *Metode izučavanja operacija*. M. izdanje strane literature, 1956.

nauka zauzima vodeće mesto u svetu. U bliskoj budućnosti može se očekivati da naučne razrade koje su u toku omoguće da se sa dovoljnom tačnošću unapred procenjuje tok borbenih dejstava i, ako su pravilno evidentirani moralno-politički faktori, u izvesnoj meri predvidi njihov ishod.

Na taj način kibernetika nalazi sve veću primenu u vojsci kako za proučavanje ratnih operacija, tako i za neposrednu automatizaciju komandovanja jedinicama i ratnom tehnikom.

III. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE

Prva alatka praistorijskog čoveka bio je komad kamenja. Otada je prošlo mnogo desetina hiljada godina.

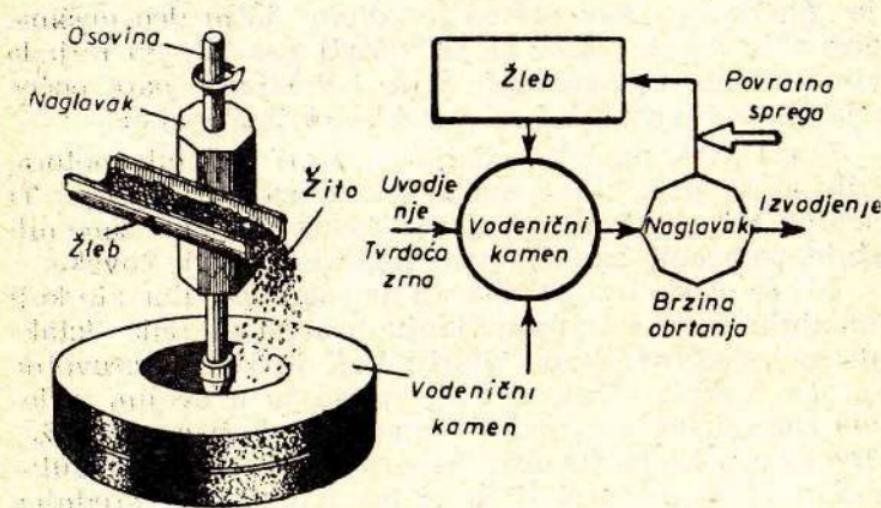
U robovlasičkom poretku na Istoku, na početku gvozdenog doba, ljudi su primorali vodu da okreće mlinski kamen. Zatim je pronađen voden motor koji je snagu mlađića ili životinje zamenio mehaničkom energijom vode koja pada. Motor koji različite oblike prirodne energije pretvara u rad, postao je potom bitni deo mašina. Vatrom je čovek počeo da se koristi pre 20—30 hiljada godina, ali je za zagrevanje vode i dobijanje pare počeo da je upotrebljava tek pre nekoliko stotina godina.

U eri pare, pa čak i ranije — u eri vodenih motora, rodili su se prvi začeci mehanizama za upravljanje. Ti »pametni« mehanizmi su do izvesnog stepena zamenili pažnju, pamćenje pa čak i neke logičke funkcije čoveka.

Još su stari Grci pokušavali da sagrade automate koji zamenjuju čoveka u upravljanju procesima rada. Istaknuti matematičar Heron Stariji koji je živeo verovatno u prvom veku u Aleksandriji, opisao je u svojim radovima raznovrsne automate — androide koji su podražavali razne pokrete čoveka. Na problemu izgradnje automata radili su najveći ljudi nauke i umetnosti srednjeg veka. Međutim, postojanje robovskog, a kasnije kmetovskog rada, i nizak nivo proizvodnih snaga nisu stimulisali primenu automatskih uređaja u oblasti materijalne proizvodnje. Ti uređaji služili su uglavnom plemstvu za zabavu.

U knjizi italijanskog inženjera Ramelija »Razne složene mašine« koja je izašla 1588. godine, opisan je žleb koji

je regulisao brzinu obrtanja vodeničnog kamena u zavisnosti od tvrdoće zrna i vode koja je nailazila (sl. 6). Žito je padalo na vodenični kamen zahvaljujući drmanju nagnutog žleba koji je drmao brušeni naglavak, nasaden na vertikalnu osovinu. Suviše tvrdo žito usporavalo je obrtanje vodeničnog kamena. Zbog toga se smanjivalo drmanje žleba, žito je padalo ređe, a vodenični kamen se okretao brže. Suviše meko žito dozvoljavalo je vodeničnom kamenu da se okreće brže, ali se povećavalo drmanje žleba; žito je u tom slučaju padalo češće i usporavalo kretanje vodeničnog kamena. Na taj način se između žita koje pada i brzine obrtanja vodeničnog kamena stvarala direktna i povratna sprega. Na brzinu obrtanja uticala je masa tog žita, a brzina obrtanja regulisala je njegovo padanje. To je bio prvi poznati uređaj sa automatskim upravljanjem ili mehanizam za praćenje koji poseduje povratnu spregu.

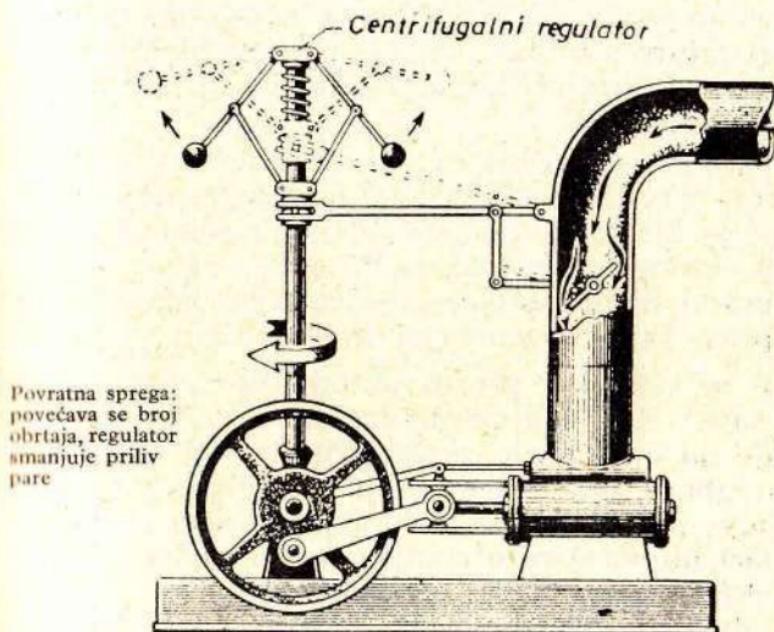


Sl. 6 — Žleb. Automatski uređaj sa povratnom spregom

Povratna sprega — je osnovni elemenat svakog sistema koji se sam reguliše. Prvi klasičan primer tehničke primene povratne sprege bio je regulator u parnoj mašini D. Vata koju je izgradio 1784. godine (sl. 7). Dolazak pare

u cilindar reguliše se kod te mašine automatski, u zavisnosti od brzine okretanja poluge. Regulator koji je radio na principu korišćenja centrifugalne sile, održavao je nepromjenjenu brzinu okretanja vratila. Konstrukcija centrifugarnog regulatora D. Vata služi kao očevidan primer čisto mehaničke strukture automatskog regulisanja.

Potpuno je nemoguće u našem veku biti bez uređaja za upravljanje. Ti uređaji zamenjuju pažnju, čovekovo pamćenje i kao da podražavaju rad našeg nervnog sistema. Pre više od 100 godina, 1857. godine, Karl Marks je u prvim uređajima za upravljanje video »...organe ljudskog mozga, sagradene ljudskom rukom, ovapločenu snagu nauke«.



Sl. 7 — Centrifugalni regulator D. Vata

Na višem nivou razvijka tehnike pojavilo se automatsko upravljanje morskim brodovima. Kao uređaj za upravljanje koji zamenjuje čoveka-kormilara služi žiro-kom-

pas, osetljiv na magnetsko polje zemlje*). Pri skretanju broda sa datog pravca žiro-kompas daje komandu odgovarajućem mehanizmu koji utiče na kormilo i održava određeni pravac broda.

U savremenoj avijaciji upotrebljava se automatski uređaj za upravljanje — autopilot koji održava položaj i kurs aviona u letu. Autopilot dobija informaciju o položaju aviona pomoću zemaljskih radio-svetionika i uređaja, montiranih na samom avionu. Na osnovu dobijene informacije, automatski pilot upravlja kormilima aviona i ne dozvoljava mu da odstupi od datog kursa.

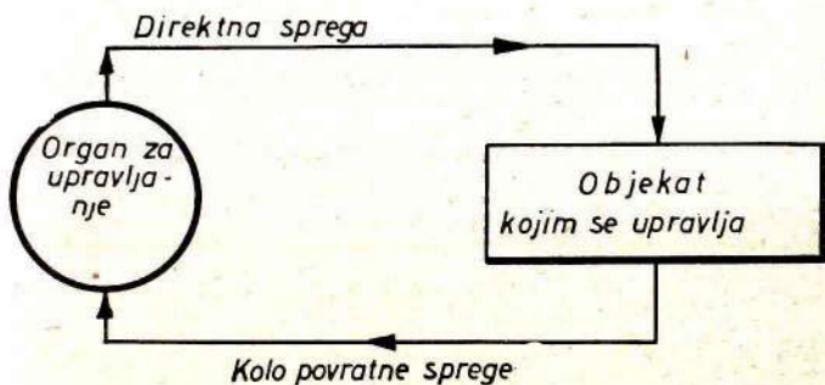
Postoji još mnogo drugih automatskih uređaja. Tu spadaju, na primer, termostati koji služe za održavanje stalne temperature u elektropećima i hladnjacima. Pri promeni temperature u njima, tanka bimetalna pločica savija se i zatvara odgovarajući kontakt električnog kola za grijanje ili hlađenje.

U izloženim primerima uređaj za automatsko upravljanje dobija podatke (informacije) od drugih delova mašine ili spolja. Na toj osnovi automatski proizilazi regulisanje koje održava određeni režim rada. Svaka mašina sa samoupravljanjem može se uprošćeno predstaviti organom za upravljanje i organom za izvršavanje.

Da bi se obavljao proces automatskog upravljanja potrebna su bar 4 uslova: prvo, direktna sprega organa za upravljanje do organa za izvršavanje, kojom moraju da dolaze naredbe o tome šta mora da radi organ za izvršavanje; drugo, povratna sprega kojom u organ za upravljanje dolazi informacija o stanju organa za izvršavanje; treće, prenošenje informacija linijama direktnе i povratne sprege i četvrtto, neophodno je da se informacija koju organ za upravljanje dobija linijama povratne sprege, pra-

*) Žiro-kompas nije osetljiv na magnetsko polje zemlje, već radi na principu rotirajućeg diska čija osovina može slobodno da se kreće u horizontalnoj ravni. On zamenjuje magnetni kompas čija je upotreba na brodovima, zbog velikih gvozdenih konstrukcija, otežana. — *Prim. prev.*

vilno preradi od informacije kontrole u informaciju upravljanja (sl. 8).



a

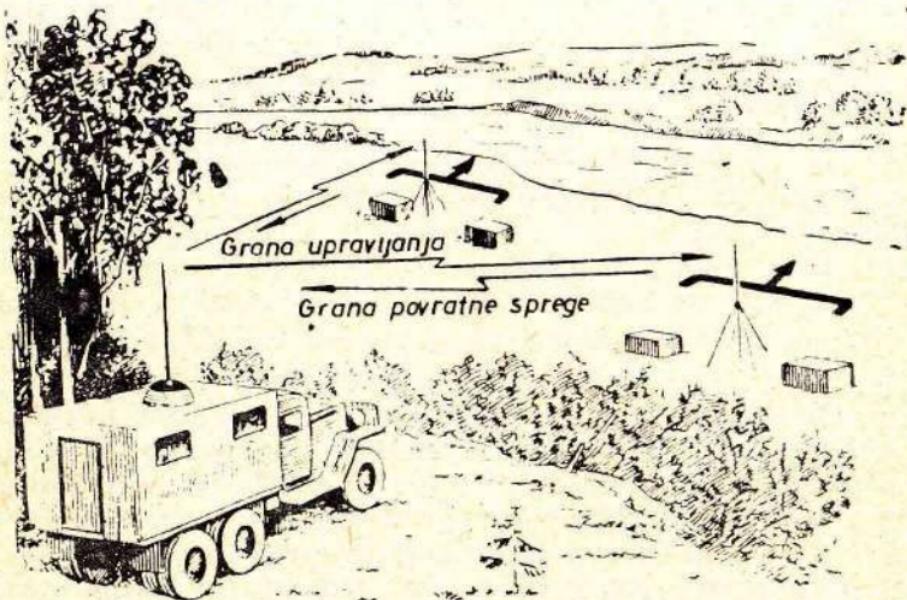
Sl. 8 —Blok-shema automatskog upravljanja

Kao očigledan primer automatskog regulisanja može se uzeti isti regulator parne mašine D. Vata (vidi sl. 7). Direktna sprege kod njega je veza između centrifugalnog regulatora i pregrade koja reguliše dovod pare u mašinu, a povratna veza je veza centrifugalnog regulatora sa izlaznim vratilom parne mašine. Ako se prekine direktna veza, upravljanje dovodom pare postaće nemoguće. Pri prekidu povratne sprege neće biti poznato stanje opterećenja na vratilu parne mašine i upravljanje njenim kretanjem takođe će biti nemoguće.

Automatsko upravljanje mašinama izgrađeno je na principu povratne sprege. U to se možemo uveriti iznošnjem mnogih drugih primera. Ako se ne udovolji tom principu, nemoguće je izgraditi mašinu sa samoupravljanjem.

Ako se proces komandovanja trupama posmatra sa ovog, donekle uprošćenog stanovišta, viši komandant i njegov štab su organ koji upravlja, a svi potčinjeni — objekt kojim se upravlja. Signali za upravljanje će biti odlike i naredbe prepostavljenog, a sadejstvo se ostvaruje

na principu povratne sprege. Ne može postojati usmereno komandovanje trupama ako je viši komandant lišen mogućnosti da lično, kroz svoj štab ili drugim sredstvima, kontroliše stvarno stanje trupa kojima komanduje. Zbog toga neprestano dobija izveštaje o dejstvima potčinjenih trupa i kako izvršavaju izdate naredbe, što i jeste predaja informacija linijom povratne sprege (sl. 9).



Sl. 9 — Komandovanje trupama na principu povratne sprege

Na taj način se komandovanje trupama ostvaruje po zatvorenom krugu, slično upravljanju raznovrsnim tehničkim sredstvima. Na primer, upravljanje protivavionskim projektilom ostvaruje se pomoću komandi koje se šalju iz elektronske mašine. Te komande mašina stvara po prijemu informacije od radara koji određuje koordinate cilja i projektila. Ovde takođe postoje grane za upravljanje i grane povratne sprege.

Još šire nego u tehnici, sistemi samoupravljanja zastupljeni su kod živih organizama. N. Viner tvrdi da procesi

prenosa signala u automatskim uređajima i živim organizmima imaju suštinsku sličnost. Više od toga, regulisanje zasnovano na principu povratne sprege, karakteristično je za mnoge biološke procese. Eto zbog čega je princip povratne sprege zajednički za sve kibernetičke sisteme.

Razmotrimo informacije u živim organizmima. Nije teško primetiti da su ljudi veliki deo vremena zauzeti međusobnom izmenom informacija putem svih mogućih linija veze i prijemom informacija preko organa čula. Vremenom se kod nas izgradila pogrešna predstava da smo potpuno slobodni u radnjama pri predaji i prijemu informacija. Mi i ne pomišljamo da se nalazimo pod uticajem strogih zakona koje je nemoguće prekršiti.

Tok informacija u tehnici počinje od *izvora informacija*. Ona prolazi kroz *predajnik* gde se transformiše u oblik pogodan za predaju. Zatim dolazi u *prijemnik* gde se ponovo transformiše (dekodira) i usmerava prema nameini. Uporedićeemo ovu univerzalnu shemu veze sa onim što se dešava u živom organizmu.

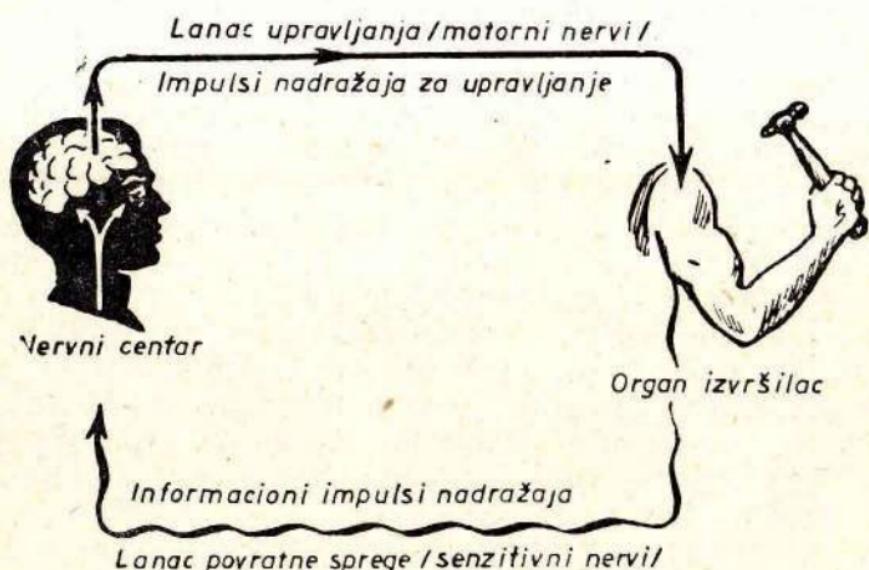
Kibernetika živog organizma posmatra okolinu kao *izvor informacija*. Predajnici informacija su organi čula koji transformišu nadražaje izazvane spoljnom sredinom u nervne impulse. Taj impuls je, u stvari, *signal veze*. Kanali veze su nervi, prijemnik — centralni nervni sistem.

Veliki ruski fiziolog I. P. Pavlov pisao je: »Živi organizam kao sistem postoji unutar prirode samo zahvaljujući neprestanom uravnotežavanju tog sistema sa okolinom, tj. zahvaljujući određenim reakcijama živog sistema na nadražaje koji dolaze do njega spolja, što se kod organizama na višem stupnju ostvaruje uz pomoć nervnog sistema u vidu refleksa.«*)

Put kojim se ostvaruje refleks dobio je u fiziologiji ime refleksni luk. On se sastoji najmanje od dva nervna puta: senzitivnog i motornog. Ti putevi povezuju centralni nervni sistem (kičmenu moždinu i veliki mozak) koji obav-

*) И. П. Павлов, Полное собрание сочинений т. III, кн. 2, АН СССР, 1951.

lja funkciju regulatora, sa organima koji su objekti upravljanja. Refleksni luki počinje za tzv. receptorima*) smeštenim u upravljeni organ, koji primaju nadražaje završetaka senzitivnih nerava (sl. 10).



Sl. 10 — Blok-shema refleksnog luka u živom organizmu

Služeći se tehničkom terminologijom, možemo reći da receptori igraju ulogu mernih uređaja. Prema mestu gde se nalaze, receptori se dele na spoljne koji se nalaze u koži, ušima, očima i sl., i unutrašnje koji se nalaze u unutrašnjim organima, krvnim sudovima, mišićima.

Na dejstvo nekog spoljnog nadražaja (svetlost, zvuk, toplota itd.) receptor odgovara pobudom koja se prostire kanalom povratne spreme (sensitivnim nervima), dolazi do centralnog nervnog sistema i na taj način mu predaje informaciju o dejstvu nadražaja na organ.

*) Receptori — završne tvorevine senzitivnih nervnih vlakana koji primaju nadražaje i transformišu fizičku (mehaničku, toplotnu i sl.) ili hemijsku energiju nadraživača u nadražaj, a ovaj se preko senzitivnih nervnih vlakana prenosi u centralni nervni sistem.

Dobijene informacije se obrađuju u centralnom nervnom sistemu. U najprostijem slučaju ta obrada se odražava jednostavnim prelaskom pobude na motorne nerve. To se dešava, na primer, u kičmenoj moždini pri neuslovljenom refleksu kolena: noga odskače uvis kada se čekičem udari tetiva u zglobu.

Razume se, sve što je rečeno — samo je uprošćen opis funkcionsanja refleksnog luka. U složenijim slučajevima, kod uslovnih refleksa luk se zatvara preko vremenskih veza koje se formiraju u opni velikog mozga. Od centralnog nervnog sistema proces pobude prostire se kanalom veze (motornim nervima) prema radnim organima (mišićima i alatima) izazivajući njihovu akciju. Na primer, najraznovrsnije automatske radnje ljudskog organizma, širenje zenica, nesvesno žmirkanje očima i druge — dešavaju se na principu refleksa ili povratne sprege. Pretpostavimo da je na sluzokožu grkljana pala mrvica hleba. Ona nadražuje receptore, smeštene u sluzokožu, i u njima se stvaraju pobudno-nervni impulsi. Senzitivni nervi saopštavaju to nervnom centru koji šalje motorne impulse mišićima za disanje i izaziva oštре izdisaje, kašalj. Vazduh produvava grkljan i ako struja vazduha izbací mrvu hleba, prestaje nadraživanje receptora, te prestaje i kašalj. Upravljanje radom srca i disanje teku po istim zakonima.

Ako uporedimo blok-shemu sa sl. 8 i 10 koje se odnose na automatsko upravljanje u tehničkim uređajima i živim organizmima, primetićemo suštinsku sličnost. Te sheme se karakterišu pre svega zatvorenim krugom prenosa informacija. S jedne strane, informacija kao signal upravljanja dolazi od regulatora do upravljanog objekta, a sa druge, kolo prenosa zatvara se signalima povratne sprege koji nose informacije o stvarnom stanju tog objekta.

Pod kanalima veze koji prenose informacije treba podrazumevati bilo kakve sisteme, sposobne da ostvare taj prenos. Tu spadaju: mehanički, pneumatski, električni i drugi kanali u tehničkim uređajima i nervne komunikacije u živim organizmima.

U sistemima automatskog upravljanja regulator, na osnovu dobijene informacije, »usvaja« odgovarajuće »rešenje«. On mora umesto čoveka da izvršava određene »logičke« funkcije koje se karakterišu formulom: »ako . . ., onda . . .« (ako je dobijena takva informacija, potrebno je na upravljanom objektu učiniti takvo dejstvo). Kod živih organizama ulogu regulatora izvršavaju organi centralnog nervnog sistema.

Rezultat razmatranja opisanih shema upravljanja daje osnovu da se izvede zaključak da se procesi upravljanja, ma gde se dešavali — u živim organizmima ili tehničkim uređajima — i ma koliko bili raznovrsni, podvrgavaju istim *objektivnim zakonima*. To i jeste osnovna postavka nove matematičke nauke o upravljanju — kibernetike.

Opisana blok-shema jednostavnijeg sistema automatskog regulisanja karakteriše se prisustvom zatvorenog kruga prenosa informacija. I uopšte, automatskim regulisanjem naziva za upravljanje po zatvorenom krugu. Osnovni zadatak sistema automatskog regulisanja je zadržati proces u određenom režimu rada. Odstupanje od tog režima brzo izaziva reakciju u obliku signala (korekcija) koji stabišu proces. Razlikuju se tri oblika upravljanja po zatvorenom krugu: za stabilizovanje, za praćenje i programske.

Opisani centrifugalni regulator Vatove parne mašine jedan je od prvih sistema stabilizujuće regulacije. *Sistemi za stabilizovanje* obavljaju zadatke radi održavanja konstantnosti procesa i primenjuju se pre svega za održavanje konstantnih brzina, pritisaka i temperatura, napona i jačine struje itd. U radio-tehnici, na primer, široko se primenjuju stabilizatori različitih napona i jačine električne struje, stabilizatorski uređaji za automatsko regulisanje pojačanja u prijemnicima koji obezbeđuju relativno staln napon na izlazu prijemnika pri znatnim promenama napona na ulazu, uređaji za stabilizovanje stepena modulacije i dr.

Pri pozicionom regulisanju vrednost parametara*) za upravljanje menja se u zavisnosti od neke druge veličine koja se uvodi spolja ili karakteriše tok samog procesa. Pozicioni sistemi široko se primenjuju za daljinsko upravljanje raznovrsnim objektima kada, na primer, okretanje ručice na komandnom pultu za neki ugao izaziva okretanje krme broda za isti toliki ugao, i u telemernjima, kada pomeranje merenog objekta izaziva odgovarajuće pomeranje kazaljke mernog uređaja.

Pozicioni sistemi, kod kojih su ulazna i izlazna veličina mehanička pomeranja, nazivaju se ponekad servomehanizmima. U radio-tehnici to su uređaji za automatsko podešavanje radio-prijemnika, radarski sistemi za praćenje aviona i mnogi drugi.

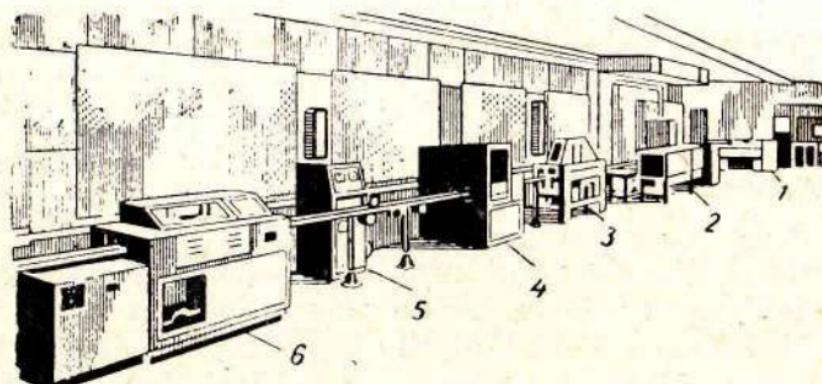
Programsko regulisanje predstavlja sistem kod kojeg se vrednosti parametara vremenom automatski menjaju, u skladu sa određenim programom, unesenim u regulator. Međutim, ni u tom slučaju se uloga povratne sprege ne smanjuje, već se, naprotiv, povećava. Mora postojati kontrola toga kako upravljeni sistem reaguje na signale, pa, prema tome, i korekcija signala u skladu sa programom i informacijom o stvarnom stanju upravljanog objekta. Ipak, takvi sistemi koji imaju stroge karakteristike, ponekad rade gore od automatskih sistema sa čovekom-operatorom. Stvar je u tome što čovek u slučaju potrebe može, prilagođavajući se toku regulisanog procesa, da promeni postupak upravljanja, a automatski sistem radi samo po određenom programu.

U savremenim složenim sistemima za automatsko programsko regulisanje, upravljeni objekat obuhvata nekoliko agregata. Regulisanje u njemu obavlja se ne na osnovu jednog, već nekoliko parametara koji odgovaraju, na primer, brzini, temperaturi, pritisku itd. U takvim slučajevima kao kanali veze koriste se, po pravilu, elek-

*) Parametar u tehnici je veličina koja karakteriše neke bitne sličnosti uređaja ili pojave (naročito procesa).

trična kola, a kao najsavršeniji regulatori, sposobni da obavljaju prilično složene i raznovrsne logičke funkcije, primenjuju se elektronske računske mašine.

Na primer, američka firma »vestern elektrik«*) opremlila je i pustila u rad dve potpuno automatizovane trake koje rade u datom režimu, za izradu precesionih**) ugljenih otpornika u vidu filma (sl. 11). Princip rada trake je sa programskim regulisanjem.



Sl. 11 — Automatizovana traka za izradu precesionih ugljenih otpornika u vidu filma:

1. urezivanje spirale, 2. presovanje, 3. kontrola hermetičnosti, 4. obeležavanje, 5. krajnja ispitivanja, 6. pakovanje

Elektronska mašina prati režim rada mašina-automata, prebacuje ih, vrši statističku analizu rezultata kontrole kvaliteta u toku celog procesa proizvodnje, kontroliše broj izrađenih otpornika svakog tipa u saglasnosti sa postavljenim programom.

Primena ovih automatskih traka omogućila je da se snizi cena koštanja otpornika za 3,5 procента i obezbeđila je kvalitet rada, potreban za protivraketnu aparaturu sistema »najk-zevs«. U aparaturi »najk-zevs« otpornici moraju imati pouzdanost koja obezbeđuje da broj otkaza iznosi jedan na milijardu elemenata po času rada.

*) Aviation Week, decembar 1959.

**) Otpornici za vrlo visoke frekvencije.

Automatske trake se sastoje od složenih mašina-automata. Ceo proces proizvodnje otpornika, počevši od pripreme materijala pa do pakovanja gotovih uzoraka, neprekidno kontroliše i njime upravlja digitalna elektronska mašina.

Traka, namenjena za izradu otpornika snage od 0,250 do 2 W, proizvodi 1.200 otpornika na sat, a druga — 2.400 otpornika snage 0,125 W. Ukupno za godinu dana trake mogu da proizvedu 4—6 miliona otpornika.

Otpornici proizvedeni na automatskoj traci odlikuju se poboljšanim kvalitetom. Na primer, obični ugljeni otpornici u obliku filma posle 24-časovnog ispitivanja u peći na temperaturi od +125°C i stajanja nakon toga 250 časova u atmosferi sa 100-procentnom vlagom, menjaju otpornost za 7 procenata, dok otpornici, izrađeni opremom upotrebljenom u automatskim trakama, pri istim uslovima menjaju svoju vrednost za 0,3 procenata.

Brze elektronske računske mašine imaju sposobnost da obrađuju informacije, dobijene od kontrolno-mernih uređaja. U vezi s tim elektronske računske mašine se koriste za izgradnju takozvanih sistema za upravljanje i regulaciju sa samopodešavanjem. Kod njih postoji još i drugi uređaj za upravljanje. On kao da »nadgleda« tok procesa i rad automatskog regulisanja osnovnog uređaja za upravljanje. Ako dejstvo osnovnog uređaja ne osigurava dovoljno dobro upravljanje, drugi uređaj, dejstvujući na prvi, primorava ga da izmeni režim i postupak regulisanja. Time se postiže potreban režim rada sistema.

Pošto su računske mašine sposobne da obavljaju niz logičnih operacija, pojavila se mogućnost konstruisanja »logičkih« mašina, posebno za kibernetičke igre. U literaturi se svojevremeno pisalo o mašini-igrački »miš u laverintu« koju je izgradio engleski naučnik K. E. Šenon radi demonstriranja osnovnih ideja teorije informacija. Igračka se sastoji od malog elektronskog računara i kvadratne aluminijumske kutije, okrenute otvorenom stranom prema gledaocima. Unutra ima pokretnе aluminijumske pgregate, metalnog »miša« s brkovima-kontaktima i metalnu

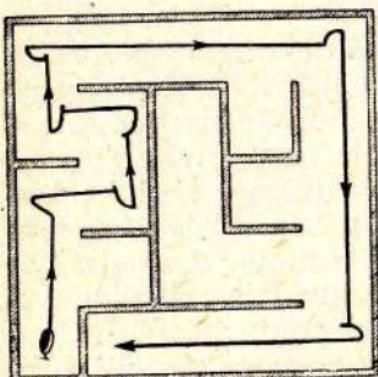
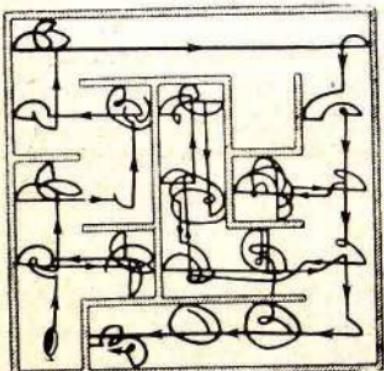
»slaninu«. Dno kutije podeljeno je na 25 jednakih kvadrata, po kojima se pregrade mogu raspoređivati u proizvoljnom poretku, gradeći raznovrsne lavirinte. Kutija je spojena žicama sa malim elektronskim uređajem, postavljenim malo dalje. U jedan od kvadratnih kaveza stavlja

se metalni »miš«. Kada se uključi elektronski uređaj, »miš« počinje da se kreće po lavirintu i »opipava« put brcima-kontaktima. Pri sudaru »miša« sa preprekom dolazi do zatvaranja kontakta. U početku »miš« udara na sve strane, polako ide po složenom lavirintu i posle gotovo dva minuta lutanja nalazi metalnu »slaninu«, uzima je i nosi u svoju »rupu«. Zatim se isključuje elektronski uređaj i, bez promene lavirinta, »miš« se ponovo stavlja na predlašnje mesto.

Ogled se ponavlja. »Miš« ovog puta dolazi do »slanine« najkraćim putem, izgubivši za svoje putovanje svega 15 sekundi. Put se »pamti« zahvaljujući specijalnom elektronskom uređaju koji je fiksirao u koordinatnom sistemu raniji put. Po drugi put putovanje »miša« automatski se skraćuje, kao što je to predviđeno prostim programom (sl. 12).

Sl. 12 — Put „miša“ u lavirintu; gore — pri prvom puštanju „miš“ se kreće nasumce; dole — pri drugom puštanju kreće se prema „slanini“ najkraćim putem

Principijelno, ovde je važno to što se »miš«, koji je napravio Šenon, odlično »obučava« samo jednim eksperimentom, bez ponavljanja. Takav »miš« je najprostiji primer maštine sposobne za obučavanje.



Ako miša puste u izmenjeni lavirint, on pokušava da prođe do »slanine« pređasnijim putem ali, sudarivši se sa pregradom, počinje da traži novi put. Elektronski uređaj će biti primoran da zaboravi stare podatke i prikupi nove.

Gradeći igračku, Šenon je težio ka suštinski važnom tehničkom cilju — ostvarenju takvog sistema komutacije telefonskih linija koji bi bez učešća telefonista za spajanje telefonskih pretplatnika automatski odabirao najkraći put s najmanjim brojem zaobilaznih krugova.

Fizički procesi u životu organizma i kibernetičkoj igrački ne samo što su različiti, nego oni ne mogu imati ništa zajedničko. Ipak, sa stanovišta kibernetike, tj. iskorišćavanja informacija o spoljnoj situaciji za stvaranje reakcija, uslovni refleks organizma i »uslovni refleks veštačkog« miša bez sumnje imaju veliku sličnost.

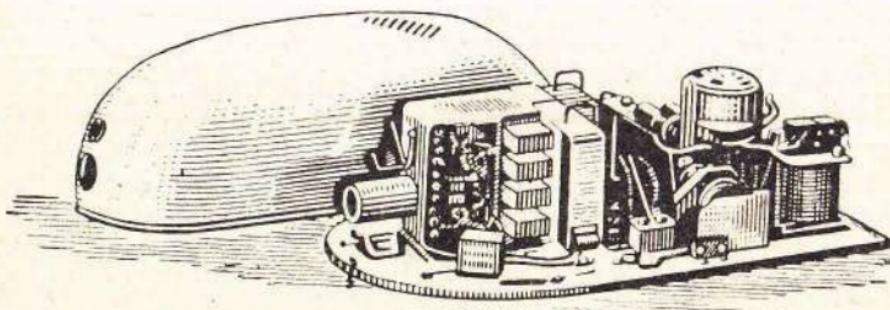
Setimo se opita čuvenog ruskog fiziologa I. P. Pavlova koji je pokazao kako se stvara uslovni refleks. Pri uzimanju hrane, kod psa se obilno luče slina i želudačni sok, potrebni za varenje hrane. To je neuslovjeni refleks. Ako, pak, pri hranjenju psa svaki put uključuju zvonce, kod njega će se javiti uslovjeni refleks. Lučenje sline i želudačnog soka pojaviće se čak i ako se ne daje hrana ali zvonce zvoni. Ali to ne može dugo trajati. Pas će uskoro prestati da reaguje na zvonce ako mu ne daju hranu i uslovjeni refleks isčezava.

Interesovanje za mehaničke životinje izazvano je time što one služe kao eksperimentalni modeli, na čijim primjerima naučnici izgrađuju složenije automate. Tako su navike elektronskih »kornjača« danas tema naučnih sporova i filozofskih razmišljanja. U našoj zemlji*) elektronska »kornjača« izgrađena je u Institutu za automatiku i telemehaniku Akademije nauka SSSR. Ona ima metalni oklop, a umesto šapa — kolica sa tri točka, od kojih je prednji za pogon i upravljanje (sl. 13).

Sovjetsku »kornjaču« uspešno je demonstrirala delegacija Sovjetskog Saveza na Evropskom kongresu o kibernetici u belgijskom gradu Namiru. Sve radnje »kornjače«

*) U SSSR-u. — Prim. prev.

zasnovane su na principima kibernetike. Pod njenim oklopom montirani su malobrojni, ali složeni elementi: četiri elektromagnetna releja, foto-element, pojačavač, elektromotor i mikrofon. Međusobno povezan rad uređaja i mehanizama daje joj mogućnost da reaguje na sredinu koja je okružuje. Na primer, ako se »kornjača« pri kre-



Sl. 13 — Elektronska „kornjača“ sa „uslovijenim refleksom“ (bez oklopa)

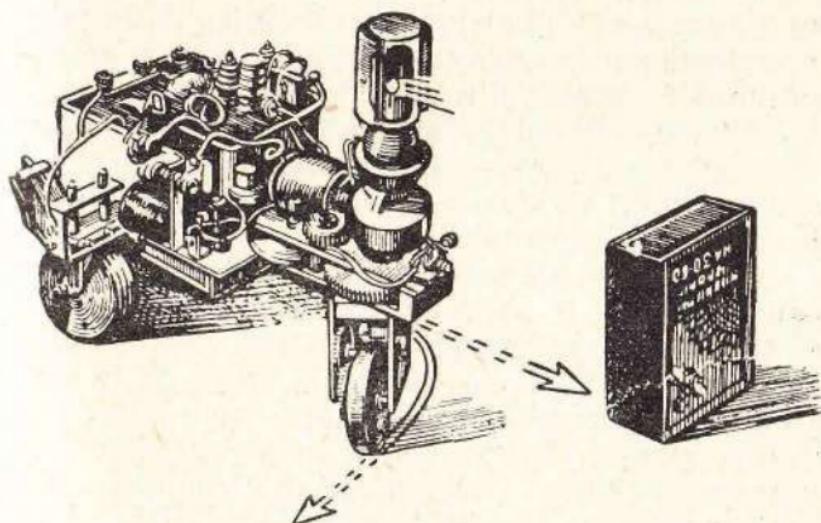
tanju sudari sa preprekom, zatvaraju se njeni specijalni kontakti i ona obilazi prepreku. Time se modelira neuslovjeni refleks. Pošto je »kornjača« snabdevena mikrofonom, može da prima i zvučne signale. Ako zvono zvoni svaki put pri sudaru sa preprekom, »kornjača« će posle izvesnog vremena, čim čuje komandu — zvonce, obilaziti prepreke koje ne postoje, tj. kod nje se stvara uslovni refleks.

Ako dugo dovođenje zvučnih signala nije praćeno sudarom sa preprekom, »kornjača« će prestati da reaguje na njih. To je model zaboravljanja uslovnog refleksa. U »kornjači« postoji specijalni sklop koji prima signale o sudaru sa preprekom i signale od mikrofona. Vreme koincidencije signala iz tih »nadraživača« fiksira se u uređaju »za pamćenje« zagrevanjem bimetalne trake koja, pomerajući se, zatvara kontakte sklopa. Samim tim se u mašini stvara sposobnost reagovanja na zvonce i kad ne postoje signali o sudaru sa preprekom. Hlađenje i vraćanje bimetalne trake dovodi sklop u početni položaj:

»uslovni refleks« iščezava. Za obnovu uslovnog refleksa potrebno je izvesno vreme. U inostranstvu je dve takve »kornjače«, nazvane »Elsi« i »Kora«, prvi konstruisao engleski inženjer i veliki fiziolog Grej Volter.

Zamisao »kornjače« vrlo je duhovita. Zamislimo foto-element što proizvodi električnu struju kojom se puni mali akumulator. Ako ispred foto-elementa dugo gori svetiljka, nastupiće trenutak kada dalje punjenje akumulatora dovedi do oštećenja celog sistema. Mora se isključiti svetiljka ili foto-element. Može se izabrati i drugi put: postaviti ceo sistem na točkiće, snabdeti ga motorčićima i organom za automatsko upravljanje. Radeći zajedno i koristeći se energijom akumulatora, oni će u potrebnom momentu odvesti sistem od svetla. I, obratno, kada je u akumulatoru nedovoljno energije, organ za automatsko upravljanje će dejstvovati na sistem i primorati ga da se vrati do izvora svetlosti. Samim tim on će dati mogućnost da se obnove njegove zalihe energije.

Svako naredno kretanje sistema zavisi od uspeha ili neuspeha njegovog prethodnog kretanja. Dalje konstruktivno usavršavanje ovakve kibernetičke maštine omogu-



Sl. 14 — Kornjača „Elsi“ G. Voltera (bez spoljnog oklopa)

ćava »kornjači« da ostvaruje svoje uspehe, vešto se prilagođavajući slučajnim uslovima i preprekama na putu. Na tom principu je sagrađena kornjača »Elsi« (sl. 14).

Princip povratne sprege koji u tehnici omogućava izgradnju samoregulišućih sistema i električnih sklopova, kao što je poznato, »otkrila« je priroda. Kada vršimo neko kretanje, naši nervi ne samo što daju naredbe mišićima nego ostvaruju i povratnu spregu, obaveštavajući nervni centar koji upravlja da je mišić izvršio svoj zadatak! Ako ulaz pojačavača ne bi bio povezan sa izlazom povratne sprege, »kornjača« bi najvećim delom kružila na jednom mestu, jer bi njeno prebacivanje sa maksimuma na minimum svetlosti bilo konstantno.

