

pogodna je za ispitivanja u letu, pri čemu se pritisci mere obično pomoću Pitotove cevi.

Aerodinamički koeficijenti obeležavaju se u literaturi na razne načine. Priložena tabela daje uporedni pregled ovih oznaka.

U ovom članku	c_x	c_y	c_z	c_{mx}	c_m	c_{mz}
Belgija	c_x	—	c_z	—	$-c_m$	—
Engleska	C_D	C_C	C_L	C_t	C_M	C_N
Francuska	c_x	—	c_z	—	$-c_m$	—
Italija	$2C_r$	—	$2C_p$	—	$-2C_m$	—
Japan	c_x	—	c_z	—	c_m	—
Jugoslavija	c_x	c_y	c_z	c_{mx}	c_m	c_{mz}
Nemačka	c_w	c_q	c_a	c_L	$-c_m$	c_N
Poljska	c_x	c_y	c_z	c_{mx}	$-c_m$	c_{mz}
USA	c_D	c_C	c_L	c_t	c_m	c_n
SSSR	c_x	c_z	c_y	c_{mx}	$\pm c_m$	c_{mz}
Čehoslovačka	c_x	c_y	c_z	c_{mx}	$-c_m$	c_{mz}
Švajcarska	c_w	—	c_a	—	$-c_m$	—

Indeksi u ovim oznakama odnose se uglavnom na početna slova reči za aerodinamičku silu i moment ili na usvojene ose koordinatnog sistema.

LIT.: B. Jones, Reports and Memoranda, No 1688, London 1936. — M. Nenadović, Osnovi aerodinamičkih konstrukcija, I deo, Beograd 1950. — Isti, Osnovi aerodinamičkih konstrukcija, Aeroprofil, I i II deo, Beograd 1948. — H. Schlichting i E. Truckenbrodt, Aerodynamik des Flugzeuges, Berlin 1960. D. Gaj.

AERODROM (na vodi: **hidrodrom**), površina na zemlji (odnosno vodi) na kojoj je omogućeno bezbedno sletanje i polatanje vazduhoplova i izvršenje svih radnji na zemlji koje su neposredno povezane za službu vazduhoplova.

Aerodromi se dele na *vazdušna pristaništa* i *vazduhoplovne terene* (hidrodromi analogno na *hidro-pristaništa* i *vodene ravni*). Vazdušno pristanište (hidro-pristanište) je aerodrom (hidrodrom) na kome su, pored uređaja za održavanje i popravku vazduhoplova, predviđena postrojenja za prihvati i otpremu putnika, za utovar i istovar robe. Vazduhoplovni teren (vodena ravan) je svaki aerodrom (hidrodrom) koji se po opremljenosti ne može smatrati vazdušnim pristaništem (hidro-pristaništem).

Vazdušna baza obuhvaća jedan ili više aerodroma sa svim postrojenjima potrebnim za njihovo funkcionisanje, kao što su stovarišta, stambeno naselje, kasarne, organi odbrane (ukoliko se radi o vojnim bazama).

Aerodromi se pojavljuju sa prvim avionima i kako se razvijala konstrukcija aviona tako su se razvijali i aerodromi. Sistematski razvitak vazduhoplova može se smatrati da počinje pri kraju Prvog svetskog rata. Razvoj i upotreba avijacije u privredne svrhe posle Prvog svetskog rata, razvoj vazduhoplovstva u tehničkom pogledu i velik porast vazduhoplovstva između dva svetska rata postavili su problem uređenja aerodroma kao važno pitanje u svim državama.

Između dva svetska rata vazduhoplovni materijal saobraćajne avijacije iz godine u godinu sve se više razvijao, od aviona sa dva sedišta brzo se došlo do aviona sa više sedišta, pa i preko dvadeset. Međutim, svi ti avioni bili su vrlo osetljivi na bočne vetrove. Poletanje i sletanje aviona moglo se obaviti u većini slučajeva samo uz vetar ili sa minimalnim bočnim vetrom (najviše 8 km/h). Takav vazduhoplovni materijal iziskivao je tehničko rešenje aerodroma koje bi omogućilo sletanje i poletanje aviona u svim pravcima. Aerodromi su građeni na taj način da je kružna površina prečnika 800–1000 m isplanirana i zatravljena, a na perifernom delu takve površine postavljali su se aerodromski objekti. Ukoliko bi se u nekom području javljala samo dva dominantna pravca vetra, površina je bila eliptičkog oblika, sa velikom osom dužine 1000 m a malom 300–400 m.

Sarazvojem avijacije pred Drugi svetski rat razvija se i tehnika građenja aerodroma. U saobraćaju se pojavljuju teži avioni, koji više ne mogu bezbedno da sleću na jednostavne travnate zemljane površine; ukazuje se potreba da se za njihovo sletanje i poletanje izgrade staze od tvrdog materijala. Tako su pred Drugi svetski rat na aerodromima u Parizu, Berlinu, Zürichu, Ženevi, Rimu itd. izgrađene betonske staze dužine 500–800 m. Staze su se obično gradile za najčešće vetrove u dotičnom području.

Posle Drugog svetskog rata saobraćajna avijacija krenula je golemim koracima napred. Pojavljuju se avioni velike brzine i težine, a samim tim zaostava se još više problem izgradnje građevinskih objekata za prijem i otpremu aviona na zemlji. Aerodromi, kao objekti, postali su značajan činilac u putničkom saobraćaju. Razvoj vazdušne tehnike diktirao je i razvoj aerodroma kako u pogledu tehničkih karakteristika poletnosletne staze (PSS), tako i u pogledu instalacija, zgrada i drugih uređaja.

Umesto klasičnih zemljano-travnatih aerodroma svih pravaca grade se aerodromi samo za glavne pravce vetrova, sa krutim ili elastičnim stazama koje se računaju za prijem velikih opterećenja. Moderni avioni dozvoljavaju bočni vetar čak do 44 km/h pri poletanju i sletanju. Sa pojavom mlaznih saobraćajnih aviona nastaje potreba da se stari aerodromi izgrađeni za klipne avione prilagode za avione na mlazni pogon, a novi se aerodromi prilikom razrade generalnih planova rešavaju tako da u potpunosti zadovolje potrebe mlaznih aviona. Dužine PPS modernih aerodroma za mlazne avione kreću se do 3500 m, a staze se proračunavaju da mogu da prime opterećenje od 135 Mp.

Aerodromi predstavljaju danas veoma skupe objekte i njihova izgradnja dugo traje; stalno moraju biti modernizovani i proširivani, da bi zadovoljili potrebe sve jačeg vazdušnog saobraćaja. Pokušaj da se izbegne potreba za velikim aerodromima predstavljaju koncepcije novih letelica sa vertikalnim poletanjem i sletanjem.

Aerodromi se prema nameni, u osnovi, dele na *aerodrome za civilnu avijaciju* i *aerodrome za vojnu avijaciju*. Aerodromi civilne avijacije dele se na aerodrome: za saobraćajnu avijaciju — trgovačke transporte; za turističku avijaciju; za pilotske škole i za specijalne usluge. Aerodromi vojne avijacije određeni su, uglavnom, za stacioniranje, a mogu se, s obzirom na vrstu na njima smeštenih jedinica, podeliti na transportne, ratne, školske itd.; postoje i aerodromi za vojne operacije u užem smislu reči i za iskrcavanje. Dolaze u obzir i aerodromi vazduhoplovne industrije: za fabrike i za centre probnih letova.

Prema položaju i stepenu izgrađenosti aerodromi se dele na: *interkontinentalne ekspresne* — aerodrome koji služe najbržim prekooceanskim službama; *interkontinentalne aerodrome* — krajnje stanice aviona koji izvršuju dugačka međunarodna putovanja; *kontinentalne* — aerodrome za avione unutrašnjih dugih linija; *ekspresne* — aerodrome velikih gradova ili aerodrome postavljene na mestima račvanja velikih linija; *lokalne* — aerodrome namenjene malim gradovima na glavnim linijama vazduhoplovnih kompanija; *pomoćne* — aerodrome namenjene redovnim kompanijama koje poslužuju pomoćne linije.

Prema tehničkim karakteristikama izvršena je ova podela aerodroma na kategorije, u skladu sa maksimalnim tipom aviona:

	KATEGORIJA			
	A	B	C	D
Maksimalna težina aviona	135 t	60 t	20 t	5 t
Razmah krila	70 m	50 m	30 m	15 m
Dužina aviona	50 m	35 m	20 m	12 m
Visina aviona	15 m	10 m	6 m	4 m
Širina stajnog trapa	12 m	9 m	6 m	4 m
Pritisak guma na tlo	10 kp/cm ²	7 kp/cm ²	5 kp/cm ²	3 kp/cm ²

Hidrodromi se prema nameni dele na: *hidrodrome za redovni transport na velika rastojanja* u etapama koje su veće od 3000 km; *hidrodrome za redovni transport na srednja i kratka rastojanja*; *hidrodrome za transport po porudžbini* — turizam.

Prema tehničkim karakteristikama dele se hidrodromi na niže navedene kategorije, zavisne od tipa hidroaviona:

	KATEGORIJA		
	A	B	C
Maksimalna težina hidroplana	200 t	60 t	20 t
Razmah krila hidroplana	90 m	50 m	30 m
Dužina hidroplana	60 m	40 m	20 m
Visina hidroplana	25 m	12 m	8 m
Dubina gaza	2 m	1,5 m	1 m

Klasifikacija. Po klasifikaciji Međunarodne organizacije za civilno vazduhoplovstvo (OACI — Organisation de l'Aviation Civile Internationale, ili ICAO — International Civil Aeronautical Organisation), aerodromi se dele na ove klase:

Klasa	Dužina glavne PSS
A	2550 m (8400 stopa) i više
B	2150 m (7000 stopa) do 2550 m (8400 stopa)
C	1800 m (5900 stopa) do 2150 m (7000 stopa)
D	1500 m (5000 stopa) do 1800 m (5900 stopa)
E	1280 m (4200 stopa) do 1500 m (5000 stopa)
F	1080 m (3500 stopa) do 1280 m (4200 stopa)
G	900 m (3000 stopa) do 1080 m (3500 stopa)

Hidrodromi se dele na sledeće klase s obzirom na dužinu glavnog kanala:

Klasa	Dužina glavnog kanala
A	4500 m (15 000 stopa) i više
B	3000 m (10 000 stopa) do 4500 m (15 000 stopa)
C	2000 m (6 500 stopa) do 3000 m (10 000 stopa)

S obzirom na dubinu glavnog kanala dele se hidrodromi na sledeće tri klase:

Klasa	Dubina glavnog kanala
1	4,5 m (15 stopa) i više
2	3,7 m (12 stopa) do 4,5 m (15 stopa)
3	2,4 m (8 stopa) do 3,7 m (12 stopa)

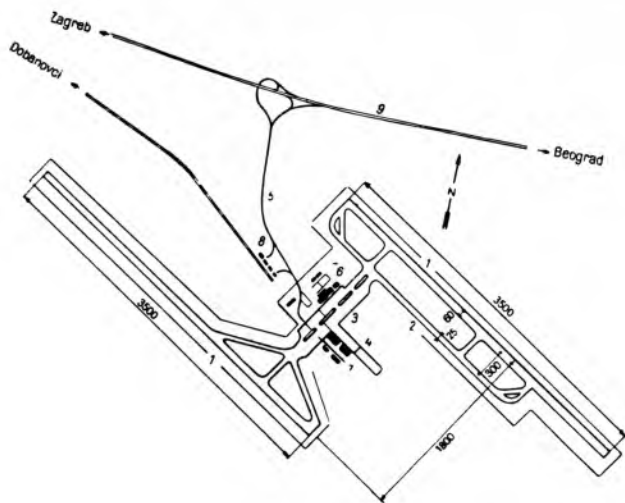
Tehnički elementi. Za normalno funkcionisanje prihvata i otpreme aviona, putnika i robe, aerodrom se sastoji od nekoliko tehničkih elemenata koji se, uglavnom, mogu podeliti na tri grupe: grupu objekata niskogradnje, grupu objekata visokogradnje i opremu aerodroma. Objekte niskogradnje sačinjavaju ove jedinice: poletnosletna staza, staza za voženje, platforme ili stajanke za prijem i otpremu putnika i robe, platforme za stacioniranje aviona, platforme za tehnički pregled i održavanje aviona, objekti za odvođenje atmosferske vode sa svih manevarskih površina, kanalizacija otpadne vode sa uređajem za prečišćavanje otpadne vode, prilazni putovi i unutarnji putovi sa parkiralištima za automobile i autobuse (sl. 1).

Objekti visokogradnje mogu se, uglavnom, podeliti na dve osnovne grupe: objekte pristanišnog kompleksa i objekte tehničkog kompleksa.

Pristanišni kompleks čine ovi objekti: pristanišna zgrada za prihvata i otpremu putnika sa traktom za smeštaj službe kontrole letenja, robni i carinskopostanski magazin, karantinska stanica, garaža za smeštaj svih uređaja na platformi za prihvata i otpremu aviona i putnika, garaža za smeštaj vozila za prvu pomoć sa centralnim mestom za pružanje prve pomoći i hladnjača za prihvata (do daljnijeg transporta) kvarljive robe.

Tehnički kompleks se sastoji od niza objekata za redovne i generalne revizije letelica i motora, a to su: hangari za prihvata i otpremu aviona, hangari za generalnu reviziju letelica sa aneksima-radionicama i centralnim magazinom, hala za reviziju avionskih motora, stanica za ispitivanje avionskih motora, niz objekata sa učionicama za izobrazbu pilota, navigatora, radiotelegrafista, mehaničara i stjuardesa. U tom kompleksu smeštena je i kotlarnica za zagrevanje svih aerodromskih objekata visokogradnje.

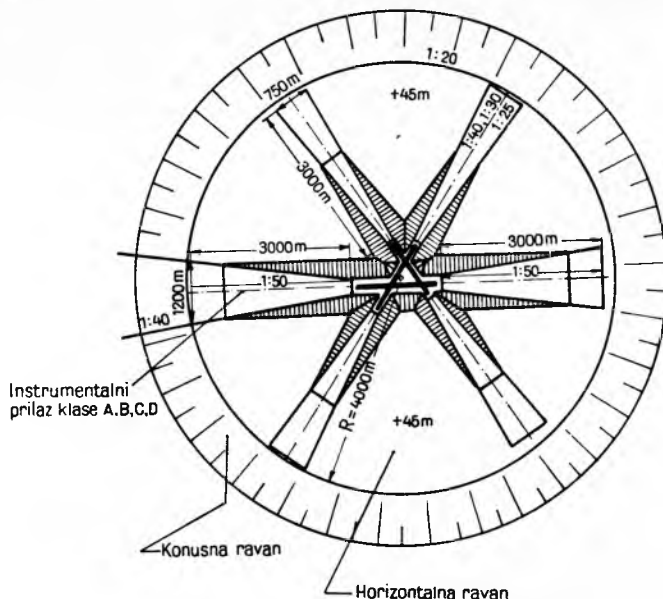
Pored nabrojanih glavnih tehničkih elemenata jednog aerodroma potrebno je da u neposrednoj blizini aerodroma bude i skladište goriva i maziva. Takva skladišta treba da su redovno snabdevena svim vrstama oktanskog goriva. Da bi se mlazni avioni mogli snabdeti gorivom u najkraće vreme, vode se od skladišta goriva do pristanišne platforme pod zemljom naročite cevi kroz koje se pod pritiskom sprovodi gorivo za mlazne avione.



Sl. 1. Aerodrom "Beograd". 1 poletno-sletna staza, 2 staza za voženje, 3 pristanišna platforma, 4 hangarska platforma, 5 prilazni put, 6 pristanišni kompleks, 7 tehnički kompleks, 8 skladište goriva, 9 autoput

Ako se uzme da rezervoari mlaznih aviona primaju do 80 000 litara goriva, brzina punjenja treba da bude 5700 l/min ako punjenje tih rezervoara treba da bude završeno za manje od 15 minuta.

Lokacija aerodroma. Na lokaciju aerodroma utiču ekonomski i tehnički faktori. Vrsta saobraćaja koji se može očekivati na aerodromu (interkontinentalnog, kontinentalnog ili lokalnog karaktera) utiče na lokaciju aerodroma na prvom mestu. Promet putnika i aviona je takođe važan element za formiranje oblika i određivanje veličine aerodroma; to uglavnom zavisi od ekonomskog potencijala oblasti koju aerodrom treba da opslužuje. Položaj u odnosu na glavne vazdušne puteve ima velikog uticaja pri određivanju lokacije aerodroma. Da bi neka lokacija tehnički zadovoljila, mora da ispunjava topografske, meteorološke, navigacione i građevinske uslove. Od njih najvažniji su *topografski*. Pravac poletnosletne staze sa prilaznim ravnama, horizontalnom ravni,



Sl. 2. Prilazne ravni aerodroma (osnova)

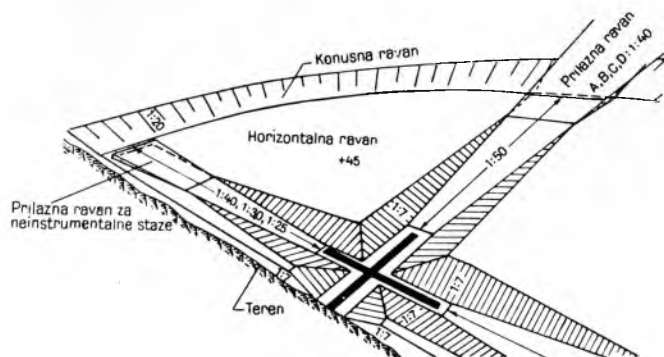
konusnom ravni i navigacionim krugovima određuju da li se na toj lokaciji može postaviti aerodrom za instrumentalno ili neinstrumentalno letenje i da li se uopšte tu može locirati aerodrom.

