

M. J.

BOŠKO ANTIĆ

POMORSKA NAVIGACIJA

ZA I, II, III i IV RAZRED SREDNJE
SAOBRAĆAJNE ŠKOLE

ZAVOD ZA UDŽBENIKE I
NASTAVNA SREDSTVA

Beograd

ZAVOD ZA ŠKOLSTVO - Podgorica



ZAVOD ZA
UDŽBENIKE

Novi Sad

1992.

Recenzenti

PREDRAG MARKOV, kapetan fregate u JRM i kapetan duge plovidbe u trgovačkoj mornarici, Beograd
MILETA MARINKOVIĆ, kapetan fregate u JRM i kapetan duge plovidbe u trgovačkoj mornarici, Beograd
RADOSLAV ŠKRBIĆ, dipl. inž., stručni saradnik u Udruženju saobraćaja Privredne komore Jugoslavije, Beograd i profesor u Srednjoškolskom centru „Pinki”, Novi Sad

Urednici

ZORAN J. MISAILOVIĆ
DRAGOLJUB PEĆANAC

Glavni i odgovorni urednici

dr *PETAR PIJANOVIĆ*
VASILJE LALATOVIĆ
KRSTO LEKOVIĆ

Za izdavače

dr *TOMISLAV BOGAVAC*
VASILJE LALATOVIĆ
dr *BOŽIDAR ŠEKULARAC*

Ministarstvo prosvete Republike Srbije odobrilo je izdavanje i upotrebu ovog udžbenika u I, II, III i IV razredu srednje saobraćajne škole svojim rešenjem br. 632-03-8/92-03 od 21. januara 1992. godine.

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд
372.865.661.052(075.3)
АНТИЋ, Бошко

Pomorska navigacija : za I, II, III i IV razred srednje saobraćajne škole / Boško Antić. – [1. izd.]. – Beograd : Zavod za udžbenike i nastavna sredstva ; Novi Sad : Zavod za udžbenike ; Podgorica : Zavod za školstvo, 1992 (***** : *****). – 189 str. : graf. prikazi ; 24 cm
Tiraž 1500. – Bibliografija: str. 189.
ISBN 86-17-02132-2
6989580

ISBN 86-17-02132-2

SADRŽAJ

	Strana		Strana
Predgovor	7	2.3.2. Elementi Zemljinog magnetskog polja	26
I RAZRED		2.3.3. Varijacija i ispravljanje varijacije	28
1. UVOD U NAVIGACIJU	11	2.4. Magnetski kompas	28
1.1. Zadatak navigacije	11	2.4.1. Podela magnetskih kompasu po konstrukciji i nameni	28
1.2. Podela navigacije	12	2.4.2. Osnovni delovi magnetskog kompasu i njihova funkcija	30
1.3. Navigacijska sredstva	12	2.4.3. Osnovna svojstva magnetskog kompasu	31
1.4. Znaci i skraćenice	13	2.4.4. Smerna sila	32
1.4.1. Grčki alfabet	13	2.4.5. Instalacija magnetskih kompasu na brodu	32
1.4.2. Znaci i skraćenice u terestričkoj i elektronskoj navigaciji	13	2.5. Žiro-kompasi	33
1.4.3. Astronomski znaci i skraćenice	17	2.5.1. Opis i funkcija osnovnih delova žiro-kompasu	33
2. TERESTRIČKA NAVIGACIJA ...	19	2.6. Teorija devijacije i kompenzacija magnetskog kompasu	34
2.1. Osnovni pojmovi navigacije i geografske koordinate	19	2.6.1. Nastanak broskog magnetizma	34
2.1.1. Oblik i veličina Zemlje ...	19	2.6.2. Stalni i promenljivi brodski magnetizam	36
2.1.2. Zemlja kao kugla	19	2.6.3. Magnetsko polje broda i kompenzacija	37
2.1.3. Geografske koordinate ...	20	2.6.4. Devijacija magnetskog kompasu	40
2.1.4. Razlika geografske širine i dužine	20	2.6.5. Devijacija nagnutog broda	41
2.1.5. Razmak – pretvaranje razmaka u razliku geografske dužine i obratno	21	2.6.6. Načini određivanja devijacije	42
2.1.6. Jedinice u navigaciji	22	2.6.7. Kontrola devijacije	44
2.2. Orijehtacija na moru	23	2.6.8. Pretvaranje i ispravljanje kurseva i azimuta	45
2.2.1. Definicija horizonta	23		
2.2.2. Vrste horizonta	23		
2.2.3. Podela horizonta i označavanje uglova	24		
2.2.4. Osnovni smerovi za orijentaciju	25		
2.3. Zemljin magnetizam	26		
2.3.1. Teorija postanka Zemljinog magnetizma ...	26		

	Strana		Strana
2.7. Pomorske karte i priručnici za navigaciju	45	2.10.3. Priručna sredstva	67
2.7.1. Podela pomorskih karata po nameni i konstrukciji	45	2.10.4. Ultrazvučni dubinomer	67
2.7.2. Razmer karte	47	2.10.5. Hidrostaticki dubinomer	68
2.7.3. Podela kartografskih projekcija	47	2.11. Označavanje plovnih puteva	68
2.7.4. Merkatorova karta	48	2.11.1. Osnovne odredbe	68
2.7.5. Uvećane ili Merkatorove širine	48	2.11.2. Optički znaci	69
2.7.6. Konstrukcija mreže Merkatorove karte	49	2.11.3. Pomorska svetla	71
2.7.7. Loksodroma i ortodroma na Merkatorovoj karti	49	2.11.4. Zvučna sredstva	72
2.7.8. Gnomonska karta	50	2.11.5. Elektronska sredstva ...	72
2.7.9. Topografski i hidrografski znaci na pomorskim kartama	51	2.12. Određivanje pozicije broda	74
2.7.10. Priručnici za navigaciju	54	2.12.1. Vrste pozicija	74
II RAZRED			
2.8. Merenje prevaljenog puta i brzine	59	2.12.2. Vrste stajnica	74
2.8.1. Načini merenja prevaljenog puta i brzine	59	2.12.3. Zbrojena pozicija	76
2.8.2. Baza za merenje brzine... ..	60	2.12.4. Pozicija broda određena istovremenim osmatranjem	77
2.8.3. Brzinomeri	61	2.12.5. Pozicija broda određena u razmaku vremena	84
2.8.4. Greške brzinomera	63	2.13. Pomoćne metode za sigurno plovljenje	87
2.9. Merenje udaljenosti	64	2.13.1. Sigurni azimuti i sigurni pokriveni smer	87
2.9.1. Načini merenja udaljenosti	64	2.13.2. Sigurne izobate	88
2.9.2. Udaljenost u času pojave objekta na horizontu	64	2.13.3. Sigurna udaljenost	89
2.9.3. Određivanje udaljenosti merenjem vertikalnog ugla	65	2.13.4. Sigurni vertikalni ugao	89
2.9.4. Određivanje udaljenosti merenjem horizontalnog (pramčanog) ugla	65	2.13.5. Sigurni horizontalni ugao	90
2.9.5. Određivanje udaljenosti merenjem dubine	66	2.13.6. Sigurni kurs	90
2.9.6. Određivanje udaljenosti radarom	66	2.13.7. Zaobilazanje rtova	90
2.10. Merenje dubine	66	2.14. Plovidba pod uticajem vetra i struje	90
2.10.1. Važnost merenja dubine	66	2.14.1. Plovidba pod uticajem morske struje	91
2.10.2. Sredstva za merenje dubine	66	2.14.2. Plovidba pod uticajem vetra	94
		2.14.3. Plovidba pod zajedničkim delovanjem struje i vetra	95
		2.15. Plovidba po loksodromi	95
		2.15.1. Loksodroma i osnovni zadaci	95
		2.15.2. Loksodromski trouglovi	96
		2.15.3. Specijalni slučajevi plovljenja po loksodromi	98
		2.15.4. Rešavanje zadataka plovidbe po loksodromi upotrebom prvog i drugog loksodromskog trougla ...	98
		2.16. Plovidba po ortodromi	99

	Strana		Strana
2.16.1. Ortodromski sferni trougao	99	3.4.1. Razne vrste godina i kalendara	124
2.16.2. Određivanje ortodromske udaljenosti ili prevaljenog puta	100	3.4.2. Pravi Sunčev dan i pravo vreme i srednji Sunčev dan i srednje vreme	124
2.16.3. Početni ortodromski kurs (K_p)	100	3.4.3. Jednačina vremena	125
2.16.4. Vrh ortodrome	100	3.4.4. Srednje, mesno, griničko i zonsko vreme	125
2.16.5. Presek ortodrome sa ekvatorom	101	3.4.5. Pretvaranje vremena	126
2.16.6. Međutačke ortodrome... ..	102	3.5. Hronometar i brodski časovnik	127
2.16.7. Konačne formule za rešavanje ortodromskih zadataka	103	3.5.1. Osnovni delovi i upotreba	127
		3.5.2. Stanje i hod hronometra	128
III RAZRED			
3. ASTRONOMSKA NAVIGACIJA	107	3.6. Sekstant	129
3.1. Nebeska sfera	107	3.6.1. Opis sekstanta	129
3.1.1. Osnovni pojmovi	107	3.6.2. Optički princip sekstanta	130
3.1.2. Nebeska tela	107	3.6.3. Greške sekstanta	130
3.1.3. Zakoni kretanja nebeskih tela	112	3.6.4. Merenje visine nebeskih tela	132
3.2. Nebeski koordinatni sistem	114	3.7. Ispravljanje izmerenih visina... ..	134
3.2.1. Vertikalni krugovi	114	3.7.1. Depresija i refrakcija	134
3.2.2. Nebeski ekvator i polovi	114	3.7.2. Paralaksa i radijus nebeskog tela	135
3.2.3. Koordinatni sistemi	115	3.7.3. Računsko ispravljanje visine nebeskih tela	136
3.3. Prividno kretanje nebeskih tela	118	3.8. Određivanje pozicije broda astronomskim osmatranjem ...	137
3.3.1. Prividno dnevno kretanje nebeskih tela	118	3.8.1. Tačka projekcije nebeskog tela na Zemlji	137
3.3.2. Izlazak i zalazak, dnevni i noćni lukovi, prolazak kroz gornji i donji meridijan i zadnja cirkumpolarna i cirkumpolarna tela	118	3.8.2. Kružnica visine i kružnica pozicija	138
3.3.3. Prividno dnevno kretanje nebeskih tela za osmatrača na ekvatoru	119	3.8.3. Crtanje stajnice na Merkatorovu kartu	139
3.3.4. Prividno dnevno kretanje nebeskih tela za osmatrača na polu	120	3.8.4. Određivanje verovatne pozicije	140
3.3.5. Maksimalna digresija nebeskog tela	120	3.8.5. Izračunavanje visine sa koordinatama zbrojane pozicije	141
3.3.6. Ekliptika	120	3.8.6. Izračunavanje azimuta nebeskog tela	142
3.3.7. Proračun časovnog ugla	123	3.8.7. Određivanje pozicije astronomskim osmatranjem	142
3.4. Vreme i merenje vremena	124	3.8.8. Prenos stajnice	147
		3.8.9. Specijalni slučajevi određivanja računata visine	148

	Strana		Strana
IV RAZRED			
3.8.10. Određivanje geografske širine	151	4.3.3. Karakteristike navigacijskih radara	168
3.8.11. Izračunavanje vremena izlaska i zalaska pomoću <i>Nautičkog godišnjaka</i> i određivanje vremena početka i svršetka sumraka	154	4.3.4. Radarska slika	169
3.8.12. Kontrola devijacije magnetskih kompasu pomoću azimuta nebeskih tela	156	4.3.5. Opis radara	170
3.8.13. Skraćene metode određivanja pozicije broda	157	4.3.6. Rukovanje i održavanje radara	171
3.8.14. Praktična navigacija – dnevni zadaci u astronomskoj navigaciji... ..	157	4.3.7. Merenje pramčanih uglova, azimuta i udaljenosti	172
3.8.15. Identifikacija nebeskih tela	158	4.3.8. Primena u navigaciji	172
4. ELEKTRONSKA NAVIGACIJA	160	4.3.9. Primena radara u izbegavanju sudara na moru	173
4.1. Podela i sredstva	160	4.3.10. Postupak za rad na Decca plottu	176
4.2. Radio-navigacija	161	4.4. Hiperbolična navigacija	177
4.2.1. Radio-farovi	161	4.4.1. Hiperbola kao stajnica	177
4.2.2. Radio-goniometar	162	4.4.2. Azimutalni hiperbolični navigacijski sistemi	178
4.2.3. Radio-azimut, njegova tačnost i ucrtavanje na karti	163	4.4.3. Impulsni hiperbolični navigacijski sistemi	178
4.2.4. Ucrtavanje na karti radio-azimuta	164	4.4.4. Fazni hiperbolični navigacijski sistemi	181
4.2.5. Plovidba prema radio-faru	165	4.5. Satelitska navigacija	183
4.3. Radarska navigacija	165	4.5.1. Satelitski sistemi	183
4.3.1. Radar	165	4.6. Automatizacija u navigaciji	185
4.3.2. Princip rada i osnovni delovi	166	4.6.1. Upotreba računara u navigaciji	185
		4.6.2. Integrisani navigacijski sistem	186
		4.6.3. Navigacijski podsistem	186
		4.6.4. Podsistem za izbegavanje sudara	187
		LITERATURA	188

PREDGOVOR

Udžbenik Pomorska navigacija namenjen je učenicima I, II, III i IV razreda zanimanja nautički tehničar i učenicima III razreda zanimanja brodovođa u saobraćajnoj struci. Udžbenik ima za cilj upoznavanje osnovnih pravila vođenja navigacije, osposobljavanje učenika za samostalni rad u pravilnom vođenju navigacije, osposobljavanje učenika da u cilju sigurnog vođenja broda koriste svoja praktična i teoretski obradena iskustva i naučno-tehnička dostignuća u razvoju sredstava za savremenu pomorsku navigaciju, razvijanje osećaja odgovornosti kod učenika, sticanje znanja u pridržavanju međunarodnih i domaćih propisa o sigurnosti plovidbe na moru i sticanje potrebnih znanja za dobijanje zvanja radarskog osmatrača, za zanimanje nautičkog tehničara; upoznavanje osnovnih pravila vođenja navigacije, osposobljavanje učenika za samostalan rad i pravilno vođenje navigacije, osposobljavanje učenika da u cilju sigurne plovidbe broda koriste svoja iskustva i naučno-tehnička dostignuća i razvijanje osećaja odgovornosti kod učenika i pridržavanja međunarodnih i domaćih propisa koji se odnose na vođenje navigacije za zanimanje brodovođa.

Udžbenik je zasnovan na do sada stečenim iskustvima u vođenju navigacije, u skladu sa razvojem savremenih tehničkih sredstava za obezbeđenje navigacije, a urađen je prema osnovama Nastavnog plana i programa za obrazovanje kadrova navedenih zanimanja.

Problematika koja je obradena zahvata osnovne postavke o navigaciji, kao nauici i veštini vođenja broda od jedne pozicije ka drugoj, po unapred izabranom, najpovoljnijem i najkraćem putu, obuhvatajući sve navigacijske discipline: terestričku navigaciju,

astronomsku navigaciju, elektronsku navigaciju, radarsku navigaciju, hiperboličnu navigaciju, inercijalnu navigaciju, satelitsku navigaciju, automatizaciju u navigaciji i odgovarajuća tehnička sredstva. Obuhvaćena problematika razvrstana je prema tematskim celinama pojedinih navigacijskih disciplina, ali i zavisno od uzrasta učenika, a kao osnova uzet je Plan i program za zanimanje nautičkog tehničara. Međutim, na nastavniku je da odabere adekvatnu tematiku koju će izučavati učenici za zanimanje brodovođa, s obzirom na to da učenici čije je zanimanje nautički tehničar predmet izučavanja četiri godine u trajanju od oko 256 nastavnih časova, a drugi samo tokom jedne godine, u trajanju od oko 96 časova.