Povratna sprega pojačavača omogućava »kornjači« da se automatski prilagođava srednjem nivou osvetljenosti i da razlikuje mala odstupanja od njega. Električni signal koji polazi od foto-elementa, prošavši kroz pojačavače, vraća se i sabira sa signalom koji dolazi, svodeći ga na neki srednji nivo, a ako je potrebno, i menjajući mu znak na inverzni.

Tropizam je kretanje posebnih organa biljaka (stabla, korena, lišća), kao i kretanje insekata i nižih životinja, uslovljeno jednostranim dejstvom spoljašnjeg nadražaja. Pozitivnim tropizmom nazivaju se kretanja prema nadražaju, a negativnim — kretanja u stranu, suprotnu dejству nadražaja. U zavisnosti od karaktera nadražaja razlikuju se i oblici tropizma. Na primer, kretanja izazvana dejstvom svetlosti nazivaju se foto-tropizmom, izazvana dejstvom zemljine teže — geotropizmom, izazvana dejstvom vlažnosti — hidrotropizmom. Tako leptir uvek leti prema svetlosti, a stenica se krije od svetlosti. Prema tome, kod njih su se stvorili različiti tropizmi.

Tropizam elektronske »kornjače« zavisi od toga koliko joj je napunjen akumulator. Kada je napunjen, dejstvuje »tropizam« stenice. Pri odsustvu svetlosti, zatvorene su obe lampe »kornjače« — oba releja su spojena sa motorčićem koji pokreće prednji točak i »kornjača« se kreće prema mraku.

Odavde sledi da za promenu tropizma »kornjače« treba izmeniti samo regulisanje nivoa povratne sprege, što se lako postiže jednostavnim prespajanjem.

Principijelno interesovanje za slične elektronske »kornjače« izazvano je time što sistem sa samopodešavanjem ne zahteva upravljanje spolja. Maketa »kornjače« može se uputiti na »putovanje« i po složenom putu, ako se na pojedinim njegovim tačkama postave signalne lampice. Radnje »kornjače« proističu iz njenog unutrašnjeg sastava. Strani vojni stručnjaci smatraju da slične mašine, konstruisane i sposobljene za različite vojno-inžinjerijske namene, imaju perspektivan značaj. Na primer, postoje protivtenkovske, protivminskie, vojnopolomorske, izviđačke i druge »kornjače« koje se široko primenjuju u armiji i vojnopolomorskoj floti SAD.

IV. POJAM TEORIJE INFORMACIJA

Jedna od najvažnijih grana kibernetike je teorija informacija. Ona proučava informaciju sa kvantitativne strane.

»Naredbe« koje muskulatura ljudskog ili životinjskog tela dobija od mozga o tome kakvi pokreti moraju biti načinjeni, takođe predstavljaju informacije. Međutim, njih nije moguće opaziti ili opipati, tj. neposredno ih shvatiti. Tom reči se označava sve što nosi u sebi trag nekog događaja ili činjenice, što daje podatke o njima.

Bitno je to što informacije ne samo što idu od organa za upravljanje prema izvršnim u vidu naredbi, već se i obratno prenose — od izvršnih prema organima za upravljanje u obliku izveštaja o rezultatima izvršenja ovog ili onog dejstva. *Povratna sprega* omogućava organima za upravljanje da imaju uvid u situaciju koja se neprestano menja. Sire nego u tehnici, sistemi povratne spregе zastupljeni su u biologiji, u živim organizmima. Svi početni podaci koji radi rešavanja zadatka dolaze u elektronsku mašinu upravljanu programom, kao i posredni i krajnji rezultati rešavanja zadatka, predstavljaju informacije.

Signali predstavljaju fizičke procese koji se dešavaju u sredini nazvanoj kanalom veze, pri čemu je karakteristično to što se sami procesi rasprostiru kanalom veze. Svaki uređaj koji ostvaruje prenos signala na daljinu naziva se kanalom veze.

Sistem signala koje je informacija proizvela predaju korisniku naši organi ili uređaji za upravljanje.

U tehničkom smislu, teorija informacija može se definisati kao teorija prenosa saopštenja kanalima veze.

Informacija se može ne samo prenositi, već u zapisanom obliku čuvati i u slučaju potrebe iskoristiti. Ljudski mozak poseduje veliku sposobnost da zapamti informacije. Veći deo svojih misli i neodložnih stvari čovek, radi pamćenja, beleži u notes. Organe ili uređaje za čuvanje informacija u kojima se one čuvaju u obliku signala nazivaju se organom za pamćenje ili »memorijom«. Vrlo je važno to što se za vreme čuvanja informacija signali ne prostiruju van granica memorije. Na primer, pri korišćenju feromagnetne tačke u svojstvu organa za pamćenje, signale predstavljaju namagnetisani delovi trake. Čovekov mozak pamti informacije kao rezultat pojave postojanih promena u određenim njegovim ćelijama ili grupama ćelija.

Pošto kibernetika proučava samo jedan od oblika veze — razmenu informacija, nepravilno je smatrati je naukom o celokupnoj vezi, pa i sama kibernetika na to ne može pretendovati.

U širem smislu reči, pod informacijama se podrazumevaju oni podaci o svetu koji nas okružuje, koje dobijamo međusobno dejstvujući s njim, prilagođavajući se njemu i menjajući ga u tom procesu. U kibernetici se pod informacijom ne podrazumevaju sadržaj i način na koji se ona prenosi. Za nju je sasvim nevažan sadržaj predavane informacije, a tim pre kako će se na nju reagovati; nju ne interesuje kakvim se sredstvima ona prenosi — telefonom, usmeno, telegrafom ili radio-putem, ili možda optičkim i akustičkim signalima. Kibernetiku interesuje samo postojeći bilo kakav niz bilo kakvih signala, simbola koji su poslati i došli do nas u nekom obliku, kao i verovatnoća izobličavanja tih signala pri prenosu. Drugim rečima, njen čisto kvantitativni sadržaj sastoji se od veoma malog broja pisanih znakova, kao i kod svake matematike. Bez obzira na to, kibernetika se svojim mogućnostima pokazala veoma bogatom u toj oblasti.

U kibernetičkim postrojenjima, da bi se ostvarilo automatsko upravljanje i dobili izveštaji o toku izvršenja komandi ili stanja procesa, primenjuje se prenos signala informacija kanalima veze i obrada tih informacija u regu-

latorima. Informacija, kao što je poznato, prenosi se pomoću signala koji predstavljaju skup simbola, prenošen ovim ili onim kanalom veze. Očigledno je da signal, ako ga je nemoguće predvideti na osnovu ranije dobivenih podataka, odgovara novoj informaciji. Sistem koji informaciju pretvara u signal što se prenosi kanalom veze naziva se *predajnikom*, a sistem koji vrši, obratno, pretvaranje signala u informaciju — *prijemnikom informacije*.

Proces prenošenja može biti vrlo složen. Informacije postoje u svim stadijumima upravljanja. One obavezno imaju nekakav materijalni izraz. Štaviše, pri prenošenju informacije putem usmenog govora signali su zvučna treperenja, a kanal veze — vazduh. Pretpostavimo da čitalac sluša radio-informacije. Dopisnik — očevidac nekog događaja — dobio je svojim čulima informacije o njemu. Zatim je te informacije pomoću pera i mastila zapisao na hartiju, praveći od različitih kombinacija slova posebne reči, a zatim rečenice. U obliku svetlosnih talasa te informacije su delovale na mrežnjaču radio-spikera i u vidu nervnih impulsa došle u njegov mozak koji je poslao određene naredbe organima govora. Treperenja vazduha koja su oni izazvali delovala su na membranu mikrofona i posle toga je nosilac informacija postala električna struja. U predajniku radio-stanice električni signali se pretvaraju u elektromagnetne oscilacije — radio-talase i spiker je predao informacije radio-talasima koji su ih doneli do radio-prijemnika. Zatim je nosilac postala ponovo električna struja, zatim mehaničke oscilacije membrane zvučnika, zvučni talasi i na kraju nervni impulsi koji su doveli informacije do naše svesti.

U samoj osnovi pojma informacija leži pretpostavka da se unapred ne zna koji će se događaj od mnogih desiti, tj. leži pojam neodređenog. Pretpostavimo da bacamo kocku čije su strane numerisane. Pri padu odozgo može se pokazati bilo koja cifra na šest strana kocke od jedinice do šestice. Znak o pojavi bilo koje cifre na vrhu kocke, u datom primeru predstavlja informaciju.

Teorija informacija ima na taj način posla sa slučajnim događajima ili pojavama i može se reći da se u osnovi zasniva na teoriji verovatnoće. Osnovni pojam te teorije je pojam verovatnoće slučajnog događaja. Informacije mogu sadržavati podatke koji otkrivaju nešto novo, ranije nepoznato. Ako je, na primer, neko literarno delo napisano »po šablonu« tako da je već iz prvi strana jasno kako će se dalje razvijati događaji i čime će se završiti, čitaocu to delo neće biti interesantno i on će zatvoriti knjigu. Prema tome, delo za čitaoca ne poseduje nikakve nove informacije. S druge strane, potpuno nepoznavanje onoga što može biti preneseno, takođe isključuje mogućnost prenosa informacija.

Po pravilu, između predajnika i prijemnika mora postojati »zajednički jezik«, tj. kod ili sporazum, koji se odnosi na elemente pomoću kojih nastaju informacije. Inače, oni jedan drugog neće razumeti. U to seemo uveriti na prostom primeru. Pretpostavljeni starešina dobio je od potčinjenog izveštaj o toku dejstava, kodiran pogrešnim ključem. Izveštaj je ostao nedešifriran. Prema tome, pretpostavljeni nije dobio nikakve informacije. One su se morale pisati utvrđenim kodom. Uzećemo drugi primer. Čovek ne zna jezik na kome je napisana knjiga. Ona mu ne može saopštiti nikakve informacije bez obzira na to koliko je važan i interesantan njen sadržaj. Isto to se može kazati o predaji i prijemu po kanalima veze.

Elementi pomoću kojih se u kibernetici prenose informacije nazivaju se simbolima. Oni mogu biti: slova, reči, fraze, cifre, matematički znaci itd. Poruka predstavlja neki niz simbola. Ako su, na primer, to podaci o karakteristici vazdušnih ciljeva, oni mogu biti: tip aviona ili nekog drugog aparata koji leti, broj, visina, brzina, borbeni redak i sl.

Kanal veze obuhvata uređaj za kodiranje i predaju, liniju veze, prijemni uređaj i uređaj za dekodiranje.

Teorija informacija proučava problem efikasnog iskorisćavanja kanala veze. Ona određuje potrebnu količinu prenošenih signala za upravljanje i izveštaje, a takođe

otpornost na smetnje i mogućnost kanala veze da informacije u obliku saopštenja prenosi sa minimalnim izobličenjima i gubicima snage. U vojski to dobija poseban značaj.

Analizirajući mogućnosti efikasnog korišćenja kanala veze, određuju se osobine signala koji karakterišu uslove prenosa informacija.

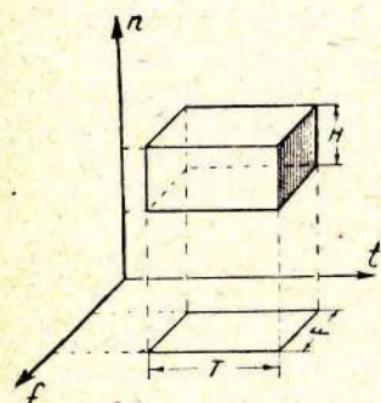
Osobine signala su:

- jačina signala (tačnije — veličina rastojanja signala i smetnji) koja obezbeđuje ponovno stvaranje komandi ili izveštaja dobrog kvaliteta — H ;

- širina frekventnog spektra (razlika između maksimalne i minimalne frekvencije koje se nalaze u spektru signala) uključenog u taj signal — F ;

- trajanje signala (jednako razlici između vremena prestanka signala i vremena njegove pojave) koje određuje vreme zauzetosti kanala datim signalom — T .

Radi upoređivanja osobina signala, a i zbog karakteristike kanala veze, uvodi se uslovna oznaka za kapacitet signala V koji je jednak proizvodu $H \cdot F \cdot T$.



Sl. 15 — Geometrijska predstava signala (uslovni kapacitet signala $V = HFT$)

lejna sredstva veze, kao i žične linije veze, namenjene za prenošenje informacija u kibernetičkim objektima, razmatraju se kapaciteti signala. To znači da se razmatra nji-

Pomenuti geometrijski kapacitet se predstavlja određenima, jednakim veličinama H , F i T na tri uzajamno upravne koordinatne ose. Tada će signal imati uslovni kapacitet jednak zapremini paralelopipeda: $V = H \cdot F \cdot T$ (sl. 15).

Ako je kapacitet kanala veze veći ili jednak kapacitetu signala, obezbediće prenošenje informacije. U vojski to je veoma važno pri izboru postojećih sredstava veze. Da bi se pravilno rasporedila radio i radio-re-

hova veličina po snazi sa stanovišta mogućnih uzajamnih smetnji i prisustva šuma u kanalima veze. Razmatra se i širina spektra signala, tj. ispituje se da li će odabranu sredstvo veze osigurati propuštanja signala i da li postoji potreba za ponovnim rasporedom kanala. Zajedno s tim uzima se u obzir trajanje signala uz proračun maksimalno racionalnog prenosa i otklanjanje zastoja.

Pri konstruisanju ili raspodeli kanala veze za prenošenje informacija proračunava se zauzetost signalima. Ceo kapacitet kanala veze mora u svim karakteristikama biti racionalno iskorišćen. Zbog toga se kanal veze projektuje tako da bude pogodan za prenošenje bilo kakve poruke iz izvora informacija. Ako je nemoguće ili nepogodno projektovati kanal veze koji bi u svim slučajevima imao podjednako dobre karakteristike, on se proračunava tako da poseduje najbolje karakteristike u najverovatnijim uslovima rada.

Iz rečenog je jasno da teorija informacija razmatra propusnu moć kanala veze, optimalno kodiranje informacija i utvrđuje njihovu uzajamnu zavisnost.

U svakom posebnom slučaju postoji neko minimalno trajanje poruke, u kome je sadržana celokupna informacija. Ukoliko je ono kraće, utoliko se brže može preneti. Značaj ove postavke je očigledan i neophodan u vojsci.

Zamislimo komandanta koji u toku borbe dobija od potčinjenih informacije o situaciji na bojnom polju ne u vidu kratkih, preciznih i jasnih izveštaja, već u vidu dugačkih priča. One jedva da mu mogu pomoći da doneše pravilnu odluku. Osim toga, ukoliko je poruka kraća, jeftinije je prenošenje. I ekonomski efekat ima vrlo veliki značaj. Kod nekih sistema za upravljanje cena kanala veze predstavlja značajan deo cene celog sistema. Tu i dolazi u pomoć teorija informacija koja pre svega određuje količinu informacija potrebnu mašini za upravljanje u kibernetičkom sistemu.

Da bi se definisao pojam »količina informacija«, neophodno je zamisliti kako se iskorišćava informacioni kapa-

citet kanala i koji se njegov deo stvarno iskorišćava pri prenosu.

Analizirajući korišćenje informacionog kapaciteta kanala veze sa stanovišta »svršishodnog« korišćenja pri primopredaji, ustanovljeno je da su neke moguće poruke (telegrami, razgovori) toliko besmisleni, da se nikada neće sresti, drugi se susreću retko, treći — često. Nameće se zaključak da se za prenošenje samo onih poruka koje se stvarno susreću može u principu proći sa kanalom manjeg kapaciteta.

Zamislimo sebe u ulozi adresata koji se nalazi na prijemnom kraju kanala veze. Dobijajući razne poruke za izvršenje ili pamćenje, nećemo sve poruke, iz subjektivnih razloga, primati podjednako. Intuicija će nas primorati da porukama dajemo različitu vrednost.

Događa se da poruke budu »interesantne«, »nove«, »neočekivane«. A događa se i to da ne dobijamo »ništa novo«, »sve bez promena« itd. Ako su sve dobijene poruke jednake, ili unapred poznate ili se iz prethodnih mogu dobiti naredne, one u stvari ne daju ništa novo, tj. pokazće se da je informacija jednaka nuli. Dručije rečeno, informacija je ono što otklanja nepoznavanje, dolazi kao zamena neodređenom.

Junak romana Žila Verna »Tajanstveno ostrvo« novinar Gedeon Spilet slao je preko telefona tekst prvih glava iz Biblije samo zato da ne bi konkurentskim reporterima dao mogućnost da prvi upotrebe liniju. Linija u datom slučaju absurdno korišćena, tj. prenosio se opšte poznati tekst. Poruke će biti »interesantne« samo kad iz njih novosti doznaјemo »neočekivano« ili, tačnije slučajno.

Metode teorije verovatnoće otvaraju put za definiciju mere količine informacija. Merenje količine informacija je težak zadatak, ako se uzme u obzir kvalitativna raznolikost poruka (pisani tekst, govor, muzika, opis). Zbog toga treba naći takvu meru koja bi se pokazala pogodnom za merenje tih osobina različitih vidova informacija. Zbog

toga postoji dogovor da se uvede tzv. binarna jedinica informacija. Ona predstavlja jednu od dve jednakoverojatne mogućnosti pri pojedinačnom izboru.

Pretpostavimo da imamo kutiju u koju su stavljenе dve kugle iste boje, na primer, crne. Izvlačeći jednu od njih unapred znamo da će ona svakako biti crna. Tu nećemo dobiti nikakve informacije, tj. dobijena količina informacija biće jednak nuli. Ako u kutiju budu unapred stavljenе jedna crna i jedna bela kugla, ne možemo unapred znati kakva će kugla biti izvučena. Verovatnoća izvlačenja bele i crne kugle potpuno su jednakе. Pri izboru, od dve jednakoverojatne mogućnosti dobijemo neku informaciju, čija je količina jednakoj binarnoj jedinicici.

Vratimo se primeru sa kockom. Pri njenom narednom bacanju ponovo se mogu pojaviti cifre od jedinice do šestice, a ukupan broj mogućih kombinacija cifara obe^{*)} kocke biće jednak $6^2 = 36$, u šta se lako možemo uveriti. Pri bacanju kocke n puta, broj mogućih događaja je 6^n . Uopšte, kada je moguće m jednakoverojatnih nezavisnih događaja, ukupan broj kombinacija N je jednak $N = m^n$.

Količina informacija može se povezati sa veličinom N . Pri tome je prirodan zahtev da priraštaj količine informacija (pri zadatom m) bude proporcionalan broju n . Na primer, dvaput duža telegrafska poruka sadrži dvaput veću količinu informacija. Tu osobinu ima logaritam N . Zbog toga je svršishodno količinu informacija definisati kao $I = \log_a N$.

Zbog niza uzroka pogodno je za osnovu logaritma uzeti broj 2. Tada će formula imati oblik: $I = \log_2 N$. Tako, ako je $N = 2^4 = 16$, onda je $I = 4$.

Objasnimo to na sledećem primeru.

Pretpostavimo da je u kutiju stavljen 16 bilijarskih kugli sa različitim brojevima. Ako su kugle dobro izmešane, verovatnoće za izvlačenje kugle sa bilo kojim brojem sasvim su jednakе. Potražimo određenu kuglu svrsta-

^{*)} Sasvim je svejedno da li ćemo istovremeno baciti dve kocke ili ćemo jednu baciti dvaput uzastopno. — Prim. prev.

vanjem svih nepoznatih u dve jednake grupe. Najpre je potražimo u prvoj polovini, tj. između prvih osam kugli. To je prva informacija. Ako je traženje bilo bezuspešno, ponovo podelimo preostalih osam kugli u dve jednake grupe. Tako ćemo raditi sve dok ne nađemo kuglu sa traženim brojem, tj. biraćemo između dva jednakoverovalna događaja sve dok u grupi ne ostane samo kugla koja nas interesuje. Ukupno, biće dobijena četiri podatka.

Izračunaćemo u binarnim jedinicama količinu informacija koju smo dobili izvlačenjem željene kugle. Od šesnaest jednakoverovalnih događaja dobili smo četiri binarne jedinice. Ako se ovako mere informacije, moguće je matematičkim transformacijama dokazati da je količina informacija I , dobijena pri obavljanju jednog od jednakoverovalnih događaja, jednak logaritmu broja tih događaja uzetom za osnovu $2 : I = \log_2 n$. Odavde se vidi da se količina informacija koju prenose signali potčinjava poznatom logaritamskom zakonu. Ona je proporcionalna logaritmu verovatnoće da signali pri prenosu i prijemu ne budu izobličeni. U stvari, ako želimo, na primer, da dobijemo informacije iz rečnika sa 1024 strane, snabdevenog oznakom početnog sloga pri vrhu, ne treba da gledamo svaku stranu. Da bismo našli traženu reč dovoljno je otvoriti rečnik na sredini i uveriti se da se ona može nalaziti, na primer, u prvoj polovini rečnika. Zatim, otvorivši rečnik na polovini druge polovine, uveravamo se da se reč nalazi u trećoj četvrtini itd. Da bismo pronašli reč biće potrebno 10 traženja. Ovde je

$$10 = -\log_2 \frac{1}{1024}$$

Pokazalo se da se količina informacija može odrediti i kada pojava jednog događaja utiče na verovatnoću pojave drugog, kao i da se to može uopštiti za neprekidnu raspodelu verovatnoće.

U slučaju prenošenja istinitog događaja, sve verovatnoće, osim jedne, postaju jednakonuli i dobijamo $I = 0$. Zapravo, to je rezultat koji smo morali i očekivati. Dalje,

najviše neodređena će biti takva situacija u kojoj ne možemo unapred dati prednost ni jednom događaju (sve verovatnoće su međusobno jednake). U tom slučaju svaki događaj nosi sa sobom maksimalnu informaciju. Poznato je da najverovatniji događaji nose manju količinu informacija nego manje verovatni.

Za teoriju veze ima bitan značaj kvalitativna karakteristika informacija, na primer, pitanje kodiranja događaja.

Na putu od izvora informacija do adresata signal može da prolazi kroz nekoliko različitih delova kanala veze. Pri prenošenju radiom on predstavlja ili zvučne oscilacije, ili oscilacije električne struje ili oscilacije elektromagnetskog polja itd. Na granicama pojedinih delova kanala veze signal se transformiše iz jednog fizičkog stanja u drugo. Ali sadržaj informacija, tj. podudaranje sa prvobitnim oblikom događaja, ostaje potpuno sačuvan. Transformišući signal iz jednog stanja u drugo, upoređujemo simbole prvog stanja sa simbolima drugog. Takvo upoređivanje naziva se kodiranje signala, a pravilo po kome se ono vrši — kod. Transformacija signala koja ne povlači za sobom promenu prenošenih informacija naziva se prekodiranje informacija.

Zadatak se sastoji u tome da se pri prenošenju signala kanalom veze prenese u jedinici vremena, bez izobličavanja, što veća količina informacija. Da bi se to postiglo neophodno je proučiti strukturu jezika sa stanovišta matematike: objasniti pitanje verovatnoće pojave različitih alfabetica znakova, verovatnoće kombinacije znakova i sl. Pri sastavljanju koda za znakove koji se češće sreću uzima se kraća kodna oznaka. Prirodno je što se takvim postupkom može dobiti u brzini prenošenja teksta kanalom veze. Ponekad treba skratiti tekst, ako je suvišan, ne narušavajući mu smisao. Tom postupku pristupamo, na primer, pri sastavljanju telegrama.

Poznato je da se u slavenskom jeziku »telegrafski« (sažet) metod pisanja postizao izbacivanjem pojedinih slovova iz reči bez štete po pravilno shvatanje napisanog. U engleskom jeziku, čak pri izbacivanju polovine slovnih

znakova pri predaji poruke, tekst se na prijemu potpuno obnavlja.

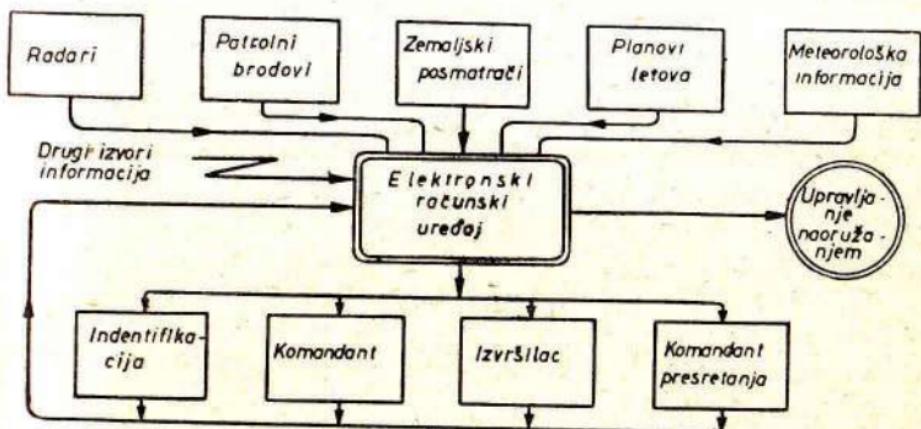
U teoriji informacije veoma je važan problem otkrivanja slabih signala kada ima smetnji. On posebno ima veliki značaj za radio-lokaciju. Položaj tela u prostoru određuje se vremenom za koje se iz radara emitovani elektromagnetski talas vraća, odbivši se od predmeta. Done davno se smatralo da se signal može prepoznati samo ako mu je jačina veća od jačine smetnji. Prisustvo smetnji je neizbežno: ono je u vezi s time što merene veličine (struja, napon i sl.) u svakom uređaju pokazuju fluktaciju.* Međutim, matematičko ispitivanje je pokazalo da se mogu otkriti čak i vrlo slabi signali čija je jačina mnogo manja od jačine smetnji.

Ne samo borba sa smetnjama, već i izučavanje postupaka za odvajanje signala pri eksplorisanju višekanalnih linija veze, kao i druga pitanja, nalaze se u centru interesovanja teorije informacija.

Kao primer automatskog snimanja, prenošenja i generalizacije dobijenih informacija o situaciji u vazduhu i doношења svrsishodnih odluka služi američki poluautomatski sistem upravljanja sredstvima aktivne protivavionske obrane (»sejdž«). Sistem je namenjen za borbu sa zvučnim i nadzvučnim bombarderima i projektilima. Čim dobije novu informaciju sistem »sejdž« automatski odbacuje zastarelju. Podaci o letovima aviona dolaze u sistem »sejdž« iz mnogobrojnih izvora (sl. 16). Tu spadaju stacionarne radarske stanice za otkrivanje, na teritoriji SAD; stacionarne radarske stanice za određivanje visine; radarske stanice malog dometa koje obuhvataju »teško pregledne« oblasti; centri službe letenja civilne avijacije; vojna služba obezbeđivanja letova; dalje granice radarskog izviđanja na teritoriji Kanade, Nju Faundlenda i linija vrlo dalekog izviđanja »dju« koja prolazi kroz severni deo Aljaske i Kanade; radarske stanice u južnom delu Aljaske;

*) Fluktuacija — haotično oscilovanje ili promena neke veličine.

brodovi radarskog izviđanja koji se kreću duž obala Atlantskog i Tihog okeana; avioni radarskog izviđanja; radarske stanice izgrađene na veštačkim ostrvima u plićacima atlantske obale; vazdušni osmatrači PVO; meteorološka služba ratnog vazduhoplovstva SAD.



Sl. 16 — Shema automatske obrade signala u sistemu „sejdž“

U poslednje vreme sistemu »sejdž« su priključene radarske osmatračnice sistema BMEWS sa dometom do 6000 km.

Ukupna suma informacija koja dolazi u sistem »sejdž« iz svih nabrojanih izvora vrlo je velika. Komanda kontinentalnog sistema PVO pažljivo je analizira i koristi se njome za svoje ciljeve.

Nezavisno od toga da li će se informacije obradivati automatski ili neautomatski, neophodan element je upoređivanje tih podataka sa podacima radarskih indikatora i aviona koji lete u cilju raspoznavanja različitih objekata. Kod neautomatske obrade svaku operaciju obavlja posebno lice. Jedan operator koji poslužuje radar očitava podatke sa indikatora, a drugi određuje kurs aviona na radnoj karti. Zatim se podaci o situaciji u vazduhu, dobijeni telefonom sa susednih radara, sumiraju. Sve to povećava broj grešaka, usporava vreme prolaska informacija i otežava donošenje pravilne odluke o pitanju organizacije

presretanja vazdušnih ciljeva. Takav gubitak vremena nedopustiv je pri navođenju lovačkih aviona na ciljeve sa velikim, nadzvučnim, brzinama. Stvarno, pri brzinama cilja i lovačkog aviona od 1000 km/čas, zastoj u procesu prenošenja saopštenja od 5 min. dovodi do greške u određivanju uzajamnog položaja ta dva aviona koja je veća od 150 km.

Osnovni nedostatak neautomatskog sistema sastoji se u tome što je njegova elementarna čelija samo jedna radarska stanica. Svako mesto upravljanja u stanju je da obradi srazmerno malo podataka koji dolaze sa jednog radara. Obrada velike količine informacija prelazi granice ljudske mogućnosti.

Da bi se imala slika situacije u vazduhu makar i iznad malog rejona, neophodno je istovremeno obrađivati podatke sa velikog broja radara. Za to je sposoban samo automatski sistem koji može da objedini podatke sa nekoliko radara. Automatski sistem ima još i to preim秉stvo što je sposoban da obrađuje dobijene informacije i daje složenu sliku situacije u vazduhu takvom brzinom kojom se sama situacija menja.

Sistem »sejdž« rešava problem brze obrade velikog broja informacija*). Cela obrada kodiranih informacija koje dolaze obavlja se u elektronskoj računskoj mašini. Ta mašina sakuplja dobijene signale, kombinuje ih i, za potrebe operatora, predaje na karte situacije u vazduhu. Elektronska mašina automatski daje mogućne varijante rešenja borbenog zadatka za odbijanje vazdušnog napada. Ipak, konačni izbor ove ili one varijante rešenja vrši čovek.

U američkom časopisu *Space Aeronautics* pisano je o praktičnoj primeni teorije informacija. Na primer, u rada-rima »ordir« — sistema za otkrivanje međukontinentalnih balističkih raketa na vrlo velikim udaljenostima BMEWS — metode teorije informacija bitno su uticale na povećavanje efikasnosti tih sistema.

Suština tog novog pravca sastoji se u usavršavanju tehnike radarskog prijema na osnovu teorije informacija.

*) *Signal* br. 3, 1956.

Usavršavanje se svodi na to da se primenom statističke analize maksimalno koristi celokupna informacija koju sadrži prijemni signal. Poznato je da se kod običnih radarskih prijemnika znatan deo informacije gubi usled prigušivanja šumom.

Metode teorije informacija primenjivale su se i do sada, specijalno za izdvajanje pokretnih ciljeva, ali je takva primena nedovoljno pouzdana. Novi pravac se odlikuje time što se sada te metode primenjuju svesno, kao osnova razrade radarskih stanica.

U pomenutim sistemima, teorija informacija posmatra prijemnik radarske stanice kao filter koji u signalu zadržava svu potrebnu informaciju, a odstranjuje nepotrebnu. Pri tome se koriste poznati podaci o signalu i cilju: очekivani oblik talasa, šum, ton, duljina, brzina i azimut cilja. Metode, zasnovane na ovim principima, zovu se »koreacione«.

Na osnovu dobijenih podataka operator borbenih sredstava presretanja odabira jedinicu koja se nalazi u najpogodnijim uslovima za presretanje i predaje komandu jednom od operatora presretanja. Istovremeno se na indikator vazdušne situacije operatora daje cela informacija o presretanju. Čim se sredstva presretanja dignu u vazduh, operator borbenih sredstava posredstvom preklopnika uvodi podatke o tome u elektronsku računsku mašinu. Mašina počinje da određuje optimalni kurs presretanja koji se daje posadi bilo preko operatora presretanja, bilo direktno linijom za prenošenje podataka. Nezavisno od toga kojim se putem šalju informacije, operator presretanja neprekidno kontroliše proces presretanja, dobijajući po želji potrebne informacije od elektronske računske maštine.

Po završetku operacije presretanja operator daje komandu za povratak aviona u bazu, a istovremeno elektronska mašina posadi određuje i daje optimalan kurs ka bazi.

Na sličan način se može ostvariti presretanje protivavionskim vođenim projektilima.

V. ELEKTRONSKE DIGITALNE MAŠINE

Elektronske računske mašine namenjene su ne za pretvaranje jednog oblika energije u drugi, kao druge mašine, već za pretvaranje informacija. Zbog toga smo u pravu što ih nazivamo *kibernetičkim* za razliku od energetskih mašina. Već smo rekli da razvoj računske tehnike ide u dva osnovna pravca. U skladu s tim razlikuju se dva osnovna tipa mašina, uređaja i aparatura: I — analogni ili neprekidnog dejstva; II — digitalni ili diskretnog dejstva.

Analogne mašine, uređaji i aparature, koji neprekidno dejstvuju, operišu sa neprekidno promenljivim fizičkim veličinama kao što su: električni napon, jačina struje, fazno pomeranje talasa itd. Te mašine predstavljaju sistem (mehanički, električni, elektronski, hidraulični i dr.) u kome se pri rešavanju matematičkog zadatka ostvaruju zavisnosti analogne zavisnostima ispitivanog procesa, tj. one su matematički modeli proučavanog procesa ili zadatka. Otud njihov naziv — modelirajuće ili analogne.

Analogne mašine se sastoje od niza posebnih blokova od kojih svaki obavlja određenu matematičku operaciju. Blokovi se povezuju onim redom koji odgovara konkretnom zadatku. Prema tome, analogne mašine su specijalizovane.*). Njihova struktura i shema biraju se u saglasnosti sa klasom zadataka koji se rešavaju.

Nedostatak analognih mašina i uređaja je ograničena tačnost računanja koja se kreće između 5 i 0,1%. Ali to je

*) Samo one analogne mašine koje služe za rešavanje jednog određenog problema nazivaju se specijalizovanim. — Prim. red.

još potpuno dovoljno za rešavanje mnogih tehničkih zadataka. Povećavanje tačnosti računanja zahteva naglo povećavanje dimenzija mašina i još složeniju konstrukciju, što povećava i cenu izrade. Drugi bitan nedostatak ovih mašina je relativno mala univerzalnost primene. Taj nedostatak se naročito pojavljuje kod računara koji su sposobni da rešavaju samo jedan zadatak po određenoj formuli.

U prvi tip spadaju uređaji počev od logaritmara pa sve do velikih elektronskih analognih mašina, predviđenih za rešavanje običnih diferencijalnih jednačina. Pomoću tih mašina moguće je u laboratorijskim uslovima simulirati i ispitivati dinamičke procese slične procesima kretanja različitih objekata, na primer, aviona i raketa.

Te mašine se nazivaju elektronskim zbog toga što su osnovni elementi u njihovim sklopovima sastavljeni od elektronskih cevi. Detaljnije će o analognim mašinama biti izneseno u glavi »Mašine za modeliranje i projektovanje«.

Digitalne mašine, uređaji i aparature obavljaju računske operacije sa vrednostima cifarski izraženim. Mašine pretvaraju brojeve u određen niz mehaničkih ili električnih impulsa. Prebrojavanje i registraciju impulsa obavljaju odgovarajući mehanizmi i blokovi.

Promenljive veličine izražavaju se u tim mašinama ciframa i predstavljaju se kao diskrete brojne vrednosti. Zbog toga se digitalne mašine često nazivaju mašinama diskretnog dejstva ili računa.

Na digitalnim mašinama moguće je rešavati mnogo raznolikih zadataka, primenom različitih matematičkih numeričkih metoda. Stvar je u tome što se numeričko rešavanje svakog od njih u principu može svesti na uzastopno obavljanje četiri osnovne aritmetičke operacije. Rešavanje zadatka na svakoj digitalnoj mašini sastoji se od nezavisnih, uzastopno obavljanih, aritmetičkih operacija.

Za razliku od računskih mašina neprekidnog dejstva, digitalne mašine poseduju univerzalnost i praktično neograničenu tačnost računanja. Tačnost se određuje brojem elemenata u mašini koji služe za predstavljanje brojeva.

U ovaj tip spada većina mašina i aparatura, počev od kancelarijskih računara i aritmometara pa sve do brzih digitalnih računskih mašina sa programskim upravljanjem.

Na brzim elektronskim računskim mašinama danas se sa velikom tačnošću može rešavati širok krug matematičkih zadataka vrlo velikog obima računanja koji ide do stotinu miliona, a u posebnim slučajevima, i do miliјardu operacija. Zbog toga ih i nazivaju univerzalnim. Danas se u takvima mašinama aritmetičke i logičke radnje obavljaju ogromnom brzinom pomoću elektronskih sklopova, pri čemu postižu stotine hiljada i milione aritmetičkih operacija u sekundi, uz tačnost do šezdeset decimala. One imaju nekoliko hiljada elektronskih cevi, desetine i stotine hiljada različitih elemenata: otpornika, kondenzatora, dioda itd.

U univerzalne brze računske mašine spadaju naše*) mašine BESM-2, »strela« i druge, o kojima je bilo reči u prvoj glavi.

Prvu takvu univerzalnu elektronsku mašinu IBM-701 sagradila je međunarodna korporacija računskih mašina u SAD. Ona ima više od 4000 elektronskih cevi i 13.000 poluprovodničkih ispravljača (germanijumskih dioda) i sastoji se od 11 jedinica, visine oko dva metra svaka, čija ukupna težina dostiže oko 12 t. U jedinicama je raspoređena oprema. Mašina zauzima salu površine oko 100 m² i troši oko 80 kW električne snage. Radi hlađenja za vreme rada mašine potreban je specijalan rashladni uređaj koji troši 60 kW električne snage.

Ista ta korporacija proizvela je novu moderniju mašinu IBM-704**) koja je brža, lakša i manja u poređenju sa IBM-701. Na njoj se obavlja proračun antena, talasovoda i dejstva zračenja koje se pojavljuje pri oslobođanju atomske energije, proračun aerodinamičkih karakteristika aviona i vođenih projektila, analiza vibracija i napona u elementima konstrukcija, izračunavanja u oblasti geofi-

*) Sovjetske. — *Prim. prev.*

**) Экспрес информација, ВИНИТИ АН СССР, januar 1959, izd. 4.

zike i drugi naučno-tehnički proračuni. Mašina operiše sa desetocifrenim decimalnim brojevima i obavlja 40.000 sabiranja i oduzimanja u sekundi. Ona je 1957—1958. upotrebljavana za proračune prilikom ispitivanja američke strategijske jednostepene rakete srednjeg dometa »tor«.

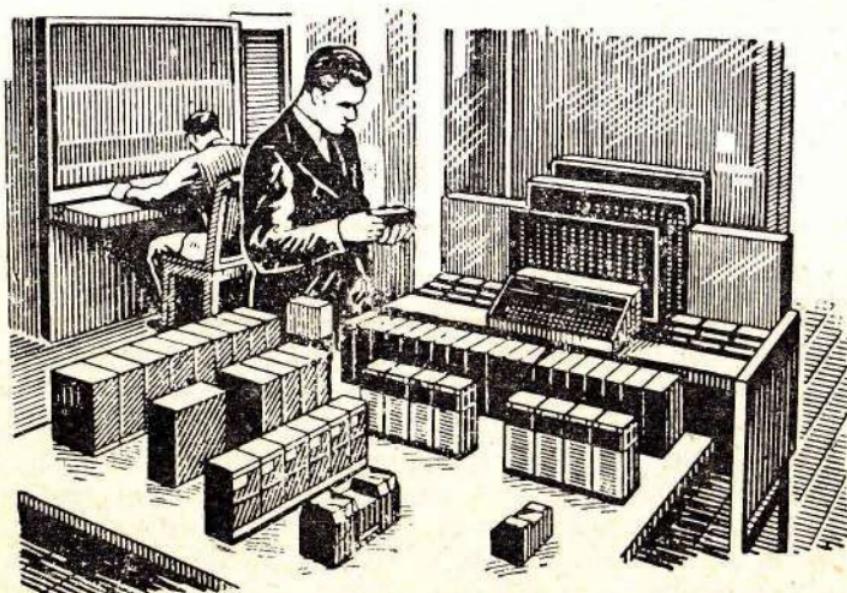
Za potrebe industrije firma IBM proizvela je računsku mašinu IBM-7070, potpuno izrađenu od poluprovodničkih elemenata.*.) Ta mašina sabira i oduzima 16.600 petocifrenih brojeva u sekundi; za isti taj interval vremena ona obavlja 860 množenja ili 320 deljenja desetocifrenih brojeva. Ulagani i izlazni organi mašine automatski javljaju o spremnosti mašine za prijem informacija, što omogućava maksimalno iskorišćavanje vremena za računanje.