Ravan po kojoj avion ponire u toku završnog prilaza aerodromu (*prilazna ravan*) ima nagibe zavisne od klase aerodroma. Za najvišu klasu aerodroma za letenje po spoljnoj vidljivosti taj nagib je 1 : 50, za najnižu klasu, 1 : 25. Za instrumentalno letenje (letenje bez spoljne vidljivosti) za sve klase aerodroma nagib je 1 : 50. Od instrumentalne staze zahteva se da bar sa jedne strane bude zadovoljen uslov prilazne ravni, i to: od praga staze do 3,00 km nagib 1 : 50, za daljnijih 15 km, 1 : 40. Poželjno je da taj prilaz zadovoljava i sa druge strane praga staze na istom rastojanju; međutim, ako se to ne može postići, moraju biti osigurani manevarski krugovi za ponavljanje postupka instrumentalnog prilaza, ukoliko prvi prilaz ne uspe. Širina levka prilazne ravni instrumentalne staze računa se od praga osnovne staze, gde je njezina širina 300 m; na 3,00 km širina levka je 1200 m. Širina osnovne neinstrumentalne staze na pragu je 150 m; na 3 km širina je 750 m. Kod neinstrumentalne staze posle 3 km treba osigurati samo izlazni, odnosno ulazni levak za slobodan manevar aviona pri poletanju i sletanju na aerodrom (v. sl. 2 i 3).

Za slobodan manevar iznad aerodroma treba ispitati i obezbediti *horizontalnu ravan*. Horizontalna ravan je zamišljena kružna ravan na koti +45 m iznad nivoa aerodroma, sa poluprečnicima koji zavise od klase aerodroma. Krug horizontalne ravni povlači se iz centralnog dela aerodroma (koordinate aerodroma). Za klasu A poluprečnik je 4000 m, za klasu B 3500 m, za klasu C 3000 m, za klasu D 2500 m, za klasu E 2000 m, za klasu F 1800 m, a za klasu G 1500 m. Sa periferije horizontalne ravni polazi *konusna ravan* nagiba 1 : 20, koju, za slobodni manevar, treba takođe obezbediti (v. osnove na sl. 2 i 3, preseke na sl. 4, 5 i 6).

Sve prirodne i veštačke prepreke moraju biti ispod prilaznih, horizontalnih i konusnih ravni. Ukoliko se pri ispitivanju pojavi

neka prepreka u horizontalnoj ili konusnoj ravni, ona mora biti obeležena svetlećim signalom za opasnost. U prilaznoj ravni ne sme biti nikakve prepreke.



Sl. 3. Prilazne ravni aerodroma (perspektivno)

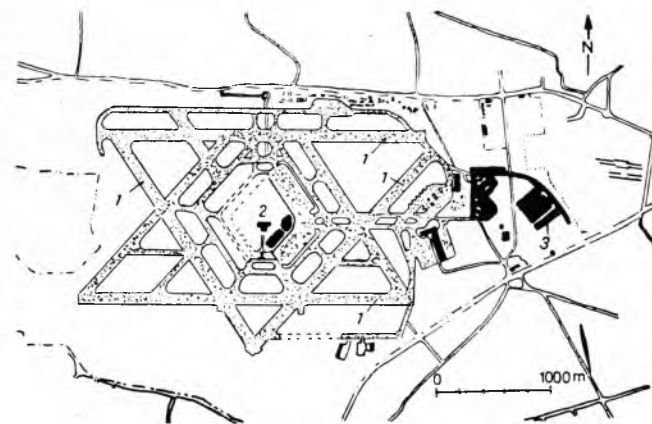
Kad se izvrše topografska ispitivanja i odredi maksimalna dužina staze koja se može postići na određenoj lokaciji, obave se meteorološka ispitivanja predviđene staze. U toku meteorološkog ispitivanja najpre se ispita upotrebljivost poletno-sletne staze s obzirom na pravac i jačinu vetrova u oblasti u kojoj se vrši ispitivanje lokacije. Pri ispitivanju upotrebljivosti poletno-sletne staze treba se koristiti opažanjima vetrova u toku najmanje 5 godina. Vetrovi se opažaju u 16 pravaca.

Kad se proračunava upotrebljivost aerodroma, prvo se nacrtaju ruža vetrova. Idealan je slučaj kada se pravac staze poklapa sa glavnim pravcima duvanja vetrova. Avioni sve operacije sletanja i poletanja izvode uvek uz vetar; maksimalna dopuštena jačina bočnih vetrova pri poletanju i sletanju iznosi 44 km/h. Svi bočni vetrovi čija je bočna komponenta na pravac pružanja staze veća od 44 km smatraju se kao neobuhvaćeni; ako avion pri takvu vetru ne može izvesti svoju operaciju poletanja i sletanja, aerodrom je za vreme duvanja tog vetra neupotrebljiv. Odnos koji nam pokazuje koliko je vetrova po pravcu i jačini obuhvaćeno pravcem staze naziva se *koeficijent upotrebljivosti*. Po OACI, koeficijent upotrebljivosti treba da bude za aerodrome više klase 98%, za aerodrome niže klase 95%. Ako za neki aerodrom ispitivanje pravca poletno-sletne staze zadovolji navedene procenete, može se smatrati da je aerodrom upotrebljiv po svakom vremenu u odnosu na vetrove. Ako su ti procenti manji, treba pokušati pomeranjem pravca poletno-sletne

čeenosti vetrova, treba postaviti još jednu ili dve staze u pravcu glavnih vetrova, kako bi se dobio traženi koeficijent upotrebljivosti aerodroma. Tim načinom može se dobiti aerodrom sa jednom stazom, sa dve, pa i sa tri staze. U potonjem slučaju jedna je glavna staza, tzv. *instrumentalna*, a druge su *vetrene staze*. Glavna staza treba da zadovoljava sve uslove za instrumentalno letenje, ako se želi vršiti operacije sletanja i poletanja bez spoljne vidljivosti, tj. pomoću instrumenata. Druge dve staze treba samo da zadovolje uslove prilaznih ravni za letenje pri spoljnoj vidljivosti. Za proračun upotrebljivosti poletno-sletne staze u odnosu na pravce duvanja vetrova ima nekoliko metoda; uglavnom sve su zasnovane ili na neposrednoj upotrebi tabela posmatranja klasiranih vetrova ili na grafičkim postupcima.

U vezi sa *meteorološkim uslovima* za lokaciju aerodroma, pored vetrova se ispituju i oblačnost, magla i padavine. Ti podaci se iskorišćuju kako bi se videlo da li je potrebna instrumentalna staza, koliki je procenat pojave niske oblačnosti, magle i padanja snega. Na osnovu pojave oblačnosti i magle određuju se radio-navigacioni instrumenti, a na osnovu padavine snega se prilikom planiranja aerodromske opreme proračunavaju potrebni uređaji za čišćenje snega.

Navigaciona ispitivanja lokacije vrše se da bi se tačno odredili postupci sletanja i poletanja. Ispituje se sektor prilaza i postupak probijanja oblaka, manevarski krugovi aviona koji su zavisni od brzine kretanja aviona u zaokretu, način poniranja aviona,



Sl. 5. Aerodrom sa zvezdasto postavljenim stazama (London)

postavljanje radio-navigacionih uređaja za probijanje i tačno privođenje na aerodrom. Uzima se da se normalni zaokret od 3° obavi u jednoj sekundi. Da se izvrši zaokret od 360°, treba 2 minuta.

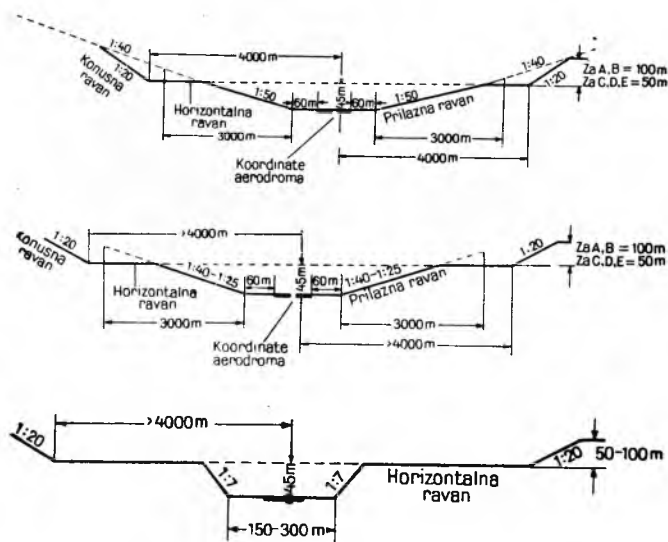
Sa gledišta *građevinskih uslova* lokacije aerodroma, treba ispitati geološki sastav terena na kome se želi podići aerodrom, kretanje podzemnih voda, sistem odvodnjavanja; iz geoloških profila treba odrediti kategoriju zemljišta za zemljane radove, ispitati izvore glavnih građevinskih materijala, tj. da li ih ima u blizini ili ih treba, i sa koje daljine, transportovati.

Tek pošto se izvrši potpuno ispitivanje lokacije aerodroma u odnosu na sve uslove i kad se utvrdi da su glavni uslovi zadovoljeni, prelazi se na generalno urbanističko rešavanje aerodroma.

Ima četiri sistema postavljanja poletno-sletnih staza u odnosu jedne na drugu i na sam pristanišni kompleks: paralelni, zvezdasti, tangencijalni i presečni.

Paralelni sistem. Poletno-sletne staze su postavljene paralelno. Pristanišni kompleks može biti postavljen po strani od obeju staza, ili između dve staze. U prvom slučaju prednost je da se ceo sistem može smestiti na maloj površini te nije potreban veliki teren; nedostatak je što prilikom prelaska sa krajnje staze do pristanišnog kompleksa avion mora presecati drugu stazu. U drugom slučaju prednost je što se po jednoj stazi može obavljati instrumentalno sletanje aviona a po drugoj instrumentalno poletanje aviona (primer: aerodrom »Beograd«, sl. 1).

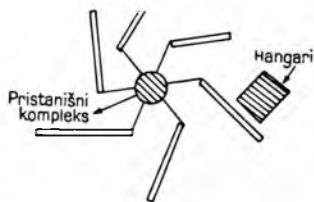
Zvezdasti sistem. Pristanišni kompleks postavljen je u sredini, a periferno su zvezdasto postavljene staze. Prednost je



Sl. 4. Preseci prilaznih ravni aerodroma

staze obuhvatiti što više vetrova, ali samo u slučaju kad bliža i dalja okolina aerodroma zadovoljava u topografskom pogledu. Ako se ni na taj način ne dobije zadovoljavajući procenat obuhva-

tog sistema što se brzo dolazi do pristanišnog kompleksa, sa minimalnim voženjem aviona, te ne treba zgraditi dugi sistem staza za voženje. Nedostatak je što se pristanišni kompleks ne može lako proširiti i modernizovati za daljnji perspektivni razvoj vazdušnog saobraćaja. Površine pristanišnog kompleksa su zbijene, a i dužine staza su ograničene (primer: aerodrom »London«, sl. 5).

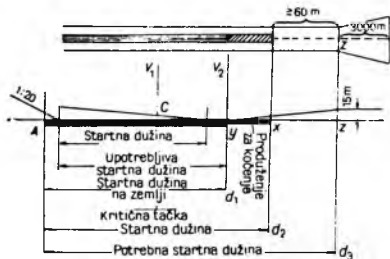


Sl. 6. Aerodrom sa tangencijalno postavljenim stazama
»New York-Kennedy«

kompleksu. Nedostatak: iziskuje veliku površinu, vrlo teško se vrši proširenje pristanišnog kompleksa u odnosu na sistem staza (primer: aerodrom »New York-Kennedy«, sl. 6).

Presečni sistem. Na aerodromima tog sistema dve se ili tri staze presecaju. Prednost je takva sistema da se na maloj površini mogu smestiti sve staze potrebne da bi se zadovoljio koeficijent upotrebljivosti, nedostatak je što se operacije istovremeno mogu vršiti samo na jednoj stazi. Pristanišni kompleks je u tom slučaju postavljen periferno (primer: aerodrom »Montreal«, Kanada, aerodrom »Winnipeg«, Kanada, aerodrom »Zürich-Kloten«, sl. 7).

Poletno-sletna staza. Dužina staze se određuje po ovom kriterijumu: pretpostavlja se da avionu određenog tipa, koji je krenuo s tačke A (sl. 8) pod punim gasom za poletanje, na tački C, za vreme voženja a u momentu kad je postigao startnu brzinu v_1 , otkaze jedan od motora. Pilot će ili oduzeti gas i odmah upotrebiti kočnice za zaustavljanje aviona, tako da se ovaj sasvim zaustavi na tački x, ili će dalje voziti, tako da se na tački y sa sigurnosnom brzinom v_2 odlepljuje i da se na kraju osnovne staze nalazi 15 m iznad kote ove staze. Dužina za sigurno poletanje odgovara dužini A—x, pri čemu deo od y do x, ukoliko se operacija vrši samo u jednom pravcu, može biti sa manjom debljinom staze, jer se takvi slučajevi otkaza motora dešavaju vrlo retko. Odnos između v_1 i v_2 zavisi od tipa aviona. Na taj način određena dužina staze odgovara za određeni tip aviona, za nadmorsku visinu 0 m i za temperaturu +15°C. Za povećanu nadmorsku visinu aerodroma ili za veću srednju temperaturu u najtoplijem mesecu godine treba vršiti korekturu dužine. Na osnovu preporuka OACI-a za svakih 300 m povećanja nadmorske visine produžuje se staza za 7% osnovne dužine, svakom povećanju temperature od 1° odgovara povećanje staze za 1%.



Sl. 8. Dužina poletno-sletne staze

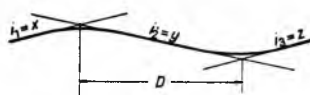
Koeficijenti korekcije množe se međusobno: ako je, npr., korekcija za veću visinu 10%, a za višu temperaturu 15%, osnovna dužina staze treba da se pomnoži sa $1,10 \cdot 1,15 = 1,265$; ukupno povećanje iznosi 26,5%. U slučaju kad ukupna korekcija za visinu i tempe-

raturu prelazi 35%, treba primeniti »specijalno izučavanje naročitog slučaja«, tj. za određivanje povećanja dužine mora se izvršiti tačan proračun, s obzirom na tip aviona za koji je aerodrom namenjen.

Pored uticaja nadmorske visine i temperature, na dužinu staze utiče i srednji podužni nagib staze. Na aerodromima klase A i B, ako srednji nagib dostiže 1%, dužina se povećava za 3,5%, ako srednji nagib dostiže 1,5%, dužina se povećava za 6%. Za aerodrome niže klase, koji imaju travnate staze, procenat za koji se produžuje staza zbog nagiba staze za srednji nagib od 1% iznosi 7,5%, a za srednji nagib od 1,5%, 11%.

Širina poletno-sletne staze za aerodrome klase A, B, C, D i F je 45 m, za aerodrome klase F i G, 30 m.

Maksimalni dopušteni **podužni pad** staze za klasu A i B je 1,25%, za klasu D, E, F, G, 1,5%. Srednji maksimalni podužni pad ni za jednu klasu ne sme biti veći od 1%. Između dva podužna nagiba staze ubacuje se vertikalna krivina koja mora imati poluprečnik najmanje 10 000 m. Najmanji dopušteni razmak D između dva nagiba određuje se na osnovu obrasca $D = 7500 [(x + y) + (y + z)]$, u kome su x, y i z padovi izraženi kao tangens. Primer (sl. 9):



Sl. 9. Podužni pad poletno-sletne staze

$x = 0,01$, $y = 0,005$; $z = 0,005$; $D = 7500[(0,01 + 0,005) + (0,005 + 0,005)] = 187,5$ m.

Maksimalni **poprečni nagib** za odvodnjavanje staze iznosi za sve klase 1,5%.

Otpornost staze se računa za tip aviona koji se uzima kao karakterističan za aerodrom. Ranije se određivala s obzirom na ukupnu težinu aviona: ta se težina podelila sa brojem točkova i dobijao se tzv. **izolovani točak**, sa kojim se vršilo dimenzionisanje staze. Međutim, takav način proračuna je prihvatljiv samo kad su u pitanju avioni sa jednostavnim točkovima, ali se ne može prihvatiti za avione koji imaju stajne trapove sa višestrukim točkovima. Prema preporukama OACI-a vrši se proračunavanje opterećenja prilikom dimenzionisanja staze tako da se ukupna težina aviona množi redukcionim faktorom koji za stajni trap s jednostrukim točkovima iznosi 0,45, sa dvojnimi točkovima 0,35, sa tandem-točkovima 0,22 a sa dvostrukim tandem-točkovima 0,18. Na primer: ako je ukupna težina aviona 80 tona, a stajni trap aviona konstruisan sa tandem-točkovima, redukcija za prelaz na izolovani točak je $0,22 \cdot 80 = 17,6$ tona po izolovanom točku. Sa tim opterećenjem vrši se dimenzionisanje staze.

Razlikuju se dva osnovna sistema staza: **elastične** i **krute staze**.

Dimenzionisanje **elastičnih staza** može se izvršiti na osnovu raznih metoda i dijagrama. Od svih metoda najviše je u upotrebi metoda CBR. Za tu metodu razrađeni su dijagrami za jednostruke, dvojne, tandem- i dvostruke tandem-točkove stajnog trapa. U dijagram se ulazi na apscisi sa indeksom CBR; ucrtane su krive za opterećenje po točku prema težini, te se na ordinati dobije debljina podloge i zastora.

Krute staze se mogu dimenzionisati također na nekoliko načina. Najvažnije su metode: Westergaardova (računska metoda); metoda Corps of Engineers (razrađeni su dijagrami za svaki pojedini tip aviona, iz dijagrama se na osnovu dopuštenog napona betona na pritisak, koeficijenta penetracije tla k i opterećenja po točku dobija odmah debljina betonskog zastora); metoda Civil Aeronautic Administration (zasniva se na analizi zemljišta, drenaži, uticaju mraza i vrsti opterećenja staze); metoda »Portland cement«, koja je modificirana Westergaardova metoda. Za ovu metodu izrađeni su dijagrami pomoću kojih se dimenzioniše staza za jednostruki, dvojni, tandem- i dvostruki tandem-točak. U dijagram se ulazi sa dopuštenim naponom betona na savijanje, dopuštenim koeficijentom penetracije tla, opterećenjem točka (pritisakom u gumama), te se neposredno dobija debljina betonskog zastora. Pored nabrojanih metoda postoji još niz drugih, podesnih za dimenzionisanje elastičnih i krutih staza. Pri dimenzionisanju krutih staza treba voditi računa i o dnevnim i godišnjim varijacijama temperature vazduha i promeni ljudivom toplinom dejstvu sunčanog zračenja. Usled toga, po fizičkim zakonima strujanja toplote, nastaju dnevne i sezonske promene temperature u pojedinim tačkama ploče, koje izazivaju deformacije ploča i naprezanje u betonu. Prilikom proračunavanja betonskog zastora treba vo-

diti računa o temperaturnom uticaju i napon usled ovog dejstva treba dodati naponu od statičkog opterećenja.