Težište je na usvajanju osnovnih pojmova u navedenim navigacijskim disciplinama i navigaciji u celini. Nastojalo se da se učenicima omogući što lakše savladavanje ovako složene materije na malom prostoru, a u skladu sa uzrastom i prethodno stečenim zanimanjima u ranijem školovanju.

I pored nastojanja da se na što jednostavniji način izloži materijal, neophodno je da nastavnici izaberu najefikasniji metod kako bi učenicima izložili datu problematiku, uz primenu sredstava očigledne nastave (globus, karta, priručnici, kabinetska sredstva iz navigacije i praktični rad na brodovima pomorskog i rečnog brodarstva).

Pri izradi rukopisa korišćeni su raspoloživa domaća i strana literatura, stečeno znanje autora tokom školovanja u Vojnomorskoj akademiji i praksa na brodovima Ratne mornarice, kao i materijali o najsavremenijim sredstvima pomorske navigacije kod nas i u svetu.

A U T O R

I RAZRED

1.1. ZADATAK NAVIGACIJE

Pojam navigacija potiče od latinske reči *navigatio*, koja je nastala od reči *navis* (brod) i *agere* (kretanje). U početku se pod tim pojmom podrazumevala veština vođenja broda. Danas se smatra da je **navigacija nauka i veština vođenja broda najkraćim, najpovoljnijim i najsigurnijim putem od jedne tačke (pozicije) na Zemlji (moru) do druge tačke na Zemlji (moru).**

Na samim počecima plovidbe osnovni zadatak voditelja broda bio je dovođenje broda s jedne na drugu tačku što sigurnijim putem, a on je to činio zahvaljujući ličnom iskustvu i znanju, poznavanju objekata na kopnu i nebeskih tela i na osnovu poznavanja periodičnih javljanja nekih hidrometeoroloških pojava. U skladu sa razvojem geografskih znanja i osvajanjem širokih morskih prostranstava, vođenje broda postajalo je sve složenije, pa je bilo potrebno brod dovesti s jedne pozicije na drugu za što kraće vreme.

Sa kasnijim razvojem međunarodnih odnosa, vođenje broda zahtevalo je da se brod sa jedne tačke na drugu dovede i izabranom rutom i u zadatak vremenu. To je zahtevalo i sredstva za merenje određenih veličina značajnih za navigaciju, a razrađene su i teoretske osnove određivanja koordinata pozicije korišćenjem objekata na moru i kopnu i nebeskih tela. Teoretske osnove se proveravaju u praksi i navigacija postaje naučna disciplina.

Savremena teorija navigacije temelji se na osnovnim zakonima matematike, fizike, geodezije, astronomije, elektrotehnike i

drugih naučnih disciplina (hidrografija, meteorologija itd.).

Zadatak navigacije može se definisati kao tačno, sigurno i vremenski ograničeno vođenje broda s jedne na drugu tačku unapred izabranim, najpovoljnijim i najkraćim putem.

Za praktično rešavanje zadataka navigacije primenjuju se različite metode i sredstva. Za rešavanje osnovnog zadatka metodika savremene navigacije obuhvata:

- izbor rute plovidbe i njeno raščlanjivanje po vremenu,
- upravljanje brodom po izabranoj ruti,
- izmene elemenata kretanja s obzirom na ostvareno kretanje u određenim uslovima i
- kontrolu tačnosti i sigurnosti kretanja broda.

Izbor rute zavisi od zadatka i cilja plovidbe i područja plovidbe, uzimajući u obzir sve faktore koji utiču na sigurnost posade, broda, tereta i najbolje izvršenje zadatka.

Upravljanje brodom izabranom rutom jeste određivanje kursa i brzine broda po unapred određenom putu i vremenu. To je najstroženija i najodgovornija dužnost navigatora, posebno u intenzivnom saobraćaju na moru, u navigacijski teškim područjima i u slučaju ratnih dejstava.

Izmena elemenata kretanja broda je neophodna, jer održavanje zadanog kursa i brzine nije nikada u potpunosti tačno. U toku plovidbe, osim instrumentalnih grešaka, dolazi i do promene uslova plovidbe, a te uslove treba stalno uzimati u obzir i otklanjati promene koje oni izazivaju.

Tačnost i sigurnost kretanja broda kontroliše se stalnim određivanjem pozi-

cije grafičkom ili računskom metodom osmatranja prirodnih i izgrađenih objekata na kopnu i moru, osmatranjem nebeskih tela i korišćenjem navigacijskih sredstava i uređaja.

U cilju tačnog vođenja broda primenjuju se i dopunske mere, kao što su: određivanje manevarskih elemenata i ispitivanje spoljašnjih uticaja na njihove promene, određivanje popravke navigacijskih instrumenata i održavanje sredstava u ispravnom stanju, određivanje elemenata kretanja za različite manevre, osiguranje podataka o koordinatama pozicije, kursa i brzina za ostale korisnike na brodu, snabdevanje svih službi na brodu podacima o hidrometeorološkoj situaciji, zatim tu spadaju služba vremena i vođenje brodske i navigacijske dokumentacije i drugo.

1.2. PODELA NAVIGACIJE

U odnosu na sredinu u kojoj se primenjuje navigacija se deli na:

- pomorsku (rečnu i jezersku),
- vazduhoplovnu i
- svemirsku.

Pomorska navigacija obuhvata niz naučnih disciplina čiji je predmet izučavanje teoretske razrade postojećih i novih metoda vođenja broda, analiza opštih zakonitosti kretanja broda i faktora koji utiču na to kretanje, podrazumevajući tu i izučavanje sredstava za vođenje pomorske navigacije.

U naučne discipline pomorske navigacije spadaju:

- terestrička navigacija,
- astronomska navigacija,
- elektronska navigacija,
- zbrojena navigacija i
- taktička navigacija.

Terestrička navigacija obuhvata metode grafičkog i analitičkog rešavanja zadataka vođenja broda osmatranjem prirodnih i veštačkih objekata na obali, moru i na dnu mora, kao i izučavanje sredstava za vođenje broda, načine određivanja pravaca i

udaljenosti, plovljenje u ograničenom prostoru i određivanje manevarskih karakteristika broda.

Astronomska navigacija razmatra metode određivanja pozicije broda i drugih navigacijskih elemenata osmatranjem nebeskih tela.

Elektronska navigacija je nova disciplina navigacije i obuhvata metode određivanja pozicije i drugih navigacijskih elemenata korišćenjem elektromagnetskih talasa, a može se podeliti na **radio-, radar-, hiperboličnu i satelitsku navigaciju**.

Zbrojena navigacija koristi metode koje poziciju broda određuju na osnovu podataka o kursu, brzini i vremenu, uzimajući u obzir hidrometeorološke elemente koji utiču na plovidbu. Zadaci ove navigacije rešavaju se grafički i računski, i upotrebom navigacijskih instrumenata.

Taktička navigacija se koristi pri određivanju uzajamnih položaja dva ili više brodova koji se kreću, praktično ona se odnosi na taktičko manevrisanje. Metodama taktičke navigacije određuje se način zauzimanja položaja u odnosu na ratni brod u ratnim uslovima i stvaranje najpovoljnijih uslova za efikasnu upotrebu sopstvenog naoružanja. Ovim metodama rešava se i pitanje izbegavanja sudara, prolaz na određenoj udaljenosti od drugog broda itd.

Navigacija se u odnosu na područje plovljenja deli na **obalnu, okeansku i polarnu**.

1.3. NAVIGACIJSKA SREDSTVA

Brodska navigacijska sredstva obuhvataju pribor, instrumente i tehnička sredstva za merenje navigacijskih parametara i drugih veličina i rešavanje zadataka vođenja broda.

Autonomna navigacijska sredstva su:

- instrumenti za određivanje uglova (kompasi),
- instrumenti i uređaji za merenje uglova (smerna ploča, smerni aparat, radar),

— instrumenti za merenje brzine i prevaljenog puta (brzinomeri),

— instrumenti i uređaji za merenje udaljenosti (daljinomeri i radari),

— instrumenti za merenje dubine (dubinomeri),

— instrumenti za merenje vremena (hronometri, časovnici),

— tehnička sredstva zbrojene navigacije (zbirni sto, računari, inercijalni uređaji),

— sredstva s podacima o području plovidbe (pomorske karte, navigacijski priručnici),

— navigacijski pribor (navigacijski trouglovi, šestar, računari itd.) i

— hidro-meteorološki pribor (barometar, termometar itd.).

Navigacijski sistemi su: **radio-navigacijski sistemi** (radio-goniometar), **hiperbolični navigacijski sistemi** (Loran, Decca, Omega itd.) i **satelitski navigacijski sistemi** (Transit, Navstar-GPS).

Po principu rada savremena navigacijska sredstva su mehanička, žiroskopska, magnetska, elektromagnetska, hidraulična, elektronska, inercijalna, optička, infracrvena (IC) i laserska.

Iako je savremeni razvoj u navigaciju uneo automatizaciju, time nije umanjena uloga čoveka, koji mora znati da upravlja tom i složenom tehnikom, da sastavlja određeni program, odabere elemente, kontroliše rad sistema i unosi potrebne korekture.

1.4. ZNACI I SKRAĆENICE

U navigaciji se koristi niz znakova i skraćenica, koje se koriste i u ovom *Udžbeniku*, pa ih je potrebno posebno obrazložiti, kako bi se olakšalo učenje ovako složenog gradiva kao što je pomorska navigacija. Pored toga, osnovu oznaka čini grčki alfabet.

1.4.1. Grčki alfabet

SLOVO		IZGOVOR	SLOVO		IZGOVOR	SLOVO		IZGOVOR
veliko	malo		veliko	malo		veliko	malo	
A	α	alfa	I	ι	jota	R	ρ	ro
B	β	beta	K	κ	kapa	Σ	σ	sigma
Γ	γ	gama	Λ	λ	lamda	T	τ	tau
Δ	δ	delta	M	μ	mi	Y	ν	ipsilon
E	ϵ	epsilon	N	ν	ni	F	φ	fi
Z	ζ	zeta	Ξ	ξ	ksi	X	χ	hi
H	η	eta	O	\omicron	omikron	Ψ	ψ	psi
Θ	θ	theta	P	π	pi	Ω	ω	omega

1.4.2. Znac i skraćenice u terestričkoj i elektronskoj navigaciji

ZNAK — SKRAĆENICA Z N A Č E N J E

A	amplituda nebeskih tela
A°	koeficijent konstantne devijacije
a	velika poluosa Zemljinog elipsoida, parametar mekog gvožđa, ubrzanje
B°	koeficijent polukružne devijacije
B _f	jačina vetra i stanje mora po Boforovoj skali

b	brzina, mala poluosa Zemljinog elipsoida, parametar mekog gvožđa
b_{pd}	brzina preko dna
b_s	brzina struje
b_v	brzina kroz vodu
b'	brzina po brzinoeru
C	delimična razmera
C°	koeficijent polukružne devijacije, Celzijusovi stepeni
c	konvergencija meridijana, brzina svetlosti, parametar mekog gvožđa
čv	čvor
D	prevaljeni put, devijatorna sila
D1	loksodromska udaljenost ili prevaljeni put
D_o	ortodromska udaljenost ili prevaljeni put
D_{pd}	prevaljeni put preko dna
D_v	prevaljeni put kroz vodu
D'	prevaljeni put po brzinoeru
D°	koeficijent pravilne kvadratalne devijacije
d	udaljenost, parametar mekog gvožđa
dep	depresija
d_{\perp}	bočna udaljenost (subočice)
E	istok
E°	koeficijent nepravilne kvadratalne devijacije
e	ekscentričnost zemlje i elipse, parametar mekog gvožđa
F	sila
f	frekvencija, spljoštenost Zemlje, parametar mekog gvožđa, faktor
g	ubrzanje sile teže, gradijent, parametar mekog gvožđa
H	horizontalna komponenta magnetnog polja Zemlje
H'	smerna sila u meridijanu
H _z	frekvencija u hercima
H'_k	smerna sila kompasa
H'_{sr}	srednja smerna sila na brodu
h	sat, visina, parametar mekog gvožđa
I	momenat inercije, ugao inklinacije
i	inklinacija, ugao nagiba
K	kurs, popravak, koeficijent brzinoera, koeficijent greška ekscentriciteta
K_e	indeksna greška
K_i	kurs kompasni
K_k	kurs loksodromski
K_l	kurs magnetski
K_m	koeficijent nagiba
K_n	kurs pravi
K_p	početni kurs ortodrome
$K_{pč}$	kurs preko dna
K_{pd}	kurs kroz vodu
K_{pv}	ukupni popravak
K_u	kurs po žiro-kompasu
K_z	koeficijent, parametar mekog gvožđa
k	

kab, kbl	kabel
L	pramčani ugao
L_d	pramčani desni ugao
L_l	pramčani levi ugao
L_{ra}	pramčani ugao na radio-davač
l	dužina
M	milja, srednja kvadratna greška pozicije, razmer, magnetski momenat, masa
m	srednja kvadratna greška merenja, jačina magnetskog pola, masa
max	maksimum
min	minuta (vremenska), minimum
N	sever
N_a	nadir
NG	nautički godišnjak
N_k	meridijan kompasni
N_m	meridijan magnetski
N_p	meridijan pravi
NT	nautičke tablice
N_z	meridijan žiro-kompasa
n	broj
op	opadanje
P	pozicija, uzdužna komponenta stalnog brodskog magnetizma, verovatnoća
P_i	pozicija izabrana
P_m, P_M	pozicija međuostrvska
P_n	Severni pol
P_p	pozicija prava
P_{rf}	pozicija radio-fara
P_s	Južni pol
P_v	verovatna pozicija
P_z	zbrojena pozicija
P_1	pozicija polaska
P_2	pozicija dolaska
por	porast
Q	poprečna komponenta stalnog brodskog magnetizma
q	kursni ugao
R	razmak, vertikalna komponenta stalnog brodskog magnetizma
RF	radio-far
RC	kružni radio-far
RG	radio-goniometar
r	radijus, radijus Zemlje, radijus kružnice okretanja
rp	radijus paralele
S	jug
SI	međunarodni sistem mernih jedinica
Ss	smer struje
St	stanje hronometra
s	sekunda
T	totalni intezitet Zemljinog magnetskog polja, period oscilacija, vreme

t	vreme
U	ušteta puta
V	visina, vektorska greška, vrh ortodrome, vektorska komponenta magnetskog polja Zemlje
V_{an}	visina antene
V_{ob}	visina objekta
V_{oka}	visina oka
var	varijacija (magnetna deklinacija)
W	zapad
x	iks osa, popravak srednje geografske širine, udaljenost za raniji početak okreta
X	koordinata u pravouglom koordinatnom sistemu Zemlje
Y	koordinata u pravouglom koordinatnom sistemu Zemlje
y	ipsilon osa
Z	zenit, koordinata u pravouglom koordinatnom sistemu Zemlje
Za	zanošenje (ugao zanošenja)
α	ugao (horizontalni, vertikalni)
Δ	razlika, popravak, greška, promena
δ	deklinacija nebeskog tela
\ominus	ugao u secištu stajnica
v	devijacija magnetskog kompasa
v_n	devijacija nagiba
v_z	devijacija (greška) žiro-kompasa
v_{ra}	radio-devijacija
λ	geografska dužina, koeficijent smerne sile
λ_m	geografska dužina međuostvske ortodrome
$\lambda_{(m)}$	talasna dužina u metrima
$\lambda_{(s)}$	geografska dužina preseka ortodrome s ekvatorom
$\lambda_{(v)}$	geografska dužina vrha ortodrome
π	paralaktički ugao
Σ	suma
φ	geografska širina
φ_{gr}	granična geografska širina
φ_k	konstruktivna širina
φ_M	Merkatorova širina
φ_m	geografska širina međuostvske ortodrome
φ_s	srednja geografska širina
φ_v	geografska širina vrha ortodrome
Ψ	komplement geografske širine
ω	azimut, ugaona brzina Zemlje
ω_k	azimut kompasni
ω_l	azimut loksodromski
ω_m	azimut magnetski
ω_o	azimut ortodromski
ω_p	azimut pravi
ω_{ra}	radio-azimut
ω_z	azimut po žiro-kompasu

Izvor: Terestrička i elektronska navigacija, Hidrografski institut Ratne mornarice, Split, 1986.