Sve nove elektronske računske mašine konstruišu se sada u SAD sa poluprovodnicima i magnetnim elementima. Za rešavanje složenih zadataka atomske tehnike stvaraju se vrlo brze mašine; one mogu da obavljaju do 1 milion operacija u sekundi. Tako je nedavno američka firma IBM razradila novu elektronsku računsku mašinu iz serije »streč«**) izvedenu sa poluprovodničkim elementima (sl. 17). Jedna takva mašina izgrađena je za Komisiju za atomsku energiju. Računska mašina »streč« ima iste dimenzije kao i IBM-704, ali joj je brzina rada 75 puta veća. Mašina je sposobna da obavi više od 100 milijardi računskih radnji na dan. Takve brzine rada nedostupne su ljudskom opažanju. Njena cena prelazi 10 miliona dolara.

Nova mašina može sa uspehom da se koristi u sistemu za obradu bilo kakvih podataka. Kapacitet organa za pamćenje mašine »streč« dostiže 1,5 milion desetocifrenih brojeva. Vreme izbora informacija iz osnovnog akumulatora je $2,18 \mu$ sec. Pri radu nekoliko akumulatora izvršava se 2 miliona komandi i obrađuje se, u sekundi, 2 miliona elementarnih informacija. Informacija iz mašine može biti upućena u bilo koji od 32 kanala upotrebljenih u ulazno-izlaznim organima. Razvijeni sistem kanala omo-

*) Electrical Engineering, avgust 1960.

**) Electronics, decembar 1959; maj 1960.



Sl. 17 — Američka brza elektronska mašina »streč«

gućava uključivanje, radi prijema i predaje informacija, i drugih računskih mašina. Neke mašine iz serije »streč« prave se sa organom za pamćenje na magnetnom disku sa koga se proizvoljno mogu birati informacije. Mašina obrađuje informacije koje dolaze iz različitih izvora, akumulira ih u centralnom računskom uređaju i po potrebi praktično trenutno daje podatke.

Američka firma »Speri Žiroskop«*), razradila je elektronske sklopove koji obezbeđuju propusnu moć do 30 miliona reči u sekundi. Jedan od sklopova je elektronski prekidač vrlo visoke frekvencije koji obavi do 700 miliona prekidanja u sekundi; drugi je pojačavač vrlo visokih frekvencija koji logičke operacije može da obavlja brzinom od 1 milion operacija u sekundi. Sklopovi su namenjeni za razvoj elektronskih računskih mašina, sistema veze sposobnih da propuštaju informacije brzinom 1000 puta većom od savremenih računskih mašina.

*) Electronics, decembar 1959.

U poslednje vreme velika pažnja se poklanja razradi projekata i izgradnji specijalizovanih elektronskih digitalnih računskih mašina. One su namenjene za rešavanje samo jednog tipa zadatka i zbog toga mogu biti prostije i manje od univerzalnih mašina. Brzina njihovog rada je zbog racionalne organizacije procesa računanja unutar mašine veća nego kod univerzalnih digitalnih mašina. Specijalizovane mašine razlikuju se od univerzalnih po organima za unošenje u mašinu i izdavanje iz nje određenih podataka. Takve mašine koriste se zajedno sa sistemima za automatsko upravljanje.

Velika brzina rada specijalizovanih mašina omogućava ne samo da se one primene za rešavanje zadataka, već da se dobijena rešenja automatski iskoriste za upravljanje agregatom ili tehnološkim procesom. Metode primene digitalnog računanja u upravljanju i automatizaciji pokazuju danas sve veći razvoj.

Kao primer upravljanja proizvodnim procesom pomoći brze digitalne mašine za upravljanje može se uzeti automatizacija glodalice koja »sama« obrađuje komplikovanu površinu lopatice za gasnu turbinu. Takva mašina upravlja glodalicom prema zadatim formulama, a prema izvornim veličinama proračunava koordinate niza tačaka za profil lopatice. Po tim tačkama glodalica automatski izrađuje u metalu željeni profil proizvoda sa velikom tačnošću i brzinom, bez ikakvog crteža ili šablonu. Rezultat takve obrade je to što se vreme izrade skraćuje sto puta.

U klasu mašina za upravljanje spada većina elektronskih računskih mašina koje se primenjuju za upravljanje vojnim objektima i ulaze u sastav borbenih kompleta. Prema tome, pored rešavanja matematičkih zadataka, na elektronskim digitalnim računskim mašinama rešava se sa uspehom i niz logičkih zadataka.

Sposobnost računskih digitalnih mašina da obavljaju takve operacije kao što su izbor »da«, »ne«, upoređivanje brojeva, izbor potrebnih brojnih vrednosti, određivanje znaka broja itd., proširuje oblast njihove primene i omo-

gućuje konstruisanje tzv. »logičkih« mašina koje rade po unapred sastavljenom programu. Kao primer rešavanja logičkih zadataka na mašinama može da posluži prevod s jednog jezika na drugi, igranje šaha, rešavanje šahovskih problema itd. U vojsci, logičke mašine mogu da budu u sastavu opreme komandnih mesta komandanata većih jedinica i namenjuju se za proračune pri komandovanju trupama kada borbena situacija zahteva da se usvoji tipsko rešenje za najkraće vreme i da se prenese do izvršilaca.

Treba primetiti da slični zadaci, pre nego što se reše na elektronskim računskim mašinama, zahtevaju potpuno tačnu i jasnu formulaciju posebnih logičkih zakona. Formulacije moraju odražavati zakone upravljanja u vidu programa za rad elektronske računske mašine.

Na kojim principima se zasniva rad pomenutih mašina?

Elektronske digitalne računske mašine operišu sa brojevima, predstavljenim u vidu određenog niza impulsa električnog napona koji se naziva kodom broja. Pretpostavimo da su vas pitali koliko je sati. Umesto usmenog odgovora »deset« vi možete deset puta upaliti električnu lampicu, tj. deset puta ostvariti »slanje« elektriciteta. Ovaj prosti primer pokazuje kako se na jezik elektriciteta može prevoditi sve što se želi. Treba se samo unapred dogоворити о ознакама или, kako se kaže, treba sastaviti kod. Na primer, upaljena lampica može služiti umesto reči »da«, a ugašena — umesto »ne« i sl.

Pomoću pripremljenog koda program rada mašine i brojevi prevode se sa jezika matematičkih formula na jezik koji mašina može da »razume«. Mašina koja ostvara prevod s jednog jezika na drugi takođe dobija zadatak uz pomoć koda. Dogоворимо се да, применjuјући dalje takvu terminologiju, то чинимо само zbog kratkoće. Ne moguće je ni u kom slučaju говорити да машина »разуме« у оном смислу у ком се то каže за ljudе.

Elektronske digitalne mašine imaju svoj »jezik«. Ako bismo živopisno rekli, u njemu postoje samo dve reči »da«

i »ne«. Svakako, te reči se u takvom obliku nigde u mašini ne zapisuju. Azbuka jezika mašine sastoji se iz svega dva simbola, ali je takođe podvrgnuta svojim zakonima. Poznato je da se reči ruskog jezika sastavljuju od 32 slova. Od reči se sastavljuju rečenice. To je jezik čoveka. A »jezik« mašine zasnovan je na takozvanom binarnom sistemu brojanja. U tom sistemu postoje nule i jedinice u obliku električnih signala. Svi ostali brojevi zapisuju se pomoću ta dva simbola, kao što se u telegrafskoj azbuci sva slova, interpunkcija i cifre zapisuju pomoću dva znaka — tačke i crtice. Taj način se primenjuje zbog toga što se nestanak i pojava signala lakše, a što je glavno, sigurnije, razlikuju u mašini.

Interesantno je napomenuti u vezi s tim da su pronalazači binarnog računa drevni Kinezi. Kada je u XVII veku poznati naučnik Lajbnic predložio ideju o binarnom računu kao sredstvu za olakšavanje složenih matematičkih računa, o tome je napisao jezuitskom naučniku Buveu koji se tada nalazio u Kini: »Pri svođenju brojeva na prostije osnove, kao što su 0 i 1, svuda se ispoljava čudesan poredak...« Buve je odgovorio Lajbnicu da je sličan sistem već odavno pronađen i da taj pronalazak pripisuju imperatoru Fo Giju koji je živeo 3400-tih godina pre naše ere.

U prvoj glavi naše knjige ukratko se govorilo o sistemima brojanja i bilo je istaknuto da je pozicioni decimalni sistem koji ima niz preimุćstava, gotovo svuda usvojen. Ipak, on ni iz daleka nije najprostiji. Sa stanovišta primene u elektronskim digitalnim mašinama najprostiji je binarni sistem brojanja koji ima bitne prednosti u poređenju sa decimalnim i drugim sistemima. Elektronske cevi, kristalne (poluprovodničke) diode i kristalne triode koje se primenjuju umesto cevi, osnovni su elementi elektronskih računskih mašina. Oni se koriste samo u dva radna stanja: »provodnom« i »neprovodnom«. U prvom stanju cev (ili kristalna trioda) provodi struju, a u drugom je ne provodi. Takvim ponašanjem njen rad je sličan radu telegrafskog tastera koji uključuje ili is-

ključuje strojno kolo. Uključivanjima kola odgovaraju tačke i crtice, zavisno od trajanja pritiska na taster, a isključivanjima — prazni intervali na traci između tačaka i crtica.

U binarnom sistemu brojevi se predstavljaju kao suma niza članova, od kojih svaki predstavlja broj 2 stepenovan sa 0, 1, 2, 3 itd. i pomnožen jedinicom ili nulom. Na primer, broj 45 može ovako biti predstavljen:

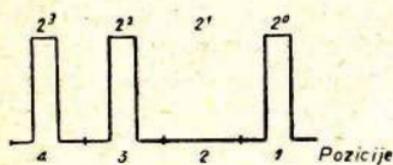
$45 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$, a broj 13 ovako:

$$13 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

U saglasnosti s tim kodovi brojeva 45 i 13 u binarnom sistemu biće zapisani kao:

Broj pozicije	6	5	4	3	2	1
Kod broja 45	1	0	1	1	0	1
Kod broja 13	—	—	1	1	0	1

Ovde se pod pozicijom podrazumeva stepen na koji je podignuta dvojka: prva pozicija odgovara 2^0 , druga — 2^1 , treća — 2^2 , četvrta — 2^3 itd.



Sl. 18 — Niz impulsa za broj 12 u binarnom kodu

Napisani binarni kod broja uvodi se u mašinu kao niz impulsa. U tom nizu kod 1 odgovara postojanju impulsa električnog napona, a kod 0 — nepostojanju impulsa. Za broj 13 taj niz je pokazan na sl. 18. Na taj način se svaki broj može predstaviti u binarnom sistemu određenim nizom impulsa.

Broj pozicija binarnog broja u mašini odabira se u zavisnosti od željene tačnosti računanja. Na primer, deset pozicija u binarnom sistemu odgovara broju 1024 kao najvećem u decimalnom sistemu računanja. Pomoću deset binarnih pozicija broj +235 napisće se ovako:

$$235 = 0.2^9 + 0.2^8 + 1.2^7 + 1.2^6 + 1.2^5 + 0.2^4 + 1.2^3 + 0.2^2 + 1.2^1 + 1.2^0$$

odakle će binarni kod broja 235 biti

0 00 1 1 1 0 1 0 1 1

Prva cifra pokazuje kod predznaka broja (0 za pozitivan i 1 za negativan broj). Niže pozicije brojeva nalaze se s desne strane, a više s leve. U savremenim računskim mašinama broj binarnih pozicija se uzima od 18 do 40, što odgovara 6 — 10 i više pozicija u decimalnom sistemu.

Razumljivo je što je za veće brojeve potreban i veći broj binarnih znakova. Na primer, da bi se napisao broj 1017 potrebno je deset binarnih znakova i to: 1 1 1 1 1

1 1 0 0 1. Da bi se napisao broj 1956 potrebno je 11 znakova i to: 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0. Daćemo tablicu upoređivanja brojeva, napisanih u decimalnom i binarnom sistemu:

Decimalna oznaka	Binarna oznaka	Decimalna oznaka	Binarna oznaka
1	1	18	10010
2	10	19	10011
3	11	20	10100
4	100	21	10101
5	101	22	10110
6	110	23	10111
7	111	24	11000
8	1000	25	11001
9	1001	30	11110
10	1010	35	100011
11	1011	40	101000
12	1100	45	101101
13	1101	50	110010
14	1110	100	1100100
15	1111	1000	1111101000
16	10000	10000	10011100010000

Nije teško primetiti da je broj znakova potrebnih za pisanje nekog broja u binarnom sistemu gotovo tri

puta veći nego u decimalnom. Binarni sistem brojeva nešto je glomazniji, ali to se obilno nadoknađuje time što mašina u jednoj sekundi može da primi milione znakova. Istinu govoreći, mašina uopšte ne prima ni nule ni jedinice: nuli odgovara nepostojanje impulsa, jedinici — postojanje impulsa. Niz impulsa i pauza odgovara vrednosti broja.

Međutim, glavno preim秉stvo binarnog sistema sastoji se u tome što su aritmetičke operacije u njemu neobično proste.

Za sabiranje treba znati sledeća pravila iz tablice sabiranja:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

Poslednji red $1 + 1 = 10$ tumači se kao zbir jednak nuli sa prenosom jedan u sledeću poziciju.

Obavljajući sabiranje dva prosta broja 9 i 5 dobijamo: u decimalnom sistemu u binarnom sistemu

$$\begin{array}{r} 9 \\ + 5 \\ \hline 14 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1001 \\ + 101 \\ \hline 1110 \end{array}$$

Jednostavnost operacija sa binarnim brojevima naročito je izrazita kod množenja. Tablica množenja u binarnom sistemu izgledaće ovako:

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

Izradićemo brojni primer množenja brojeva 8 i 3: u decimalnom sistemu u binarnom sistemu

$$\begin{array}{r} \times 8 \\ \times 3 \\ \hline 24 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1000 \\ \times 11 \\ \hline 1000 \\ 1000 \\ \hline 11000 \end{array}$$

Kao što se vidi, množenje se ostvaruje uzastopnim sabiranjem i pomeranjem koda množenika. Pri tome se moraju množiti samo 0 i 1. Oduzimanje nekog broja može se predstaviti kao dodavanje tog broja, ali sa obrnutim znakom. Prema tome, umesto oduzimanja ponovo dobijamo sabiranje. Ali u tom slučaju drugi sabirak postaje negativan. Taj negativan broj mora se predstaviti pomoću nula i jedinica, ili, drukčije rečeno, mora se kodirati.

U tom slučaju u pomoć nam dolazi tzv. dopunski kod broja.*.) Da bi se on dobio, potrebno je u našem binarnom umanjitelju zameniti sve nule jedinicama, a jedinice nulama, dok u nižem razredu treba obavezno dodati jedinicu.

Na primer, treba od 12 oduzeti 7. Rezultat u decimalnom sistemu je 5. U binarnom sistemu petica ima oblik 101. Zapamtivši taj broj, obavićemo oduzimanje u binarnom sistemu uz primenu dopunskog koda. Znamo da je 12 u binarnom sistemu jednako 1100, a 7 je u binarnom sistemu jednako 111. Napišimo taj broj zajedno sa kodovima znakova:

$$+12 \text{ će imati oblik } 1100$$

$$-7 \text{ će imati oblik } 10111$$

Zamenivši u drugom binarnom broju nule jedinicama, a jedinice nulama, dobićemo 01 000.

Dodaćemo jedinicu najnižoj poziciji tog novog broja

$$\begin{array}{r} 01\ 000 \\ + \quad \quad 1 \\ \hline 01\ 000 \end{array}$$

Tako smo dobili dopunski kod broja. Zapamtimo da je on pozitivan. Sada saberimo po poznatim pravilima:
umanjenik
dopunski kod umanjitelja

$$\begin{array}{r} 0\ 11\ 0\ 0 \\ 0\ 10\ 0\ 1 \\ \hline 0\ 01\ 0\ 1 \end{array}$$

*) Komplement broja. — Prim. red.

Jedinica koja je dobijena pri sabiranju viših pozicija ne uzima se u obzir, suvišna je. Nemoguće je dodati je kodu znaka, jer i u mašini za nju neće biti mesta.

Tako imamo 0 0 1 0 1

znak +

a to i jeste binarni izraz broja +5. Zadatak dobijanja dopunskog koda brojevima savlađuje mašina bez naročitih teškoća. Da bi se zamenile sve jedinice nulama, a nule jedinicama, dovoljno je, na primer, one ćelije, one releje u kojima se čuvaju pozicije brojeva prebaciti iz jednog stanja u drugo.

Deljenje brojeva u binarnom sistemu obavlja se analogno deljenju u decimalnom sistemu, ali se mora voditi računa o odgovarajućim tablicama množenja i pravilima oduzimanja. Može se reći da se operacija deljenja brojeva svodi na operaciju uzastopnog oduzimanja kodova deljenika.

Pogledajmo sada kako radi elektronska digitalna mašina. Svaki zadatak deli se na niz posebnih aritmetičkih operacija i sastavlja se u užem smislu neposredan program (redosled) izračunavanja. Mašina izvršava operacije u aritmetičkom organu istim redosledom kao i čovek koji zapisuje na hartiju dobijene rezultate, upoređuje brojeve i u skladu s tim obavlja dalje radnje.

Potreba za programiranjem ponikla je istovremeno sa pojavom računskih mašina sa automatskim upravljanjem. U vezi sa malim mogućnostima prvih takvih mašina, proces programiranja nije predstavljao teškoće. Međutim, kada su se pojavile univerzalne elektronske računske mašine sa automatskim upravljanjem koje su dale mogućnosti za rešavanje složenih matematičkih zadataka, pojavila se potreba za naučnim prilaženjem sastavljanju programa.

Programiranje za univerzalne računske mašine sastoji se u sastavljanju detaljnog plana aritmetičkih operacija i logičkih radnji, na koje se svodi rešavanje ovog ili onog zadatka. Program se pravi tako da mašina, unošenjem u nju odgovarajućih komandi, može da obavlja

operacije automatski određenim redom. Svaka komanda određuje koju aritmetičku radnju treba izvršiti (sabiranje, oduzimanje itd.), sa kojim brojevima, odakle treba uzeti te brojeve i gde zapisati rezultat. Skup komandi i brojeva — to i jeste program. On se uvodi u vidu instrukcije zapisane utvrđenim kodom na magnetnoj traci, perforisanoj traci, filmskoj traci i sl. u zavisnosti od konstrukcije mašine.

Jednom sastavljen program upotrebljiv je za rešavanje stotinu varijanti postavljenog zadatka koje se razlikuju jedna od druge samo po brojnim koeficijentima. Zbog toga se u računskim centrima stvaraju biblioteke programa, gde se prikupljaju često primenjivani programi ili delovi programa.

Savremene mašine imaju u svom kodu, pored aritmetičkih, i operacije za upravljanje, među njima i logičke komande koje menjaju program u toku rada. To omogućava stvaranje relativno kratkih programa, univerzalnih za rešavanje matematičkih zadataka istog tipa i, u nizu slučajeva, delimično automatizovanje procesa programiranja.

Pošto se svaki račun, svaki zadatak koji se izvršava na mašini, sastoji od određenog poretku aritmetičkih i logičkih operacija, dolazi se do zaključka da centralnu ulogu u računskoj mašini igra njen *aritmetički organ*. Od toga kako je on izgrađen, kakve operacije može da obavlja i kakvi su elementi u njemu zavise osnovni pokazatelji mašine: broj elemenata u aparaturi, brzina rada, granice mogućnosti i dr.

Osnovni elementi aritmetičkog organa elektronske računske mašine su trigeri (flip-flop), registri, sumatori, »i« i »ili« kola, invertori, uobličavači.

Flip-flop — elektronski sklop sa dva stabilna stanja — ima vrlo veliki značaj u tehnici elektronskih digitalnih mašina. Lanac flip-flopova, spojen u jedan sklop na kome se brojevi fiksiraju simbolima binarnog računa, naziva se *registrom*.

Takav lanac specijalno povezanih flip-flopova, sposoban da odbrojava impulse koji dolaze na njegov ulaz, naziva se elektronskim brojačem.

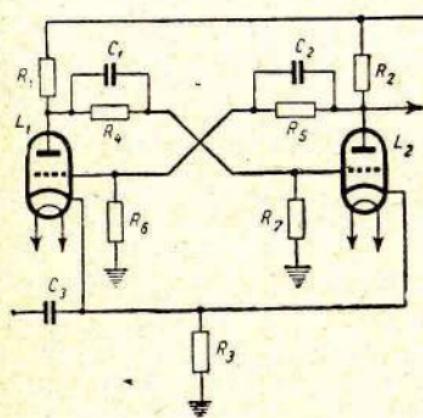
Sumatorom se naziva sklop za računanje sa višepozicionim binarnim brojevima. U njemu se ostvaruje sabiranje dva broja koji su zapisani u registru i dolaze sa njega. Brojevi se u sumator dovode po pozicijama, tj. u svaku poziciju dolazi samo »0« (nema impulsa) ili »1« (ima impulsa).

Radi jasne predstave o radu flip-flopa zaustavićemo se na primeru električnog prekidača. On može da ima samo dva stabilna stanja. Kada se poluga podigne — prekidač je uključen, a kada se spusti — isključen. Srednji

položaj kod prekidača ne postoji. Prekidač će se nalaziti u jednom od tih položaja (gornjem ili donjem) sve dok ga ne prebace u drugi. Na taj način on neograničeno može da drži uključenu ili isključenu sijalicu. Ipak, prekidač je nemoguće iskoristiti kao brojač jer ne odgovara zahtevima za elemente binarnog brojača koji pri prelasku iz jednog stanja u drugo moraju da šalju signale-impulse. Ali na tom principu rade elektronski releji — flip-floovi, pomoću kojih se u računskim mašinama obavlja unošenje i brzo brojanje impulsa.

Sl. 19 — Shema uprošćenog elektronskog releja — trijera: L_1 , L_2 — anode trioda; R_1-R_7 — otpornici; C_1 , C_2 — kondenzatori za blokiranje; C_3 — kondenzator za spregu

Uprošćena shema flip-flopa predstavlja spoj dve elektronske cevi koje su ugrađene u jedan balon (sl. 19). Režim rada elektronske cevi je odabran tako da ako na rešetku cevi dođe pozitivni potencijal, cev provodi struju, a ako dođe negativni, ne provodi struju. U prvom slučaju se kaže



da je »cev otvorena«, a u drugom — »zatvorena«. Drugih stanja cevi nema.

U sklopu flip-flopova cevi su spojene tako da, ako je prva otvorena, druga je obavezno zatvorena i obrnuto. U tom slučaju, kada je desna cev otvorena, napon na njoj anodi će biti toliko mali da se stanje flip-flopa kodira kao 0. Pri dolasku negativnog impulsa na rešetku iste cevi, ona će se zatvoriti i napon na njenoj anodi će trenutno porasti. To povećavanje napona na anodi dovodi do povećavanja pozitivnog potencijala rešetke leve cevi i ona će se otvoriti. Flip-flop će brzo preći u drugo stabilno stanje: biće otvorena leva cev i na njenoj anodi će biti nizak napon. To stanje flip-flopa kodira se kao 1.

Svaki novi impuls koji se uzastopno dovodi na rešetke cevi ili će otvarati ili zatvarati desnu cev i flip-flop će u saglasnosti sa impulsom koji dolazi trenutno menjati svoje stanje, pokazujući čas jedinicu, čas nulu.

Flip-flop, slično prekidaču, ostaje u jednom od dva stanja sve dok ne dođe novi impuls. Zbog toga on može da čuva — »pamti« — 1 ili 0 sve dok ne dođe novi spoljni signal. Pridavanje naziva ljudskih organa i funkcija organima elektronske mašine i procesima koji se obavljaju u njih, naročito se učvrstilo u nauci. I zato se sada govori da svaki flip-flop »pamti« jedan od dva znaka binarnog jezika na kome čovek razgovara sa mašinom, jedinicu ili nulu. Prelazak flip-flopa iz jednog stanja u drugo naziva se »okidanje« koje omogućava da se zabeleže impulsi koji na njega dolaze. Brzina prebacivanja ili »okidanja« flip-flopa, zahvaljujući primeni elektronskih cevi, je preko milion puta u sekundi. Ako se na ovom principu izgradi četvoropozicioni flip-flop i ako se uzastopno dove impulsi na prvu desnu poziciju, pokazivanje brojača menjaće se ovim redom 0000 (0), 0001 (1), 0010 (2), 0011 (3), 0100 (4), 0101 (5), 0110 (6), 0111 (7), 1000 (8), 1001 (9), 1010 (10), impuls će vratiti naš brojač u početni položaj 0000 (0), tj. ugasiće ga.

Objasnimo detaljno rad četiri flip-flopa vezana u lanac. Svaki od njih imaće po dva ulazna i izlazna kontakta.

Pre početka brojanja na svim flip-flopovima je postavljeno stanje nule, tj. brojač pokazuje 0000. I evo, na ulazne kontakte prvog flip-flopa zdesna doveden je signal-impuls. Tada će se prvi flip-flop »okinuti« i pokazaće 1, a na svim ostalim će biti nula. Prema tome, lanac flip-flopa pokazuje 0001.

Dovedimo drugi impuls. Prvi flip-flop će se isključiti (opet će dati 0) i preneće impuls na sledeći. Na njemu će se pokazati 1. Lanac će pokazati 0010 (tj. 2).

Pri nailasku trećeg impulsa ponovo će se uključiti prvi flip-flop, a ostali neće promeniti svoj položaj. Sada će lanac pokazati 0011 (tj. 3). Četvrti impuls ponovo okida prvi flip-flop i primorava ga da ponovo preda signal drugom. Na njemu već стоји 1. Prema tome, signal koji dolazi »okinuće« i taj flip-flop i uključiće treći. Lanac će tada zapisati 0100 (tj. 4). Ako i dalje budemo tako radili, dobijemo za peti impuls 0100, za šesti — 0110, za sedmi — 0111, za osmi — 1000, za deveti — 1001, za petnaesti — 1111.

Upoređujući dobijene cifre sa zapisivanjem u binarnom kodu, videćemo da sve kombinacije nula i jedinica pri njihovom prevodu sa »jezika mašine« odgovaraju brojevima od 0 do 15. Kao što se vidi, posredstvom četvoropozicionog brojača pošlo je za rukom da se izbroji samo 15 impulsa, tj. da se u njega uvede dvocifreni broj. Pri tome brojač radi isto kao i knjigovođa na kancelarijskim »računalima«. Istina, ta »računala« imaju nanizanu na žicu samo dve koštane loptice. Princip rada je brzo prenošenje jedinica sleva udesno u više pozicije, a zatim vraćanje loptica u polazni položaj. Bez obzira na to što je binarni sistem glomazan, sve mašine brzo i jednostavno čitaju pokazivanje flip-flopa — brojača, gde svaka pozicija brojača određuje broj: kada teče struja u razredu — 1, kada je nema — 0.

Može izgledati da je za odbrojavanje velikih brojeva potreban ogroman broj flip-flop celija. Ali to nije tako. Obratimo se opšte poznatoj legendi o šahu koja postoji već dve hiljade godina i setimo se duhovitog mudraca Sete.

Ushićen šahom car Šeram je predložio mudracu Seti — pronalazaču šaha — da sam sebi odredi nagradu za velelepnu igru. Sete je zatražio »skromnu nagradu« koja se sastojala u tome da na svako od 64 šahovska polja stave zrna pšenice: na prvo polje — jedno zrno, na drugo — dva, na treće — četiri i tako na svako sledeće polje dva put više zrna nego na prethodno.

Želja mudraca se u početku učinila caru skromnom. Ali kada su matematičari Indije izračunali, ispalо je da se broj zrna izražava gigantskim brojem neshvatljivim za ljudsku maštu: 18 446 744 073 709 551 615. A mudrac Sete je mogao taj broj da dobije pomoću samo 64 polja šahovske table. Isto tako je i kod savremenih elektronskih računskih mašina: lanac od svega 64 flip-flopa sposoban je da izbroji ogroman »šahovski broj« — 2^{64} !

U aritmetičkom organu ima još vrlo važnih sklopova, bez kojih mašina ne može da radi. To su sklopovi za logičke operacije.

Obavljanje aritmetičkih radnji brojevima u elektronskoj računskoj mašini svodi se na ostvarivanje niza operacija matematičke logike. Poznato je da se u matematičkoj logici razmatraju promenljive ili sudovi koji imaju samo dva značenja: jedno se naziva istinitim, a drugo neistinitim, ili jednom značenju odgovara reč »da«, drugom — »ne«, ili jednom značenju pridaju cifru 1, drugom — cifru 0. Pri obavljanju aritmetičkih radnji ostvaruje se logičko sabiranje, množenje, negacija i niz drugih složenih operacija. Logička suma nekoliko sudova jednak je jedinici ako je makar jedan sabirak, ili nekoliko sabiraka ili su svi sabirci jednakii jedinici. U ostalim slučajevima logička suma je jednak 0. Logički proizvod dva suda je jednak 1 ako su oba suda — faktori jednakii 1, a u ostalim slučajevima logički proizvod jednak je 0. Logička negacija suda jednakaka je 1 kada je sam sud 0 i obratno.

Logički sklopovi digitalne mašine su jednostavni, ali se ipak pomoću njih u mašinama realizuju osnovne logičke operacije »ili«, »ne«, »i« (sl. 20).

Sklop koji obavlja logička operacija »ili« naziva se sumarnim. Signal se pojavljuje na njegovom izlazu pri pojavi impulsa, ili na jedan ili drugi ulaz, ili na obe istovremeno.

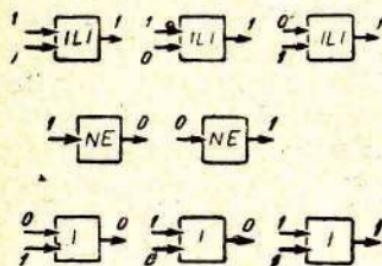
Druga logička operacija »ne« obavlja se na osnovu raznovrsnosti signala odgovarajućeg sklopa. Kada signal dolazi na ulaz, na izlazu se neće pojaviti. I obratno, ako nema signala na ulazu, ima ga na izlazu.

Za logičku operaciju »i« upotrebljavaju se tzv. skloovi koincidencije. Signal se pojavljuje na izlazu samo kada impulsi dolaze istovremeno na obe ulaza sklopa.

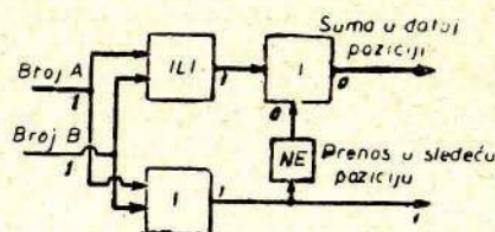
Setimo se da su se sve složene matematičke radnje svodile na prosto binarno sabiranje. I evo, slično tome, od jednostavnih »i«, »ne«, »ili« mogu biti sastavljene složenije logičke funkcije.

Najprostiji sumator aritmetičkog organa sastavljen je u potpunosti od logičkih sklopova (sl. 21). Radi očiglednosti, na shemi je pokazano šta se dobije kada se na obe ulaza da impuls. To znači da sumator obavlja radnju $1+1$.

Stvarno, na ulazu »ili« kola pojavljuje se signal jer su impulsi došli na obe njegova ulaza. Levo »i« kolo takođe će dati impuls. Znači, u sledeću poziciju sumatora koji na shemi nije predstavljen, ući će jedinica prenosa.



Sl. 20 — Logičke celije



Sl. 21 — Funkcionalna shema jednopozicionog binarnog sumatora sa dva izlaza

»Ne« kolo ne dozvoljava impulsu da prođe u desno »i« kolo i zato se na izlazu tog kola signal ne pojavljuje.

Znači, u zadatoj poziciji se dobila 0. A to odgovara poznatom pravilu binarnog sabiranja $1+1 = 10$.

Ako se želi, na ovom sumatoru se mogu proveriti i ostala pravila binarnog sabiranja uz pomoć ovakve tablice:

Broj A	Broj B	Zbir	Prenos
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

Dobijena jedinica prenosa uzima se u obzir pri formiranju sledeće, više pozicije sume.

Postoje dva različita načina sabiranja binarnih brojeva. Moguće je, na primer, oba broja uvoditi u sumator poziciju po poziciju, počevši sa nižom. Impuls svake jedinice prenosa potrebno je pri tome zadržati za vreme jednog intervala između impulsa, a zatim ga dodati narednoj poziciji sume. Tada sumator sabira ne dva broja, već tri bez prenosa i osnovno pravilo sabiranja dobija oblik $1+1=0$. U tom slučaju za sabiranje dva broja potreban je još jedan vrlo prosti jednopozicioni sumator, zbog čega na obavljanje aritmetičkih operacija treba utrošiti dosta vremena. Ovako rade serijske elektronske digitalne mašine.

Drugi način sabiranja postavljen je kao osnov danas vrlo rasprostranjenih paralelnih elektronskih mašina. Kod tog načina svaka pozicija brojeva koji se sabiraju ima u mašini svoj sumator. Sve pozicije oba broja sabiraju se istovremeno. Očigledno je da se u tom slučaju postiže veća brzina izračunavanja, ali se zato povećavaju dimenzije mašine.

Razmotrimo sada gde se u mašini čuvaju početni brojevi i komande, gde se zapisuju međurezultati računanja i gde se čuva rezultat rešenja zadatka.

Ako bi elektronska digitalna mašina samo brzo računala, ne bi donosila gotovo nikakvu uštedu vremena za

izračunavanje, naročito kod složenijih logičkih radnji. Pretpostavimo da treba objaviti najprostije izračunavanje, recimo da se podeli zbir brojeva $10 + 4$ razlikom brojeva 4—2. Potpuno je očigledno da najpre moramo sabrati brojeve 10 i 4, a dobijeni rezultat 14 negde zapisati. Zatim moramo naći razliku brojeva 4 i 2 i dobijeni rezultat opet negde zapisati. Zatim ćemo prvi rezultat 14 podeliti drugim 2. Istim redom mora da radi i elektronska digitalna mašina.

Ali ako bismo svaki put posle dobijanja prvog međurezultata morali zaustavljati mašinu i zapisivati ga, zatim na isti način zapisati i drugi rezultat i, na kraju, dati naredbu za treću operaciju, rad bi se obavljao vrlo sporo. Povećanje brzine rada svelo bi se na nulu.

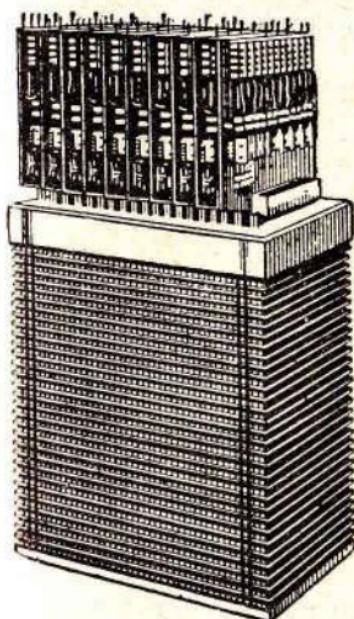
Elektronska digitalna mašina mora da ima uređaj za čuvanje početnih podataka, međurezultata i komandi koje se u određenoj etapi uvode u dejstvo. Uredaj koji čuva te informacije naziva se *organ za pamćenje* ili »memorija« maštine. Organ za pamćenje karakterišu dve osnovne osobine: kapacitet i brzina. Prema tome, mogućnosti maštine zavise od kapaciteta »memorije«. Ukoliko mašina može više da »pamti«, utoliko je korisnija. Mnogo zavisi i od toga kolikom brzinom se može iz »memorije« maštine dobiti potrebna informacija.

Primetićemo da se pomenuta dva parametra nalaze u izvesnoj suprotnosti. Ukoliko je veći kapacitet »memorije«, utoliko ćemo pomoći nje sporije dobiti potrebnu informaciju i obrnuto. U vezi s tim organi za pamćenje maštine obično su sastavljeni od dva posebna uređaja: operativnog i spoljnog (ili trajnog).

Operativni organ za pamćenje ima veliku brzinu rada, ali relativno mali kapacitet. Kod većine savremenih računskih maština predviđen je za jednovremeno čuvanje 1024, 2048 ili 4096 brojeva. Ta »memorija« u mašinama ostvaruje se na osnovu različitih principa. Na primer, za pamćenje binarnih brojeva (nula i jedinica) mnogo su se koristile katodne cevi slične televizijskim. One su pamtile brojeve kao pozitivan ili negativan naboј na površini

dielektričnog ekrana. U poslednje vreme najveću primenu je dobila »memorija« sagrađena sa prstenastim jezgrima od feromagnetskog materijala. U jezgrima se čuvaju binarni brojevi (0 i 1) u obliku remanentnog magnetizma jednog ili drugog polariteta. Pri izradi ovakvog uređaja za pamćenje, feritna jezgra se raspoređuju kao sistem sastavljen od pravolinijskih horizontalnih i vertikalnih redova koji formiraju tzv. »pravougaonu matricu« magnetnog operativnog organa za pamćenje (sl. 22).

Osnovne dobre strane organa za pamćenje sa magnetnim jezgrima su jednostavnost konstrukcije, velika sigurnost rada, velika brzina unošenja i izdavanja, koja se izražava mikrosekundama, mogućnost čuvanja unete informacije neograničeno duga i bez ikakvog gubitka energije.



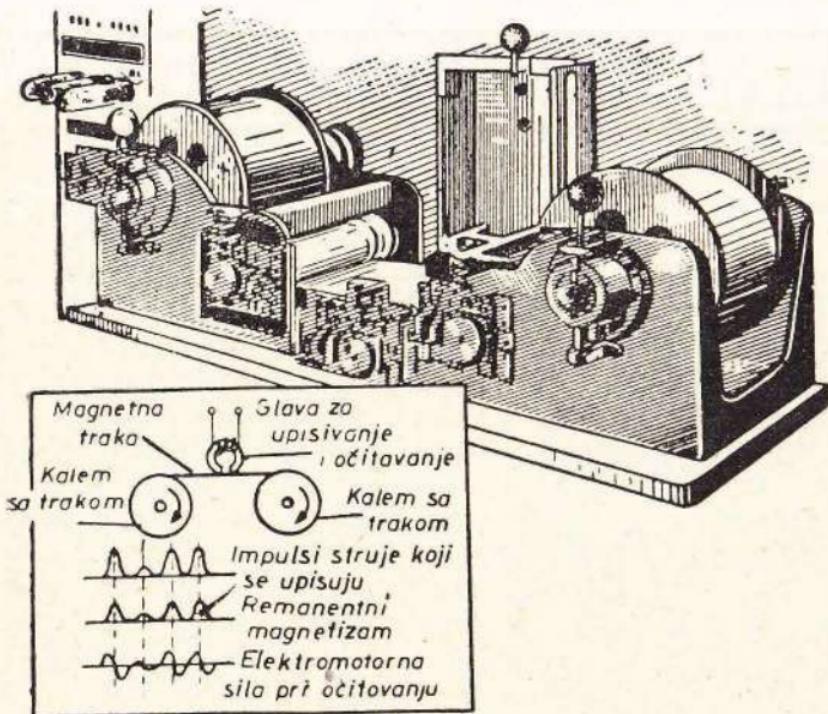
Sl. 22 — Magnetni operativni organ za pamćenje MOOP

Spoljni organ za pamćenje ima praktično neograničeni kapacitet, ali mu je brzina rada osetno manja. Izgradnja spoljne »memorije« obično je zasnovana na primeni magnetnog snimanja na traku ili doboš. Takođe se često koristi upisivanje pomoću sistema otvora na papirnim trakama (perforisanim trakama) ili na standardnim kartonskim listama (perforisanim karticama).

Upotreba magnetnog snimanja najpogodnija je za izgradnju uređaja za pamćenje vrlo velikog kapaciteta. Kapacitet zavisi od dimenzija magnetske trake i može dostizati stotine hiljada brojeva. Na površinu elastične kompaktne trake nanosi se na tanak sloj magnetnog materijala, posle čega se traka namotava na kalem (sl. 23). Binarne cifre na traci predstavljaju se u

šinu elastične kompaktne trake nanosi se na tanak sloj magnetnog materijala, posle čega se traka namotava na kalem (sl. 23). Binarne cifre na traci predstavljaju se u

vidu namagnetisanih delova, slično snimanju zvuka na magnetofonu. Radi zapisivanja brojeva traka se provlači ispred specijalnih elektromagnetskih glava, kroz koje se propuštaju impulsi struje. Radi traženja potrebne informacije traka se premotava i očitavaju se upisani impulsi.