Objekti aerodroma. — *Pristanišna zgrada* vazdušnog pristaništa za civilni javni saobraćaj je višestruko složen objekat koji mora da posluži što pravilnijem i bržem odvijanju prihvatata i otpreme putnika, prtljaga, robe i aviona. Prostorije pristanišne zgrade mogu se podeliti na dva izrazita trakta: jedan koji je namenjen prvenstveno potrebama putnika, nazvan *prometni trakt*, i drugi za potrebe tehničko-upravne prirode, nazvan *tehnički trakt*.

Pored ove dve jako naglašene i odvojene službe postoji i izvestan broj službi koje simultano rade za potrebe kako prometnog dela tako i za potrebe tehničkog bloka, te se izvesne njihove prostorije nalaze, već prema nameni, i u prometnom i u tehničkom traktu. To su, uglavnom, službe komercijalnog karaktera preduzeća koja eksploatišu dotični aerodrom.

Prometni trakt se, uglavnom, sastoji od četiri karakteristična dela. Jedan gde se obavljaju formalnosti službene prirode (centralni hol), drugi namenjen zadržavanju i razonodi putnika, treći za obavljanje pasoških i carinskih formalnosti za putnike u međunarodnom saobraćaju i četvrti za zadržavanje i razonodu putnika u tranzitu i međunarodnom saobraćaju. Poželjno je da se drugi i četvrti deo orijentišu tako da bi s njih bio što lepši izgled na pejsaž i pristanišnu platformu. Integracija vanjskog i unutrašnjeg prostora u jednu celinu postala je pravilo prilikom rešavanja ovakvih jedinica.

Poseban problem pristanišne zgrade predstavlja promet prtljaga. Znatno deo putnika završava formalnosti oko prtljaga u gradskoj agenciji pre nego u grupi prede na aerodrom. Ali jedan deo putnika dolazi nezavisno od grupe koja se formira u gradskoj agenciji. Ti putnici tek u pristanišnoj zgradi kupuju svoje vozne karte, a mere i registruju svoj prtljag na šalteru za prihvata i otpremu putnika.

Kretanje prtljaga i putnika kroz pristanišnu zgradu može biti rešeno na nekoliko načina. Najjednostavniji način kretanja prtljaga i putnika je u jednom spratu. Nedostatak tog rešenja je u tome što se na jednom prostoru isprepleću prtljag i putnici. Drugo rešenje je u dva sprata i ono može biti sprovedeno na nekoliko načina. To rešenje se odnosi samo na pristanišne zgrade u kojima se očekuje veliki promet putnika. Na aerodromu St. Louis dato je i rešenje sa tri sprata. (U sl. 10 data su kretanja putnika i prtljaga za razne sisteme.)

U *tehničkom traktu* smešteni su: uprava aerodroma sa svim svojim službama; obezbeđenje vazdušne plovidbe sa svim službama za pravilno funkcionisanje kontrole letenja; meteorološka služba; poštanska služba; služba snabdevanja gorivom i tehnička služba prihvatata i otpreme aviona.

Hangari, radionice, magacini, garaže. Na aerodromima postoje dve grupe hangara za prihvatno-otpremnu službu i hangari za reviziju aviona. U hangaru za prihvatno-otpremnu službu vrše se redoviti manji pregledi i manje popravke aviona i ovi se u njima spremaju za izvršenje zadatka. U hangarima-radionicama vrši se generalna revizija aviona. U aneksima hangara

smeštene su radionice po vrstama, kako to zahteva tehnološki proces generalne revizije aviona.

U tehnološkom procesu revizije aviona predviđena je i revizija avionskog motora, što se vrši u specijalnoj radionici u kojoj se obavlja pranje i demontaža motora, pregled svih delova, zamena i obrada delova koji su istrošeni ili ne odgovaraju traženoj toleranciji i ponovna montaža motora. Po izvršenju montaže motor se ispituje na probnom stolu. Pošto se na svim ispitivanjima pokaže ispravan, montira se na avion. Magacini rezervnih delova i potrošnog materijala nalaze se uz hangar za generalnu reviziju aviona. Magacin ima specijalno odeljenje za gume, boje, radio-navigacione uređaje, instrumente i rezervne delove revidovanih motora.

Pored garaža za smeštaj autobusa za prevoz putnika, službenika i radnika, na aerodromima postoje specijalne garaže u kojima su smešteni uređaji za spasavanje: vatrogasna, sanitetska i pionirska vozila. Lokacija takve garaže treba da bude u neposrednoj blizini poletno-sletne staze, vrata treba da budu mehanizovana, da u svakom trenutku sva vozila mogu krenuti u vožnju. U garažama treba sprovesti kabl za grejanje vozila, kako bi ona bila stalno spremna za dejstvo. Pored garaža nalaze se prostorije za vatrogasce, šofere, sanitetsko i pomoćno tehničko osoblje.

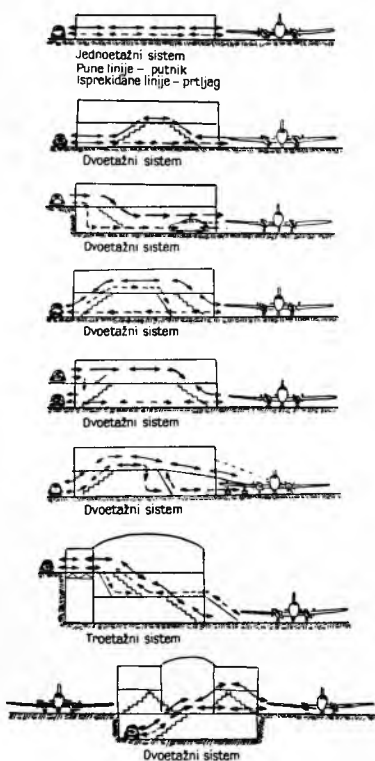
Skladišta zapaljivog materijala — benzinske stanice. Na aerodromima postoje dva osnovna sistema za smeštaj goriva: rezervoari pod zemljom i rezervoari nad zemljom. Ranije se gorivo smeštalo samo pod zemljom, zaštićivali su se ne samo rezervoari već i pumpe i drugi uređaji i potrebne cevi. Ovaj sistem je napušten zbog izvesnih nedostataka, opasnosti od dolaska vode u slučaju slabijeg zaptivanja, a takođe i zbog velike cene koštanja kad treba opsluživati više mesta iz istog skladišta. Drugi sistem je sa nadzemnim cisternama koje su locirane u neposrednoj blizini aerodroma, ali sa gledišta obezbeđenja uvek na dovoljnoj udaljenosti. Za snabdevanje aviona gorivom na samoj platformi postoje, uglavnom, dva načina. Jedan je snabdevanje pokretnom cisternom od skladišta do aviona, drugi snabdevanje gorivom sa stalnih pumpa na avio-platformi. Punjenje spremnika aviona zavisi od dužine etape. Za dužinu od 1600 km treba za četvoro-motorne avione na mlazni pogon 22 400 l goriva, za dužinu etape od 3200 km treba 35 500 l. Jedan ili dva kamiona-cisterne od 20 m³ dovoljni su da obezbede gorivo za ovakve etape. Međutim, ako potrebna količina goriva za snabdevanje jednog aviona prevazilazi ukupni kapacitet dve cisterne, treba obavezno pristupiti snabdevanju sa stalnih pumpi na platformi.

LIT.: C. Froesch i W. Prokosh, *Airport planning*, New York 1946. — U. S. Civil Aeronautics Administration, *Airport planning*, Washington, D. C. 1956. — M. Mazen, *Cours de bases et routes aériennes*. — F. Kohl, *Moderne Flughafenbau*. — Mi. Lc.

Aerodromska oprema ima zadatak da olakša snabdevanje aviona potrebnim materijalom, gorivom i mazivom, robom itd., da obezbedi sigurnost leta i omogući orijentaciju aviona u prostoru i dr. Stoga je aerodromska oprema veoma raznovrsna i sastoji se od *oznaka aerodroma, dizalica i utovarnih uređaja, vatrogasnih uređaja, uređaja za snabdevanje gorivom i mazivom i radiouređaja*. Svi napred pomenuti aerodromski uređaji su neophodno potrebni za pravilno i bezbedno letenje. Zbog svoje savremenosti, kao i zbog veoma važnog doprinosa za bezbedno letenje, radiouređaji spadaju u red najvažnijih delova aerodromske opreme. Oni se uglavnom sastoje od elektronskih (radio i radarskih) sredstava za navigaciju, tj. raznih sistema za vizuelna i instrumentalna poletanja i sletanja, zatim sredstava za upravljanje i kontrolu vazdušnog saobraćaja, kao i sredstava za vezu. Radiouređaji obezbeđuju sigurnost letenja i neophodni su pri letenju pod lošim meteorološkim uslovima, bez spoljne vidljivosti, kada avion leti kroz oblake ili iznad oblaka i kada avion sleće pri niskim oblacima i slaboj vidljivosti, a naročito noću.

OZNAKE AERODROMA

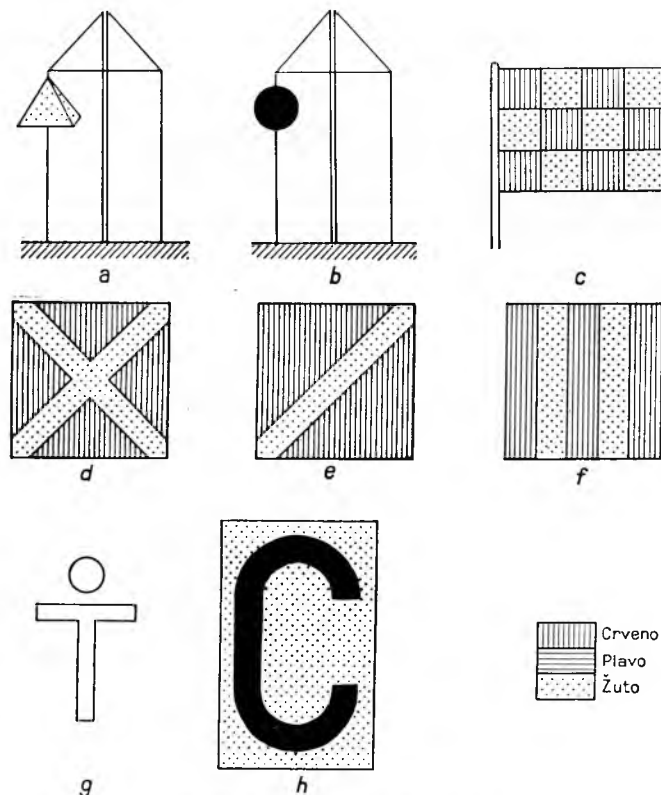
Za pravilno i bezbedno voženje, poletanje i sletanje aviona na aerodromu, kao i za letenje aviona u neposrednoj blizini aerodroma postoje na aerodromima ugovorena ili propisana signalna optička ili akustička sredstva, koja su međunarodnim konvencijama skoro u potpunosti ujednačena. Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva propisala je svojim publikacijama oblik i značenje ugovorenih međunarodnih znakova na aerodromima.



Sl. 10. Kretanje putnika i prtljaga kroz pristanišnu zgradu

Signalni znaci na aerodromu obuhvataju zemaljske signale i oznake opasnih mesta i raznih smetnji. Za ovu svrhu postavljaju se u blizini kontrole letenja (komandnog tornja) signalni jarboli i određuju signalna područja na kojima se ističu signali pomoću kojih se pilotima saopštavaju razna naređenja. Signalno područje je kvadratna površina sa stranom dužine 12 m oivičena belim trakama širine 0,3 m.

Obeležavanje aerodroma radi osposobljavanja aviona za letenje pod svim uslovima i u svako doba u posleratnom periodu dobija sve veći značaj. Potpuno obeležavanje vojnih aerodroma, naročito aerodroma sa veštačkim polentno-sletnim stazama (PSS), vrši se za razne uslove dnevnog i noćnog letenja. Za dnevno se letenje letilište obeležava bojenjem i znacima, a za noćno se osvetljava iz raznih izvora. Za letenje pod uslovima vidljivosti uzdužna osa PSS obeležena je isprekidanim linijama bele boje. Na 50 m od početka PSS upravno na njenu uzdužnu osu, sa obe strane, obeležava se linija poletanja debljine 0,90 m. Na stazi za voženje uzdužna osa se obeležava neprekidnom linijom žute boje. Na udaljenosti od 30–60 m od PSS, na stazi za voženje obeležava se mesto pripreme aviona za poletanje. Za instrumentalno poletanje i sletanje PSS se obeležava sa 8 crta. Obeležavanje treba da da pilotu u poletanju i sletanju punu orijentaciju, da bi on po oznakama znao svakog trenutka na kome se delu PSS nalazi. Za poletanje i sletanje po svakom vremenu, kao dopuna obeležavanju za instrumentalno poletanje i sletanje, PSS se deli na tri dela. Na prvoj i na trećoj trećini vrši se obeležavanje određenim figurama; njihov broj opada prema sredini staze, tako da je na drugoj trećini PSS obeležena samo uzdužna osa. Ponekad se obeležavaju ivice PSS neprekidnom linijom debljine 1,50 m, paralelno sa uzdužnom osom, a načelno na aerodromima na kojima postoji samo jedna PSS; na onima koji imaju više PSS, ovako se obeležava samo glavna. Aerodromi i letilišta bez veštačkih PSS obeležavaju se raznobojnim zastavicama prema pravcu vetra. PSS pokrivene snegom obeležavaju se oznakama sa obe strane na međusobnoj udaljenosti od 100 m. Oznake treba da su visoke najmanje 1,5 m iznad površine snega i dobro vidljive.



Sl. 11. Aerodromski vizuelni signali

Svaki aerodrom ima oznaku sastavljenu od dva slova. Ova oznaka se ističe danju velikim belim slovima blizu komandnog tornja, a noću su ta slova osvetljena. Pilotima koji polaze na pole-

tanje upotrebljivost PSS pokazuje se na tablama dvocifrenim brojkama koje označavaju desetice magnetskog kursa PSS, a koje su istaknute na jednom ili više mesta na komandnom tornju ili u njegovoj neposrednoj blizini. Žuta piramida (sl. 11 a) obešena o poprečnu gredu signalnog jarbola označava da se na tom aerodromu sletanje vrši pomoću radiofara. Crna lopta (sl. 11 b) obešena na signalnom jarbolu označava da se pravac poletanja mora dobiti od aerodromske kontrole letenja. Crveno-žuta zastava u obliku šahovskog polja istaknuta na signalnom jarbolu (sl. 11 c) označava da se piloti moraju obratiti aerodromskoj kontroli letenja za odobrenje svih kretanja. Zelena zastava istaknuta na signalnom jarbolu označava da na tom aerodromu važi desni krug, a istaknuta crvena zastava označava levi krug.

Za pokazivanje pravca poletanja i sletanja na svim većim aerodromima upotrebljavaju se po dva slova T, od kojih je jedno istaknuto u signalnom području, a drugo na kraju PSS sa koje se poleće. Crveni kvadrat sa stranom dužine 4 m, postavljen u signalnom području, označava da ne važe nikakvi naročiti propisi za letenje. Žuti krst postavljen preko crvenog kvadrata (sl. 11 d) označava potpunu zabranu sletanja za duže vreme, a žuta dijagonala postavljena preko crvenog kvadrata (sl. 11 e) označava da je aerodrom delimično neispravan i da je potrebna opreznost u toku prilazanja i sletanja. Dve žute trake postavljene uspravno na crvenom kvadratu (sl. 11 f) označavaju da je PSS ispravna, ali da ne postoje redovne mere sigurnosti, te se ovakav aerodrom upotrebljava samo u slučaju nužde. Beli krug (sl. 11 g) postavljen iznad slova T, a u produženju njegove nožice, označava da se za poletanje i sletanje upotrebljava više pravaca. Crno slovo C na žutoj osnovi (sl. 11 h) označava mesto na koje se pilot mora javiti ako i kad to bude naređeno. Beo krst obojen na oba kraja PSS označava da je PSS neupotrebljiva. Osvetljeno plavo slovo C, istaknuto na aerodromu noću, označava područje na koje piloti moraju dovesti avion neposredno posle sletanja. Narandžasto obojenim oznakama označavaju se zemaljska opasna mesta (nepokretna vozila, oprema, grupe radnika, ostale smetnje i opasna mesta). Opasno ili rđavo zemljište označava se belim krstom. Za vođenje aviona pri voženju upotrebljava se interno vozilo označeno zastavom. Pri manevru na stajankama, odnosno platformama, dežurni stajanke saopštava pilotu naređenje ugovorenim ručnim signalima. Bele i crvene zastavice služe za obeležavanje zone sletanja, neutralne zone poletanja sa linijom prethodnog i izvršnog starta. Po jedna bela i crvena zastava starteru (izvršnom organu aerodromske kontrole leta na startu) i finišu (izvršnom organu AKL pri sletanju) služe za davanje signala za nameravanu akciju: bela — dozvolu, a crvena — zabranu.

Oznake aerodroma za helikoptere, tzv. *heliporta*, nisu još definitivno utvrđene, ali one treba da omoguće pilotu da sigurno i tačno osmotri mesto za normalno sletanje, naročito za poslednju fazu sletanja od ~ 20–30 poslednjih metara, pri čemu treba izbeći svaku mogućnost zaslepljivanja pilota svetlosnim zracima.