1.4.3. Astronomski znaci i skraćenice

OPŠTI ASTRONOMSKI ZNACI

Znak	za:	Znak	za:
\odot	Sunce	Υ	Uran
\circ	Mesec	$\♃$	Neptun
\bigcirc	Merkur	$\♄$	Pluton
\bigcirc	Venera	$\♁$	kometa
\bigcirc	Zemlja	\bullet	mlad mesec
\bigcirc	Mars	\smile	prva četvrt
$\♃$	Jupiter	\bigcirc	pun mesec
$\♄$	Saturn	\smile	poslednja četvrt

ZNACI ZODIJAKA I SAZVEŽĐA

$\♈$	Ovan	$\♍$	Vaga
$\♉$	Bik	$\♎$	Škorpija
$\♊$	Blizanci	$\♏$	Strelac
$\♋$	Rak	$\♐$	Jarac
$\♌$	Lav	$\♑$	Vodolija
$\♍$	Devica	$\♒$	Riba
$\♎$	prolećna tačka	$\♓$	jesenja tačka

SKRAĆENICE

d	dan	°	stepen	} ugao
h	sat	'	minuta	
min	minuta	''	sekunda	
s	sekunda			} vreme
+	{ severne geograf. širine i deklinacije		- { južne geograf. širine i deklinacije,	
	{ istočne geograf. dužine		- { zapadne geograf. dužine	

UT (Ts)	Univerzalno vreme (griničko srednje vreme)	t_{zv}	Zvanično vreme
T_p	Griničko pravo vreme	e	Jednačina vremena
T_z	Griničko zvezdano vreme	S	Grinički satni ugao
T_m	Srednje vreme prolaza kroz gornji meridijan u Griniču	s	Mesni satni ugao
T_m	Srednje vreme prolaza kroz donji meridijan u Griniču	δ	Deklinacija
t_s	Mesno srednje vreme	α	Rektascenzija
t_p	Mesno pravo vreme	$(360^\circ - \alpha)$	Surektascenzija
t_z	Mesno zvezdano vreme	γ	Prolećna tačka
t_x	Zonsko vreme	PI.	Planete
		r	Poluprečnik
		π	Horizontska paralaksa
		φ	Geografska širina

λ	Geografska dužina
Br.	Broj
d	Dan
h	Sat
min	Minuta
s	Sekunda
Vel.	Veličina
●	Mlad Mesec
)	Prva četvrt
○	Pun mesec
(Poslednja četvrt
	Pregled zvezda

	Prividni položaji zvezda
	Vreme prolaska zvezda
	Popravlak
	Tablica za određivanje geog. širine i azimuta pomoću Severnjače
	Interpolacione tablice
	Popravlak satnog ugla
	Drugi popravlak za satni ugao i deklinaciju
	Mesečeve mene
	Perigej
	Apogej

2. TERESTRIČKA NAVIGACIJA

2.1. OSNOVNI POJMOVI O NAVIGACIJI I GEOGRAFSKE KOORDINATE

2.1.1. Oblik i veličina Zemlje

Zemlja je planeta Sunčevog sistema, koja je udaljena od Sunca 149 miliona kilometara i čiji je prečnik 7.927 km. Još od IV veka pre nove ere definiše se kao kugla, ali zbog svog nepravilnog oblika tek se u XVII veku radovima Njutna i stepenskim merenjima Zemljinih meridijana u XVIII veku Zemljin oblik definiše kao rotacioni elipsoid ili sferoid. Takvo telo nastaje rotacijom elipse oko njene ose, koja je i osa rotacije Zemlje. Karakteristika rotacionog elipsoida je velika poluosa (a), mala poluosa (b) i spljoštenost (f).

Oblik Zemlje utvrđivan je u različito vreme i različitim metodama, ali je tek primenom veštačkih satelita utvrđeno da južna i severna Zemljina polulopta nisu simetrične u odnosu na ekvator, a kako ni tako dobijeni oblik (apiod) ne odgovara potpuno Zemljinom, za tačan oblik Zemlje usvojen je naziv geoid, koji predstavlja osnovnu površinu, koja je u svakoj tački vertikalna na smer sile Zemljine teže.

2.1.2. Zemlja kao kugla

Odstupanja stvarnog oblika Zemlje od kugle s navigacijskog gledišta zanemarljiva su, pa se Zemlja u navigaciji smatra kuglom sa sledećim elementima:

— površinske tačke Zemlje jednako su udaljene od njenog središta (S);

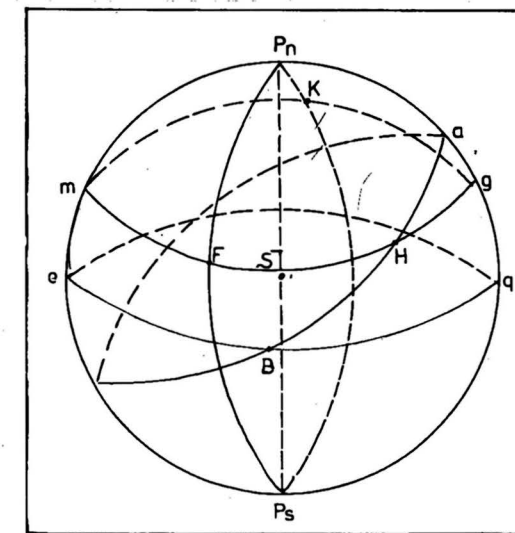
— osa Zemlje je zamišljeni dijametar ($P_n P_s$) oko koga se Zemlja okreće;

— zemaljski polovi, Severni (Nord) — P_n i Južni (South) — P_s , krajnje su tačke Zemljine ose;

— velika kružnica (aHBc) je ona kružnica koja s ravni prolazi kroz središte kugle (Zemlje) i deli je na dva jednaka dela (hemisfere);

— mala kružnica (mFHgK) nastaje presekom površine kugle pomoću ravni koja ne prolazi kroz središte kugle (Zemlje);

— udaljenost između dve tačke na maloj i velikoj kružnici podrazumeva kraći luk kružnice;

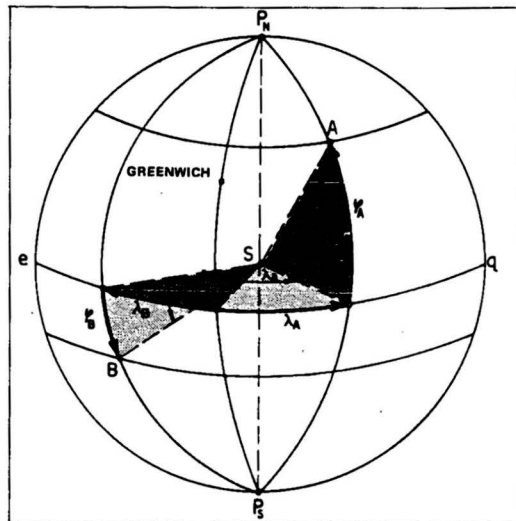


Slika 1. — Elementi Zemlje kao kugle

— ekvator je velika kružnica (eBq) čija je ravan vertikalna na osu Zemlje i deli Zemlju na severnu i južnu hemisferu, a sve tačke ekvatora jednako su udaljene od oba pola za 90° ;

— paralele ili uporednici (mFHg) su male kružnice, čije su ravni paralelne ravni ekvatora i vertikalne na Zemljinu osu;

— meridijani (PnFPsK) su velike kružnice koje prolaze kroz Zemljine polove, a ravan meridijana vertikalna je na ekvator i ravan paralela. Zemljini polovi dele meridijan na dva dela. Meridijanom mesta, za nekog posmatrača (F), naziva se polovina meridijana (PnFPs) koja prolazi kroz to mesto, a druga polovina istog meridijana (PnKPs) naziva se protivmeridijanom osmatrača (F), a razlika između meridijana jednog mesta i njegovog protivmeridijana iznosi 180°. Meridijan koji prolazi kroz staru opservatoriju u Griniču kraj Londona usvojen je kao nulti ili početni meridijan.



Slika 2. — Geografske koordinate

2.1.3. Geografske koordinate

Položaj neke tačke na Zemlji određen je koordinatama: geografskom širinom, geografskom dužinom i nadmorskom visinom na kopnu, odnosno dubinom pod vodom. Ove koordinate određuju položaj te tačke u odnosu na ekvator, početni meridijan i srednji nivo mora.

Geografska širina (φ) neke tačke je luk meridijana mesta od ekvatora do posmatrane tačke, a može se definisati i kao ugao u središtu Zemlje između ravni ekvatora i radijus-vektora posmatrane tačke, meren u ravni meridijana mesta. Geografska širina se izražava u uglovnim jedinicama od ekvatora (00°00,0') do jednog od polova (90°00,0'). Piše se petocifrenim brojem, gde prve dve cifre predstavljaju vrednost luka u stepenima, a druge tri ostatak luka u minutama i desetinama minuta luka ekvatora (npr.: 36°29,5' = 36 stepeni i 29,5 minuta). Navedenim ciframa dodaje se pripadnost severnoj (N) ili južnoj (S) hemisferi (npr.: 29°14,3'N ili 65°32,4'S). U računskim operacijama oznaka N se zamenjuje znakom „+“ (npr.: 23°32,3'N = + 23°32,3'), a oznaka S znakom „-“ (npr.: 12°33,4'S = - 12°33,4').

Geografska dužina (λ) neke tačke je kraći luk ekvatora od početnog meridijana mesta, ali se može definisati i kao ugao između ravni početnog meridijana i meridijana mesta. Izražava se u uglovnim jedinicama od početnog meridijana (000°00,0') do njegovog protivmeridijana (180°00,0') prema zapadu i istoku. Piše se šestocifrenim brojem, gde su prve tri cifre vrednost luka u stepenima, a preostale tri ostatak luka u minutama i desetinama dela minuta luka ekvatora. Označavaju se E (East) ili W (West). U računskim operacijama oznaka E se zamenjuje sa „+“ (npr.: 023°32,5'E = + 023°32,5'), a oznaka W sa „-“ (npr.: 112°23,4'W = - 112°23,4').

2.1.4. Razlika geografske širine i dužine

Da bi se položaj neke tačke na Zemlji mogao odrediti u odnosu na neku poznatu tačku na Zemlji, potrebno je poznavati i pojmove razlika geografske širine ($\Delta\varphi$) i razlika geografske dužine ($\Delta\lambda$).

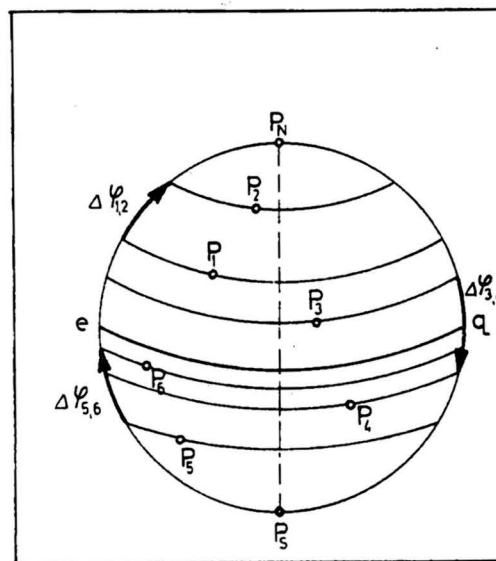
Razlika geografske širine ($\Delta\varphi$) je luk meridijana između paralela pozicije polaska i pozicije dolaska, a dobija se njihovim algebarskim odbijanjem:

$\Delta\varphi = (\pm \varphi_2) - (\pm \varphi_1)$, gde je:
 $\Delta\varphi$ = razlika geografske širine,
 φ_2 = geografska širina dolazne pozicije i
 φ_1 = geografska širina polazne pozicije.

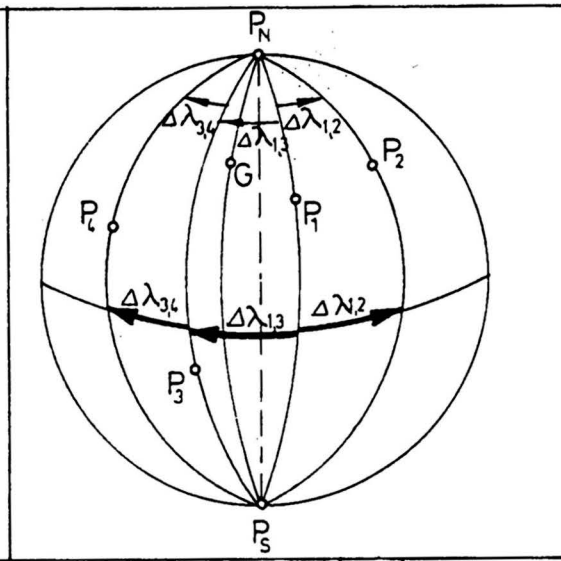
Razlika geografske širine može imati vrednost do $\pm 180^\circ$, gde predznak $\Delta\varphi$ određuje smer kretanja broda — ako je predznak „+“, brod plovi od juga ka severu, a ako je „-“, brod plovi od severa ka jugu, bez obzira na položaj polazne i dolazne pozicije u odnosu na ekvator.

$\Delta\lambda$ = razlika geografske dužine,
 λ_2 = geografska dužina dolazne pozicije i
 λ_1 = geografska dužina polazne pozicije.

Razmak geografske dužine može imati vrednost do $\pm 180^\circ$, gde predznak određuje smer kretanja broda od pozicije polaska do pozicije dolaska. E ili „+“ znači da se brod kreće prema istoku (npr.: $\Delta\lambda = 023^\circ35,4'E$ ili + 023°35,4'), a W ili „-“ znači da se brod kreće prema zapadu (npr.: $\Delta\lambda = 156^\circ33,7'W$ ili - 156°33,7').



Slika 3. — Razlika geografske širine



Slika 4. — Razlika geografske dužine

Primer: Ako je geografska širina polazne pozicije veća (npr.: 65°23,6'N) od pozicije dolaska (npr.: 12°55,3'N), znači da se brod kreće na severnoj hemisferi i da plovi od severa prema jugu.

Ako je geografska širina polazne pozicije manja (npr.: 12°33,6'N) od pozicije dolaska (npr.: 43°23,5'N), znači da se brod kreće na severnoj hemisferi i da plovi od juga ka severu.

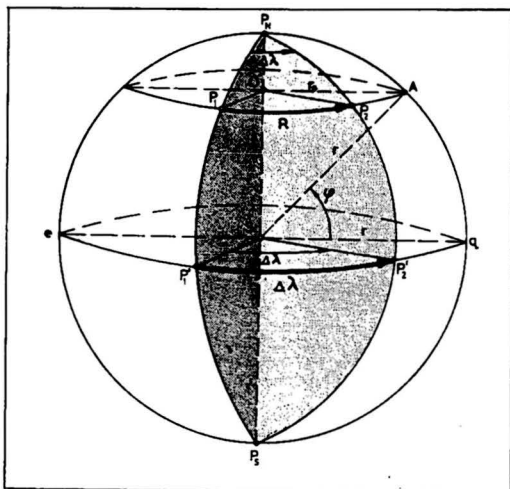
Razlika geografske dužine ($\Delta\lambda$) je kraći deo luka ekvatora između meridijana pozicije polaska i pozicije dolaska. Dobija se algebarskim odbijanjem:

$\Delta\lambda = (\pm \lambda_2) - (\pm \lambda_1)$, gde je:

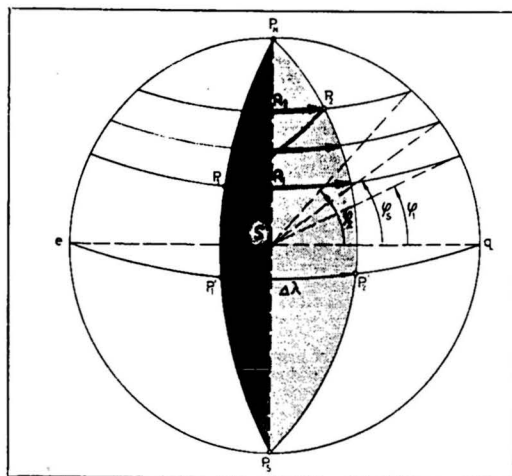
Ako u računskim radnjama jedna od veličina prelazi apsolutnu vrednost od 180°, ona se odbije od 360° uz promenu predznaka prethodne razlike.