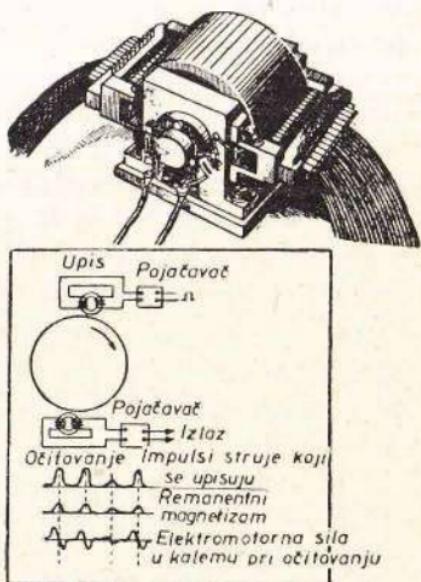


Sl. 23 — Organ za pamćenje sa magnetnom trakom (blok za propuštanje trake)

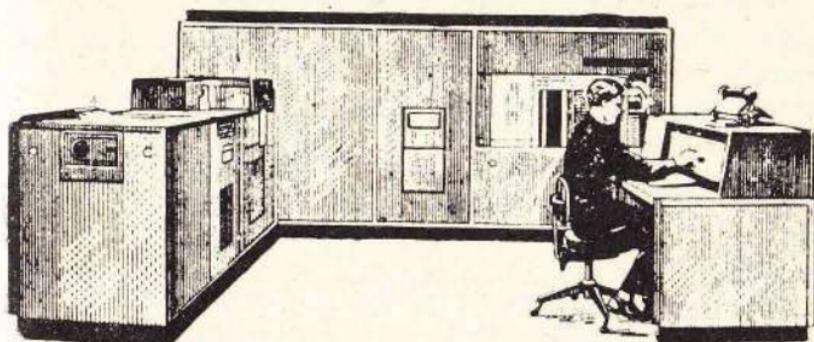
Na sl. 24 predstavljen je organ za pamćenje sa magnetnim dobošem. Doboš sa površinom prekrivenom slojem magnetnog materijala, okreće se velikom brzinom (reda 5000 — 7000 obrta u minutu); glave za upisivanje i čitanje raspoređene su po obimu doboša. Upisivanje binarnih brojeva ostvaruje se impulsima električne struje trajanja nekoliko mikrosekundi. Vrednosti »1« odgovara pozitivan impuls, vrednosti »0« — negativan. Prednost

doboša u odnosu na traku sastoje se u tome što se mesto na njemu, gde treba upisati ili odakle uzeti broj, nađe brže nego na traci. Ali na dobošu se smešta mnogo manje brojeva.

Nedavno je firma IBM razradila novi tip organa za pamćenje sa magnetnim diskovima. Kapacitet tog uređaja dostiže 5—6 miliona binarnih znakova. Organ za pamćenje se sastoji od 50 diskova učvršćenih na zajedničkoj vertikalnoj osovini, sa upisivanjem podataka na koncentričnim krugovima s obe strane diska. Glava za upisivanje i čitanje smeštena je pored diskova. Položajem glave upravlja specijalan elektronski uređaj pomoću pneumatskog pogona. Memo-rija ove vrste iskorišćena je u mašini »Ramak-305« firme IBM, koja je demonstrirana na američkoj izložbi u Moskvi 1958. god. (sl. 25).



Sl. 24 — Organ za pamćenje sa magnetnim dobošem



Sl. 25 — Američka elektronska mašina „ramak-305“ firme IBM

U organu za pamćenje, nezavisno od njegovog tipa i tehničkih podataka, svaki upisan broj zauzima potpuno određeno mesto — čeliju. Radi toga, da bi se u »memoriju« upisao ili iz nje očitao određeni broj, treba znati mesto gde će se on upisati ili odakle će se očitati. Zbog toga se sve čelije organa za pamćenje numerišu. Pokazivanje broja čelije jednoznačno određuje mesto u »memoriji« gde treba tražiti potreban broj. Broj čelije »memorije« koja sadrži podatak naziva se adresom podatka. Adresama se snabdevaju sve komande i brojevi nezavisno od toga da li su te veličine početne ili međurezultati.

Postojanje impulsa električnog napona u kodu broja odgovara simbolu 1, nepostojanje impulsa — simbolu 0.

Za obavljanje određene operacije, u organ za pamćenje elektronske računske mašine uvodi se odgovarajuća informacija pomoću specijalnog broja nazvanog *komandom*.

Niz komandi obrazuje program rada mašine. Program za rešavanje zadataka sastavlja unapred čovek-programer. Program se uvodi u organ za pamćenje mašine na isti način kao i obični brojevi. Komanda se sastoji od nekoliko grupa cifri koje se nazivaju *kod operacije ili adrese*.

Kod operacije određuje vrstu operacije koju mora da obavi mašina. *Adresa* pokazuje brojeve čelija gde se čuvaju brojevi nad kojima se mora obaviti operacija i gde treba da bude upućen rezultat.

Na primer, da bi mašina obavila operaciju sabiranja dva broja A i B, u programu treba da budu date tri adrese: adresa čelije iz koje se broj A uzima i usmerava u aritmetički organ; adresa čelije broja B koji se takođe uzima iz organa za pamćenje i usmerava u aritmetički organ: gde se na komandu »sabiranje« sabira sa brojem A; na kraju, adresa slobodne čelije »memorije« gde treba smestiti rezultat sabiranja A i B radi korišćenja u daljem računu.

Radi boljeg razumevanja daćemo primer označavanja komande:

Kod operacije	Adresa A	Adresa B	Adresa C
01	0025	0076	0129

Ovako označavanje znači da treba obaviti neku radnju sa brojevima koji se nalaze u 25. i 76. ćeliji »memorije«, a rezultat treba smestiti u ćeliju 129. Ovo je primer tzv. troadresne komande, u kojoj se odjednom pokazuju tri adrese: adrese dva polazna broja i adresa rezultata operacije. Postoje, takođe, mašine sa jedno, dva, četvero i petoadresnim komandama.

Kod jednoadresnih mašina aritmetička operacija obavlja se po pravilu ne pomoću jedne komande, kao u troadresnim, već pomoću nekoliko. Na primer, jedna komanda poziva jedan broj, druga drugi i obavlja operaciju, a treća šalje rezultat na zadatu adresu.

Četvoroadresne komande sadrže još i četvrту adresu. U njoj se pokazuje broj ćelije »memorije« koja sadrži sledeću komandu programa.

Za brzi rad mašine, vreme izbora brojeva i komandi iz »memorije« treba da bude vrlo kratko — nekoliko mikrosekundi. Međutim, sama brzina, kao što smo već govorili, nije dovoljna. Potrebno je još da se aritmetičke radnje obavljaju automatski, tj. ceo proces računanja mora da bude potpuno automatizovan. U tu svrhu u elektronskoj računskoj mašini postoji *upravljački organ*. Taj uređaj obezbeđuje automatsko obavljanje svih izračunavanja po zadatom programu od momenta puštanja mašine u rad pa sve do izbacivanja rezultata.

Upravljački organ neprekidno bira komande iz organa za pamćenje. Svaku odabranu komandu dešifruje na odgovarajući način i predaje signale za obavljanje operacija aritmetičkom organu, šalje međurezultat u uređaj za pamćenje, odabira sledeću komandu, izdaje dobijeni rezultat itd.

Na taj način aritmetički organ osigurava zadati režim rada elektronske mašine, zadržavajući uzastopnost komandi i aritmetičkih operacija nad brojevima zapisanim u programu. U slučaju pogrešnih rezultata ili prekida rada

pojedinih sklopova i elemenata, upravljački organ prekida rad mašine.

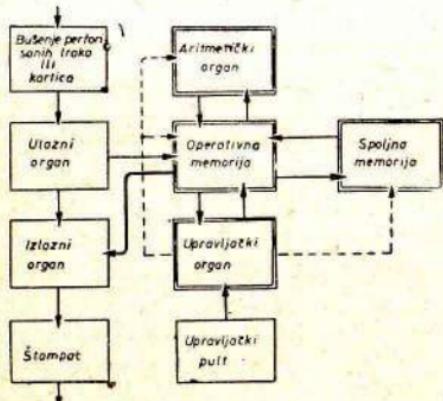
Tri osnovna nabrojana organa računske mašine koji obezbeđuju automatizaciju procesa računanja, sreću se bez izuzetka u svim mašinama.

Saglasno tome, principska blok-shema elektronske digitalne računske mašine izgleda kao što je pokazano na sl. 26.

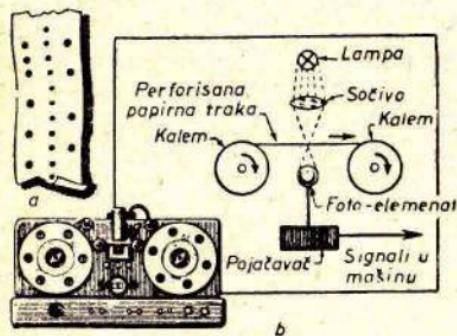
Pored osnovnih organa o kojima smo govorili, u sastav mašine ulaze specijalni organi za unošenje podataka, kontrolu rada i davanje rezultata.

Ulagni organ služi za automatski prenos početnih podataka i programa računanja sa perforisanih kartica ili perforisane trake u organ za pamćenje. Jedan od takvih organa pokazan je na sl. 27.

Ulagni organ sastoji se od izvora svetlosti (lampe), sočiva, fotoelemenata, pojačavača i mehanizma za pokretanje perforisane trake sa kalemovima. Za vreme rada mehanizma za pokretanje perforisana traka se premotava s jednog kalema na drugi. Traka sa otvorima prolazi velikom brzinom između izvora svetlosti i fotoelemenata, izazivajući u foto-



Sl. 26 — Funkcionalna blok-shema elektronske digitalne mašine



Sl. 27 — Ulagni organ. Unošenje podataka u mašinu pomoću perforisane trake: a — traka sa zapisanim ulaznim podacima u binarnom sistemu (brojevi i komande); b — unošenje podataka u mašinu

elementu impulse električne struje. Ti slabi impulsi prolaze kroz pojačavač i dospevaju u mašinu. Ako se brojevi ne unose u nju u binarnom sistemu, onda postoji takvi uređaji koji su sposobni da prekodiraju uneti podatak. Na taj način mašina prima decimalni ili drugi broj u binarnom obliku koji je pogodan za nju.

Kontrolni organ omogućava u procesu računanja kontrolu rada mašine u celini i pojedinih njenih sklopova i blokova sa upravljačkog pulta, na kome postoji odgovarajuća signalizacija. Ovaj organ signalizira o neispravnostima koje su se pojavile u mašini. Za otkrivanje slučajnih grešaka pri računanju postoje različite metode test-proračuna na mašini pomoću specijalnih programa.

Izlazni organ služi za zapisivanje dobijenih rezultata na magnetnu ili perforisanu traku ili na perforisane kartice. Sa perforisanih kartica ti se podaci, izraženi binarnim kodom, prevode na specijalnim elektromehaničkim štampačima u decimalni sistem brojeva i štampaju se u običnom cifarskom obliku na listovima hartije. Sa magnetne trake zapisani rezultati prevode se u cifre na specijalnom foto-čitaču. Taj uređaj snima rezultate u obliku tablica na filmsku traku. Njegova brzina rada (200 brojeva u sekundi) mnogo je veća od brzine elektromehaničkog štampača.

Štampači odštampavaju rezultate mnogo sporije u poređenju sa brzinom računanja same mašine.

Stvar je u tome što je brzina unošenja i izdavanja informacija za sve elektronske mašine mnogo puta manja od brzine rada samih mašina. To se objašnjava time što postojeći uređaji za unošenje i izdavanje informacija ne mogu da obezbede veliku brzinu rada, jer su izgrađeni na mehaničkim principima.

U poslednje vreme niz američkih firmi intenzivno razrađuju nove tipove beskontaktnih ulaznih i izlaznih organa koji imaju vrlo veliku brzinu rada, što omogućava brže uništavanje ciljeva. Primena beskontaktnih uređaja u elektronskim informacionim mašinama i mašinama-prevodiocima bitno će ubrzati prevod i dešifriranje do-

kumenata i drugog materijala zaplenjenog od neprijatelja. U tom pravcu kibernetika je već učinila suštinski korak napred.

Tako je, na primer, američka firma Stromberg-Karlsson*) konstruisala i počela serijski da izrađuje vrlo brzu elektronsku mašinu za štampanje tipa S-C 5000, u kojoj su funkcionalni blokovi izrađeni primenom mikromodula i štampanih kola.

Mašina obezbeđuje brzinu od 10.000 znakova u sekundi. Izgradnja mašine smanjila je raskorak koji postoji između velikih brzina dobijanja podataka u elektronskoj računskoj mašini i brzine štampača. Mašina se može korisiti kao izlazni organ univerzalnih elektronskih računskih mašina. Osnovni elemenat mašine S-C 5000 je katodna cev-haraktron (vidi sl. 45) koja ima prečnik 18 cm i omogućava raspoznavanje 2.000 linija u redu. Visina svetlećih znakova na ekranu dostiže 1,1 mm, vreme osvetljavanja svakog znaka — 50—70 usec. Matrica cevi sadrži 64 znaka čiji se izbor prilikom štampanja ostvaruje pomoću specijalnog generatora testerastog napona i logičkih kola.

Podaci za štampanje unoše se u mašinu pomoću sedmokanalne feromagnetne trake. Pokretanje hartije ispod valjka ostvaruje se brzinom od 33 m/sec. Gustina pisanja duž reda može se menjati u granicama od 100 do 128 znakova u redu dužine 25 cm, a gustine redova — od 2,4 do 3 reda na 1 cm. Dužina mašine je 230 cm, širina 80 cm, a visina 200 cm, težina 1.200 kg. Mašina se napaja iz trofazne mreže i troši snagu od 17 kW.

Ista firma izrađuje elektronsku mašinu sa brzinom štampanja 3.000, ne znakova, već reči u minutu. Mašina se koristi za štampanje informacija, dobijenih od elektronske računske mašine, teleprinter-a, telefona ili sa visokofrekventne linije veze. Takve mašine namenjene su za primenu u komandnim centrima i štabovima SAD.

*) *Datemation*, maj 1962.

VI. ELEKTRONSKE MAŠINE U AVIJACIJI

Kibernetika je stvorila do danas neviđene mogućnosti u konstrukciji i opremi savremenih aviona »pametnim« kibernetičkim mašinama i aparaturama. Elektronske računske mašine ostvaruju upravljanje letom aviona i sredstava bez pilota, navođenje dirigovanih projektila, automatsko bombardovanje i gađanje vazdušnih ciljeva. One omogućavaju automatsko upravljanje uzletanjem, penjanjem, poravnavanjem na zadatoj visini, letom po datom kursu i ostvaruju automatsko ateriranje aviona.

U savremenoj reaktivnoj avijaciji sa zvučnim i nadzvučnim brzinama leta i vrlo velikim radijusom dejstva, veliki značaj ima pravilna i brza orijentacija. Posada aviona treba da se orijentiše prema rejonu nad kojim leti, kada bočni vетар, manevar po pravcu, komplikovane vremenske prilike, noć i drugi faktori čine nemogućnom vizuelnu orijentaciju. Danas bi bilo nemoguće obezbediti bezopasne letove savremene avijacije bez široke primene radio-elektronike i elektronskih uređaja, koristeći se samo magnetnim kompasom.

Prema pisanju američkog časopisa *Interavia Air Letter**), u SAD su za navigaciju izgrađeni specijalni *autonomni* radio-navigacioni sistemi, sa visokom pouzdanošću, zasnovani na iskorišćavanju složenih elektronskih uređaja. Takvi sistemi omogućuju da se u svakom trenutku odrede trenutne koordinate, stvarna brzina aviona u odnosu na zemlju, brzina i pravac vetra.

*) *Interavia Air Letter*, novembar 1959.

Autonomni radio-navigacioni uređaji nalaze se na avionu i bez pomoći zemaljskih radio-tehničkih sredstava omogućuju određivanje svog položaja. Primer takvih uređaja su osmatračke radarske stanice. Princip njihovog dejstva zasnovan je na korišćenju različitog sistema odbijanja radio-talasa koji se emituju prema terenu. Na ekranu osmatračkog radara stvara se naročita svetlosna karta terena nad kojim avion leti. Pilot, upoređujući kartu datog predela sa njenom slikom na ekranu za vreme leta, prema karakterističnim oznakama (orientirima) određuje svoj položaj.

Korpus veze armije SAD uveo je u naoružanje novi navigacioni sistem AN/APN-118*), razvijen na principu stalne indikacije položaja aviona na topografskoj karti. Sistem je namenjen za helikoptere i avione veze. Komplet uređaja sistema ima malu težinu i sastoji se od elektronsko-računskog uređaja, akcelerometara**) malih dimenzija, radara težine 18 kg i preciznog žirokompassa. U vazduhu, u elektronsko-računski uređaj dolaze podaci o jačini i pravcu vetra, brzini kretanja i pravcu, posle čega uređaj daje signal, pomoću kojeg se pokretna strelica postavlja na karti u položaj koji odgovara stvarnom kursu aviona. Sistem je neosetljiv na veštačke smetnje i autonoman je.

Elektronske mašine, zajedno sa radarskim nišanima za bombardovanje i navigacionim sistemima, omogućavaju rešavanje preciznog bacanja bombi u svim vremenskim prilikama, pa i noću.

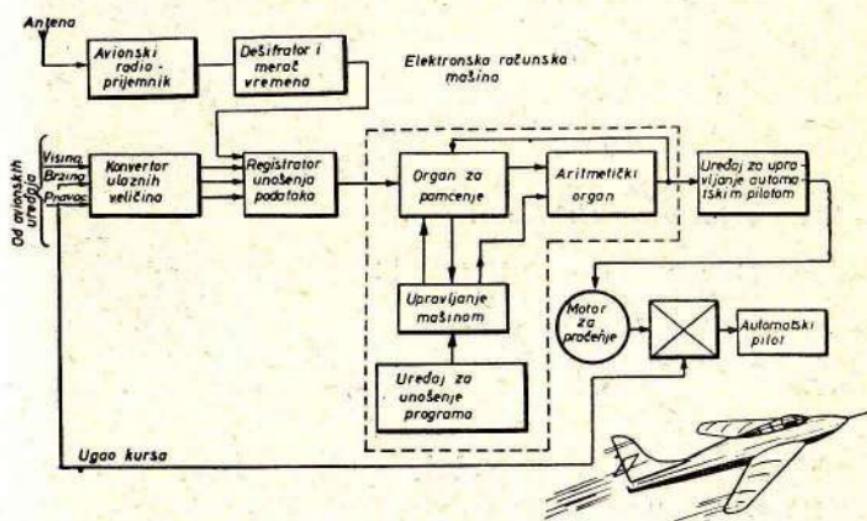
Radi povećavanja tačnosti gađanja i verovatnoće uništavanja ciljeva, projektili raznih klasa koji danas

*) *Interavia Air Letter*, novembar 1960.

**) Akcelerometri — osetljive aparature koje se primenjuju u inercionim i astroinercionim sistemima za upravljanje projektilima, a takođe u svim drugim navigacionim sistemima. Akcelerometri su namenjeni za merenje sila ubrzanja koje deluju na projektil u letu u odnosu na površinu zemlje. Oni sa velikom tačnošću mere ubrzanja u pravcu sever-jug, zapad-istok, a takođe vertikalna pomeranja projektila. Primjenjuju se akcelerometri sa klatnom i linearne ili integralne.

dobijaju sve širu primenu, opremaju se specijalnom aparaturom ili kompletom aparature koji je dobio naziv »sistem za navođenje«*). Osnova tog sistema u većini slučajeva je elektronska računska mašina. Na osnovu koordinata cilja koje neprekidno dolaze i projektila, mašina određuje tačku njihovog susreta i izdaje potrebne komande za navođenje.

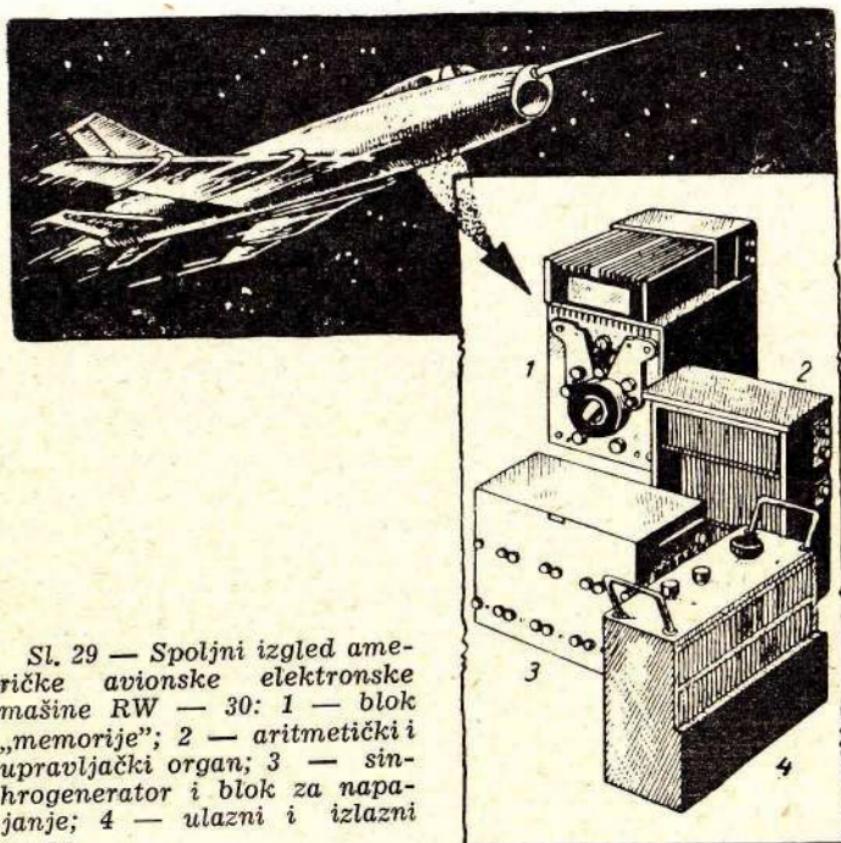
Elektronske mašine montiraju se na avione i upravljaju njihovim kretanjem do cilja leta. Pri tome uzimaju u obzir stanje atmosfere, lansiraju bombe, određuju vreme izbacivanja padobrana tako da se on spusti sa bombom na zadatu tačku. Karakteristika rada tih mašina je sistematska logička provera podudaranja svih podataka koji dolaze. Mašina izdaje samo proverene izvršne komande koje odgovaraju stvarnom položaju aviona. Principska blok-shema upravljanja lovcem-presretačem pomoći male elektronske računske mašine data je na sl. 28.



Sl. 28 — Principska blok-shema upravljanja lovcem-presretačem pomoći male elektronske računske mašine

*) Локк А. С. Управление снарядами. Državno izdanje tehničko-teoretske literature, 1957.

Spoljni izgled male američke elektronske avionske mašine RW-30*) sličnog tipa dat je na sl. 29. Težina mašine je 32 kg, zapremina $0,116 \text{ m}^3$, a potrebna snaga za napajanje 400 W.



Sl. 29 — Spoljni izgled američke avionske elektronske mašine RW — 30: 1 — blok „memorije”; 2 — aritmetički i upravljački organ; 3 — sin-hrogenerator i blok za napajanje; 4 — ulazni i izlazni organ

U mašine tog tipa spadaju male elektronske računske mašine »nort ameriken« istoimene firme i »tradik« namenjene za lovačke avione. Mašina »nort ameriken« obavlja 60.000 sabiranja i 3.000 množenja u sekundi. Njena težina je 56 kg. Cela oprema mašine zauzima zapreminu od

*) Aviation Age, jul 1957.

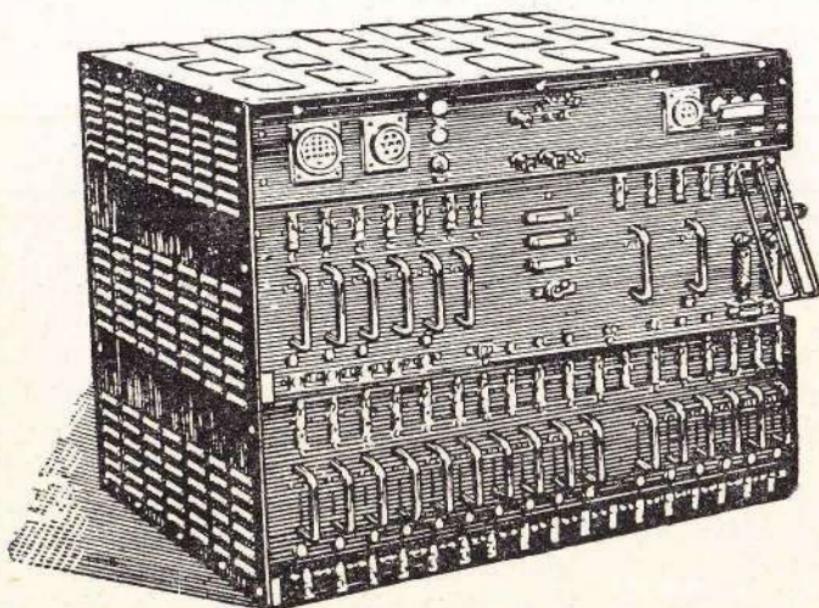
0,1 m³. Organ za pamćenje sadrži 20.000 binarnih znakova. Potrebna električna snaga je 100 W. Mašina je sastavljena od hiljadu poluprovodničkih trioda i 3.500 dioda.

Mašina sa istim računskim mogućnostima sa elektronskim cevima ima težinu 4 puta veću, a potrošnja joj je ne 100 već 3000 W. Druga avionska mašina »tradik« ima gotovo iste karakteristike kao i »nort ameriken«.

Sposobnost elektronskih mašina da obavljaju logičke operacije otkrila je da se može upravljati raketama i avionima-projektilima u vazduhu i kretanjem i ateriranjem aviona po čitavom aerodromu. Prema pisanju stranih vojnih časopisa, danas su u avijaciji razrađene metode da se iz aviona-bombardera izbacuje vođeni projektil »vazduh-zemlja« sa atomskim glavama. Takve vođene projektili moguće je navoditi tačno na cilj posredstvom elektronskog uređaja u samom avionu. Oni će se izbacivati sa stotina kilometara daleko od cilja. Jedan od poslednjih američkih projektila »vazduh-zemlja« »bold-orion« koji predstavlja dvostepeni projektil sa čvrstim gorivom, sa delom za atomsku glavu koji se odvaja u letu, može se izbaciti sa rastojanja od oko 1600 km od cilja. Primena vođenih projektila ima to preim秉stvo što bombarder ne treba da savlađuje protivvazdušnu odbranu neprijatelja, napadnutog atomskim oružjem.

Jedna od prvih avionskih računskih mašina je američka mašina »didžitak« (sl. 30), koju je konstruisala američka firma »Hjuz«. Ta specijalizovana digitalna elektronska mašina namenjena je za rešavanje navigacionih zadataka, taktičkog bombardovanja i automatskog upravljanja letom aviona. Mašinu poslužuje jedan čovek. Pošto ima veliku tačnost računanja i široke mogućnosti primene, ona određuje koordinate bombardera, navodi ga na cilj, izračunava trenutak bacanja bombe i ostvaruje automatsko bacanje bombe. Po unapred sastavljenom programu »didžitak« može uzastopno da navodi avion na 30 ciljeva. Položaj aviona određuje se istovremeno pomoću dve metode: metodom radio-navigacije i metodom proračuna puta

pomoću podataka navigacionih uređaja. To povećava pouzdanost rada uređaja i omogućava izbegavanje grešaka usled promene jačine radio-signala.

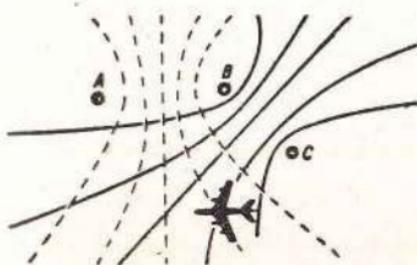


Sl. 30 — Specijalizovana digitalna elektronska mašina »džitak« namenjena za rešavanje zadataka navigacije i automatskog upravljanja letom aviona

Radio-navigacija se realizuje pomoću hiperboličkog*) sistema koji se sastoji od tri zemaljske stanice A, B, C. Jedna od njih je glavna (vodeća), a dve su pomoćne (vođene). Glavna stаница узастопно šalje visokofrekventne impulse svakoj od dve pomoćne koje odgovaraju slanjem svojih impulsa na avion. Razlika vremena dolaska impulsa vodeće i vođenih stаница koristi se za izračunavanje koordinata aviona. Dve dobijene razlike vremena između impulsa vodeće stанице i prve vođene i

*) Hiperbola je geometrijsko mesto tačaka sa konstantnom vremenskom razlikom prijema signala od dve stанице.

između impulsa vodeće stanice i druge vođene određuju dve hiperbole. Tačka preseka hiperbola daje položaj aviona u odnosu na zemaljske stanice (sl. 31).

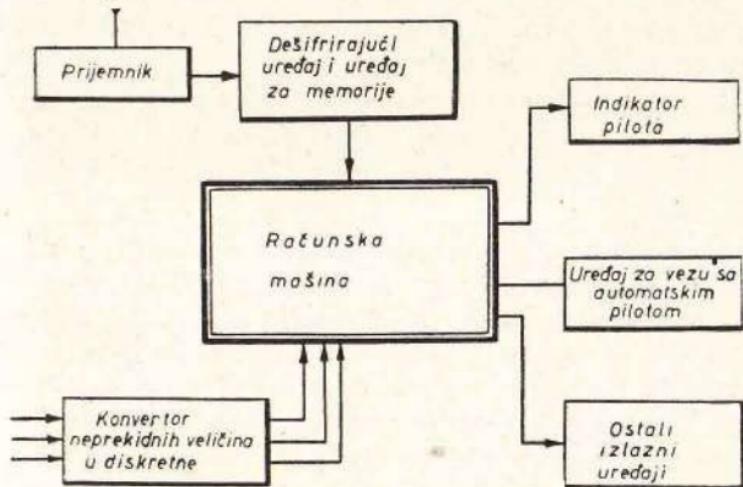


Sl. 31 — Hiperbolički sistem čijim se posredstvom ostvaruje radio-navigacija aviona. Slovima A, B, C, označene su zemaljske radio-stanice

Pri pojavi smetnji kod radio-prijema, sistem automatski prelazi na rad samo sa navigacionim uređajima. U tom slučaju navigacioni proračuni izvode se na osnovu neprekidnih podataka o kursu i brzini aviona, brzini i pravcu vetra i prethodnom položaju aviona.

Avionska oprema sistema „didžitak“ (sl. 32) sadrži

sledeće blokove: prijemnik signala hiperboličkog sistema; dešifrirajući uređaj za razlikovanje impulsa koji dolaze; uređaj za merenje razlike vremena između impulsa; pretvarač (konvertor) neprekidnih veličina koje dolaze od navigacionih uređaja aviona u diskretne; računsku mašinu; uređaj za vezu sa automatskim pilotom i druge izlazne uređaje.



Sl. 32 — Blok-shema avionske opreme sistema „didžitak“

Kao centar upravljanja služi digitalna računska mašina, u čiji se organ za pamćenje (na magnetnom dobošu) dostavlja program dejstava postrojenja u toku čitavog leta. Program ima 768 komandi koje dozvoljavaju obavljanje 37 operacija, od toga 24 logičke*) i 13 aritmetičkih.

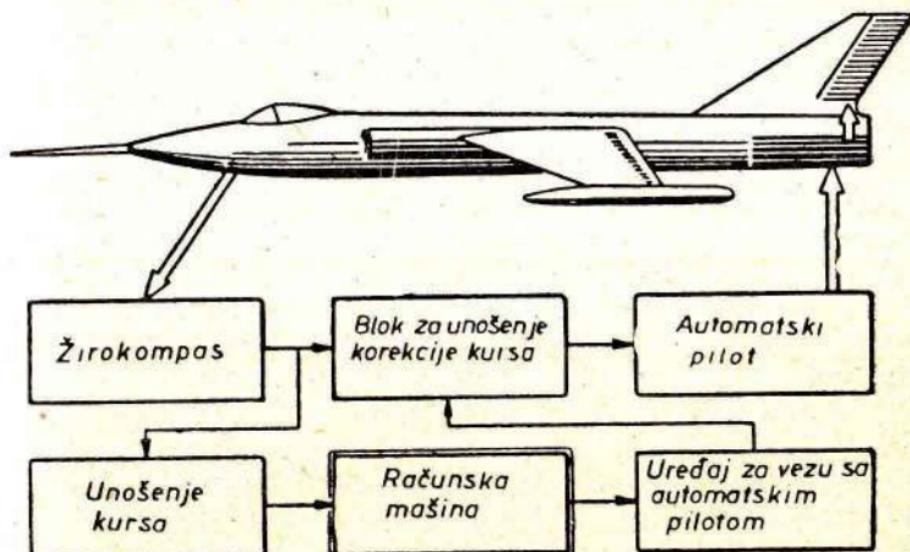
Cim avion poleti i zauzme određeni pravac, stupa u dejstvo računska mašina koja izdaje komandu za obradu podataka o vremenskoj razlici prijema signala hiperboličkog sistema i za njihovu logičku proveru. Ti se podaci kontrolisu u dozvoljenim granicama, upoređuju se sa pretходnim veličinama i u slučaju velikog odstupanja ne uzimaju se u obzir. Tada se koordinate aviona određuju samo na osnovu pokazivanja aparata koji u tu svrhu pretvaraju podatke iz analognog oblika u digitalni.

Pošto je odredila položaj aviona, izračunala brzinu i precizirala neke druge podatke, mašina izdaje komandu za upravljanje kretanjem aviona. Komanda se uvodi u automatski pilot u vidu korekture pravca kretanja. Istovremeno mašina proverava rastojanje do cilja. Ukoliko cilj nije dostignut mašina ponavlja opisani ciklus radnji. Ako je avion stigao u rejon cilja, izračunavaju se, s jedne strane, podaci za bacanje bombi i izdaje se komanda za njihovo izbacivanje, a s druge, proračunavaju se podaci za pravac aviona prema novom cilju. Ciklus svake operacije obavlja se za pola sekunde.

Upravljanje kretanjem aviona ostvaruju instrumenti: žirokompas — automatski pilot-avion koji obrazuju zatvoreni sistem automatskog regulisanja neprekidnog dejstva (sl. 33).

Neposredno uključivanje računske mašine u taj sistem teško je zbog toga što, prvo, ona daje diskrete signale koji se moraju nekako ispravljati, a drugo, na njenom izlazu mogu se pojaviti pogrešni signali koji bi u slučaju neposrednog slanja u sistem za upravljanje mogli da dovedu do opasnog kretanja aviona. Baš zbog toga mašina izračunava samo korekciju kursa aviona koja se dobija

*) Za upravljanje ulaznim i izlaznim podacima.



Sl. 33 — Shema veze računske elektronske mašine sa sistemom za upravljanje avionom

od žiro-kompasa i uvodi je u automatski pilot kroz blok za unošenje korekcije kursa.

Ceo uređaj teži 110 kg i zauzima zapreminu od $0,34 \text{ m}^3$. Sadrži 350 elektronskih cevi, 2500 poluprovodničkih dioda i troši snagu od 1300 W. Težina samo digitalne mašine je 52 kg.

»Didžitak« je specijalizovana mašina zbog toga je povezana sa aparaturom za radio-upravljanje, što omogućava da se ostvari ne samo potpuno upravljanje avionom u vazduhu, već i automatsko (bez učešća pilota) poletanje i ateriranje na specijalno opremljenim aerodromima ili površinama za sletanje.

Poznato je da su sada u inostranstvu izgrađeni avionski uređaji namenjeni za automatsko upravljanje vatrom lovaca-presretača, za automatsko dovođenje aviona do ateriranja, za izračunavanje parametara leta i za druge namene. Na primer, u SAD je izgrađen uređaj za uprav-

ljanje AUIK*) (automat uzastopnog izbora komandi) koji obezbeđuje automatsko uzletanje aviona na zadatu visinu, let određenim pravcem i upravljanje ateriranjem na krajnjoj tački.

Od uzletanja do ateriranja lovac-presretač obavlja let po unapred sastavljenom programu koji se upisuje na perforisanu traku u vidu izbušenih rupica. Pri unošenju sadržine trake u mašinu, rupice se registruju sa 430 metalnih kontakta, odakle se signali prenose u računski uređaj koji daje odgovarajuće komande organima za upravljanje avionom.

Položaj aviona kontroliše se pomoću zemaljskih radio-navigacionih sredstava ili avionskih aparata. U tu svrhu su u AUIK uključeni navigacioni i pomoćni računski uređaji koji upoređuju podatke o položaju aviona sa programom leta. U slučaju nepodudaranja podataka daje se signal koji dejstvuje na organe za upravljanje avionom i menja mu pravac ili visinu. Takav sistem upravljanja pogodan je za daljinske letove.

Poznato je da dispečerska služba, skopčana sa velikom odgovornošću, zahteva stalnu napregnutost, pažnju, snalažljivost i veliko iskustvo. Na bazi digitalnih elektronskih mašina napravljen je uređaj za rešavanje zadataka upravljanja vazdušnim transportom. Ta mašina se naziva »automatskim dispečerom aerodroma«. Ona se postavlja na centralni dispečerski punkt i može automatski da poslužuje trasu na kojoj istovremeno putuje do dve hiljade aviona.**)

Kao organ za pamćenje, u mašini se koristi magnetni doboš, na kome se binarnim kodom zapisuju grafikoni planiranih letova raznih aviona. Grafikoni letova aviona koji se nalaze na trasi prenose se telegrafski sa različitih aerodroma u centralni dispečerski punkt. Računski blok upoređuje ih sa onim zapisanim na dobošu, a takođe sa grafikonima kretanja ostalih aviona, analizira ih, uvodi

*) Локк А. С. Управление спарядами, Drž. izdanje tehničko-teoretske literature, 1957, Moskva.

**) America, br. 7, 1957.

potrebne korekcije i ispravne ih šalje natrag. Upoređivanje koda pojedinačnog grafikona sa svih dve hiljade kodova, zapisanih na dobošu, obavlja se za 0,4 sekunde.

Na njujorškom međunarodnom aerodromu, poznatom pod imenom Ajdluaajld, uspešno se primenjuje ovakav sistem upravljanja vazdušnim transportom. On poslužuje deset avio-kompanija. Na ovom aerodromu svaka 2 minute i 42 sekunde aterira ili uzleće avion. Za 24 sata sistem poslužuje više od 500 ateriranja i uzletanja. U toku cele 1959. godine ukupan broj međunarodnih i unutrašnjih letova dostigao je broj 194.470, sa 5.902.730 putnika. Pretpostavlja se da će se u kasnijim godinama taj broj udvostručiti.

U oružanim snagama kapitalističkih armija koristi se veliki broj aviona. Njihovo navođenje pri ateriranju, naročito pri slaboj vidljivosti, ima izvanredno veliki značaj. Taj zadatak može da reši jedino automatika. U slučaju korišćenja savremenih reaktivnih lovaca i bombardera, njihovo i neznatno duže zadržavanje u vazduhu dovodi do suvišnog trošenja goriva, pa prema tome do skraćivanja radijsa dejstva.

Opisaćemo ukratko drugi američki sistem upravljanja — »volsken«*), namenjen za automatsko regulisanje vazdušnih letova. Sistem se sastoji od osmatračke radarske stanice, radio-svetionika kursa, glisadnog radio-svetionika i sredstava veze; osnovni element tog sistema je elektronska računska mašina sa dodatnim blokovima.

Računski uređaj sistema odabira najranije mogućno vreme dolaska aviona i daje podatke kojim najkraćim putem treba voditi avion prema mestu ateriranja. Ako je to vreme već označeno za dolazak drugog aviona, sistem odabira kasniji interval od 30 sekundi i daje naređenje avionu za drugi kurs kretanja.

Kada avion odstupi od prvobitno izračunatog puta α_1 i promeni pravac za ugao α , računska mašina brzo izračunava novi pravac puta α_2 koji će u isti interval vremena dovesti avion do »vrata« za sletanje (vidi sl. 38).

*) *Airlift*, septembar 1959.

Informaciju o položaju aviona u odnosu na aerodrom daje osmatrački radar. Podaci, dobijeni od njega, uvode se u uređaje za automatsko praćenje aviona (»antrak«). Svaki takav uređaj prati kretanje jednog aviona. Po želji operatera uređaj može biti prebačen s jednog aviona na drugi.

Podaci o položaju aviona i zalihi goriva predaju se u računsku mašinu »datak«. Mašina proračunava vreme direktnog puta i vreme leta aviona do određenog roka. Taj rok mora biti različiti za sve avione da bi se izbegavao sudar. Ako se dobije signal o kvaru mašina, mašina-dispečer šalje avion u kvaru na rezervni aerodrom.

Istovremeno »datak« izračunava odnos vremena do dolaska prema vremenu direktnog puta. Ako je taj odnos 1, »datak« će dati naredbu o kursu koji upravlja avion pravolinijskim putem. Ako je taj odnos veći od 1 i avion kasni, mašina, zadržavajući ga na pravolinijskom putu, izdaje direktivu za povećavanje brzine. Ako je pomenuti odnos manji od 1, mašina daje avionu put koji se razlikuje od pravolinijskog i na njemu se avion zadržava koliko je potrebno.

Računska mašina ne određuje avionu neki fiksirani put, već neprekidno izračunava kojim pravcem treba da se kreće u datom trenutku da bi u predviđeno vreme došao do »vrata« aerodroma. Podaci se od izlaza maštine do aviona mogu prenositi radio-telefonom, usmenim naređenjem pilotu i neposredno slanjem signala u automatski pilot. Radijus dejstva sistema je 100 km, a propusna sposobnost — 120 aviona na čas.

