

četaka potenciometra 11 predaju se pojačivačima 9, gde se oni pretvaraju u impulsne signale koji se šalju u elektromagnetne reljeve 10 solenooida elektromagneta 7 radnih cilindara. Radne cilindre pokreću elektromotori jednosmislene struje 8, koji se neprekidno okreću. Bubnjevi 6 za namotavanje užeta vezani su preko užeta 5 sa krmiljima aviona i sa četkama potenciometra 4 uređaja za praćenje. Uključivanje i isključivanje automatskog pilota vrši se sa komandne table 15 pomoću glavnog prekidača 14. Pri isključenju električnog pogona svi radni cilindri se automatski isključuju i automatski pilot prestaje da upravlja avionom. Potrebna snaga iznosi  $\sim 300$  W, a za električno zagrevanje troši se još  $\sim 200$  W. Ukupna težina  $\sim 80$  kp, visina upotrebe  $\sim 12\,000$  m.

Električni automatski pilot i pored prednosti koje ima, kao npr. laka montaža, relativno visoka visina upotrebe itd., ima takođe i nedostatka kao što su: velika težina, potreba česte reglaže u zavisnosti od režima leta, relativno niska osetljivost osetljivih elemenata u sistemu upravljanja i dr. (V. i *Avionski instrumenti i Regulacija, automatska*.)

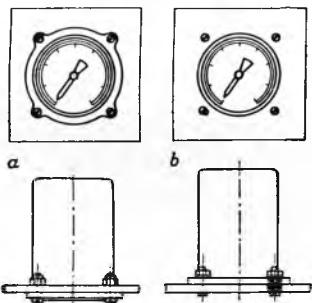
LIT.: T. M. Baum, Samoletnye hidraulicheskie ustroystva, Moskva 1946. — M. Davidson, The gyroscope and its applications, London 1947. — D. A. Braslavskiy, C. S. Logunov i D. S. Pelypor, Raschet i konstrukcija aviacionnykh pribyloj, Moscow 1954. — T. I. Vilyavskaya, Aviacionnye pribyly i avtopiloty, Moscow 1954. — K. I. T. Richardson, The gyroscope applied, London 1955. Sv. Po. i N. Mat.

**AVIONSKI INSTRUMENTI.** U ovom članku obrađeni su instrumenti koji omogućavaju pilotu pravilno upravljanje avionom (pilotu) i orijentisanje pri preletanju iz jednog mesta u drugo (navigaciju), zatim instrumenti koji ga informišu o radu motora, utrošku i zalihi goriva i stanju drugih uredaja za pogon aviona. O drugim instrumentima na avionu v. *Avion*.

Sama merenja vrše se na različitim i često udaljenim mestima u avionu, ali pokazivači veličina, avionski instrumenti u užem smislu, nalaze se skupljeni na tabli sa instrumentima ispred pilota, da bi on stalno imao pred očima informacije na osnovu kojih treba da stvara odluke. Zbog toga se na avionima obično primenjuje daljinski prenos, najčešće električni, zbog toga što se provodnici lakše ugradjuju, duže traju i pouzdajanje rade nego cevi, čelična užad i gipke osovine hidrauličnih, pneumatskih i mehaničkih prenosnika. Osim toga, električni daljinski prenosi mogu prenositi merene podatke na praktično neograničeno rastojanje i pokazivati ih istovremeno na nekoliko mesta u avionu. O daljinskom prenosu, kao i o elementima i mehanizmima instrumenata uopšte, v. *Merni instrumenti*.

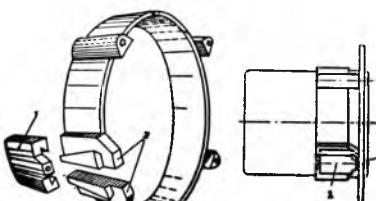
#### TABLA S INSTRUMENTIMA

**Ugradivanje instrumenata.** Avionski instrumenti se mogu ugraditi na tabli s instrumentima na dva načina: neposredno i posredno. *Neposredno ugradivanje* instrumenata se vrši tako da se oni postavljaju u odgovarajuće otvore, sa prednje ili zadnje strane table (sl. 1). U tom slučaju oni moraju imati prirubnicu sa rupama (obično četiri) kroz koje se zavrtnjima pritegnu za tablu. Češće se postavljaju sa zadnje strane table, jer to znatno olakšava njihovu montažu i demontažu, naročito kad se ne mogu odvojiti od priključnih cevi. *Posredno ugradivanje* vrši se pomoću specijalnog montažnog prstena (sl. 2) koji se ugrađuje sa zadnje strane table preko tri zavrtinja, pa se zatim instrument uvuče u prsten i pritezanjem četvrtog stegne. Četvrti zavrtanj privlači klinasti umetak 1, koji preko kosih površina u vidu lastinog repa i na krajevima prstena 2 zateže prsten oko instrumenta. Pri skidanju instrumenta potrebno je malo odvrnuti zavrtanj 3 pri čemu se prsten širi i instrument oslobađa. Zavrtnjii se moraju osigurati da se ne bi odvili usled vibracija; to se može izvesti na više načina (sl. 3): elastičnom podloškom, kontra-navrtkom, elastičnom navrtkom sa prorezom i tzv. »Simmonds«-navrtkom. Poslednja ima umetnut prsten od fibera ili sl. bez zavojnice



Sl. 1. Neposredno ugradivanje instrumenata. a sa prednjem, b sa zadnjem stranom table

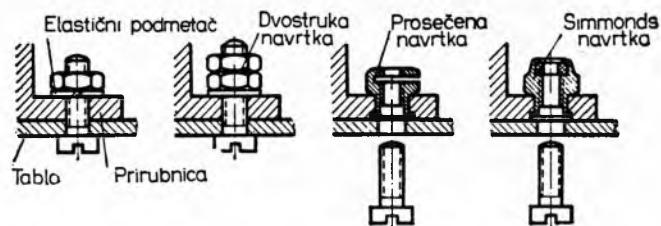
če u prstenu i pritezanjem četvrtog stegne. Četvrti zavrtanj privlači klinasti umetak 1, koji preko kosih površina u vidu lastinog repa i na krajevima prstena 2 zateže prsten oko instrumenta. Pri skidanju instrumenta potrebno je malo odvrnuti zavrtanj 3 pri čemu se prsten širi i instrument oslobađa. Zavrtnjii se moraju osigurati da se ne bi odvili usled vibracija; to se može izvesti na više načina (sl. 3): elastičnom podloškom, kontra-navrtkom, elastičnom navrtkom sa prorezom i tzv. »Simmonds«-navrtkom. Poslednja ima umetnut prsten od fibera ili sl. bez zavojnice



Sl. 2. Ugradivanje pomoću montažnog prstena

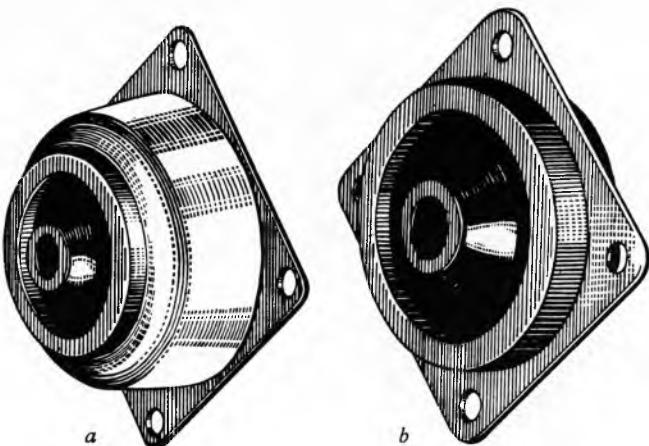
i manjeg je prečnika od zavrtnja, tako da ovaj tek pri zavijanju utiskuje u njemu zavojnicu, što sprečava njegovo odvrtanje.

**Ugradivanje table sa instrumentima.** Da bi se izbegle oscilacije, odnosno da bi se amplitudne oscilacije što je moguće više smanjile kako bi bile bez štetnog dejstva na rad instrumenata,



Sl. 3. Osiguranje zavrtanja

table se postavljaju elastično pomoću metalnih opruga, sundre gume ili gumenih amortizera tipa »Lord«. Metalne opruge su vrlo pogodne jer i pri niskim temperaturama sprečavaju prenos oscilacija. Međutim, da bi imale nisku sopstvenu učestanost, one su često glomazne, što u znatnoj meri ograničava njihovu primenu. Sunderasta guma vremenom postaje tvrdi i gubi sposobnost da prigušuje oscilacije. Gumeni amortizeri tipa »Lord« (sl. 4), koji se danas najviše upotrebljavaju, izrađeni su od vulkanizirane gume, zauzimaju malo prostora i elastičniji su u aksijalnom pravcu nego radikalnom. Iako elastičnost gume na niskim temperaturama opada, a time i mogućnost prigušivanja oscilacija, ipak se pokazalo da gumeni amortizeri zadovoljavaju i na niskim temperaturama ako je predviđena izvesna rezervna sposobnost prigušivanja. Pri ugradivanju table amortizere

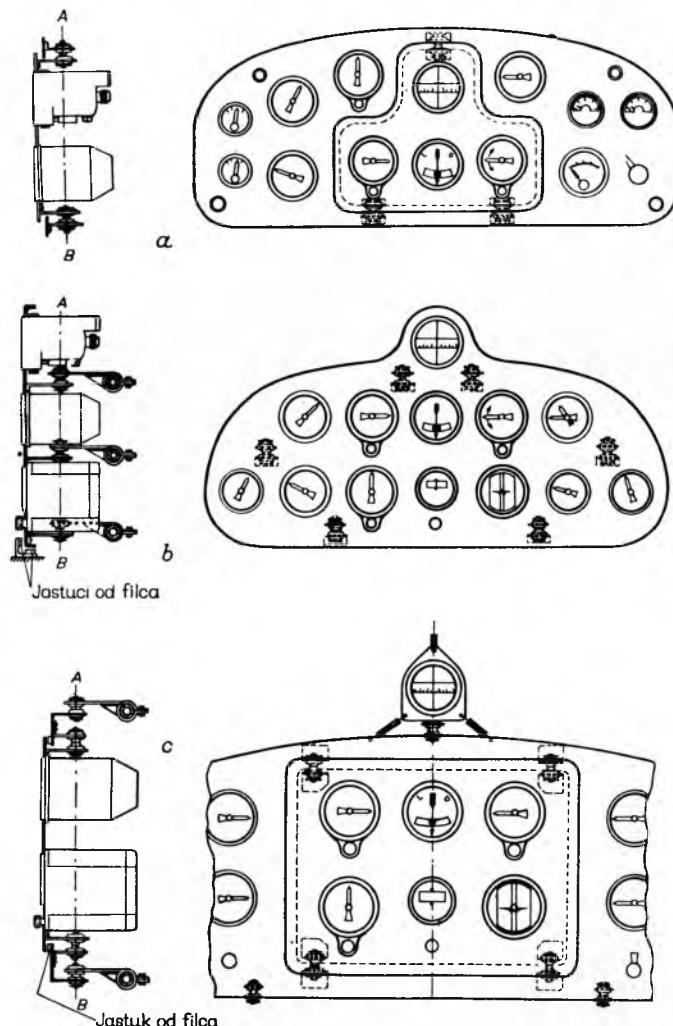


Sl. 4. Gumeni amortizeri tipa »Lord«. a sa izvučenom, b sa ravnom prirubnicom

treba postaviti tako da svaki bude podjednako opterećen. Kako tabla nije uvek ravnomerno opterećena, nije ispravno simetrično postavljanje amortizera, već ih treba postavljati u zavisnosti od raspodele opterećenja. Osim toga, njihova uzdužna osa treba da leži u ravni koja je paralelna sa tablom a prolazi kroz težište table sa instrumentima. Pri ugradivanju table treba obratiti pažnju i na veze instrumenata, kao npr. cevi, kablove i sl., kako bi bili slobodni i dovoljno dugi, da se oscilacije ne prenose preko njih na instrumente. Tabla treba da je dovoljno kruta, kako se njenim ugibanjem ne bi pojatile nove oscilacije. Ovo se postiže pravilnim izborom čvrstoće i debljine materijala, kao i njenim oblikom (savijanjem ivica i sl.). Tabla pri ugradivanju treba da bude tako amortizovana da njena sopstvena učestanost bude bar 2,5 puta manja od učestanosti motora, a pri tome ne sme biti veća od 650 c/min.

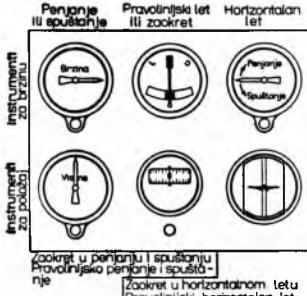
Postoji više načina za elastično ugradivanje table. Ukoliko oscilacije nisu velike, može se elastično ugraditi samo centralni deo koji nosi osetljive instrumente, tzv. pomoćna tabla (sl. 5a). Zatim se može elastično ugraditi cela tabla (sl. 5b), i najzad, cela i

pomoćna tabla (sl. 5c). Amortizacija pomoćne table je veoma važna jer se na ovu stavlja tzv. primarna i sekundarna grupa instrumenata (sl. 6). Primarna grupa pokazuje brzine aviona i to: brzinu horizontalnog leta (brzinomer), ugaonu brzinu oko vertikalne ose



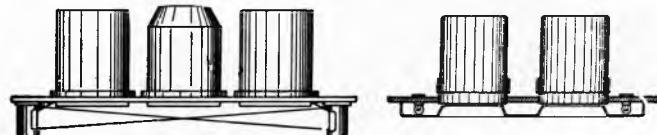
Sl. 5. Elastično ugrađivanje table sa instrumentima. a) elastično ugrađen deo sa osjetljivim instrumentima, b) elastično ugrađena cela tabla. c) elastično ugrađena cela i na njoj pomoćna tabla

(pokazivač skretanja) i vertikalnu brzinu (variometar); sekundarna grupa pokazuje položaj aviona u odnosu na njegove ose i zemlju, u nju idu instrumenti kao što su: visinomer, pokazivač kursa i veštački horizont. Raspored na tabli se vrši na osnovu klasifikacija instrumenata tako da su brzinomer i visinomer postavljeni na levoj strani i čine grupu koja služi pri penjanju odnosno spuštanju, pokazivač skretanja i pokazivač kursa postavljeni su u sredini i služe za pravolinijski let i zaokrete, a variometar i veštački horizont postavljeni su na desnoj strani i služe za održavanje horizontalnog leta.



Sl. 6. Primarna i sekundarna grupa instrumenata

vanje predmeta i sigurno letenje, a instrumenti su kao u senci, pa ih treba jako osvetliti. Ukoliko je napolju tamnije, treba jačinu osvetljenja smanjiti, a ukoliko se sleće na osvetljen aerodrom, treba jačinu osvetljenja povećati. Podešavanje osvetljenja table pomoću kabinskih lampi koje se postavljaju ispred table i direktno osvetljavaju instrumente (sl. 7) danas se retko primenjuje, pogotovo na većim tablama, zbog teškoće ostvarenja ravnomernog osvetljenja; obično se — kao znatno bolje — primenjuje indirektno osvetljenje instrumenata (sl. 8). To se ostvaruje pomoću belo emajliranih ploča koje se stavljuju ispred table, sa otvorima ispred svakog instrumenta; svetlost sijalica odbija se od belih ploča i osvetljava instrumente, a ne može direktno prodrići u kabinu.



Sl. 7. Direktno osvetljenje table pomoću lampi ispred table

Sl. 8. Indirektno osvetljenje instrumenata

Najmoderniji način predstavlja osvetljenje pomoću ultraljubičastih zrakova. Brojčanici instrumenata su obojeni naročitom bojom koja svetli kada na nju padnu ultraljubičasti zraci, proizvedeni u specijalnoj sijalici napunjenoj argonom. Pomoću otpornika — preko koga je vezana sijalica — može se po potrebi menjati jačina osvetljenja.

Pored napred nabrojanih načina osvetljenja table primenjuje se takođe i pojedinačno osvetljenje instrumenata posebnom električnom sijalicom. Ona može biti ugrađena sa prednje strane instrumenta i osvetljava brojčanik direktno ili indirektno preko naročitog staklenog prstena. Instrumenti se, osim toga, uvek osvetljavaju pojedinačno radioaktivnim bojama kojima su prevučene brojke, podeoci i kazaljke instrumenata. Usled radioaktivnog raspadanja, ove boje svetle u mraku i daju jasnu sliku svakog instrumenta (sl. 9). Trajanje najboljih radioaktivnih masa iznosi 10 i više godina.



Sl. 9. Registrirajući obrtomer sa brojkama i kazaljkom prevučenom radioaktivnom bojom

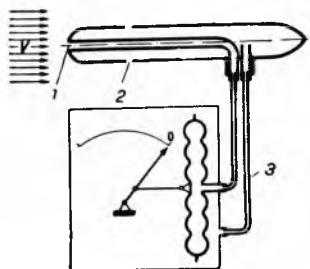
#### INSTRUMENTI ZA PILOTAŽU

Instrumenti za pilotažu služe za pravilno upravljanje avionom, za merenje brzine kretanja i ubrzanja aviona po uzdužnoj, poprečnoj i vertikalnoj osi, za ugaono kretanje oko vertikalne ose i za održavanje pravilnog položaja aviona u prostoru. Prema tome ova grupa instrumenata obuhvata: brzinomere, variometre, visinomere, pokazivače skretanja, veštačke horizonte, kombinovane žiroskopske instrumente i merače ubrzanja.

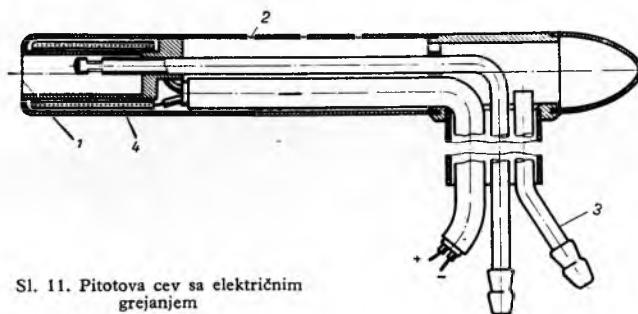
**Brzinomeri** služe za merenje relativne brzine aviona, tj. brzine kojom se on kreće u odnosu na vazduh, i to po uzdužnoj njegovoj osi. Kako svaki tip aviona ima određenu minimalnu brzinu potrebnu da se održi u vazduhu, poznavanje te brzine naročito je važno pri njegovom poletanju i sletanju. Za vreme leta brzinomer služi za pokazivanje najveće brzine, ekonomskе brzine i brzine krstarenja. Brzinomeri se mogu podeliti na brzinomere sa Pitotovim cevima i brzinometre sa Venturijevim trubama.

**Brzinomeri sa Pitotovim cevima** postoje se od Pitotove cevi kao davača i diferencijalnog manometra kao pokazivača, vezanih među sobom sa dve tanke cevi (sl. 10). Pitotova cev se stavlja u struju vazduha ispred ili iznad trupa ili krila aviona. Sastoji se

od oklopa koji sa čela ima otvor cevi 1, preko koga se meri ukupni pritisak, i rupica na oklopu 2 i cevi 3 preko kojih se meri statički pritisak. Da se Pitotova cev ne bi zaledila pri ulasku kondenzovane vode ili kiše, u prednji njen deo, između oklopa i cevi za ukupni pritisak, stavlja se električni grejač 4 (sl. 11), koji se snabdeva strujom iz akumulatora. Ukupni pritisak dejstvuje na unutrašnje površine kapsule a statički na spoljne, dok je kutija instrumenta hermetički zatvorena. Dinamički pritisak (razlika ukupnog i statičkog) širi kapsulu, što se pogodnim mehanizmom prenosi na kazaljku. Dinamički pritisak raste prema Bernoullijevom zakonu sa

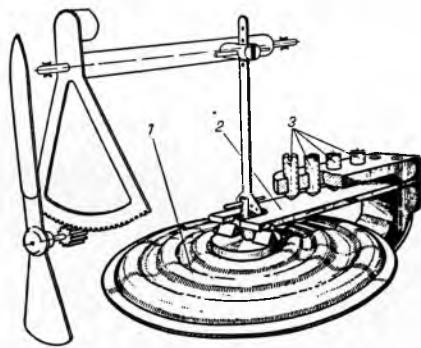


Sl. 10. Brzinomer sa Pitotovom cev i diferencijeljnim manometrom



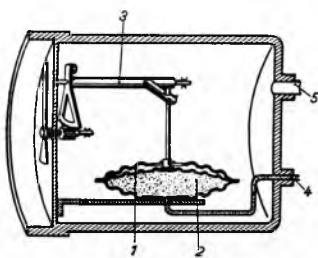
Sl. 11. Pitotova cev sa električnim grejanjem

kvadratom brzine kretanja aviona, pa su podeoci na brojčaniku u početku mali a zatim sve veći. Baždarenje instrumenta se vrši pomoću vodenog ili živinog stuba. Za manje maksimalne brzine aviona kapsula može imati tanke zidove te posredstvom mehanizma i kazaljke registrovati i manje brzine potrebne pri sletanju. Pri velikim maksimalnim brzinama, takva kapsula ne bi izdržala pritisak, a kapsula koja bi imala deblje zidove bila bi tvrda i ne bi registrovala male brzine. Zbog toga se u brzinomerima za velike



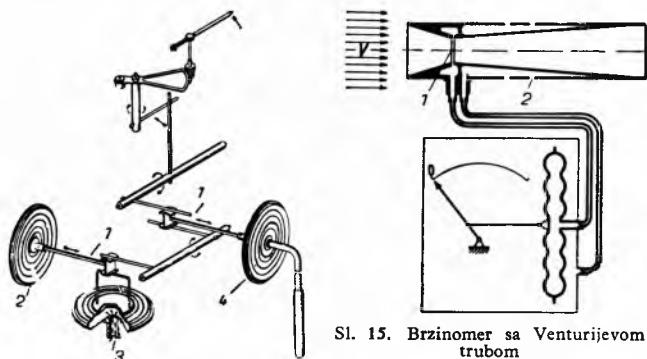
Sl. 12. Kapsula brzinomera rastereteća oprugom

brzine kapsula mora rasteretiti posebnim elementima kao što je opruga ili membrana. U prvom slučaju (sl. 12) kapsula 1 ima tanke zidove te se i pri malom pritisku slobodno širi. Sa daljim porastom pritiska kapsula se osloni na oprugu 2, čime se rastereti, a sa daljim širenjem to rastereteće je sve veće, jer se opruga skraćuje oslanjajući se redom na zavrtanje 3. U drugom slučaju (sl. 13) oprugu zamjenjuje membrana sa rupom u sredini 1, na koju pri širenju nalegne gornja strana kapsule 2, koja je tankih zidova, pa se dalje kreću zajedno.



Sl. 13. Kapsula brzinomera rastereteća membranom. 1 membrana, 2 kapsula, 3 prenosna poluga, 4 dovod ukupnog, 5 dovod statičkog pritiska

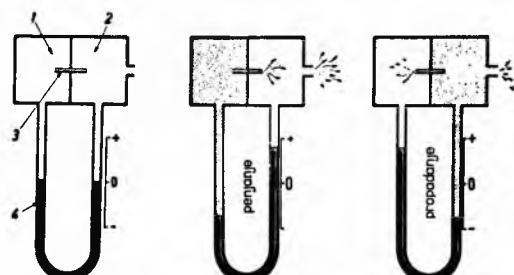
Brzinomeri imaju sistematsku grešku sa promenom visine leta, jer se sa ovom menja specifična masa vazduha. Da bi se ova greška otklonila, na brzinomere za avione koji lete preko 6000 m



Sl. 14. Ispravke sistematskih grešaka. 1 kompenzacioni štapovi, 2 aneroidna kapsula, 3 priključak za ukupni pritisak, 4 kapsula sa elementom za temperaturnu kompenzaciju

stavlja se aneroidna kapsula (v. Visinomeri u ovom članku) i bimetalne poluge za temperaturnu kompenzaciju I i II reda (sl. 14). Skala brzinomera može biti u km/h, miljama na čas ili, za avione koji prelaze nadzvučnu brzinu, u Machovima.