2.1.5. Razmak — pretvaranje razmaka u razliku geografske dužine i obratno

Ploveći po paraleli od P_1 do P_2 brod prevaljuje put jednak luku paralele $P_1P_2 = R$, koji se naziva razmak, a njegova vrednost se izražava u miljama.



Slika 5. — Razmak pri plovljenju po istoj paraleli



Slika 6. — Razmak pri plovljenju na različitim paralelama

Označenim pozicijama P_1 i P_2 odgovara razlika geografske dužine ($\Delta\lambda$), odnosno luk ekvatora P_1P_2 .

Luk paralele (R) uvek je kraći od luka ekvatora ($\Delta\lambda$), pa se on izračunava pomoću formule:

$R = \Delta\lambda \cos \varphi$, gde je:

R = razmak po paraleli između pozicije polaska i pozicije dolaska,

$\Delta\lambda$ = razlika geografske dužine pozicije polaska i pozicije dolaska izračunata po formuli $\Delta\lambda = (\pm \lambda_2) - (\pm \lambda_1)$ i

$\cos \varphi$ = kosinus ugla geografske širine paralele po kojoj se brod kreće (dobije se iz *Nautičkih tablica*).

Kada pozicija polaska i pozicija dolaska ne leže na istoj paraleli, pod razmakom se podrazumeva luk srednje paralele između meridijana pozicije polaska i pozicije dolaska u miljama, a za proračun razmaka (R) i razlike geografske dužine između dve pozicije koristi se srednja geografska širina (φ_s), koja se izračunava po formuli:

$$\varphi_s = \frac{(\pm \varphi_1) + (\pm \varphi_2)}{2}$$

Iz ovoga sledi formula za proračun razmaka kada brod ne plovi po istim paralelama:

$$R = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_s$$

Da bi se iz navedene formule dobio razmak u miljama, potrebno je uglovnu vrednost $\Delta\lambda$ pretvoriti u jedinice za merenje udaljenosti, a to se radi tako što se broj stepeni pomnoži sa 60 i tome doda broj minuta (npr.: ako je $\Delta\lambda = 36^\circ 23,4'$, onda je to jednako $(36 \cdot 60) + 23,4 = 2183,4$ milje, a posle toga se ta veličina množi sa $\cos \varphi$ (kada brod plovi po istoj paraleli) ili $\cos \varphi_s$ kada brod plovi na različitim paralelama.

Razmak iz razlike geografske dužine i obrnuto može se dobiti i iz *Nautičkih tablica* broj 4, kao i grafički.

2.1.6. Jedinice u navigaciji

U navigaciji se koriste merne jedinice Međunarodnog sistema mernih jedinica, čiji je pregled dat u *Nautičkim tablicama* broj 95, kao i merne jedinice izvan Međunarodnog sistema mernih jedinica (*Nautičke tablice* broj 96).

Osnovna jedinica za merenje udaljenosti je milja (M). To je dužina jed-

nog minuta luka velike kružnice Zemlje kao kugle, ili dužina jedne minute luka meridijana na srednjoj geografskoj širini ($\varphi = 45^\circ$) Zemlje kao elipsoida.

Jedan minut luka meridijana iznosi 1.852,01 m, a zavisi od geografske širine stepenskih merenja milja ima u raznim državama različite vrednosti (Jugoslavija je usvojila da milja ima 1.852 m, što je vrednost za međunarodnu milju).

Kabel (kbl) je deseti deo milje i iznosi 185,2 m.

Pored ovih jedinica, zbog velikog broja uređaja sa skalama za dužinu i udaljenost, koriste se:

— 1 in (*inch* ili palac) = 25,4 mm,

— 1 ft (*foot* ili stopa) = 30,5 cm,

— 1 yd (*yard*) = 3 ft = 0,914 m i

— 1 fm (*fathom* ili sežanj) = 2 yd = 6 ft = 1,829 m.

Relacije za pretvaranje mera za dužinu date su u *Nautičkim tablicama* broj 96.

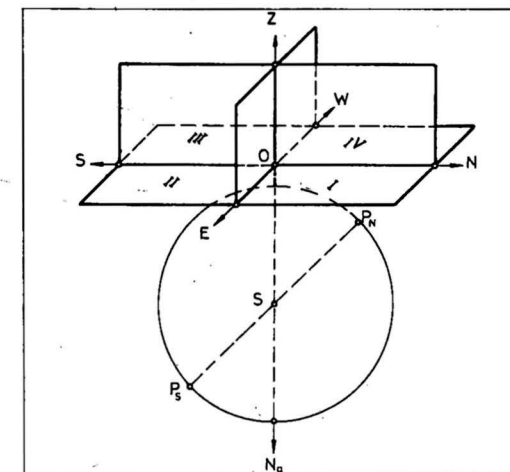
Jedinica za brzinu u navigaciji je čvor (čv), a jednak je putu od jedne milje prevaljenom u jednom času (npr.: brzina od 12 čv znači da brod za jedan čas pređe 12 milja).

2.2. ORIJENTACIJA NA MORU

2.2.1. Definicija horizonta

Pravac delovanja sile Zemljine teže u određenoj tački naziva se **vertikalom**, koja „probija” nebesku sferu u tački koja se naziva **zenit** (Z) iznad glave posmatrača i njoj dijametralno suprotnu tačku koja se naziva **nadir** (Na). Svaka ravan položena kroz vertikalnu je vertikalna ravan, a svaka ravan koja stoji uspravno na vertikalu naziva se **horizontalna ravan**.

Ravan meridijana je ravan položena kroz meridijan, a time i kroz zenit, nadir i oba pola. U preseku ravni meridijana i horizontalne ravni nalazi se pravac meridijana, severnojužnica ili podnevna linija. Krajevi severnojužnice pokazuju tačke severa (N) i juga (S).



Slika 7. — Osnovne ravni, pravci i tačke

Vertikalna ravan u posmatranoj tački (O), koja je uspravna na ravan meridijana naziva se **prvim vertikalom**, a presek prvog vertikala s horizontalnom ravni je istočno-zapadna linija, čije krajnje tačke pokazuju tačku istoka (E) i zapada (W).

Ravan meridijana, prvog vertikala i horizontalna ravan dele prostor, odnosno ravan horizonta na četiri kvadranta, računajući ih od tačke severa prema istoku.

2.2.2. Vrste horizonta

U navigaciji se koriste sledeće vrste horizonta:

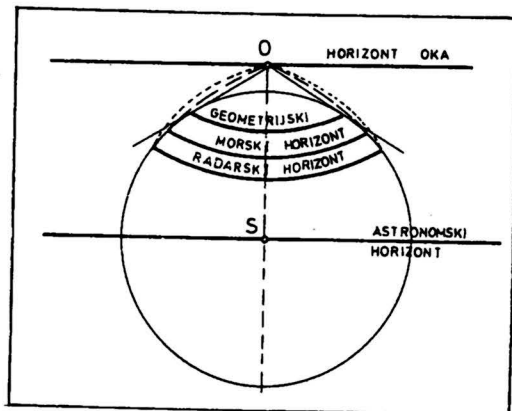
- horizont oka,
- geometrijski horizont,
- morski horizont,
- radarski horizont,
- astronomski ili pravi horizont,
- obalski horizont i
- veštački horizont.

Horizont oka je horizontalna ravan kroz oko posmatrača.

Geometrijski horizont je kružnica po kojoj kupa s vrhom u oku posmatrača tangira površinu Zemlje kao kugle. Udaljenost geometrijskog horizonta izračunava se po formuli:

$$d_g = 1,93 \cdot \sqrt{V_{oka}} (M), \text{ gde je:}$$

d_g = udaljenost geometrijskog horizonta u miljama,
 1,93 = koeficijent i
 V_{oka} = visina oka izražena u metrima.
 Ugao što ga horizont oka čini s tangentom na radijus Zemlje naziva se depresijom ili dubinom horizonta.



Slika 8. — Vrste horizonta

Morski horizont je kružnica koja na morskoj površini ograničava vidik, odnosno kružnica koja razdvaja more od kopna. Udaljenost morskog horizonta računa se po formuli:

$$d = 2,08 \cdot \sqrt{V_{oka}} \text{ (M)}$$

Ova daljina se može dobiti i *Nautičkim tablicama* broj 11, gde je ulazni elemenat visina oka.

Radarski horizont je kružnica na morskoj površini do koje bi stizali radarski talasi emitovani iz antene na nekoj visini (V_{ant}), prelamajući se po zakonu refrakcije. Udaljenost radarskog horizonta je za oko 6% veća od morskog horizonta, te se dobija iz formule:

$$d_{ra} = 2,23 \sqrt{V_{ant}} \text{ (M)}, \text{ gde je visina antene izražena u metrima.}$$

Astronomski ili pravi horizont je horizontalna ravan, koja prolazi kroz središte Zemlje, a sa nebeskom sferom se seče po velikoj kružnici.

Obalski horizont je ivica koja deli more od kopna i ostrva, a udaljenost obal-

skog horizonta manja je od udaljenosti morskog horizonta.

Veštački horizont je materijalizovana horizontalna ravan koja odgovara horizontu oka, a materijalizuje se pomoću tamnog ogledala, libele ili žiroskopa, i koristi se u merenju visina nebeskih tela.

2.2.3. Podela horizonta i označavanje uglova

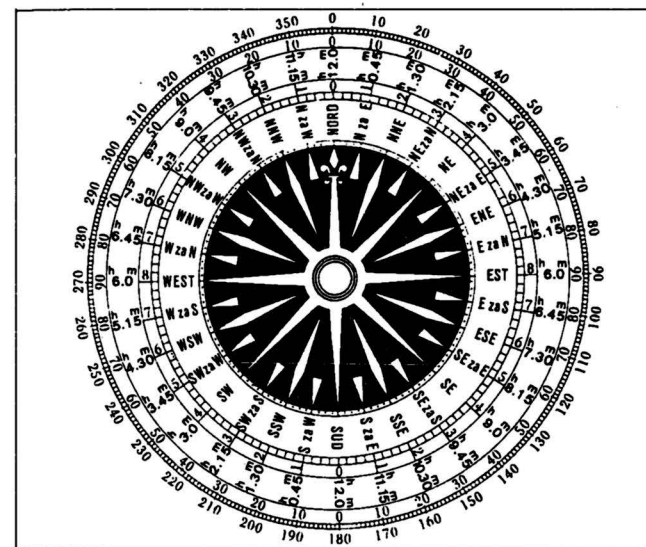
Kružnica horizonta je podeljena na 360° (na mestu severne tačke iznosi 0° i 360°), a rast podele je u pravcu kazaljke na satu.

U tački 2.3.1. objašnjeno je kako se dobijaju četiri **kardinalne** (glavne) tačke horizonta (N, S, E i W). Deobom kvadranta simetralama dobijaju se još četiri tačke (NE, SE, SW i NW), takozvane **interkardinalne tačke**. Oznake tih tačaka nastaju spajanjem oznaka kardinalnih tačaka između kojih leže.

Daljom deobom simetralama svakog od ranije nastalih osam sektora dobija se još osam tačaka, koje se označavaju tačkama NNE, ENE, ESE, SSE, SSW, WSW, WNW i NNW. Svaka dobijena tačka naziva se i **vetar**, kardinalne i interkardinalne tačke nazivaju se osam **glavnih vetrova**, a poslednjih osam **trosložni vetrovi**. Ponovnom deobom svakog sektora dobija se još šesnaest tačaka označenih prema slici ruže vetrova.

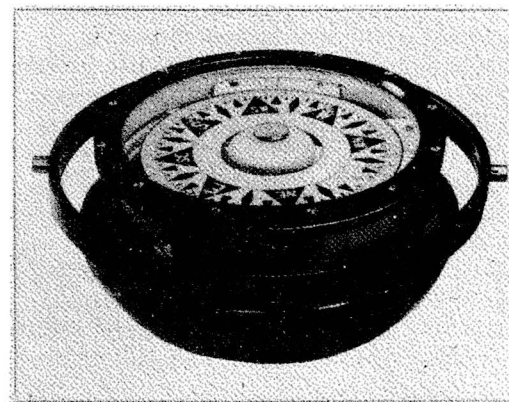
Na takav način dobijene su 32 tačke (vetrova) na horizontu, a ugaona vrednost između dve tačke naziva se **vetar** i ima vrednost od 11,25°. Daljom deobom, što se retko čini, dobijaju se još 32 tačke, što ukupno iznosi 64 **poluvetra**, čija je vrednost 5,62°.

Ovakva podela horizonta naziva se **ružom vetrova** i danas se ne koristi za označavanje uglova, već se takvo označavanje zadržalo samo za pravce vetra, struje i talasa. Pri tom **smerom vetra** ili **talasa** naziva se ona tačka horizonta odakle vetar ili talasi **dolaze**, a **smer struje** tačkom na horizontu **kuda struja teče**.



Slika 9. — Ruža vetrova

Ovakva podela, koja se zadržala na magnetskim kompasima (pored podele na stepene), naziva se **ružom kompasa**.



Slika 10. — Ruža magnetskog kompasa

Uglovi, kursevi i azimuti na horizontu ovako se označavaju:

— u kružnoj podeli od 0° do 360° u smeru kazaljke na satu, od tačke N;

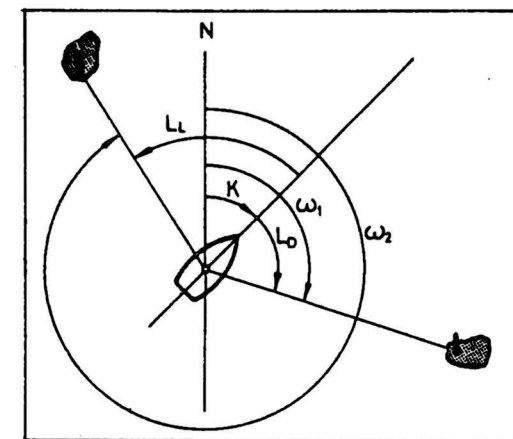
— u polukružnoj podeli od 0° do 180° od tačke N ili S preko tačke E ili W, a obeležavaju se oznakama kardinalnih tačaka;

— u kvadratnoj podeli od 0° do 90° od tačaka N i S prema tačkama E ili W uz oznaku kardinalnih tačaka;
 — oznakom vetra;
 — brojem vetra.

2.2.4. Osnovni smerovi za orijentaciju

Osnovni smerovi za orijentaciju na moru jesu kurs, azimut (smer) i pramčani ugao.

Kurs (K) je ugao koji zatvara pravac meridijana s linijom kursa broda, a može se reći i da je to ugao što ga zatvara uzdužnica broda sa pravcem meridijana. U zavisnosti od kojeg se meridijana (pravog, magnetskog ili kompasnog) određuje kurs broda, razlikuju se **kurs pravi** (K_p), **kurs magnetni** (K_m) i **kurs kompasni** (K_k), o čemu će biti opširnije reči u temi o pretvaranju i ispravljanju kurseva i azimuta (smerova).



Slika 11. — Kurs, azimut i pramčani ugao

Azimut (smer) (ω) je ugao što ga zatvara pravac meridijana s linijom azimuta, ili ugao što ga zatvara pravac meridijana sa spojnicom oka posmatrača i posmatranog objekta.

Kao i kod kursa, razlikuju se azimut pravi (ω_p), azimut magnetski (ω_m) i azimut kompasni (ω_k).

Pramčani ugao (L) je ugao što ga zatvara linija kursa s linijom azimuta ili ugao koji zatvara uzdužnica broda s pravcem na posmatrani objekat. Meri se od uzdužnice broda (0°) do 180° preko desnog ili levog boka.

Pramčani uglovi čija je vrednost $L = 90^\circ$ desno ili levo nazivaju se **subočicom**, a označava se simbolom \perp .

Između kursa (K), pramčanog ugla (L) i azimuta (ω) postoji sledeća veza:

$\omega = K + (\pm L)$, gde se desni pramčani ugao (L_d) označava sa predznakom „+”, a levi (L_l) predznakom „-”.