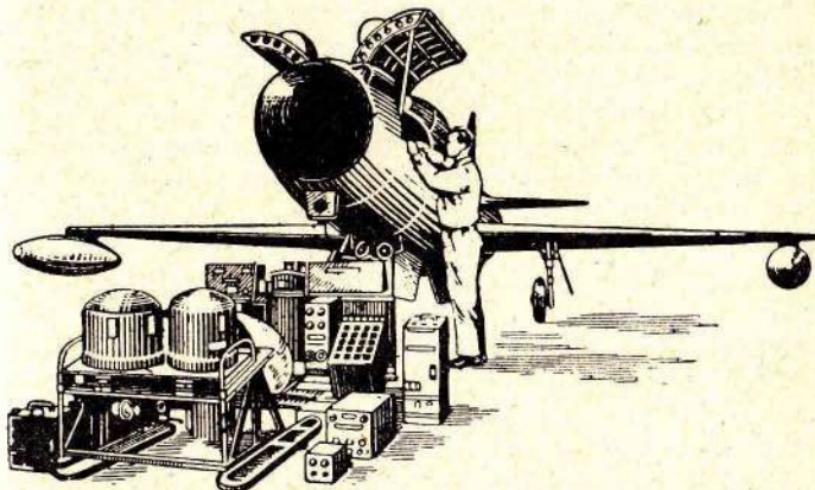
Sada je sistem »volsken« modernizovan. Za razliku od prve varijante koja ostvaruje istovremeno upravljanje sa 11 aviona, novi sistem »super-volsken« može da upravlja sa 18 aviona koji ateriraju i sa šest aviona koji uzleću.*.) Novi sistem obezbeđuje preciznije praćenje svakog aviona, izračunavanje njegovog kursa u zoni upravljanja i njegovo upućivanje u zonu od koje počinje ateriranje. U onim oblastima gde gustina kretanja nije suviše velika, taj sistem je sposoban da istovremeno upravlja

*) Airlift, septembar 1959.

vazdušnim kretanjem na tri posebna aerodroma, udaljena ne više od 80 km jedan od drugog. Sistem se odlikuje gipkošću održavanja intervala između aviona, održavajući ih od 10 sekundi do 1 minuta, kao i mogućnošću izbora do šest posebnih glisada. Radijus dejstva sistema je isti kao i u prvoj varijanti. Dozvoljena brzina aviona kojima se upravlja je od 100 do 800 km/čas, maksimalna visina 14 km, brzina spuštanja od 30 do 3000 m u minuti, tačnost pridržavanja grafikona 9 sekundi. U sistemu je predviđena indikacija koda za raspoznavanje aviona koji se nalazi u zoni praćenja.

Pored nabrojanih tipova specijalizovanih računskih mašina koje se primenjuju u avijaciji, u poslednje vreme su u SAD izgrađeni novi tipovi mašina: »tranzak«, »didžiter-2«, dženkomp-C« i dr. Upoznaćemo se sa tim mašinama.

1. Mašina »didžiter-2« (sl. 34) je dvoadresna i radi sa 19 pozicija binarnih brojeva u jednoj reči. Njena zapremina je $0,13 \text{ m}^3$, težina 55 kg, kapacitet »memorije« na magnetnom dobošu — 2500 brojeva. Ona za 1,8 sekundi obavlja 16 različitih operacija za navigaciju i kontrolu leta



Sl. 34 — Pojedini blokovi elektronske računske mašine, među kojima i radar, skinuti sa lovca-presretača

aviona po programskom ciklusu. U računskoj mašini ima više od 4000 minijaturnih poluprovodničkih dioda. Mašina obavlja oko 40000 računskih aritmetičkih operacija u minuti i vadi koren sa velikom tačnošću dajući 6250 rešenja. Ona ima veliki broj ulaznih i izlaznih kanala koji je povezuju sa različitim aparaturama i radarem. Ukupno u mašinu se unosi 33 analognih i 29 digitalnih veličina. Izlazni podaci iz mašine izlaze u vidu 14 analognih i 16 digitalnih veličina. Ulazne i izlazne veličine dolaze u mašinu brzinom od 3815 ulaznih veličina u minuti. One izlaze iz mašine brzinom od 1610 izlaznih veličina u minuti.

Mašina poslužuje lovce-presretače sa nadzvučnom brzinom tipa F-86D, F-89D i F94C koji su naoružani projektilima i imaju specijalni radarski nišan. Ona automatski rešava zadatke u vezi sa upravljanjem avionima i gađanjem projektilima, omogućavajući pilotu da koncentriše pažnju na taktičku stranu borbe.

Operator zemaljske radarske stанице за navođenje radio-putem saopštava lovačkom avionu u vazduhu podatke o pravcu i visini leta otkrivenog neprijateljskog aviona. Pilot (na osnovu podataka operatora) dovodi lovački avion u rejon gde je otkriven cilj ili se to vrši automatski pomoću aparata za radio-upravljanje koji rade sa automatskim pilotom. Istovremeno sa dolaskom u rejon otkrivenog cilja uključuje se radarski nišan da radi u režimu traženja cilja. Pri pronalaženju cilja, na ekrantu radarskog nišana pojavljuje se dobijeni impuls. Njegovo horizontalno pomjeranje u odnosu na centar ekrana pokazuje azimut cilja u odnosu na kurs lovačkog aparata, a vertikalne dimenzije impulsa — rastojanje do cilja. Bočna i horizontalna skala na ekrantu omogućavaju očitavanje azimuta u stepenima i daljine u minutima. Svetleća linija veštačkog horizonta koja se takođe projektuje na ekran, pokazuje pilotu položaj njegovog aviona u vazduhu u odnosu na horizont.

Čim je cilj otkriven pilot prebacuje antenu sa sektorskog pretraživanja na režim praćenja cilja. Prelazak na taj režim obeležava se pojmom vertikalne linije na ekrantu

koja preseca impuls odbijen od cilja. Pored toga, na ekranu se pojavljuje nišanski krug u centru i mala svetleća tačka koja predstavlja »tačku upozorenja« pri navođenju. Sve ove pokazatelje stvara mašina koja podatke o cilju dobija od radarske stanice, a podatke o avionu i vetr — od raznih avionskih instrumenata.

Zadatak pilota (ako upravlja avionom) sastoji se u tome da dovodi svetleću tačku u centar nišanskog kruga. Time se avionu daje pravac za gađanje u »tačku upozorenja«.

Sve proračune za manevrisanje i prikaze na ekranu sa unapred dogovorenim značenjem obavlja specijalizovana računska mašina.

20 sekundi pre otvaranja vatre, prečnik nišanskog kruga na ekranu počinje se smanjivati. 15 sekundi pre, ako je avion na ispravnom borbenom pravcu, na ekranu se pojavljuje dopunski signal, koji ukazuje pilotu na potrebu da stavi u pokret dugme na razvodnoj ploči instrumenata da bi se otvorila kaseta sa projektilima. Trenutak gađanja određuje specijalizovana računska mašina i projektili se izbacuju bez učešća pilota.

Posle izbacivanja projektila nestaju nišanski krugovi na ekranu i svetleća tačka. Umesto njih pojavljuje se oznaka slična slovu X. Tada radio-nišan može da bude iskorišćen za posmatranje predela ispod aviona, što olakšava povratak lovca na aerodrom.

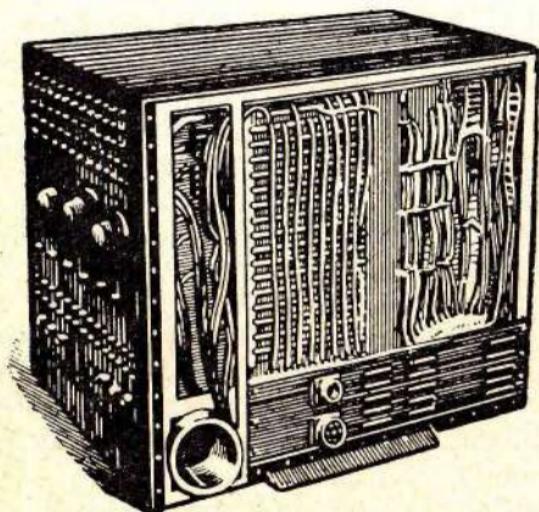
Na avionima tipa F-86D upravljanje avionom i gađanje još više su automatizovani. Signali sa izlaza računske mašine ne dolaze samo na ekran indikatora*) i u uređaj za izbacivanje projektila nego i u automatski pilot koji upravlja letom lovačkog aparata. U tom slučaju avion se izvodi na položaj za napad i zadržava se na potrebnom

*) U elektronskoj aparaturi, gde je reprodukcija signala namenjena za određivanje koordinata (položaja) cilja, indikatori su takvi uređaji koji pokazuju pravac prema cilju, daljinu i visinu. U tu svrhu se primenjuju specijalne katodne cevi. Prema svetlosnim oznakama signala na ekranu cevi operator brzo određuje azimut, udaljenost i visinu cilja, a takođe pravac i brzinu njezgovog pomeranja. O indikatorima vidi BSE, izd. 2-og, t. 18, str. 22.

pravcu leta automatski, bez učešća pilota. Zadatak pilota, posle prebacivanja radio-nišana u režim praćenja, sastoji se samo u tome da kontroliše pravilnost rada aparata.

2. Mala mašina »dženkomp-C« koja se postavlja u avione (sl. 35) ima još veću tačnost i brzinu u poređenju sa mašinom »didžitak«. To je troadresna mašina koja

operiše sa 24 pozicije binarnih brojeva u jednoj reči. Zapremina joj je $0,24 \text{ m}^3$. U nju je ugrađeno 800 subminijaturnih cevi. U organu za praćenje koriste se feriti i magnetna traka kapaciteta 1024 reči. Mašina je namenjena za rešavanje mnogih zadataka, posebno za upravljanje vatrom lovačkih aviona. Mašina zamenjuje nekoliko elektronskih računskih analognih uređaja. U



Sl. 35 — Spoljni izgled američke malogabaritne računske mašine „dženkomp-C“

početku leta nju je moguće koristiti za vođenje aviona, zatim se može prebaciti za rešavanje drugog zadatka, posle čega se ponovo može koristiti u svrhu navigacije.

Podaci avionskih instrumenata (visina, brzina, daljina, ugao kursa itd.) unose se u nju automatski svake 0,1 sekunde. Za isto to vreme ona daje rezultat računa. Mašina operiše sa podacima koji neprestano dolaze u nju preko devet spoljnih kanala i mere ulazne veličine sa frekvencijom od deset ciklusa u sekundi. Istom tom brzinom ona na tri izlaza daje signale koji upravljaju dejstvima objekta, na primer, vazdušnim gaađnjem aviona. Pilot upravlja lovačkim avionom, snabdevenim tom mašinom, sve dok radar ne otkrije neprijateljski avion. Od

trenutka otkrivanja radar neprekidno prati otkriveni cilj. Istovremeno elektronska računska mašina usmerava avion na pavac presretanja i u tačno određeno vreme daje signal za otvaranje vatre.

Digitalna mašina sama logički proverava ulazne podatke koji dolaze i dobijene komande. Automatska provera sastoji se u tome što se na ulaz mašine periodično, na svake 2—3 sekunde, daju određene veličine, na koje mašina mora dati unapred poznati odgovor. Ako se dobije drugi odgovor, mašina daje signal i prekida računanje.

3. »Tranzak« je avionska digitalna specijalizovana mašina za upravljanje reaktivnim lovcima i bombarderima i njihovim vatreminim sredstvima. Težina joj je 56,7 kg, a zapremina $0,084 \text{ m}^3$. Mala zapremina postignuta je na račun toga što je sastavljena od 1000 poluprovodničkih trioda i 3.500 dioda uz primenu štampanih veza. To je četiri puta manje po težini i sedam puta manje po zapremini odgovarajuće mašine sa elektronskim cevima koja ima iste takve tehničke karakteristike. Mašina može da integrira istovremeno 93 veličine, jer sadrži 93 digitalna integratora. Ona rešava razne složene zadatke na avionu u vidu trigonometrijskih zavisnosti i diferencijalnih jednačina. Primenjeni način digitalnog integriranja omogućava kontinualno rešavanje zadatka i veliku brzinu praćenja cilja.

Mašina obavlja 60.000 elementarnih matematičkih radnji u sekundi. Organ za pamćenje čuva u mašini 20.000 znakova.

Zahvaljujući primeni poluprovodničkih elemenata i štampanih kola, postignuta je velika ekonomičnost: potrebna snaga za uređaj je svega 100 W, što je približno 30 puta manje od snage istog takvog aparata sa elektronskim cevima.

U mašine istog tipa treba ubrojiti takođe »nort ameriken« i »tradik«. U literaturi se o njima ne navode detaljni podaci, ali se ističe da su izgrađene sa poluprovodničkim triodama i diodama, da imaju male dimenzije, veliku brzinu računanja i da su namenjene za upravljanje

uredajima na reaktivnim lovcima i raketama srednjeg i velikog dometa.

Primena poluprovodničkih elemenata umesto cevi u avionskim mašinama omogućila je znatno povećavanje njihove pouzdanosti u eksploraciji, jer poluprovodnici imaju duži vek trajanja od cevi. Osim toga, znatno se smanjuje potrebna snaga. Kod mašina sa cevima, velika snaga dovodi do velikog zagrevanja svih elemenata mašine, što je posledica oslobođanja velike količine toplove. U takve mašine treba ugraditi specijalni uređaj za hlađenje ili ventilaciju, što povećava težinu. Za avion, međutim, problem smanjivanja težine ima veliki značaj. Prema stranoj štampi smanjivanjem težine avionske opreme za 1 kg smanjuje se cena svakog aviona za iznos ekvivalentan ceni 1 kg zlata, pri istim tehničkim karakteristikama aviona. Primena kristalnih dioda i trioda znatno smanjuje težinu i dimenzije avionske digitalne mašine: elementi su minijski, nema uređaja za hlađenje, a potrebna snaga je manja.

Pored pomenutih avionskih mašina, u SAD se radi komandovanja strategijskom avijacijom razvija brza elektronska računska mašina elektronskog sistema komandovanja avijacijom.*)

U izgradnji vazduhoplovnih strategijskih snaga SAD, veća pažnja se poklanja obezbeđivanju centralizovanog komandovanja. Računska mašina će postati centar obrade podataka, potrebnih glavnokomandujućem strategijskom avijacijom i njegovom štabu za planiranje, rukovođenje i kontrolu njenih ratnih operacija.

Borbenim snagama strategijskog vazduhoplovstva upravlja se sa komandnog punkta (KP) u avio-bazi Ofet (Offutt — država Nebraska) koji se nalazi pod zemljom na dubini od oko 14 m. Sve službe podzemnog komandnog punkta mogu 30 dana i noći da budu izolovane od spoljnog sveta. U slučaju izbacivanja iz stroja osnovnog KP, rukovođenje borbenim dejstvima prelazi na KP u va-

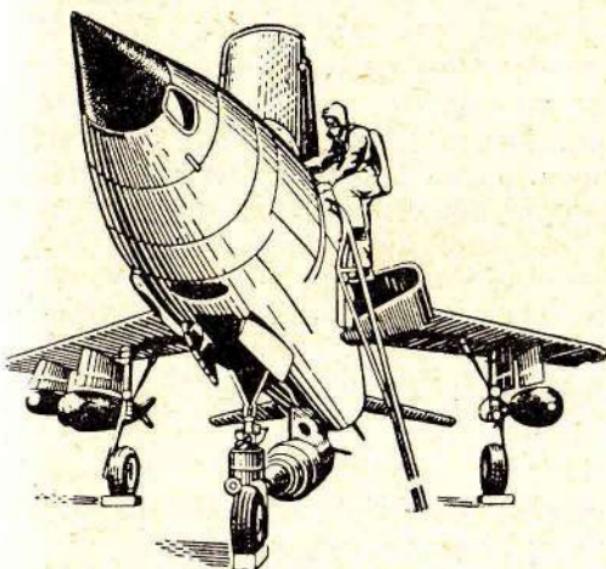
*) Interavia Air Letter, januar 1959.

zduhu, na specijalno prilagođenim avionima KS-135 koji stalno dežuraju u vazduhu. Avioni su opremljeni snažnim radio-aparaturom koja omogućava održavanje veze sa avio-bazama i avionima strategijskog vazduhoplovstva koji se nalaze u vazduhu. Vazdušni KP, kao i podzemni, može da se koristi telefonskom i teleprinterskom vezom.*)

Američki vojni stručnjaci smatraju da je jedan od bitnih problema savremene ratne avio-tehnike osposobljavanje aviona prvobitno namenjenih, uglavnom, za zaštitu vazdušnog prostora, za ofanzivna dejstva. Oni tvrde da, ako su ranije, lovci u 75% slučajeva korišćeni za presretanje, tj. za odbranu, a samo u 25% kao lovci-bombarderi, u savremenim uslovima će na deo ofanzivnih dejstava dolaziti oko 80% njihovog rada.

Takvo stanovište našlo je odraza u razradi svih taktičkih aviona SAD koji se mogu koristiti kako za podršku kopnene vojske blizu fronta, tako i za udare po bližoj pozadini neprijatelja. Smatra se da radio-elektronska oprema takvih aviona treba uglavnom da uključuje autonomna sredstva.

Tipičan primer takvog aviona, izgrađenog na osnovu poslednjih dostignuća kibernetike, je za sve pogodni američki višenamenski taktički jednosed lovac-bombarder F-105B »tanderčif«



Sl. 36 — Američki jednosedni lovac-bombarder F-105B „tanderčif“. (sl. 36). Lovac F-105B ima sledeće

*) Aviation Week, jun 1960, april 1961.

karakteristike: dužina 19,2 m, visina 6 m, raspon krila 10,6 m, težina bez goriva i naoružanja 12.700 kg, težina pri uzletanju pod punim opterećenjem oko 21.000 kg, maksimalna brzina leta na visini od 11.400 m preko 2.600 km/čas, na visini 1.350 m oko 1.500 km/čas i 1.350 km/čas u niskom letu. Praktična maksimalna visina sa bombama je 16 km. Maksimalni domet leta bez primanja goriva u vazduhu je 3.200 km.

Ovaj avion se razvijao sedam godina. Do uvođenja u naoružanje na njemu je obavljeno više od 800 probnih letova, a izrada je koštala oko 1 milijardu dolara i 5 miliona inžinjerijskih sati rada. On predstavlja vrlo složen kompleks naoružanja. Za dejstvo po vazdušnim ciljevima lovac je naoružan sa četiri vođena projektila »sajdunder«, većom količinom nevođenih projektila 70 mm, smeštenih ispod krila, a takođe šestocevnim 20-milimetarskim avionskim topom »vulkan«, smeštenim u trup. Osnovno naoružanje aviona za dejstvo protiv zemaljskih ciljeva su atomske ili obične bombe.

Radi smanjivanja gubitaka od sredstava PVO, avion savlađuje zone PVO neprijatelja na malim visinama i velikim brzinama leta. Bacanje bombi takođe se obavlja sa malih visina pomoću nišana LABS. Avion ima opremu za bacanje bombi i sa velikih visina. Način napada i manevar izvode se po komandi koju daje elektronsko-rачunski uređaj, ugrađen u sam avion. Upravljanje avionom pri izvođenju manevra za bacanje bombi potpuno je automatizovano, što oslobađa pilota mnogih funkcija, uključujući i dolazak za ateriranje, kako bi se mogao koncentrisati na rešavanje važnih borbenih zadataka.

Avion može da izvršava sledeće zadatke:

1. Uništavanje ratnog potencijala neprijatelja. U tom cilju avion može da prenosi atomske bombe na rastojanje do 1.600 km i da ih baca sa malih visina pri brzinama od 1.300 km/čas sa tačnošću na oko 300 m ili sa velikih visina, pri brzinama od 2.600 km/čas, sa tačnošću od oko 800 m.

2. Podršku kopnenih snaga — bacanje zapaljivih i napalm bombi, gađanje zemaljskih ciljeva i izbacivanje projektila »vazduh-zemlja«. U tu svrhu je predviđeno granično opterećenje do 5 t, ne računajući topove i municiju.

3. Uništavanje neprijateljskih radarskih stanica koje se otkrivaju pomoću specijalnog avionskog pogonskog uređaja.

4. Izviđanje.

5. Uništavanje neprijateljskih aviona u bazama.

Presretanje aviona koji lete na velikim visinama brzinom od 2.600 km/čas nije ulazilo među prvo bitno predviđene zadatke za F-105B. Smatra se da će se avion povremeno koristiti za presretanje ili patrolnu službu; ipak su u opremi aviona modifikovane varijante F-1051B i njegovog naoružanja predviđena sredstva, potrebna za dejstvo u ulozi poluautomatskog, za sve pogodnog, lovca protiv vazdušnih ciljeva.

U sastav radio-elektronske opreme F-105B ulaze sledeći uređaji:

1. Navigaciona aparatura koja obuhvata elektronsko-računski uređaj za obradu podataka za pilotiranje sa odgovarajućih predajnika i isto takav navigacioni računski uređaj. Elektronsko-računski navigacioni uređaj neprekidno daje koordinate aviona, brzinu i kurs, pravac prema najbližem kontrolnom punktu i rastojanje do njega, a takođe pravac i jačinu vetra. Ti podaci se upućuju u automatski pilot i pokazuju se na panelu aparature. Maksimalna greška pri navođenju aviona na cilj pomoću ove aparature je 0,5 procenata.

2. Višenamenska radarska stanica R-14 koja omogućava pilotu da osmatra površinu zemlje i prepoznaje ciljeve. Osim toga, radar unapred obaveštava o postojanju zemaljske prepreke, ostvaruje neprekidno merenje daljine za sve vidove oružja i obezbeđuje identifikovanje i gorenje vazdušnih ciljeva.

3. Sistem za upravljanje vatrom određuje početak manevra za bacanje bombi, uzima u obzir bočni vetar i gustinu vazduha, stabiliše avion u krajnjem stadijumu dolaska na cilj i upravlja izbacivanjem bombi. Sistem se sastoji od radara i elektronsko-računskog uređaja za upravljanje vatrom. On obezbeđuje kako presretanje neprijateljskih aviona, tako i bombardovanje zemaljskih ciljeva i navigaciju, a takođe uzimanje u obzir informacije koja dolazi linijom za prenošenje podataka. Pri pružanju podrške kopnenim trupama sistem upravlja izbacivanjem hemijskih bombi i nedirgovanih projektila »vazduh-zemlja«. Kada avion dejstvuje kao lovac, on upravlja vatrom iz topa M-61 i izbacivanjem projektila »vazduh-vazduh«.

Sistem za upravljanje vatrom spojen je sa streljačkim nišanom težine 6,3 kg koji služi da za odgovarajući ugao okreće komandu topa koji je u lovcu. Isti nišan se upotrebljava i pri lansiranju projektila »sajdunder« i pri vizuelnom bombardovanju ciljeva. Nišan ima povećan domet za otkrivanje ciljeva jer je vezan sa optičkim nišanom aviona.

Elektronsko-računski uređaj za gađanje bombama, postavljen na lovački avion, povezan je sa inercionim navigacionim uređajem, elektronsko-računskim uređajem »vazduha« i samim sistemom za upravljanje vatrom. Veza između putanja bombe i pravca leta aviona ostvaruje se mehanički i obezbeđuje izbacivanje bombe u predviđenoj tački u prostoru.

Moguće su četiri varijante bacanja bombi: slepo automatsko bacanje bombi iz obrušavajućeg leta, s podbačajem »s leđa« i bacanje bombi iz horizontalnog leta na velikoj visini.

U komplet opreme aviona ulazi i mali automatski pilot koji radi na principu određivanja trenutnih koordinata. Pilot bira cilj na pet mogućih načina pritiskivanja dugmeta. Posle toga indikator pokazuje pilotu pravac leta kojim mora da leti do odabrane tačke i razdaljinu do nje.

Osim nabrojene aparature, na avionu se nalazi potpuno automatizovana aparatura inercijalne navigacije koja meri pređeno rastojanje i pravac leta.*)

U vezi sa povećavanjem broja aviona i avionskih linija pojavila se, radi sigurnosti, potreba za regulisanjem kretanja u vazduhu. U SAD se kretanjem u vazduhu upravlja**) na bazi savremenih dostignuća radio-elektronike, pomoću elektronskih centara za upravljanje pouzdanim kretanjem u vazduhu širom celog kontinenta. Centri će biti osnova sistema za obradu vazdušnih podataka i bitno će olakšati rad 1300 dispečera aerodroma, zaposlenih sada u vojnoj i civilnoj avijaciji. Pretpostavljena propusna moć centra za upravljanje karakteriše se sledećim ciframa: svaki centar će svakog časa primati 735 i čuvati istovremeno 11.000 planova leta; svakog časa će štampati i raspoređivati 2665 grafikona trasa letova; unosiće tekuće korekcije u 10.000 grafikona trasa letova i predavaće susednim centrima 368 planova i 2.168 korektura.

Kao osnova centra služe četiri elektronske digitalne računske mašine bez elektronskih cevi. Smatra se da su te mašine prve u SAD specijalno razrađene za upravljanje kretanjem u vazduhu. Jedna, od njih će obrađivati podatke pri kretanju aviona po kursu; druga pri njegovom dołasku u rejon aerodroma, a treća će služiti kao rezerva. Pretpostavlja se da će četvrta mašina povezivati centar sa sistemom PVO »sejdž«. Svaka računska mašina proračunata je za čuvanje 250.000 osmoznačnih reči na 16 magnetnih doboša.

Po brzini rada i propusnoj sposobnosti, osnovna mašina centra će, kako se tvrdi, prevazići sva sredstva do sada primenjivana za upravljanje kretanjem u vazduhu. Samo u rejonu Njujorka ona će biti u stanju da obrađuje i štampa do 1.600 grafikona letova na čas, da obrađuje

*) *Aviation Week*, novembar 1959; *Interavia*, mart 1960: *Interavia Air Letter*, mart 1960.

**) *Electronics*, april 1960: *Airlight*, jun 1960.

440 planova letova na čas da čuva 1000 planova letova i da precizno reguliše red dolaska i odlaska do 90 aviona na čas.

Svaka računska mašina obavi u akumulatoru traženje brzinom 8.000 reči za 1/30 sekundi. Planovi letova obrađuju se automatski. Ukoliko se otkrije da se dva aviona nalaze na pravcima koji se ukrštaju ili na suviše bliskim pravcima, mašina će upozoriti dispečera o mogućnoj opasnosti 30 minuta unapred. U slučaju kvara elektronske mašine, sistem upravljanja kretanjem može da se prevede na ručni rad.

Za vreme obavljenih ispitivanja, sistem za upravljanje kretanjem u vazduhu podvrugnut je proveri. Proverava se rad sistema pri kretanju aviona po pravcu i to:

1. obrada i raspodela planova letova koje je primala elektronska računska mašina i koji su štampani za svaki avion u vidu posebnog grafikona leta, što su ranije dispečeri radili ručno;

2. predviđanje spornih situacija pri približavanju pravaca aviona i mogućnost njihovog sudara u vazduhu;

3. unošenje potrebnih korekcija; na primer, ako se avion iz bilo kog nepredviđenog razloga ne bi strogo pridržavao plana leta, dispečer bi pomoću tastature kojom raspolaže unosio korekciju u elektronsku računsku mašinu; istovremeno je uređaj za ispitivanje nalazio prvo bitan grafikon trase leta, a štamparska glava »zaboravila« stare podatke i unosila nove;

4. regulisana je cirkulacija informacija u onim slučajevima kada se let aviona obavljao u nekoliko sektora koje su posluživali različiti centri.

Pretpostavlja se da će se slična oprema postaviti u 1963. godini na celoj teritoriji SAD.*)

Vojni krugovi SAD pridaju veliki značaj sistemu aktivnog radarskog upravljanja kretanjem u vazduhu**) pri kome bi dispečer pomoću radara pratilo posebno svaki avion u udaljenoj zoni. Poznato je da je pouzdano posma-

*) *Airlight*, jun 1960; *Electronics*, april 1960.

**) *Airlight*, oktobar 1959.

tranje mogućno pomoći sistemu od tri radara. Baš takav sistem je razrađen u SAD. On se sastoji od osmatračkog radara sa dometom oko 300 km, aerodromskog radara manjeg dometa ASR, koji osmatra u prečniku od oko 100 km i radara za precizno pristupanje ateriranju PAR. Dva poslednja radara čine takozvani sistem GCA.

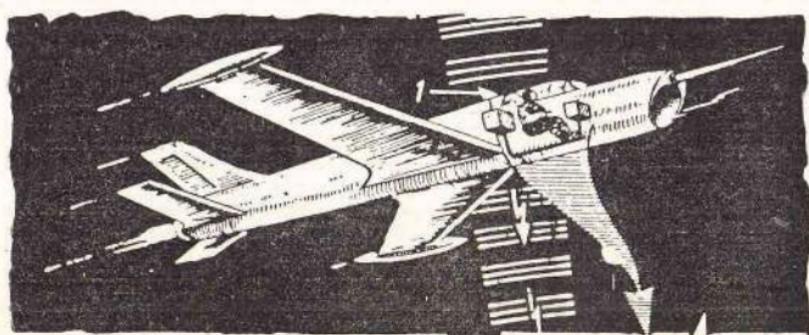
Danas ratno vazduhoplovstvo SAD raspolaže sa više od 30 centara za radarsko upravljanje kretanjem u vazduhu RAPCON. Prepostavlja se da će se oni spojiti sa centrima koji se nalaze u nadležnosti Federalnog avio-upravljanja. To omogućava izgradnju mreže od oko 70 zemaljskih stanica, što gotovo potpuno obezbeđuje posluživanje cele teritorije SAD.*)

Istovremeno je uspešno rešen problem kako izgradnje tako i postavljanja na avione elektronske aparature »odgovarača« za sistem identifikacije (sl. 37). Danas se »odgovarači« nalaze na svim avionima američkog civilnog i vojnog vazduhoplovstva. Na signale zemaljskih stanica sada će odgovarati svi avioni SAD.

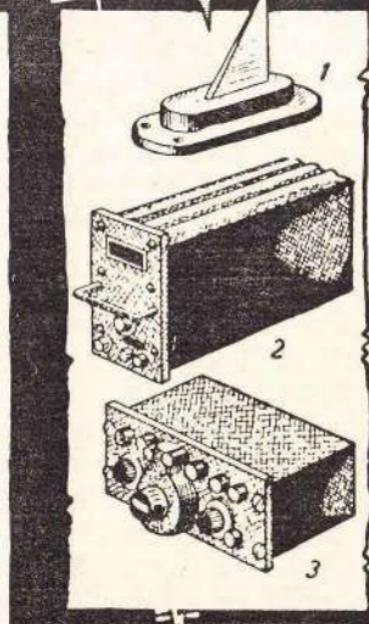
Kao primer za sistem upravljanja letom može da posluži postavljanje u SAD sistema za upravljanje letom SP-30 na putničke raketne avione DC-8. Sistem omogućava automatsko upravljanje uzdužnim nagibom i stabilnošću visine leta, koordinaciju zaokreta, tačno pridržavanje odabranog kursa, automatsko pristupanje ateriranju i let po usmerenim svetionicima.

Osnova automatskog sistema je komplet elektronsko-računskih uređaja koji daju komande za upravljanje avionom na osnovu podataka. Ti podaci dolaze do vertikalnog žiroskopa, linearnog akcelerometra, komandnog pulta automatskog pilota i radio-prijemnika koji primaju signale zemaljskih predajnika. U sastav kompleta ulaze tri komandanta elektronsko-računska uređaja, uređaj za vezu sa radio-prijemnicima i blok za sinhronizaciju. Veza sa servomehanizmima krma, elerona i krme za visinu ostvaruje se kroz elektronsko-računski uređaj za stabilizovanje koji pojačava komande i kontroliše ispravnost

*) Airpie, oktobar 1959.



Sl. 37 — Avionski elektroniski odgovarač sistema prepoznavanja: 1 — antena; 2 — primopredajnik; 3 — blok za upravljanje



rada automatskog pilota. Ceo sistem je izведен sa poluprovodničkim triodama i magnetnim pojačavačima.

Konstrukcija modularnog tipa dozvoljava brzu zamenu elemenata u slučaju neispravnosti.

Za razliku od ratnog vazduhoplovstva, ratna mornarica SAD gradi svoje autonomne centre za upravljanje kretanjem u vazduhu RATCC.*). Gradi se više od 17 centara, u koje se ugrađuje savremena oprema. Tako je, na primer, nedavno u Ošijanu (država Virdžinija), radaru dometa do 300 km dodato novo postrojenje SPANRAD, sposobno da pretvara radarske podatke za prenošenje na televizijsku cev. Postrojenje je razvijeno u Francuskoj i izrađuje ga francusko-američka firma »Internejsn elektroniks korporacij«. To postrojenje ostvaruje projekciju radarske slike na veliki ekran i radi pomoći specijalne dvomlazne sabirne cevi. U njemu se koristi televizijska cev koja projektuje sliku sa prozračne planšete na kojoj dispečer može ucrtavati planove letova aviona i unositi neophodne reperne tačke. Postrojenje se sastoji od dva pretvarača vremenske baze, od kojih svaki sadrži 138 cevi, 11 televizijskih osmatračnica i dve televizijske kamere. Karakteristike sistema: raster — 625 redova, 60 slika; frekventna širina 7 MHz.

Američka firma »Bendiks***) usavršila je avionski indikator približavanja kod uređaja za sprečavanje sudara aviona u vazduhu. Sistem nije autonoman, zbog čega se mora na avion ugraditi odgovarajuća elektronska oprema. Sistem je ekonomičan zato što se na male avione može ugrađivati jeftinija aparatura pomoći koje će se obezbeđivati samo veći avioni koji imaju ceo komplet aparature.

Do danas su svi sistemi za ovu namenu bili zasnovani na principu merenja rastojanja između aviona i na njegovom upoređivanju sa dozvoljenim rastojanjem. Za razliku od njih, novi razrađeni sistem zasnovan je na merenju vremena približavanja aviona i na određivanju mini-

*) *Electronics*, novembar 1959.

**) *Aviation Week*, februar 1960; mart 1960.

malnog vremena potrebnog za takvo merenje visine leta koje bi omogućilo da se izbegne sudar pošto je avion primio signal za uzbunu.

Ako se pokaže da na visini određenog aviona postoji još jedan i da se rastojanje između njih neprestano smanjuje, sistem izračunava vreme koje treba da prođe do trenutka koji odgovara minimalnom vremenu za manevar-skretanja. Pre nego što nastupi taj trenutak daje se signal uzbune sa komandom za potreban manevar. To može biti penjanje ili spuštanje. Ukoliko se pri tom ne pokušava da se ustanovi — da li data situacija vodi »srećnom ukrštanju« aviona ili sudaru, zahtevi koji se postavljaju za preciznost sistema značajno se uprošćavaju.

Prisustvo aviona na određenoj visini određuje se prijemom signala malih predajnika desimetarskog opsega, kojih ima na svim avionima. Ti predajnici periodično zrače seriju od oko 20 impulsa. Rastojanje između impulsa automatski se menja u zavisnosti od barometarske visine aviona. U komplet aparature ulazi prijemnik koji analizira primljene impulse, tj. da li odgovaraju datoј visini. Tamo gde se pokaže da je razlika visina dovoljna, dalja analiza nije potrebna. Ako se avioni nalaze na istoj visini, potrebno je odrediti rastojanje među njima i brzinu menjanja tog rastojanja.

U sistemu koji opisujemo, metod merenja zasnovan je na tome da se pri svakom slanju impulsa primaju dva, od kojih je jedan uslovljen direktnim prostiranjem signala kroz vazduh, a drugi odbijanjem od zemlje. Vremensko rastojanje među njima je funkcija rastojanja između aviona i njihove visine iznad zemlje. Ukoliko je veće kašnjenje utoliko su avioni bliži jedan drugom. Merenje kašnjenja i visine omogućava da se izmeri rastojanje među avionima, pri čemu se deo sklopa za merenje visine već sadrži u sistemu za indikaciju približavanja, što isključuje potrebu za primenom posebnog altimetra.

Pri letu iznad planinskih predela mogu se pojaviti znatne greške u izračunavanju rastojanja, uslovljene nepравilnim merenjem visine. Ipak, te greške se, što pokazuje

račun, kompenziraju ako se kao kriterijum za početak skretanja odabere ne rastojanje, već odnos rastojanja prema brzini njegove promene. Taj odnos ima dimenziju vremena i neposredno je povezan sa vremenom približavanja. Signal za uzbunu može se dati, na primer, kada ta veličina dostigne vrednost jednaku dvostrukoj vrednosti minimalnog vremena potrebnog za manevar skretanja.

Ako sistem za sprečavanje sudara otkrije mogućnost sudara, istovremeno daje ne samo signal za uzbunu već i komandu za skretanje — spuštanje ili penjanje, u zavisnosti od toga da li se avion koji ide u susret nalazi iznad ili ispod datog. Ako se oba aviona nalaze na istoj visini, avion koji je prvi otkrio opasnost može da odabere bilo koji manevar, ali pri tome mora da pošalje kodirani signal.

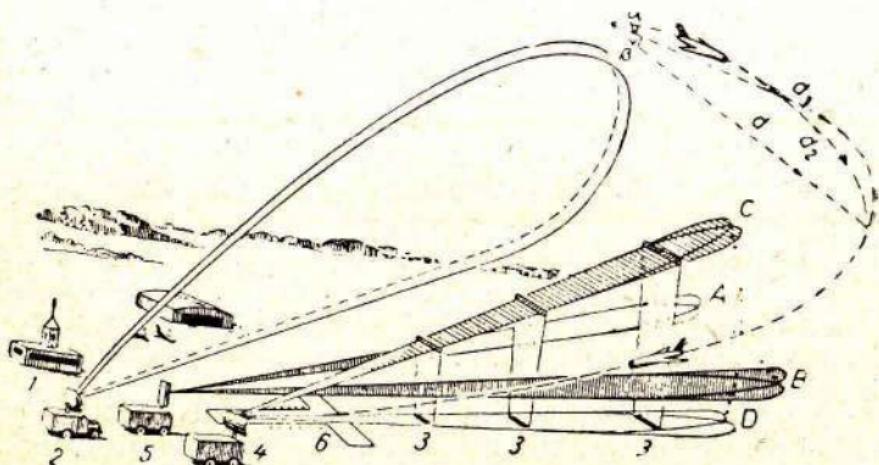
Moguće je takođe korišćenje dopunskih impulsa za indikaciju nehorizontalnog leta ili za signalizaciju o tome da avion koji ide u susret nema sredstava za samosprečavanje pa je, prema tome, nemoguće očekivati da on ostvari manevar za skretanje.

Prepostavlja se da će komplet aparatura za sprečavanje sudara, neinstaliran, biti težak oko 36 kg, a nepotpun koji služi samo kao izvor signala za potpuno opremljeni avion — oko 13 kg.

Pored sistema za upravljanje kretanjem u vazduhu, razrađuju se automatski sistemi za ateriranje. Problemi ateriranja aviona u složenim vremenskim prilikama i noću povezani su sa rešavanjem dva osnovna problema: održati zadati kurs i pravilan ugao planiranja. Savremena specijalna oprema na avionu i aerodromu dozvoljava da se u pomenutim uslovima ostvari sigurno ateriranje. Zemaljska oprema takvog sistema obično se sastoji od glisadnog radio-svetionika kursa*) i tri markirna radio-svetionika

*) Sistem za ateriranje aviona obezbeđuje avionu da dobije podatke o pravcu ateriranja (ravan kursa), ravni planiranja i rastojanju do tačke prizemljenja na aerodromu. Dve ravni koje se sekut i obrazuju liniju planiranja, tj. putanju po kojoj mora da se kreće avion koji se spušta, nazivaju se glisadom.

(sl. 38). Avionska oprema obuhvata kursni i glisadni prijemnik, a takođe zajednički indikator ateriranja sa dve unakrsne strelice za sistem ateriranja i markirni radio-



Sl. 38 — Američki automatski sistem za ateriranje aviona: 1 — dispečerski punkt; 2 — dispečerska radarska stanica; 3 — markerni radio-svetionici; 4 — radio-svetionik kursa i njegova zona jednakog signala CD; 5 — glisadni svetionik i njegova zona jednakog signala AB; 6 — svetlosno-tehnička sredstva. Shema prilaska aviona „vratima“ aerodroma: d — najkraći put prema „vratima“; d_1 — prvobitno proračunati put; d_2 — ponovo proračunati put; α — ugao promjenjenog kursa aviona; β — ugao prvobitno proračunatog kursa aviona

-prijemnik. Markirni svetionici predstavljaju malu predajnu stanicu čije antene zrače signale u obliku uzanog konusa vrhom vertikalno naviše, zbog čega ih avion prima samo kada se nalazi nad odgovarajućim svetionikom. Pravilan kurs kad otpočne ateriranje i u trenutku spuštanja pilot određuje po signalima radio-svetionika kursa. Antena svetionika stvara dva radio-talasa koji obrazuju vertikalnu zonu jednakog signala,*) a ova se podudara sa pravcem trake za uzletanje — ateriranje.

*) Zona jednakog signala — »radio-staza« kojom se mora kretati avion što aterira.

Glisadni radio-svetionik namenjen je za proračun i kontrolu brzine spuštanja aviona. On se postavlja pored piste, blizu tačke prizemljenja, i obrazuje zonu jednakog signala, ali u vertikalnoj ravni.

Prijemnik kursa, primajući emitovanje svetionika kursa, reaguje na odstupanje aviona od zone jednakog signala pokretanjem vertikalne strelice indikatora. On određuje gde treba pilot da okreće avion koji je odstupio kako bi zadržao zadati pravac leta.