Svetlosni signali. Svetlosni uređaji za obeležavanje letišta pri noćnom letenju sastoje se od uređaja za noćno sletanje i svetlosnih navigacijskih sredstava. Uređaji za noćno sletanje su: stalni uređaji za električno osvetljenje, granična svetla, privodna svetla, svetla za obeležavanje PSS, svetla za obeležavanje prepreka i pokretna svetla. Granična svetla čine zajedno lanac svetiljki koji obuhvata slobodnu površinu letilišta, tj. površinu na kojoj nema nikakvih prepreka. Cilj ovih svetiljki je da aerodrom učini noću vidljivim izdaleka, pa su radi bolje uočljivosti ove svetiljke obojene crveno. Privodna svetla su raspoređena u produžetku ose staze na svakih 50 m u dužini od 3 km od početka staze. Ona imaju zadatak da letaču olakšaju prilaz stazi po pravcu u slučaju slabe vidljivosti. Postoje razni sistemi privodnih svetla, među kojima su najpoznatiji Kalvertov (primenjuju ga Britanci) i američki sistem kosih linija (slope line). U mnogim zemljama se najčešće primenjuje sistem koji se sastoji od grupe kontrolnih svetla u obliku tri levka, i to: spoljnog, srednjeg i unutrašnjeg. Spoljni levak se sastoji od 6, srednji od 4, a unutrašnji od 2 bela svetla. Svetla unutrašnjeg i srednjeg levka služe kao izlazna svetla. Na nekim aerodromima ova svetla su natrijumska. Za ovaj sistem upotrebljavaju se svetla jačine 1000 W, postavljena na stubove čija visina opada prema početku PSS. Svetla za obeležavanje PSS su bele boje i raspoređena su na jednakom odstojanju od

50 m duž obe strane PSS. Kod sistema sa više staza osvetljava se samo ona koja je tog momenta u upotrebi. Sa strane za sletanje, levo od levog reda svetiljki duž PSS, na 50 m od početka u pravcu sletanja, stoji svetlosni T-znak tačnog sedanja. Svetla za obele-



Sl. 12. Osvetljenje poletno-sletne staze

žavanje prepreka na aerodromu i na prilazima aerodroma su crvene boje i ističu se na najvišoj tački prepreke, kako bi se lako mogla videti iz svih pravaca. Dimnjaci i drugi visoki objekti kružnog preseka označavaju se vencem crvenih svetiljki na 0,5 m od vrha. Neupotrebljivost PSS označava se nizom crvenih svetla. Staze za voženje — saobraćajnice — osvetljavaju se sa obe strane, po ivici, na odstojanjima od 60 m. Na krivinama svetla su zbijena. Unutrašnja svetla su plave, a spoljna svetla žute boje. Ulazi na mesta razlaza označena su plavim svetlima postavljenim sa obe strane ulazne staze (sl. 12).

Svetlosna navigacijska sredstva su: aerodromski farovi, reflektori (ili far za identifikaciju), svetla za obeležavanje prepreka vazduhoplovnoj navigaciji i vazdušni svetionici. Aerodromski farovi daju snop svetlosti zelene boje, koji se pri odličnoj vidljivosti vidi sa daljine od ~ 50 km. Far se nalazi na odstojanju 3...5 km od aerodroma na kakvom prirodnom ili veštačkom uzvišenju koje se nalazi bočno od PSS. Far se okreće oko svoje vertikalne ose stalnom brzinom. Reflektori i far za identifikaciju se upotrebljavaju za pomoć avionima koji su se izgubili ili su u nevolji. Na glavnim aerodromima postoje do tri reflektora, čiji se zruci u slučaju potrebe mogu ukrstiti u kupu iznad središta aerodroma. Svetla za obeležavanje prepreka su crvene boje, a postavljaju se na prepreke visine preko 60 m iznad zemlje na daljini preko 3...10 km od granice aerodroma. Aerodromski svetionici ili okulti svetle belozeleno-belim svetlom i postavljaju se na glavnim aerodromima. Pri odličnoj vidljivosti vide se sa daljine od ~ 90 km. Signalna aldis-lampa, kojom se upravlja sa kontrolnog tornja, služi da se nekome avionu dopusti ili zabrani poletanje, sletanje ili kretanje po zemlji, kada se ne mogu brzo i efikasno iskoristiti radiosredstva. Ova lampa upravljena na pilotsku kabinu pogađa je jakim svetlosnim snopom; upotrebom crvene svetlosti izdaje se zabrana, a plave svetlosti, dozvola.

U slučajevima magle, kada je vidljivost takva da redovni uređaji za prilazanje i sletanje nisu pilotu dovoljni za sigurno sletanje, upotrebljava se uređaj za intenzivno rasturanje magle pomoću upaljene nafte, nazvan FIDO (Fog, Intensive Dispersal Of). Ovaj uređaj se sastoji od cevi u kojima gori nafta a koje se

postavljaju na prilaznom delu kod zone pristajanja i duž PSS, a nekad i duž staze za voženje, pri čemu se cevi ne moraju nalaziti duž čitave staze.

Postoje i druge vrste signala o aktivnosti na letištu. Tako se, npr., signali o približavanju oluje, uzbuni, požaru i o težim udesima daju i sirenom. Za regulisanje kretanja aviona po zemlji ili u fazi sletanja upotrebljava se raketni pištolj, koji ispaljivanjem crvene rakete treba da zaustavi kretanje ili zabrani sletanje aviona, dok se belom ili plavom raketom daje dozvola za nameravanu akciju.

Za noćno sletanje helikoptera najbolje je osvetliti PSS heliporta brišućim svetlom slabe sjajnosti, što se može postići fluorescentnim svetlom, koje rašireno u žlebovima daje periferijski indirektnu svetlost. Na gradskom ili predgradskom heliportu može se korisno upotrebiti i far za identifikaciju.

U cilju bezbednog spuštanja aviona noću mora se ostvariti sigurno napajanje električnom energijom svih svetlosnih uređaja, te je shodno tome neophodno potrebno, pored normalnog napajanja iz električne mreže, imati i pomoćne elektro-agregate koji se mogu automatski uključiti u rad u slučaju prekida struje iz zemaljske mreže.

AERODROMSKI RADIOUREĐAJI

Uporedo sa usavršavanjem aviona i svih pomoćnih vazduhoplovnih uređaja razvijali su se i usavršavali i vazduhoplovni radiouređaji. Tako su, npr., prvi eksperimenti primene radiotelegrafije izvršeni još 1912. Prvi svetski rat je znatno ubrzao razvoj aviona, a takođe i radioveze. Već 1919 prvi avion koji je počeo saobraćati na liniji Pariz—London bio je snabdeven primopredajnom radiostanicom. 1920 prvi put je kao sredstvo za navigaciju primenjen radiogoniometar, koji je docnije usavršen i oslobođen tzv. noćnog efekta, tj. štetnog uticaja koji se javlja u časovima zalaska i izlaska sunca. Probe sa ostvarenjem radiofara vršene su u Engleskoj 1921, a već je 1926 u USA izrađen vizuelni zonski radiofar u obliku instrumenta sa kazaljkom, radi izbegavanja neugodnosti vezanih sa dotadašnjim primanjem radiosignala na sluh. Godine 1942 ostvaren je engleski hiperbolični navigacioni sistem »GEE« (General Electric Equipment), a iste godine, u USA, američki hiperbolični navigacioni sistem »LORAN« (Long Range Navigation). God. 1944 proradila je prva stanica engleskog hiperboličnog sistema »DECCA« (firme »Decca Company«), zatim engleski radarski sistem »BABS« (Beam Approach Beacon System) za sletanje bez spoljne vidljivosti, i najzad vrlo precizni američki radarski sistem »GCA« (Ground Controlled Approach), koji, zahvaljujući radu na santimetarskim talasima, daje tačan položaj aviona po visini, azimutu i odstojanju, što omogućava kontrolnom organu na aerodromu da dovede avion do PSS i uspešno izvrši manevar sletanja.

Danas su savremeni aerodromi opremljeni velikim brojem raznih vrsta radiouređaja bez kojih se ne može zamisliti normalno obavljanje vazdušnog saobraćaja nezavisno od meteoroloških uslova, kako danju tako i noću. Izbor vrste uređaja i sistema zavisi od potreba i karaktera aerodroma, pri čemu veliku ulogu igra domet radiouređaja. Na savremenim aerodromima upotrebljavaju se: aerodromske radiostanice za vezu, uređaji za radionavigaciju i uređaji za sletanje bez spoljne vidljivosti.

Aerodromske primopredajne radiostanice. Preko aerodromskih radiostanica održava se stalna radiotelefonska ili radiotelegrafska veza s avionima, bilo u vazduhu bilo pri kretanju po zemlji, ili sa drugim aerodromima koji imaju odgovarajuće radiostanice. S obzirom na udaljenost između aviona u vazduhu i aerodroma, kao i na veoma gust vazdušni saobraćaj u pojedinim zonama, radioveze u vazdušnom saobraćaju dele se na veze na velikom, srednjem i malom odstojanju, kao i na veze sa aerodromskim kontrolnim tornjem. Veze na velikom i srednjem odstojanju, koje se obavljaju preko dugotalasnih i kratkotalskih radiostanica, obuhvataju veze na udaljenostima od aerodroma većim od 25 km. Zadatak ovih veza je da onemoguće sudare između aviona u vazduhu, da regulišu brzinu letenja aviona po kursu, kako bi se izbeglo zakašnjenje pri sletanju, da predaju avion kontroli bliže zone ili da ga od nje prihvate, i da posadama aviona predaju obaveštenja o meteorološkoj situaciji. Veze na malom odstojanju obuhvataju kontrolu vazdušnog saobraćaja u okolini aerodroma sve dok se avion ne preda kontroli sledeće zone ili aerodromskom komandnom tornju koji kontroliše poletanje, sletanje i kretanje aviona po aerodromu.

Radiotelegrafija, tj. prenošenje saopštenja na daljinu signalima u vidu kombinacija izvesnog broja tačaka i crta za svako pojedino slovo, broj ili znak, našla je široku primenu u vazduhoplovstvu i upotrebljava se dvojako: za vezu i za snimanje (goniometriju) u cilju navigacije. Njena glavne karakteristike su: veliki domet veze, do 10 000 km, kao i navigaciona snimanja do 3000 km na kratkim talasima; otpornost prema atmosferskim smetnjama; nezavisnost od jezika kojim govore posade aviona, radiostanice i

goniometra na zemlji. Nepovoljno je, naročito za neke lake i lovačke avione, što zahteva da na avionu bude posebno lice, radiotelegrafista.

Za radiotelegrafiju se upotrebljava kratkotalasni sistem sa dužinom radiotalasa od 15 do 100 m i srednjetalasni sistem sa dužinom radiotalasa od 600 do 1500 m.

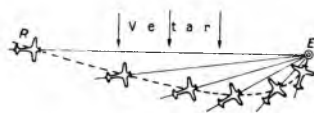
Efikasnost otpremnika u zavisnosti je od vrste talasa i njihove jačine: kratkotalasni otpremnik jačine 200 W ima domet do 3000 km, a otpremnik jačine 400 W domet do 4500 km, dok srednjetalasni otpremnik ima domet do 1000 km, što zavisi od visine leta, reljefnosti terena i atmosferskih uslova.

Radiotelefonija je po praktičnoj primeni u vazduhoplovstvu starija od radiotelegrafije, i u vojnim jedinicama svih država služi kao sredstvo za komandovanje posadama u vazduhu ili na zemlji. Naročito se primenjuje u velikim zemljama zbog približno istog jezika na velikoj teritoriji. Njene prednosti jesu: direktna veza između pilota i odgovarajućeg lica na zemlji; jednostavnost rukovanja, tako da nije potreban radiotelegrafist, za koga u izvesnim kategorijama aviona, npr. lovačkim, nema ni mesta; mogućnost neposrednog dirigovanja sa zemlje ili sa komandnog aviona u vazduhu. Nedostaci su mogućnost opštenja samo na jednom jeziku, srazmerno mali domet, veća podložnost atmosferskim smetnjama. Domet za jačinu otpremnika od 250 W iznosi najviše 1500 km.

Aerodromski uređaji za radionavigaciju služe za orijentaciju i vođenje aviona do željenog cilja. Oni se primenjuju uglavnom pri slaboj vidljivosti, kao i pri potpunoj nevidljivosti orijentacionih tačaka na zemlji, tj. za vreme leta kroz oblake, zatim noću kad nema orijentacionih svetlosnih signala i danju nad morem, pustinjama i ledenim prostranstvima. Za određivanje položaja aviona primenjuju se dva osnovna principa: određivanje pravca i određivanje rastojanja. Određivanje pravca zasniva se na osobini pravolinijskog rasprostiranja radiotalasa, pri čemu se iskorišćava bilo zračenje u određenim pravcima bilo prijem iz tih pravaca. Uređaji prvog tipa nazivaju se *radiofarovi*, a drugog — *radiogoniometri*, i oba spadaju u opštu klasu ugloernih sistema radionavigacije. Određivanje rastojanja između dve tačke u radionavigaciji zasnivano je na merenju vremena koje je potrebno radiotalasu da pređe to rastojanje. Ovo je moguće usled toga što je brzina rasprostiranja radiotalasa po zemljinoj površini poznata i jednaka brzini svetlosti (300 000 km/sek). Pored sistema kojima se neposredno meri rastojanje, postoje i sistemi kojima se meri razlika rastojanja od aviona do dve tačke čiji su položaji poznati. Ovi uređaji nazivaju se *radarski uređaji*.

Radiofar. Radiofarova ima više vrsta i oni mogu da zrače bilo podjednako u svim pravcima bilo samo u nekoliko određenih pravaca u horizontalnoj ravni ili u vertikalnoj ravni, u obliku snopa ili lepeze.

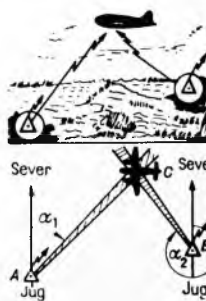
Radiofar za zračenje u svim pravcima daje neprekidnu emisiju određenog signala na tačno određenom talasu, npr. radiofar Beograd daje »Bd«. Radiofar se obično postavlja na samom aerodromu ili u njegovoj blizini. Da bi se radiofar iskoristio za navigaciju, na avionu treba da se nalazi prijemnik sa okvirkom antenom. Kada se prijemnik podesi na emisijski talas radiofara i kada je poznat njegov pozivni znak, avion će doleteti tačno na aerodrom ako pilot stalno održava kurs leta. Ako duva bočni vetar okomito na kurs leta, avion će i pored zanošenja doleteti na aerodrom, samo što će avion umesto po pravoj liniji leteti ka radiofaru po spirali (sl. 13). Pri određivanju položaja u kome se avion nalazi u izvesnom trenutku iskorišćuju se emisije dva ili tri zemaljska radiofara čiji je geografski položaj poznat, kao i njihovi pozivni znaci i dužine talasa na kojima se emisija vrši (sl. 14).



Sl. 13. Vođenje aviona radiofarom

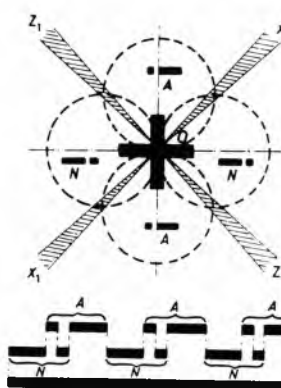
Radiofar za zračenje u nekoliko određenih pravaca ima antenski sistem u vidu jednog ili dva ukrštena okvira (sl. 15), preko kojih se vrši emisija tako da se naizmenično emituju dva

A (· —) ili slovo N (— ·). Pravilo je da se leti po kursu gde se čuje neprekidno zujanje. Radiofar sa dva ukrštena okvira ima četiri radiokursa pod međusobnim uglovima od 90°, koji služe za dovoz aviona na aerodrom, kao i za let aviona po zadanom kursu. Na avionu potreban je samo običan prijemni radioapar sa slušalicama.

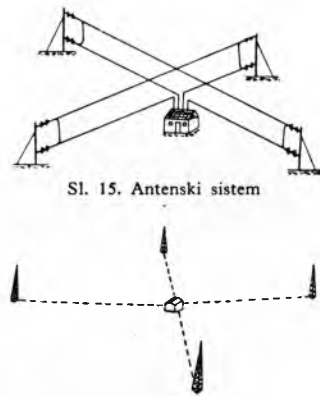


Sl. 14. Određivanje položaja aviona pomoću dva radiofara

Radiofar sa dve ukrštena okvirne antene retko se upotrebljava, zbog štetnog zračenja horizontalnih delova okvirknih antena, tako da se prešlo na upotrebu tzv. sistema *Adcock* (sl. 17). On se sastoji od četiri vertikalna rešetkasta stuba, postavljena na uglove kvadrata potrebne veličine i spojena podzemnim vodovima sa predajnom radiostanicom koja se nalazi u kućici u sredini kvadrata. Zrače samo vertikalni delovi antenskog sistema, tj. rešetkasti stubovi, a horizontalni su delovi neaktivni budući da su zakopani u zemlju. Kada se sva četiri stuba napajaju istom snagom, radiokursevi su ukršteni pod uglom od 90°. Međutim, često se ukazuje potreba da se promeni smer pojedinih kurseva tako da se oni



Sl. 16. Prikaz emisije dva slova

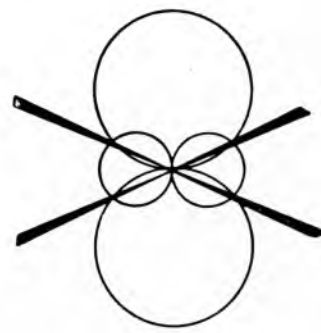


Sl. 17. Antenski sistem »Adcock«

postave duž vazdušne linije kojoj radiofar treba da posluži, s tim da se ne menjaju veličine antenskih stubova niti njihov međusobni položaj. Najprostiji način promene pravca radiokurseva jeste da se jednom paru stubova preda veća snaga za zračenje nego drugom, pri čemu se dobija radiofar sa sploštenim kursovima (sl. 18) ili, ako je potrebno da se sva četiri radiokursa orijentišu posebno, iz predajne se radiostanice dovodi do svakog stuba različita električna snaga za zračenje.

Domet radiofara zavisi od tipa, zračene snage i talasne dužine, a leži u predelima od 200...250 km do 1000...2000 km. Predajnik neprekidno vrši emisiju modulisanog signala, koji se prenosi na oba antenska sistema prepletanjem niza slova A i N i radi obično na srednjim talasima od 1000...1200 m, a modulacija se vrši tonom od 1020 Hz. Snaga iznosi ~ 750...1000 W. Kako se na srednjim talasima ne raspolaze dovoljnim opsegom za istovremeni rad više radiofara bez međusobne smetnje, to se postepeno prešlo na ultrakratke talase, gde može raditi istovremeno i bez smetnji veći broj radiofara.