2.3. ZEMLJIN MAGNETIZAM

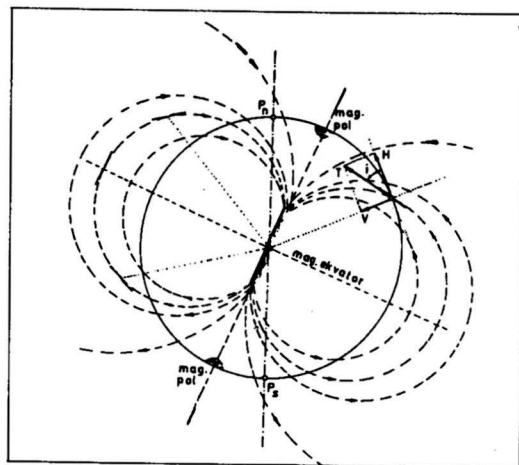
2.3.1. Teorija postanka Zemljinog magnetizma

Na Zemlji (kopnu, moru i u vazduhu) deluje magnetsko polje Zemlje, a njen magnetizam se naziva **geomagnetizam**. Hipoteze o nastanku magnetskog polja Zemlje uglavnom se zasnivaju na činjenici da se u kori Zemlje nalaze feromagnetni elementi na električnim strujama koje se generišu unutar Zemlje, ili na fizičkim karakteristikama tela koje rotira. Stvarni uzrok nastanka i održavanja magnetskog polja Zemlje verovatno predstavlja zajedničko delovanje navedenih faktora, ali i drugih elemenata kao što je magnetska indukcija Zemlje koja rotira u magnetnom polju Sunčevog sistema.

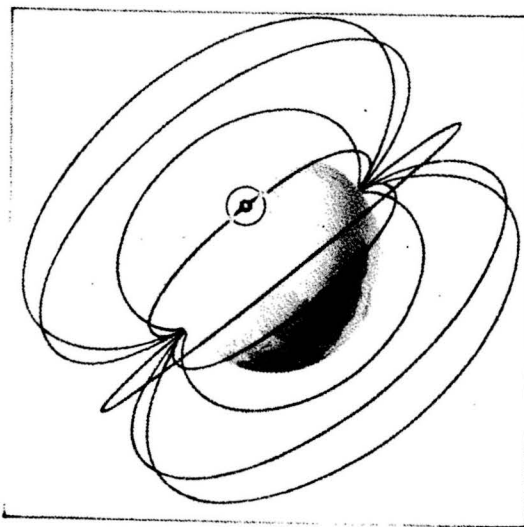
2.3.2. Elementi Zemljinog magnetskog polja

Zemlja, kao i svaki magnet, ima svoje **magnetske polove** i neutralnu liniju koja se naziva **magnetni ekvator**. Obešena magnetna igla postavlja se u smeru magnetskih silnica koje povezuju magnetne polove Zemlje, a smer tih silnica pokazuje

na bilo kojoj tački Zemlje smer magnetnih meridijana.



Slika 12. — Magnetno polje Zemlje



Slika 13. — Zemlja deluje kao veliki magnet i stoga se magnetna igla može upotrebiti da pokazuje sever i jug

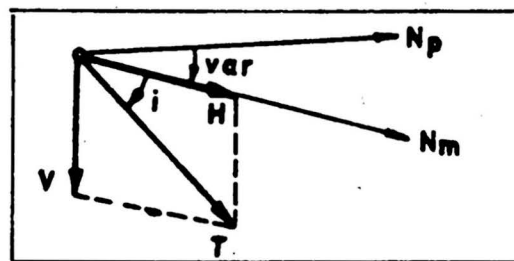
Magnetski polovi Zemlje ne podudaraju se s geografskim polovima. Magnetski pol

Zemlje nije tačka, već središte šireg područja približno kružnog oblika, čiji je poluprečnik oko 150 M. Središte tog žarišta, u kome je smer magnetskih silnica vertikalna na ravan horizonta, stalno menja svoj položaj. Sadašnje približne pozicije magnetskih polova Zemlje su: na severnoj hemisferi — $\varphi = 78^\circ N$ i $\lambda = 098^\circ W$, a na južnoj hemisferi — $\varphi = 72^\circ S$ i $\lambda = 140^\circ E$.

Pošto se pol magnetske igle usmerava prema magnetskom polu Zemlje, na severnoj hemisferi severni pol magnetske igle obeležava se crvenom bojom, što znači da se na severnoj hemisferi nalazi južni magnetni pol (prema zakonu privlačenja magnetskih polova suprotni se polovi privlače, a istoimeni odbijaju). Iz praktičnih razloga u navigaciji se severni pol magneta uvek obeležava crvenom, a južni plavom bojom. Isto tako se obeležava južni geomagnetni pol (na severnoj geografskoj hemisferi) plavom bojom, odnosno crvenom bojom se obeležava geomagnetski pol na južnoj hemisferi.

Magnetno polje Zemlje u nekoj tački, odnosno u svakoj, određeno je smerom i jačinom.

Smer magnetnog polja Zemlje u nekoj tački (smer magnetskih silnica ide od crvenog ka plavom polu) predstavlja magnetski meridijan. Kako se geografski i magnetski polovi ne poklapaju, to se neće poklapati ni geografski s magnetskim meridijanom. Magnetski meridijani nisu velike kružnice, već nepravilne krive linije, koje nastaju zbog toga što razlika geografske širine i dužine magnetskih polova nije 180° i zbog neravnomerne raspodele feromagnetnih materijala unutar Zemlje (litosfere).



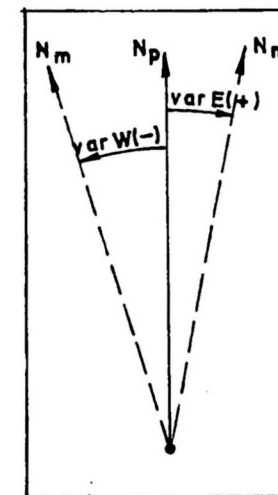
Slika 14. — Rastavljanje vektora totalnog intenziteta

Jačina magnetnog polja Zemlje u nekoj tački naziva se **totalni intenzitet** (T), koji se može rastaviti u dve komponente: **horizontalni intenzitet** (H) i **vertikalni intenzitet** (V). Ugao između vektora T i vektora H naziva se **inklinacija** (i).

Magnetska igla koja se slobodno obrće oko horizontalne ose otklanja se iz horizontalne ravni za ugao inklinacije i pokazuje smer vektora T . Na magnetskom polu inklinacija ima vrednost 90° , a na magnetskom ekvatoru je 0° . Na geometrijskim kartama daje se vrednost inklinacije izolinijama koje se nazivaju **izokline** i predstavljaju magnetsku širinu. Sva mesta sa nultom inklinacijom spojena su **aklinom**, koja predstavlja magnetni ekvator. Magnetni i geografski ekvator seku se samo u dve tačke (na $\lambda = 020^\circ W$ i $\lambda = 170^\circ W$). Magnetski ekvator ima sinusoidalni oblik.

Horizontalna komponenta, vertikalna komponenta, inklinacija i varijacija (videti naredni naslov) čine geomagnetske elemente, a na osnovu poznavanja dve od prve tri veličine moguće je izračunati treću pomoću formula:

$$H = T \cos i; \quad V = T \sin i; \quad \operatorname{tg} i = \frac{V}{H}.$$



Slika 15. — Varijacija

Odnos totalnog intenziteta i njegovih komponenata je:

$$T^2 = H^2 + V^2.$$

Horizontalna komponenta najveća je na magnetskom ekvatoru, a na polovima najmanja, dok vertikalna komponenta ima najveću vrednost na magnetskim polovima, a najmanju na magnetskom ekvatoru.

Na geomagnetskim kartama vrednosti horizontalne i vertikalne komponente date su **izolinijama**, koje se nazivaju **izodinama**.

2.3.3. Varijacija i ispravljanje varijacije

Ugao između geografskog i magnetskog meridijana se u navigaciji naziva **varijacija** (magnetska deklinacija) i može imati vrednost od 0° do 180°, a u plovnim područjima iznosi do ± 30°. Varijacija je istočna (E ili „+“) kada je severni pol magnetne igle otklonjen ka istoku od geografskog meridijana, a zapadna (W ili „-“) kada je severni pol igle otklonjen ka zapadu.

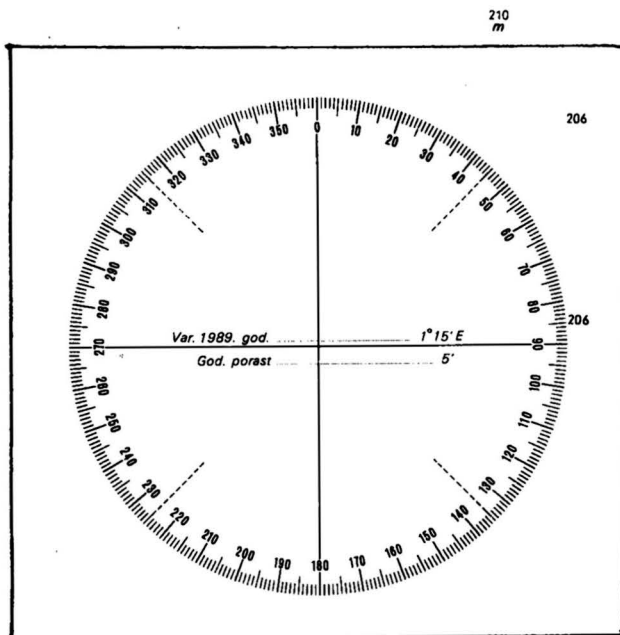
Na geomagnetskim kartama vrednosti varijacije su date izolinijama. **Izogona** spaja sva mesta na Zemlji sa istom vrednošću varijacije, a nulta vrednost varijacije je **agona**.

Neophodno je znati tačnu vrednost varijacije za područje plovidbe da bi se pravilno odredio kurs kojim se plovi. Njena apsolutna vrednost nalazi se na navigacionim kartama (u magnetskoj ruži), pri tome treba imati u vidu da varijacija nije stalna, pa treba poznavati dnevne, godišnje i sekularne promene.

Ispravljanje varijacije vrši se na sledeći način.

Primer: Varijacija je 1958. godine iznosila 26°20'W, godišnje padanje iznosi 12'. Traži se varijacija za 1990. godinu.

$$\begin{aligned} \text{Rešenje: } \text{var}_{58} &= 26^{\circ}20'W \\ - \text{popr} &= 6^{\circ}24' \\ \hline \text{var}_{90} &= 19^{\circ}56'W \end{aligned}$$



Slika 16. — Podaci o varijaciji za određenu godinu i godišnji porast daju se na pomorskoj karti

Popravka (popr) se dobija kada se godišnje padanje varijacije pomnoži sa brojem godina od godine za koju je poznata varijacija do godine za koju se računa varijacija.

Od više vrednosti varijacije zabeleženih na karti (u magnetskoj ruži) treba uzeti onu s područja koje je najbliže poziciji na kojoj se brod nalazi.

2.4. MAGNETSKI KOMPAS

2.4.1. Podela magnetskih kompasu po konstrukciji i nameni

U magnetske kompase spadaju svi kompasi čiji se osetljivi elementi pod uticajem magnetskog polja Zemlje usmeravaju u meridijan. Na brodu je magnetski kompas izložen uticaju feromagnetskih masa od kojih su brod i njegova oprema načinjeni, pa na kompas, odnosno na njegov osetljivi element, pored magnetnog polja Zemlje deluje i magnetno polje broda, zbog čega osetljivi element magnetskog kompasa pokazuje smer meridijana kompasnog.

Prema principu rada osetljivog elementa magnetski kompasi se dele na:

— kompas s magnetskom iglom (ili sistemom magnetskih igala),

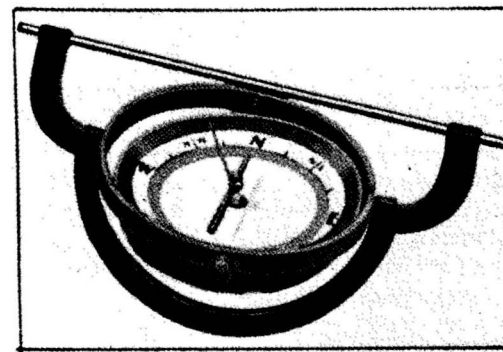
- indukcione,
- magnetnoelektronske,
- elektromagnetske,
- magnetostrukcione i
- termomagnetske.

Na brodovima se uglavnom koriste kompasi sa magnetskom iglom, a na malim i brzim brodovima i indukcioni kompasi. Magnetski kompasi kod kojih je moguća žirostabilizacija pokazivanja kursa nazivaju se žiro-magnetski kompasi, a prema principu rada osetljivog elementa dele se na:

- žiro-magnetske (s magnetskom iglom ili sistemom igala),
- žiro-indukcione i
- žiro-elektronske.



Slika 18. — Nekoliko tipova prenosnih magnetskih kompasu



Slika 17. — Brodski kompasi se upotrebljavaju već 2.000 godina, a postavljeni su tako da su uvek u vodoravnom položaju bez obzira na lutanje i posrtanje broda

Prema mogućnosti prenosa podataka o kursu kompasi se dele na jednostavne i kompase sa ponavljačima. Jednostavni kompasi nemaju mogućnost

prenosa kursa na udaljena mesta, i to su obično kompasi sa magnetnom iglom. Magnetski kompasi sa ponavljačima su indukcioni ili žiro-magnetski, dok se magnetski kompasi s optičkim prenosom malo koriste.

Osetljivi element kompasa s magnetskom iglom, zajedno sa delom za pokazivanje kursa (ružom), može da se nalazi u likvidu (likvidni kompas), ili je slobodno obešen bez likvida (suvi kompas).

Kvalitet, veličina i smeštaj kompasa zavise od njegove namene. Glavni kompas se postavlja tamo odakle se osmatra čitav horizont i po njemu se vodi brod po zadanom kursu. Na tom mestu treba da je uticaj brodskog magnetskog polja najmanji. Ovaj kompas služi za određivanje azimuta i kontrolu ostalih kompasa.

Kormilarski kompas se nalazi u kormilarnici i po njemu kormilar sledi naređeni kurs, a kao kormilarski kompas često se može koristiti i glavni kompas.

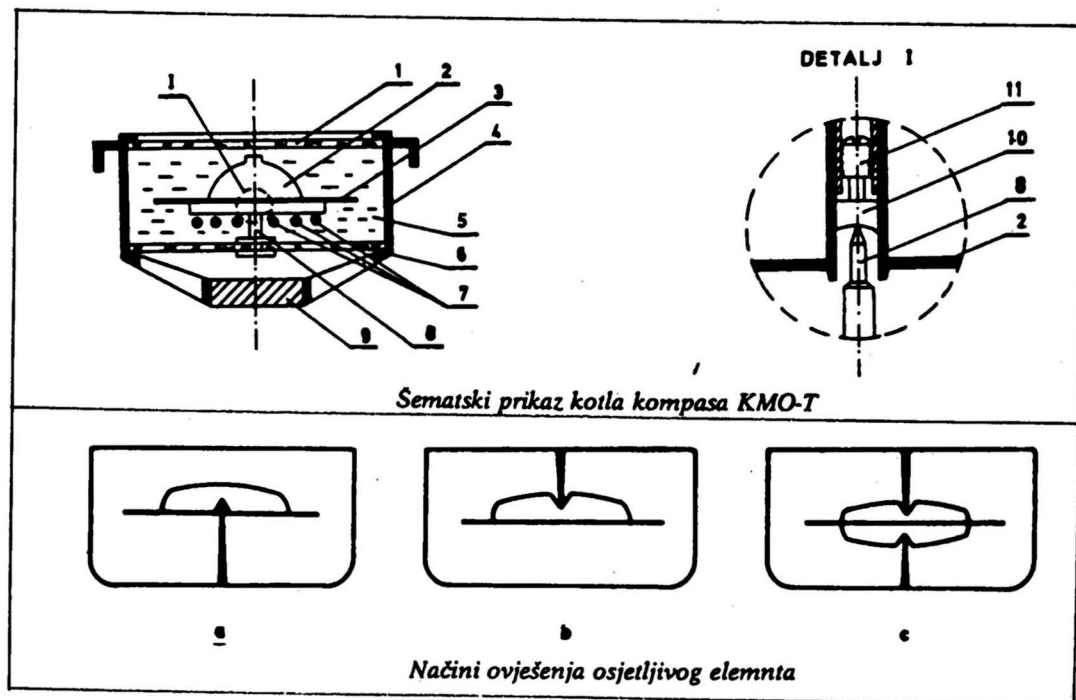
Pored ovih osnovnih, postoje još kompasi za čamce (čamčani) i ručni za manje čamce i jedrilice.