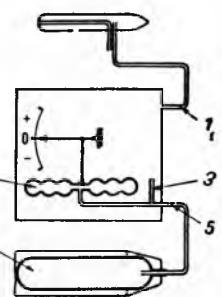
Brzinomeri sa Venturijevom trubom se danas uglavnom primenjuju za jedrilice, dakle tamo gde je reč o srazmerno malim brzinama, pri kojima Pitotove cevi daju mali dinamički pritisak. Venturijeva truba na suženom preseku 1 (sl. 15) daje potpritisak nekoliko puta veći od statičkog pritiska Pitotove cevi, pa se kapsula vezuje preko cevi sa procepom u ovom preseku. Statički pritisak se preko rupica 2 vezuje sa hermetički zatvorenom kutijom instrumenta a pritisak preko procepa 1 za unutrašnjost kapsule. Baždarenje se i ovde vrši pomoću vodenog stuba a na osnovu Bernoullijeva zakona. Prema tome ni ovakav brzinomer ne može imati ravnomernu skalu.



Sl. 15. Brzinomer sa Venturijevom trubom

Variometri su instrumenti za merenje vertikalne brzine kretanja odnosno brzine penjanja ili propadanja aviona (u m/s) i za održavanje horizontalnog leta. Variometri rade na principu promene barometarskog pritiska sa visinom. Ako nema nikakve promene barometarskog pritiska, u komorama 1 i 2 (sl. 16) vlastaće isti pritisak jer su one među sobom spojene difuzorom (kalibriranom cevčicom) 3, te će i vodenim stubovima 4 biti na istoj visini. Ukoliko se atmosferski pritisak smanjuje sa penjanjem aviona, vazduh iz komore 2 brže će isticati nego vazduh iz komore 1, jer je ovaj prigušen difuzorom 3, pa će razlika vodenih stubova pokazati penjanje; kad avion propada, atmosferski pritisak raste, pa vazduh brže ulazi u komoru 2 nego u 1 i vodenim stubovima daju suprotnu razliku. Variometri se mogu podeliti na variometre sa bocom, variometre bez boce i variometre sa krilcem.

Variometar sa bocom je prikazan na sl. 17, gde je hermetički zatvorena kutija instrumenta vezana sa statičkim pritiskom



Sl. 16. Variometar, instrument za merenje brzine penjanja ili propadanja aviona

Sl. 17. Variometar sa bocom

i predstavlja komoru 2 na sl. 16. Komoru 1 čini termos-boca 4, koja je preko cevi 5 vezana sa kapsulom 2 i koja ovde zamenjuje vodene stubove. Kapsula 2 i boca 4 su opet vezane difuzorom 3 sa kutijom. Pri penjanju opada atmosferski pritisak u kutiji pa se kapsula širi i preko mehanizma pokreće kazaljku, a pri spuštanju je obratno. Iz jednačenje pritiska, kad avion ne menja visinu, i ovde se vrši preko difuzora. Termička izolacija boce sprečava promenu pritiska vazduha pri promeni okolne temperature.

*Variometri bez boce* predstavljaju savremeniju konstrukciju (sl. 18), jer odustvo boce olakšava njihovo ugradivanje i nema opasnosti od njena prskanja. Ovde je vod statičkog pritiska 1 vezan sa kapsulom 2, pa kapsula čini komoru 2 a kutija instrumenta komoru 1, odnosno bocu. Komore su opet međusobno vezane difuzorom 3, koji sada mora biti sa znatno manjim otvorom s obzirom na manje zapremine komora. Kako su kapsule ovih instrumenata izradene sa veoma tankim zidovima da bi mogle registrovati male promene atmosferskog pritiska, one su labilne u svom nultom položaju. Iz toga se razloga ispred instrumenta nalazi dugme, koje se povuče i okreće pa na taj način postavi kazaljku u nulti položaj.

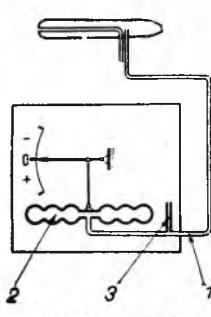
*Variometri sa krilcem* rade na principu osjetljivog dinamometra (sl. 19). Razlika pritiska u njima deluje na krilce 2, koje se sa svojom osovinom 3 centrično okreće u kutiji 1. Kutija je podeljena jezičkom i spojena je sa jedne strane jezička s termos-bocom a sa druge s vodom statičkog pritiska. Opruga 4 postavlja krilce i kazaljku u nulti položaj. Pri porastu statičkog priti-

daje sliku promena koje su već prošle. S tog razloga se sa njime teško može održati horizontalni let brzih aviona.

**Visinomeri** su instrumenti kojima se meri visina na kojoj avion leti. Razlikuje se *apsolutna* (tj. nadmorska) visina  $H$  (sl. 20), *relativna* visina  $h$  iznad aerodroma i *prava* visina  $h_p$  iznad terena nad kojim se leti. Visinomeri se mogu podeliti na barometarske i na talasne.

*Barometarski visinomeri* su zasnovani na promeni barometarskog pritiska sa visinom. Torricelli je pre dvesta godina pronašao živin barometar, koji veoma tačno meri atmosferski pritisak i absolutnu visinu. U avionskim visinomerima živin je stab zamenjen aneroidnom kapsulom iz koje je evakuisan vazduh.

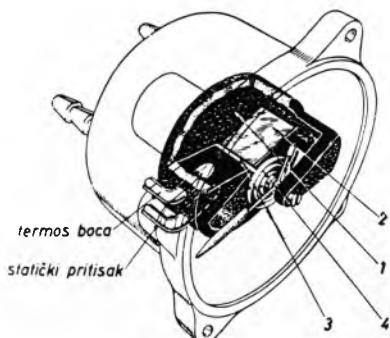
Spoljni pritisak stoji u ravnoteži sa naprezanjem zidova kapsule, koje može biti donekle rasterećeno oprugom (sl. 21). Promena absolutne visine u odnosu na barometarski pritisak — redukovana na standardnu atmosferu — dat je punom krivom u dijagramu



Sl. 18. Variometar bez boce

znatno manjim otvorom s obzirom na manje zapremine komora. Kako su kapsule ovih instrumenata izradene sa veoma tankim zidovima da bi mogle registrovati male promene atmosferskog pritiska, one su labilne u svom nultom položaju. Iz toga se razloga ispred instrumenta nalazi dugme, koje se povuče i okreće pa na taj način postavi kazaljku u nulti položaj.

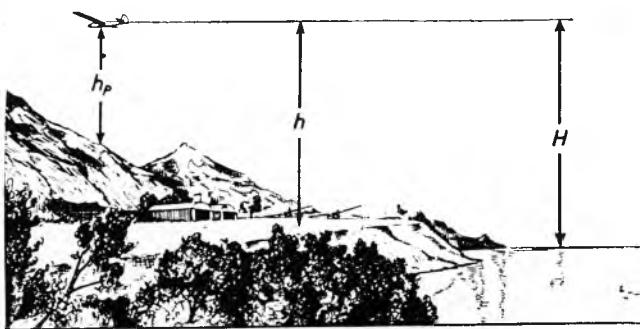
*Variometri sa krilcem* rade na principu osjetljivog dinamometra (sl. 19). Razlika pritiska u njima deluje na krilce 2, koje se sa svojom osovinom 3 centrično okreće u kutiji 1. Kutija je podeljena jezičkom i spojena je sa jedne strane jezička s termos-bocom a sa druge s vodom statičkog pritiska. Opruga 4 postavlja krilce i kazaljku u nulti položaj. Pri porastu statičkog priti-



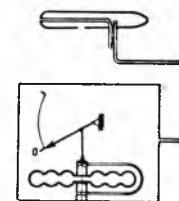
Sl. 19. Variometar sa krilcem

ska, tj. pri spuštanju aviona, krilce se kreće obrnuto kazaljki časovnika jer je pritisak u termos-boci niži; pri penjanju se dogada obratno. Procep između krilca i zidova komore ima ulogu difuzora pa se preko njega izjednačuju pritisci sa obe strane krilca.

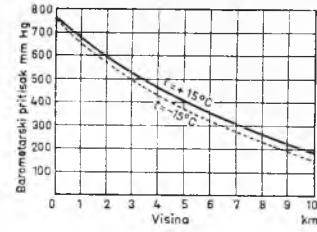
Variometri imaju sistematske greške zbog promene gustine vazduha (sa pritiskom i temperaturom), pa pri letenju na manjoj visini pokazuju veću a na većoj visini manju vertikalnu brzinu. Međutim, ove greške nema pri održavanju horizontalnog leta. Zatim, variometar kasni sa pokazivanjem od 1,5 do 3 sek, pa



Sl. 20. Prikaz visina

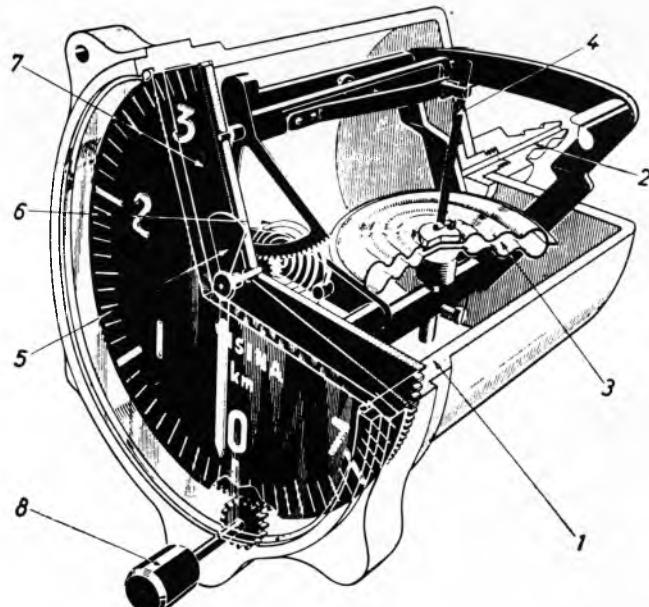


Sl. 21. Barometarski visinomer sa oprugom



Sl. 22. Zavisnost apsolutne visine od barometarskog pritiska pri standardnoj atmosferi

na sl. 22. Kako ta kriva malo odstupa od prave, to je i skala barometarskih visinomera linearna. Dnevni se barometarski pritisak na određenoj visini menja sa temperaturom i vlažnošću vazduha, stoga takvi visinomeri ne pokazuju potpuno tačno visinu. Zbog toga se na visinomerima nalazi u prorezu na brojačniku barometarska skala, prema kojoj se — pomoću dugmeta ispred instrumenta — može izvršiti korekcija prema dnevnom barometarskom pritisku. Kada se na nivou mora kazaljka postavi na nulu, visinomer pokazuje dnevni barometarski pritisak na skali u prorezu. Pri slepom sletanju na aerodrom čija je nadmorska visina  $h$ , potrebno je poznavati ovu i preko radioprijemnika dobiti sa aero-



Sl. 23. Grubi visinomer. 1 - kutija visinomera, 2 - priključak statičkog pritiska, 3 - kapsula, 4 - prenosna poluga, 5 - kazaljka, 6 - staklo, 7 - brojačnik, 8 - dugme za korekciju

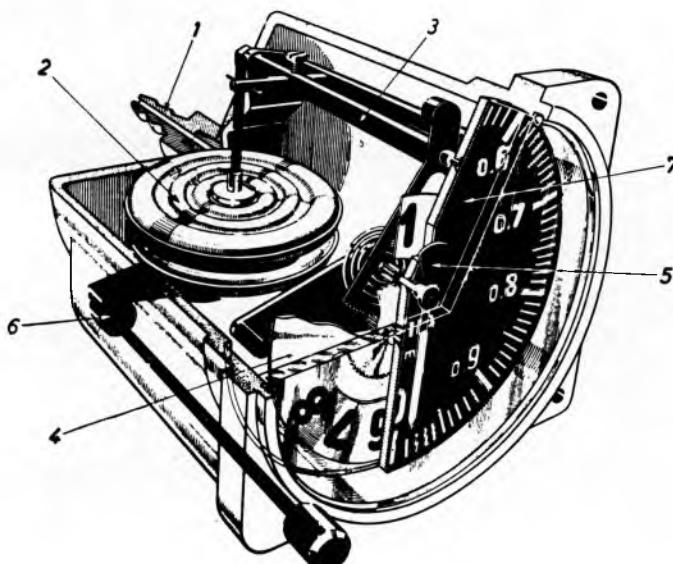
droma podatak o dnevnom barometarskom pritisku. Na osnovu toga se dugmetom postavi odgovarajuća vrednost na skali u prorezu, pa se prema pokazivanju kazaljke i poznavajući visinu aerodroma može sletiti.

Barometarski visinomeri mogu se podeliti na grube, osetljive i barografe.

*Grubi visinomeri* imaju podelu brojčanika na visinsku razliku od 100 m i jednu kazaljku, a opseg pokazivanja je do 8000 m (sl. 23). Obično nemaju temperaturnu kompenzaciju I reda već samo II reda, kako bi se ispravila sistematska greška usled opadanja temperature vazduha sa visinom. Kutija instrumenta je vezana sa statičkim pritiskom koji daje Pitotova cev preko priključka 2, a prenosni mehanizam je uravnotežen tegovima. *Osetljivi visinomeri* se dele na visinomere sa jednom kazaljkom i visinomere sa dve kazaljke. Prvi imaju op-



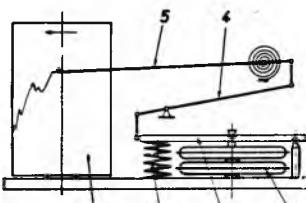
Sl. 24. Osetljivi visinomer



Sl. 25. Presek osetljivog visinomera. 1 priključak statičkog pritiska, 2 kapsule, 3 prenosna poluga, 4 ploča sa brojevima, 5 kazaljka, 6 ekscentar, 7 brojčanik



Sl. 26. Osetljivi visinomer sa dve kazaljke



Sl. 27. Barograf. 1 kapsula barografa, 2 opruga, 3 i 4 prenosne poluge, 5 poluga pisača, 6 valjak sa hartijom za barogram

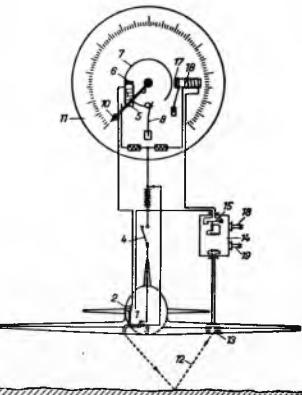
dan obrt male kazaljke odgovara razlici od 10 km, a svaki podelak znači 200 m. Visinomer na slici pokazuje visinu 320 m. Ti visinomeri imaju temperaturnu kompenzaciju I i II reda.

*Barografi* su visinomeri koji služe za registrovanje visine leta (sl. 27). Na njima je kazaljka zamjenjena perom 5 koje beleži na hartiji omotanoj oko doboša 6 visinu leta. Doboš se okreće satnim mehanizmom a vreme obrtanja može se regulisati prema potrebi na 2, 4 i 6 časova. Pero se kreće po luku čiji je radius jednak dužini poluge 5, pa su ordinatne na barogramu lučne linije. Ordinate daju visinu leta a apscise vreme penjanja ili spuštanja.

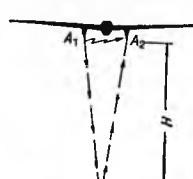
Greške barometarskih visinomera mogu se podeliti na sistematske i ostale. Prve potiču od razlike između usvojene standardne atmosfere (760 mm Hg i +15°C) i stvarne atmosfere, jer temperatura ne opada po linearnom zakonu koji je usvojen za standardnu atmosferu. Ako je na visini 0 m barometarski pritisak 760 mm Hg i temperatura +15°C, barometarski će se pritisak menjati po punoj krivoj datoj na sl. 22. Međutim, ako je na visini 0 m barometarski pritisak isti a temperatura -15°C, promene nastaju prema tačkastoj krivoj, jer se raspored masa vazduha usled promene temperature menja. Ostale greške nastaju: zbog histerezis kapsule, tj. njenog zastajanja pri penjanju i pri spuštanju, pokazano na dijagramu (sl. 28); zbog trenja u mehanizmu i zbog promene temperature, koja se donekle ispravlja kompenzacijom I i II reda.

*Talasni visinomeri* mere stvarnu visinu aviona iznad terena nad kojim leti. Zasnoveni su na principu merenja intervala vremena od momenta emitovanja talasa sa aviona do momenta prijema odbijenog talasa sa zemlje. Ovi visinomeri mogu se podeliti na zvučne visinomere, radio-visinomere i radarske visinomere.

*Zvučni visinomeri* (ehometri) upotrebljavaju se uglavnom za slepo sletanje aviona, jer u tom slučaju ne postoje okolnosti koje inače onemogućavaju upotrebu zvuka: srazmerno mala brzina rasprostranjenja zvuka (340 m/s na +15°C) pri sletanju ne smeta kao na visinama iznad 300..500 m; buka motora ne smeta jer je pri sletanju motoru oduzet gas; odbijanje zvuka, koje je vrlo loše iznad terena pokrivenog šumom ili snegom, dobro je na ravnom terenu aerodroma ili na vodenoj površini. Zvučni visinomer sastoji se od izvora zvuka — davača 1 i uređaja koji meri interval vremena —, prijemnika 13 i pojačivača 14 (sl. 29). Pri odlasku zvuka iz mikrofona 2 prekida se struja u elektromagnetu 5; time se osloboodi kotva 6 pa se točak satnog mehanizma 7 može okretati zajedno sa kazaljkom 10 koja pokazuje visinu u metrima. Pošto se zvučni talas 12 odbije o zemlji i dode u prijemnik 13, pojačava se u pojačivaču 14 pa stavlja u dejstvo relej 15. Ovaj prekida struju u elektromagnetu 16, čime se osloboodi kočnica 17 pa zaustavi točak 7 i kazaljku, koja u tom položaju pokazuje visinu na skali. Radi ponovnog merenja pritisne se prekidač 4, pa naročiti mehanizam vraća kazaljku na nulu.

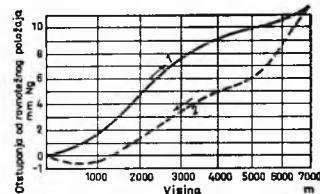


Sl. 29. Zvučni visinomer, 1 davač, 2 mikrofon, 3 trup aviona, 4 prekidač, 5 elektromagnet, 6 kotva, 7 točak satnog mehanizma, 8 opruga, 10 kazaljka, 11 brojčanik, 12 zvučni talas, 13 prijemnik, 14 pojačivač, 15 relei, 16 elektromagnet, 17 kočnica



Sl. 30. Princip rada radio-visinomera

*Radio-visinomeri* rade na principu odbijanja elektromagnetskih talasa od zemlje. Kako je brzina tih talasa daleko veća od



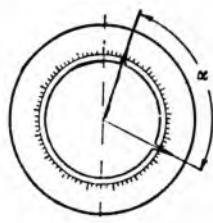
Sl. 28. Greške barometarskih visinomera zbog histerezis aneroidne kapsule. 1 kriva pri povišavanju pritiska, 2 kriva pri snižavanju pritiska

brzine zvuka (300 000 km/s), njima se mogu meriti znatno veće visine. Avioni sa radio-visinomerom imaju ispod svakog krila po jednu antenu  $A_1$  i  $A_2$  (sl. 30). Preko jedne antene se talasi odašilju a preko druge primaju. U principu prijemnik prima dva talasa: prvi ide kraćim putem od antene na antenu i aktivira primač; drugi ide do zemlje i vraća se, pa prijemnik registruje razliku vremena prijema ova dva talasa. Na osnovu izmerenog vremenskog intervala i brzine prostiranja radio-talasa, instrument daje visinu leta. Tako mali intervali vremena mere se na taj način što otpremnik daje signale odredene visoke učestanosti, koje prima prijemnik jedan put direktno a drugi put sa pomeranjem faze koje je srazmerno visini leta; prijemnik određuje veličinu tog pomeranja faze, pa skala neposredno pokazuje visinu leta. Tačnost pokazivanja ovakvog visinomera je za visine od 0 do 1500 m oko  $5\% \pm 2$  m. Za veće visine se ne upotrebljava jer je potrebna velika snaga otpremnika.

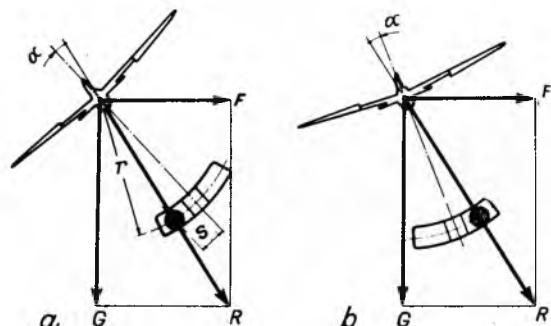
*Radarски visinomeri* su u osnovi isti kao i radio-visinomeri, samo rade sa elektro-magnetskim talasima ultravisoke učestanosti.

Takvi visinomeri daju na ekranu (sl. 31) dva svetlosna signala. Jedan signal daje moment odašiljanja talasa a drugi moment prijema dobijenog talasa, pa veličina ugla  $\alpha$  na ekranu predstavlja visinu leta u metrima. Budući da se radarski impulsi mogu slati u svima pravcima, takvim se instrumentom može ispitivati teren i u pravcu leta, kako ne bi došlo do sudara sa bolidima ili drugim avionima u letu. Ovi visinomeri imaju veću tačnost merenja nego radio-visinomeri i njihovi otpremnici zahtevaju manju snagu.