Radiofar za vertikalno zračenje upotrebljava se za preciznu navigaciju, jer je zračenje običnog radiofara na srednjim talasima nejednako u vertikalnoj ravni. Zato se neposredno pored glavnog niskofrekventnog radiofara postavlja tzv. zenitski radiofar, koji radi na ultrakratkim talasima od ~ 4 m, da bi se zračena snaga



Sl. 18. Emisija radiofara sa sploštenim kursovima

kompletna slova koja se mogu povezati u neprekidno zujanje, odn. neprekidan zvuk, kao npr. slovo A (· —) i slovo N (— ·). Na simetralama između krugova (sl. 16) oba slova slivaju se u stalno i neprekidno zujanje, a ako se leti levo i desno od simetrala čuće se slovo

što bolje usnoplila i pilot što tačnije odredio položaj glavnog nisko-frekventnog radiofara. Antenski sistem je veoma malih dimenzija, s obzirom na ultrakratke talase. Snaga zračenja radiofara tako se podešava da snop dostiže do raznih visina, obično 3000...3500 m ili 6000...7000 m visine.

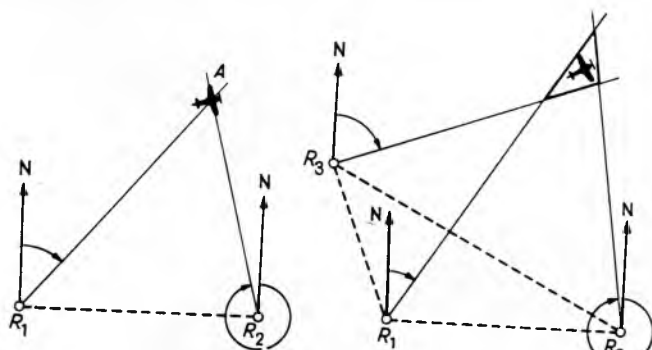
Lepezasti radiofari rade na ultrakratkim radiotalasima od ~4 m, a njihovo zračenje je upravljeno nagore u vidu lepeze eliptičnog poprečnog preseka. Oni se postavljaju u blizini navigacionog radiofara, po jedan na svakom radiokursu, tako da lepezasti snop leži upravno na kurs obeležen pomoću navigacionog radiofara. Kada avion leti po radiokursu ili nešto levo ili desno od njega, on prolazi kroz polje zračenja lepezastog radiofara, koji daje zvučni signal visoke učestanosti u slušalicama, obično tačke ili crtice.

Osim ovih postoje i glisadni radiofari, koji se iskorišćuju za tzv. liniju spuštanja pri sletanju bez spoljne vidljivosti.

Radiogoniometar je uređaj koji služi za određivanje pravca aviona u odnosu na određenu tačku. Nagli razvoj elektronike omogućio je i razvoj ovih uređaja, tako da se od prvobitnih ručnih srednjetalasnih goniometara, koje su opsluživali iskusni radiotelegrafisti, danas prešlo na automatske radiogoniometre VHF i UHF, koji automatski daju »snimak« aviona. Ovaj snimak se pokazuje na katodnoj cevi u obliku svetle crte ili obrtanjem skazaljke koja se zaustavi u određenom pravcu. Na cevi su ispisani uglovi, tako da se lako vidi pod kojim uglom leti avion u odnosu na goniometrijsku stanicu i geografski sever. Radiogoniometri se upotrebljavaju na vazдушnim putevima za davanje pravca leta avionima kojima označavaju i tačku preleta, za pomoć avionima pri sletanju na aerodrome koji nisu snabdeveni drugim uređajima za sletanje bez spoljne vidljivosti, kao i za identifikaciju aviona u zajednici sa radarom na aerodromima sa vrlo razvijenim saobraćajem. Ako se istovremeno vrše posmatranja dva (ili tri) radiogoniometra (sl. 19), onda se na preseku oba pravca nalazi avion i to se saopštava pilotu u vazduhu, tako da pilot zna tačno gde se nalazi, iako leti kroz oblake ili iznad njih, bez vidljivosti zemlje. Na osnovu većeg broja osmatranja avion biva vođen i doveden iznad radiogoniometra koji se nalazi na traženom aerodromu.

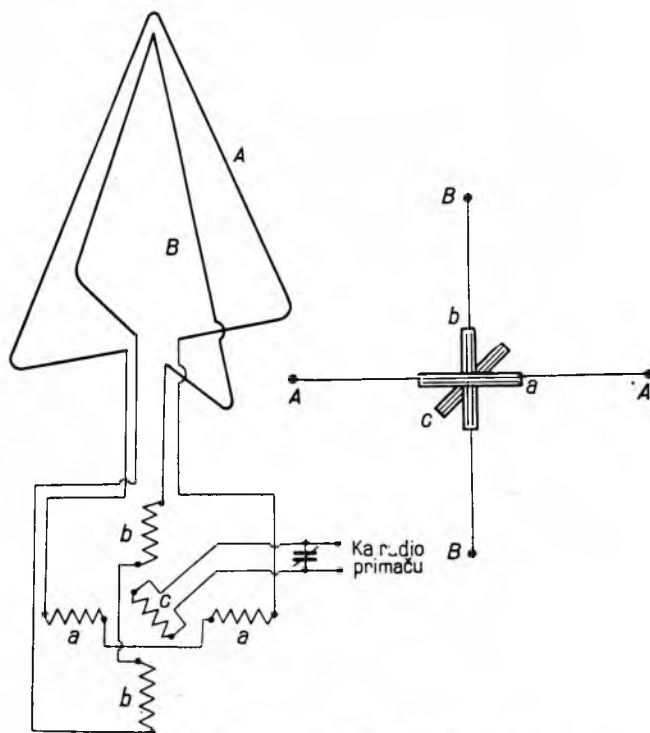
Radiogoniometri se mogu podeliti na tri glavne grupe: na *goniometre sa obrtnim okvirom*, *goniometre sa ukrštenim okvirom* i *goniometre sa antenskim sistemom Adcock*. Svi ovi uređaji iskorišćuju činjenicu da jačina prijema zavisi od ugla pod kojim radiotalasi dolaze na upravljenu antenu.

Radiogoniometar sa obrtnim okvirom sastoji se od prijemne radiostanice na srednjim talasima na koju je priključena relativno velika okvirna antena, najčešće kružna, a može biti i kvadratna, šestougaona, ili eliptična. Radi određivanja ugla ka avionu, prijemna stanica radiogoniometra podešava se na dužinu talasa avionske predajne radiostanice, a zatim se okvirna antena obrće sve dok se ravan okvira ne postavi okomito na pravac dolaznih talasa, u kom slučaju se u slušalicama ne čuje nikakav signal. Na taj način se određuje pravac aviona, a smer se aviona određuje upotrebom pomoćne antene. Merenje koja se vrše na ovakav način nesigurna su uveče i ujutro zbog tzv. *noćnog efekta*, te se zbog toga radiogoniometar sa obrtnim okvirom retko upotrebljava, i to uglavnom za odstojanja do 400 km.



Sl. 19. Određivanje položaja aviona pomoću dva i tri radiofara

Radiogoniometar sa ukrštenim okvirima (sl. 20) razlikuje se od radiogoniometra sa obrtnim okvirom po tome što je prijemna okvirna antena zamenjena sa dva velika nepokretna okvira u obliku trougla, ukrštena pod uglom od 90°. U stvari, ovo je isti antenski sistem što ga imaju i radiofari s okvirnim antenama, samo što se ovde radioantene upotrebljavaju za prijem, a ne za emisiju. Svaka antena je spojena sa po jednim nepokretnim namotajem, tzv. statornim, a treći pokretni namotaj, tzv. rotorni,



Sl. 20. Radiogoniometar sa ukrštenim okvirima

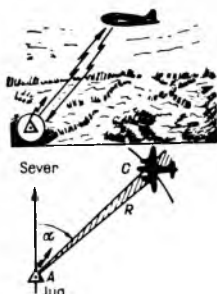
spojen je sa prijemnom radiostanicom i na njegovoj osovinu pričvršćen je pokazivač pravca rasprostiranja radiotalasa. Ovakav sistem je mnogo efikasniji od radiogoniometra sa obrtnim okvirom jer se na radiogoniometru s ukrštenim okvirima obrće samo mali namotaj, rotorni, i pomoću njega određuje pravac i smer, umesto da se obrće celi antenski sistem kao na radiogoniometru sa obrtnim okvirom. Usled toga moguće je na radiogoniometrima sa ukrštenim okvirima izraditi okvirne antene mnogo većih dimenzija nego što ih mogu imati obrtne okvirne antene, te je i njihov prijem znatno jači i osetljiviji. Nedostatak ovog sistema su greške pri radu usled noćnog efekta; one su nešto manje nego u radiogoniometra sa obrtnim okvirom, zato što se greške poništavaju kod radiogoniometra sa dva okvira.

Radiogoniometar sa antenskim sistemom Adcock upotrebljava se za precizno radiogoniometrijsko merenje na velikim odstojanjima, pri čemu ne postoji uticaj noćnog efekta. Antenski uređaj se sastoji od četiri vertikalne antene, visoke ~15...20 m, postavljene na uglove kvadrata čija je strana dužine ~50...80 m. Za određivanje smera predajne radiostanice upotrebljava se pomoćna antena istog oblika kao i ostale četiri i postavlja se u sredini kvadrata u tački gde se seku dijagonale koje spajaju dve i dve suprotne antene. Gornji horizontalni delovi okvira ne postoje, a donji horizontalni delovi, koji napajaju antene preko transformatora, zakopani su u zemlju u vidu armiranog olovnog kabla. Savremeni poboljšani sistem Adcock je vanredno precizan pri merenju i radi na dugim, srednjim, kratkim i ultrakratkim talasima. Ovaj sistem daje dobre rezultate i na odstojanjima do 8000 km iznad okeana, te je prema tome glavno navigacijsko sredstvo za daleku vazдушnu plovidbu iznad okeana, koje u svakom trenutku može dati pilotu kurs ili položaj aviona.

Radar (Radio Automatic Direction and Ranging). Aerodromski radarski uređaji za navigaciju mogu se podeliti na ure-

da je sa upravljenim elektromagnetskim talasima, uređaje sa merenjem razlike odstojanja i uređaje za određivanje položaja aviona u dve ravni. Ovi poslednji uređaji iskorišćuju se pri sletanju bez spoljne vidljivosti.

Radarski uređaji sa upravljenim elektromagnetskim talasima iskorišćuju odbijanje elektromagnetskih talasa od čvrstih predmeta i njihovo prostiranje u pravoj liniji za merenje trajanja puta talasa od radar-ske stanice do aviona i nazad, tj. za merenje samog rastojanja (sl. 21).



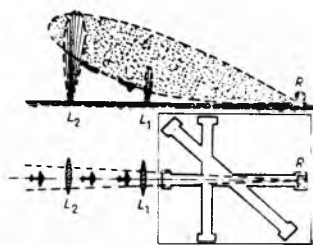
Sl. 21. Merenje rastojanja aviona od aerodroma radarom

Radarski uređaji sa merenjem razlike odstojanja od dve ili više zemaljskih otpreminih radiostanica služe u stvari vođenju aviona po sistemu tzv. hiperboličke navigacije. Jedna od zemaljskih radiostanica naziva se glavna, tzv. vodeća, a njeni impulsi su sinhronizovani sa impulsima sporednih, tzv. vođenih radiostanica, postavljenih na odstojanju od nekoliko stotina kilometara između sebe. Na avionu se impulsi vodeće i vođenih radiostanica primaju sa različitim zadocnjenjima, koja u stvari mere razliku odstojanja od zemaljskih radiostanica. Za svaki hiperbolički navigacioni sistem izdaju se specijalne geografske karte na kojima se sa velikom tačnošću nanose familije hiperbola od kojih svaka (hiperbola) odgovara određenoj razlici vremena dolaska impulsa od odgovarajuće vodeće, odnosno vođenih predajnih radiostanica. Na prednjem principu u Velikoj Britaniji radi impulsi hiperbolički sistem »GEE« koji se primenjuje za navigaciju na kraćim rastojanjima (sl. 22). Radi na talasima od 15...3,5 m (učestanost 20...85 MHz) i domet mu se nalazi u domenu prave vidljivosti, tj. za avione koji lete na većim visinama iznosi ~ 450...500 km. Sličan sistemu »GEE« je nemački sistem »TRUE«, kao i sistemi za daleku navigaciju: engleski »DECCA« i američki »LORAN«. Američki hiperbolički sistem za daleku navigaciju »LORAN« bio je predviđen prvobitno za prekooceansku navigaciju. Ovaj sistem radi obično na talasima od 175...150 m (učestanost 1,7...2 MHz) i daje mogućnost sigurnog određivanja položaja aviona danju nad morem do 1100 km, a nad kopnom do 400...500 km. U sistemu »GEE« upotrebljavaju se tri zemaljske sinhronizovane radiostanice, a poboljšani sistem »S. S. LORAN« (Skywave-Synchronized Loran) koristi se parovima radiostanica, udaljenih i do 2000 km (sl. 22). Da bi se povećao domet, razrađen je i ispitivan niskoučestani hiperbolički sistem »L. F. LORAN« (Low-Frequency Loran) koji radi na talasima od 1660 m sa dometom nad morem do 2800 km danju, a noću do 5600 km; domet nad kopnom manji je za 25%. Nedostatak impulsnih navigacionih sistema je velika složenost kako zemaljskih tako i avionskih uređaja, a takođe neophodnost da se brižljivo kontroliše pravilnost

rada zemaljskih radiostanica i sa najvećom tačnošću održava konstantnost vremena između dva impulsa.

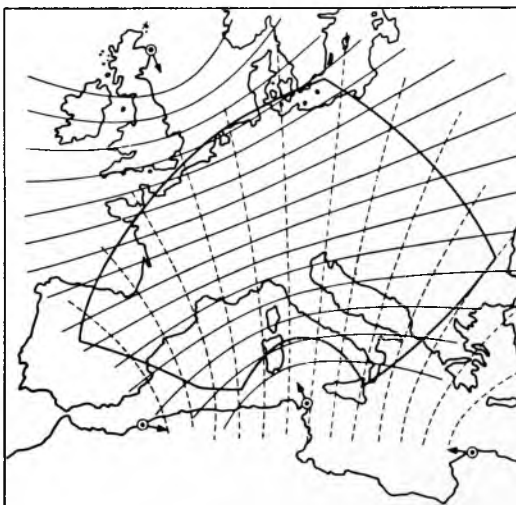
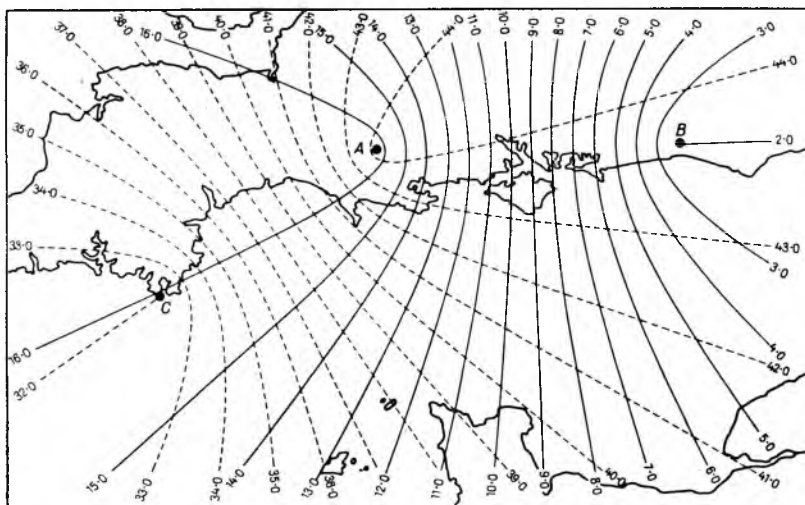
Radiouređaji za sletanje bez spoljne vidljivosti. Današnja tehnika aerodromskih radiouređaja koji služe za vođenje aviona u zoni aerodroma i za sam manevar sletanja pri nepovoljnim meteorološkim uslovima ima za zadatak da dovede avion sa granice zone aerodroma tačno iznad aerodroma na potrebnu i sigurnu visinu leta, zatim da ga uputi u prostor bez prirodnih i veštačkih prepreka, pri čemu on treba da smanjuje visinu, i najzad da ga posle zaokreta dovede na najmanju moguću visinu tačno u pravcu staze za sletanje. Ovo je moguće ostvariti radiouređajima na ultrakratkim talasima sa pomoćnim radiofarovima i kliznom putanjom, ili pomoću nešto komplikovanijeg radarskog sistema koji je vrlo malo podložan smetnjama i omogućava rad većem broju aviona na malom prostoru.

Radiouređaj za sletanje na ultrakratkim talasima sastoji se od jednog glavnog i dva pomoćna radiofara (sl. 23). Glavni radiofar (R) je postavljen na ivici aerodroma ili na kraj staze, sa zadatkom da tačno obeleži pravac sletanja, tj. pravac koji se poklapa sa osom staze, i da obeleži radiokurs blagog nagiba po kome će avion kliziti kada se bude približavao aerodromu. Glavni radiofar zrači na talasu od ~ 9 m, modulisanom sa 1150 Hz. Prvi pomoćni radiofar (L_2), koji je postavljen na 3000...5000 m od ivice aerodroma, zrači vertikalno, a zračeni snop je lepezastog oblika na talasu 7,89 m, modulisanom sa 700 Hz. Drugi pomoćni radiofar (L_1) postavljen je na 300...500 m od ivice aerodroma, u istoj pravoj liniji sa prvim pomoćnim radiofarom i glavnim radiofarom. Zrači takođe vertikalno u vidu lepezastog snopa na talasu od 7,89 m, modulisanom sa 1700 Hz. Kada pilot, leteći po kursu, preleti iznad prvog pomoćnog radiofara, on će dobiti optički i piskav zvučni signal. Tada treba da smanji visinu i brzinu do najmanje dopuštene granice. U daljem letu nailazi na drugi pomoćni radiofar, pri čemu opet dobija optički i nešto piskaviji zvučni signal. To je znak da se avion nalazi u neposrednoj blizini aerodroma, na visini 6...10 m, i da treba preduzeti sve potrebne mere za sletanje na pistu.