2.4.2. Osnovni delovi magnetskog kompasa i njihova funkcija

Osetljivi deo magnetskog kompasa je magnetna igla ili sistem magnetskih igala s ružom. Ruža kompasa je od lakog amagnetskog materijala, kružnog oblika s pode- lom od 0° do 360° , a osim podele na stepene može imati i podelu na vetrove. U sredini ruže je klobučić od amagnetskog materijala, na koji je pričvršćena jedna ili više magnet- skih igala s polovima na dijametru ruže s oznakama 0° — 180° , ili paralelno s tim dija-

metrom. Klobučić se oslanja na vrh stubića smeštenog u kotlu kompasa.

Kotao kompasa je posuda cilindričnog oblika, zatvorena s gornje strane, kod nekih kompasa i sa donje, staklenim poklopcem. Kotao je u kardanskom sistemu i sa donje strane ima teg koji ga pri valjanju broda održava u horizontalnom položaju. Dno ko- tla, njegov deo ili bočne strane, izrađeni su od talasastog lima koji dozvoljava širenje i skupljanje likvida pri promeni temperatu- re, a u likvidu se ne stvaraju mehurići.



Slika 19. — Šematski prikaz kotla kompasa i načini vešanja osjetljivog elementa

S unutrašnje strane kotla nalazi se vertikalna linija (pramčanica), koja leži u vertikalnoj ravni položenoj kroz uzdužnicu broda. Osim pramčanice, u kotlu se obično nalaze i oznake krme i dve bočne oznake. Stakleni poklopac je ravan, a u kompasu s malim promerom ruže konveksan, tako da konveksnost kao sočivo povećava očitavanje kurseva.

Vešanje ruže u kotlu mora obezbediti minimalno trenje pri kretanju kotla u odno- su na ružu, koja uvek mora biti usmerena u pravcu meridijana.

Kardanski sistem, gde je smešten ko- tao kompasa, sastoji se od dva prstena, a svaki prsten i kotao mogu se slobodno okre- tati oko jedne horizontalne ose. Horizontal- ne ose prstena seku se pod uglom od 90° u vertikalni tačke uporišta ruže (stubića). Jed-

na osa kardana ima ležajeve u uzdužnoj, a druga u poprečnoj osi broda, što omogućava da kotao kompasa bude u horizontalnom položaju prilikom valjanja broda.

Na gornji prsten kotla, koji može imati i stepensku podelu, postavlja se smerni aparat.

magneti nagibnog korektora (u vertikalnoj osi broda) i električno osvetljenje ruže. Unutar stalka nalazi se i elektromagnetski kompenzator.

2.4.3. Osnovna svojstva magnetskog kompasa

Osnovna svojstva osetljivog elementa po kojima se vrednuje magnetski kompas jesu: osetljivost, mirnoća i stabilnost.

Osetljivost je svojstvo pokazivanja i najmanje promene kursa, a kao mera ose- tljivosti služi ugao najmanje promene kursa koji osetljivi elemenat može pokazati. Ovaj ugao mora biti manji od $0,3^\circ$, u protivnom kompas je neupotrebljiv.

Osetljivost zavisi od magnetskog mo- menta inercije osetljivog elementa, jačine horizontalne komponente magnetnog polja Zemlje i koeficijenta otpora likvida kod lik- vidnih kompasa.

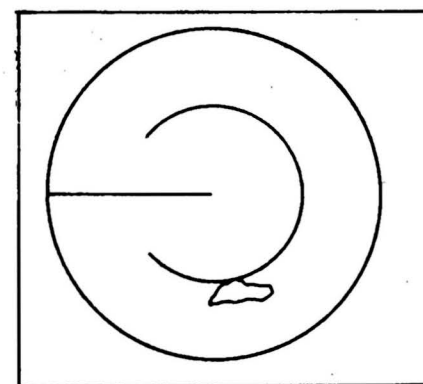
Mirnoća osetljivog elementa je svoj- stvo da ruža (sa magnetskim iglama) ne oscilira oko vertikalne ose zbog spoljašnjih uticaja, kao što su:

- magnetski, zbog promene položaja polova brodskog magnetizma u odnosu na kompas (kao posledica valjanja) i zbog po- stojanja elemenata za kompenzaciju kom- pasa u blizini ruže;

- mehanički, zbog udara i potresa izazvanih radom brodskih mašina i meha- nizama, upotrebe naoružanja, posrtanja, ljuljanja itd.

Stabilnost je svojstvo ruže da ne osci- lira oko horizontalne ose, odnosno da se ruža što pre vrati u horizontalni položaj ako se iz bilo kog razloga nagnula.

Horizontalna komponenta Zemljinog magnetskog polja drži osetljivi elemenat u magnetskom meridijanu, a pod uticajem vertikalne komponente ruža bi na severnoj hemisferi bila nagnuta svojim severnim krajem prema dole (na južnoj hemisferi obrnuto). Održavanje ruže u horizontalnom položaju, u uslovima mehaničke ravnoteže njenih sastavnih delova, postiže se poništa- vanjem uticaja vertikalne komponente. Sta-



Slika 20. — Magnetski kompas tipa „Kelvin Hughes“

Stalak kompasa je od amagnetskog materijala (drvo, aluminijum, mesing), a služi za smeštaj kardanskog sistema s ko- tлом i svih drugih delova kompasa. Učvrš- ćen je za palubu vijcima. Da bi se zaštitio kotao kompasa, koristi se kapa, koja ima re- zervno osvetljenje.

Delovi za kompenzaciju kompasa (D- korektor) nalaze se sa spoljašnje strane stal- ka, a tu su i Flindersova motka, inkli- nomer, regulator osvetljenja ruže i vratašca za pristup magnetima za kompenzaciju, na- gibnom korektoru i delu za osvetljenje ruže.

U unutrašnjosti stalka smešteni su magneti za kompenzaciju polukružne devi- jacije (u uzdužnoj i poprečnoj osi broda),

bilizacija ruže može biti potpuna i nepotpuna. Potpuna stabilizacija se postiže tako što se na suprotnu stranu ruže (od strane na koju deluje vertikalna komponenta) stavlja teg određene težine, tako da ruža deluje po sistemu vage. Potpuna stabilizacija ruže vredi samo za mali dijapazon promena magnetskih širina u odnosu na konstruktivnu magnetsku širinu.

Nepotpuna stabilizacija ruže postiže se na dva načina:

— spuštanjem težišta ruže u odnosu na uporište i

— podizanjem težišta ruže u odnosu na uporište.

2.4.4. Smerna sila

Smerna sila je ona sila koja drži magnetnu iglu kompasu u pravcu magnetskog meridijana na kopnu, a na brodu u pravcu kompasnog meridijana. Na brodu je smerna sila H' , zbog postojanja stalnog, promenljivog i prolaznog brodskog magnetizma, u nekim kursevima veća, a u drugim manja od horizontalne komponente H . Srednja smerna sila na brodu H'_{sr} uvek je manja od smerne sile na kopnu. Srednja smerna sila H'_{sr} izračunava se kao aritmetička sredina smerne sile H' u svim kursevima.

Smerna sila na brodu H' menja se sa promenom magnetske širine (zbog promene H). Kompas je nepouzdan kad se vrednost koeficijenta smerne sile spusti ispod 0,5, a koeficijent se dobija iz formule:

$$\lambda = \frac{H'}{H}$$

Izjednačenje smerne sile H' u svim kursevima postiže se kompenzacijom magnetskog kompasu.

Na magnetski kompas na brodu ne deluje horizontalna komponenta H , već neka oslabljena H' . Zbog toga magnetski kompas na brodu pokazuje pravac meridijana kompasnog, a ne pravac meridijana magnetskog. Ugao između meridijana magnetskog i meridijana kompasnog naziva se devija-

cija (ϑ). Što je smerna sila slabija, to će i ugao devijacije biti veći.

2.4.5. Instalacija magnetskih kompasu na brodu

Izboru mesta instalacije kompasu na brodu treba posvetiti posebnu pažnju, jer se na taj način određuje pouzdanost kompasu u radu, lako korišćenje i održavanje kompasu.

Pouzdanost se osigurava biranjem najpovoljnijih magnetskih uslova, temperaturnog režima i vlažnosti. Povoljni magnetski uslovi od presudnog su značaja, pa u blizini magnetskog kompasu vertikalno gvožđe ne sme biti na udaljenosti manjoj od 3 m, pokretne gvozdene mase ne smeju biti na udaljenosti manjoj od 10 m, a elektromotor na udaljenosti manjoj od 5 m i toplotne mašine i mase ne bliže od 10 m.

Kompas treba montirati uvek u uzdužnici broda kako bi gvozdene mase bile simetrično raspoređene u odnosu na kompas, a udaljenost između dva magnetska kompasu potrebno je odrediti ispitivanjem međusobnog uticaja pre konačnog određivanja mesta montiranja.

Dinamički uticaji na magnetski kompas javljaju se prilikom ubrzanja broda pri manevrisanju, ubrzanja pri nagnutosti broda, usled vibracija trupa zbog rada mašina i mehanizama i udara talasa, leda, dejstva oružja itd.

Smanjenje uticaja ubrzanja pri promeni brzine postiže se postavljanjem kompasu u uzdužnicu broda i što je moguće bliže težištu broda. Vibracije utiču na mirnoću kompasu, pa se zbog toga kompas postavlja na mesto gde su one najmanje. Kod nekih brodova (npr. ledolomaca) potrebna je posebna zaštita kompasu (antišok-postolje).

Temperatura utiče na gustoću likvida, što smanjuje osetljivost, a pri vrlo niskim temperaturama likvid se može i smrznuti. Temperatura i vlažnost utiču na rad delova za prenos podataka, a vlažnost povećava i koroziju i otežava održavanje.

S mesta glavnog kompasu trebalo bi da bude vidljiv celi horizont ili bar njegov veći deo, pa se glavni kompas i postavlja na otvoreni deo mosta i zaštićuje vetrobranom od udara vetra i mora.

2.5. ŽIRO-KOMPASI

2.5.1. Opis i funkcija osnovnih delova žiro-kompasu

Zavisnost magnetskog kompasu od Zemljinog i brodskog magnetskog polja uslovljava je potrebu za razvojem drugih sredstava koja pokazuju pravac meridijana, a koja neće zavisiti od navedenih uticaja. Jedan od prvih takvih uređaja je žiro-kompas, gde se koristi svojstvo žiroskopa, čija se osa rotacije usmerava u pravac geografskog meridijana pod uticajem sile teže i dnevne rotacije Zemlje.

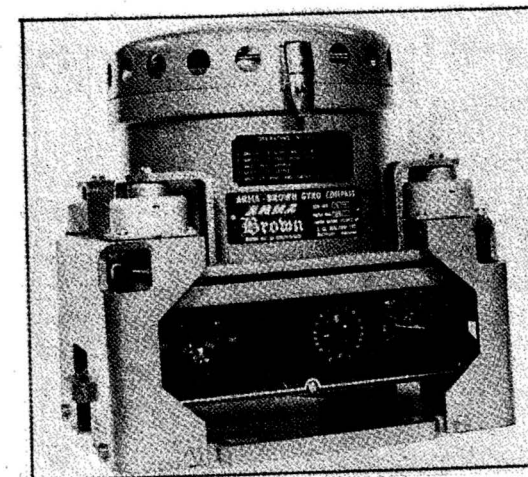
Žiroskop je dinamičko simetrično telo proizvoljnog oblika, koje rotira velikom brzinom oko ose simetrije, a obešen je tako da osa rotacije može slobodno menjati svoj pravac u prostoru. Simetrični zamajac ili rotor (čigra — zvrk), čija je obodna brzina rotacije velika, obešen je o kardanski sistem i predstavlja najčešći oblik žiroskopa.

Osa rotacije čigre naziva se glavna osa, a druge dve ose, koje leže u ekvatorijalnoj ravni čigre i međusobno su vertikalne, nazivaju su ekvatorijalne ose. Glavna osa se naziva još i x -osa, a ekvatorijalne ose su horizontalna (y -osa) i vertikalna (V -osa). Sve tri ose se seku u jednoj tački, koja je jedina nepokretna pri rotaciji čigre oko bilo koje ose.

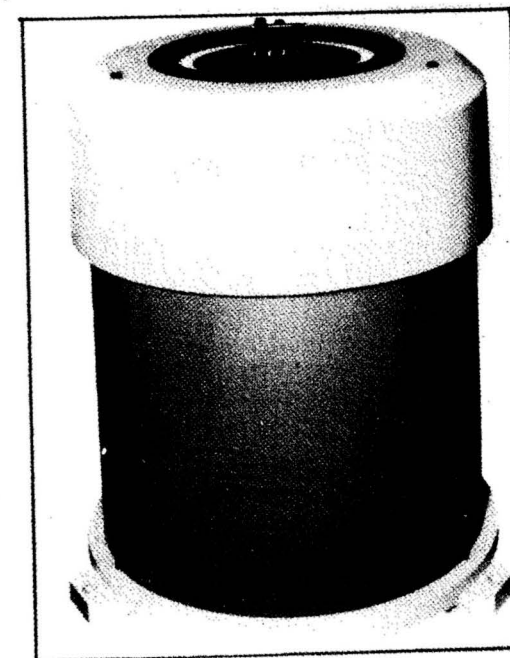
Žiroskop u kardanskom vešanju naziva se žiroskop sa tri stepena slobode, a može biti izveden na više načina. Jedan od načina jeste postavljanje čigre u kuglu koja slobodno lebdi u tečnosti.

Žiroskop je uravnotežen ako je težište žiroskopa u preseku triju osa.

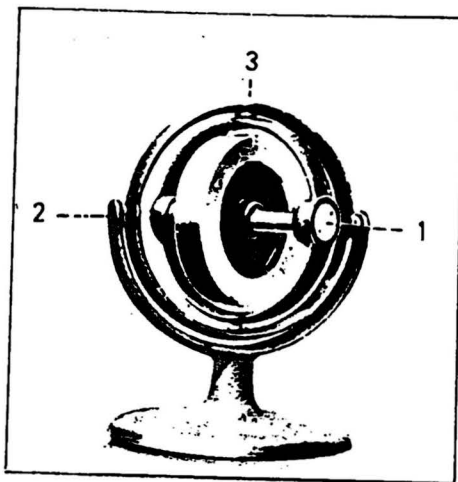
O svojstvima žiroskopa može se govoriti samo kada čigra rotira velikom ugao- brzinom oko glavne ose i takav žiroskop pokazuje dva osnovna svojstva: inerciju i precesiju.