**Pokazivači skretanja** su instrumenti koji pokazuju skretanje aviona iz pravca leta i pravilan položaj aviona u toku zaokreta. Zasnovani su na kombinaciji žiroskopa sa dva stepena slobode i poprečne libele. Ovaj instrument je prvi omogućio sigurno proticanje oblaka a time osnivanje putničkog saobraćaja i nazvan je

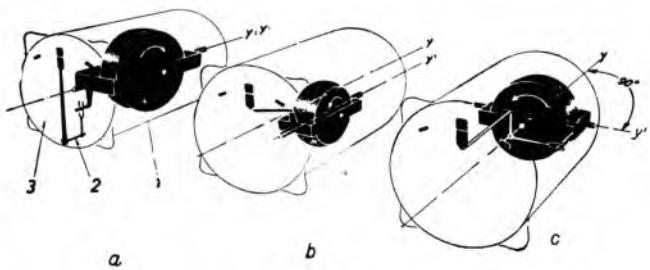


Sl. 31. Pokazivač radarskog visinomera



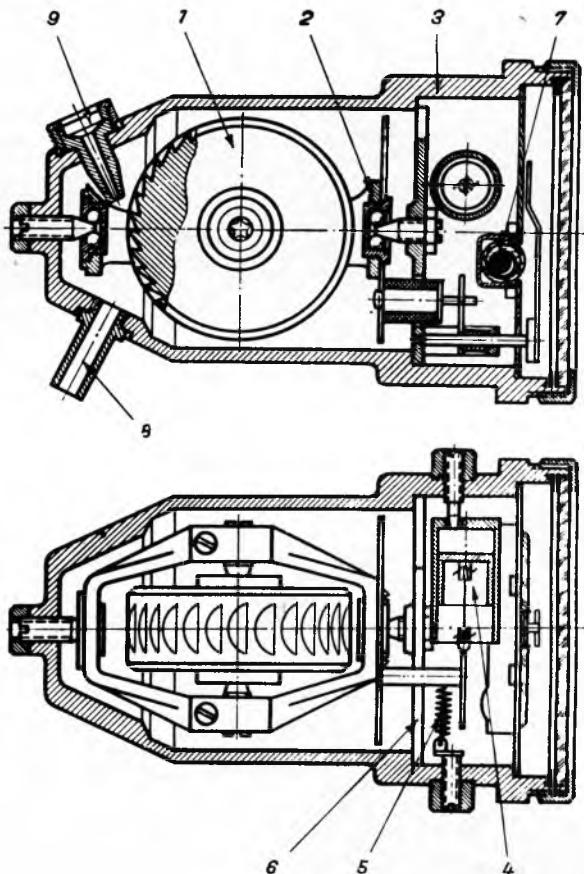
Sl. 32. Pokazivanje libele na avionu u zaokretu. a) preterano nagnut avion klizi levo duž krila, b) nedovoljno nagnut avion klizi desno. Kad je  $\alpha=0$  (kuglica u sredini), to znači da se avion kreće po luku bez klizanja duž krila.

**kontrolnik leta.** Do pronalaska ovog instrumenta letelo se »poosećaju« i pomoću uzdužne i poprečne libele. Međutim, na libele (ili klatna) deluje u zaokretu pored sile zemljine teže  $G$  još i centrifugalna sila  $F$  (sl. 32). Prema tome, na osnovu poprečne libele se nije moglo znati da li se avion kreće u pravcu bočno



Sl. 33. Prenos nagiba žiroskopa na kazaljku prema smeru njegova obrtanja i položaju ose obrtanja u odnosu na osu kutije. a) ose se poklapaju, smer obrtanja u smislu kazaljke časovnika, b) ose paralelnе, smer obrtanja suprotan, c) ose žiroskopa normalna na osu kutije, smer obrtanja suprotan smeru kazaljke časovnika.

nagnut ili se kreće po luku bez bočnog nagiba, da li klizi duž krila ili ne, jer se klatno uvek postavlja u pravac rezultante  $R$ . Međutim, žiroskop sa dva stepena slobode (obrtanje oko svoje ose i oko ose okvira, sl. 33) veoma oštro reaguje na skretanje instrumenta odnosno aviona oko njegove vertikalne ose, naginjući se zajedno sa okvirom oko ose  $y'-y'$ . Ukoliko je ugaona brzina

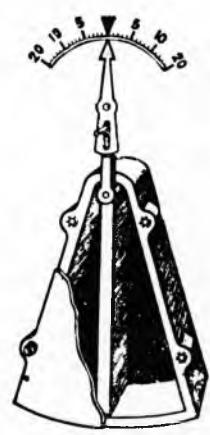


Sl. 34. Pneumatski pokazivač skretanja

skretanja veća utoliko je i ugao nagiba veći. Smeru obrtanja žiroskopa i položaju ose okvira mora odgovarati i prenosni mehanizam, kako bi kazaljka ispravno pokazivala pravac skretanja aviona (sl. 33 a, b i c).

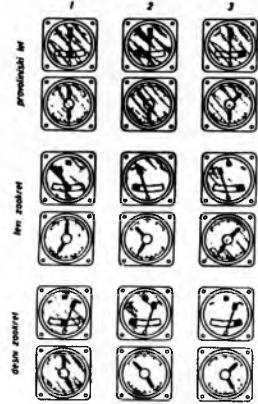
Pokazivači skretanja mogu biti sa pneumatskim ili električnim pogonom i sa poprečnom libelom sa kuglicom ili klatnom.

**Pneumatski pokazivač skretanja** sa poprečnom libelom sa kuglicom prikazuje sl. 34. U hermetički zatvorenoj kutiji smešten je žiroskop 1, koji se preko okvira 2 i kugličnih ležaja oslanja na kutiju 3. Da bi se žiroskop sa okviriom posle naginjanja vratio u svoj normalan položaj, okvir je — preko ekscentrično postavljene polužice i opruge 5 — vezan sa kutijom. Ista polužica je preko klipnjače vezana sa klipom prigušivača 4, kako naginjanje žiroskopa ne bi bilo naglo. Podešavanje ugla naginjanja žiroskopa u odnosu na ugaonu brzinu skretanja reguliše se zatezanjem opruge 5, a prigušivanje zavrtnjem koji reguliše prolaz vazduha u cilindru prigušivača. U prorezu brojčanika smeštena je libela sa kuglicom 7 koja se kotrlja u hermetički zatvorenoj staklenoj cevi. Pomeranje kuglice je takođe prigušeno pomoću tečnosti koja se nalazi u ovoj cevi. Pogon žiroskopa može biti sa potpritiskom koji ostvaruje vakuumpumpa ili Venturijeva truba, ili pomoću natpritiska koji ostvaruje kompresor. U prvom slučaju kroz priključak 8 se isisava



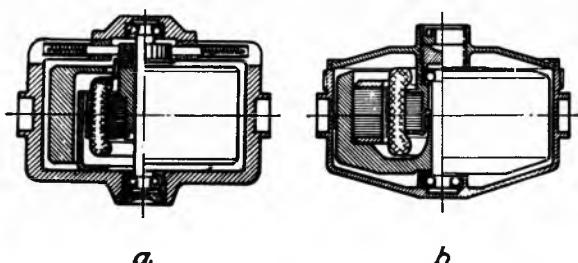
Sl. 35. Pokazivač skretanja sa klatnom

vazduh iz kutije, pa vazduh pod atmosferskim pritiskom ulazi kroz mlaznik 9 i dejstvuje na lopatice žiroskopa. U drugom slučaju vazduh pod pritiskom dovodi se u mlaznik a izlazi kroz otvor 8. Usled kinetičke energije vazduha žiroskop dostiže 8000 do 14 000 o/min. Ispred ovog instrumenta stavljuju se regulatori depresije ili pritiska, koji regulišu pritisak ali ne i broj obrtaja, jer sa visinom opada gustina vazduha pa i otpor obrtanja žiroskopa. Namesto libele sa kuglicom može biti postavljeno klatno (sl. 35) koje se kreće u kutiji, tako da je njegovo klaćenje prigušeno vazduhom. Preticanje vazduha iz jednog dela kutije u drugi vrši se kroz procep između klatna i zidova kutije. Pokazivanje ovakvog instrumenta sa poprečnom libelom sa kuglicom i klatnom prikazano je na sl. 36. Grupa A pokazuje pravilan parabolinski let i pravolininski let sa levim i desnim klizanjem duž krila, grupa B pokazuje levi zaokret a C desni zaokret, opet pravilan i sa klizanjem duž krila.



Sl. 36. Pokazivanje instrumeta sa klatnom i libelom

**Električni pokazivači skretanja** mogu biti sa jednosmernom i naizmeničnom strujom. **Pokazivači skretanja sa jednosmernom strujom** razlikuju se od pneumatskih samo u načinu pogona žiroskopa. Na sl. 37a pokazan je pogon žiroskopa jedno-

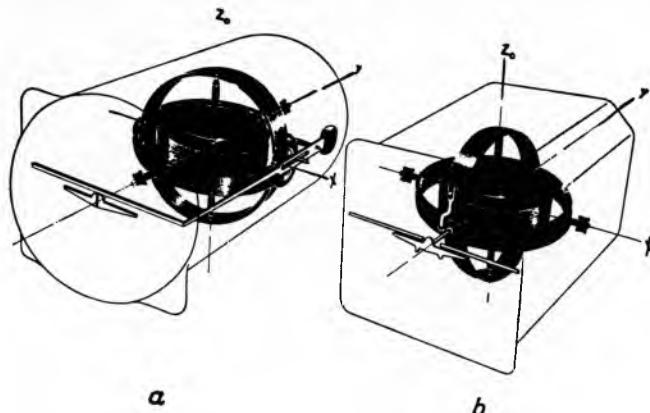


Sl. 37. Električni pokazivači skretanja. a pokazivač sa jednosmernom strujom, b pokazivač sa naizmeničnom strujom

smernom strujom. Osovina nosi žiroskop od mesinga u obliku masivnog venca. U unutrašnjosti venca stavljen je rotor sa namotajima čiji su krajevi vezani za kolektor smešten uz kotrljajući ležaj. Na kolektor pritiskuju četkice postavljene u samom okviru i izolovane od njega. Između venca žiroskopa i rotora nalazi se stator — zvonastog oblika — od stalnog magneta sa 4 pola, koji je pričvršćen na drugu stranu okvira. Broj obrta rotora reguliše centrifugalni regulator koji preko četkica isključuje struju ili ukopčava otpore ako rotor prede određen broj obrtaja. Positivna strana ovakvog pogona je stalan broj obrtaja i jednostavnost izvora energije (na jedrilicama džepne baterije), a nedostaci su: česti kvarovi kolektora, četkica i sprovodnika i varničenje koje smeta radio-uredajima i radarskim uredajima. **Pokazivači skretanja sa naizmeničnom strujom** imaju žiroskop u vidu kavezognog rotora malog višefaznog asinhronog elektromotora, postavljenog na osovini (sl. 37b). Okvir pak nosi stator smešten u unutrašnjosti žiroskopa, sa navojima za trofaznu naizmeničnu struju 115 V, 500 perioda, pa im broj obrta ide do 30 000 u minuti. Stoga ti instrumenti mogu biti veoma malih dimenzija; nedostatak im je što zahtevaju glomazne pretvarače, no danas pretvarači mogu biti tranzistori, daleko lakši od klasičnih.

**Veštački horizonti** su instrumenti koji pokazuju položaj aviona u odnosu na prirodnji horizont. Prema tome, ovi instrumenti pokazuju nagib aviona u odnosu na dve njegove ose x i y (sl. 38). Kao što je već pomenuto, obično klatno na avionu ne pokazuje stvarnu vertikalnu osu zbog dejstva ubrzanja težišta, a u odnosu na njegovu tačku oslonca. Međutim, ako se namesto običnog primeni žiroskopsko klatno, ono može imati tako dugo vreme klaćenja da praktično postaje neosetljivo na sile koje nastaju

usled ubrzanja. Veštački horizont je klatno sa velikim momentom inercije, koje je pored toga obešeno neposredno iznad težišta, tako da je i krak sila ubrzanja veoma malen. Na taj način je vreme klaćenja u odnosu na vreme trajanja ubrzanja maleno, pa ovakvi

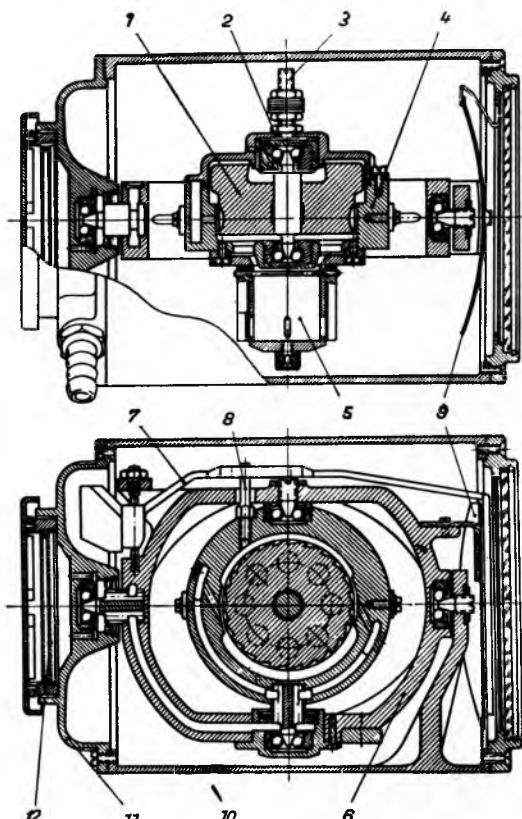


Sl. 38. Veštački horizonti. a silueta aviona nepokretna, linija horizonta pokretna, b linija horizonta nepokretna, silueta aviona pokretna

instrumenti pokazuju horizont sa dovoljnom tačnošću. Uvedeni su u upotrebu 1929 i tek je od tada letenje bez spoljne vidljivosti postalo potpuno sigurno, bar što se tiče položaja aviona.

U ovim instrumentima primjenjen je žiroskop koji ima vertikalnu osu obrtanja a oslanja se preko dva okvira tako da ima tri stepena slobode. Iako je vreme klaćenja žiroskopa dugo u poređenju s vremenom klaćenja običnog klatna, ono nije beskonечно, pa ovakav sistem mora imati ispravljač koji radi pod uticajem Zemljine teže. Položaj aviona može biti pokazan na dva načina: kod prvog je silueta aviona stavljena na staklo instrumenta i predstavlja sam avion, a linija je veštačkog horizonta pokretna; kod drugog je linija horizonta na staklu a silueta aviona se kreće gore-dole i nagnje (sl. 38a i b).

Veštački horizonti mogu se podeliti na horizonte tipa Sperry, horizonte sa meračem ugla obrušavanja, univerzalne horizonte i električne horizonte.



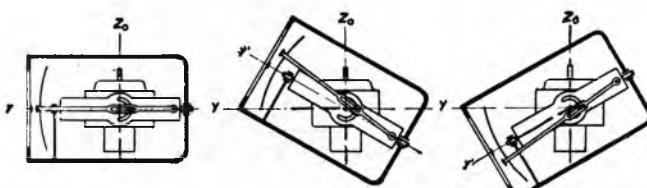
Sl. 39. Veštački horizont tipa Sperry

*Veštački horizonti tipa Sperry* su prvi instrumenti ove vrste i imaju pneumatski pogon (sl. 39). U kutiji instrumenta 10 vlada potpritisak, pa vazduh pod atmosferskim pritiskom ulazi kroz filter 12, obilazi kuglični ležaj prolazeći kroz rupe oko njega i ulazi u žleb koji se nalazi u horizontalnom okviru 6. Odatle kroz rupe na osovinu prolazi u žleb na zidu kutije žiroskopa 4, gde

se račva u dve grane, pa kroz dva mlaznika ulazi u kutiju i udara u lopatice žiroskopa 1. Pod dejstvom kinetičke energije vazduha žiroskop se obrće sa 10 000 ... 15 000 o/min, a vazduh, pošto je odao jedan deo energije, prolazi dalje kroz rupe oko donjeg kugličnog ležaja žiroskopa 1 u ulazi u komoru ispravljača 5, pa kroz proreze na njemu velikom brzinom izlazi u kutiju 10. Komora ispravljača se nalazi ispod kutije žiroskopa 1 i čini sa njome celinu (sl. 40). Spoljne površine komore su obrađene tako da obrazuju četiri zida 2, od kojih su dva paralelna sa podužnom osom instrumenta odnosno aviona Y—Y a dva paralelna sa poprečnom osom X—X. Na zidovima se nalaze četiri jednak prozora 4, koje — kad je osa žiroskopa u vertikalnom položaju — do polovine zatvaraju

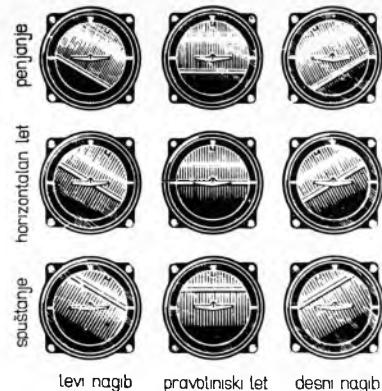
klatna 3, čvrsto vezana po dva i dva na osovine koje se ukrštaju. Kako su u tom položaju svi prozori na polovinu zatvoreni, nastaju usled isticanja vazduha četiri reakcije mlaza jednakog intenziteta, pa sistem stoji u ravnoteži. Ako se žiroskop nagnе za ugao  $\alpha$  oko ose Y—Y, nagnуće se i kutija sa ispravljačem, dok će klatna sa osovinicom paralelnom osi Y—Y ostati vertikalna. Usled toga će jedno klatno pokriti svoj prorez a drugo otkriti, pa će intenzivnije isticanje ostvariti jaču reakciju F na ispravljač. Shodno zakonu o precesionom kretanju žiroskopa, reaktivna sila F stvorиće moment koji dejstvuje pomeren u odnosu na silu reakcije za  $90^\circ$  u smjeru obrtanja te vraća sistem u prvobitni položaj. Dejstvo klatnâ je takvo da stalno daje ispravljujući moment suprotan naginjanju žiroskopa, pa precesiono kretanje postaje sve sporije, jer se preklapanja prozora postepeno izjednačuju. Brzina precesionog kretanja pod dejstvom ispravljača iznosi 5...10 stepeni u minuti. Radi što bržeg povratka žiroskopa u vertikalnu — posle nasilnog izbacivanja — bilo bi poželjno kraće vreme, no utoliko bi bila i veća greška u zaokretu. Greška u zaokretu se javlja iz dva razloga. Prvo, zbog dejstva centrifugalne sile klatna se naginju u pravcu rezultante i u vertikalnom položaju ose žiroskopa remete ravnotežu reakcije mlazova, pa se sistem po završenom zaokretu od  $180^\circ$  nagnе za 3...5°. No taj je nagib malen i posle manje od 1 min žiroskop se vraća u prvobitni položaj. Drugo, greška nastaje zbog vešanja sistema, čije je težiste nešto niže od preseka osa X i Y. Usled toga centrifugalna sila dejstvuje na sistem i stvara moment sa krakom veličine rastojanja ovih tačaka, no i on je malen, pa malo naginje sistem.

Pokazivanje ovog instrumenta vrši se na sledeći način. Budući da žiroskop zadržava svoju ravan obrtanja, ugao se poprečnog nagiba pokazuje u svojoj pravoj veličini. Kutija instrumenta se zajedno sa avionom okreće oko žiroskopskog sistema ugradenog u uzdužne ležaje okvira 6 (sl. 39). Kako poluga 7 koja izlazi ispred



Sl. 41. Pokazivanje uzdužnog nagiba veštačkog horizonta tipa Sperry

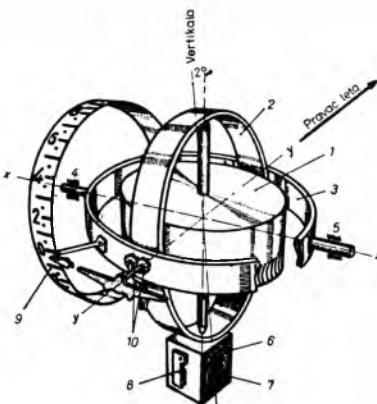
plašta 9 leži sa svojom osovinicom na ovome okviru, to ona u odnosu na siluetu aviona pokazuje stvaran ugao poprečnog nagiba. Ovaj ugao je ograničen na  $90^\circ$  sa obe strane. Tačan ugao bočnog nagiba pokazuje kazaljka pričvršćena za gornji deo plašta 9. Pri uzdužnom nagibu kutija žiroskopa ostaje vertikalna, dok se kutija instrumenta zajedno sa okvirom 6 okreće oko poprečnih kugličnih ležaja. Pri tome prst 8 koji nalazi u žleb poluge 7 okreće ovu oko njene osovine suprotno naginjanju sistema i podiže odnosno spušta njen kraj ispred plašta u odnosu na siluetu (sl. 41). Kako se prst nalazi bliže osovinici poluge 7, to se odnosom prenosa ugao nagiba povećava i time olakšava očitavanje i održavanje horizontalnog leta. Najveći ugao uzdužnog nagiba ne može preći  $60^\circ$  na obe strane. Pokazivanje ovakvog instrumenta prikazano je na sl. 42. Nedostatak su mu srazmerno mali uglovi nagiba ( $90^\circ$  i  $60^\circ$ ), jer sa većim uglovima žiroskopski sistem udara u ograničavajuće, koji nasilno izbacuje sistem iz ravnotežnog položaja.



Sl. 42. Pokazivanje veštačkog horizonta tipa Sperry

Ispravljač i tada dejstvuje i doveđe sistem u vremenu od 5...10 min u ispravan položaj. Noviji tipovi ovih instrumenata su snabdeveni dugmetom kojim se može pre izvođenja evolucija (lupinga, tonoa i sl.) ukočiti sistem. Pošto se avion izravna, otkoči se instrument pa on pokazuje ispravno.

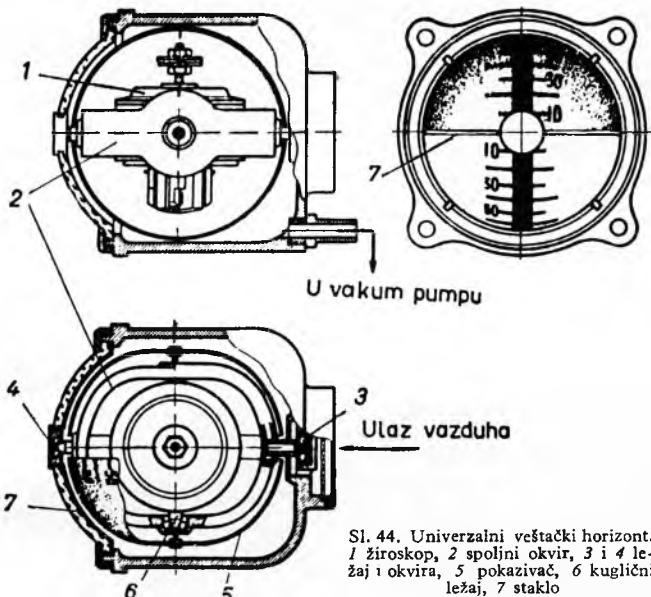
*Veštački horizonti sa meračem ugla obrušavanja* razlikuju se od prethodnih po načinu ugrađivanja žiroskopskog sistema. Njihova glavna osa (spoljnog okvira) postavljena je paralelno poprečnoj osi X—X aviona, pa žiroskopski sistem može



Sl. 43. Veštački horizont sa meračem ugla obrušavanja. 1 žiroskop, 2 unutrašnji okvir žiroskopa, 3 spoljni okvir žiroskopa, 4 i 5 ležaji spoljnog okvira, 6 ispravljač, 7 prozor, 8 klatna, 9 pokazivač ugla obrušavanja, 10 zupčanici za obrtanje smera bočnog nagiba siluete aviona

da se slobodno okreće oko poprečne ose. Ovo omogućuje postavljanje skale 9 (sl. 43) preko koje se očitava ugao obrušavanja. Pokazivanje ovog instrumenta se takođe razlikuje od prethodnog, jer je na njemu linija horizonta nepokretna a siluetu aviona se kreće gore-dole, pokazujući penjanje i poniranje, no bez ikakvog povećavanja. Bočni nagib aviona prenosi se preko para zupčanika 10 na siluetu, pa se ona naginje suprotno naginjanju žiroskopskog sistema pravilno u odnosu na stalnu liniju horizonta.