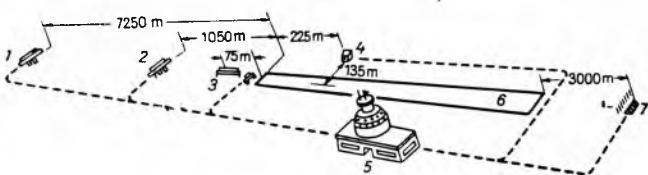
Sl. 23. Sletanje pomoću tri radiofara na ultrakratkim talasima

Sistem ILS (»Instrument Landing System«) radi na ultrakratkim talasima. Za razliku od radara, gde pilot od kontrole letenja dobija tačno svoju poziciju i uputstvo za popravku visine i kursa pri sletanju, uređaj ILS-sistema na zemlji emituje u impulsima zrake koji se primaju uređajem na avionu. Pilot treba samo da prati instrumente koji se nalaze na instrument-tabli sa



Sl. 22. Familije hiperbola sistema »GEE« i sistema »S. S. LORAN«

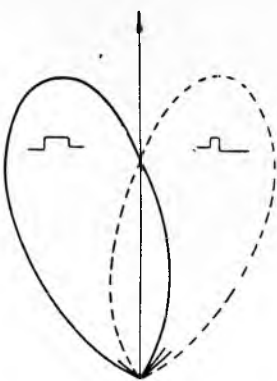
ostalim instrumentima. ILS (sl. 24) se sastoji od sledećih glavnih delova: glavnog radiofara, glisadnog radiofara i lepezastih radiofara. Glavni radiofar (4) pokazuje pravac PSS, glisadni radiofar



Sl. 24. Sistem ILS za sletanje

(2) liniju prilaza na PSS po visini, a lepezasti radiofarovi (1) pokazuju odstojanje aviona od početka PSS. Domet glavnog radiofara iznosi 45 km, učestanost 108...112 MHz. Ugao glisade iznosi 2...4°, a učestanost glisadnog radiofara 329...335 MHz. U avionu nalazi se instrument po pravcu, koji prima zračenje glavnog radiofara, i instrument po visini, koji prima zračenje glisadnog radiofara. ILS služi za završno privođenje aviona na PSS pri uslovima instrumentalnog letenja. To je najbolji dopunski uređaj za instrumentalno letenje pored radara.

Radarski uređaj za sletanje umesto glavnog radiofara ima radar koji se postavlja na ivicu aerodroma ili na kraj staze, sa zadatkom da obeleži duž staze radiokurs na kome će se u avionskom radarskom uređaju primiti neprekidni signal stalne jačine, odn. kraći ili duži impulsi kada avion skrene levo i desno od kursa (sl. 25). Na ovom principu radi engleski sistem »BABS« sa kratkim impulsima od 5 μ s i dugim od 12 μ s. Dužina talasa iznosi 1,8 m a učestanost 166 MHz. Pomoću ovih impulsa može se na zastoru katodne cevi avionskog radara tačno i neprekidno očitavati odstojanje u pravoj liniji između aviona i zemaljskog radara na kraju staze, a takođe i odstupanje aviona levo ili desno od kursa. Kad se avion nalazi tačno na kursu, amplituda kratkog i dugog impulsa su izjednačene. U poređenju sa radiouređajem sa ultrakratkim talasima za sletanje bez spoljne vidljivosti, ovaj sistem ima tu prednost što pilot leteći pravo ka zemaljskom radaru zna svakog trenutka odstojanje od aerodroma, dok je pri sistemu s ultrakratkim talasima obavešten samo dva puta preko pomoćnih radiofara. Međutim, nedostatak ovog sistema sastoji se u tome što nema klizne putanje za sletanje. Vršeni su pokušaji primene glisadno-impulsnih radiofara koji rade na talasima ~ 1,5 m, ali takva klizna putanja nije imala bitnih preimućstava nad ranije opisanom kliznom putanjom.

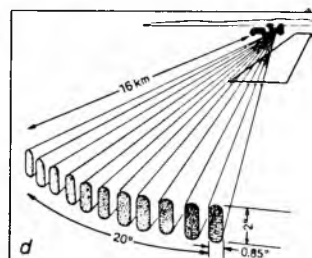
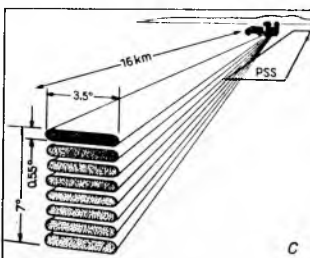
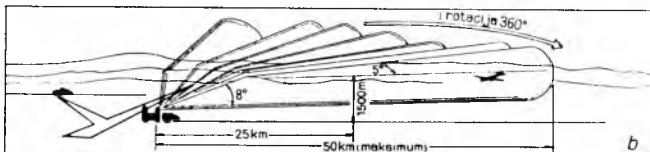
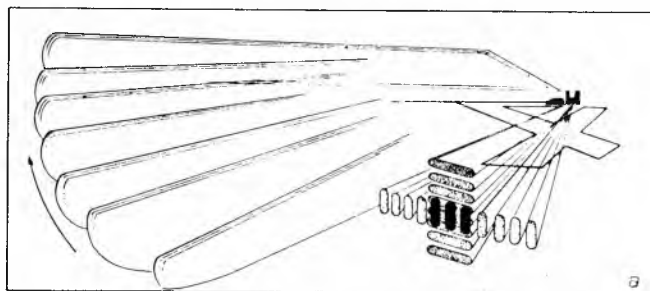


Sl. 25. Impulsi za vođenje aviona radarom

gog impulsa su izjednačene. U poređenju sa radiouređajem sa ultrakratkim talasima za sletanje bez spoljne vidljivosti, ovaj sistem ima tu prednost što pilot leteći pravo ka zemaljskom radaru zna svakog trenutka odstojanje od aerodroma, dok je pri sistemu s ultrakratkim talasima obavešten samo dva puta preko pomoćnih radiofara. Međutim, nedostatak ovog sistema sastoji se u tome što nema klizne putanje za sletanje. Vršeni su pokušaji primene glisadno-impulsnih radiofara koji rade na talasima ~ 1,5 m, ali takva klizna putanja nije imala bitnih preimućstava nad ranije opisanom kliznom putanjom.

Američki radarski sistem »GCA« za sletanje bez spoljne vidljivosti omogućava da se stalnim obaveštavanjem pilota upravlja avionom sa zemlje, zahvaljujući vrlo preciznom zemaljskom radaru koji radi na santimetarskim talasima i pomoću koga se određuje tačan položaj aviona po visini, azimutu i odstojanju. Položaj aviona u odnosu na odgovarajuću stazu reprodukuje se na zastoru katodne cevi zemaljskog radara, tako da kontrolni organ na aerodromu daje avionu pravac sletanja i obaveštava ga kada treba početi sa sletanjem. Na aerodromu su u stvari postavljene dve radarske stanice, od kojih je jedna određena za otkrivanje aviona koji dolaze u zonu za sletanje od 50...16 km i radi na talasima od 10 cm sa učestanošću od 3000 MHz, a druga je određena da upravlja sletanjem aviona u domenu do 16 km i radi na talasima od 3 cm. Njihovo zračenje prikazano je na slici 26 a. Posle otkrivanja i identifikovanja aviona, prva radarska stanica stupa u radiovezu sa posadom aviona i izdaje naređenja o njihovom daljem kretanju. Avion, idući ka aerodromu na sletanje, stupa na daljini od 16 km u vezu sa drugom radarskom stanicom, koja ga vodi na sletanje. Radarska stanica sastoji se od dve antene, od kojih se jedna kreće u vertikalnoj (sl. 26 c), a druga u horizon-

talnoj ravni (sl. 26 d). Ovaj metod ima veliku prednost nad ostalim sistemima i zato što na avionu nije potreban nikakav složeni uređaj, već obična prijemna radiostanica za vezu sa zemaljskim



Sl. 26. Rad aerodromske radarske stanice »GCA«. a zračenje obeju stanica, b zračenje radarske stanice za otkrivanje aviona, c zračenje radarske stanice za vođenje u vertikalnoj ravni (od -1° do +6°), d zračenje radarske stanice za vođenje u horizontalnoj ravni (kut azimuta 20°)

radarom, ali je zato zemaljski radar veoma složen. Stoga se obično upotrebljava samo na velikim i prometnim aerodromima.

UTOVARNI UREĐAJI

Za ulazak i izlazak putnika, za utovarivanje i istovarivanje robe, za zamenu točkova aviona, proveru uvlačenja stajnog trapa i druge radove na avionu, kao i za vuču aviona, upotrebljavaju se razni pomoćni uređaji koji olakšavaju potrebne operacije i znatno skraćuju vreme za njihovo izvršenje i ako se pri tome upotrebljava mali broj osoblja.

U vazduhoplovnom transportu, radi omogućenja udobnog ulaska putnika u avion i izlaska iz njega, upotrebljavaju se pomoćna stepeništa. Kako su za razne avione potrebna stepeništa različitih visina, to postoje stepeništa kojima se visina prema potrebi može menjati, tako da su ona podesna za vrata svakog aviona (sl. 27). Savremeniji tipovi stepeništa postavljaju se na kaminu, tako da su vrlo pokretljivi i brzo se njima rukuje, a pogodna su za sve moderne i mlađe avione.

Utovar i istovar robe vrši se pomoću transportnih kolica, teretnih dizalica, rampi i transportera.

Za prenošenje robe upotrebljavaju se transportna kolica, koja se pokreću električnim putem ili motorima sa unutrašnjim sagorevanjem.



Sl. 27. Podesivo stepenište za ulaz i izlaz iz aviona

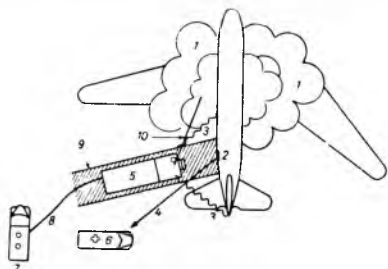
Za razmeštanje robe po magacinu, za utovarivanje robe u avion i za istovarivanje robe iz aviona upotrebljavaju se pokretne dizalice, obično viljuškastog tipa.

Za utovar u avion većih predmeta, npr. automobila i sl., kao i za njihov istovar iz aviona upotrebljavaju se rampe u obliku rešetkaste čelične konstrukcije. Za utovar i istovar robe često se kao pomoćno sredstvo upotrebljava pokretna transportna traka.

VATROGASNI UREDAJI

Na svim aerodromima osnovni zadaci službe obezbeđenja od požara su sledeći: organizovati protivpožarnu službu i službu spasavanja prilikom svih mogućih udesa vazdušne plovidbe na aerodromu ili u njegovoj neposrednoj blizini; proučiti i staviti u dejstvo sve pripreme i mere za ugušenje požara zgrada i uređaja koji se nalaze na aerodromu; organizovati i blagovremeno obezbediti prvu pomoć ranjenicima, kao i njihov prevoz do najbliže bolničke ustanove; u izvanredno hitnim slučajevima materijalnih udesa, pružiti potrebnu pomoć sopstvenim sredstvima ili u saradnji sa drugim kompetentnim službama.

S obzirom na opasnost od požara na aerodromima postoje tri kategorije zgrada i uređaja: a) hangar-radionice, skladište goriva u buradima, radionice za bojenje, radionice za zavarivanje i prostorije za smeštaj upaljivog materijala; b) radionice za obradu drveta i gvožđa i skladište srednje upaljivog materijala; c) skladište upaljivog materijala, ali bez manipulacije.



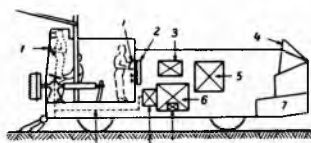
Sl. 28. Metod upotrebe eksperimentalnog vozila za spasavanje. 1 vatra, 2 otvor za pomoć, 3 prekrivač od azbesta, 4 sporedni izlaz za spasavanje, 5 vozilo za spasavanje, 6 ambulanta kola, 7 kamion-cisterna sa vodom, 8 crevo za snabdevanje, 9 prekrivač od pene, 10 krak-rasipač pene

hteva upotrebu nekog specijalnog uređaja. Takav uređaj treba da bude sposoban da se što pre dovede na mesto udesa i da na najpristupačnijem delu trupa aviona otvori rupu dovoljne veličine da se kroz nju ljudstvo može izvući, zaštićujući taj otvor od dejstva toplote i zračenja na način prikazan na sl. 28. Jedno od najboljih rešenja predložila je direkcija australijskog civilnog vazduhoplovstva; sastoji se od jednog vozila (sl. 29 i 30) sposobnog da vozi po svim terenima, na kome je ugrađen pomoćni uređaj opremljen sredstvima za sečenje otvora na bokovima trupa aviona (rotativna testera, sl. 31 i 32).

Glavna sredstva koja se upotrebljavaju za gašenje požara aviona jesu: tečni ugljen-dioksid (CO_2); ugljen-tetrahlorid (CCl_4); metilbromid (CH_3Br); monohlor - monobrom - metan i freon (difluordihlormetan); voda (pulverizirana ili ne); hemijska ili fizička pena (pulverizirana ili ne) i prašak. Ugljen-dioksid je najviše upotrebljeno sredstvo za gašenje početka spoljnih požara kao i požara slabo ili rđavo ventiliranih prostorija u kojima se nalazi ljudstvo (putnici u kabinama aviona).

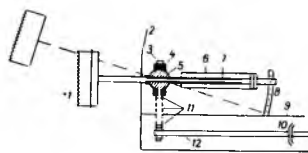
Ugljen-tetrahlorid se upotrebljava za spoljne i manje požare. Metilbromid ima izvanrednu moć gašenja, ali je jako otrovan i upotrebljava se najviše prilikom gašenja motora. Monohlor-monobrommetan (CB, u Nemačkoj D. L.) upotrebljava se u vazduhoplovstvu

uz dodatak 35% ugljen-dioksida. I neki drugi derivati halogena pokazali su se efikasniji i znatno manje otrovni od metilbromida, te se sa uspehom upotrebljavaju za sve spoljne manje i srednje požare i označeni su kao najbolje sredstvo za opremu

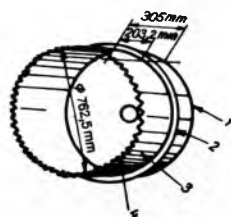


Sl. 30. Eksperimentalno vozilo, preseck. 1 kontrolna tabla, 2 proizvođači pene, 3 rezervoar, 4 ulaz vazduha za zadnji motor, 5 cisterna sa 1160 l vode, 6 pomoćni motor, 7 zadnji motor, 8 komanda testere, 9 pumpa za vodu, 10 generator

Na svim važnijim aerodromima potrebno je raspolagati dvema kategorijama vozila za pomoć: vozilima za nadziranje PSS i stajanke (brzim vozilima za gašenje); vozilima za gašenje i spasavanje (teškim vozilima za gašenje).



Sl. 31. Shema ugradnje komande testere za isecanje. 1 testera za isecanje, 2 prednji deo vozila, 3 liveni zupčani, koji pokreću kuglu pomoću klina, 4 nepokretna ležišta u ukrucenim kavezima vezanim za šasijsu, 5 čelična kugla sa klinom na osovini, 6 hidraulični klizač, 7 žlebovi za klinove, 8 mehanizam za podizanje, 9 patos kabine, 10 uključivač, 11 lanac i zupčani, 12 osovina koju pogoni pomoćni motor



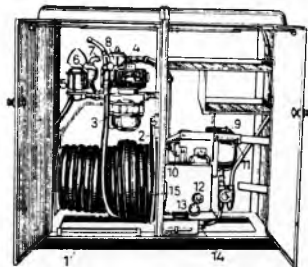
Sl. 32. Shema testere za isecanje. 1 zadnji pojas od livenog aluminijuma, 2 ispušćenje koje ograničava prodiranje, 3 čelično telo testere je ispred zadnjeg pojasa ugnuto blago u korus, 4 zubi testere su od kaljenog čelika

Postoji mogućnost da se duž PSS postave hidranti za gašenje koji bi bili napojeni vodom pod stalnim pritiskom. Međutim, zbog opasnosti od prskanja, pa shodno tome i podlokavanja terena, a i zbog potrebe da se ovakav sistem zimi greje, što se ne može jednostavno i lako rešiti, ovaj sistem se skoro nigde ne upotrebljava.

NAPAJANJE GORIVOM I MAZIVOM

Napajanje aviona gorivom i mazivom može se vršiti na razne načine, što zavisi od toga da li se napajanje vrši na zemlji, na vodi ili u vazduhu, zatim od tipa aviona, kao i od veličine aerodroma na kome se napajanje vrši. Skladište za gorivo i mazivo treba da je postavljeno na pogodnom mestu i da je sposobno za brzo punjenje aviona svih vrsta.

Za napajanje aviona gorivom i mazivom na zemlji postoji više uređaja koji su sada u upotrebi: pumpne stanice, kompletne aerodromske servisne stanice, terensko vozilo za napajanje, autocisterne, aerodromski hidranti, podzemne cisterne itd. Pumpne stanice su pogodnije za rad na manjim aerodromima i služe uglavnom za napajanje vozila i mašina na aerodromu, dok su aerodromske servisne stanice predviđene za napajanje lakih sportskih i turističkih aviona i veoma su podesne za manje aerodrome (sl. 33).