Slika 21. — Žiro-kompas „Arma-Brown”, Mk. 1 Mod. 5



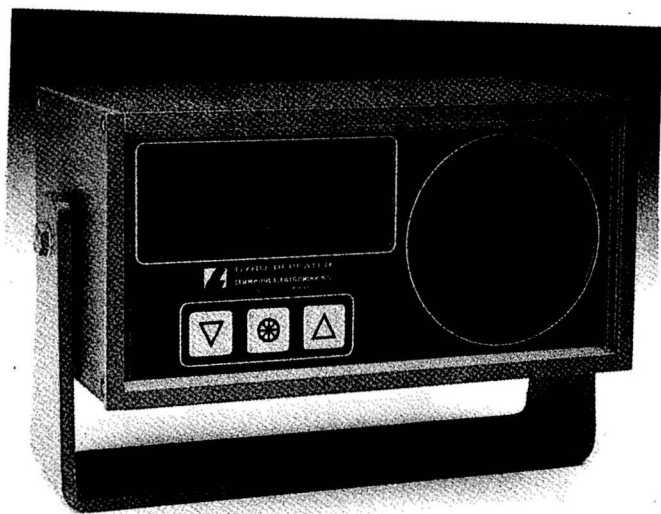
Slika 22. — Žiro-kompas „Anschütz” (Anšic)



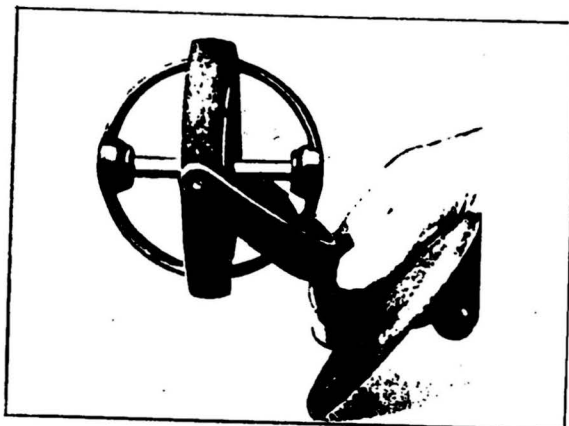
Slika 23. — Žiroskop sa tri stepena slobode i kardanskim vešanjem zadržava pravac glavne ose u prostoru

Inercija je svojstvo žiroskopa da osa rotacije (glavna osa) zadržava pravac u prostoru nezavisno od rotacije Zemlje oko svoje ose i da se opire bilo kojoj sili koja nastoji da promeni pravac glavne ose.

Precesija je svojstvo žiroskopa da se glavna osa čigre ne kreće u pravcu delovanja neke spoljašnje sile, već u pravcu koji je za 90° otklonjen od smera rotacije čigre.



Slika 24. — Digitalni žiro-pokazivač



totalnom intenzitetu magnetskog polja Zemlje (T), odnosno njegovim komponentama (horizontalnoj — H i vertikalnoj — V), pa magnetska indukcija u brodskom gvožđu zavisi od geomagnetske širine pozicije broda.

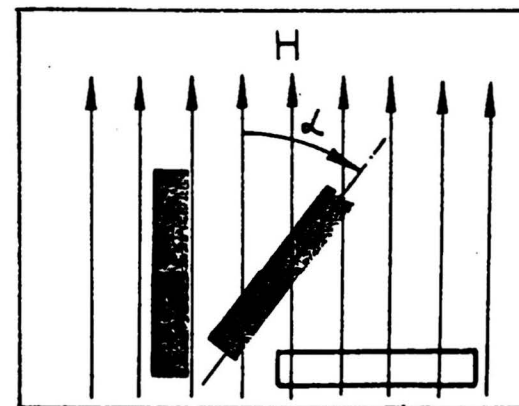
Pored toga, na magnetsku indukciju u brodskom gvožđu utiče kvalitet brodskog gvožđa, a taj kvalitet se karakteriše kao tvrdo, meko ili polutvrdo gvožđe, kao i položaj tog gvožđa prema silnicama indukovane sile.

Indukcija je najveća ako se osa štapa poklapa sa silnicama spoljašnjeg magnetskog polja, a jednaka je nuli, tj. nema indukcije ako je osa štapa vertikalna na smer silnica magnetskog polja.

Radi jednostavnijeg praćenja indukcije totalni intenzitet magnetskog polja Zemlje rastavlja se na horizontalnu (H) i vertikalnu (V) komponentu, pa se i sve gvozdenne mase na brodu predstavljaju kao horizontalni i vertikalni štapovi istog magnetskog delovanja.

Indukcija u horizontalnom gvožđu nastaje pod uticajem horizontalne komponente magnetskog polja Zemlje (H), a zavisi od njene veličine i ugla koji zatvara osa štapa sa magnetskim meridijanom.

Indukcija u vertikalnom gvožđu, kada brod nije nagnut, nastaje pod delovanjem vertikalne komponente magnetskog polja Zemlje (V).



Slika 25. — Indukovani magnetizam u gvozdenom štapu

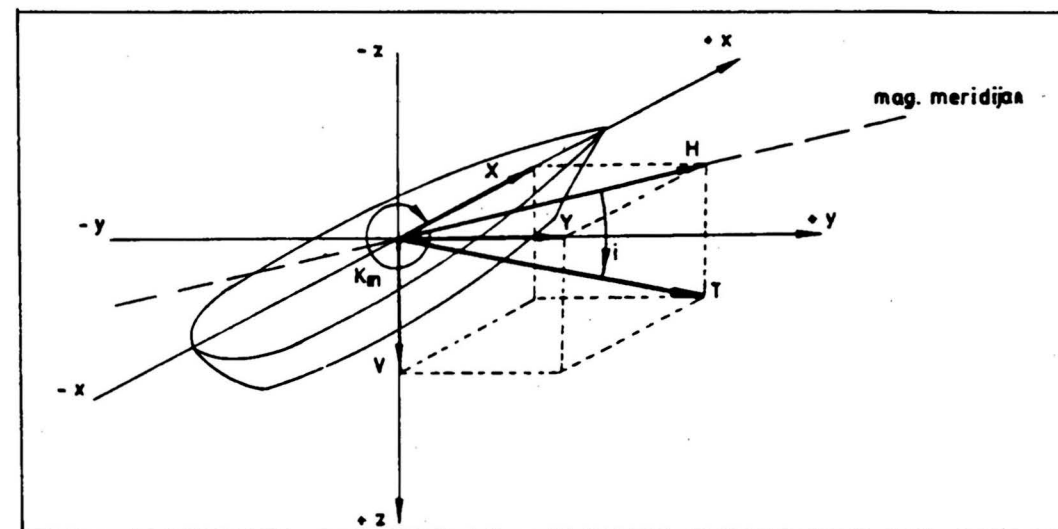
2.6. TEORIJA DEVIJACIJE I KOMPENZACIJA MAGNETSKOG KOMPASA

2.6.1. Nastanak brodskog magnetizma

Brod se kreće u magnetnom polju Zemlje, koje na njega utiče. Materijali od kojih je brod sagrađen različito međusobno deluju s magnetskim poljem Zemlje, a mogu ga pojačavati, slabiti ili ne uticati na njega.

Sve mase od kojih je sagrađen brod, radi lakšeg shvatanja, posmatraju se kao štapovi od istog magnetskog i istog nemagnetskog materijala. Kako je brod sagrađen od raznih vrsta čelika, to će se razmatrati samo njihov uticaj pod nazivom brodsko gvožđe, koje se stalno nalazi u magnetnom polju Zemlje.

Pod uticajem magnetskog polja Zemlje u brodskom gvožđu dolazi do indukcije, koja zavisi od jačine magnetskog polja Zemlje. Indukovana sila jednaka je



Slika 26. — Koordinatni sistem kompas

Brod pri plovidbi menja položaj štapova u odnosu na horizontalnu komponentu, odnosno silnice magnetskog polja Zemlje, pa se menja i indukcija u horizontalnom gvožđu. Zbog toga se njihov uticaj prati u koordinatnom sistemu (slika 26), gde se razmatra delovanje svih sila, a čije je ishodište, na mestu razmatranog kompasa.

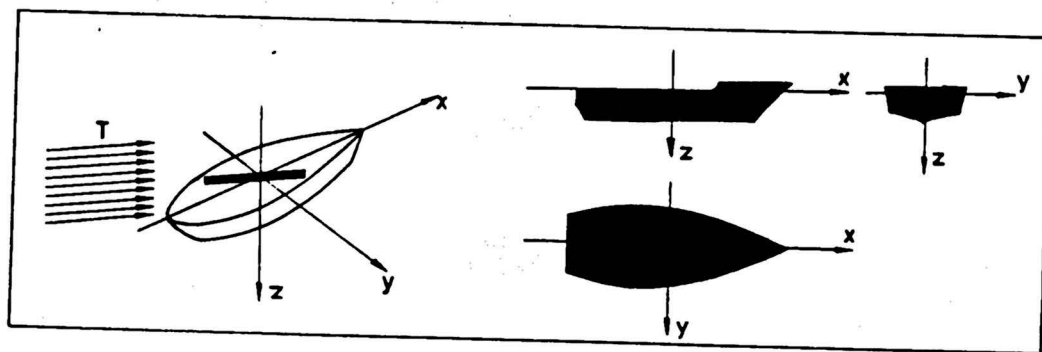
Positivni pravci koordinatnih osa imaju smerove:

— x (uzdužna komponenta) prema pramcu broda,

— y (poprečna komponenta) prema desnom boku i

— z (vertikalna komponenta) prema kobilici broda.

Prema ranijoj definiciji osa x zatvara s magnetskim meridijanom ugao jednak kursu magnetskom (K_m). Zbog toga sila X je pozitivna kad deluje prema pramcu, sila Y je pozitivna kad deluje prema desnom boku i sila Z je pozitivna kada deluje prema kobilici.



Slika 27. — Nastanak stalnog brodskog magnetizma

Koji pol, koje jačine i na kom delu broda se indukuje zavisi od:

— kvaliteta tvrdog gvožđa (u tvrdem gvožđu sporije se indukuje magnetizam, ali se duže zadržava);

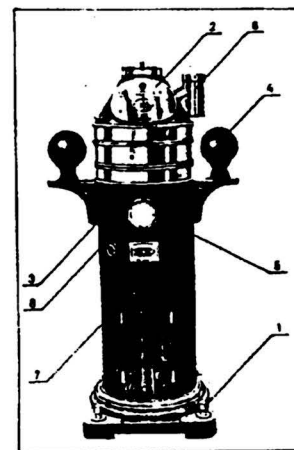
— mase tvrdog gvožđa (veća masa ima veću indukciju i jače delovanje na magnet-ski kompas);

2.6.2. Stalni i promenljivi brodski magnetizam

Stalni brodski magnetizam nastaje u tvrdom gvožđu usled indukcije jačine magnetskog polja Zemlje (T), skoro isključivo za vreme gradnje broda. Za vreme gradnje broda elementi od tvrdog gvožđa podvrgnuti su dugotrajnoj indukciji Zemljinog magnetizma u istom kursu magnetskom (K_m). Indukovani magnetizam ostaje i posle gradnje.

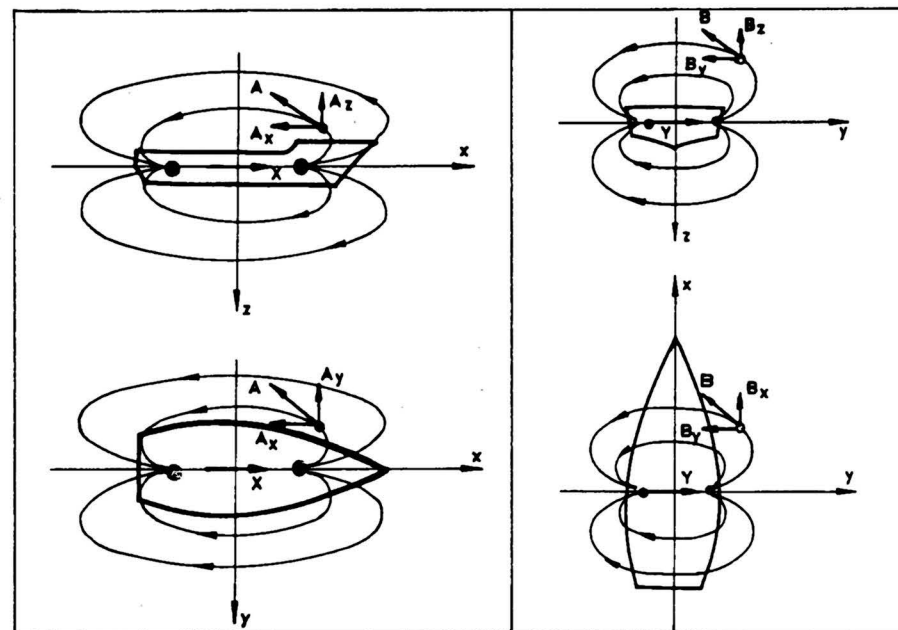
Mehanička i termička obrada pri gradnji pogoduju indukciji, a posle izgradnje trupa i porinuća broda, kao i za vreme opremanja, brod se postavlja u protivkurs magnetski kako bi se bar deo stalnog brodskog magnetskog polja smanjio, a na taj način i njegov uticaj na magnet-ski kompas.

Stalni brodski magnetizam se ispoljava kao stalni magnet sa svoja dva pola, koja leže u smeru silnica magnetskog polja Zemlje. Jasno je da će položaj polova odstupati od horizontalne i vertikalne ravni kroz uzdužnicu broda (zbog kursa gradnje).



Slika 28. — Promenljivi brodski magnetizam

Promenljivi brodski magnetizam nastaje u mekom gvožđu. Pri vožnji u $K_m = 0^\circ$ indukovani magnetizam ima vrednost koja odgovara ordinati tačke A (slika 28), a promenom kursa u krugu od 360° indukovani magnetizam se menja po krivoj liniji ACDE. Očigledno je da se pri promeni kursa magnetskog znatno menja indukovani magne-



Slika 29. — Sile uzdužnog promenljivog brodskog magnetizma

Slika 30. — Sile poprečnog promenljivog brodskog magnetizma

tizam, uključujući i promenu polova. Ta promena nije trenutna, već zaostaje za izvrsnu vrednost u odnosu na promenu jačine magnetskog polja, ali je srednja vrednost indukovanog magnetizma jednaka nuli. Zbog svega toga ovakav se magnetizam i naziva promenljivim, a njegova amplituda promene zavisi od indukujuće sile.

2.6.3. Magnetsko polje broda i kompenzacija

Magnetskim poljem broda naziva se magnetno polje nastalo od stalnog i promenljivog brodskog magnetizma. Drugim rečima, brod se smatra velikim magnetom, a okružuje ga njegovo stalno magnetno polje i niz štapova mekog gvožđa, koje pod dejstvom magnetnog polja Zemlje izaziva promenljivi brodski magnetizam. Da bismo razmotrili uticaj magnetskog polja broda na magnet-ski kompas, potrebno je stalni i promenljivi magnetizam rastaviti na komponente na osi koordinatnog sistema broda (uzdužnog, poprečnog i vertikalnog).

Uzdužno gvožde

Indukovana sila u uzdužnom gvožđu (mekom) računa se po formuli:

$$X = H \cdot \cos K_m, \text{ gde je:}$$

X = indukovana sila u uzdužnom mekom gvožđu,

H = horizontalna komponenta magnetnog polja Zemlje i

K_m = kurs magnetni u kome plovi brod.

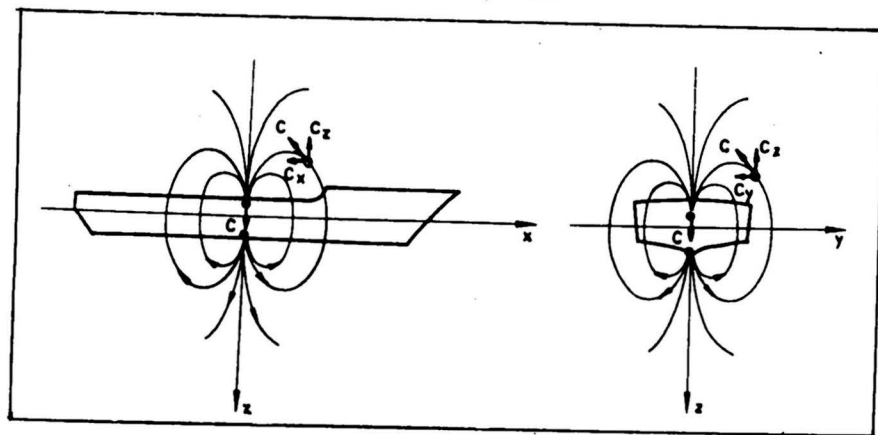
Vektor jačine indukovanog magnetnog polja u nekoj posmatranoj tački (A) može se rastaviti na komponente A_x , A_y i A_z , sukcesivno na koordinatne ose x , y i z .

Analogno tome može se rastaviti i vektor jačine stalnog brodskog magnetizma (L) na komponente L_x , L_y i L_z .

Poprečno gvožde

Indukovana sila u poprečnom mekom gvožđu računa se po formuli:

$$Y = H \cdot \sin K_m.$$



Slika 31. — Sile vertikalnog promenljivog brodskog magnetizma

Analogno tome vektor jačine stalnog brodskog magnetizma tvrdog gvožđa s oznakom N , rastavlja se na komponente N_x , N_y i N_z , koje ne zavise bitno od geomagnetne širine plovidbe.