Univerzalni veštački horizonti se opet razlikuju od prethodnih, jer je žiroskopski sistem izведен tako da se može slobodno okretati (za  $360^\circ$ ) oko poprečne i uzdužne ose aviona, što je za vojne avione od naročitog značaja. Ovo je postignuto

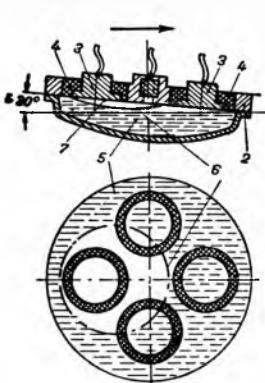


Sl. 44. Univerzalni veštački horizont.  
1 žiroskop, 2 spoljni okvir, 3 i 4 ležaj i okvira, 5 pokazivač, 6 kuglični ležaj, 7 staklo

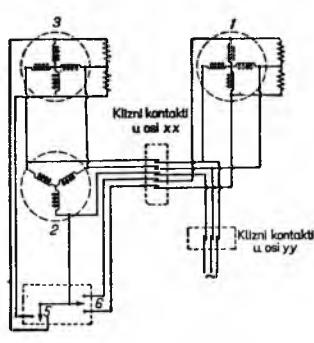
time što su ležaji okvira 3 i 4 (sl. 44) izbačeni izvan delova koji služe za pokazivanje horizonta i što se pokazivač sastoji od dve polulopte 5 čvrsto pričvršćene za osovinu kutije žiroskopa 1. Međutim, i žiroskop ovog sistema može biti izbačen iz svog ravnotežnog položaja. Pri izvođenju pravilne petlje i pri uzdužnom nagibu aviona za  $90^\circ$  prema horizontu dolazi do poklapanja ose obrtanja žiroskopa i uzdužne ose okvira. U tom momentu žiroskop privremeno gubi jedan stepen slobode, pa se sistem uzinemiri. No kako ovo traje kratko vreme, izbacivanje sistema iz normalnog položaja je maleno i potrebno je svega 1...3 min da ponovo dođe u horizontalan položaj.

Električni veštački horizonti mogu se podeliti prema vrsti ispravljača na potpuno električne i elektromehaničke.

Potpuno električni veštački horizonti pojavili su se krajem treće decenije ovog veka i danas su na svim brzim avionima istisli pneumatske veštačke horizonte. Ovi horizonti rade sa naizmeničnom trofaznom strujom  $400\text{--}500$  Hz i naponom od 115 V. Zahvaljujući velikoj učestanosti, žiroskopi izvedeni kao kavezni rotori asinhronih motora dostižu broj obrta od 20 000 do 26 000 u minuti. U nekim su horizontima žiroskopi izrađeni od volframa, koji ima veću specifičnu težinu nego mesing, pa pri istim dimenzijama takvi žiroskopi daju znatno veći moment inercije. Žiroskopski sistem potpuno električnog veštačkog horizonta je sličan kao i klasičnog, no oko uzdužne ose može da se okreće za svih  $360^\circ$  a oko poprečne za  $\pm 80^\circ$ . Ispravljač se sastoji od dva prekidača ispušnjena tečnim poluprovodnikom



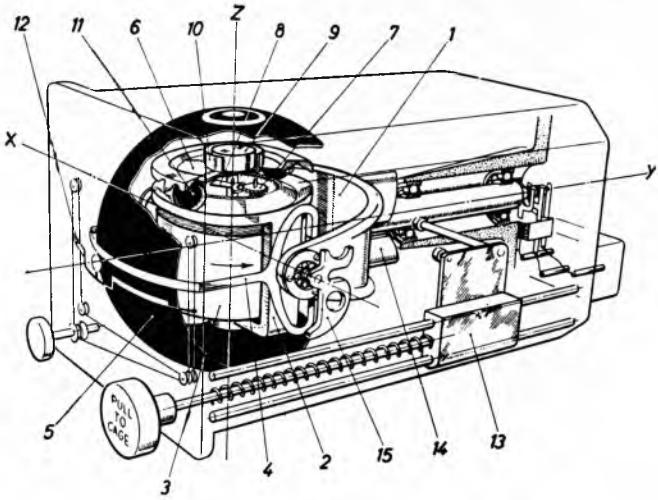
Sl. 45. Ispravljač električnog veštačkog horizonta. 1 sud, 2 bakarni prsten, 3 kontakt, 4 izolator, 5 tečni poluprovodnik, 6 vazdušni mehur



Sl. 46. Shema ispravljača električnog veštačkog horizonta

(sl. 45). Ako je žiroskopski sistem u horizontu, kontakti prekidača su potopljeni podjednako i proizvedeni momenti u ispravljujućim motorima 1 i 3 (sl. 46) se potiru. Ako se sistem izvede iz horizontalnog položaja, kontakti 5 i 6 su više potopljeni, preko tečnog provodnika teče više struje i moment ispravljujućeg motora postaje veći u jednom smjeru. Jedan od ispravljujućih motora dejstvuje na okvir oko uzdužne ose sistema a drugi na kutiju žiroskopa oko poprečne ose. Asinhroni motor samog žiroskopa 2 dobija struju preko kliznih kontakta. Ovih kontakta u osi X-X ima za dva više nego u osi Y-Y, jer dva od njih sprovode struju iz odgovarajućih živinih prekidača. Za pretvaranje jednosmerne u naizmeničnu struju upotrebljava se Sperryev fazni adapter, a u poslednje vreme tranzistori pretvarač. Ti veštački horizonti imaju spreda dugme kojim se žiroskopski sistem može dovesti u normalan položaj i blokirati za vreme izvođenja akrobacije.

Elektromehanički veštački horizonti znatno se razlikuju od prethodnih, jer nemaju spoljni okvir već viljušku 1 (sl. 47) koja se okreće za  $360^\circ$  oko uzdužne ose Y-Y i za  $200\text{--}360^\circ$  oko poprečne ose X-X. Ovakav instrument može biti veoma malih dimenzija (kutija  $\varnothing 80$  mm), jer unutrašnji okvir 2 žiroskopa 3 nosi na gornjem delu ispravljač. Vodič poluge horizonta 4 nalazi se kao i ranije na unutrašnjem okviru 2, a poluga 4 oslanja se preko osovinice sa unutrašnje strane viljuške. Poluga horizonta 4 se kreće ispred plašta 5 — koji ima oblik lopte i oslanja se bočno na unutrašnji okvir 2 — i nagnje se zajedno sa njim. Plašt je pod uglom od  $90^\circ$  prema horizontu (vertikalno obrušavanje odnosno vertikalno penjanje) obeležen tačkom i centričnim krugom, kako bi pilot znao i ovaj položaj. Ispravljač se sastoji od kretnog sistema sa dve kugle i njihovih vodica, kao i melianizma za održavanje konstantnog broja obrtaja. Na poklopцу unutrašnjeg okvira nalazi se zupčanik sa unutrašnjim ozubljenjem, u koji zalaze zubi zupčanika 7 (donji). Iznad ovog zupčanika i na istoj osi nalazi se nešto veći zupčanik 7, u čije zube zalazi klatno sa zubima 8, koje uz klačenje zadržava ove zupčanike 7. Osovinice



Sl. 47. Elektromehanički veštački horizont

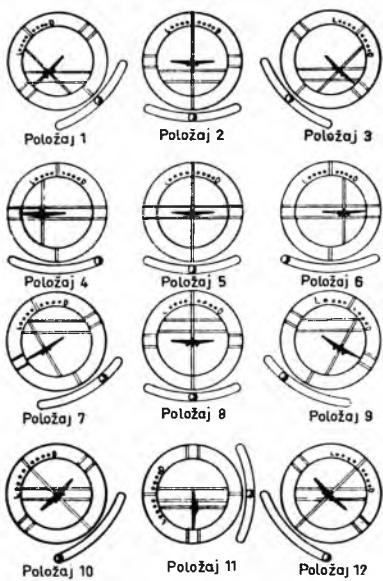
ovog zupčanika i klatna su smeštene na tanjiriću 6 iznad kuglica 11, i opisani mehanizam održava broj obrtaja tog tanjirića na  $30 \text{ o/min}$ . Tanjirić dobija pogon od žiroskopa, jer je na gornjem kraju njegove osovinice postavljen staljan magnet 9. Oko ovog magneta je doboš 10 u kome se indukuju Foucaultove struje, pa je usled uzajamnog dejstva magneta i ovih struja tanjirić prinudjen da se vrti u istom smjeru kao i žiroskop. Ispred kuglica 11 stavljene su na tanjiriću radijalno osovinice s točkićima, koje gurajući kugle ispred sebe prinudju ih da se kotrljaju po kružnim vodicama. Kada je žiroskopski sistem u vertikalnom položaju, kugle se nalaze ispred točkića, jedna prema drugoj, pa svojom težinom proizvode momente koji se medju sobom poništavaju. Ako se sistem nagnje, jedna od kugla će pod dejstvom sile teže sleteti u najniži položaj vodice (sl. 48 a), dok će druga biti i dalje vodenja točkićem. Kugle će svojim medusobnim položajem stvoriti momente koji proizvode precesiono kretanje žiroskopa i dovode sistem ponovo u vertikalni položaj. U tom slučaju osa žiroskopa neće ići po pravoj

liniji, već po evolventi, jer se i napadna tačka momenta kreće po krivoj uslovljenoj medusobnim udaljavanjem kugla. Na sl. 48 b tačkasta prava *A* predstavlja vraćanje sistema sa penumatskim ispravljačem a kriva *B* put ose žiroskopa sa ispravljačem s kuglama. Sistem za kočenje se sastoji od klizača *I3* (sl. 47) sa dva točkića, koji je preko polužice vezan sa desnim dugmetom. Dovođenje žiroskopskog sistema u normalan položaj vrši se povlačenjem klizača tako da točkići na dužoj osovini zalazi u cilindričan ekscentar *I4* na viljuški i ovu ispravlja oko ose *Y-Y*. Pri daljem kretanju klizača točkići na kraćoj osovini takođe zalazi u malu viljušku *I5*, usadenu na osovinu unutrašnjeg okvira *2*, pa ispravlja ovaj oko ose *X-X*.

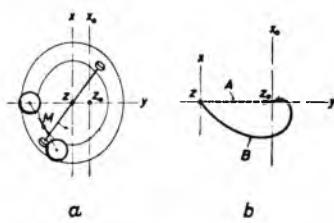
**Kombinovani žiroskopski instrumenti** čine kombinaciju veštačkog horizonta i pokazivača skretanja sa libelom, pri čemu

u jednom instrumentu daju sliku kretanja aviona oko sve tri ose u prostoru. Prvi instrument te vrste konstruisao je M. Nestorović; on je sa uspehom izveden u našoj zemlji 1937 i nazvan »Gyronestor« (sl. 49). Taj instrument radi sa potpritiskom vazduha koji istovremeno pokreće dva odvojena žirosko-

pska sistema. Pošto je na njemu ugrađena i libela sa kuglicom, to on pored položaja u prostoru pokazuje i klizanje aviona duž krila (sl. 50). U toku Drugog svetskog rata ovakav instrument sa pneumatskim pogonom građen je u USA (Sperry), a sa električnim pogonom u Nemačkoj (Askania, sl. 51) i u SSSR.



Sl. 49. Pokazivač »Gyronestor«. 1, 2, 3 pe- njanje uz pravilno skretanje ili u pravcu kretanja; 4, 5, 6 horizontalan let, 7, 8, 9 poni- ranje, oboje uz nepravilno skretanje ili u pravcu kretanja; 10, 11, 12 horizontalan let uz nepravilno skretanje ili pri nagibu  $90^\circ$

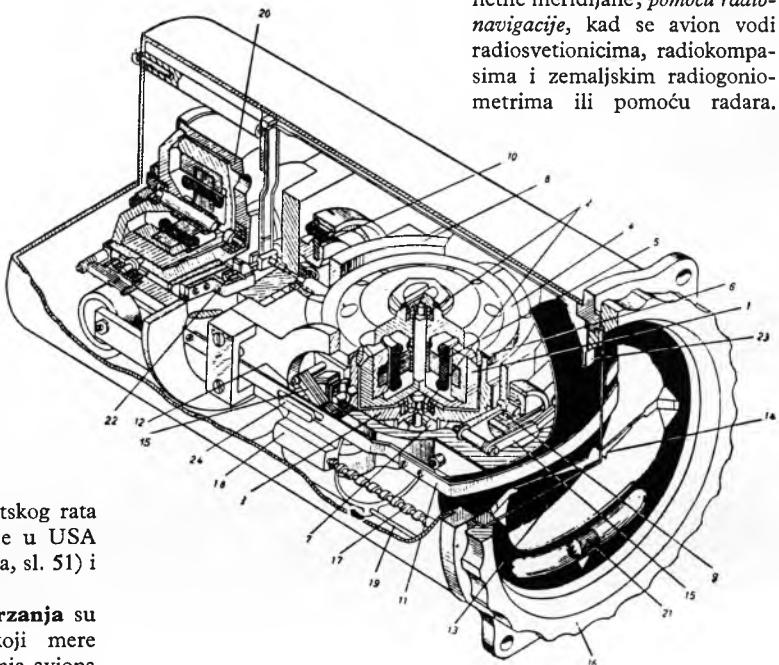


Sl. 48. Princip rada elektromehaničkog veštačkog horizonta

je podeljen tako da kazaljka pokazuje koliko je puta veće ubrzanje aviona od normalnog zemljiniog ubrzanja *g*. Merači ubrzanja imaju obično dve kazaljke, jedna pokazuje trenutno ubrzanje a druga je ugrađena tako da ostaje u položaju njenog najvećeg izbjiganja. Ovo omogućuje naknadno čitanje, odnosno proveravanje postignutog najvećeg ubrzanja, što je naročito od značaja pri utvrđivanju koeficijenta sigurnosti elementa aviona. (Najveća ubrzanja dostižu vrednost od 8 *g*, no normalno čovek ne izdrži veće ubrzanje od 5 do 6 *g* a da ne izgubi svest.) Pored ovakvih merača ubrzanja grade se akcelerografi koji u toku leta beleže promene ubrzanja na traci stavljenoj oko doboša koji se okreće satnim mehanizmom.

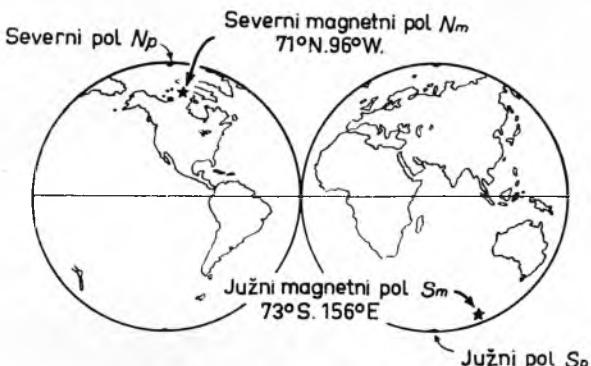
#### INSTRUMENTI ZA NAVIGACIJU

Vazduhoplovna navigacija predstavlja orientisanje pilota odnosno posade aviona pri preletanju iz mesta u mesto. Ona može biti: *vizuelna*, kada se položaj i kurs aviona određuju po karti i predmetima koji se vide na zemlji (reci, putu, železničkoj pruzi itd.); *astronomski*, kada se položaj i kurs aviona određuju astronomskim posmatranjima nebeskih tela pomoću sekstanta; *pomoću sunčanog kompassa*, kada se kurs određuje pomoću časovnika; *pomoću magnetskog kompassa*, kada se kurs određuje u odnosu na magnetne meridijane; *pomoću radio-navigacije*, kad se avion vodi radiosvetionicima, radiokompasima i zemaljskim radiogoniometrima ili pomoću radara.



*Astronomska navigacija* je zasnovana na merenju uglova koje zaklapaju pravci upravljeni na nebeska tala sa ravni horizonta. Ovi uglovi se nazivaju visine nebeskih tala. Pri merenju visine jednog nebeskog tala na karti se dobije jedna Somnerova linija. Ona čini presek vertikalne ravnih koja prolazi kroz pravac nebeskog tala i horizontalne ravnih na kojoj se nalazi pozicija aviona. Pri merenju visine dva nebeska tala dobijaju se dve Somnerove linije čija je tačka preseka tražena pozicija aviona. Usled toga što se ravan horizonta i visine nebeskih tala na avionu određuju sa izvesnom greškom, koja zavisi od instrumenta i vremenskih uslova (bacanja), tačnost astronomskog odredivanja položaja aviona kreće se od 15 do 30 km. Sprave za merenje visine nebeskih tala su sekstanti i oktanti. Veliko preim秉stvo astronomske orientacije sastoji se u tome što su dobijeni rezultati nezavisni od daljine i trajanja leta, kao i stepena vidljivosti zemljine površine. Naročito veliki značaj ima astronomska orientacija noću ili kad se leti iznad oblaka na velika odstojanja, a takođe kad otkažu magnetni ili radio-kompassi.

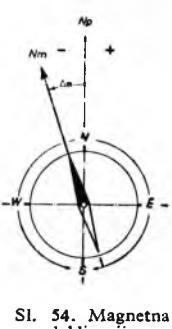
*Navigacija pomoću sunčanog kompasa* primenjuje se pri letovima u predelima gde je magnetska deklinacija nepoznata ili gde je horizontalna komponenta Zemljinog magnetnog polja sviše mala (u blizini magnetnih polova). Sunčani zraci se ubrajaju u najtačnije pokazivače pravca; senka vertikalnog štapa daje tačan ugao u odnosu na geografski meridian (azimut Sunca) ako je poznato tačno mesno vreme. Kada se pravac male kazaljke na časovniku (koji pokazuje mesno vreme) poklapa sa pravcem te senke, pravac sever-jug leži na polovini ugla između male kazaljke i broja 12 (zbog toga što se mala kazaljka okreće dva puta brže od zemlje). Jug se nalazi u smeru manjeg ugla između male kazaljke i broja 12. Na tom su principu zasnovani sunčani kompassi, kod kojih postoji mogućnost automatskog unošenja popravke za geografsku dužinu i širinu.



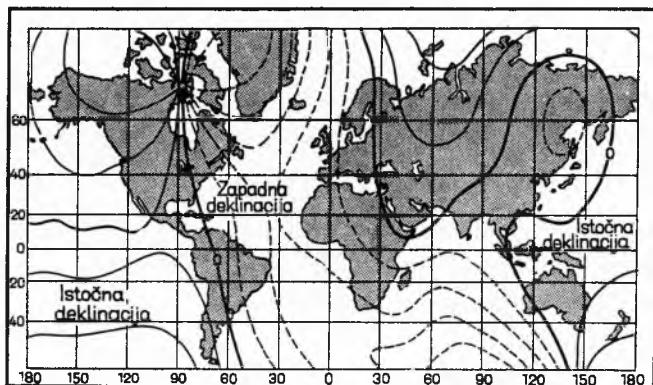
Sl. 53. Položaj magnetskih polova

*Navigacija pomoću magnetnog kompasa.* Zemljina kugla je podjeljena na podnevke (meridijane), koji vezuju geografske polove  $N_p$  i  $S_p$  (sl. 53), i uporednike (paralele), koji stoje normalno na podnevke. Prvi pokazuju dužinu koja se računa od grinvičkog podnevka a drugi širinu koja se računa od polutara (ekvatora). Zemljini magnetski polovi  $N_m$  i  $S_m$  ne poklapaju se sa geografskim i ne leže jedan naspram drugog. Jačina Zemljinog magnetskog polja je mala (prosечно 0,5 gausa), a sa visinom neznatno opada (1/2000% po 1 km). Budući da se magnetski polovi ne poklapaju sa geografskim, ne poklapaju se ni linije magnetskih sila (magnetski meridijani) sa geografskim meridijanima. Ugao koji zaklapa magnetni sa geografskim meridijanom odnosno ugao odstupanja magnetske igle od geografskog meridijana  $N_p$  (sl. 54) zove se *magnetska deklinacija*  $\Delta_m$ . Magnetska deklinacija je pozitivna ili istočna

ako severni kraj igle odstupi desno od pravca geografskog meridijana, a negativna ili zapadna ako odstupi levo od tog pravca. Magnetski meridian nije najkraća linija između severnog i južnog magnetskog pola, već je rezultanta između Zemljinog magnetnog

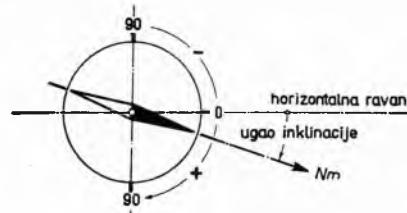


Sl. 54. Magnetska deklinacija



Sl. 55. Izogone

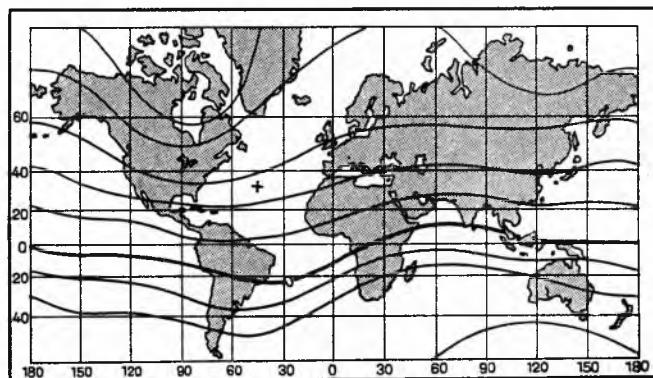
polja i lokalnih polja u Zemljinoj kori (usled magnetnih minerala). Usled toga ovaj pravac (tj. ugao deklinacije) se menja na nepredvidljiv način sa geografskim položajem, pa ima i mesta na Zemlji gde se magnetna igla postavlja sa severnim krajem u smer juga.



Sl. 56. Magnetna inklinacija

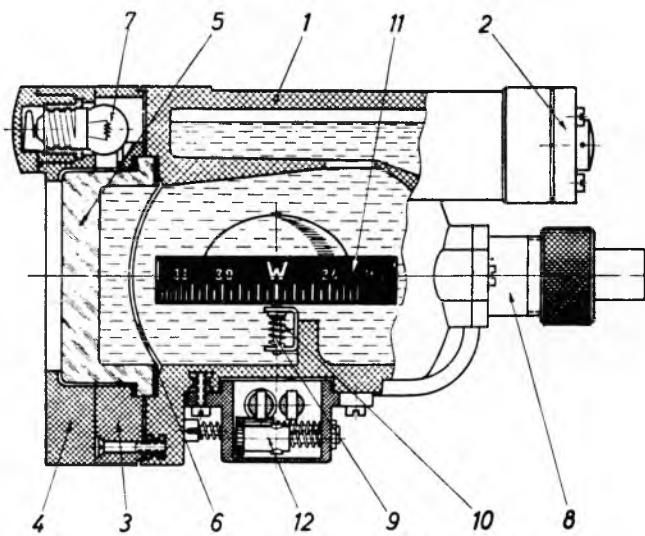
Ali tako velika skretanja su retka i ograničena na mali prostor. Za navigaciju na velika rastojanja potrebno je imati kartu sa ucrtanim linijama jednakе deklinacije (izogonama, sl. 55). Kako se pored toga geografski položaj magnetskih polova pomera (severni osciluju u pravcu istok-zapad s periodom od više vekova za puno klaćenje), takve se karte moraju svake godine ispravljati. Magnetne linije ne idu paralelno površini Zemljine kugle, pa kako se magnetna igla postavlja u pravcu linije sile, ona u vertikalnoj ravnini zaklapa izvestan ugao prema horizontu (sl. 56). Taj se ugao zove *inklinacija*, u blizini ekvatora on je jednak nuli a na magnetnom polu 90°. Prema tome, magnetni kompas u blizini magnetnog pola teško da se može upotrebiti. Sva mesta sa nultom inklinacijom nalaze se na liniji koja se zove magnetni ekvator, on seće geografski ekvator na dva mesta. Linije koje vezuju mesta iste inklinacije zovu se izokline (sl. 57).