Sl. 33. Pumpni uređaj servisne stanice za napajanje aviona. 1 valjak za crevo, 2 prekidač (motora), 3 benzinomer, 4 brojčanik, 5 kontrolno staklo, 6 mlaznica, 7 odeljivač vode, 8 električna lampa i prekidač, 9 motor, 10 pumpa, 11 kuka aparata za gašenje požara, 12 zaobilazni ventil, 13 cedilo, 14 priključak za vakuum, 15 uređaj za namotavanje creva



Sl. 34. Auto-cisterna za transportovanje goriva

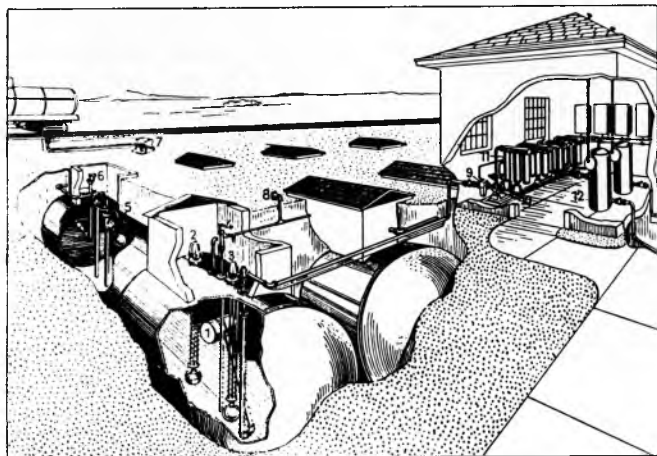
Auto-cisterne (sl. 34 i 35) služe za transportovanje, usisavanje, mešanje, napajanje i drugo manipulisanje lako zapaljivim gori-



Sl. 35. Pumpna stanica auto-cisterne

vima. Zapremnina ovih cisterni ide do 12 000 l, sa kapacitetom pumpi do 700 l/min.

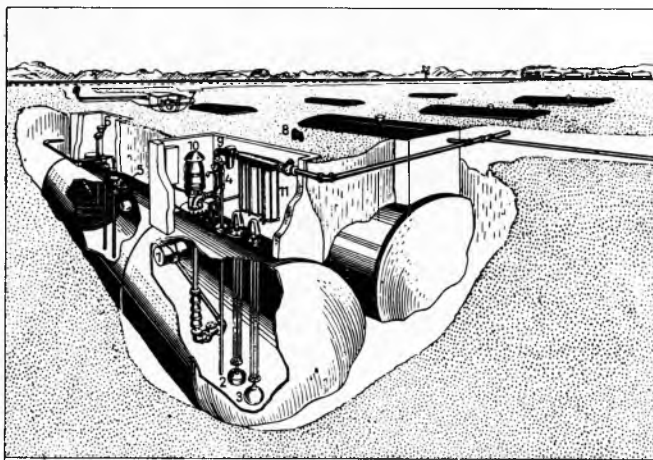
Podzemne cisterne su veoma pogodne za aerodromski sistem napajanja gorivom i mazivom. Postoji nekoliko vrsta ovakvih



Sl. 36. Podzemna cisterna sa kućicom i separatorom vazduha. 1 usisavajući plovak, 2 regulator maksimalnog nivoa vode, 3 regulator minimalnog nivoa goriva, 4 ručna drenažna pumpa, 5 regulator maksimalnog nivoa goriva, 6 pokazivač količine goriva, 7 prečištač na ulazu u cisternu, 8 oduška, 9 prečištač pumpe, 10 pumpa, 11 centrifugalni separator vode, 12 separator vazduha

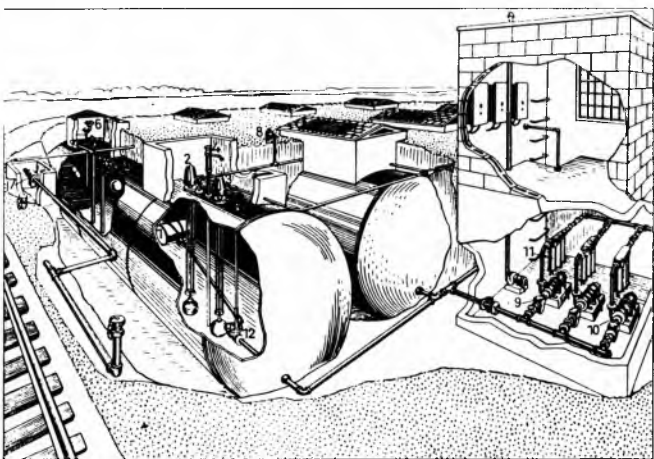
cisterni, od kojih je jedna prikazana na sl. 36. Ova cisterna je kompletirana svim potrebnim automatskim kontrolnim i sigurnosnim uređajima.

Na slici 37 prikazan je drugi tip podzemne cisterne koji se danas mnogo upotrebljava na aerodromima raznih veličina. Ovoj cisterni nisu potrebni ni posebna kućica za pumpu ni separator vazduha, jer se svi uređaji nalaze u betonskom odeljenju odmah iznad cisterne, tako da svaka cisterna ima svoj poseban



Sl. 37. Podzemna cisterna bez separatora vazduha. 1 usisavajući plovak, 2 regulator maksimalnog nivoa vode, 3 regulator minimalnog nivoa goriva, 4 ručna drenažna pumpa, 5 regulator maksimalnog nivoa goriva, 6 pokazivač količine goriva, 7 prečištač na ulazu u cisternu, 8 oduška, 9 prečištač pumpe, 10 pumpa, 11 centrifugalni separator vode

pumpni sistem. Ovaj tip je pogodan za visokootporna goriva, jer se ceo radni mehanizam nalazi zagnjuren u gorivu čitavo vreme. Treći tip podzemne cisterne prikazan je na sl. 38 i primenjuje se u slučajevima kada se cisterna nalazi iznad zemljišta



Sl. 38. Cisterna na nivou tla ili sa zemljom nasutom preko nje. 1 usisavajući plovak, 2 regulator maksimalnog nivoa vode, 3 regulator minimalnog nivoa goriva, 4 ručna drenažna pumpa, 5 regulator maksimalnog nivoa goriva, 6 pokazivač količine goriva, 7 prečištač na ulazu u cisternu, 8 oduška, 9 prečištač pumpe, 10 pumpa, 11 centrifugalni separator vode, 12 slavina

ili u nivou tla sa zemljom nasutom preko cisterne. Usled toga linija usisavanja uvek je puna tečnosti sve do pumpe, te separator vazduha nije potreban.

Napajanje hidroaviona gorivom i mazivom može se vršiti na razne načine. Hidroavion se ili izvuče na obalu, u hangar, ili se dovlači u dok, gde se napaja sa obale prema napred opisanim načinima, ili se pak napaja na vodi preko brodova-cisterni.

Pored napred pobrojanih načina napajanja aviona gorivom i mazivom na aerodromima, postoji i mogućnost napajanja aviona gorivom u letu.

AERODROMSKA NAVIGACIONA SLUŽBA

U cilju regulisanja kretanja vazduhoplova na zemlji, po vodi i u vazduhu, i da bi se ostvarilo potrebno obezbeđenje ljudstva i vazduhoplovnog materijala, postoji skup mera i propisa. U samom začetku vazduhoplovstva ove mere su bile čisto tehničke prirode i ta su pravila imala samo lokalni značaj, mada se funkcionisanjem prvih vazduhoplovnih jedinica ukazala potreba i za drugim merama bezbednosti, pa su one bile obuhvaćene prvim pravilima za upotrebu vazduhoplovstva. Poznata je, npr., instrukcija ruskog štaba vazduhoplovnog vojnog okruga od 20. VIII 1911, koja propisuje minimalne meteorološke uslove za letenje i postupak u slučaju kvara motora i prinudnog sletanja. Slične instrukcije i pravila letenja su nakon toga izdale Francuska, Nemačka, Italija i Velika Britanija. Nešto kasnije, zbog naglog porasta broja kvarova na aerodromu, ukazala se potreba da se pravilima propiše voženje po aerodromu, poletanje, sletanje i letenje u grupi u cilju izbegavanja sudara vazduhoplova i uvede dežurni organ koji signalima reguliše kretanje i let vazduhoplova u zoni aerodroma. Nakon Prvog svetskog rata, na konferenciji u Parizu 13. X 1919 izrađeni su međunarodni propisi i sklopljeni bilateralni ugovori o vazdušnom saobraćaju između većine evropskih zemalja, kojima je regulisano i pitanje uvođenja prvih međunarodnih vazduhoplovnih linija. Povećanjem vazdušnog saobraćaja, pored opsežnih meteoroloških i navigacijskih obezbeđenja, povećan je i broj radiogoniometrijskih stanica na zemlji koje su održavale vezu s avionima u letu. Sa povećanjem broja udesa (na milion preletenih kilometara u toku 1920 bile su 3 katastrofe) preduzimane su nove mere bezbednosti najavljujivanjem letova i neprekidnim održavanjem veze aerodroma i radiogoniometrijskih stanica s avionima u letu. Tako se već iduće godine broj udesa prepolovio. Nakon Drugog svetskog rata došlo je do naglog porasta civilnog vazduhoplovstva, koji je zahtevao svestraniju organizaciju za regulisanje vazdušnog saobraćaja, pa je formirana međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva, čije su preporuke prihvatile sve zemlje, a mnoge zemlje su ih primenile u velikom stepenu i na svoja ratna vazduhoplovstva. Ove preporuke su u stvari propisi, uputstva i pravila koja regulišu službu letenja vazduhoplova.

Kretanje vazduhoplova u vazdušnom prostoru vrši se po određenim *vazdušnim i konsultativnim putevima*, a van ovih samo po itinererima odobrenim od dotične zemlje. U cilju sprečavanja sudara u vazduhu, prilikom letenja ne valja približavati se više drugom vazduhoplovu, izuzev kada se vrši letenje u grupi prema utvrđenom sporazumu i odobrenju. Ako jedan vazduhoplov ima priznato pravo prolaza, a u blizini se nalazi drugi vazduhoplov, ovaj je drugi dužan da se ukloni s puta prvome, izbegavajući da prolazi iznad ili ispod njega ili da mu preseca put na udaljenju manjem od 150 metara.

U susretu, kada dva vazduhoplova lete jedan drugome u susret, ili skoro u susret (razlika pravaca leta do 20°), nijedan od njih nema pravo proleta, već svaki od njih skreće u desno. Pri ukrštanju, ako su dva vazduhoplova na skoro istoj visini, onaj vazduhoplov koji vidi drugi sa svoje desne strane ukloni se skrećući udesno, izuzev kad je u pitanju vazdušna lađa, jedrilica, balon ili vazduhoplov sa zapregom; njima se daje prvenstvo. U prestizanju prednji vazduhoplov ima pravo prolaza, te je zadnji dužan da se udalji od pravca kretanja prednjeg vazduhoplova i da ga zaobide sa desne strane. Pri sletanju daje se prvenstvo onom vazduhoplovu koji sleće ili je u toku završnog prilazanja, kao i onima koji su na manjoj visini. Avioni skreću udesno i ustupaju prolaz slobodnim balonima, jedrilicama, avionima sa zapregom i sanitetskom avionu. Kada voda vazduhoplova sazna da je neki drugi vazduhoplov prisiljen da sleti, ustupiće mu prolaz. Nijedan vazduhoplov ne sme poleteti sve dok postoji opasnost sudara sa drugim vazduhoplovom.

Na vazduhoplovu mogu da postoje jedino propisana *pozicijska svetla*, koja služe za utvrđivanje položaja i pravca kretanja vazduhoplova u prostoru za manevrisanje ili za vreme letenja. Ova svetla moraju biti upaljena u vremenu između pola časa posle zalaska i pola časa pre izlaska sunca ili u ma kome drugom vremenu koje bi moglo da propiše nadležni organ, a prema uobičajenoj praksi i kada je vidljivost manja od 1500 m. Vazduhoplov koji se kreće po aerodromu ili leti u neposrednoj okolini aerodroma obavezan je: da osmatra ostali aerodromski saobraćaj

u cilju izbegavanja sudara; da se uključi u aerodromski krug; da sve zaokrete vrši ulevo pri prilazanju radi sletanja ili posle uzletanja (ukoliko to nije drukčije propisano); da sleće i poleće uz vetar. Voda vazduhoplova je dužan da se pre leta detaljno upozna sa svim raspoloživim uputstvima koja se odnose na let i da napravi plan leta za sve letove za koje se predviđa da se neće izvršiti sletanje na polaznom aerodromu. Plan leta zasniva se na potrebama posade i na meteorološkim predviđanjima (ili postojećim stanjima na odnosnom itinereru). Ako avion koji poleće nije opremljen sredstvima radioveze, a takva sredstva nema ni aerodrom sa koga poleće, voda vazduhoplova je obavezan da najbržim sredstvom javi vreme poletanja aerodromu na koji namerava da sleti. Bilo da se leti po CFR (Contact Flight Rules, pravila za letenje uz neprekidnu vidljivost zemlje), VFR (Visual Flight Rules, pravila za vizuelno letenje) ili IFR (Instrument Flight Rules, pravila za instrumentalno letenje), voda vazduhoplova je dužan da najkasnije pola časa pre poletanja podnese na odobrenje popunjeni obrazac plana leta za sve letove izvan aerodromskih zona i odobrenje će važiti samo za te letove.

Ako je vazduhoplov opremljen radio-sredstvima, voda vazduhoplova mora da održava neprekidnu vezu sa nadležnim organom službe obezbeđenja vazdušne plovidbe, kome treba da javlja svoju poziciju i da daje sve druge potrebne podatke. Svaka zemlja ima svoje standardne izveštaje o javljanju pozicije vazduhoplova, ali su svi oni neobično slični, jer su napravljeni shodno preporukama ICAO. Ovi standardi sadrže: obaveštenje o poziciji, visini i uslovima letenja; ostala obaveštenja (dostavljaju se samo na zahtev nadležnog organa); meteorološka obaveštenja. Voda vazduhoplova, pored popune plana leta ili dostavljanja izveštaja o tome, dužan je da što je moguće pre najavi svoj dolazak nadležnom organu sa naznačenjem, pored pozivnog znaka, i tipa vazduhoplova, mesta i vremena polaska i dolaska. Osim toga, neposredno posle sletanja dužan je da nadležnom organu dostavi izveštaj o meteorološkim zapažanjima tokom leta i ostala zapažanja o primećenim nepravilnostima ili nepravilnostima u toku leta. Ako vazduhoplov nije opremljen sredstvima radioveze a sleteo je na aerodrom koji isto tako nije opremljen tim sredstvima, voda vazduhoplova je dužan da o izvršenom sletanju obavesti najbržim sredstvom aerodrom polaska.

Priprema leta. Kako mogućnost izvršenja zadataka i bezbednost letenja zavise u velikoj meri od pravilno izvršene, svestrane pripreme leta, to je bez nje zabranjeno poći na let. Sama priprema leta sastoji se od priprema vazduhoplova i posade za let, organa i sredstava za obezbeđenje letenja. Deli se na *opštu, prethodnu i izvršnu pripremu*.

Opšta priprema leta obuhvata niz mera i postupaka koji u svojoj suštini čine osnovu sigurnosti u pogledu vazduhoplova, letačkog osoblja i organa, kao i sredstava za obezbeđenje letenja, tj.: održavanje određenog broja aviona u potpuno ispravnom stanju; opremanje aviona instrumentima i raznom opremom i njihovo dovođenje u stanje za trenutnu upotrebu; punjenje aviona gorivom, mazivom i drugim tečnostima posle svakog leta; organizacija tehničke službe za održavanje, opravku i snabdevanje, sa potrebnim brojem stručnog osoblja.

Prethodna priprema leta obuhvata sve one radove koji obezbeđuju tačno, potpuno i sigurno izvršenje zadataka u letu, osim onih koji se po svojoj prirodi moraju izvršiti neposredno pre leta. Ona počinje, načelno, odmah posle izdavanja zadataka za let, a sastoji se od izvršenja pregleda pre leta, kontrole i dovođenja u ispravnost svih delova aviona, motora i opreme shodno propisanim tehničkim naređenjima; provere da li postoje i da li su u važnosti tablice popravki instrumenata; proverā i izvršenja svih propisanih radova na letačkom materijalu i unošenja u odgovarajuće isprave; postavljanja na avion skinute opreme i smeštaja materijala; provere prethodne pripreme materijala od strane odgovornog tehničkog rukovodioca.

Izvršna priprema leta vrši se neposredno pred poletanje i obuhvata one radove koji se zbog tehničkih, organizacijskih ili meteoroloških uslova ne mogu završiti ranije, tj.: pregled aviona, motora i opreme prema listi pregleda pre leta; postavljanje opreme i smeštaj materijala (ukoliko nije to izvršeno u prethodnoj pripremi); probu motora, proveru rada uređaja i instrumenata

u obimu koji je propisan uputom za dotični avion; proveru izvršne pripreme.

Pilot ne sme da poleti ako je zapažena ma i najmanja neispravnost koja bi mogla uticati na bezbednost leta i na mogućnost izvršenja zadataka. Ako se jednim avionom vrše dva leta ili više njih jedan za drugim sa istom posadom, ili se posada menja, obavezno je da se prilikom smene ili pre sledećeg poletanja pregledaju oni delovi i uređaji koji su najviše podložni kvaru. Ako je u letu došlo do prekoračenja ograničenja, grubog sletanja, kvara ili otkaza, zabranjeno je avion pustiti na sledeći let dok se ne ustanove uzroci i nastale posledice i avion ponovo ne dovede u potpunosti ispravnost.

Pravila letenja bez neprekidne vidljivosti zemlje (VFR). Ovakvi letovi se vrše kada se zemlja ne vidi stalno, a leti se između ili iznad oblaka.

Pre leta VFR, vođa vazduhoplova obavezan je u operativnom biru aerodromske kontrole letenja da se detaljno upozna sa svima raspoloživim obaveštenjima namenjenim za nameravani let; da primi meteorološki bilten i potvrdi njegov prijem; da popuni plan leta. Kada vođa vazduhoplova leti po VFR, a predviđa nastupanje meteoroloških uslova za letenje pomoću instrumenata (IMC, Instrument Meteorological Conditions), on menja popunjeni plan leta u saglasnosti sa nadležnim organom službe obezbeđenja vazdušne plovidbe.

Pravila letenja pri neprekidnoj vidljivosti Zemlje (CFR). Ovi letovi mogu se izvršavati sa svima vazduhoplovima, bilo da imaju ili nemaju obostranu radio vezu. Vazduhoplovi koji nisu opremljeni sredstvom radio-veze vazduh-zemlja leteće samo prema pravilima letenja CFR. Ovi letovi mogu se obavljati samo pri meteorološkim uslovima sa vidljivošću i pod uslovom da se zemlja neprekidno vidi. Vođa vazduhoplova obavezan je pre ovog leta da se u operativnom biru aerodromske kontrole letenja upozna sa svim raspoloživim obaveštenjima za nameravani let i da za kraće itinerere primi usmeno obaveštenje o meteorološkoj situaciji i da svojim potpisom potvrdi prijem ovakvog usmenog obaveštenja. Za duže itinerere on prima meteorološke biltenne uz potvrdu prijema i obavezan je uopšte da popuni plan leta.