Glisadni prijemnik prima signale od zemaljskog glisadnog svetionika i signale na koje reaguje horizontalna strelica indikatora. Pri odstupanju aviona od normalnog položaja naviše, strelica se pomera naniže, a pri odstupanju naniže, strelica se pomera naviše, ukazujući pilotu na koju stranu treba da pomeri krmu kako bi ispravio položaj aviona. Ovaj sistem je neautomatski i ima mnogo nedostataka.

Danas je razrađen sistem za ateriranje aviona pomoću instrumenata. Njegov osnov čini radio-navigacioni uređaj u kome se koriste neobično precizni radio-talasi. Položaj aviona pokazuje se na indikatorima ne avionske, već zemaljske aparature za upravljanje ateriranjem, a signali za upravljanje spuštanjem aviona predaju se radio-putem sa zemlje.

Ipak, u svim navedenim sistemima avioni ateriraju uz učešće ljudi — samog pilota ili pilota i operatora zemaljskog upravljanja, što ne isključuje pojavu grešaka koje povlače za sobom teške posledice.

U poslednje vreme, uz pomoć tehničke kibernetike, razrađuje se potpuno automatizovano spuštanje aviona koje je pilota zamenilo automatskim pilotom, a operatora na zemlji elektronskim uređajem. Izvedena ispitivanja potvrdila su takvu mogućnost. Na primer, američka firma »Gilfilen« proizvela je za sistem za ateriranje radar »koji govori«, nazvan GCA.*.) Radar je namenjen za aerodrome na kojima ateriraju reaktivni avioni sa nadzvučnim brzi-

*) Aviation Week, april 1960.

nama. Pri tako velikim brzinama neizbežne su greške operatora pri oceni položaja aviona. U ovom sistemu netačnost izdatih komandi isključuje se zahvaljujući elektronsko-računskom uređaju pridatom radaru koji neprekidno, za vreme celog ateriranja, izračunava tačan položaj aviona, bira potrebne komande iz standardnog doboša sa 30 kanala i zapisanim govornim komandama na više jezika, i trenutno ih predaje pilotu. Ako avion odstupi od bezbednog pravca, da bi otpočeo ateriranje, trenutno mu se šalju komande za upozorenje, a za njima i korekcija kursa. Elektronsko-računski uređaj omogućuje istovremeno upravljanje sa nekoliko aviona. Dužnost operatora ostaje samo kontrola rada sistema.

Američka firma »Remington rend«*) razvila je sada računarski sistem AN/TSQ-13 za automatsko izvođenje aviona na aerodrom i otpočinjanje ateriranja. Sistem je razrađen za ratno vazduhoplovstvo SAD kao deo taktičkog sistema za upravljanje kretanjem u vazduhu. Sistem ima radar C-232, 50-santimetarske talasne dužine. On se postavlja na aerodrom sa dva automatska goniometra, namenjena za prepoznavanje aviona, čije se oznake primenjuju na ekranu radara. Goniometri se postavljaju na razne tačke na terenu. Goniometrima se upravlja sa dispečerskog tornja radio-relejnog linijom metarskog opsega.

Kada avion poziva aerodrom »A« gde je postavljen jedan goniometar, onda se goniometru na aerodromu »B« šalje službeni uput pomoću dvofrekventnog kodiranog signala, prenošenog radio-linijom. Čim službeni upit primi stalno uključeni prijemnik na liniji, automatski se uključuje goniometar. Drugi kodirani signal prebacuje goniometar na odgovarajući frekventni kanal, a treći signal isključuje goniometar.

Na aerodromu »A« signal, primljen sa aerodroma »B« dolazi na istureni punkt goniometra, snabdeven 45-santimetarskom katodnom cevi, na čijem je ekranu obeležena poluprovidna karta terena. U indikator se istovremeno

*) British Communication and Electronics, februar 1960.

daje odgovarajući signal sa goniometra aerodroma »A«. Presek pravaca omogućava da se odredi položaj aviona na ekranu radara.

Američki stručnjaci tvrde da automatski goniometar omogućava prepoznavanje signala na panoramskom pokazivaču znatno brže i sigurnije nego postojeći metodi.

Posle ateriranja veliki značaj ima sigurnost rulanja aviona u granicama aerodroma. U tom cilju su u SAD izgrađeni radari ASDE*) koji obezbeđuju posmatranje površine aerodroma i omogućuju da se blagovremeno preduhitre sudari. Iskustvo eksploracije na nizu aerodroma u SAD pokazalo je da su ti radari veoma važno sredstvo dispečerske službe jer obezbeđuju sigurno rulanje aviona. Kad na aerodromu postoji radar ASDE, dispečer može da upravlja avionima ili motornim vozilima koja se kreću brzinom od oko 35 km/čas uz obezbeđeno rastojanje među njima oko 9 m. Ako se kontrola smetnji na radaru ne izvodi neprekidno, dispečer može istovremeno da upravlja kretanjem do osam aviona. Pri vidljivosti manjoj od 15 m, kada su potrebne neprekidne naredbe dispečera radio-telefonom, taj broj se smanjuje na tri aviona. Radari su postavljeni na aerodrome Njujorka, Boston, Vašingtona, Čikaga i dr.

Veliki značaj u sistemu aerodroma ima stalna obaveštenost dispečera o rasporedu aviona na pistama za uzletanje i ateriranje. U tom cilju, prema narudžbini Federalnog avio-upravljanja SAD, američke firme razvijaju uređaje**) pomoću kojih dispečer aerodroma može da posmatra položaj aviona na pistama za uzletanje i ateriranje.

Jedan takav uređaj već postoji u eksperimentalnom centru Federalnog avio-upravljanja u Atlantik Sitiju. Uređaj je zasnovan na primeni magnetnih predajnika postavljenih ispod piste za ateriranje na aerodromu. U drugom se kao predajnici koriste isti doplerski***) uređaji ka-

*) *Interavia*, mart 1960.

**) *Aviation Week*, mart 1960.

***) Tu pojavu primenjivu na zvučne talase otkrio je 1842. godine austrijski naučnik Hr. Doppler. Ruski naučnik A. A. Belopoljski je 1900. godine dokazao eksperimentom da je taj efekat u

kvi se sada primenjuju na auto-putevima za kontrolu brzine automobila.

U Engleskoj su za upravljanje kretanjem u vazduhu razrađeni vrlo originalni modeli kibernetičke tehnike, na primer, brza elektronska računska paralelna mašina za upravljanje kretanjem u vazduhu pod šifrom APOLLO*). Mašina je izvedena sa poluprovodničkim elementima i sastavljena je od 4 bloka veličine $180 \times 60 \times 50$ cm: prvi blok sadrži štampana kola aritmetičkog organa i organa za upravljanje procesom izračunavanja, drugi — organ za programiranje i pamćenje, kao i izvor za napajanje, treći — logički ulazni i izlazni organ za upravljanje kretanjem u vazduhu i četvrti — katodni indikator. U sastav aparature sistema ulazi nekoliko perforatora traka i komandni pult na koji je montiran uređaj za očitavanje perforisanih traka, kao i uređaj za štampanje slova radi vizuelne kontrole informacija koje se unose.

Izborom podataka na tastaturi, operator, posredstvom organa za pamćenje, uvodi u mašinu informacije o letu koje sadrže podatke o broju i tipu aviona, dužini i širini punktova otpremanja i cilja, vreme uzletanja, brzinu preletanja, a takođe koordinate i predviđeno vreme ulaska u kontrolisanu zonu. Pošto se uverio u ispravnost unesenih informacija, operator ih, pritiskivanjem dirke, predaje u osnovni organ za pamćenje. U trenutku poletanja aviona računska mašina obrađuje informacije i izdaje odštampani grafikon leta svakog aviona, a uređaj za indikaciju daje na

istoj meri primenjiv i za svetlosne, tj. elektromagnetne, oscilacije.

Doplerov efekat se javlja u sledećem obliku. Posmatraču koji stoji kraj železničkog nasipa, ton piska lokomotive koja se približava izgleda viši. U trenutku prolaska lokomotive pored posmatrača, ton piska dobija normalnu boju, a zatim, sa udaljavanjem lokomotive postaje niži. Veličina promene tona, pa prema tome i frekvencija zvučnih oscilacija, zavisi od brzine pomeranja izvora zvuka. Ukoliko je veća brzina pomeranja izvora zvuka, utočnik je širi opseg promena frekvencije. Ista pojava će se dogoditi i u odnosu na elektromagnetne talase čija će se frekvencija, primana na nepokretnom mestu, takođe menjati pri približavanju ili udaljavanju izvora elektromagnetnih oscilacija.

*) Electronics Engineering, jun 1960.

katodnoj cevi opštu vizuelnu sliku situacije u vazduhu. U slučaju potrebe, proces izračunavanja može u svakom trenutku da bude zaustavljen radi automatskog unošenja raznovrsnih programa. Nova računska mašina APOLLO nalazi se u Redbriju (grofovija Prestvik) u škotskom Centru za upravljanje kretanjem u vazduhu.

U SAD je izgrađena i još se ispituje specijalna avionska radio-elektronska aparatura za sprečavanje sudara aviona koji nisko lete sa površinom zemlje.*.) Aparatura će omogućiti vojnim avionima da lete na visini od 15—30 m iznad površine zemlje. U komplet aparature ulazi radarski nišan sa nepokretnom antenom, radarski visinometar i analogni elektronsko-računski uređaj.

Signali dobijeni od radara i visinometra unose se u elektronsko-računski uređaj koji izdaje signale »gore — dole« (za ručno upravljanje) ili upravlja radar automatskog pilota, obezbeđujući let na ranije odabranoj visini.

Kvar aparature otkriva se brzo pomoću specijalnog kontrolnog uređaja i pilotu se automatski daje komanda »gore«.

Težina aparature je 18 kg. Može se smestiti u prednji deo trupa ili ispod krila aviona u aluminijski transporter dužine 1,9 m i prečnika 35 cm.

Stručnjaci smatraju da je aparatura maksimalno sigurna u radu i da ima minimalne potrebe za održavanjem.

Savremeno raketno oružje uništava ciljeve na takvoj dubini odbrane neprijatelja, da je nemoguće korigovati gađanje sa zemaljskih osmatračnica i aerostata, a pogotovo posmatrati efikasnost dejstva rakete na cilj. U martu 1961. god. armija SAD izvršila je eksperimentalno lansiranje projektila «zemlja-zemlja» »redstoun«,**) opremljenog televizijskom kamerom za predaju slika o oštećenjima, nastalim pri pogotku u cilj.

Televizijska kamera, montirana u zaštitni omotač, odvaja se od projektila nešto pre nego što projektil pogodi cilj, a zatim se polako spusta pomoću padobrana. Zahva-

*) Interavia Air Letter, april 1962.

**) Missiles and Rockets, februar 1962.

Ijujući tome ima dosta vremena za predaju slika o razaranju. Za vreme ispitivanja, obavljenih 15. marta 1961. godine, slika razaranja prenosila se iz rejona cilja na razdaljinu od 120 km u stanicu za posmatranje.

Američka firma »Ferčild« razradila je bespilotni izviđački reaktivni avion AN/VSD-5 za višestruku upotrebu*) (sl. 39). On je namenjen za vazdušno aero-fotografisanje i teleprenose sa bojnog polja. U raketnim jedinicama biće upotrebljen za korekciju gađanja projektilima »zemlja — zemlja«. Osnovni podaci za izviđački avion su: startna težina 3860 kg, maksimalna brzina oko 960 km/čas, maksimalna dužina leta 1800 — 2000 km, dužina 10,9 m, raspon krila 7,3 m.

Za izviđanje je ovaj avion snabdeven radio i radarskom opremom, aparatima I C Z,** foto-kamerama, a takođe aparaturom za kartografska snimanja i radiološka izviđanja. Na avionu je predviđen inercioni sistem za upravljanje koji se dopunjuje komandama navođenja iz zemaljske stanice za lansiranje.

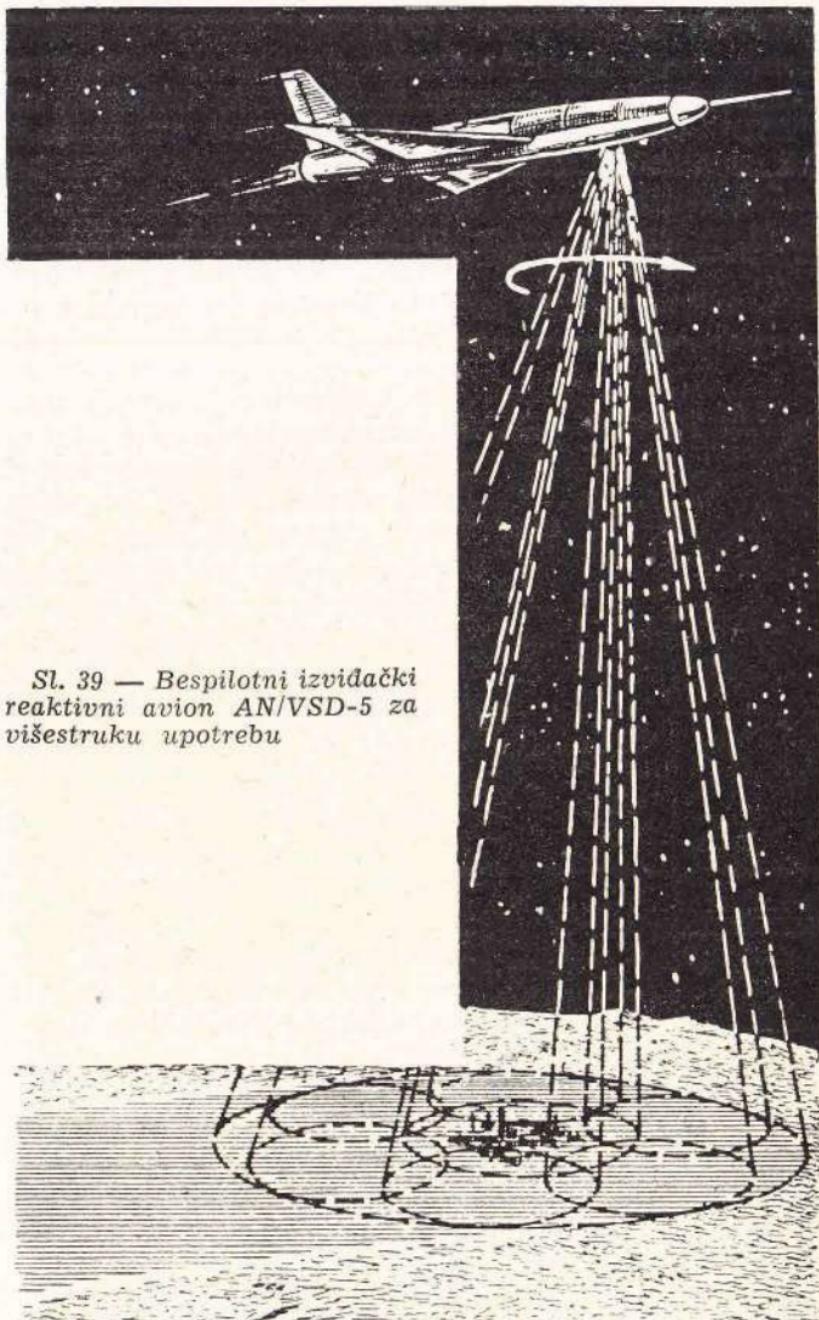
Deo izviđačkih podataka, dobijenih u realnom periodu vremena, prenosiće se na zemlju u toku leta. Pri povratku, izviđački avion će dostaviti ceo snimak dobijenih podataka. Avion i njegova aparatura vrlo su skupi i zato njihovo samo jedno korišćenje košta vrlo mnogo, zbog čega ima sistem za spasavanje.

Sistem za spasavanje sastoji se od dva padobrana i tri balona za sletanje koji se naduvavaju. Ti baloni su izgrađeni od plastičnih materijala i u letu se dva nalaze u krilima, a treći — u prednjem delu trupa. Pošto izvrši zadatak, izviđački avion se vraća na mesto lansiranja i na komandu sa zemlje isključuju se njegovi motori, posle čega počinje da se spušta. Pri spuštanju aviona pomoću padobrana, baloni se pune vazduhom i obezbeđuju amortizovanje u momentu prizemljenja.

Izviđački avion treba da uđe u naoružanje početkom 1963. godine.

*) *Interavia Air Letter*, maj 1961.

**) I C Z = aparati infracrvenih zraka.



Sl. 39 — Bespilotni izviđački reaktivni avion AN/VSD-5 za višestruku upotrebu

Navodi se da ovim izviđačkim avionima komanda oružanih snaga SAD namerava da naoruža pešadijske i raketne jedinice. S obzirom na to da će izviđački avion AN/VSD — 5 imati veliki radijus dejstva, obavljaće izviđačke zadatke za jedinice u celini, a takođe će se angažovati za kontrolisanje tačnosti gađanja projektilima klase »zemlja — zemlja« i tipa »peršing« na razdaljinama preko 320 km. Sistem za upravljanje i izviđačka oprema dozvoljavaju avionu da leti pri bilo kakvim vremenskim prilikama, pa i noću.

VII. KIBERNETIKA U PROTIVVAZDUŠNOJ ODBRANI

Mnogi autori izražavaju mišljenje da lovačka avijacija i savremena sredstva protivvazdušne odbrane neće moći da odbiju atomski napad ako bude izведен projektilima, a pogotovo međukontinentalnim balističkim raketama.

Takva mišljenja zasnivaju se na tome što su teškoće u stvaranju protivraketne odbrane uslovljene, prvo, velikim brzinama balističkih raketa i, drugo, nedovoljnim vremenom kojim raspolaže branilac. U slučaju da se položaj radarske stanice i napadnutog cilja približno poklapaju, stanica će otkriti raketu iznad radarskog horizonta onog trenutka kada ova dostigne približno maksimalnu visinu putanje. Do tog vremena raketa će već preći polovinu puta.

Strani stručnjaci*) preporučuju da se, radi smanjivanja gubitka u vremenu, mesto postavljanja radarske stanice za otkrivanje vazdušnih ciljeva po mogućnosti približi pravcu predviđenog lansiranja raketa. Pretpostavlja se da će se time za 40 — 50 procenata povećati vreme koje ostaje na raspolaganju, a raketa će se otkriti po isteku četvrtine vremena leta. No, veći dobitak u vremenu jedva da je mogućan. Za otkrivanje raketa danas se koriste radarske stanice, koje pretražuju u sektoru od 30° do 40° i omogućuju da se samo približno odrede azimut i rastojanje do vazdušnog cilja.

Zbog toga se svi projekti u SAD baziraju na izgradnji radarskih stanica sa izuzetno velikim dometom koje omogućuju da se za maksimalno kratko vreme otkrije raketu

*) *Soldat und Technik*, novembar 1960.

i tačno odrede njene koordinate. Osim toga, za upravljanje protivraketnim projektilom grade se zemaljske radarske stanice.

Koliki treba da bude domet dejstva sistema za daljinsko otkrivanje? Da bi se dobila predstava o veličini potrebnog povećanja dometa radarske stanice, treba izneti mogućnosti kojima raspolaže savremenji sistem za daljinsko otkrivanje. U njegov zadatak ulazi otkrivanje aviona pomoću radarskih stanica na maksimalno mogućim daljinama, s obzirom na krvinu površine zemlje. Ako se pođe od toga da optimalna visina leta savremenog strategijskog bombardera dostiže približno 13.000 m i da je radarska stanica postavljena na oko 600 m nadmorske visine, može se lako izračunati da će taj avion biti otkriven na daljini od 570 km od radarske stanice. To može biti samo u idealnim slučajevima kada avion ne preuzima nikakav protivraderski manevar i kada reljef terena između stanice i aviona ne ometa pretraživanje itd. Tek kad avion leti na visini od oko 20.000 m svrsishodno je povećavati radijus dejstva stanice do 700 km.

Treba primetiti da savremene radarske stanice mogu da otkriju veći avion na daljini od 600 do 700 km, a običnu raketu, prema približnoj oceni, na daljini od 400 do 500 km, ako je pri tome pogodno izabran položaj radarske stanice.

Savremene američke radarske stanice za daljinsko otkrivanje teško da su pogodne za izviđanje i obezbeđivanje uništavanja neprijateljskih eskadrila koje napadaju. Što se tiče njihovog korišćenja za otkrivanje međukontinentalnih balističkih raketa ili raketa srednjeg radijusa dejstva, gotovo su nepogodne za to i to uglavnom zbog toga što im je domet nedovoljan za rešavanje takvog zadatka, a proces izviđanja je suviše spor u poređenju sa ogromnim brzinama balističkih raketa.

Koliki treba da bude maksimalan radijus dejstva radarske stanice u sistemu za daljinsko otkrivanje? Poznato je da se temena tačka trajektorije rakete koja leti na daljinu od 10.000 km nalazi na visini od 1.300 km.

S obzirom na rasprostiranje radiotalasa, raketa na toj visini može biti otkrivena na daljini od 4.800 km od radarske stanice. Za svaku drugu tačku silaznog dela trajektorije to rastojanje će biti manje. Zbog toga povećavanje dometa radarske stanice preko 4.800 km nema svrhe, pošto će temena tačka trajektorije raketa retko preći 1.300 km, a kad i pređe, to će biti nezнатно.

Prema pisanju časopisa *Flight*^{*)} u SAD je razrađen stacionarni monoimpuljni radar koji radi na principu neprekidnog zračenja frekventnom modulacijom i neprekidnog prijema odbijenih signala, a dobio je naziv »ordir«. Prema mišljenju vojnih stručnjaka SAD, pomoću takvog grandioznog radara biće moguće određivati trenutne koordinate međukontinentalnih balističkih raketa na rastojanju do 5.000 km. Treba uzeti u obzir da je u eksploataciju ušao samo prvi opitni primerak, pa zbog toga nema nikakvih zaključaka o efikasnosti njegovog rada.

U američkom sistemu za superdaljinsko otkrivanje i praćenje BMEWS upotrebljava se stacionarni radar komе je dodeljena šifra AN/FPS-50 i ima domet 5.500 km. Antena radara za otkrivanje ima reflektor visine 50 m i dužine 120 m. Jedan od originalnih elemenata prijemnog dela tog radara je specijalni sistem koji predstavlja skup brzih elektronsko-računskih uređaja za snimanje radarskih podataka. Složeni sistem je uključen između radara za otkrivanje i indikatora situacije u vazduhu i obavlja do 200.000 matematičkih operacija u sekundi.

Što se tiče trupnih radara kojima strana štampa prispisuje razne daljine dometa kod otkrivanja aviona i raketa, treba podvući da su ti podaci potpuno protivrečni i mogu se koristiti samo posle svestrane kritičke ocene. Istina, razne daljine za otkrivanje ciljeva mogu da se odnose na različite sisteme radara. Ipak, često objavljivani podaci imaju očigledno preuveličavajući karakter i, pošto teže senzacijama o »dostignućima« inostranih naučnoistraživačkih instituta i laboratorijskih, često su namenjeni

^{*)} *Flight*, januar 1960.

reklami. Prirodno je što takvi podaci nemaju ničeg zajedničkog sa stvarnošću.

Izvestan broj stranih vojnih stručnjaka tvrdi u vezi s tim da se na savremenoj etapi razvijaju i mnogo su jača od sredstava savremene zaštite. Neki od njih smatraju neophodnom izgradnju »antiraketnog super oružja« za presretanje u vazduhu raketa koje lete brzinama većim od 6.000 do 7.000 km/čas.

Zajedničko gledište američkih stručnjaka o tom pitanju je takvo da savremena sredstva napada iz vazduha kriju u sebi velike mogućnosti daljeg razvoja.*). Pretpostavlja se da se u skorije vreme može očekivati pojava još moćnijih sredstava za napad. Zbog toga je u SAD izgrađen projekt pod nazivom »Difender« čiji je cilj ispitivanje i mogućnost izgradnje novih efikasnijih sredstava i metoda za borbu protiv balističkih raketa i mogućnih novih vidova oružja koji se mogu pojaviti do 1980. godine. U moguće nove vidove oružja projektom »Difender« uvršćuju se manevarske balističke rakete, projektili koje izbacuju veštački zemljini sateliti, a takođe sateliti koji se, da bi bombardovali, spuštaju nad naznačeni cilj.

Američki vojni stručnjaci su ranije smatrali da je u sistemu protivvazdušne odbrane državne teritorije neophodno imati tri projektila: vođeni projektil za borbu sa vrlo brzim ciljevima koji lete nisko: protivavionski vođeni projektil za borbu sa nadzvučnim bombarderima koji lete na srednjim i velikim visinama; dirigovanu antiraketu za presretanje dirigovanih međukontinentalnih projektila i balističkih raketa srednjeg dometa.

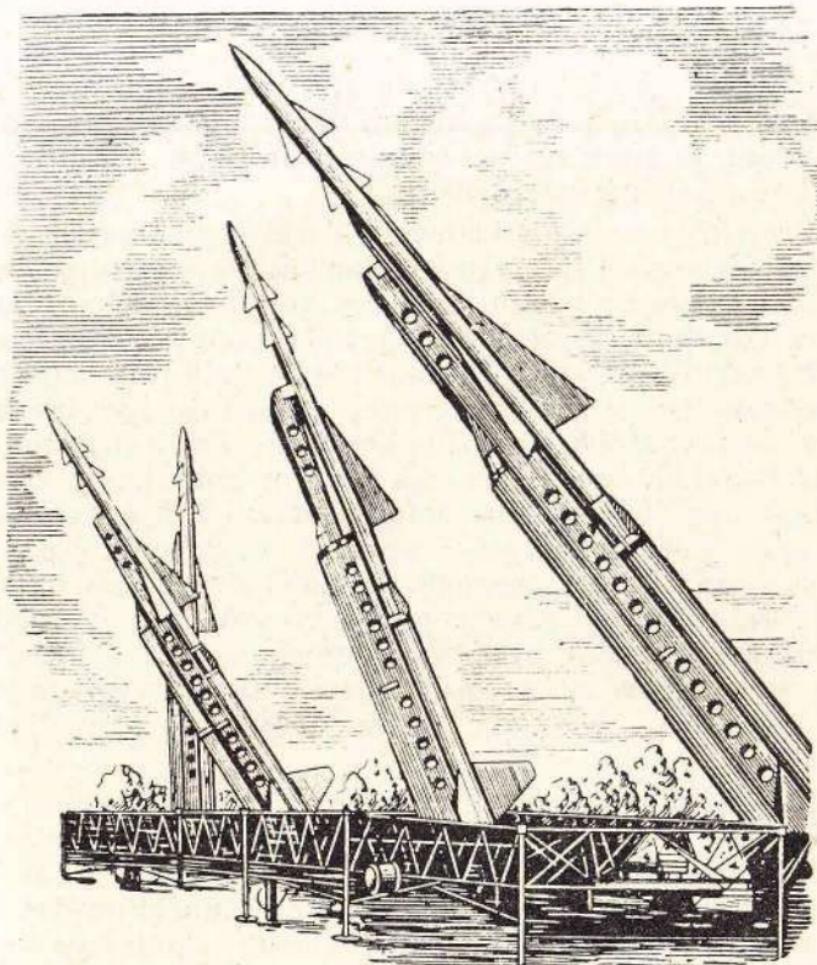
Pojavom veštačkih zemljinih satelita namenjenih za vojne svrhe i globalne rakete, američki vojni stručnjaci priznaju potrebu da se iz osnova preispitaju postojeća sredstva PVO i PRO**) u SAD. Iznose se mišljenja da se u tu svrhu kao efikasnije sredstvo lansiraju veštački zem-

*) Aviation Week, april 1960: Electronics, februar 1960.

**) PRO — protivraketna odbrana.

ljini sateliti.*). Ipak, najefikasnijim i jeftinim računaju se takozvani uređaji sa usnopljenim zračenjem — laseri**).

Prema podacima američkog časopisa *Army Information*, danas je u SAD osnovni tip protivavionskog vođenog projektila »najk« (sl. 40). Najvažniji elementi zemalj-



Sl. 40 — Protivavionski vođeni projektil »najk« na startu.
Projektili su na laserima

*) Aeroplane, maj 1961.

**) Electronics, decembar 1961.

ske opreme sistema za upravljanje tim projektilom su tri radarske stanice, elektronskočunski uređaj, automatske planšete za upravljanje, startni uređaji kojima se upravlja sa daljine i izvori za napajanje. Postoji nekoliko klase ovih projektila. Od njih najveću pažnju zaslužuje projektil »najk« klase »zemlja — vazduh« sa glavom za samonavođenje u kompleksu i elektronsko-čunskim uređajima. Daljina za otkrivanje cilja pomoću radarskih sredstava »najk« je oko 50 km, što stvara zonu uništenja od 10 do 30 km. Otuda se taj sistem može smatrati efikasnim sredstvom za uništavanje savremenih brzih bombardera koji lete do visine od 18.000 m.

Projektil »najk« snabdeven je raketnim motorom sa tečnim gorivom. Pri njegovom lansiranju koriste se busteri sa čvrstom ili tečnim gorivom koji se posle nestanka goriva odvajaju od projektila i padaju na zemlju. Američka periodična štampa*) dala je sledeće taktičko-tehničke podatke za projektil »najk«: dužina bez busteru 6,3 m; kalibar 0,305 m; težina bez busteru 510 kg; startna težina oko 1200 kg; visina leta 2300 m: minimalna visina primene oko 6000 m; maksimalna brzina 670 m/sek; raspon krila 1,45 m; dužina busteru 4 m, prečnik 0,45 m; motor — sa čvrstom gorivom. Oprema sistema za upravljanje delimično je smeštena u sam projektil. Elektronsko-čunski uređaj, radarske stanice i neka druga oprema smeštaju se na položaj baterije za upravljanje. Na startnoj poziciji se nalazi startna oprema za upravljanje sa daljine.

Projektil se navodi na cilj pomoću dve zemaljske radarske stanice. Jedna od njih prati cilj i daje podatke o položaju cilja elektronsko-čunskom uređaju, a druga šalje komande projektilu. Elektronsko-čunski uređaj obrađuje podatke i neprekidno izračunava, oslanjajući se na trenutni kurs cilja, u kojoj tački projektil treba da presretne cilj. Projektilu se šalju signali koji dejstvuju na komande za upravljanje i dovode ga u tačku presretanja

*) *Ordnance*, decembar 1955.

cilja. Ukoliko cilj izvrši manevr, elektronsko-računski uređaj određuje novu tačku za njegovo presretanje. Da bi se postigla veća tačnost pogađanja, projektil se, u momentu približavanja cilju, navodi pomoću glave za samonavodenje, što je čisto kibernetički zadatak.

Projektil »najk« se ispaljuje gotovo vertikalno, u nebo, sa instalacije za lansiranje. Ova se, pak, sastoji od postolja i metalne platforme koja služi za dovođenje projektila na postolje. To postolje ima pokretan mehanizam za prevođenje projektila u vertikalni položaj. Na svakoj instalaciji za lansiranje mogu da budu četiri projektila. Jedan se postavlja na polugu pokretnog mehanizma, ostali — na platformu.

Protivavionski projektil »najk« je osnovno oružje u sistemu protivvazdušne odbrane kontinentalnog dela zemlje. U američkoj štampi pisano je da su u predgrađima Vašingtona i Njujorka baterije »najk« postavljene još 1953. godine. U poslednje vreme se takve baterije postavljaju i oko drugih strategijskih objekata SAD.

Prve podatke o vazdušnoj opasnosti, raketne jedinice naoružane projektilima »najk« dobijaju od mreže za obaveštavanje. Kada se neprijateljski avioni približe objektu odbrane, njih počinju da prate radarske stanice za daljinsko otkrivanje sa punkta za upravljanje vatrom.

Američki stručnjaci smatraju da protivavionski vođeni projektili »najk« predstavljaju poslednju barijeru u sistemu protivvazdušne odbrane. Oni moraju da obezbede uništenje svih aviona koji su se probili u blizinu branjenog objekta. Čim neprijateljski avioni stignu do određene granice ispaljuju se projektili.

Iz američke štampe je poznato da dirigovani projektili »najk« mogu da imaju atomske bojeve glave. Ispitivanje projektila sa atomskom bojevom glavom vršeno je još 1955. godine. U izveštaju specijalne komisije istaknuto je da je atomska glava sposobna da uništi na velikoj visini sve avione koji se nalaze u prečniku od 800 do 1.000 m od centra eksplozije. Ipak je, po mišljenju komisije, primena projektila »najk« sa atomskom bojevom

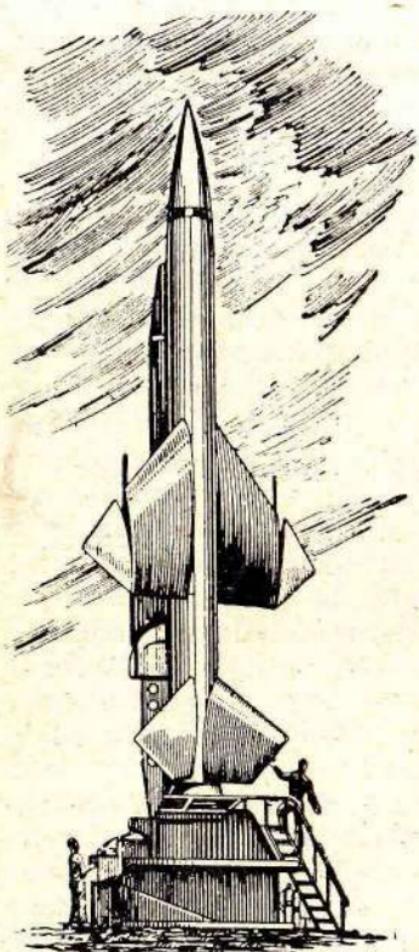
glavom svrsishodna samo pri odbijanju masovnih naleta neprijateljske avijacije. To je uslovljeno skupoćom izrade projektila i opasnošću od radioaktivnog zračenja.

Američki časopis »Misajlz end rokits« objavio je da je u SAD započeta serijska proizvodnja bespilotnog aviona-presretača »boing F-99, bomark«. Prvi eksperimentalni projektil izrađen je 1955. godine. Po dimenzijama odgovara savremenom lovcu.

Njegova je namena — preštanje bombardera i aviona-projektila na daljini od 300 km i pri visini leta do 18.000 m.

Avion automat »bomark« izgrađen je po uzoru na avione sa trouglastim krilima, snabdeven je sa dva reaktivna motora učvršćena ispod krila, i startnim motorom — busterom. On se vrlo brzo podiže i razvija maksimalnu brzinu jednaku dvostrukoj brzini zvuka. Dužina trupa je 11,8 m, prečnik 0,88 m, startna težina 4.900 kg (sl. 41). Avion-automat dobija komande od zemaljske radarske stanice.

Navođenje projektila počinje od momenta dejstva radarskih stanica za otkrivanje cilja i produžava se za vreme predaje projektilu podataka sa elektronskih računara sistema za upravljanje oružjem. Po tim podacima određuje se pravac leta na početnom delu putanje. Na



Sl. 41 — Dirigovani bespilotni lovac-presretač „bomark”

srednjem delu, na projektil neprekidno dolaze izračunati podaci putanje i cilja. Kada rastojanje do cilja postane jednako daljini na kojoj radarska stanica projektila može da vrši aktivno izviđanje, automatski se uključuje kibernetička aparatura projektila za samonavođenje. Ona izviđa i »zahvata« cilj. Od tog trenutka projektil ne reaguje na komande sa zemlje i navodi se na cilj samostalno. Na određenom rastojanju od cilja pomoću elektronsko-računske aparature, »bomark« automatski izbacuje raketne projektile klase »vazduh — vazduh«, kao projektil »falken«, a zatim na komandu sa zemlje napušta napad, vraća se na mesto lansiranja i padobranima se spušta u svoju bazu.

Prema poslednjim podacima strane štampe,* ratno vazduhoplovstvo SAD postepeno zamenjuje model F-99 »bomark« novim tipom projektila M-99 V »bomark« koji ima dvaput veći domet (640 km), brzinu oko 4 000 km/čas i motor koji razvija potisak od 15 840 kg. Projektil je namenjen za presretanje ciljeva do 28 000 m visine koji lete brzinom od 2 400 km/čas. Startna težina projektila je oko 6 800 kg, težina bojeve glave — 160 kg. Projektil ima atomsku bojevu glavu. Sistem za navođenje — radiom, predajom komandi na početnom delu trajektorije.

Modernizovani projektil snabdeven je savršenijim sistemom za navođenje i ima veliki interval vremena između dva uzastopna remonta: umesto ranijih 6 meseci — dve godine.

Autonomna radarska stanica koja se nalazi na projektilu služi za navođenje samo na krajnjem delu trajektorije.

Sada su u severoistočnom delu SAD na avio-bazama Dou (država Men), Otis (država Masačusets), Mak-Gir i Saflok (država Njujork) podignute instalacije za upotrebu protivavionskih vođenih projektila »bomark«. U bazama je postavljeno 30—60 projektila.**

*) Aviation Week, maj 1959.

**) Flight, maj 1959.

Tipičan vatreni položaj PVRP »bomark«*) sastoji se od instalacije za lansiranje i aparature i opreme koja se upotrebljava za navođenje projektila. Veliki deo pomoćne opreme je pokretan. U osnovne stacionarne objekte spadaju instalacije za lansiranje, radionice i skladišta pogonskog goriva. Njima treba takođe dodati rezervoare za čuvanje gasa, kompresore, rashladne sisteme i druge delove. Instalacije za lansiranje smeštene su u skrovišta od kojih je svako veličine garaže. Čim se dobije signal za uzbunu, pokretni krov skrovišta se uklanja ustranu, a hidraulična dizalica postavlja projektil u položaj za lansiranje.

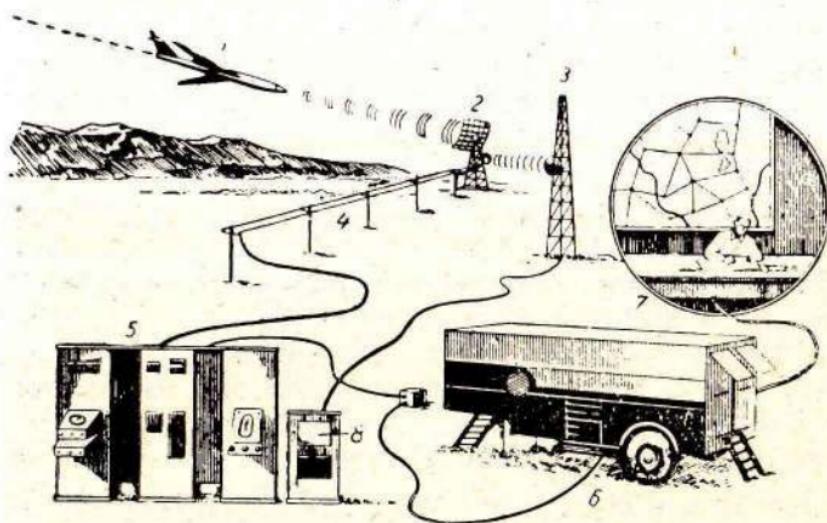
Vatreni položaji PVRP »bomark« grade se u avio-bazama ili oko njih radi uštede sredstava.

Za upravljanje aktivnim sredstvima protivvazdušne odbrane grade se odgovarajući kibernetički sistemi. U SAD je izgrađen digitalni računski uređaj tipa »volir«, namenjen za izviđanje situacije u vazduhu i navođenje lovačke avijacije na ciljeve. Uređaj radi automatski i istovremeno snima trenutne koordinate više ciljeva na osnovu radarskih podataka. Uz postojanje jedne antene na radaru, uređaj »volir« je omogućavao određivanje tri koordinate. U tu svrhu koristila se elektronska digitalna računska mašina.

Kao primer zemaljske elektronske računske mašine treba još pomenuti »diseak« (sl. 42), izgrađenu specijalno za rad sa stvarnim borbenim sredstvima. Ta se mašina razlikuje od drugih elektronskih računskih mašina po tome što je pokretna. Pomoću kablova »diseak« se može spojiti sa velikim brojem uređaja koji obezbeđuju potrebne podatke za mašinu i koriste se rezultatima njenih izračunavanja. »Diseak« se može, na primer, spojiti sa radarskim sistemom za upravljanje protivavionskom raketom tipa »najk«. »Diseak« omogućava upravljanje vazdušnim saobraćajem u neposrednoj blizini aerodroma i,

*) PVRP — protivavionski vođeni reaktivni projektil. — Prim. prev.

što je najvažnije — navođenje na cilj protivavionskih reaktivnih projektila.



SL. 42 — Pokretna elektronska računska mašina „diseak”: 1 — avion; 2 — radar; 3 — stub televizijske kamere; 4 — linija za prenošenje podataka; 5 — aparatura maštine i njen raspored na kolima; 6 — kola u koja se smeštaju osnovni delovi maštine i komandni pult; 7 — izvor informacija za plan leta; 8 — televizijski ekran

Za ratno vazduhoplovstvo SAD razrađen je taktički sistem protivvazdušne odbrane TACS*) (Tactical air control sistem). On automatski osmatra vazdušni prostor i daje podatke za presretače u rejonu branjenog objekta površine veće od 400 000 km². Radi lakšeg donošenja odluka, komanda svakih 30 sekundi ceni situaciju u vazduhu. Mreža sistema TACS sastoji se od niza osmatračkih centara koji se lako premeštaju na isturene položaje, potrebne za osmatranje teritorije određene taktičkim zadatom. Svaki centar sistema ostvaruje prikupljanje, procenu i indikaciju podataka o situaciji u vazduhu u granicama vazdušne zone koju obezbeđuje i može da prati u letu

*) Aviation Week, mart 1960.

nekoliko vazdušnih ciljeva koji manevrišu velikim brzinama. Za prenošenje podataka na objekat za presretanje koristi se zajednička mreža koja uključuje telefonsku, radio-relejnu i vezu koja se koristi troposferskom disperzijom. Veza se ostvaruje kako u govornom tako i u numeričkom obliku. Dobijene podatke na odgovarajući način obrađuje grupa operatora prema postavljenom tehničkom uputstvu.