*Radionavigacijom i radarskom navigacijom* naziva se vođenje aviona pomoću radiofarova (radiosvetionika), zemaljskim radiogoniometrima, avionskim goniometrima i radarskim uredajima. Radionavigacija i radarska navigacija omogućuju sigurno vođenje aviona na udaljenim prostorima po svakom vremenu i njegovo sletanje na aerodrome noću i u magli (v. *Avion* i *Aerodrom*).



Sl. 57. Izokline

**Magnetski kompasi** predstavljaju primenu magnetske igle, koja se pod dejstvom Zemljinog magnetskog polja postavlja u pravac magnetskog meridijana. Kompasi se mogu podeliti na pilotske, navigacione, daljinske i žiromagnetske kompase.



Sl. 58. Pilotski kompas. 1 kućica instrumenta, 2 otvor za punjenje tečnosti, 3 nosač stakla instrumenta, 4 poklopac instrumenta, 5 staklo, 6 kursna crta, 7 sijalica za osvetljenje 8 priključak struje, 9 stožer, 10 opruga, 11 ruža kompasa

*Pilotski kompasi* (kompasi sa vertikalnom ružom) ugrađuju se u tablu za instrumente i služe za orientaciju pilota. Njihovo pokazivanje je prosti i neposredno, a podela ruže je na  $5^{\circ}$  ili čak  $10^{\circ}$  (sl. 58). Bitni sklop pilotskog kompasa je okretni sistem

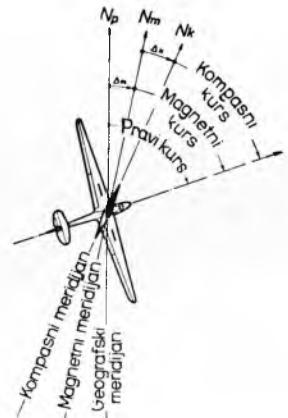
koji se sastoji od dva stalna magneta 3 (sl. 59) postavljeni paralelno i sa istim polovima u jednom smeru. Magneti su stavljeni u unutrašnjosti hermetički zatvorenog plovka 2, da bi hidrostatički potisak tečnosti kojom je ispunjen kompas smanjio pritisak osovine na kamenno ležište, čime se smanjuje trenje i povećava osetljivost kompasa. Oko plovka je postavljena kursna ruža 1,

a ceo okretni sistem leži na stožeru preko zavojne opruge koja služi — pored tečnosti — da umanji vertikalne oscilacije ruže. Osigurač 4 spričava ružu da spadne kad se izvode akrobacije. Kutija kompasa se sastoji od dve komore koje su među sobom vezane otvorom (sl. 58). Ove su komore ispunjene tečnošću (ligroinom, petroleumom, alkoholom), no tako da se u komori 1 ostavi dovoljan prostor za širenje tečnosti pri promeni temperature. Sa prednje strane kutija je zatvorena stakлом 5 koje uveličava skalu ruže, a ispred ruže je postavljena kursna crta 6. Ispod ruže se nalazi kompenzacioni uredaj 12, kako bi se otklonila ili smanjila devijacija.

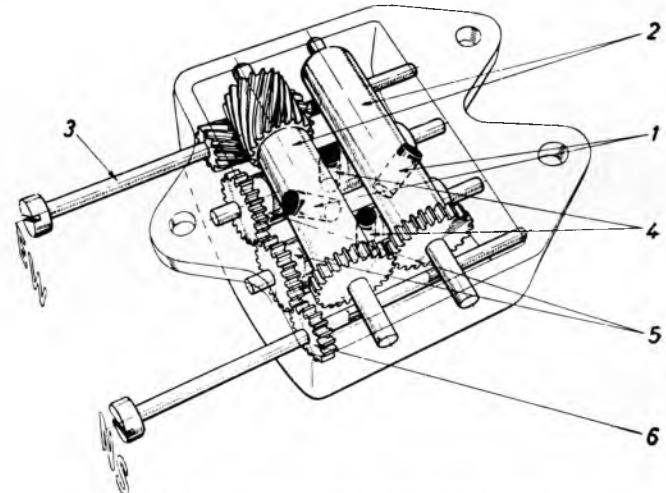
Ruža magnetskog kompasa ima sledeće osobine. Zaostajanje ruže se manifestuje time da se ruža izvedena za mali ugao iz ravnotežnog položaja ne vraća u prvobitni položaj, već pokazuje odstupanje od magnetskog meridijana. Ugao odstupanja ne sme biti veći od  $1^{\circ}$ , a pri lakom kucanju prstom po staklu kompasa ruža se mora vratiti u prvobitni položaj. Vreme umireњa ruže čini vreme potrebno da se ruža — po izvođenju iz svog ravnotežnog položaja za  $45^{\circ}$  — vrati u prvobitni položaj. To vreme ne sme biti veće od 25 sek za periodične i 10 sek za aperiodične kompase na temperaturi od  $+15^{\circ}\text{C}$ . Zanos ruže je osobina da ruža ne ostaje u miru kada se kompas okreće, jer je tečnost i oslonac usled trenja zanose; veličina zanosa iznosi  $3\text{--}10^{\circ}$ , pa pravilan kurs pokazuje tek 1 min po završetku zaokreta. Devijacija se naziva odstupanje ruže od magnetskog meridijana zbog uticaja čeličnih i gvozdenih

delova na avionu, magnetskih polja koja stvaraju električni provodnici i sl.; ruža se postavlja u pravac rezultujućeg vektora, odnosno u kompasni meridijan (sl. 60). Devijacija je pozitivna (istočna) ako severni pol magnetske igle odstupi desno od magnetskog meridijana a negativna (zapadna) ako odstupi levo. Devijacija nije konstantne veličine i menja se sa promenom pravca aviona odnosno sa obrtanjem ruže, jer se time menjaju položaj magneta ruže prema masi čeličnih delova. Da bi se devijacija svela na minimum (otkloniti se potpuno ne može), u kompas se ugradjuju uredaji za njenu kompenzaciju.

*Kompenzacioni uredaj* se sastoji od pomoćnih magneta koji se stavljuju ispod ili iznad ruže. Taj uredaj kompasa na sl. 58 sastoji se od dva para malih cilindričnih magneta (sl. 61), od kojih je jedan par 1 usaden u dve ozubljene osovine 2 koje se mogu obratiti u suprotnom smeru pomoću osovine 3. Ispod ovih magneta nalazi se drugi par 4 usaden u osovinama 5, koje se mogu obratiti opet u suprotnom smeru pomoću osovine 6. Obrtanjem jedne ili druge osovine (E-W ili N-S) dovodi se svaki par zupčanika u različit medusobni položaj (sl. 62). U slučaju *a* dejstvo njihova magnetskog polja na ružu je minimalno, jer su im raznoimeni polovi okrenuti u istom pravcu. Sa obrtanjem povećava se dejstvo i najveće je u slučaju *c*. Novostvoreno magnetsko polje okreće ružu sa izvesnu ugaonu vrednost sa kursa E-W, a drugo magnetsko polje sa kursa N-S, pa se na taj način otklanja devijacija. Na

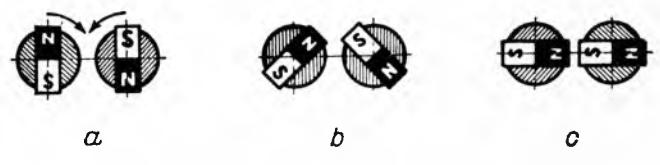


Sl. 60. Kut devijacije magnetskog kompasa



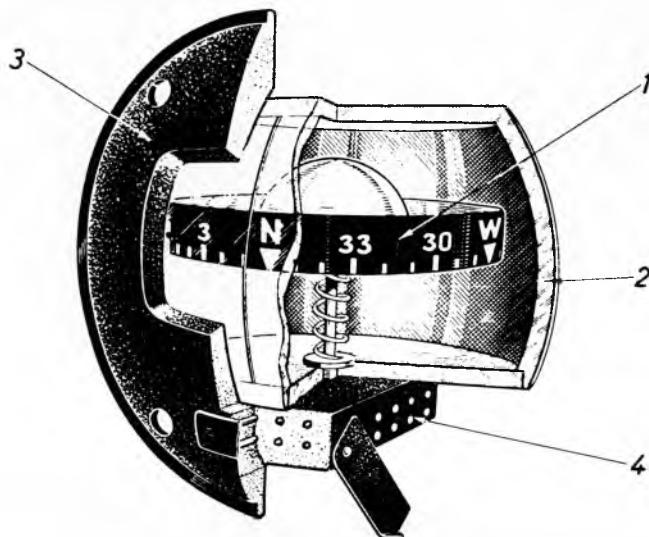
Sl. 61. Kompenzacioni uredaj magnetskog kompasa

kompasima drugog tipa (sl. 63) ispod ruže su u dva pravca probušene rupe 4, u koje se stavljuju mali cilindrični magneti, pa se na taj način vrši kompenzacija. Samo otklanjanje devijacije vrši se tako da se postavlja avion redom u glavne pravce N, E, S i W, i



Sl. 62. Položaj zupčanika-polova u kompenzacionom uredaju

pri tome doteruje odstupanje ruže, i to u više okreta. No i posle toga ostaju izvesna odstupanja; ona se unose u dijagram u obliku krive (sl. 64) koja стоји pilotu na raspoloženju.



Sl. 63. Kompas sa kompenzacijom pomoću malih magneta. 1 ruža kompasa, 2 kućica, 3 prednji poklopac instrumenta, 4 rupe za kompenzacione magnete

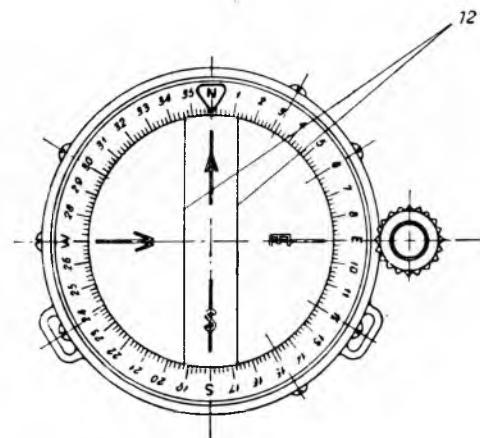
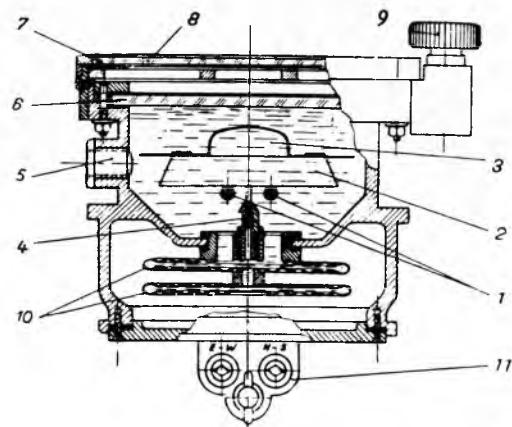
*Navigacioni kompasi* (sa horizontalnom ružom) znatno su tačniji od pilotskih: omogućavaju čitanje kursa sa tačnošću 1...2° (sl. 65). Ruža ovih kompasa može biti pločasta sa kružnom podelom, u kome je slučaju indeks za pravac čvrst, ili paukasta, bez skale već sa četiri zrakasto postavljene žice. Tri žice imaju oznaku E, S i W a četvrta ima samo strelicu koja pokazuje smer severnog pola. Paukasta ruža je znatno lakša i daje bolje prigušivanje, no sa njome se ne mogu izraditi dobri aperiodični kompasi. Kursna skala (azimutski krug) 7 navigacionog kompasa (sl. 65) se nalazi ispod staklenog poklopca 8; može se okretati dugmetom 9 i blokirati u potrebnom položaju. Pomerljiva kursna skala služi za postavljanje kursa pre početka leta u odnosu na indeks u vidu trougla. Na staklu 8 su izvučene dve crte 12 u pravcu severnog pola N, pa pošto se skala postavi u odgovarajući kurs prema indeksu, za vreme leta samo se kontroliše da žice na ruži — u pravcu N-S — budu paralelne sa crtama 12. Kutija kompasa je ovde ispunjena tečnošću kroz otvor 5, a dve kapsule 10 omogućuju promenu zapremine tečnosti sa promenom temperature.

Sl. 64. Dijagram devijacija magnetnog kompasa

*Daljinski magnetni kompasi* našli su primenu na novijim avionima koji u pilotskoj kabini imaju niz električnih instrumenata, kablova itd. koji indukuju magnetna polja. Ta polja nisu stalna, te se njihov uticaj na kompase ne može kompenzovati, stoga se ovi ugraduju daleko od kabine — u repu ili na kraju krila — a njihovo pokazivanje se prenosi pneumatskim ili električnim putem na pokazivač u kabini. U prvom slučaju pilot ili navigator preko ručice 2 (sl. 66) postavlja kurs na skali 4, pri čemu okreće celu kućicu daljinskog magnetnog kompasa 1. Igla magnetnog kompasa nosi na jednom svom kraju zastor sa rupom 6, koji zatvara ili otvara prolaz jednog od dva mlaza koji nastaju pod dejstvom vakuum-pumpe, a usmereni su u dva mlaznika spojena s diferencijalnim manometrom — pokazivačem kursa 3, koji se nalazi u kabini. Ako se avion nalazi u pravcu određenog kursa, zastor otkriva oba mlaznika i diferencijalni će manometar pokazivati nulu. Ako avion skrene van kursa, zastor će delimično ili potpuno pokriti mlaznik, pa će i diferencijalni manometar pokazati odstupanje od nule, odnosno kursa. U drugom slučaju, magnet kompasa — kao rotor davača 5 (sl. 67) — preko magnesyn-sistema električnim putem skreće rotor 12 i kazaljke pokazivača tačno onoliko koliko je skretanje magneta kompasa. Pokazivač ima skalu sa podelom od 360°, a radi olakšanja čitanja na pokazivaču se nalazi

nepokretna kazaljka koja se postavi na određeni kurs, pa je u toku leta dovoljno ove kazaljke držati medusobno pokopljene.

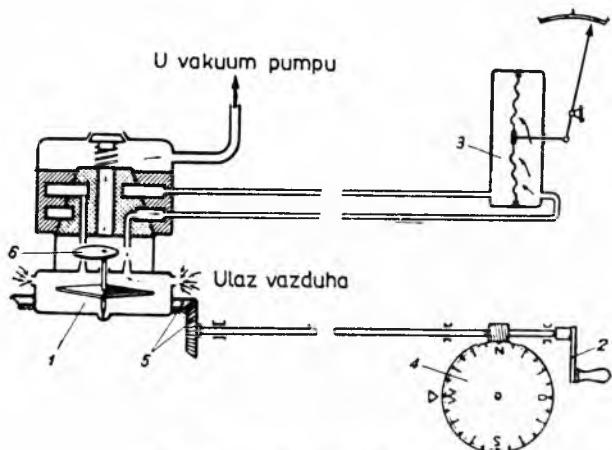
Magnetni kompasi imaju sistematske greške, od kojih je najveća pri skretanju od severnog kursa. Kao što je već rečeno, na magnetnu



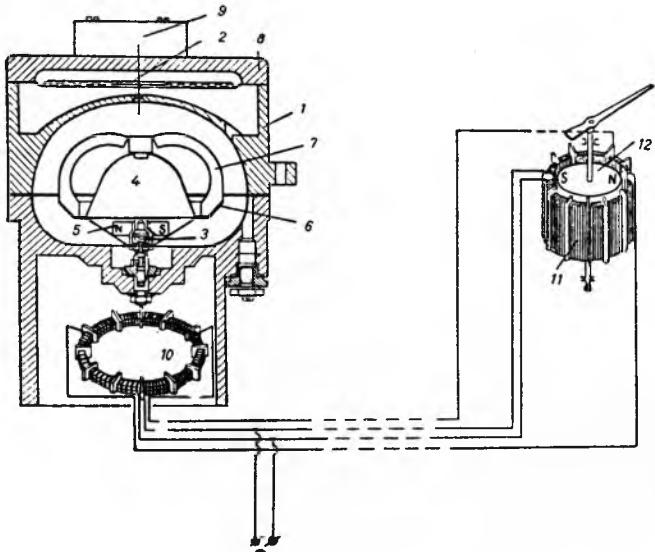
Sl. 65. Navigacioni kompas sa horizontalnom ružom. 1 magneti, 2 kursna ruža, 3 plovak, 4 stožer, 5 otvor za punjenje tečnosti, 6 staklo, 9 dugme za okretanje kursne skale 7, 10 kapsule, 11 kompenzacija kompasa, 12 crte na staklu 8

iglu dejstvuje horizontalna i vertikalna komponenta Zemljinog magnetnog polja. Da bi se smanjila vertikalna komponenta, težište celog okretnog sistema se stavlja znatno ispod oslonca i pomera u horizontalnoj ravni tako da veća težina sistema leži nasuprot vertikalnoj komponenti i sa suprotnе strane. U zakretu se okretni sistem postavlja koso kao klatno, pa na nagnuti magnet dejstvuje vertikalna komponenta drukčije i kompas pokazuje pogrešno (sl. 68).

*Ziromagnetni kompasi* su zasnovani na žiroskopskom sistemu sa tri stepena slobode i sa horizontalnom obrtnom oso-

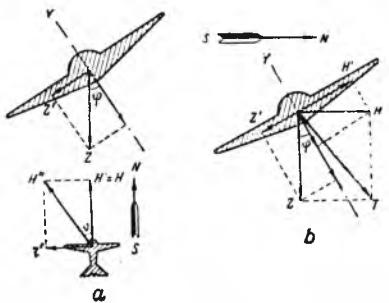


Sl. 66. Daljinski pneumatski magnetni kompas



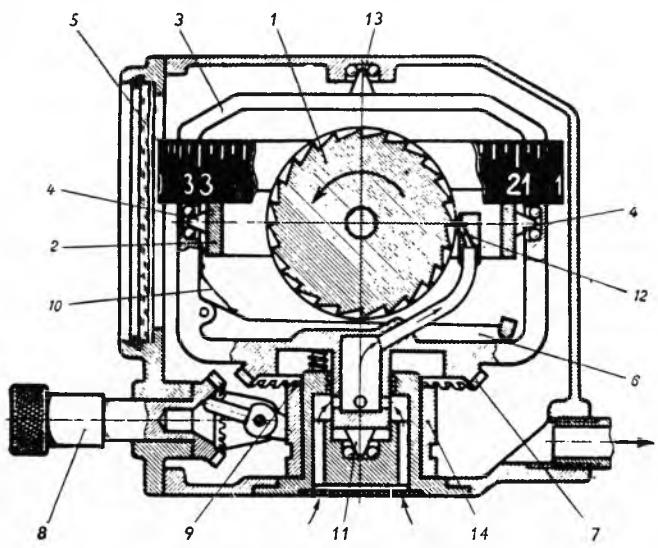
Sl. 67. Dalijski magnetni kompas sa davačem magnesyn-sistema. 1 kućica davača, 2 membrana koja dozvoljava širenje tečnosti, 3 ležaj, 4 plovak, 5 magnet, 6 čašica, 7 krilo prigušivača, 8 poklopac, 9 uređaj za kompenzaciju kompasa, 10 i 11 magnesyn-sistem, 12 pokazivač

vinom žiroskopa, čiji se položaj u magnetnom meridijanu održava ili na osnovu posebnog magnetnog kompasa — žiroskopski pokazivač kursa — ili je ovo kombinovan instrument — žiomagnetični kompas.



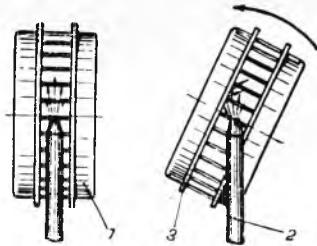
Sl. 68. Sistematske greške magnetnog kompasa u zaokretu. a sa nagibom  $\varphi$  na kurs  $0^\circ$ , b sa nagibom  $\varphi$  na kurs  $90^\circ$  ili  $270^\circ$

Žiroskopski pokazivač kursa se sastoji od žiroskopa 1 koji leži u unutrašnjem okviru 2, a koji se oslanja preko ležaja 4 na spoljašnji okvir 3 (sl. 69). Ovaj poslednji se oslanja preko ležaja 11 i 13 na kutiju koja je preko priključka vezana sa vakuum-pumpom



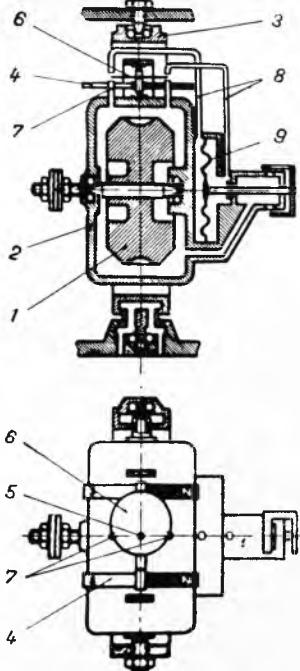
Sl. 69. Žiroskopski pokazivač kursa

ili Venturijevom trubom. Vazduh pod atmosferskim pritiskom prolazi kroz rupe oko ležaja 11 i izlazeći kroz mlaznik 12 okreće svojom kinetičkom energijom žiroskop. Spoljašnji okvir nosi kursnu ružu podjeljenu na  $360^\circ$ , koja se rukom postavlja prema magnetnom kompasu u odgovarajući kurs pomoću dugmeta 8. Ovo dugme ima sa unutrašnje strane ozubljenje pa se uzubljuje sa zupčanicom 7, i na taj način se može okrenuti ceo sistem. Da se pri tome žiroskop ne bi nagnuo, pri uvlačenju dugmeta se preko viljuške podigne prsten 14 a preko opruge 10 papuča 6, koja začiće žiroskop. Posle izvlačenja dugmeta žiroskop se oslobođa i ostaje u pravilnom položaju, tako da do sledećeg ispravljanja kursa instrument radi pravilno. Na pokazivaču kursa ispravljanje žiroskopa se vrši pomoću istog mlaza vazduha koji služi za njegov pogon. Dok je žiroskop horizontalan, mlaz udara u sredinu lopatice i na žiroskop dejstvuje samo tangencijalna sila. Ako se žiroskop nagne, mlaz udari i u prirubnicu (sl. 70), pa bočna komponenta daje obrtni moment koji dejstvuje na okvir 3 okrećući ga oko vertikalne ose. Ovaj moment, opeč, izaziva precesiono kretanje žiroskopa oko ose okvira 2, sve do povratka u pravobitni položaj. Žiroskopski pokazivač kursa predstavlja korisnu dopunu magnetnom kompasu jer on ne podleže magnetnim i električnim smetnjama i neosetljiv je na kratkotrajne sile ubrzanja, pa pokazuje kurs tačno baš onda kada nije moguće koristiti se pokazivanjem kompasa. Međutim, on mora biti korigovan svakih 10...15 min u odnosu na kurs koji daje magnetni kompas, jer za to vreme skrene za  $2\text{--}3^\circ$  zbog mehaničkih grešaka kao što su otpori ležaja, netačnost izrade i dr.