Pravila letenja pomoću instrumenata (IFR). Letovi pomoću instrumenata su oni koji se obavljaju kada su meteorološki uslovi ispod minimuma predviđenih letova za VFR, ili kada prema nastaloj situaciji, bez obzira na meteorološke uslove, organ obezbeđenja vazdušne plovidbe to zahteva ili odobri na traženje vođe vazduhoplova. Ovi letovi mogu se izvršavati samo ako vođa vazduhoplova poseduje dozvolu za letenje pomoću instrumenata i ako je vazduhoplov opremljen propisanim instrumentima i radio-navigacionim uređajima.

Minimalna visina na kojoj vazduhoplov treba da leti je 300 m iznad najviše prepreke koja se nalazi u poluprečniku od 8 km od trenutnog položaja vazduhoplova u letu.

Svi letovi IFR (sem onih u završnim kontrolisanim oblastima i kontrolisanim zonama) vrše se na propisanim visinama — nivoima leta — a prema kvadrantnim kursovima. Vazduhoplovi koji lete u kursovima I kvadranta od 000° do 089° uzimaju za visine letenja neparne stotine metara sa nadvišavanjem od 600 m, počevši sa najmanjom visinom od 300 m (300, 900, 1500 itd.); u kursovima II kvadranta od 090° do 179° uzimaju za visine letenja parne stotine metara više 50 m sa nadvišavanjem od 600 m, počevši od najmanje visine 450 m (450, 1050, 1650 itd.); u kursovima III kvadranta od 180° do 269° uzimaju parne stotine metara sa nadvišavanjem od 600 m, počevši od najmanje visine 600 m (600, 1200 i 1800 itd.), a u kursovima IV kvadranta od 270° do 359° uzimaju neparne stotine metara više 50 m sa nadvišavanjem od 600 m, počevši od najmanje visine 750 m (750, 1350 1950 itd.). Visine letenja u pravcima pojedinih kvadranta bira vođa vazduhoplova, unosi ih u plan leta i obavezno se njih pridržava. Za letove IFR u završnim kontrolisanim oblastima i kontrolisanim zonama, nadležni organi kontrole letenja dodeljivače i druge visine leta, sem onih napred navedenih. Svako letenje koje se obavlja u vremenu od pola časa posle zalaska sunca do pola časa pre izlaska sunca smatra se kao letenje po noći. Svi avioni koji su predviđeni da lete noću moraju biti opremljeni za ovakve letove, a posade ovakvih aviona moraju imati puno-

važne dozvole za takve letove. Svi letovi po noći izvodiće se prema pravilima letenja pomoću instrumenata.

Bez prethodnog odobrenja nadležnog organa službe vazdušne plovidbe nijedan vazduhoplov ne može da uđe u konsultativne puteve, kontrolisane oblasti ili kontrolisane zone ili da ih napusti. Odstupanja su dozvoljena samo kada se vazduhoplov nalazi u nevolji ili kad nastupi hitna potreba.

Letenje u kontrolisanoj oblasti, kontrolisanoj zoni i na konsultativnim putevima dozvolice se vazduhoplovima jedino ako su opremljeni sredstvima za obostranu radiovezu. Izuzetno, kada prilike i situacija u vazduhu omogućuju bezbedno letenje, nadležni organ vazdušne plovidbe može prema svome nahođenju odstupati od prednjeg i dozvoliti letenje vazduhoplovima koji nisu opremljeni pomenutim sredstvima. Kada vođa vazduhoplova ne može da uspostavi radiovezu sa nadležnim organom vazdušne plovidbe, ali je može održavati preko nekog drugog organa vazdušne plovidbe koji je u vezi sa nadležnim organom, on će davati i primati sva obaveštenja i odobrenja preko ovog organa.

Normalni let. Iako su sastavni elementi normalnog leta: voženje, poletanje, penjanje, horizontalni let, spuštanje, zaokreti i sletanje, bezbednost leta zahteva da se pored toga i klizanje, prevučeni let i kovit smatraju kao elementi normalnog leta, jer su presudni za sigurnost upravljanja avionom.

Voženje se naziva kretanje aviona na zemlji sopstvenom snagom. Voziti avion ima pravo samo pilot koji je prethodno položio ispit iz gradiva koje se odnosi na poznavanje iskorišćenja dotičnog aviona.

Poletanje je početni elemenat svakog leta i sastoji se od tri faze: zaleta, poleta i uzleta aviona. Priprema za poletanje vrši se na liniji pripreme, koja se načelno nalazi na stazi za voženje, i na liniji poletanja koja je upravna na PSS i nalazi se na oko 50 m od početka PSS. Zalet se vrši obično uz vetar. Polet je odlepljivanje aviona od zemlje. Posle uzleta pilot ne sme da dozvoli da točkovi aviona ponovo dodirnu zemlju. Uzlet aviona traje od poleta do prelaza na penjanje i vrši se u blagom penjanju.

Penjanje je pravolinijski let bez poprečnog nagiba aviona na snazi motora do najveće trajne snage.

Horizontalni let je pravolinijski let aviona na istoj visini, bez poprečnog nagiba aviona.

Zaokret je svaka promena pravca leta i predstavlja osnovu manevarske sposobnosti aviona. Zaokreti mogu biti: *ustaljeni* kad su postojane brzina leta i ugaona brzina zaokreta i kad je stalan poprečni nagib; *neustaljeni*, kad se menja jedan od navedenih činilaca ili više njih.

Prevučeni let je let aviona pri napadnim uglovima oko kritičnih i okarakterisan je pojavom smanjivanja sposobnosti za upravljanje avionom. Posledica prevučenog leta može biti padanje aviona u kovit ili prelaz u strmu spiralu. Dovodenje aviona iz prevučenog leta u stanje pune sposobnosti za upravljanje zahteva znatan gubitak visine.

Kovit je poseban slučaj gubitka brzine koji je okarakterisan brzim spuštanjem aviona po strmoj spirali sa istovremenim okretanjem oko upravne i izdužne, a donekle i oko poprečne ose aviona. Kovit može biti nameran i nenameran, s obzirom na okretanje ustaljen i neustaljen, a prema obliku pljoštitični, strmi i ledni. Kretanje aviona u kovitu se ustaljuje prosečno nakon petog okreta, no u praksi se obično vrše namerni koviti od 1 do 2 okreta. Svaki pilot mora dobro da poznaje osobine svoga aviona u kovitu i načine vadenja iz njega.

Klizanje je spuštanje pri kome uzdužna osa aviona zaklapa sa putanjom aviona izvestan ugao, zvani ugao klizanja. Klizanje se primenjuje radi popravke proračuna pri prilaženju za sletanje sa oduzetim gasom ili pri otkazu motora. Klizanje se vrši sa poprečnim nagibom od 10...45° i pri brzinama od 130 do 150% najmanje horizontalne brzine aviona.

Sletanje je bezbedno dovodenje aviona u letu do zaustavljanja ili laganog voženja na PSS i sastoji se od nizleta, prileta i sleta. Nizlet počinje na određenoj visini i sastoji se u postepenom smanjivanju ugla poniranja sve do prevođenja aviona u skoro horizontalan let na visini od 1 m. Prilet je proces gubljenja brzine uz istovremeno spuštanje aviona na visinu od 0,15...0,20 m. Slet je spuštanje aviona na zemlju na glavne točkove ili na sva tri

točka istovremeno i u stvari je blago propadanje sa visine ispod 0,20 m, pri čemu veći deo energije udara amortizuje stajni trap, i završava se zaustavljanjem aviona. Kočenje radi skraćivanja dužine sleta vrši se samo ako to zahteva dužina staze.

Akrobatski let obuhvata sve letove izvan normalnih letova. Akrobatski let karakterišu nagle promene brzine, položaja aviona, veličine preopterećenja i pravca i visine leta. Preopterećenje u akrobacijama ne sme da izazove fiziološke poremećaje posade, niti da pređe dopuštena naprezanja konstrukcije aviona. Posada sa anti-ge odelom dobro podnosi ubrzanje 5 g do 6 g (5...6 puta veće od ubrzanja zemljine teže) a bez njega 3 g do 4 g. Akrobacija se izvodi pomoću normalnih i složenih figura. Normalne figure su: *borbeni zaokret, petlja, valjak, prevrtanje, imelman i ranversman*, dok složene figure mogu predstavljati normalne figure kada se namerno vrše van horizontalne i vertikalne ravni: *penjući valjak, kosa petlja, koso prevrtanje i kosi imelman* ili su pak složene figure proizašle iz normalnih figura unekoliko izmenjene promenom pravca ili tempom izvođenja: *lagani valjak, preturanje* itd., ili različitim kombinacijom normalnih i složenih figura: *dvostruki borbeni zaokret, položena osmica, vertikalna osmica, vertikalno S*. Zasebnu grupu složenih figura čine figure sa klizanjem: *list, zvono*.

Borbeni zaokret je promena pravca aviona za 180° u neustaljenom koordiniranom penjućem zaokretu za što kraće vreme i uz što veći dobitak visine, a sa izlaznom brzinom većom od 130% najmanje horizontalne brzine. *Petlja* je let aviona u vertikalnoj ravni po zatvorenoj krivulji, promenljivog poluprečnika krivine sa izlaskom u pravcu uvođenja. Avion se uvodi u petlju punim gasom koji se smanjuje ili oduzima po prelasku gornje mrtve tačke. Preopterećenja u toku cele petlje moraju biti pozitivna. *Valjak* je okretanje aviona za 360° oko njegove uzdužne ose sa izlaskom u pravcu uvođenja i bez promene visine. Kod laganog valjka dolazi do negativnog preopterećenja, a kod brzog valjka do većeg naprezanja materijala. *Prevrtanje* je promena pravca za 180° sa gubljenjem visine u vertikalnoj ravni. U suštini, to je kombinacija poluvaljka i druge polovine petlje. U prevrtanju ne treba da dođe do negativnog preopterećenja. *Imelman* je brza promena pravca za 180° u vertikalnoj ravni sa dobijanjem visine. Sastoji se od prve polovine petlje i druge polovine valjka. *Ranversman* je promena pravca leta aviona za 180° u propinjanju okretanjem oko upravne ose aviona. Pri brzini kao za petlju, avion se uvodi u propinjanje, i kada brzina opadne, avion se okreće oko upravne ose. Zatim, avion ulazi u spuštanje pod uglom iste veličine kao i u propinjanju, i po dostizanju određene brzine prevodi se u horizontalni let. *List* je uzastopno klizanje s krila na krilo, tako da let aviona, posmatran odspreda, liči na padanje otkinutog lista. *Zvono* je gubitak brzine aviona u propinjanju pod uglom blizu 90° sa prelaskom u klizanje na rep, okretanje oko poprečne ose sa prelaskom u obrušavanje.

Letenje na leđima dopušta se jedino na specijalno za tu svrhu građenim avionima. U letenju na leđima komande aviona u odnosu na horizont imaju obrnuto dejstvo, ali im je dejstvo u odnosu na ose aviona i dalje normalno.

LIT.: Pilot's Flying Manual, London 1949. — *Encikl. Tehn. Znanja: Tehnika vazduhoplovstva*, Beograd 1951. — ICAO, Règles de l'air, Annexe 2, Montreal 1952; Aérodroemes, Annexe 14, Montreal 1953. — *I. Cor*, Infrastructure, Paris 1956. — *Vojna enciklopedija* 1., Beograd 1958. — *Ing. R. Marković*, Radiouređaji u vazduhoplovstvu, Beograd 1939. — *O. B. Belasov*, Радиотехнические средства самолетовождения, Москва 1956. — *R. A. Smith*, Radio aids to navigation, Cambridge 1947. — *John S. Hall*, Radar aids to navigation, New York and London 1947. — *Etienne*, La défense contre l'incendie des aérodroemes, Paris 1957. — *Zbornik vazduhoplovnih propisa* — AIP, Beograd 1959. — *Pravila letenja JRV*, Beograd 1955. Sv. Po.

AEROTEHIKA, kompleksna grupa od više raznih, većinom srodnih naučnih disciplina ili njihovih pojedinih grana, koje su postale neophodne kao sredstvo za stvaranje, projektovanje, konstrukciju i dalji razvitak vazduhoplovnih sprava ili letelica ma kakve vrste.

Od samog početka stvaranje vazduhoplova, kao i njihov dalji razvitak, bilo je uslovljeno stanjem aerotehnike, makar i u primitivnoj formi, a s druge je strane konstruktorska i stvaralačka delatnost vršila stalan pritisak i davala podstrek za dalji uporedan razvitak pojedinih teorijskih grana aerotehnike. Tako su se dve srodne vrste stvaralačke delatnosti povezale u jednu nerazlučnu organsku celinu. Ovakav spreg, pored dosadanih postignutih uspeha u samim vazduhoplovnim konstrukcijama, dao je i neke rezultate od opštijeg značaja, kao npr. neke nove vrste konstrukcionih

materijala (lake legure i sl.) koji odavno nalaze sve širu praktičnu primenu i izvan domena vazduhoplovnih konstrukcija.

Aerotehnika spada u relativno mlade nauke, i njen realan početak može da se poveže sa prvim ostvarenjem čovekovog leta u balonu — «aerostatu» 1783, koji predstavlja u istoriji datum ostvarenja vekovnog čovekovog sna da savlada prirodnu silu teže i da se odlepi od zemlje.

Iako se ne može osporiti široko i enciklopedijsko naučno obrazovanje i znanje slavnog Leonarda da Vinci iz XV v. i ozbiljnost s kojom je on obrađivao svoje konstruktivne studije i projekte letećih mašina, baš praktičan neuspeh jednog od najvećih umova i naučnika svoga doba najbolje ilustruje nerazvijenost aerotehnike onog doba, kao i opšte mašinske tehnike, a naročito tehnologije konstrukcionog materijala. Ne treba zaboraviti da je Leonardo najviše proučavao baš aerodinamičke leteće mašine sa složenim sistemima pogona i komandovanja.

Zbog takvog niskog nivoa aerotehnike bilo je potrebno da prođe preko 250 godina od Leonardovih projekata do stvarnog prvog čovekovog leta. I taj let je u ono doba bio moguć jedino u vidu *statičke leteće mašine* — balona ili *aerostata*. Za prvi uspehi let upotrebljen je bio balon od silvne materije ispunjen toplim vazduhom, a odmah zatim prešlo se na upotrebu vodonika. Kako se vidi, za taj prvi uspeh dovoljno je bilo poznavanje osnovnih fizičkih i hemijskih zakona, kao i najprimitivnije tehnologije tekstila.

Tako se rodio prvi vazduhoplov, koji je za dugo vremena orijentisao ceo dalji tok razvika u pravcu *statičke leteće mašine*, balona. Ali je od samog početka balon ispoljio svoj osnovni nedostatak, bespomoćnost i neupravljivost, jer je bio potpuno prepušten volji i pravcu vetra. Sa ciljem da se omogući upravljanje balonom i plovdba bez obzira na pravac vetra, balon je počeo da se usavršava i da menja svoj izgled, te je na kraju dobio oblik profilisanog vretenastog tela sa krmenim površinama i sa motornim pogonom pomoću elisa. Tako je stvoren upravljivi balon, *dirizabl* (od franc. *dirigeable upravljiv*).

Ali do ove krajnje faze razvika balona trebalo je da prođe mnogo vremena, jer je trebalo stvoriti odgovarajući noseći laki kostur celog balona sa krmenim površinama i postaviti na njega motorni pogon. Pored toga, a u cilju boljeg osiguranja od požara, i vodonik za punjenje je zamenjen helijumom. Za ovaj uspeh već nije bila dovoljna samo fizika i hemija, nego je trebalo dobro razviti i upoznati i aerodinamiku, statiku rešetkastih lakih konstrukcija, kao i tehniku lakih benzinskih motora. Kulminacija napora i uspeha na stvaranju i usavršavanju upravljivih balona pada u sam početak XX v., istovremeno sa stvaranjem automobila i njihovih lakih benzinskih motora, koji su omogućili pogon i balonima. Istovremeno vrše se i sistematska proučavanja i eksperimentalna merenja aerodinamičkih pojava i zakona u brojnim naučnim institutima. Svi ti povoljni uslovi daju mnogo podstreka pristalicama stare i napuštene ideje *dinamičke leteće mašine* da ponovo okušu sreću. Ovog puta, pod znatno povoljnijim uslovima, ni rezultat nije izostao. Dva brata, Amerikanci Orville i Wilbur Wright, ušli su 19. XII 1903 u istoriju kao prvi konstruktori i piloti koji su na svojoj dinamičkoj letećoj mašini uspehi da polete pomoću motornog pogona. Iako je ovaj njihov prvi let bio izveden na svega nekoliko stopa visine i nekoliko desetina metara dužine, on je ipak predstavljao veliku prekretnicu u razvoju vazduhoplovstva, koje je dotad skoro isključivo išlo putem razvoja *statičkih letećih mašina*. Zbog toga je i sasvim opravdano što se ovaj datum uzima kao početak vazduhoplovstva u pravom smislu te reči, naročito kad se pade sa stanovišta dosada postignutih uspeha i brzina, a s obzirom na to da je ubrzo posle toga balon izgubio utakmicu sa dinamičkom letećom mašinom.

Od toga dana, u stvari, počinje nagli razvitak aviona i njegovo ubrzano usavršavanje. U početku je to išlo teže i sporije i plaćano je brojnim i čestim ljudskim žrtvama, sve dok se nisu podrobnije proučili i upoznali teorijski naučni osnovi i zakoni aerodinamike, koji su konstruktorima pružili mogućnost realnijih predviđanja i predračuna. Svako teorijsko-naučno i konstruktivno rešenje kojeg od bitnijih problema iz avionskih konstrukcija bilo je praćeno naglijim i osetnim skokovima u performansama aviona. To su bile vrlo jasne i markantno obeležene etape u razvitku aviona. Kao primer treba navesti: elisu sa promenom koraka u letu, uvlačenje stajnih organa, primenu sistema hiperpotiska (zakrilca, pretkrilca