Prema uputstvu izračunavaju se optimalni pravci za presretanje vazdušnih ciljeva ili za napad zemaljskih ciljeva sa neprekidnom korekcijom u toku manevrisanja cilja, a takođe se daju komande za povratak aviona u bazu ili za postupak u slučaju kvara. U toku rada sistema svaki dispečer može u svom sektoru istovremeno da kontroliše nekoliko dobijenih zadataka, što umnogome povećava prošunu sposobnost sistema u odnosu na poluautomatski.

Kao što je poznato iz strane štampe, u SAD i Engleskoj i dalje se ispituju mogućnosti primene univerzalnih digitalnih elektronsko-računskih mašina za potrebe protivvazdušne odbrane. U SAD je počela serijska proizvodnja maštine IRA — 1103 i IBM — 704 koje mogu da ostvaruju automatsko navođenje aviona-presretača i dirigovanih projektila.

Oko važnih strategijskih tačaka u SAD i Engleskoj izgrađena je široka mreža radarskih stanica koje rade zajedno sa baterijama dirigovanih protivavionskih raketa i sa računskim mašinama. Po mišljenju stranih vojnih stručnjaka, takav kompleks omogućuje daljinsko otkrivanje vazdušnih ciljeva, osmatranje situacije u vazduhu i upravljanje sredstvima protivvazdušne odbrane.

U sistemu protivvazdušne odbrane, osnovnu ulogu igraju radari za daljinsko otkrivanje. U poslednje vreme dobili su vrlo veliki značaj i radari za otkrivanje aviona koji nisko lete.

Istraživačka laboratorija ratne mornarice SAD razvila je novi kratkotalasni radar, prema projektu »Madre« što znači »prijemna aparatura sa magnetnim dobošom«.

On je namenjen za otkrivanje aviona koji nisko lete i vođenih projektila. Radar je sposoban da u granicama horizonta otkrije avione i vođene projektile, izbačene iz podmornica, na daljini od 800 do 4.200 km, što zavisi od visine jonsfere. Prema drugim podacima, postignuta su daljine reda 6.500 km*). Primaljeni radio-signali obrađuju se u radaru metodom višestrukog međusobnog upoređivanja i usaglašavanja na taj način što se ponavlja njihovo uzajamno dejstvo.

Za otkrivanje slabih signala odbijenih od pokretnih ciljeva u oblastima atmosferskih smetnji i od vodene površine, koristi se doplerska promena frekvencije tog signala, tj. pojava da se odbijanjem signala od pokretnih ciljeva frekvencija signala menja.

Očekuje se da će radar biti toliko sposoban da razlikuje ciljeve, da će na dužini od 18 km odrediti azimutni položaj cilja sa tačnošću do polovine širine snopa. Na taj način, ako su dva cilja udaljena jedan od drugoga preko 18 km, radar će ih označiti kao dva cilja, a ako se nalaze na rastojanju manjem od 18 km, daće ih kao jedan cilj.

Za prikupljanje niza odbijenih signala i kasniju obradu, primenom metoda međusobnog upoređivanja, u novom radaru se koristi memorija sa magnetnim dobošem.

Da bi se metodom međusobnog upoređivanja omogućilo prikupljanje signala odbijenih od cilja, antena ozračava datu površinu približno 20 sekundi. Pretraživanje prostora će se ostvariti ne putem mehaničkog okretanja antene, već metodom električnog dejstva na elemente antene. Ona će biti nepokretna, a zraci će se premeštati u prostoru.

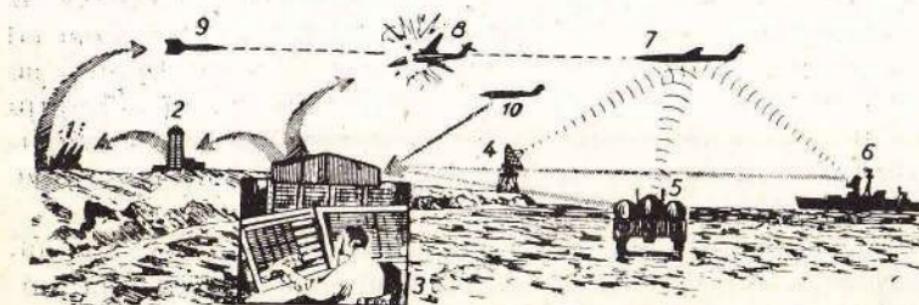
Radar je tako konstruisan da može da otkriva ciljeve koji se kreću brzinom većom od 800 km/čas.**)

U SAD od 1955. god. radi poluautomatski sistem za upravljanje protivvazdušnom odbranom zemlje nazvan

*) *Missiles and Rockets*, april 1962.

**) *Electronics*, februar 1961; *Science News Letters*, januar 1960.

»sejdž«*) (sl. 43). Osnova tog sistema su velike, brze elektronske računske mašine firme IBM.**)



Sl. 43 — Sistem za prikupljanje informacija i upravljanje protivvazdušnom odbranom „sejdž“ u dejstvu: 1 — baze presretača; 2 — relajna stanica; 3 — velika elektronska računska mašina; 4 — radar; 5 — kula; 6 — patrolni brod; 7 — neprijateljski avion; 8 — trenutak uništenja neprijateljskog aviona; 9 — presretač u vazduhu; 10 — patrolni avion

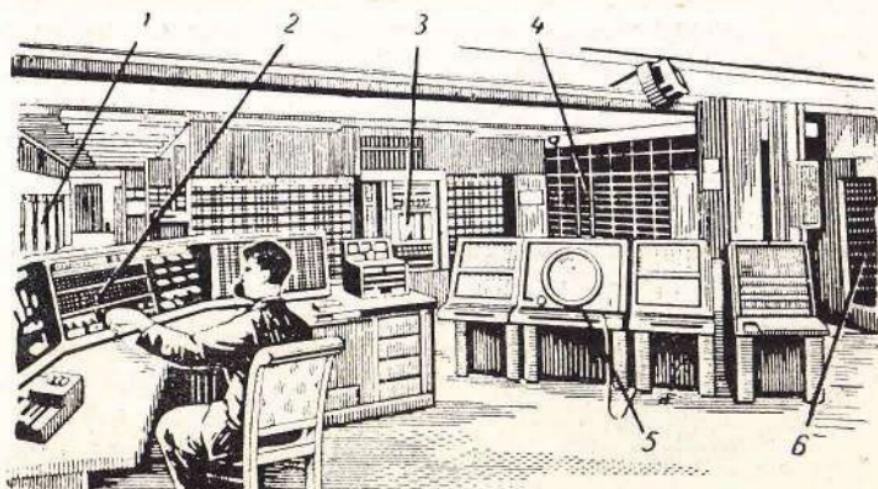
Poslednji centar sistema »sejdž« pušten je u rad u decembru 1961. godine u Siju — Sitiju (država Ajova). Jedan pomoći centar tog sistema izgrađuje se na teritoriji Kanade.**)

Cela teritorija SAD podeljena je na osam sektora protivvazdušne odbrane, a svaki od njih ima po 4 podsektora. U sektoru i podsektoru upravlja se pomoći dve velike računske mašine tipa AN/FSQ-7 (sl. 44). Jedna mašina radi, a druga je rezervna. Mašina dobija od radarske stanice za daljinsko otkrivanje informacija o približavanju neprijateljskih aviona, o položaju, pravcu, brzini leta itd. obrađuje ih i izdaje na zahtev operatora. Za slikovito predstavljanje situacije u vazduhu posle obrade dobijenih podataka koristi se katodna cev — haraktron i katodna cev — tipotron.

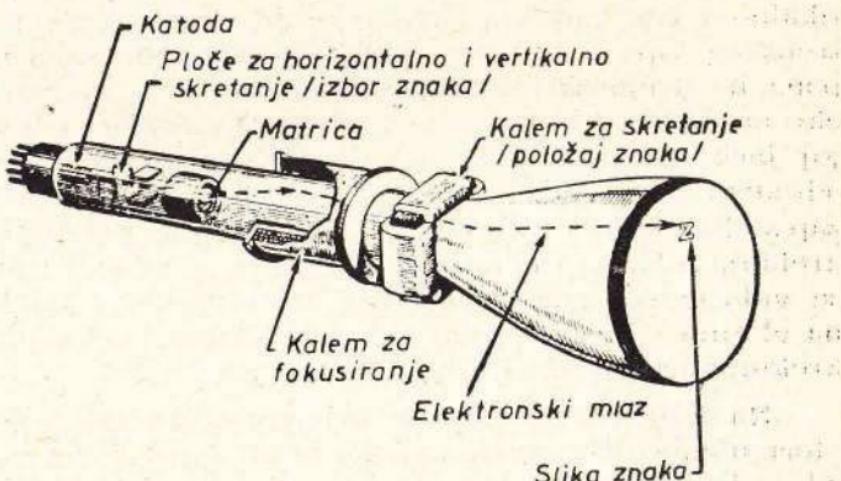
Haraktron (sl. 45) i automatska električna kola povezana s njim, kombinuju informacije koje daju osmatrački i radar za merenje visine, kao i podatke koji se ručno

*) *Signal*, br. 3, 1956.

**) *Interavia Air Letter*, decembar 1961.



Sl. 44 — Velika računska elektronska mašina AN/FSQ-7 sistema »sejdž«, postavljena u centar za upravljanje podsektorom: 1 — levi aritmetički organ; 2 — komandni pult; 3 — blok „memorije“; 4 — desni aritmetički organ; 5 — ekran operatora; 6 — blok magnetnih traka



Sl. 45 — Shema hakatriona



Sl. 46 — Povećana slika matrice haraktrona

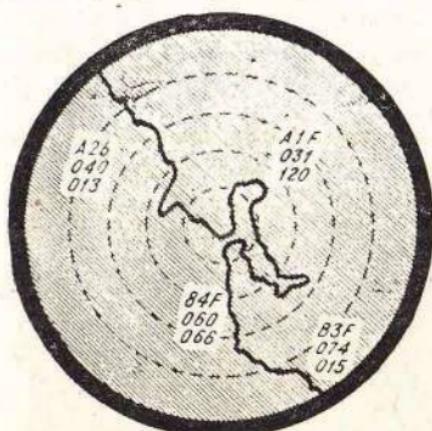
unose. Harakton se od običnih katodnih cevi razlikuje po tome što je u njemu, između elektronskog topa koji daje uzani snop elektrona i ekrana, postavljena matrica (metalna folija) sa otvorima u obliku slova, cifri i znakova (sl. 46). Veličina tih otvora je oko 0,25 mm. Istovremeno sa elektronskom kartom terena, takav uređaj omogućuje dobijanje podataka na ekranu indikatora o avionima koji lete iznad terena. U po-

datke ulaze brzina, visina, pripadnost i dr. Podaci se izražavaju u obliku grupa od devet cifri i nazivaju se »formularom cilja«. Centar svake računske grupe određuje položaj aviona i pomera se u saglasnosti sa kretanjem aviona.

Znake matrice za indikaciju biraju signali iz detektorsko-računskog uređaja koji dolaze na ploče za vertikalno i horizontalno skretanje, smeštene između elektronskog topa i matrice. Dovođenjem odgovarajućeg napona na drugi skretni sistem, smešten između matrice i ekrana, oblikovani mlaz se može upraviti prema bilo kojoj tački na ekranu. Menjanje napona za skretanje na određeni način omogućava da se na ekranu haraktrona zapiše bilo kakva informacija. Zahvaljujući velikoj brzini kretanja mlaza i fluorescenciji ekrana, slika svih znakova se vidi jednovremeno, kao što televizijski gledalac vidi na ekranu televizora celu sliku odjednom i ne primećuje kretanje svetleće mrlje koje tu sliku baš i čini.

Na slici 47. pokazan je primer indikacije ciljeva sa »formulama«. Dva gornja znaka pokazuju dogovoren broj cilja, dva donja — dogovoren broj aviona u grupi koja se osmatra. U krajnjem desnom stupcu gornji znak ozna-

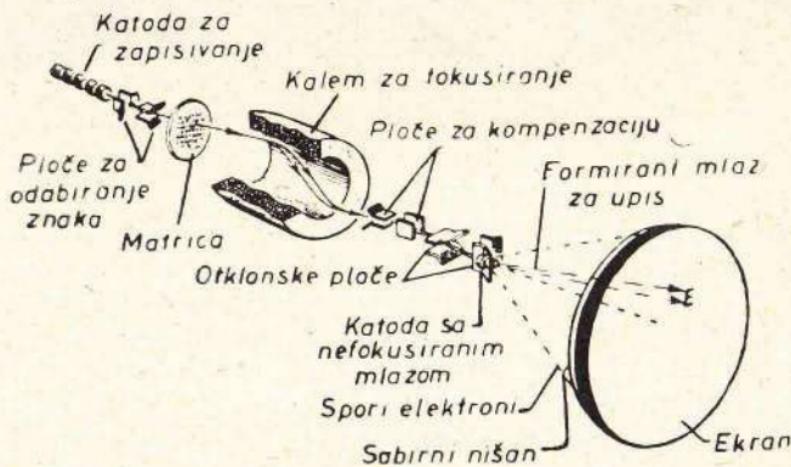
čava kategoriju aviona (transportni, lovački itd.); početno slovo označava protivnički avion, malo slovo — sopstveni. Srednji i donji znaci označavaju visinu cilja u stotinama stopa. Operator može po želji da trenutno prebací haraktron na obično kružno izviđanje. Haraktron u sistemu »sejdž« ima prečnik ekrana 48 cm. On može jednovremeno da daje informacije o nekoliko stotina aviona.



Sl. 47 — Primer indikacije ciljeva sa »formularima«

Tipotron (sl. 48) je varijanta haraktrona sa akumuliranjem informacija. U njemu, kao i kod haraktrona, mlaz prolazi kroz matricu sa slovima i brojevima istog tipa i kroz

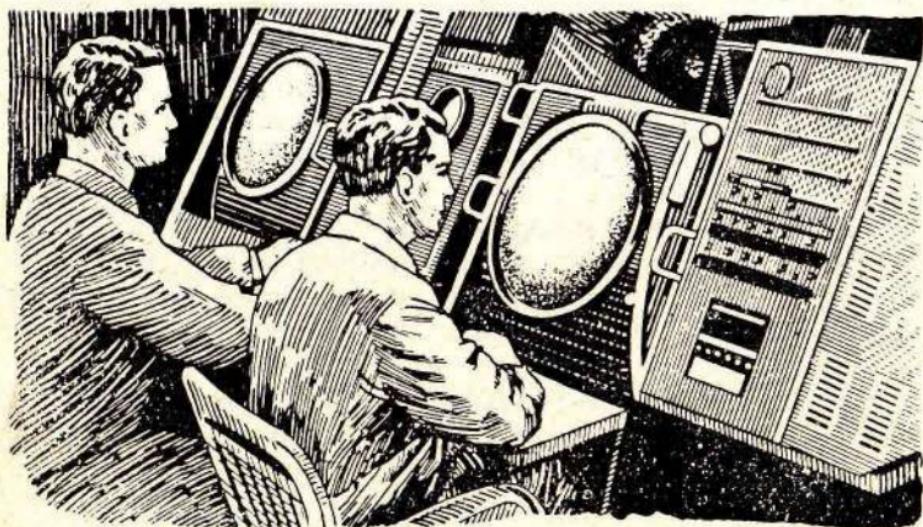
dva sistema skretnih ploča. Međutim, informacija se ne zapisuje na luminiscentnom ekranu, već na dielektričnom akumulacionom nišanu i može se čuvati vrlo dugo. Reprodukcija informacije na ekranu ostvaruje se



Sl. 48 — Shema tipotrona

pomoću drugog elektronskog projektor-a. Između kalema za fokusiranje i otklonskih ploča smeštene su ploče za kompenzaciju čija je namena da otklon formiranog mlaza učine potpuno nezavisnim od izbora znaka. Na ekranu se može dobiti slika od 64 slova ili brojeva u bilo kakvoj kombinaciji. Po dimenzijama, tipotron je mnogo manji od haraktrona.

Haraktroni i tipotroni ulaze u sastav opreme pultova operatora operativnog centra podsektora (sl. 49).



Sl. 49 — Komandni pult u centru podsektora

Elektronska mašina prevodi sredstva protivvazdušne odbrane u stanje gotovosti za dejstvo, brzo obrađuje i analizira podatke o situaciji u vazduhu koji dolaze iz raznih izvora i identifikuje svoje i tuđe avione. Ona za kratko vreme proverava varijante taktičkog plana odbrane određenog podsektora i stvara uslove za izbor najracionalnije varijante za odbranu.

Mašina pokazuje komandantu koji rukovodi borbom kakva je sredstva protivvazdušne odbrane najcelishodnije primeniti u dатој situaciji: protivavionsku artiljeriju, lo-

vačku avijaciju ili, pak, vođene projektile. Konačno, ta mašina navodi avione koji se nalaze na raznim aerodromima, na vazdušne ciljeve. Ona takođe raspoređuje vazdušne ciljeve po baterijama protivvazdušne odbrane. Ipak, konačan izbor ove ili one varijante protivvazdušne odbrane obavlja čovek. U tom smislu »sejdž« i jeste poluautomatski, što je i istaknuto u njegovom nazivu.*)

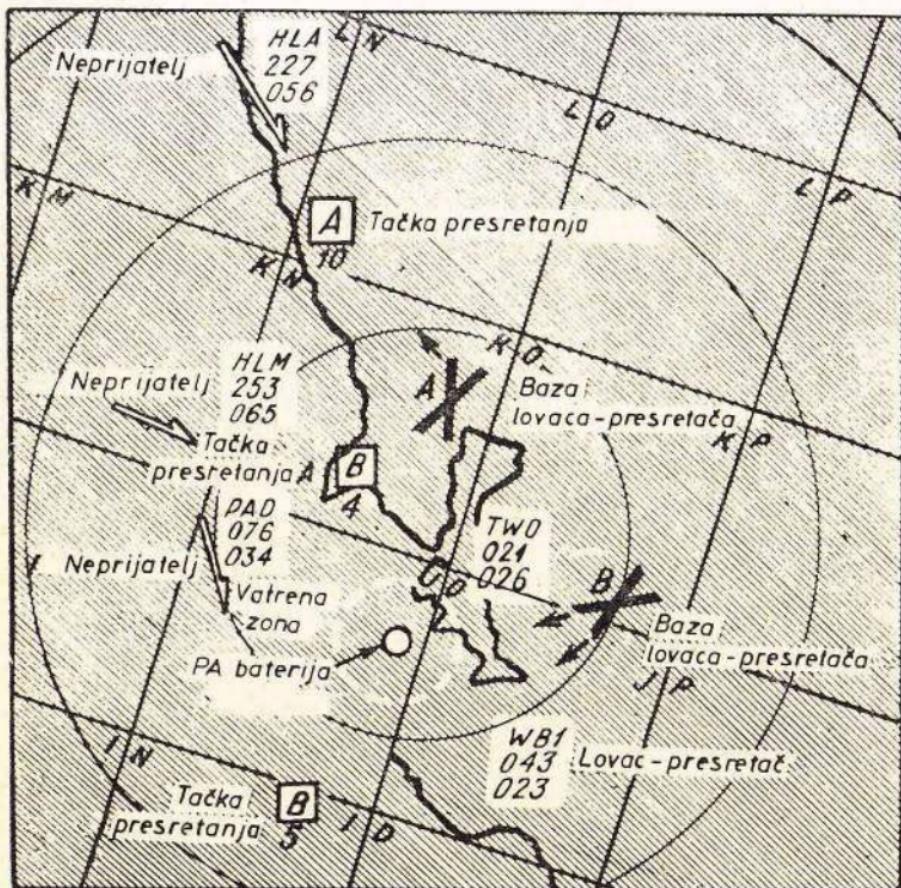
Da bismo dobili opštu predstavu o radu sistema »sejdž«, zamislimo da je grupa aviona uspela da probije spoljni obruč protivvazdušne odbrane. Sistem »sejdž« snabdeven je moćnim sredstvima za daljinsko otkrivanje ciljeva i može gotovo trenutno da otkrije neprijateljske avione koji su se probili. Nekoliko sekundi posle otkrivanja vazdušnih ciljeva elektronsko-računski uređaj operativnog centra već sakuplja podatke o njihovom pravcu koji se daju na ulazni magnetni doboš. Istovremeno, radi identifikovanja sistem »sejdž« upoređuje kurs otkrivenih ciljeva sa ranije prispelim najavama letova sopstvenih aviona koje su zapisane u mašini, u organu za pamćenje.

Koristeći se dobijenim podacima, dežurni oficir uređaja za indikaciju utvrđuje pripadnost aviona i, pritisnuvši dugme, daje signal na svim ekranima indikatora kod oficira za indikaciju operativnog centra. Zatim pomoću dugmadi prenosi jednom od oficira koji biraju sredstva za borbu, informaciju o neprijateljskim avionima ili raspoređuje ciljeve na posebne sektore u zoni PVO. Na taj način su oficiri posebnih sektora protivvazdušne odbrane odgovorni organizatori napada na neprijateljske avione koji su se probili.

Na ekranu haraktrona svakog oficira-organizatora sektora PVO pojavljuju se avioni koji su mu dodeljeni kao ciljevi. Svaki avion predstavlja se »formularom cilja«. Pravac osvetljene strelice i njena dužina predstavljaju pravac i brzinu leta aviona. Pored toga, na ekranu haraktrona pojavljuju se osnovni orijentiri terena, na primer, granice sektora ili rejona PVO, razmeštaj sopstvenih aero-

*) SAGE — Semiautomatic ground environment (poluautomatski sistem za upravljanje aktivnim sredstvima PVO).

droma, položaj protivavionskih baterija vođenih projektila i obične artiljerije i zone njihovog dejstva (sl. 50).



Sl. 50 — Predstavljanje vazdušne situacije na ekranu haraktrona

Od trenutka kada dežurni oficir sistema za indikaciju ustanovi pripadnost aviona, elektronsko-računski uređaj će odrediti vreme potrebno lovačkim avionima za uzletanje, penjanje i presretanje. Jednovremeno se izračunavaju koordinate tačke presretanja neprijateljskih aviona. Taj zadatak rešava se za razne aerodrome lovačke avija-

cije. Tačka presretanja pojavljuje se na ekranu haraktrona kao slovo okruženo kvadratom koje odgovara slovu aerodroma sa kojeg se može organizovati presretanje. Istovremeno se na mestu aerodroma pojavljuje svetleća strelica koja pokazuje lovačkom avionu kurs i vreme u minutima, potrebno za izvođenje presretanja. Pri tome mašina određuje i pokazuje one protivavionske artiljerijske jedinice kroz čije vatrene zone će proći neprijateljski avioni. Za dobijanje svih tih podataka potrebno je manje od jednog minuta od otkrivanja aviona.

Primivši informaciju, komandant ili dežurni oficir operativnog centra bira jednu, pomoću maštine primljenu, varijantu za uništenje aviona koji su se probili. Ako se na ekranu haraktrona vidi da se tačka presretanja nalazi u vatrenoj zoni protivavionske artiljerije, lovački avioni ne uzleću. Ako je presretanje mogućno ostvariti ranije, lovački avioni uzleću uz naknadno uvođenje u borbu (ako je potrebno) protivavionske artiljerije.

Odabравши potrebnu varijantu za borbu, dežurni oficir operativnog centra daje odgovarajuću naredbu za organizovanje presretanja određenog aviona oficiru koji predstavlja određeni rod ili posebnu jedinicu. Naređenje prenosi mašina posredstvom dugmadi za priključivanje.

Komandni pultovi komandanta rodova snabdeveni su tipotronima, na kojima se daju instrukcije operativnog centra. Komandant vidi na ekranu svog indikatora rejon koji mu je određen, protivnički avion i položaj sredstava PVO odabranih za odbijanje napada. U slučaju potrebe, na ekranu može biti prikazana i čitava situacija u vazduhu.

Ako je oficir kome je naređeno da organizuje presretanje predstavnik protivavionske artiljerije, prenosi komandnom punktu svoje jedinice odgovarajuću komandu i sve potrebne podatke o neprijateljskim avionima koji se približavaju. Posle toga, svim dejstvima za uništenje aviona rukovodi sa komandnog mesta vojne jedinice. Ako je oficir predstavnik avio-jedinice, telefonom izdaje naredbu lovačkim avionima za uzletanje, a zatim radiom ostvaruje njihovo navođenje na tačku presretanja. Pri

tome se rukovodi podacima iz elektronsko-računske mašine koja na ekranu neprekidno pokazuje trenutne koordinate lovaca koji su poleteli radi presretanja i određuje pravac i brzinu njihovog leta.

U slučajevima kada neprijateljski avioni, pokušavajući da izbegnu napad, manevrišu, računska mašina automatski određuje njihov novi kurs i lovcima-presretačima prenosi odgovarajuće komande.

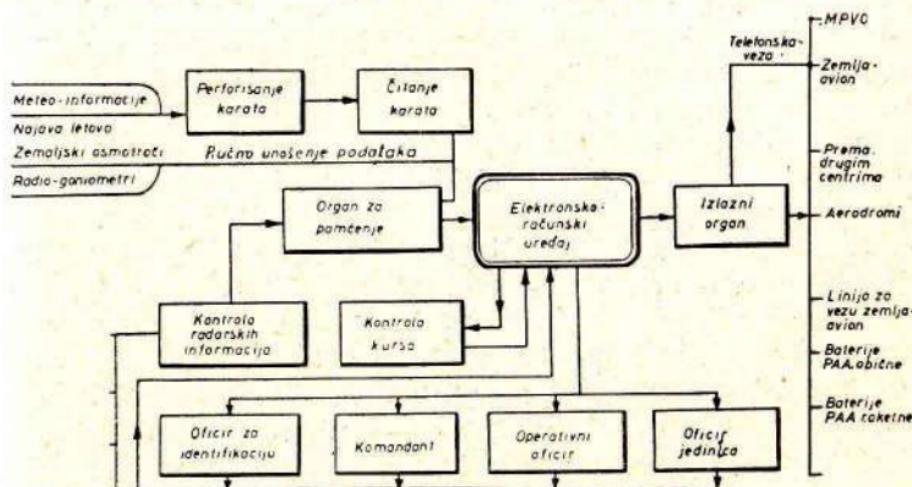
Prema tvrđenju američke štampe, danas je automatizovan i proces prenošenja podataka lovcima i zemaljskim sredstvima. Uvedena je mreža za automatsko prenošenje podataka pomoću koje se, u slučaju potrebe, posle prve komande, sva sredstva PVO navode na ciljeve signalima dobijenim iz elektronsko-računskog uređaja. Komandantu ostaje zadatak da prati tok borbenih dejstava.

Kada se upotrebljavaju lovci-presretači, signali se šalju radio-linijom za prenošenje podataka. U završnom stadijumu borbe funkcija upravljanja prelazi na avionske uređaje, a elektronsko-računski uređaj »otpušta« avion.

Za vreme borbe komandant operativnog centra i njegovi pomoćnici posmatraju na ekranima svojih haraktrona čitavu situaciju u vazduhu. Ako treba da se detaljnije vidi neki deo posmatrane zone, za povećavanje dela za posmatranje treba samo pritisnuti odgovarajuće dugme na pultu. Kada se dejstva u vazduhu presele iz zone datog operativnog centra u susedni rejon PVO, upravljanje borbotom odmah se prenosi na njegov operativni centar. Sve dalje komande izdaje mašina susednog rejona.

Koordinate neprijateljskih aviona koji se nalaze u granicama dometa neke radarske stanice automatski se prenose telefonskim linijama u elektronsko-računski uređaj. Prethodno se informacija u cilju sužavanja opsega transformiše kako bi se mogla preneti telefonskim linijama. U elektronsko-računski uređaj informacija se dovodi preko ulaznog magnetnog doboša. Dalja obrada sastoji se u provjeri koordinata prema nekom poznatom pravcu koji je ranije uveden u uređaj za akumulaciju.

Već smo govorili da se u operativnu »memoriju« elektronsko-računskog uređaja prema najavama unapred uvođe informacije o planiranim letovima sopstvenih aviona. Za koordinaciju dejstava i uzajamne izmene informacija o letovima aviona, danas je sistemu »sejdž« pripojen celokupan američki sistem za upravljanje vazdušnim letovima SAD. U tu svrhu je za upravljanje vazdušnim letovima izdvojena specijalna elektronska računska mašina. U procesu daljeg rada u elektronsko-računski uređaj i dalje neprekidno dolaze iz radarske stanice podaci o vazdušnoj situaciji (sl. 51).



Sl. 51 — Shema sistema »sejdž«

Informacije o otkrivenim ciljevima koje dolaze od radara upoređuju se sa unapred unesenom informacijom (o letovima sopstvenih aviona). Ako se informacije koje dolaze od nekog radara i daju kurs, visinu, brzinu, potpuno podudaraju sa ranije unesenim informacijama, to pokazuje da se radi o sopstvenom avionu. U tom slučaju operator daje mašini komandu da ga ne prati. Ako se podaci ne podudaraju, avion se označava kao tuđi i nastavlja se prikupljanje podataka o njemu.

Upoređivanje kurseva predviđenih planom letova sa kursevima nepoznatih aviona moglo bi, uz savremenu tehniku, da se ostvaruje pomoću mašine, tj. automatski. Međutim, to je moguće samo ako se sopstveni avioni sa idealnom tačnošću pridržavaju planova letenja. Iskustvo pokazuje da uvek dolazi do raznih odstupanja aviona od zadate marš-rute i to po pravcu, višini, vremenu poletanja i prolasku kroz kontrolne tačke. Zbog toga konačno upoređivanje stvarnog i pretpostavljenog kursa i identifikovanje aviona na osnovu tog upoređenja vrše operatori. Učešćem mašine u tom radu bitno se štedi u vremenu.

Zbog toga što nekoliko radara može istovremeno da vidi isti cilj, elektronsko-računski uređaj upoređuje informacije dobijene od njih. Zahvaljujući tome, ne može se jedan cilj posmatrati kao više njih. Zajedno sa korisnim informacijama, u elektronsko-računski uređaj dolaze i smetnje — raznovrsni električni šumovi, tj. lažne informacije. Posle obavljene analize primljenih informacija, mašina tačno određuje da li je u pitanju smetnja ili avion, a ako je avion, da li je sopstveni ili tuđi. Uporedo s tim ona utvrđuje da li je to stari ili novi cilj. Ukoliko je otkriven novi cilj, dodeljuje mu se određeni broj.

Ceo ciklus obrade i procene radarskih podataka traje nekoliko sekundi. Istovremeno sa identifikovanjem aviona, operatori za identifikovanje kontrolisu uopšte rad mašine i pomažu joj da na osnovu ovih ili onih znakova odredi karakter cilja. Ako otkrije da je podatke radarskih stanica što dolaze nemoguće svrstati u signale koji se dobijaju od običnih ciljeva, mašina ih predaje odgovarajućem oficiru-operatoru. Na primer, radarska stanica je otkrila u vazduhu ne avion već jato ptica. U datom slučaju će se dobiti neznatna brzina kretanja signala i mašina taj podatak ne može pripisati običnom cilju. Pošto je na osnovu njegovih karakteristika proučio signale, operator će dati komandu mašini da produži ili prekine praćenje cilja.

Određivanje pripadnosti vojnih aviona, snabdevenih radarskim uređajima, ne predstavlja danas nikakvu teškoću. Pri ozračavanju tih aviona sa zemaljske radarske

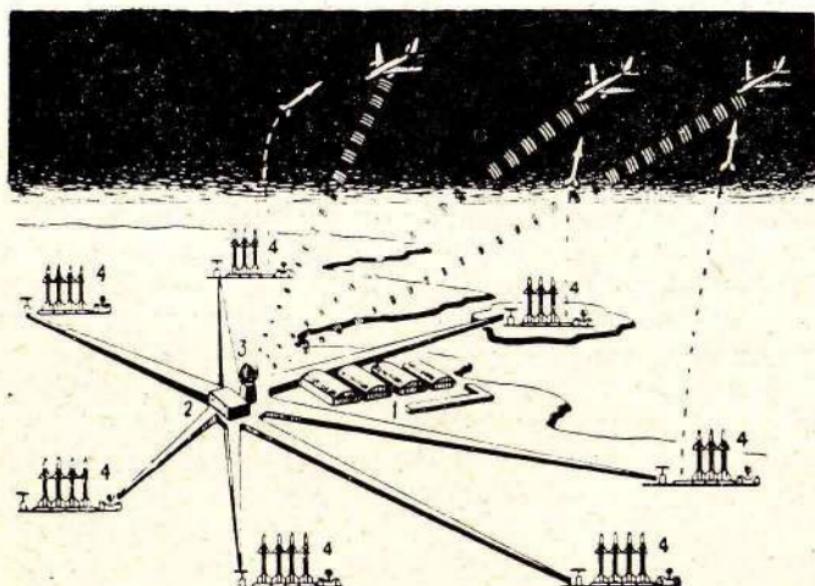
stanice oni automatski šalju radio-signale »vaš sam« koje prima zemaljska stanica. Zbog toga se podaci o sopstvenim avionima koji od radarskih stanica dolaze na ulazni organ-mašine, snabdevaju dopunskim dogovorenim signallima. Pripadnost aviona koji nisu opremljeni aparaturom za identifikaciju mora se određivati, kao što je ranije rečeno, na osnovu planova letova sopstvenih aviona. Planoi se blagovremeno dostavljaju operativnim centrima sektora i rejona PVO. U planovima se daju kurs, brzina i visina leta, vreme poletanja i očekivano vreme dolaska svakog aviona u određenu tačku. Svi se ti podaci blagovremeno uvode u organ za pamćenje računske mašine. Posle odbijanja vazdušnog naleta neprijatelja, mašina daje signal »povlačenje« i upravlja letom sopstvenih aviona pri povratku na aerodrom, regulišući njihovo ateriranje. Smatra se da sistem »sejdž« ima i bitne nedostatke. On je nepogodan za borbu, ne samo protiv međukontinentalnih raketa, već i protiv balističkih projektila. Pored toga, oslanja se na široko razgranatu mrežu žičnih i radio-telefonskih veza. Po tvrđenju strane štampe, njemu je potrebno oko 25 000 telefonskih linija. Osim toga, sistem je osetljiv na veštacke radio-tehničke smetnje.

Mada se centri sistema PVO »sejdž« nalaze u specijalnim građevinama od armiranog betona, mogu ih uništiti savremene međukontinentalne balističke rakete koje imaju savršen sistem za navođenje i veliku tačnost pogadanja. Osim toga, raspored centra je imao bitan nedostatak u tome što su se snažna sredstva za hlađenje nalazila izvan zgrade zaštićene od bombi i lakо su mogla, bombardovanjem, da budu izbačena iz stroja.

Za zaštitu velikih administrativnih i industrijskih centara, u kapitalističkim državama grade se složeni sistemi protivvazdušne odbrane. Postavljaju se baterije protivavionskih vođenih projektila (PAVRP).*) U vezi s tim pojavila se potreba za koordinacijom dejstava baterija i raspodele ciljeva između njih. Prema pisanju američkog

*) PAVRP — protivavionski vođeni reaktivni projektil. —
Prim. prev.

časopisa »Ameriken aviejšn dejli«, u SAD su za rešavanje tog problema primenili takozvani sistem »misajl-master« (sl. 52), čiji je osnovni element elektronska računska mašina.



Sl. 52 — Sistem „misajl—master“: 1 — branjeni objekat; 2 — centar za upravljanje; 3 — radarske stanice za daljinsko otkrivanje i merenje visine ciljeva; 4 — baterija protivavionskih vođenih projektila

Sistem »misajl-master« je minijaturna varijanta sistema »sejdž«. On je predviđen za rad kako u kombinaciji sa sistemom »sejdž« tako i nezavisno od njega. Sistem »misajl-master« namenjen je za odbranu izdvojenih objekata. Zbog toga ga često nazivaju tačkastim sistemom PVO. Osnovna namena sistema je korekcija i koordinacija vatre baterija protivavionskih vođenih projektila »najk-ajaks«, »najk-herkules« i »hok«.

»Misajl-master« je jedini sistem koji obuhvata sve etape protivvazdušne odbrane, počev od otkrivanja cilja do njegovog uništavanja. U sastav sistema ulaze: opera-

tivni centar gde se smešta elektronska računska mašina; dve radarske stanice za daljinsko otkrivanje i određivanje visine cilja; razgranata linija za prenošenje podataka iz operativnog centra na svaku bateriju PAVRP.

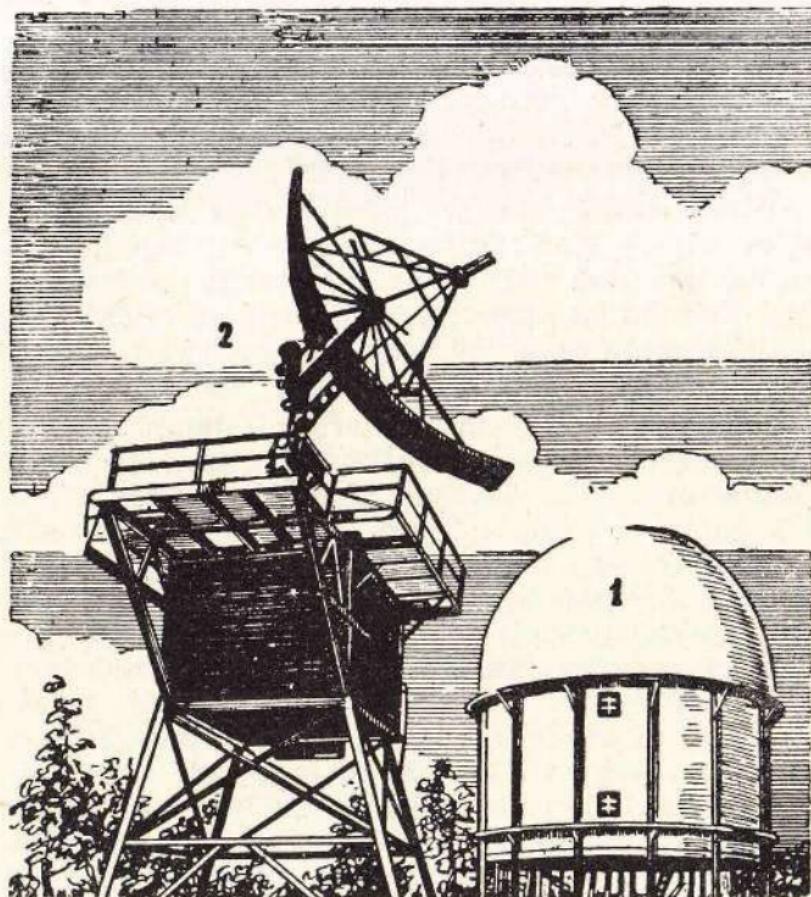
Podaci o svim vazdušnim ciljevima u rejonu objekta koji se brani sa radarske stanice, dovode se do elektronske računske mašine. Ovde se analiziraju i raspoređuju po baterijama. Zatim automatskom linijom dolaze u baterije gde se pomoću aparature sistema za navođenje projektili navode na zadate ciljeve.

Sistem »misajl-master« predviđa da baterije biraju pojedine ciljeve. Komandiru je prepustena inicijativa dejstava, on sam bira cilj i lansira projektil pritiskom na dugme. Takvim sistemom, po mišljenju američkih vojnih stručnjaka, može se izbeći to da jedan cilj gađa više baterija ili da se neki cilj propusti i ostane neoboren.

Kao što je objavljeno u američkoj štampi, prvi industrijski model sistema »misajl-master« ušao je u naoružanje protivvazdušne odbrane SAD u decembru 1957. godine*). Njega je izradila firma »Martin« po narudžbini komande PVO za odbranu rejona Baltimor — Vašington. Za operativni centar je u Fort Midu (država Merilend) podignuta posebna zgrada. Tu su smešteni indikatori gde se neprekidno osmatra situacija u vazduhu u određenom rejonu i prate dejstva baterija. Tamo je takođe smeštena elektronska računska mašina. U zgradi postoji soba za komandanta rejona PVO. Pored te zgrade smešteni su radar za otkrivanje i visinometri (sl. 53) — osnovni izvori informacija o vazdušnoj situaciji u rejonu. Oni omogućavaju da se radi nezavisno od sistema »sejdž«. Izvori informacija su takođe radari koji se nalaze na položajima protivavionskih baterija. Informacije o udaljenim ciljevima prenosi sistem »sejdž«. Svi podaci o ciljevima koji stignu u sistem »misajl-master« prenose se na indikatore operativnog centra i baterije PAVRP. Tamo se stavljaju na običnu radarsku sliku i »vezuju se« za kartu

*) *Radio and Television News*, br. 19, mart 1958.

zemljišta. Sistem indikatora operativnog centra poslužuju operatori za praćenje koji prate podatke što dolaze sa linije za daljinsko otkrivanje, i kontrolori taktičke situacije koji prate situaciju u vazduhu i to kako pojedini



Sl. 53 — Odvojeni industrijski model „misajl-master”: 1 — osmatrački radar; 2 — merač visine

komandiri baterija biraju ciljeve. Oni mogu uticati na dejstva komandira baterija, usmeravati vatru na najvažnije ciljeve i onemogućavati dupliranje.