Sl. 70. Pogon i ispravljanje žiroskopa

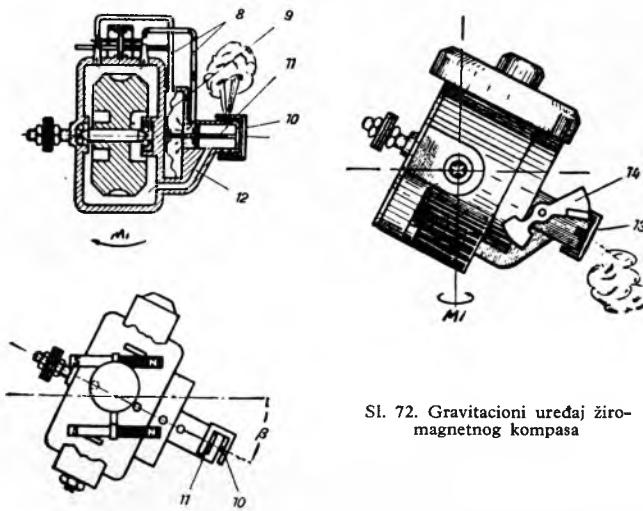
Žiomagnetični kompasi razlikuju se od žiroskopskih pokazivača kursa time što imaju uređaj koji ih automatski održava u magnetnom meridijanu. Komandni elementi su magnetna igla, koja preko releta ispravlja žiroskop u pravac sever-jug, i gravitacioni uređaj koji je sličan ispravljaču na veštačkom horizontu. Magnetski uređaj se sastoji od dva paralelna magneta 4 koji su — kao u kompasu — ugrađeni na vertikalnu osovinicu 5 (sl. 71). Žiroskop 1 je smešten u kutiju 2 koja se okreće oko horizontalnih ležaja u spoljašnjem okviru 3, jer se vazduh iz kutije iskoristiće za ispravljanje žiroskopa. Magneti 4 okreću ekscentričnu ploču 6 koja delimično pokriva otvore 7, i to jednako ako se osa žiroskopa poklapa sa pravcem magneta. Vazduh iz kutije deluje u tom slučaju preko cevčica 8 sa jednakim pritiskom sa obe strane membrane 9, pa je ona u ravnotežnom položaju. Kad se osovinica žiroskopa okreće iz pravca magneta, jedan se otvor zatvara a drugi više otvara, membrana se ugiba i povlači zastor 10 uлево, čime se otvara prorez 11 (sl. 72) te vazduh iz kutije izlazi kanalom 12 sa gornje strane ispravljača. Reakcija vazdušnog mlaza daje ispravljajući moment  $M_1$ , koji okreće osu žiroskopa u horizontalnoj ravni i vraća je u pravac sever-jug. Gravitacioni uređaj ima zadatku da u ispravljaču proizvede sile koje će stajati pod  $90^\circ$  na sile magnetnog uređaja. Njegov ispravljajući moment treba da spreči naginjanje, a ne skretanje ose žiroskopa, i on dejstvuje analogno kao na horizontu. Komora ispravljača ima — po-



Sl. 71. Uredaj žiomagnetičnog kompasa za održanje magnetnog meridijana

Sl. 73. Žiromagnetski kompas sa pokazivačem i indupcionim prenosom. 1 magnetni inducioni element, 2 telo davača, 3 stator selsyn-prenosa, 4 rotor selsyn-prenosa, 5 osovinica, 6 osovina spoljnog okvira, 7 zupčanici, 8 kazaljka, 9 inducioni element azimutnog ispravljača, 10 magnet azimutnog ispravljača, 11 osa unutarnjeg okvira, 12 drugi davač pokazivača, 13 selsyn, 14 kontaktni davač, 15 stator motora za pogon žiroskopa, 16 transformator, 17 četkice kontaktognog davača, 18 inducioni element horizontalnog ispravljača, 19 rotor horizontalnog ispravljača, 20 skala, 21 dugme, 22 indikator, 23 fazni diskriminatore, 24 pojačivač, 25 zupčanici, 26 frikcionski prenos

red dva pomenuta vertikalna proreza — još dva bočna proreza 13 pokrivena klatnjima 14 (sl. 71 c). Dok osa žiroskopa stoji horizontalno, bočni prorez su podjednako pokriveni klatnjima, pa se i reakcije mlažova medju sobom potiru. Ako se osa nagnje, jedan se prorez više otvara a drugi zatvara. Rezultanta reakcija daje sada moment u horizontalnoj ravni  $M_1$  koji žiroskop ispravlja u vertikalnoj ravni i vraća ga u pravobitan položaj. Žiromagnetski kompas ima sa gornje strane uređaj za kompenzaciju sličan uređaju magnetnih kompasa. Žiromagnetski kompasi se izrađuju — kao i magnetni kompasi — sa daljinskim prenosom, a sa istih razloga. Pri tom magnetna igla može biti na udaljenom mestu a žiroskopski pokazivač kursa u kabini, sa indupcionim prenosom i električnim uređajem za ispravljanje žiroskopa (sl. 72). Takav uređaj može imati i više pokazivača.



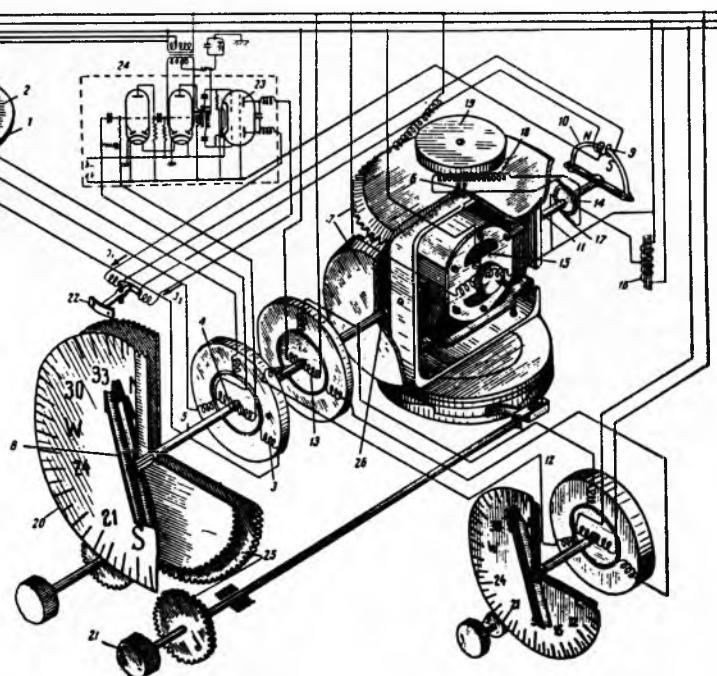
Sl. 72. Gravitacioni uređaj žiromagnetskog kompasa

#### MOTORSKI INSTRUMENTI

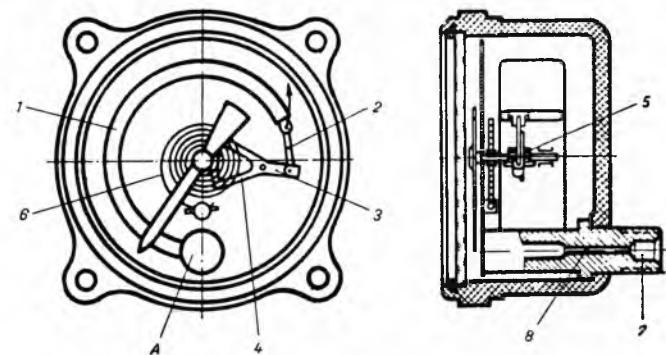
Instrumenti za kontrolu rada motora na avionu obuhvataju: manometre za vazduh, gorivo i ulje za podmazivanje; manovakumetre za merenje i potpritiska i natpritiska vazduha; termometre za merenje temperaturu koje pokazuju kako radi motor; kombinovane motorske instrumente koji objedinjuju u zajedničkoj kutiji pokazivače više instrumenata; obrtomere za kontrolu broja obrtaja vratila motora; benzonomere za mjerjenje količine goriva u rezervoarima; pokazivače protoka goriva iz rezervoara u motor; pokazivače utroška goriva za određeni put ili vreme i analizatore izduvnih gasova koji kontrolišu smešu goriva i vazduha.

**Manometri.** Avionski manometri su instrumenti koji mere pritisak gase ili tečnosti (u  $\text{kp}/\text{cm}^2$ ) pomoću elastičnih elemenata kao što su Bourdonova cev, kapsula, meh i membrana. Manometri mogu biti za neposredno priključivanje na izvor pritiska i sa daljinskim prenosom. Daljinski prenos može biti opet dvojak: hidraulični i električni.

**Manometri za vazduh** služe za merenje pritiska vazduha u instalacijama stajnog trapa, pneumatskih kočница, uređaja za okidanje oružja itd. Rade sa različitim opsegom pokazivanja od  $0\cdots 12 \text{ kp}/\text{cm}^2$  pa do  $0\cdots 250 \text{ kp}/\text{cm}^2$ . Puno skretanje njihovih ka-

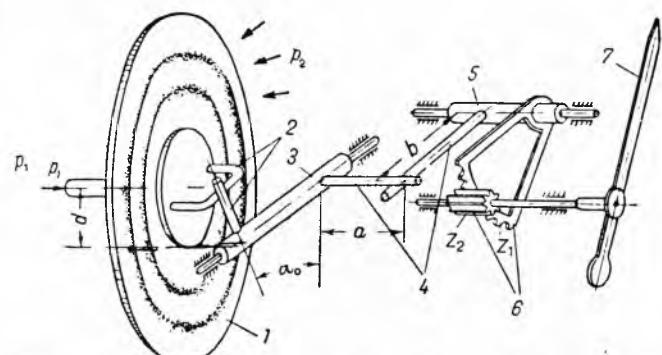


zaljki je obično  $270^\circ$ , a elastični element je Bourdonova cev (sl. 74). **Manometri za benzin** služe za merenje pritiska u instalaciji za dovod goriva, koji se obično kreće od  $0,3$  do  $0,4 \text{ kp}/\text{cm}^2$ . Grade se obično sa nešto većim opsegom pokazivanja,  $0\cdots 1 \text{ kp}/\text{cm}^2$  ili  $0\cdots 1,5 \text{ kp}/\text{cm}^2$ , zbog eventualnog preopterećenja tanke Bourdonove cevi. Manometri za tako male pritiske su tačniji ako mesto Bourdonove cevi imaju kapsulu (sl. 75), a i teže dolazi do oscilacija



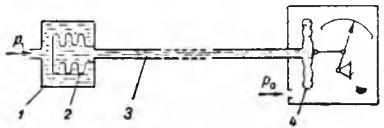
Sl. 74. Manometar za vazduh. A nosač Bourdonove cevi, 1 Bourdonova cev, 2, 3, 4, 5 mehanizam kazaljke, 6 spiralna opruga, 7 priključak, 8 prigušivač

njihove kazaljke zbog vibracija koje se prenose od motora na tablu s instrumentima.



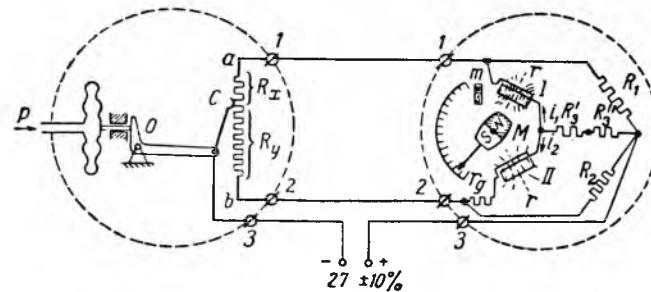
Sl. 75. Manometar za goriva.  $p_1$  pritisak goriva,  $p_2$  atmosferski pritisak, 1 kapsula, 2, 3, 4 prenos polužjem, 6 zupčasti prenos, 7 kazaljka

**Manometri za ulje** služe za merenje pritiska ulja za podmazivanje motora. Ovi manometri se izrađuju sa prenosnikom čiji je zadatok da spreči isticanje ulja iz motora u slučaju prskanja prenosne ili Bourdonove cevi (sl. 76). Sastoji se od komore prenosnika 1, meha 2, prenosne cevi 3 i pokazivača 4. Komora prenosnika je vezana sa uljem pod pritiskom  $p_1$ , koji deluje na elastičan meh sa njem i Bourdonova cev u prenosnoj cevi 3.



Sl. 76. Manometar za ulje za podmazivanje motora

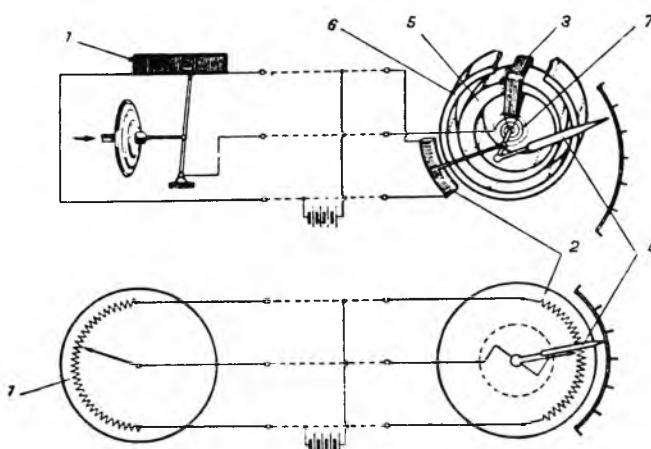
gove spoljne strane. Meh, prenosna cev su ispunjeni tečnošću kao što je smeša glicerina i vode ili petropleum, pošto je prethodno potpuno evakuisan vazduh. U slučaju prskanja prenosne cevi ulje zadržava meh.



Sl. 77. Shema električnog prenosa kod manometra. a-b otpor, c klizač, 1, 2 i 3 stezaljke, M (SN) magnet

Pored hidrauličnog prenosa manometri mogu imati električni prenos (sl. 77). Kapsula pod pritiskom ulja  $p$  potiskuje klizač reostata, čime se menja odnos otpora  $R_x$  i  $R_y$ . Pokazivač je električni galvanometar sa okretnim magnetom. Logometarski sistem ovog pokazivača uključen je u simetričnu shemu mosta, koja se od običnog Wheatstoneova mosta razlikuje po tome što ima dopunska poludijagonalu, otpor  $R_3$ . Pokazivanje kazaljke zavisi o tome koliko struje prolazi kroz kalemove I i II, jer se stalni magnet, spojen sa kazaljkom, postavlja u pravcu rezultujućeg vektora polja elektromagneta I i II.

Električni prenos može biti i na osnovi samouravnoteženog Wheatstoneovog mosta (sl. 78). Takav sistem ima dva potenciometra: potenciometar davača 1 i potenciometar pokazivača 2. Po ovom poslednjem klizi klizač koji se nalazi na istoj osovinici sa kretnim

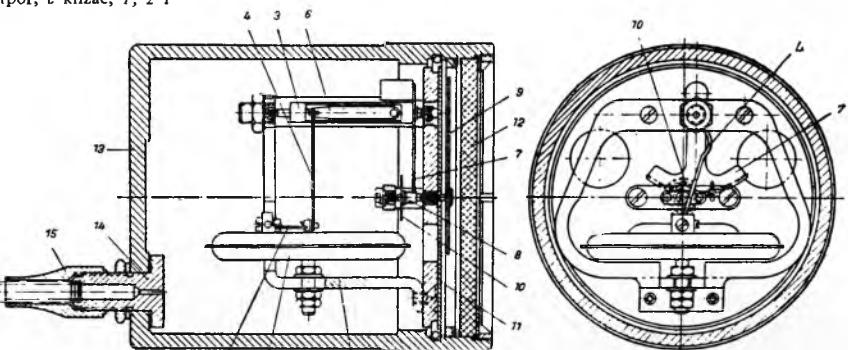


Sl. 78. Električni prenos sa Wheatstoneovim mostom. 1 potenciometar davača, 2 potenciometar pokazivača, 3 kretni kalem, 4 kazaljka, 5 stalni magnet, 6 magnetni oklop, 7 spiralna opruga

kalemom 3 i kazaljom 4. Ako se usled promene pritiska u kapsuli pomeri klizač potenciometra 1, most se izvede iz ravnoteže i kazaljka 4 se kreće; pri tome se kreće i klizač potenciometra 2 sve dole dok se most opet ne uravnoteži. Na kraju električni prenos može biti i pomoću sistema autosyn.

**Manovakuumetri.** Da bi se zadržala specifična snaga motora i pri letu aviona na većim visinama, gde je pritisak vazduha znatno niži, savremeni motori su snabdeveni kompresorima koji nadoknuju pad atmosferskog pritiska. U niskom letu kompresor se isključuje pa u usisnom vodu vlada potpritisak. Pri poletanju pak kompresor se za kratko vreme uključuje, usled čega u usisnom vodu vlada natpritisak (iznad 1 atm odnosno iznad 760 mm Hg). Manovakuumetri su instrumenti koji mogu da mere i natpritisak i potpritisak (vakuum); mogu se podeliti na proste, diferencijalne i sa pregradom.

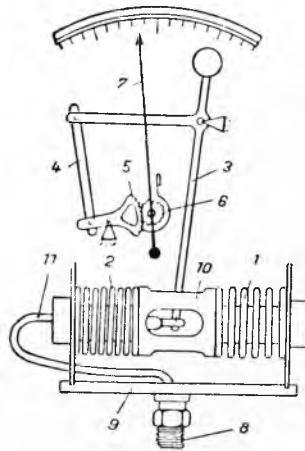
**Prosti manovakuumetri** rade na principu aneroidnog barometra sa hermetički zatvorenom kapsulom. Iz kapsule je potpuno evakuisan vazduh, pa sa spoljnjim atmosferskim pritiskom — koji je sabija — stoji u ravnoteži napon njenih zidova. Usisni vod motora se vezuje preko cevi sa hermetički zatvorenom kutijom instrumenta, a promena pritiska u tom vodu i kutiji deluje sa spoljne strane kapsule. Sa opadanjem pritiska kapsula se širi a napon njenih zidova se rasterećuje, dok se sa porastom pritiska kapsula dalje ugiba. Opseg pokazivanja manovakuumetra obično je 300...1600 mm Hg ili pak 0,6...1,8 atmosfera apsolutnog pritiska. Najveći dopušteni pritisak za određeni tip motora označuje se crvenim indeksom ispred brojčanika. Kada motor ne radi, ovaj instrumenat pokazuje dnevni barometarski pritisak.



Sl. 79. Prosti manovakuumetar. 1 okvir-nosač, 2 kapsula, 3, 4, 6, 7, 8 mehanizam kazaljke, 9, 5 bimetala polužica, 10 spiralna opruga, 11 brojčanik, 12 staklo, 13 kutija, 14 priključak sa prigušivačem, 15 navrtka

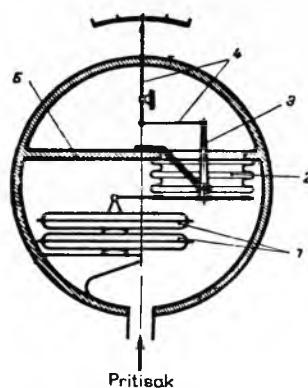
Konstrukcija manovakuumetra prikazana je na sl. 79. Aneroidna kapsula 2 preko polužnog mehanizma 4, 3 i 6 i zupčastog prenosa 7 i 8 okreće kazaljku 9. Spiralna opruga 10 sprečava oscilacije kazaljke i zazor u zglobovima. Temperaturnu grešku prvog reda kompenzuje bimetala polužica 5 a grešku drugog reda bimetala polužica 6.

**Diferencijalni manovakuumetar** ima dva meha vezana medu sobom (sl. 80). Iz meha 1 je evakuisan vazduh i on radi kao aneroidna kapsula. Meh 2 je spojen preko cevi 11 i priključka 8 sa usisnim vodom a kutija instrumenta sa statickim pritiskom atmosfere. U slučaju potpritisaka u usisnom vodu, odnosno mehu 2, ovaj se sabija pod pritiskom atmosferskog vazduha, šireći aneroidni meh 1. Sa natpritiskom se širi meh 2 i sabija aneroidni meh 1, pa preko polužnog mehanizma 3, 4, 5 pokreće kazaljku 7. 6 je spiralna opruga, 9 nosač sistema a 10 veza izmedu mehova. Prednost



Sl. 80. Diferencijalni manovakuumetar

je ove konstrukcije što mešavina vazduha i benzina ne ulazi u kućištu već u meh 2, pa nema važnosti ako se benzin kondenzuje. Kutiju običnog manovakuumetra kondenzovan benzin može da ispunji do polovine, a ispire ulje u ležajevima i nagriza delove (naročito ako je etilizovan).



Sl. 81. Manovakuumetar sa pregradom. 1 aneroidna kapsula, 2 meh, 3 prenosa poluga, 4 mehanizam kažnjike, 5 pregrada

nje, površine krila itd. Merenje tih temperatura je potrebno da bi se na vreme uočile promene u radu motora i na avionu i da bi se uslovi rada održali u određenim granicama. Kako se temperatura na avionima mери na mestima gde nije moguće direktno posmatranje, gotovo isključivo se upotrebljavaju termometri sa daljinskim prenosom.

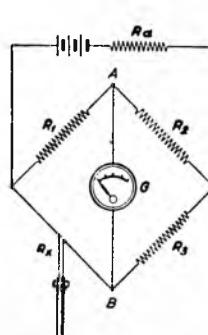
Avionski termometri mogu se podeliti na mehaničke i električne.

**Mehanički termometri** rade sa pritiskom tečnosti gasa ili pare. Termometri koji rade s pritiskom tečnosti (sl. 82) sastoje se od elementa 1 u obliku malog metalnog balona koji se stavi u medijum čiju temperaturu treba meriti, spojne cevi (kapilare) 2 i manometra sa Bourdonovom cev 3. Ovi elementi čine zatvoren sistem iz koga se evakuše vazduh i koji je ispunjen tečnošću sa velikim koeficijentom zapreminskog širenja, kao što je živa, alkohol, toluol i sl. Sa porastom temperature tečnost se širi pa otvara Bourdonovu cev koja ovde može imati više navojaka. Prečnik kapilare je veoma malen ( $0,1\cdots 0,15$  mm) kako bi uticaj okolne temperature bio što manji. Dobra je osobina ovih termometara što im je tačnost pokazivanja velika i što se ne menja sa visinom, a loša je što rade sa veoma visokim pritiscima pa su nepouzdani. — Termometri koji rade s pritiskom gasa po konstrukciji su isti kao napred opisani, no punjeni su azotom, helijumom ili vodonikom pod visokim pritiskom. Ovi termometri se upotrebljavaju za merenje veoma niskih temperatura, jer azot prelazi u tečno stanje tek na  $-195^{\circ}\text{C}$ , helijum na  $-269^{\circ}\text{C}$ . Osobine su im iste kao i prethodnih, no tremljiji su od njih. — Termometri koji rade sa pritiskom pare takođe su iste konstrukcije, no zasnivaju se na merenju pritiska zasićenih para tečnosti sa niskom temperaturom ključanja, kao što su metilhlorid ( $-24^{\circ}\text{C}$ ), etilhlorid ( $+13^{\circ}\text{C}$ ), acetan ( $+56^{\circ}\text{C}$ ). Metilhlorid se upotrebljava za opseg pokazivanja od 0 do  $125^{\circ}\text{C}$  a acetan od 50 do  $200^{\circ}\text{C}$ .

Osetljivi element 1 ovih termometara napunjen je do približno dve trećine njegove zapremine tečnošću, kako bi se iznad slobodne površine isparavanja smestila para (sl. 83). Ako je osetljivi element najtoplji deo sistema, Bourdonova cev i kapilara ispunjene su drugom tečnošću, npr. glicerinom, a element lakoisparljivom tečnošću i parom. Ako je pak element najhladniji deo, Bourdonova cev i kapilara ispunjene su parom lako isparljive tečnosti iz elementa. Pritisak pare

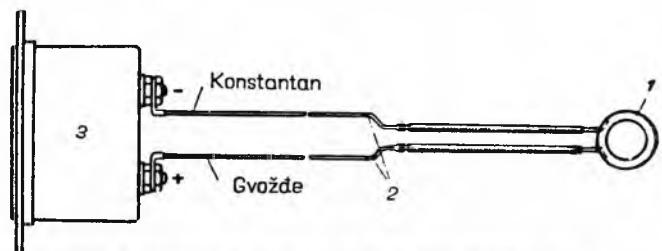
ne raste sa temperaturom proporcionalno, već progresivno; da bi ipak podela brojčanika bila približno ravnomerna, primenjuje se Bourdonova cev koja se — preko zavrtnja za podešavanje — oslanja na nosač tako da se pri njenom otvaranju praktično pomera mesto oslonca i ona se sve više skraćuje.

**Električni termometri** imaju prednost što se njima može lako ostvariti prenos i na velikom odstojanju, pri čemu jedan dačić može da služi za više pokazivača na raznim mernim mestima. Po načinu rada mogu se podeliti na otporne i termoelektrične termometre. **Električni otporni termometri** iskorištavaju promenu omskog otpora sa temperaturom, tj. činjenicu da otpor sa povišenjem temperature raste a sa sniženjem temperature opada. Ako se jedan od otpora Wheatstoneova mosta  $R_x$  izloži promeni temperaturi, on će se menjati i time remetiti ravnotežu mosta (sl. 84). Struja će biti nejednak podeljena a razlika će teći kroz galvanometar  $G$ . Za promenljiv otpor  $R_x$  se primenjuje bakar, aluminijum, gvožđe i drugi metali koji imaju visok temperaturni koeficijent električnog otpora, a za stalne otpore  $R_1$ ,  $R_2$  i  $R_3$  primenjuje se konstantan ili manganin, kojima je taj koeficijent malen. Otpor  $R_d$  smanjuje napon akumulatora na potrebnu meru. Kao pokazivač se upotrebljava galvanometar sa okre-



Sl. 84. Električni otporni termometar

tnim magnetom ili ukrštenim kalemovima. Davač električnog otpornog termometra sastoji se od bakarne žice  $\varnothing 0,08\cdots 0,1$  mm namotane na štap od izolujućeg materijala, a sve je obmotano košulicom od uljane svile. — **Termoelektrični termometri** služe za merenje temperature glave i cilindra vazduhom hlađenog klipnog motora, a temperature komore za sagorevanje i drugih elemenata mlaznih motorâ. Rad ovih termometara se zasniva na tzv. termoelektričnom efektu. Dva različita metala (npr. platina i bakar, gvožđe i konstantan) spoje se tvrdim lemljenjem i stave na mesto merenja (npr. ispod svećice, sl. 85). Ovakav spoj je topli spoj  $J$  termoelementa a priključci koji idu prema miliampermetru 3 su hladan spoj 2 (sl. 86). Kada se ovi spojevi nalaze na različitim temperaturama, postaju izvor električne struje koja raste proporcionalno sa razlikom temperature. Pokazivač je miliampermetar sa stalnim magnetom i okretnim kalemom. Kako temperatura hladnog spoja redovito nije stalna, ovakav instrument mora imati temperaturnu kompenzaciju. Opseg merenja ovih instrumenata je  $0\cdots 350^{\circ}\text{C}$  ili  $0\cdots 400^{\circ}\text{C}$ , a temperaturna kompenzacija mora da bude takva da isključen instrument pokazuje svoju temperaturu.

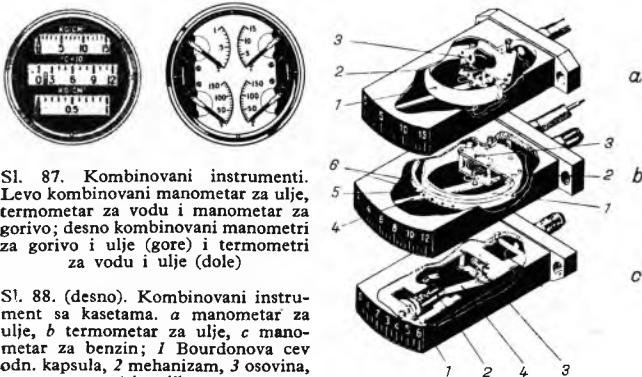


Sl. 85. Termoelement za merenje temperature ispod svećice motora

**Kombinovani motorski instrumenti.** Da bi se uštedeo prostor na tabli i olakšalo posmatranje mnogobrojnih instrumenata, izrađuju se kombinovani instrumenti. U zajedničku kutiju ugrade se 2, 3 ili 4 različita pokazivača koji daju srodne podatke pa olakšavaju rad pilotu. Najčešće se kombinuju manometar za ulje, termometar za ulje i manometar za benzin (sl. 87) ili pak manometar za benzin, manometar za ulje, termometar za ulje i termo-

Sl. 83. Termometar sa pritiskom gase

metar tečnosti za hlađenje (sl. 87). Izvesni tipovi ovakvih instrumenata imaju pokazivače u obliku odvojenih kaseta (sl. 88), od



Sl. 87. Kombinovani instrumenti. Levo kombinovani manometar za ulje, termometar za vodu i manometar za gorivo; desno kombinovani manometri za gorivo i ulje (gore) i termometri za vodu i ulje (dole)

Sl. 88. (desno). Kombinovani instrument sa kasetama. a manometar za ulje, b termometar za ulje, c manometar za benzин; I Bourdonova cev odn. kapsula, 2 mehanizam, 3 osovina, 4 kazaljka

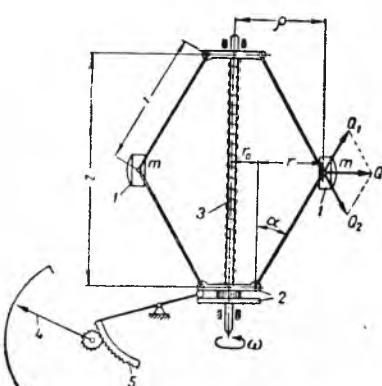
kojih svaka za sebe čini instrument i može se ne samo nezavisno regulisati već se i na avionu može zameniti u slučaju kvara. Davači ovakvih instrumenata su isti kao i napred opisani; instrumenti mogu biti mehanički i električni, no oni sa kasetama su uvek električni.

**Obrtomeri** služe za kontrolu broja obrtaja vratila motora. Obrtomer i manovakuometar su najvažniji instrumenti za merenje opterećenja klipnih motorâ, bilo da vrši pogon elisa sa reduktorom ili bez ovo- ga, ili pak elise sa promenljivim korakom. Obrtomer je neophodan i za kontrolu rada turbo-mlaznih motorâ, jer ovima sa brojem obrtaja raste snaga, odnosno potisak. Prema principu na kojima su zasnovani različiti tipovi obrtomera, oni se mogu podeliti na mehaničke i električne.

**Mehanički obrtomeri** opet se mogu podeliti na obrtomere sa direktnim prenosom i obrtomere sa daljinskim prenosom. **Obrotomeri sa direktnim prenosom** su neposredno vezani pomoću gipke osovine sa bregastom osovinom motora, koja se okreće sa upola manjim brojem obrtaja nego kolenasto vratilo. Primenjuju se uglavnom na jednomotornim avionima, gde dužina gipke osovine ne prelazi 3 m. **Obrotomeri sa daljinskim prenosom** sastoje se od davača i pokazivača, između kojih postoji električni, pneumatski ili hidraulični prenos. Primenjuju se na višemotornim avionima, gde je odstojanje motora zнатно pa se gipke osovine ne mogu primeniti.

U mehaničke obrtomere spadaju centrifugalni i hronometarski. Obrtomer sa konusom (Delta) i pneumatski obrtomer (Askania) dva su dalja tipa obrtomera, ali se oni danas retko primenjuju.

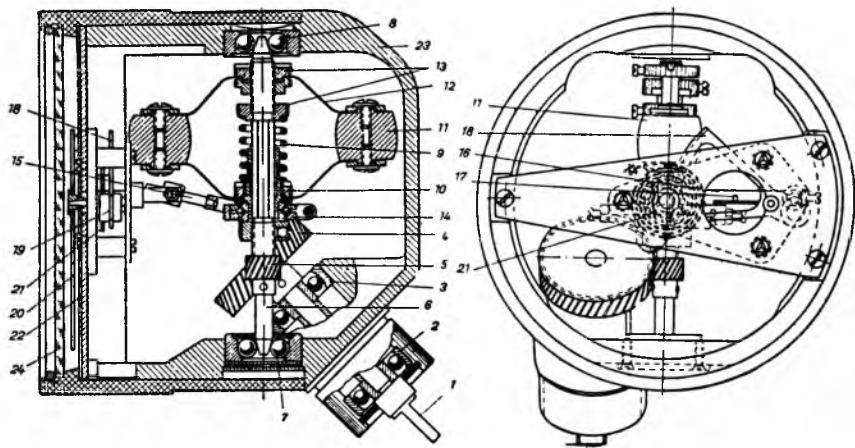
**Centrifugalni obrotomeri** rade kao Wattov regulator sa kuglama. Centrifugalna sila koja dejstvuje na tegove 1 sabija oprugu 3 (sl. 89); stepen sabijanja merilo je broja obrtaja. Mechanizam 2, 5 prenosi ga na kazaljku 4. Hod opruge progresivno se povećava jer centrifugalna sila raste sa drugim stepenom broja obrtaja, stoga skala ovakvog obrtomera ne može imati jednakе podeoke, ali ako se veličine tegova dobro izaberu u odnosu na dužinu poluga koje stoje



Sl. 89. Principijelna shema centrifugalnog obrotomera

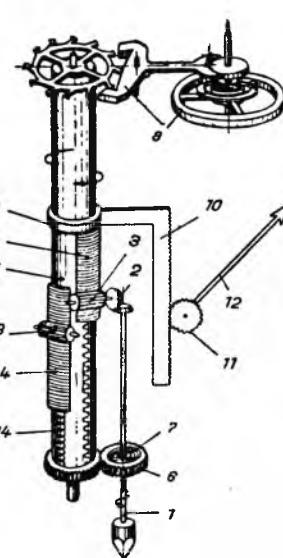
pod uglom, i opruga odgovarajući dimenzioniše, skala se može doterati da bude približno linearna. Najčešće se primenjuje konstrukcija prikazana na sl. 90, gde su poluge zamenjene lisnatim oprugama 12. Prednost je ovog obrtomera da osim mufa 14 i osovine 6 nema pokretnih delova kao što su poluge i njihove osovinice, koje se brzo habaju. Kazaljka 20 je preko mehanizma sa zupčanicima 17 i 18 i polužnog mehanizma 15 i 16 vezana sa mufom 14, a zazor je neutralisan spiralnom oprugom 21. Takav obrtomer nema zakašnjenja pri promeni broja obrtaja i pokazuje pravilno bez obzira na to u kojem se smislu motor obrće. Mana mu je što opruga sa vremenom oslabi pa obrtomer pokazuje previsoke vrednosti.

**Hronometarski obrtomeri** se u principu razlikuju od svih ostalih po tome što periodično odbrojavaju obrtaje za određeno kratko vreme i ovaj broj podele sa vremenom; ako je vreme dovoljno kratko ( $0,5\text{--}1$  sek), dobija se potpuno tačna slika o promenama broja obrtaja. Skokovi kazaljke između periodičnih brojanja nedostatak su takvih obrtomera, jer male promene u tom



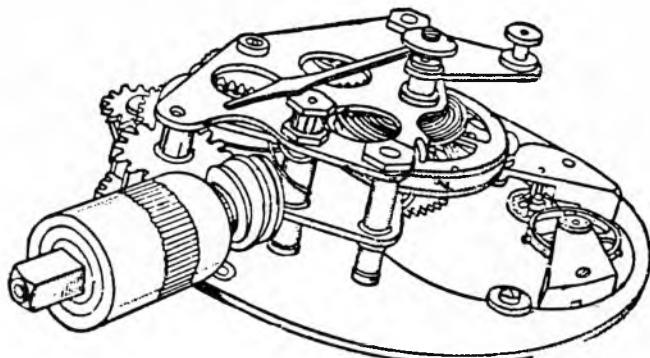
Sl. 90. Centrifugalni obrtomer. 1 priključno vratilo, 2, 3, 7 i 8 kuglični ležaji, 4 i 5 zupčanici sa helikoidalnim zubima, 6 glavno vratilo, 9 i 17 opruge, 10 mufa, 11 tegovi, 12 lisnate opruge, 13 navrtka, 14 aksialni kuglični ležaj, 15 poluga, 16 osovinica, 18 i 19 mehanizam kazaljke 20, 21 spiralna opruga, 22 brojčanik, 23 kutija, 24 staklo

međuvremenu ostaju nepoznate, pa se ne zna da li će broj obrtaja porasti ili opasti. Podela je brojčanika hronometarskog obrtomera potpuno linearna, pa je očitavanje tačno u svim oblastima. Principijelna shema njegove konstrukcije data je na sl. 91. Pogon dobija preko osovine 1 koja preko koničnih zupčanika 2 obrće zupčanik 3. Ovaj podiže jednu od tri zupčaste poluge 4 koje su smještene oko osovine 5. Osovinica 1 istovremeno preko klizne spojnica 7 i zupčanika 6 obrće osovinu 5 konstantnim brojem obrtaja, koji reguliše satni mehanizam 8. Zupčasta poluga 4, posle obrtanja osovine 5 za ugao od  $120^\circ$ , izlazi iz zahvata zupčanika 3 a ukopči se sa zupčanikom 13. Zatim se posle određenog vremena opet isključi i pod dejstvom opruge 14 vraća u gornji početni položaj. Zupčanik 3 odbrojava broj obrtaja sputajući zupčastu polugu brže ili sporije prema broju obrtaja osovine 1, a za vreme dok je ne napusti posle obrtanja osovine 5 za ugao od  $120^\circ$ . Kako ovakvih zupčastih poluga ima tri, to ne naizmenično sputaju ili podižu prsten 9, koji nosi zupčastu polugu 10 i preko zupčanika 11 okreće kazaljku 12. U



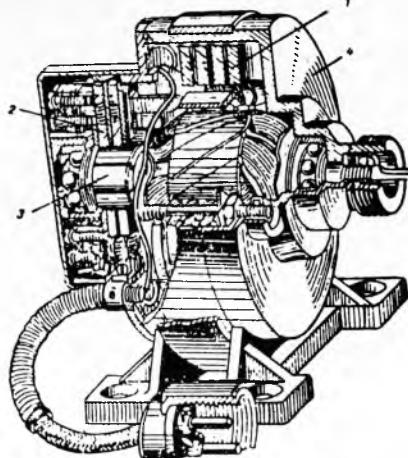
Sl. 91. Principijelna shema hronometarskog obrotomera

stvarnosti zupčaste poluge predstavljaju zupčanike a mesto zupčanika 13 su zadržači (sl. 92).



Sl. 92. Hronometarski obrtomer

Ovakvi obrtomeri mogu biti sa električnim daljinskim prenosom. Davač je trofazni generator naizmenične struje povezan od osovine kojoj se meri broj obrtaja. On preko provodnika okreće isti takav sinhroni motor, čija je osovina direktno vezana sa mehanizmom obrtomenta.



Sl. 93. Obrtomer sa generatorom jednosmerne struje. 1 magnet, 2 četkice, 3 kolektor, 4 kućište

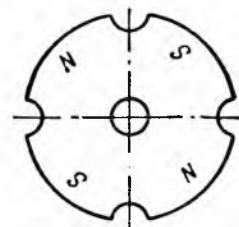
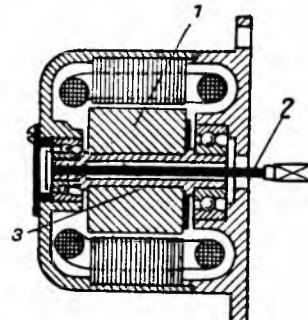
*Električni obrtomeri* mogu se podeliti na obrtomeve jednosmerne struje, naizmenične struje i magnetne.

*Obrtomeri jednosmerne struje* mogu se opet podeliti na obrtomeve sa generatorom jednosmerne struje i obrtomeve sa generatorom naizmenične struje i ispravljačem. *Obrtomeri sa generatorom jednosmerne struje* (sl. 93) imaju stator sa permanentnim magnetima 1 i rotor sa navojima čiji su krajevi vezani sa komutatorom 3.

Struja se uzima preko četkica 2 i provodnicima dovodi u pokazivač, koji je u osnovi voltmeter. Da bi se dobila veća dužina skale i time omogućilo tačnije očitavanje, polni nastavci stalnog magneta su izrađeni kako je to prikazano na slici 94. Kalem kretnog sistema 4 prolazi oko prstena polnog nastavka 3, i na taj način je omogućeno skretanje kazaljke za  $270^\circ$ . Struja iz generatora dovodi se u kalem preko spiralnih opruga 5 i 6, koje dejstvuju suprotno. Kako je napon što ga daje generator proporcionalan broju obrtaja, i skala je linearna. Loše strane ovog obrtomenta su habanje ugljenih četkica i varničenje,

Sl. 94. Principijelna shema obrtomenta sa generatorom jednosmerne struje. 1 magnet, 2 i 3 polni nastavci, 4 kalem, 5 i 6 opruge, 7 i 8 ležajevi

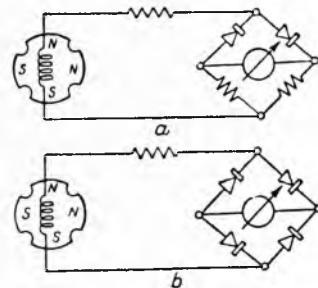
koje se pojačava sa visinom leta usled razređenog vazduha, pa ometa radar i radio-aparate. — *Obrtomer sa generatorom naizmenične struje* ima iza sebe selenski ispravljač koji naizmeničnu struju pretvara u jednosmernu. Takav davač se sastoji od statora sa navojima i rotora koji je stalan četvoropolni magnet 1 (sl. 95) pa daje naizmeničnu dvo faznu struju. Ispravljač se pak sastoji od pločica gvozdenih ili bakarnih sa jedne i olovnih sa druge strane,



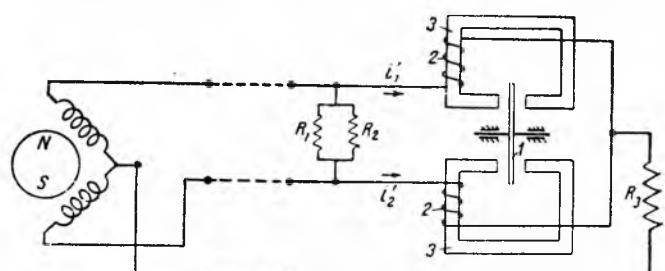
Sl. 95. Obrtomer sa generatorom naizmenične struje

između kojih je sloj selena ili bakar(I)-oksida ( $Cu_2O$ ). Ovačke pločice imaju jednostranu sprovodljivost, jer im je otpor u jednom smjeru nekoliko hiljada puta manji nego u suprotnom. Davač je isti kao napred pomenuti, a shema veze može biti dvojaka (sl. 96). Ovakav obrtomer nema nedostatke obrtomenta sa generatorom jednosmerne struje.

*Obrtomer naizmenične struje* ima davač, generator naizmenične struje kao što je napred opisan, no namotaji su vezani tako da su faze pomerene za  $90^\circ$ . Pokazivač je na principu indukcionog voltmetra na čiji pokretan disk 1 dejstvuju impulsi sa pomerenim fazama (sl. 97). Sa većim brojem obrtaja generatora veći je i broj impulsa, pa vrtložne struje daju na ploči veći obrtni moment, koji uvija spiralnu oprugu i okreće kazaljku. Da bi izbjeganje kazaljke bilo postupno, ugraden je mali stalni magnet, koji na ploču dejstvuje kao prigušivač sa vrtložnim strujama. Temperaturna kompenzacija se postiže otporima  $R_1$  i  $R_2$ , pa je tačnost tog obrtomenta velika, no nedostatak mu je što zahteva veliku snagu generatora, pa se



Sl. 96. Shema obrtometra naizmenične struje. a sa dva ispravljača i dva otpornika, b sa četiri ispravljača



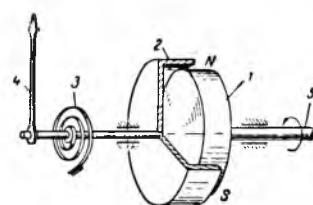
Sl. 97. Shema obrtometra naizmenične struje. 1 disk, 2 namotaji elektromagneta, 3 jezgra elektromagneta

broj obrtaja mora povećati na preko 10 000, dakle 3...5 puta u odnosu na broj obrtaja motora.

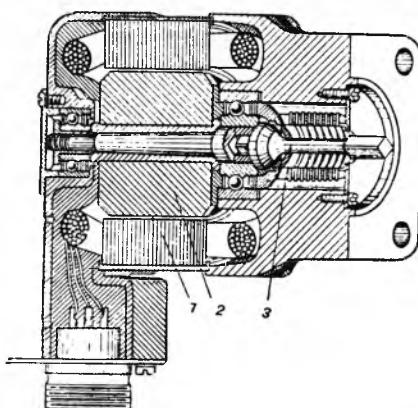
*Magnetni obrtomer* radi na principu vrtložnih struja koje izaziva stalni magnet 1 pri svome obrtanju u metalnom dobošu 2 (sl. 98), stvarajući obrtni moment koji uvija spiralnu oprugu 3 i okreće kazaljku 4. Ovakav obrtomer je veoma proste konstrukcije, no tačnost njegovog pokazivanja mnogo zavisi od temperaturne kompenzacije. Na višoj temperaturi se smanjuje fluks stalnog magneta, no kako istovremeno nastupa slabljenje spiralne opruge, ove se greške približno kompenzuju. Međutim, omski otpor

doboša se menja sa temperaturom u širokim granicama, te se stoga primenjuje magnetni šent. Ako se magnetni tok između polova zatvori pločom od takvog materijala da se onaj deo magnetnih linija koji prolazi kroz ploču smanjuje sa povećanjem temperature, onda fluks koji daje obrtni moment dobošu ostaje prvo bitne veličine i pored opadanja ukupnog fluksa.

Ovakav obrtomer može biti i sa daljinskim električnim prenosom. U tom je slučaju davač generator trofazne naizmenične struje čiji je rotor stalni magnet 2 (sl. 99). Pokazivač je sinhroni trofazni motor (bez klizanja) na čijoj se osovini nalazi stalni magnet 4 (sl. 100), tako da tačnost pokazivanja zavisi samo od kvaliteta magnetnog obrtometra. Doboš 6 ulazi između ovog magneta i njegovog cilindričnog oklopa, dok je magnetski šent 5 postavljen iza magneta.



Sl. 98. Principijelna shema magnetnog obrtometra



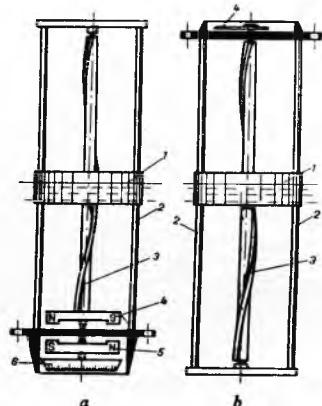
Sl. 99. Magnetni obrtomer sa generatorom trofazne naizmenične struje kao davačem daljinskog električnog prenosa. 1 stator, 2 rotor, 3 elastično vratilo

Magnetni obrtomer može biti sa dve kazaljke. Duža pokazuje stotine obrtaja a kraća hiljade, pa je prenos između njih izveden sa dva para cilindričnih zupčanika u ukupnom odnosu 1 : 10.