Oficiri za identifikaciju prate marš-rute sopstvenih aviona i upoređuju ih sa podacima koji dolaze od komandira baterija. Pri tome operatori imaju pravo da u svakom momentu zaustave navođenje vatre na avione koji su identifikovani kao sopstveni.

Svi indikatori u sistemu »misajl-master« snabdeveni su elektronskim komutatorima pomoću kojih operatori mogu odabrati one podatke o cilju koji ih interesuju. Različiti predmeti, identikuju se po obliku oznake na ekranu katodne cevi tipa haraktrona.

Cela posluga operativnog centra sastoji se od 120 ljudi, uključujući tu i administrativno osoblje. Rad se obavlja u toku svih 24 časa, u tri smene, a u svakoj smeni je po 6 oficira i 24 vojnika.

Tokom 1960. god. izgrađeno je na teritoriji SAD devet centara sistema PVO »misajl-master«, razmeštenih po strategijskim rejonima i namenjenih za koordinaciju lansiranja projektila »najk«*).

Kao sredstvo protivvazdušne odbrane rejona borbenih dejstava kopnene vojske SAD, izgrađen je pokretni sistem »misajl-monitor«. Prema oceni američkih vojnih stručnjaka, takav podsistem potpuno odgovara potrebama savremenog rata i sposoban je da uz pomoć elektronskih mašina obezbedi upravljanje i koordinaciju vatre iz svih sredstava PVO kopnene vojske. Podsistemi se smeštaju na vozila sa prikolicama i imaju istu pokretljivost kao i delovi trupa i jedinica koji je poslužuju.

Po narudžbini ratne mornarice SAD, firma »Liton industrix«**) izgradila je brodski sistem za blagovremeno obaveštavanje, takozvani mali »sejdž« koji omogućava bitno smanjivanje vremena potrebnog za presretanje vazdušnih ciljeva. U sistemu se koristi elektronsko-računski uređaj koji procenjuje cilj i daje njegove koordinate. Koristeći se tim podacima, posada aviona može lako da prati cilj i upravlja njegovim presretanjem. Sistem pred-

*) *Signal*, januar 1961.

**) *Interavia Air Letter*, april 1960.

viđa prenošenje podataka o ciljevima na brodove i zemaljske PVO. Mali »sejdž« ima male dimenzije i težina mu ne prelazi 900 kg.

Danas armija SAD*) pokušava da značajno smanji davanje sredstava za dalje građenje sistema PVO »sejdž« i izgradnju rampi za lansiranje protivavionskih vođenih projektila »bomark«. To je povezano sa preispitivanjem odbrambenih programa, zbog pojave međukontinentalnih balističkih i globalnih raketa i smanjivanja uloge bombarderske avijacije, zbog koje je i bio izgrađen sistem »sejdž«.

Američka štampa prepuna je izjava zvaničnih predstavnika oružanih snaga SAD u vezi sa aktuelnošću problema zaštite američkog kontinenta od međukontinentalnih balističkih i globalnih raketa. Iznosi se jednodušno mišljenje da osnovna pažnja treba da bude obraćena zaštiti od međukontinentalnih balističkih raketa, a ne od bombardera sa pilotima.

Radarske stanice sistema BMEWS (sada se gradi) koje imaju domet do 6000 km i služe za superdaljinsko otkrivanje međukontinentalnih raketa, namenjene su za davanje blagovremenih informacija sistema »najk zevs«. Sam sistem BMEWS će samo obezbeđivati PVO od mogućnosti naleta, ali neće upravljati sredstvima za presretanje.

Danas je u SAD razrađen sistem za protivraketnu odbranu od međukontinentalnih balističkih raketa »najk zevs«.**) Izrađeni trostепени projektil »antiraketa« po spoljašnjem izgledu podseća na druge projektile iz porodice »najk« i razlikuju se od svojih prethodnika »najk — ajaks« i »najk — herkules« znatno većim dometom.

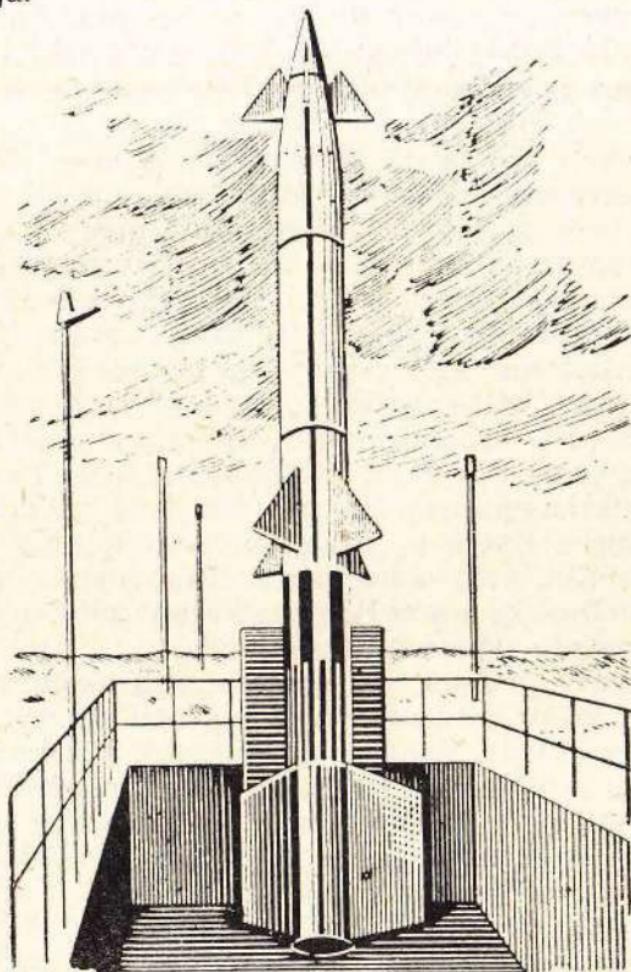
Projektil-antiraketa »najk zevs« (sl. 54) ima srazmerno kratak trup velikog prečnika koji obezbeđuje stabilno postavljanje. Takva konstrukcija olakšava eksploataciju rakete. Veliki prečnik trupa rakete, kao što se

*) *Aviation Week*, april 1960.

**) *Aeroplane*, maj 1960; *Aviation Week*, april 1960, mart 1962; *Electronics*, februar 1960; *Missiles and Rockets*, februar 1962.

pretpostavlja, omogućiće da se iskoriste snažne atomske bojeve glave za uništenje u vazduhu neprijateljskih međukontinentalnih raketa i vođenih projektila.

Po zamislima konstruktora, antiraketa »najk-zevs« mora da leti kroz gусте slojeve atmosfere brzinom iznad 19 000 km/čas*) i da pri tome ima veliku sposobnost manevriranja.



Sl. 54 — Projektil-antiraketa »najk-zevs« na rampi za lansiranje

*) Tako stoji u originalu. — Prim. red.

Projektil »najk-zevs« sastoji se od tri stepena. Ukupna dužina je 20 m, a prečnik 1,5 m. Njegov prednji konus se odvaja; u njemu se nalazi sistem za upravljanje koji pri kraju leta omogućava unošenje korekture trajektorije za presretanje. Dužina drugog stepena sa konusom je oko 9 m, težina 4.500 kg, dužina startnog motora oko 6 m. Motor radi sa čvrsttim gorivom i razvija potisak od 204 t. Težina bustera je oko 9 000 kg. Visina presretanja projektila je oko 320 — 400 km; maksimalni domet 1 600 km, a brzina pri potpunom sagorevanju goriva oko 9 000 km/čas.*)

Na raketi se nalazi snažan jednostepeni motor sa čvrsttim gorivom i sa dva režima sagorevanja da bi se obezbedio veći potisak pri lansiranju i manji na ostalom aktivnom delu leta. Ukupno vreme rada motora dostiže 30—60 sekundi, a težina motora sa gorivom 2—4 t.

Po proračunima projektil može za manje od dva minuta da postigne visinu presretanja reda 400—500 km. Projektil može biti iskorišćen i za presretanje bojevih glava raketa na visinama većim od 90 km u onim slučajevima kad je moguće otkriti ih dovoljno tačno i na vreme.

Karakteristična osobina projektila su trouglaste površine za upravljanje na krajevima trouglastih stabilizatora u obliku vrlo oštре strele. Tako velike aerodinamičke površine za upravljanje stvaraju povoljne uslove za manevriranje rakete u atmosferi.

U nižim slojevima atmosfere, antiraketom »najk-zevs« po svoj prilici se upravlja pomoću kormila postavljenih u dve međusobno upravne ravni. Predviđa se da će u njoj biti primenjena pouzdana aparatura za samostabilizaciju, namenjena za kompenziranje faktora iz atmosfere koji je ometaju i eliminisanje skretanja antirakete od pravca koji zadaje sistem za upravljanje. Iznad 30—35 km efikasnost kormila primetno slabi, već pri brzinama leta od 12 000 km/čas. Za upravljanje antiraketom američki stručnjaci predlažu primenu usmeravanja mlaza raketnih motora.

* Tako stoji u originalu. — Prim. red.

Projektil može da nosi termonuklearnu bojevu glavu za uništavanje ciljeva na velikim visinama ili atomsku glavu za uništavanje ciljeva na manjim visinama. Eksplozija bojeve glave projektila verovatno se vrši pomoću autonomnog daljinskog upaljača ili na komandu sa zemlje.

Najvažniji elementi sistema su radari. Sistem navođenja projektila sa zemlje radi na principu navođenja po komandama sa zemlje kao i kod drugih projektila iz ove porodice. On je zasnovan na jednovremenom praćenju cilja i projektila pomoću dva radara. Svaki centar sistema »najk-zevs« obuhvata četiri vrste radara: za pokazivanje cilja, mesni, za praćenje cilja i radar za navođenje (praćenje) protivraketnog projektila. Broj radara određenog tipa zavisi od karaktera branjenog rejona.

1. Najsloženiji od sva četiri radara je onaj za pokazivanje ciljeva. To je u stvari vrlo snažan radar za daljinsko otkrivanje. Njegov domet je oko 2.500 km, a postavlja se na velikoj udaljenosti od baterije »antiraketa«. Radaru se dodaju elektronsko-računske aparature za određivanje tačke u kojoj neprijateljski projektil počinje da pada. Radar za otkrivanje ciljeva obezbeđuje otkrivanje i davanje podataka za jednovremeno praćenje velikog broja ciljeva veličine bojeve glave rakete koji se kreću brzinom od 8 km/sek. Sve funkcije radara moraju se obaviti za 20 sekundi. Pretpostavlja se da bojeva glava leti brzinom od 29.000 km/čas, a brzina presretača dostiže 11 500 km/čas. Otuda, za presretanje na visinama na kojima je eksplozija cilja bezopasna, protivraketnoj odbrani ostaju na raspolaganju tri minuta i to za otkrivanje, identifikovanje, određivanje trajektorije bojeve glave i izvođenje projektila presretača u tačku presretanja. Prema tome, prvo bitno otkrivanje mora se izvesti na razdaljini od 1.000—1.600 km.

2. Mesni radar za pokazivanje cilja obično se postavlja blizu baterije. Elektronsko-računska aparatura isturenog radara automatski odvaja ciljeve radara za pokazivanje cilja i njegovim elektronsko-računskim aparaturama za praćenje. Zadatak mesnog radara je da »prouči« bojevu

glavu koja se približava i da je razlikuje od lažnih bojevih glava i drugih uređaja za dezorientaciju.

Američka štampa ne daje detalje konstrukcije tog radara. Poznato je jedino da ima veliki domet.

Osnova njegovog rada je upoređivanje karakteristika signala odbijenog od cilja koje se izdvajaju specijalnim, vrlo složenim metodama, sa skupom mogućih karakteristika signala koji se čuvaju u akumulatoru — »memoriji« elektronsko-računskog uređaja.

3. Radar za praćenje cilja prati pomoću elektronsko-računskih aparata pojedine ciljeve do lansiranja projektila »najk-zevs« u procesu presretanja i predaje putanju cilja mesnim elektronsko-računskim aparatima za navođenje koji proračunavaju tačku presretanja. Svaki elektronsko-računski aparat za praćenje cilja može jednovremeno da prati tri cilja. Specifična osobina radara je veliki domet dejstva po ciljevima malih dimenzija i velika tačnost.

4. Radar za navođenje sistema »najk-zevs« ostvaruje navođenje uz pomoć radio-svetionika, postavljenog na treći stepen projektila, koji ga pomoću prijemnika komandi postavljenog na projektil navodi sve do tačke presretanja. Kibernetički centar koji prerađuje protok informacija je elektronsko-računski uređaj za presretanje. Namena uređaja je da rešava zadatke navođenja i upravljanja radi obezbeđivanja presretanja bilo kakvih objekata, među kojima mogu biti i lažni projektili.

Firma »Dženeral elektrik« u SAD razradila je novi metod pomoću kojeg se razlikuju bojeve glave od lažnih projektila, kao i pojedinačni ciljevi od grupe ciljeva.*)

Stručnjaci koji se bave teoretskom razradom pitanja izgradnje sistema sa povišenim stepenom tačnosti, matematički su obrazložili činjenicu da relativno malo povećanje signala dozvoljava da se on iskoristi za neposredno merenje brzine i ubrzanja ciljeva, uključujući i merenje brzine rotacije.

*) Electronics, decembar 1960; Aviation Week, decembar 1960.

U tu svrhu se u radarskom predajniku i prijemniku mora primeniti poseban način obrade, kako signala koji se emituje, tako i signala koji se prima, što će, smatra se, omogućiti da se neposredno iz odbijenih signala izvuče više informacija. Stručnjaci tvrde da ovaj metod može biti primenjen ne samo kod postojećih radarskih sistema, već i kod sistema za superdaljinsko otkrivanje balističkih raketa.

Iz opšte sheme uzajamnog delovanja sredstava sistema, date na sl. 55, vidi se rad elektronsko-računskog sistema koji počinje od trenutka otkrivanja i hvatanja cilja u vidno polje. Ulazni signali radara za pokazivanje ciljeva predaju se elektronsko-računskom uređaju za otkrivanje operativnog centra sistema »najk-zevs«. Istovremeno se izdvaja baterija antiraketa odgovorna za operaciju presretanja koja u elektronsko-računski uređaj uvodi prve podatke za gađanje. U rad se brzo uključuje mesni radar baterije koji identificuje ciljeve.

Posle identifikovanja cilja elektronsko-računski uređaj za presretanje izdvaja radar za praćenje cilja, bira određene protivraketne projektile i daje naredbu za pripremu projektila za lansiranje. Na osnovu dobijenih podataka od radara za praćenje, elektronsko-računski uređaj izračunava vreme leta projektila, određuje njegovu početnu putanju i tačku eksplozije. Svi ti podaci daju se radaru za navođenje na startnoj platformi, gde se podvrgavaju neprekidnoj kontroli. U proračunatom trenutku elektronsko-računski uređaj daje komandu za start i stavlja se u pogon motor prvog stepena. Tokom leta projektila, sve do poslednjeg momenta pred presretanje, uvode se neophodne korekture. Zatim elektronsko-računski uređaj daje komandu za eksploziju projektila i priprema se za sledeće lansiranje, brišući sve prethodne informacije.

Sistem »najk-zevs« je potpuno automatizovan. Nezavisno od toga čovek se uvek može uključiti u njegov rad.

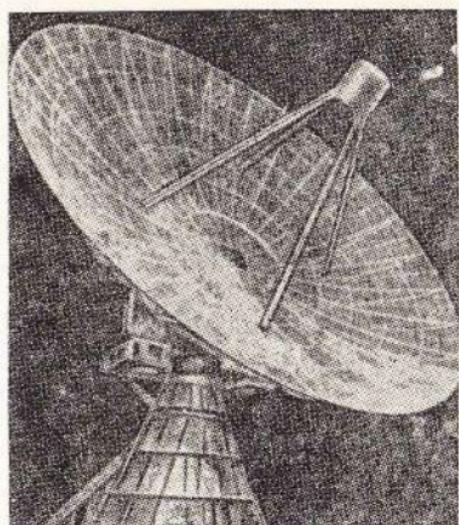
Elektronsko-računski uređaj za presretanje predstavlja vrlo brz digitalni uređaj koji obavlja 200 000 aritmetičkih radnji u sekundi.



Sl. 55 — Opšta shema uzajamne veze elemenata protivraketnog sistema „najk-zev“: 1 — prijemnik mesnog radara za pokazivanje cilja; 2 — predajnik radarske stanice za pokazivanje cilja; 3 — radarska stanica za raspoznavanje ciljeva; 4 — radarska stanica za praćenje ciljeva; 5 — radarska stanica za praćenje projektila; 6 — instalacija za lansiranje; 7 — centar upravljanja baterije; 8 — obrada podataka izviđanja; 9 — protivraketni projektil; 10 — bojeva glava neprijateljske rakete; 11 — lažni ciljevi

Prema približnoj proceni, cena 60 baterija »najk-zevs«, svake naoružane sa 50 projektila koji mogu da zaštite veće gradove i vojne objekte, iznosi oko 10 milijadi dolara, a cena 120 baterija koje obezbeđuju zaštitu gradova sa preko 100.000 stanovnika i važnih vojnih i industrijskih objekata, iznosi oko 15 milijadi dolara. Ipak, strani stručnjaci smatraju da će protivraketna odbrana sistemom »najk-zevs« orientaciono koštati oko 50 milijadi dolara, jer je za nju potrebna potpuna automatizacija svih operacija i sigurna veza između svih njenih elemenata.*)

Protivraketni sistem »najk-zevs« ulazi u projekat »defender« i, u skladu sa planom naučnoistraživačkih radova, početkom 1963. godine podvrgnuće se, prema prepostavkama, završnim ispitivanjima. »Najk-zevs« će se na ispitivanjima lansirati sa poligona Kuadžalejn. Let projektila »najk-zevs« pratiće se pomoću snažnih radara koji će biti postavljeni na ostrvo Roj Namur u južnom delu Tihog okeana.**) Jedan od njih je modernizovani radar za praćenje AN/FPS — 49 (sl. 56) sistema za dajinsko otkrivanje međukontinentalnih balističkih raketa BMEWS, a drugi — radar za praćenje, tipa »pinsašion«, sa dijagramom zračenja koji sadrži više od 12 uskih snopova, dobijenih pomoću parabolične antene, visoke kao petospratnica i teške 80 t.



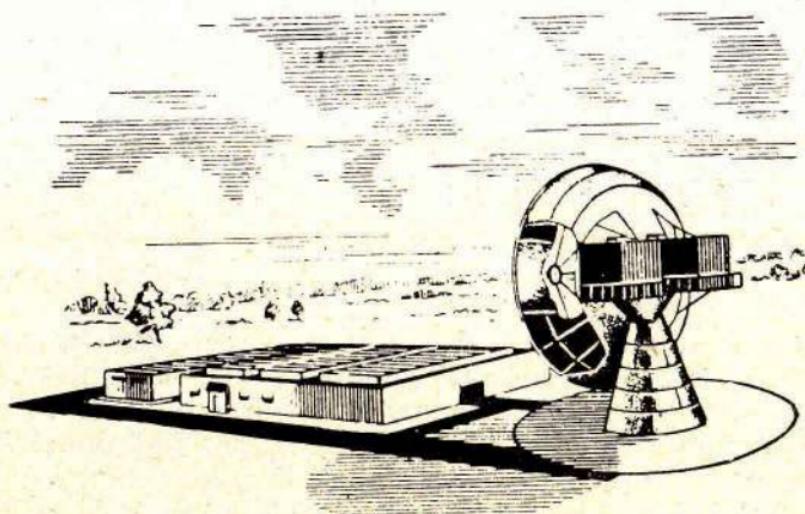
Sl. 56 — Antenski sistem radaarske stanice za praćenje cilja AN/FPS-49

Radar »pinsašion« (sl. 57) pratiće balističke projektile i identifikovaće nji-

*) Aviation Week, decembar 1961.

**) Aviation Week, mart 1962.

hove bojeve glave na rastojanjima od nekoliko hiljada kilometara.



Sl. 57 — Radar »pinsašion«

Pri ispitivanju, sistem »najk-zevs« koristiće se za odbranu poligona Kaudžalejn od međukontinentalnih rakaeta »atlas« i »titan—I« izbačenih sa baze ratnog vazduhoplovstva Vandenberg. Ukupno će biti izvršeno 47 lansiranja. Rezultati ispitivanja rešiće pitanje o svrshishodnosti daljeg rada na programu »najk-zevs«.

Prema pisanju američke štampe, u SAD se od početka 1959. godine ubrzano razrađivao novi radar sistema »najk-zevs« pod nazivom ZMAR.* Projektovani radar je višenamenski i snabdeven je faznom antenskom rešetkom sa električnim otklanjanjem mlaza. Razlikuje se od postojećeg sistema sa četiri radara po tome što je sposoban da istovremeno otkriva ciljeve na širokim prostranstvima, kao i da otkriva, prati i identificiše bojeve glave balističkih projektila i međukontinentalnih rakaeta. Ipak, smatra se najverovatnijim da će se njegove funkcije ograničiti na

*) *Missiles and Rockets*, januar 1962.

pokazivanje ciljeva. Detalje o ovom radaru američka štampa ne iznosi.

Poznato je da u poređenju sa drugim sredstvima napada, međukontinentalna raketa ima najveći stepen iznenadenja. Daljinsko otkrivanje i upoznavanje za sada su jedino efikasno sredstvo za protivdejstvo protiv iznenadnog raketnog napada. Svaki minut dobijen ranijim otkrivanjem međukontinentalne balističke rakete omogućava da se sačuvaju udarne snage protivvazdušne odbrane, a takođe će obezbediti dodatno vreme za pripremu protivraketne odbrane. Prema tome, osnovni zahtev za sistem daljinskog otkrivanja sredstava napada sastoji se u tome da se faktor iznenadenje svede na minimum.

Iz strane štampe*) vidi se da američka vojna komanda smatra da će u budućem ratu iznenadenje biti odlučujuće. U vezi s tim smatra se da masovni, iznenadni udar međukontinentalnim raketama sa termonuklearnim bojevim glavama može imati odlučujući uticaj na ceo tok rata.**) Zbog toga svi američki projekti baziraju na potrebi što brže izgradnje efikasnog sistema za superdaljinsko otkrivanje međukontinentalnih balističkih raketa i antiraketa.

U SAD se izgradnji radarskih stanica za daljinsko otkrivanje poklanja mnogo pažnje u poslednjih šest godina.***) Na primer, izvode se veliki radovi, kako za usavršavanje postojećih, tako i za izgradnju novih radarskih stanica. Časopis *Flugwissenschaft*****) piše da se, kao rezultat usavršavanja, dolet radarske stanice povećao za 52 procenta i dostigao daljinu od 600 km. Pored toga, izgrađene su nove stanice sa doletom preko 1.000 km. Američki inženjeri postavljaju u sistem za daljinsko otkrivanje BMEWS radarsku stanicu sa doletom većim od 1.600 km. Izgrađen je radar 10 — santimetarskog opsega sa snagom impulsa od 26 MW. Ministarstvo odbrane SAD tim

*) *Aviation Week*, april, 1960; *Electronics*, februar 1960.

**) *Saturday Review*, septembar 1960.

***) *Interavia Air Letter*, avgust 1959.

****) *Flugwissenschaft*, br. 9, 1958.

povodom je izjavilo da je rešavanje problema otkrivanja balističkih raketa velikog dometa bitno krenulo napred.

Radarsko osmatranje kao sredstvo za savremeno obaveštavanje i upravljanje zauzima vodeće mesto među mnogim sredstvima kojima se koristi PVO. Na primer, u SAD su prema severu izgrađene tri linije za blagovremeno radarsko otkrivanje ciljeva, postavljene na raznim udaljenostima. Jedna od linija prolazi duž granice SAD sa Kanadom, a druge dve na 800, odnosno 2.900 km severno od granice sa Kanadom. Pomorske granice SAD prema okeanima takođe su zaštićene radarskim stanicama za izviđanje koje se nalaze na veštačkim ostrvima »Teksaške kule« (na stubovima). Pored toga, upotrebljavaju se specijalni brodovi radarske straže, avioni i helikopteri.

Laboratorija Linkolna na Masačusetskom tehnološkom institutu u Americi, izradila je, prema porudžbini vojnih vlasti, i postavila u Milston Hilu eksperimentalnu radarsku stanicu vrlo velikog dometa, namenjenu za praćenje leta balističkih raketa. Novi radar radi u režimu neprekidnog emitovanja.

Uređaj omogućava određivanje trenutnih koordinata balističke rakete u pokretu: daljinu, azimut, mesni ugao i brzinu. Antenski sistem ima paraboličan reflektor prečnik 25,6 m. Deo konstrukcije koji se okreće težak je 90 t i omogućava pretraživanje neba od horizonta do zenita. Visina kule od armiranog betona na kojoj je antena iznosi 27,5 m.

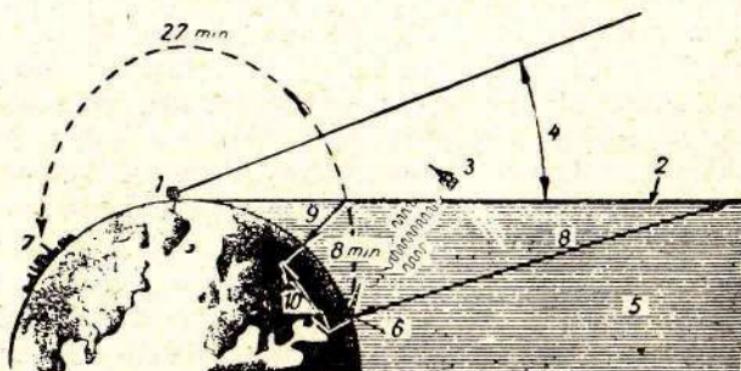
Firma Speri*) završila je izgradnju radara za sistem BMEWS sa vrlo snažnim predajnikom i vrlo osetljivim prijemnikom. Novi radar ima domet oko 4.800, a po drugim podacima čak i 5.600 km. Uz pomoć takvog superdaljinskog radara mogu se otkriti trenutne koordinate balističkih raketa na rastojanju 4.500 — 5.000 km, tj. približno na 15 — 20 minuta pre dolaska na cilj.

Ipak, Amerikanci smatraju da je sistem BMEWS, namenjen za superdaljinsko otkrivanje i praćenje međukon-

*) Flight, decembar 1958.

tinentalnih raket, privremena mera pošto obezbeđuje osmatranje samo u severnim rejonima. U slučaju da neprijatelj primeni balističke rakete srednjeg dometa, izbačene sa podmornica, ili rakete sa velikim dometom izbačene sa južne hemisfere, može se desiti da stanice na onim mestima gde se sada grade budu potpuno nekorisne. U vezi s tim u SAD se ozbiljna pažnja poklanja i proučavanju mogućnosti korišćenja drugih sredstava za blagovremeno otkrivanje međukontinentalnih balističkih raket, a posebno optičke tehnike i infracrvenog zračenja.

U Americi su se u širokim razmerama razvili radovi radi iskorišćavanja veštačkih zemljinih satelita za blagovremeno otkrivanje i izveštavanje o međukontinentalnim raketama. Sa Kejp Kanaveral (Kejp Kenedija) lansiran je 24. maja 1960. godine eksperimentalni satelit sistema



Sl. 58 — Shema pokazivanja cilja sa satelita: 1 — radarska stanica sistema za otkrivanje međukontinentalnih balističkih raket; 2 — „horizont” radarskog sistema; 3 — satelit „midas”; 4 — zona vidljivosti za radare; 5 — „mrtva” zona radara; 6 — startna instalacija MKBR; 7 — cilj; 8 — 3700 km; 9 — 900 km; 10 — 2775 km

»midas«, izrađen kao dopuna sistema za superdaljinsko radarsko otkrivanje balističkih raket BMEWS. Satelit je izašao na orbitu čiji je ahel bio 509 km, a perihel 352 km, i koja je bila nagnuta prema ekvatorijalnoj ravni pod

uglom od 28 stepeni. Period okretanja po orbiti bio je 94 minuta. Satelit je bio težak 2.500 kg pri čemu težina korisnog tereta i opreme dostiže oko 1.600 kg.

Poznato je da u SAD nameravaju da se koriste u vojne svrhe većim brojem satelita sistema »midas«, snabdevenih aparaturom za tehniku infracrvenih zrakova, koji se, radi ranijeg dobijanja podataka o izbacivanju međukontinentalnih balističkih raketa na osnovu toplove koju izazivaju njihovi motori, kreću po kružnim polarnim orbitama na visini od 500 do 650 km.

Prepostavlja se da će se sateliti »midas« koristiti ne samo kao sredstvo izviđanja već i za pokazivanje ciljeva radarskim stanicama protivraketnog sistema za daljinsko otkrivanje.

Kao što se vidi sa sl. 58, stanice BMEWS imaju, zbog krivine zemlje, mrtvu zonu koja se nalazi ispod horizonta. Zbog toga stanica može otkriti raketu tek pošto ova izađe iz mrtve zone, pri čemu je to vreme utoliko veće ukoliko je dalje umesto izbacivanja od radarske stanice. Prema teorijskim proračunima koje su obavili američki stručnjaci to vreme se kreće od 6 do 10 minuta pri daljinama reda 5.000 — 8.000 km.

Upotreba satelita će omogućiti otkrivanje rakete jedan minut posle njenog lansiranja. Smatra se da se postojanjem dovoljnog broja satelita može otkriti lansiranje rakete praktično na svakoj tački zemljine kugle.

Informacije o lansiranju rakete predavaće se sa satelita komandi stana severnoameričkog sistema PVO u Kolorado Springsu i stanicu BMEWS za upozorenje o potrebi pripreme za otkrivanje cilja u datom sektoru i u određeno vreme.

SAD se ne ograničavaju na satelite — »špijune«, na satelite za superdaljinsko otkrivanje međukontinentalnih raketa. Sateliti kao sredstvo za borbu sa međukontinentalnim raketama takođe privlače pažnju vojnih krugova Amerike. Tako, na primer, Uprava za perspektivna istraživanja i razvoj Ministarstva odbrane SAD planira ubr-

zaru izgradnju sistema protivraketne odbrane, smeštenog na satelite.

Poznato je da firma »Tonson Ramo Voldridt« razrađuje sistem za totalni baraz RWS, u kome treba da se iskoristi mnoštvo dirigovanih satelita, izvedenih na različite orbite radi presretanja i uništenja u vazduhu neprijateljskih međukontinentalnih raketa pre njihovog dolaska na cilj. Pretpostavlja se da će se u sistemu RWS koristiti dirigovani sateliti namenjeni za otkrivanje, praćenje i uništenje međukontinentalnih balističkih raketa.

Ista firma razradila je projekat za još jedan sličan protivraketni sistem koji predviđa mogućnost uništenja neprijateljskih raketa u početnoj fazi leta. Pretpostavlja se da će se u tom sistemu iskoristiti novi uređaje za otkrivanje raketa koji se postavlja na satelit. Ističe se da će se taj sistem moći primenjivati protiv balističkih projektila srednjeg dometa i protiv međukontinentalnih raketa.

Nekoliko projektila protivraketnih sistema koji se razrađuju na principu da međukontinentalne balističke rakete presreću projektili-presretači, dobilo je šifru »projekt Bambi«. Kosmički sistem naoružanja, razrađen na osnovu tih projekata, imaće oznaku WS-649 E.*)

Iznosi se da od oktobra 1961. godine američki sistem za praćenje satelita NASA**) ima 14 stanica za praćenje na frekvenciji 136 MHz.

U martu 1960. godine, u američkoj štampi se pojavila vest da je u blizini baze ratnog vazduhoplovstva SAD Hanskom počeo da se podiže Nacionalni centar za kontrolu kosmičkog prostora. Novi centar koordinira sve radevine koje po zajedničkom programu izvode armija, mornarica i vazduhoplovstvo SAD u oblasti kontrole kosmičkog prostora i obezbeđuje prikupljanje i obradu podataka o svim objektima koji se nalaze u kosmičkom prostoru. Osnovni zadatak sistema je otkrivanje i praćenje

*) Aviation Week, februar 1960: Electronics, mart 1960.

**) Interavia Air Letter, novembar 1960.

nje satelita koji se u vojne svrhe izbacuju za izviđanje, obezbeđivanje od napada, vezu, navigaciju i dr.

Glavni deo opreme centra su elektronsko-računski uređaji, pomoću kojih se izračunavaju orbite tih satelita i određuje njihov položaj u svakom trenutku. Podaci o praćenju kosmičkih objekata dolaze iz 17 glavnih osmatračkih punktova, uključujući ovde i Kejp Kanaveral.

Prema pisanju časopisa »Aviation Week« danas je razrađen niz projekata za veštačke zemljine satelite sa posadom ili bez nje, kao sredstvo za inspekciju kosmosa i presretanje neprijateljskih satelita na orbiti.

Sateliti se predviđaju za kratak let oko zemlje u trajanju od oko 24 časa po promenljivoj orbiti sa kasnjim povratkom na zemlju.

Kosmički brod satelit-presretač, kako se pretpostavlja, može da ponese pilota i teret do 600 kg. Jednim od razrađenih projektila za takve satelite predviđa se njegovo konstruisanje u obliku strele sa krilima koja se skupljaju. Posle izlaska satelita na orbitu, krila će se automatski raširiti. Osnovne dimenzije satelita su: dužina 25 m, raspon 13 m, površina krila 90 m².

Pretpostavlja se da se pomoću sistema za lansiranje ovaj satelit može izvesti na orbitu sa greškom u ugлу koja ne prelazi 2° i sa odstupanjem od cilja koje na orbiti ne prelazi 30 km.

Izvođenje satelita na cilj može se osigurati sa velikom tačnošću pomoću automatskog sistema za upravljanje ili upravljanjem samog pilota. Pretpostavlja se da se za navođenje satelita-presretača na cilj koristi inercioni sistem. On obuhvata stabilizovanu platformu koja zadržava akcelerometre u horizontalnom položaju, i elektronsko-računski uređaj. Pomoću tog sistema izračunavaće se položaj satelita u prostoru i pokazivaće se na pokretnoj karti Zemlje ili nebeskog svoda. Za vreme leta pilot pomoću optičkih instrumenata može vizuelno da određuje

svoj položaj u prostoru i da upoređuje dobijene podatke sa kartom. Za uklanjanje grešaka nastalih u elementima sistema, kao i grešaka samog sistema, u elektronsko-rачunski uređaj će se unositi korekcije.

Da bi satelit obavljao manevre u cilju presretanja, planira se da se na njega postavi optički sistem za praćenje koji će obezbeđivati prikupljanje podataka od dajini, azimutu i mesnom uglu cilja.

Satelit će imati elektronski uređaj za unošenje automatskog programa rada koji će se izvršavati po komandama sa zemlje. Uređaj će omogućiti da se ostvari navođenje satelita na cilj i njegovo vraćanje na zemlju bez učešća pilota.

Prepostavlja se da će se u kosmosu upravljanje satelitom ostvariti pomoću sistema u kome će se koristiti 12 raketnih motora i tri inerciona zamajca koje pokreću elektromotori. Pri letu kroz atmosferu satelitom će se verovatno upravljati pomoću običnih aerodinamičnih srdestava.

Satelit će se vratiti u atmosferu pomoću automatskog sistema za upravljanje, zasnovanog na principu povratne sprege sa brzinom promene kritične temperature tela.

Prepostavlja se da će radovi na satelitu-presretaču biti završeni 1964. godine.

U časopisu »Aeroplane« piše da satelit bez pilota gradi firma »Vestinghauz«. On će se takođe izbacivati radi presretanja neprijateljskih satelita ili će se ranije izvoditi na »pomoćnu« orbitu s tim da blagovremeno obezbedi presretanje, »ispitivanje« ili detaljni pregled kosmičkih objekata uz pomoć televizijskih kamera i specijalnih radara. Detalje o podacima satelita štampa SAD ne saopštava.

Pored izgradnje projekata za satelite-presretače, u SAD je razrađen elektronski sitsem za tačno određivanje orbita zemljinih satelita.*). Taj sistem je namenjen za

*) Aviation Week, decembar 1960.

postavljanje na satelite, specijalno na satelit-presretač »sejnt«. U sastav sistema ulaze: radar koji određuje samo daljinu ili brzinu promene daljine, digitalni elektronsko-računski uređaj i blok »memorije«. Sistem postavljen na satelit omogućava dobijanje potrebnih podataka za određivanje orbite svakog satelita u kosmosu.

Uz prisustvo radara za određivanje daljine i elektronsko-računskog uređaja, takvi podaci kao što su brzina, visina orbite i pravac kretanja otkrivenog satelita, određivaće se merenjem razdaljine do satelita u određenim vremenskim intervalima, na primer, svake sekunde, sa uzimanjem u obzir brzine i visine orbite satelita-presretača. Nekoliko očitavanja izmerene razdaljine omogućuje elektronsko-računskom uređaju da odredi sve podatke o orbiti otkrivenog satelita.

Pretraživanjem u organu za pamćenje, gde su ranije sakupljeni podaci o orbitama već poznatih satelita koji se nalaze na određenim visinama i u datom trenutku imaju poznatu brzinu i položaj u odnosu na zemlju, može se utvrditi da li je to »novi« ili »stari« satelit. U onim slučajevima kada se podaci o orbiti ponovo otkrivenog satelita ne poklapaju sa onima koji u organu za pamćenje postoje o prethodnim satelitima, satelit-presretač »sejnt« brzo predaje podatke o nepoznatom satelitu i počinje da izvršava zadatak presretanja i inspekcije.

Istiće se da korišćenje antene radara na satelitu-presretaču, sa mogućnošću emitovanja u svim pravcima, isključuje potrebu da na satelitu postoji sistem za stabilizovanje položaja antene. Pošto digitalni elektronsko-računski uređaj proračunava sam dve karakteristike orbite, smatra se da može biti jednostavne konstrukcije i lak. Na nekim visinama, na prostiranje radio-talasa utiče refrakcija*) u jonasferi, pa frekvencije mogu biti odabране

*) Refrakcija — prelamanje svetlosnih zrakova. Atmosferska refrakcija — prelamanja svetlosnih zrakova u atmosferi zemlje, usled čega svetlosni izvori izgledaju viši nego što je njihov stvarni položaj.

tako da isključe mogućnost da neprijateljske zemaljske radio-stanice stvaraju smetnje.

Ipak, ovakav sistem ima veliki nedostatak. On se sastoji u tome što zahteva snažan izvor za napajanje koji se mora postaviti na satelit-presretač. Smatra se da se problem može rešiti korišćenjem atomskih izvora za napajanje. Pretpostavlja se da praktična primena radara za merenje daljine može suštinski da uprosti praćenje velikog broja satelita koje SAD nameravaju da u narednim godinama lansiraju.

Smatra se da će se pomoći sistemu koji se sastoji od šest radara lako pratiti mnoštvo satelita i otkriti novi nepoznati koji se nalaze kako na niskim, tako i na visokim orbitama, kao i visinskih kosmičkih i raketa koje se šalju prema Mesecu. Dok ih prate, radari koji određuju daljinu mogu da obezbede veću tačnost nego oni za ugaono praćenje jer, ukoliko se visinska kosmička raka udaljuje od zemlje, njen ugao prema ravni izbacivanja malo se menja u poređenju sa povećanjem razdaljine.

U poslednje vreme sistem protivvazdušne odbrane SAD snabdeven je novom aparaturom za praćenje i otkrivanje kosmičkih ciljeva*). Aparaturu je izgradila firma »Dženeral elektrik«. Firma je u Skenektedi (država Nju-jork) otvorila radio-optičku opservatoriju, opremljenu tako osjetljivim optičkim teleskopom i radio-teleskopom koji omogućavaju istovremeno praćenje ciljeva. Radio-teleskop ima prečnik ogledala 8,4 m. Tvrdi se da optički teleskop, zajedno sa novom televizijskom kamerom za noćna snimanja, može uspešno da prati kosmičke ciljeve na rasturanju do polovine puta do Meseca.

U časopisu »Missiles and Rockets«**) piše da je u SAD razrađen elektrooptički sistem za praćenje raketa i zemaljinih satelita PIM sa vrlo velikom tačnošću. On je sličan

*) *Aviation Daily*, novembar 1959.

**) *Missiles and Rockets*, januar 1962.

foto-teodolitu i ima teleskop i foto-aparat ili kinokameru koji omogućavaju da se na filmu registruje slika objekta u letu, kao i njegove ugaone koordinate i vreme posmatranja. Praćenje je automatsko, a u složenim uslovima za osmatranje i ručno. Pratiti se može pomoću sredstava za infracrvenu tehniku i radarskih i televizijskih sredstava. Sistem određuje ugaone koordinate u numeričkom obliku, snima ih na feromagnetnu traku i može ih dati neposredno u računsku mašinu radi analize trajektorija raket i satelita. Položaj objekta određuje se sa ugaonom tačnošću od $1/180^{\circ}$, a oznake vremena ispisuju se sa tačnošću od $1 \mu\text{sec}$.