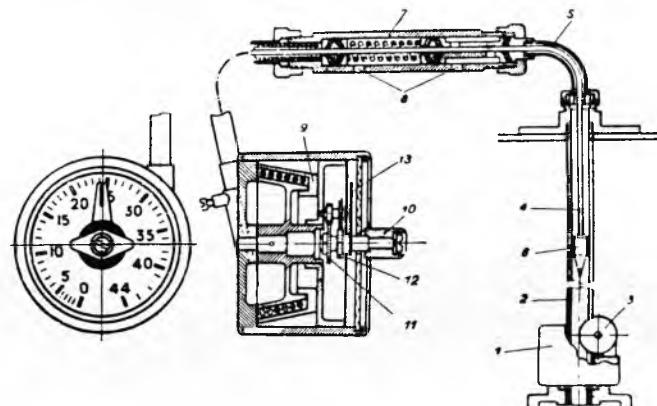
**Benzinomeri** su instrumenti za merenje količine goriva u rezervoarium aviona. Mogu se podeliti na mehaničke, hidrostaticke (pneumatske), hidraulične i električne.

Mehanički benzinomeri mogu se opet podeliti na benzinomere sa direktnim pokazivanjem i sa mehaničkim daljinskim prenosom. Benzinomeri sa direktnim pokazivanjem se obično primenjuju kad su rezervoari smešteni u krilima aviona. Ako su oni iznad pilotskog sedišta, pokazivač je ugrađen direktno na dnu rezervoara (sl. 101a), ako su smešteni niže od pilotskog sedišta, pokazivač je iznad rezervoara (sl. 101b). Rad im se osniva na

tome da se plovak pomera u vertikalnom pravcu sa nivoom benzina i to se pomeranje pretvara u kružno pomoću zavojnice na osovinu pokazivača. Na kraju osovine je kazaljka ili disk sa podelom. Kad je pokazivač na dnu rezervoara, osovina ne prolazi kroz prirubnicu, već se okretanje osovine prenosi preko dva stalna magneta na disk sa podelom, pa je na taj način osigurano zaptivanje. — *Benzinomeri sa mehaničkim daljinskim prenosom* imaju u rezervoaru plovak 1 vertikalno voden preko cevi 2 sa uzdužnim prorezom u koji zalazi točkić 3 (sl. 102). Pokazivač ispred stakla ima dugme 10 koje pilot okreće, usled čega se odvija sa doboša 9 gipka osovinu 4, koja se završava konusom 6. Kada ovaj konus zade između točkića i cevi, on se zaglavlji, pa je dalje obrtanje nemoguće. Kako se pri odvijanju istovremeno preko zupčastog reduktora 11 i 12 okreće kazaljka 13, ona po zaglavljivanju konusa pokazuje položaj plovka odnosno nivo benzina. Da gorivo ne bi kroz gipki prenos odlazilo u pokazivač, stavljeni su elastične zaptivke u cev 7. Nedostatak ovog benzinomera je da nivo goriva ne može biti stalno praćen, već se pri svakom očitanju mora okretati dugme.

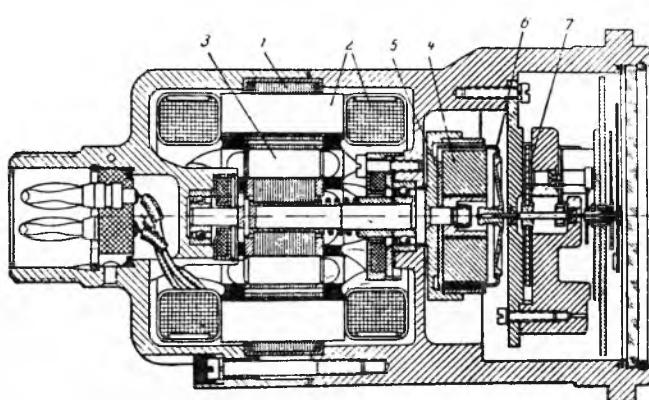


Sl. 101. Mehanički brzinomeri sa direktnim pokazivanjem. a benzinomer iznad pilotskog sedišta, b benzinomer smešten niže od pilotskog sedišta. 1 plovak, 2 vodice, 3 osovina, 4 i 5 (levo) magneti, 4 (desno) kazaljka, 6 skala

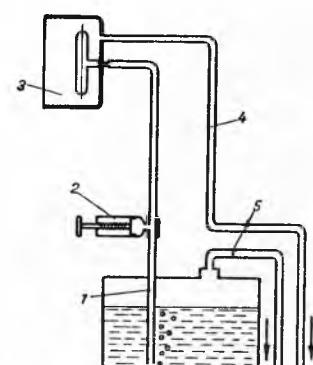


Sl. 102. Benzinomer sa mehaničkim daljinskim prenosom

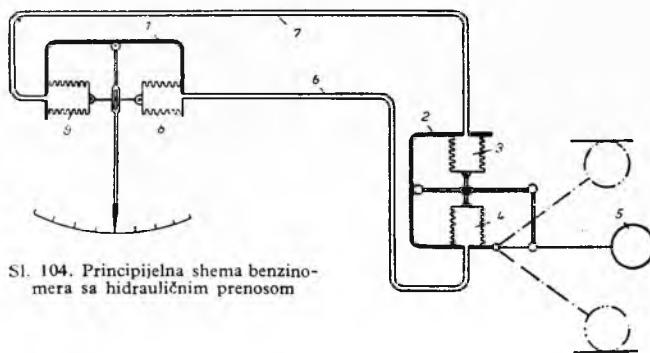
*Hidrostaticki benzinomeri* (pneumatski) rade na principu merenja hidrostatickog pritiska goriva na dno rezervoara i statickog pritiska vazduha iznad površine goriva. Kako je hidrostaticki pritisak srazmeran visini nivoa benzina, sa promenom ovoga menja se i pritisak, koji se meri osetljivim manometrom čija je skala podjeljena na litre goriva. Način rada prikazan je na sl. 103. Pošto se povuče ručica pumpice 2, vazduh iz atmosfere kroz malu rupu na njoj pri kraju hoda klipa ispuni cev 1 i kapsulu pokazivača 3. Po puštanju ručice na klip pumpe dejstvuje opruga, stvarajući pritisak u sistemu koji odgovara visini nivoa goriva, za sve vreme dok vazduh u vidu mehurova prolazi kroz gorivo. Za to vreme je i kapsula pod pritiskom, pa preko mehanizma i kazaljke pokazuje dati nivo goriva u rezervoaru. Kutija instrumenta je vezana sa tzv. ventilacijom ili direktno sa rezervoarom



Sl. 100. Pokazivač magnetnog obrtometra sa daljinskim prenosom. 1 stator, 2 navoj statora, 3 kratko spojen rotor, 4 stalni magnet, 5 magnetni šent, 6 doboš, 7 spiralna opruga



Sl. 103. Principijelna shema hidrostatickog benzinomera



Sl. 104. Principijelna shema benzino-  
mera sa hidrauličnim prenosom

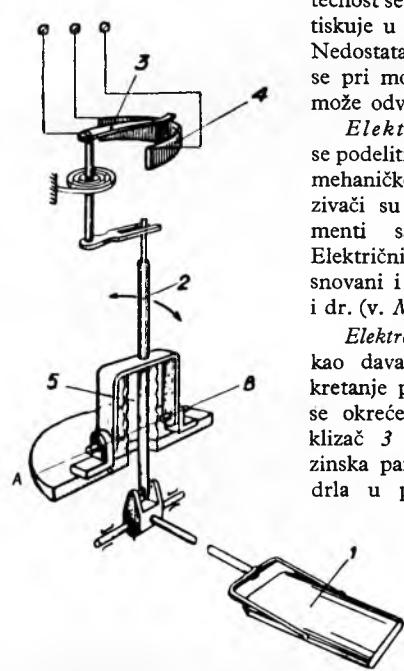
iznad nivoa goriva, kako bi se ovi pritisci izjednačili. Ovi benzinomeri imaju iste nedostatke kao i prethodni.

**Benzinomer sa hidrauličkim prenosom** prikazan je na sl. 104. Pri podizanju ili spuštanju plovka 5 u rezervoaru za gorivo, tečnost se iz mehova 3 i 4 davača 2 potiskuje u mehove 8 i 9 pokazivača 1. Nedostatak je ovog benzinomera što se pri montaži i demontaži davač ne može odvojiti od pokazivača.

**Električni benzinomeri** mogu se podeliti prema davačima na elektromehaničke i elektromagnetske. Pokazivači su obično logometarski instrumenti sa ukrštenim kalemovima. Električni benzinomeri mogu biti zasnovani i na sistemima selsyn, autosyn i dr. (v. *Merni instrumenti*).

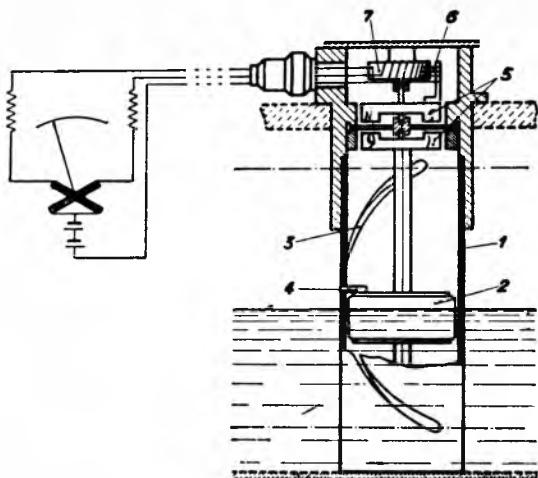
**Elektromehanički benzinomeri** imaju kao davač (sl. 105) plovak 1 čije se kretanje prenosi preko poluge 2, koja se okreće oko ose A-B i pokreće klizač 3 potenciometra 4. Da benzinska para iz rezervoara ne bi prodrla u potenciometar i eventualno se zapalila, stavljen je tanak meh 5, koji je donjim krajem zameđen za prirubnicu a gornji deo mu se klati zajedno sa polugom 2.

**Elektromagnetski benzinomeri** imaju davač (sl. 106) sa plovkom 2 koji se vertikalno kreće u cevi 1; cev ima prorez u obliku zavojnica 3 u koji ulazi palac 4. Pri promenama nivoa goriva plovak je zbog toga prinudjen da se okreće, pa preko četvorouglog štapa okreće



Sl. 105. Principijelna shema elektro-  
mehaničkog benzinomera

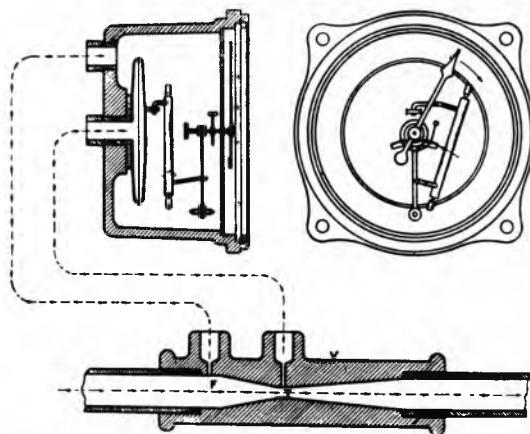
se vertikalno kreće u cevi 1; cev ima prorez u obliku zavojnica 3 u koji ulazi palac 4. Pri promenama nivoa goriva plovak je zbog toga prinudjen da se okreće, pa preko četvorouglog štapa okreće



Sl. 106. Principijelna shema elektromehaničkog benzinomera

donji stalni magnet 5. Sa druge strane čvrste pregrade postavljen je sličan magnet, koji okreće klizač 6 po potenciometru 7, pa je na taj način gorivo odvojeno od potenciometra.

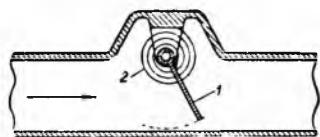
**Pokazivač protoka goriva** su instrumenti za merenje količine goriva proteklog u jedinici vremena iz rezervoara u motor. Kako režim najmanje potrošnje goriva nije uvek isti pri određenom broju obrtaja motora (zavisi od temperature, vlažnosti i pritiska vazduha i dr.), ugradjuju se ovakvi instrumenti koji pokazuju najekonomičniji režim leta. Prema principu rada oni se mogu podeliti na pokazivače protoka sa Venturijevom trubom, sa plovkom, sa krilcem i električne.



Sl. 107. Pokazivač protoka goriva sa Venturijevom trubom

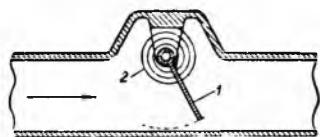
**Pokazivač protoka sa Venturijevom trubom** prikazan je na sl. 107. Gorivo prolazi u pravcu strelice kroz Venturijevu trubu V. Brzina tečnosti je veća u manjem preseku T nego na ulasku F, što prouzrokuje potpritisak u tom preseku. Ako se diferencijalni manometar priključi na ovaku trubu, on će pokazivati za različitu brzinu protoka razlike pritiske, pa se ovakav instrument i baždari prema protoku.

**Pokazivač protoka sa plovkom** prikazan je na sl. 108. Gorivo prolazi u pravcu strelice kroz konusnu cev 2, u kojoj se vertikalno kreće plovak 1 voden štapom 3. Sa povećanjem brzine, odnosno količine protoka, plovak se usled hidrodinamičkog pritiska podiže, povećavajući time prstenasti otvor između sebe i cevi, čime se smanjuje brzina tečnosti u tom otvoru, odnosno razlika između dinamičkog pritiska tečnosti u tom otvoru i ispod plovka. Plovak se zaustavlja u položaju u kom je ta razlika dinamičkih pritiska jednaka statičkom pritisku usled težine plovka. Budući da je taj statički pritisak konstantan, položaj plovka u cevi zavisi o brzini strujanja odnosno protoku kroz cev, pa gornja ivica plovka pokazuje kroz prorez 4 taj protok na skali baždarenog instrumenta. Opruga 5 ograničava hod plovka. Nedostatak je tog instrumenta što se glavna cev za gorivo mora uvoditi u kabinu pilota.



Sl. 108. Pokazivač protoka goriva sa  
plovkom

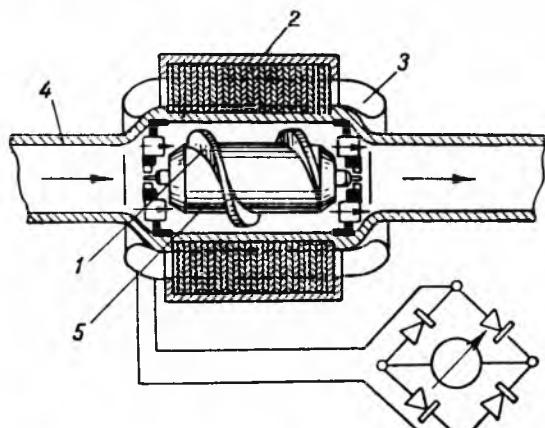
**Pokazivač protoka sa krilcem** prikazuje sl. 109. U vodu goriva postavljeno je krilce 1 na koje dejstvuje dinamički pritisak pri proticanju goriva, a njemu nasuprot dejstvuje spiralna opruga 2.



Sl. 109. Pokazivač protoka goriva sa  
krilcem

Ugao krilca meri veličinu protoka goriva i obično se prenosi na pokazivač putem daljinskog prenosa (autosyn).

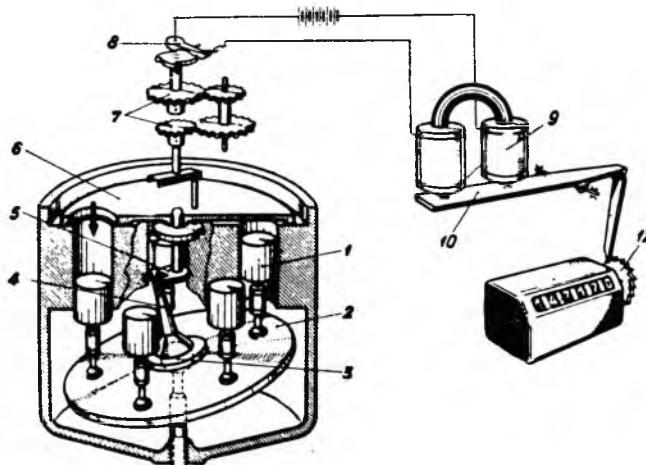
**Električni pokazivači protoka** (sl. 110) imaju u vodu goriva 4 postavljen staljan magnet 5, koji ima na obimu zavojnici 1, tako da se pri kretanju tečnosti obrće proporcionalno brzini proticanja. Oko magneta a izvan cevi se nalazi stator 2 sa navojima 3, koji



Sl. 110. Principijelna shema električnog pokazivača protoka

sa stalnim magnetom kao rotorom predstavlja generator naizmenične struje. Ova se preko ispravljača (prikazanog shematski) pretvara u jednosmernu struju, pa preko magnetno-električnog galvanometra pokazuje direktno veličinu protoka.

**Pokazivači utroška goriva** su instrumenti kojima se meri ukupna količina goriva utrošena na određenom putu ili u određenom vremenu. U drugom slučaju, i za kratko izmereno vreme, daju protok goriva za određen režim rada motora, pa zamenuju pomenute pokazivače protoka. Princip rada takvog instrumenta se zasniva na kretanju više klipova 1 u cilindrima odredene — male — zapremine, pod pritiskom pumpe za gorivo (sl. 111). Svaki klip je vezan preko klipnjače i loptastog zgloba sa kružnom pločom 2, koja se klati oko svoga središnjeg zgloba 3. Pri tome vreteno 4 opisuje konus a njegov kraj okreće viljušku 5, koja preko svoje osovine okreće razvodnu ploču 6. Ova ploča sa svojim otvorima upušta gorivo redom u cilindre potiskujući klipove koji pri svome kretanju nagniju kružnu ploču. Posle silaženja svih klipova viljuška se okrenula za jedan krug. Pri silaženju jednog klipa prethodni se klip izdiže i preko drugog razvodnika potiskuje gorivo iz cilindra, te se u toku jednog obrta svi cilindri naizmenično napune i isprazne, a gorivo odlazi u karburator. Razvodna ploča okreće preko zupčanika 7 prst 8 koji šalje električne impulse. Ako se ovi impulsi iskoriste da pokreću brojač 12 preko elektromagneta 9 i 10, takav pokazivač odbrojava utrošene količine goriva u desetinkama litre. Ako se pak obrtanje osovinice — koja



Sl. 111. Principijelna shema pokazivača utroška goriva

nosi prst 8 — prenese električnim putem na magnetni obrtomer sa daljinskim prenosom, ovaj instrumenat će pokazivati protok.

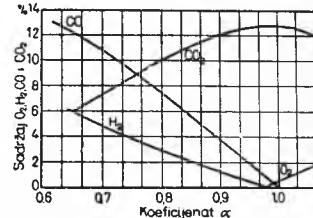
**Analizatori izduvnih gasova** (kontrolnici smeše) su instrumenti kojima se kontroliše sastav smeše goriva i vazduha koja sagoreva u cilindrima motora. Teorijski odnos vazduha prema gorivu treba da bude 14 : 1 po težini. Međutim, ovaj odnos mora biti veći, pa se odnos stvarne količine prema teorijskoj naziva koeficijent viška vazduha  $\alpha$ . Na dijagramu sl. 112 dat je sadržaj  $O_2$ ,  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  (u %) u odnosu na koeficijent viška vazduha  $\alpha$ .

Analizatori izduvnih gasova mogu biti električni, mehanički i hemijski. Ovi poslednji se retko primenjuju na samom avionu.

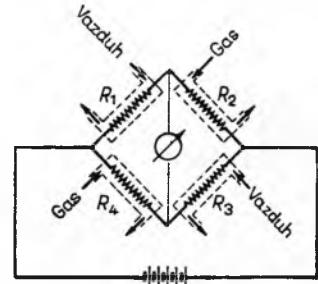
**Električni analizatori izduvnih gasova** rade na principu razlike toplosti sprovodljivosti vazduha i izduvnih gasova. Ukoliko je smeša bogatija utoliko manje sagoreva potpuno; stoga se pored CO u gasovima nalazi slobodan vodonik  $H_2$ . Kako vodonik ima znatno veću toplostnu sprovodljivost nego vazduh i ugljen-dioksid na istoj temperaturi, imaju i izduvni gasovi to veću sprovodljivost što više sadržavaju vodonika. Ako se oni ohlađe, odnosno dovedu na temperaturu vazduha, pa njima hlađe otpori Wheatstoneova mosta, on će, prema sastavu smeše, biti više ili manje izveden iz ravnoteže a kazaljka njegova galvanometra će skretati (sl. 113). Otpori  $R_1$  do  $R_4$  su od platine, tako dimenzionisani da ih struja iz akumulatora zagreva na 150°C. Otpori  $R_1$  i  $R_3$ , oko kojih prolazi vazduh, hlađe se stalno jednakom dok će se otpori  $R_2$  i  $R_4$ , oko kojih prolaze izduvni gasovi, hladiti više ili manje u zavisnosti od sastava gasne smeše, jer brzina prenosa topline zavisi od toplostne sprovodljivosti gase. Kako se omski otpor platine menjaju sa temperaturom, njegove će promene narušiti ravnotežu Wheatstoneova mosta, pa se na skali baždarenog galvanometra može neposredno čitati koeficijent viška vazduha (sl. 114).

**Mehanički analizatori izduvnih gasova** rade na principu promene specifične težine izduvnih gasova. Podjednake količine vazduha i izduvnih gasova se dovedu na istu temperaturu pa se pomoću naročitih ventilatora duvaju na dve male turbine među sobom vezane diferencijalnim mehanizmom. Kako broj obrtaja takve turbine zavisi od specifične težine gase koji udara u lopatice (jer zavisi od kinetičke energije), turbina koju okreće izduvni gasovi menjaće broj obrtaja sa promenom sastava smeše, dok će ona koju okreće vazduh imati stalan broj obrtaja. Ako se ova razlika prenese na obrtomer i njegova skala podeli prema koeficijentu viška vazduha, može se neposredno čitati sastav smeše.

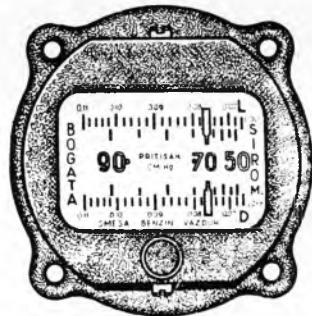
LIT.: R. Grötsch, Flugfunkpeilwesen und Funknavigation, Berlin 1937. — K. Rehder, Flugzeuginstrumente, Berlin 1937. — H. H. Tschmies, Теория авиационных приборов, Москва 1940. — H. H. Антипов, H. H. Майоров и H. H. Косарев, Гирокомпенсационные приборы аэрофлота, Москва 1940. — E. Werner, Aircraft instrument maintenance, New York 1948. — B. Ranković, Avionski instrumenti, Beograd 1950. — H. H. Чистяков, Электрические авиационные приборы, Москва 1950. — R. Marković, Radiotekhnika u vazdušnoj navigaciji, Beograd 1951. — M. Nestorović, Опрема авиона, Предавања на машинофакултет, Beograd 1960. — Th. Duda, Flugzeuggeräte, Berlin 1960. — B. A. Bodner, Авиационные приборы, Москва 1961. — M. Nes.



Sl. 112. Odnos smeše goriva i koeficijenta viška vazduha



Sl. 113. Principijelna shema električnog analizatora izduvnih gasova



Sl. 114. Pokazivač koeficijenta viška vazduha