Ukupno magnetsko polje broda

Dakle, proizilazi da se ukupno magnetsko polje broda na određenoj tački na Zemlji sastoji od:

Sila Y u poprečnom mekom gvožđu indukuje promenljivi magnetizam, čiji se vektor jačine B rastavlja na komponente B_x , B_y i B_z .

Analogno tome vektor jačine stalnog brodskog magnetizma tvrdog gvožđa s oznakom M , rastavlja se na komponente M_x , M_y i M_z , neznatno zavisi od geografske širine i od kursa plovljenja.

Vertikalno gvožde

Indukovana sila u vertikalnom mekom gvožđu jednaka je vertikalnoj komponenti:

$$Z = V = T \cdot \sin i, \text{ gde je:}$$

Z = indukovana sila u vertikalnom mekom gvožđu,

V = vertikalna komponenta magnetnog polja Zemlje,

T = totalni magnetizam Zemlje i

i = inklinacija.

Ova sila indukuje magnetizam jačine polja C , a rastavlja se na komponente C_x , C_y i C_z .

a) promenljivog brodskog magnetizma izazvanog u mekom gvožđu:

- uzdužnom gvožđu A (A_x , A_y i A_z),
- poprečnom gvožđu B (B_x , B_y i B_z) i
- vertikalnom gvožđu C (C_x , C_y i C_z);

b) stalnog brodskog magnetizma, nastalog za vreme gradnje broda, u tvrdom:

- uzdužnom gvožđu L (L_x , L_y i L_z),
- poprečnom gvožđu M (M_x , M_y i M_z) i
- vertikalnom gvožđu N (N_x , N_y i N_z).

Ukupni brodski magnetizam, koji se sastoji od stalnog i promenljivog magnetizma, takođe se rastavlja na komponente na osi x , y i z , a te rezultirajuće komponente su:

$$X_k = A_x + D_x + C_x + L_x + M_x + N_x,$$

$$Y_k = A_y + B_y + C_y + L_y + M_y + N_y \text{ i}$$

$$Z_k = A_z + B_z + C_z + L_z + M_z + N_z.$$

Prva tri sabirka (sa oznakama A , B i C) predstavljaju komponente promenljivog brodskog magnetizma i njihova kompenzacija obavlja se ugradnjom uređaja za kompenzaciju brodskog magnetizma, koji reaguje na svaku promenu kursa broda i

kroz ugrađene zavojke uključuju električnu struju koja stvara magnetno polje suprotno od promene koja nastaje usled promene kursa i izmene indukovanog magnetizma u uzdužnom, poprečnom i vertikalnom mekom gvožđu.

Druga tri sabirka (sa oznakama L , M i N) predstavljaju komponente stalnog brodskog magnetizma s oznakama:

$$\text{— uzdužna komponenta } P = L_x + M_x + N_x,$$

$$\text{— poprečna komponenta } Q = L_y + M_y + N_y \text{ i}$$

$$\text{— vertikalna komponenta } R = L_z + M_z + N_z$$

	UZDUŽNI	POPREČNI	VERTIKALNI
D J E L U J U U X O S I			
D J E L U J U U Y O S I			
D J E L U J U U Z O S I			

Slika 32. — Parametri mekog gvožđa

Pod kompenzacijom stalnog brodskog magnetizma podrazumevaju se postupci kojima se smanjuje ili poništava uticaj određenog magnetskog polja broda na magnetsku ružu radi izjednačavanja smerne sile u svim pravcima, a time se posredno smanjuje i devijacija.

Načelno se uticaj nekog dela magnetnog polja broda kompenzuje izazivanjem magnetskog polja, čiji je uticaj na magnetnu ružu iste jačine, a suprotnog smeru.

Za kompenzaciju stalnog brodskog magnetizma (komponente P i Q), čiji se uticaj na magnetsku ružu može predstaviti uticajem stalnih magneta, s određenim polovima u odnosu na pramac ili krmu i desni ili levi bok, koriste se stalni magneti postavljeni ispod ruže, a u njenoj blizini, sa suprotno razmeštenim polovima.

Uticaj komponente P , koja deluje u uzdužnici broda, kompenzuje se uzdužnim magnetima. Ako je na pramcu formiran plavi pol (+ P komponenta), stalnim magnetom se ostvaruje - P , tj. uzdužni magnet se ispod magnetske ruže postavlja crvenim polom prema pramcu, odnosno plavi pol magneta prema pramcu ukoliko postoji - P komponenta.

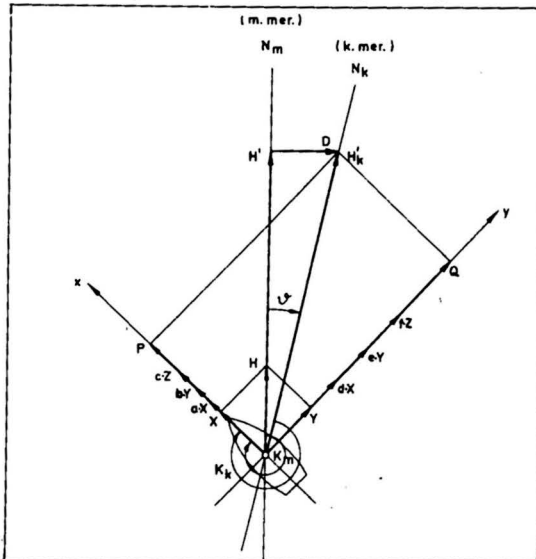
Komponenta Q se kompenzuje analogno istim načelima, ali u poprečnoj osi broda.

2.6.4. Devijacija magnetskog kompasa

Vertikalna komponenta ukupnog magnetskog polja (po osi Z) ne ispoljava delovanje na kompas ukoliko je brod na ravnoj kobilici (bez nagiba), pa se razmatra samo uticaj rezultanti magnetnog polja u horizontalnoj ravni (po x i y osi).

Pod dejstvom magnetskoga polja u horizontalnoj ravni (H'_k) magnetska ruža se usmerava u tom pravcu, koji nazivamo kompasnim meridijanom, a vrednost jačine horizontalne komponente (H'_k) rezultantnog magnetskog polja broda naziva se smernom silom na mestu kompasa. Da ne postoji magnetsko polje broda, ruža kompa-

sa bi se usmerila u pravcu delovanja horizontalne komponente magnetskog polja Zemlje (H), što predstavlja magnetski meridijan (N_m). Ugao između magnetskog meridijana (N_m) i kompasnog meridijana (N_k) na mestu kompasa naziva se devijacija (ϑ) magnetskog kompasa.



Slika 33. — Devijacija i smerna sila

Već su navedene sile koje deluju u horizontalnoj ravni i izazivaju devijaciju magnetskog kompasa i promenu smerne sile, a ukupna devijacija jednaka je zbiru pojedinačnih devijacija koje izazivaju te sile (komponente stalnog brodskog magnetizma P i Q) i parametri promenljivog brodskog magnetizma.

Ukupna devijacija magnetskog kompasa sastoji se od:

a) polukružne devijacije, koja je izazvana:

— uzdužnom komponentom stalnog brodskog magnetizma P , koju karakteriše koeficijent $B^{\circ}1$ i parametrom, koji karakteriše koeficijent $B^{\circ}2$.

Nastala devijacija je:

$$\vartheta = B^{\circ} \cdot \sin K_k, \text{ gde je:}$$

$$B^{\circ} = B^{\circ}1 + B^{\circ}2;$$

— poprečnom komponentom stalnog brodskog magnetizma Q , koju karakteriše

koeficijent $C^{\circ}1$ i parametrom f , koji karakteriše koeficijent $C^{\circ}2$.

Nastala devijacija je:

$$\vartheta = C^{\circ} \cos K_k, \text{ gde je:}$$

$$C^{\circ} = C^{\circ}1 + C^{\circ}2.$$

Ukupna polukružna devijacija data je formulom:

$$\vartheta = B^{\circ} \sin K_k + C^{\circ} \cos K_k;$$

b) pravilne kvadratne devijacije, koje su izazvane simetričnim horizontalnim mekim gvoždem, odnosno parametrom a , koji karakteriše $D^{\circ}a$ i parametra e , koji karakteriše koeficijent $D^{\circ}e$.

Ukupna devijacija nastala parametrima a i e je pravilna kvadratna devijacija koja se izračunava:

$$\vartheta = D^{\circ} \sin 2K_k, \text{ gde je:}$$

$$D^{\circ} = D^{\circ}e - D^{\circ}a;$$

c) nepravilne kvadratne devijacije izazvane nesimetričnim horizontalnim mekim gvoždem i nemagnetskim uzrocima, a izračunava se:

$$\vartheta = A^{\circ} + E^{\circ} \cos 2K_k.$$

Ukupna devijacija stalnog i promenljivog brodskog magnetizma jednaka je zbiru već navedenih:

$$\vartheta = A^{\circ} + B^{\circ} \sin K_k + C^{\circ} \cos K_k + D^{\circ} \sin 2K_k + E^{\circ} \cos 2K_k.$$

Napomena: ova formula devijacije osnova je za proračun devijacije u bilo kom kursu kompasnom ukoliko su poznati koeficijenti A° , B° , C° , D° i E° . Ovo je približna formula devijacije i za srednji nivo školovanja ima informativni karakter, jer bi za potpuno shvatanje bilo potrebno izračunavanje svih parametara, a to je moguće samo na visokim pomorskim školama.

Međutim, za bolje razumevanje izložene problematike moguće je dati približne koeficijente devijacije:

$$A^{\circ} = \frac{1}{8} (\vartheta_N + \vartheta_{NE} + \vartheta_E + \vartheta_{SE} + \vartheta_S + \vartheta_{SW} + \vartheta_W + \vartheta_{NW}),$$

$$B^{\circ} = 0,35 \{[(\pm \vartheta_{NE}) - (\pm \vartheta_{SW})] + [(\pm \vartheta_{SE}) - (\pm \vartheta_{NW})]\},$$

$$C^{\circ} = 0,35 \{[(\pm \vartheta_{NE}) - (\pm \vartheta_{SW})] - [(\pm \vartheta_{SE}) - (\pm \vartheta_{NW})]\},$$

$$D^{\circ} = \frac{[(\pm \vartheta_{NE}) + (\pm \vartheta_{SW})] - [(\pm \vartheta_{SE}) - (\pm \vartheta_{NW})]}{4} i$$

$$E^{\circ} = \frac{[(\pm \vartheta_N) + (\pm \vartheta_S)] - [(\pm \vartheta_E) + (\pm \vartheta_W)]}{4},$$

gde oznake N, NE, E, SE, S, SW, W i NW predstavljaju kurs u kome brod plovi.

2.6.5. Devijacija nagnutog broda

Pri plovidbi, pod uticajem vetra i talasa, brod ne ostaje u horizontalnom položaju, već menja svoj položaj i dolazi do njegove nagnutosti. Kretanje broda oko poprečne ose naziva se **posrtanje**, oko uzdužne ose, **ljuljanje**, a zajedničkim imenom **valjanje broda**.

Pri valjanju koordinatni sistem broda se menja u odnosu na koordinatni sistem kompasa u kome projekcije sile stalnog i promenljivog brodskog magnetizma izazivaju devijaciju.

Usled tih promena dolazi do menjanja indukovane sile u mekom gvožđu, odnosno do promene jačine indukovano magnetizma i njegovog delovanja na magnetsku ružu.

Uzdužna komponenta stalnog brodskog magnetizma P ne izaziva promenu devijacije pri nagnutosti broda, jer je nagib oko uzdužne ose, pa komponenta P ostaje paralelna samoj sebi.

Poprečna komponenta stalnog brodskog magnetizma Q menja svoj položaj u odnosu na kompas i na njega deluje vrednošću $Q \cdot \cos i$ (i je nagib). Ako je nagib manji ili jednak vrednosti do 18° , ne izaziva promene devijacije, a iznad te vrednosti

promene su neznatne i uvek smanjuju devijaciju u odnosu na brod bez nagiba.

Vertikalna komponenta stalnog brodskog magnetizma R , koja ne izaziva devijaciju kod broda bez nagiba, pri nagibu izaziva devijaciju, koja se kompenzuje stalnim magnetima u vertikalnoj osi kompasa, a praktično se realizuje funkcionisanjem nagibnog korektora (sl. 34 u prilogu knjige.)

Promena devijacije koja nastaje zbog nagnutosti broda za neki ugao naziva se **greška nagiba**. Ima pozitivan predznak kad je 0° kompasne ruže otklonjena prema višoj strani broda i obratno.

Kompenzacija greške nagiba vrši se pomoću D-korektora, pomoću Kelvinove vage i približnom metodom.

D-korektori su u obliku kugle i na zadovoljavajući način kompenzuju i devijaciju nagiba, jer se nagnutost broda nagnju i kugle, ali kompasna ruža ostaje vodoravno.

Kelvinova vaga predstavlja inklinacionu iglu (magnetska igla koja se može zakretati oko horizontalne ose) koja se postavlja u smer silnica magnetskog polja u odnosu na horizontalnu ravan.

Ako se Kelvinova vaga iznese na kopno i postavi u magnetski meridijan, inklinaciona igla će se otkloniti od horizontalne ravni za ugao inklinacije. Pomoću malog tegeta igla se vraća u horizontalan položaj, pomicanjem tegeta po inklinacionoj igli i zabeleži položaj tegeta.

Posle toga se Kelvinova vaga postavlja na mesto kotla ispitivanog kompasa, tako da teg na inklinacionoj igli bude u istom položaju kao na kopnu. S obzirom na postojanje vertikalne komponente stalnog brodskog magnetizma, inklinaciona igla neće više biti u horizontalnom položaju, već se pomicanjem nagibnog korektora dovodi da bude horizontalna. Time je kompenzovana vertikalna komponenta, pa neće izazvati nagibnu grešku bez obzira na nagnutost broda.

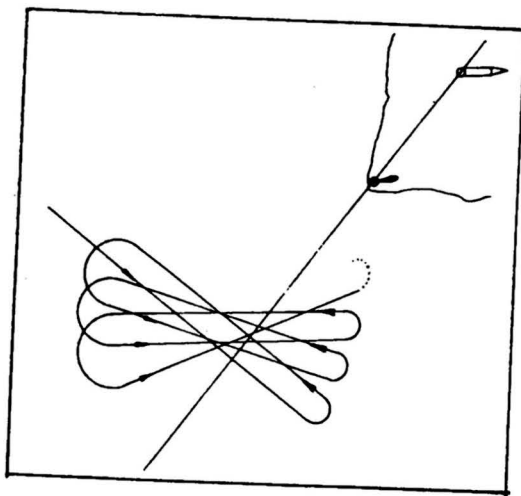
Kada se primenjuje približna metoda kompenzacije nagibne greške, posle izgradnje, nagibni korektor može se postaviti na

određenu visinu prema sličnom brodu koji već ima kompenzovanu nagibnu grešku.

Kada vertikalna komponenta nije kompenzovana ili je nedovoljno kompenzovana, ruža će biti nemirna i tada treba brod postaviti u kurs kompasni $K_k = 0^\circ$ (ili 180°), jer je u njemu uticaj ove komponente najveći i pomicanjem nagibnog korektora nastojati da se umiri magnetska ruža.

2.6.6. Načini određivanja devijacije

Posle kompenzacije magnetskog kompasa i dalje ostaju devijacije malih vrednosti, koje se nazivaju **zaostala devijacija**, a ona kod glavnih kompasa ne sme biti veća od 2° do 3° , a u ostalih magnetskih kompasa ne bi smela preći $5^\circ - 7^\circ$.



Slika 35. — Određivanje devijacije pomoću pokrivenog smera

Da bi se brod sigurno vodio po zadanom kursu, neophodno je tačno poznavati veličinu i predznak devijacije za svaki kurs.

Određivanje devijacije je radnja koja služi da se odredi devijacija u nekoliko kompasnih kurseva radi sastavljanja **tablice devijacija**. Tablica omogućava određivanje devijacije za bilo koji kurs, kompasni ili magnetski.

Devijacija se može odrediti na više načina:

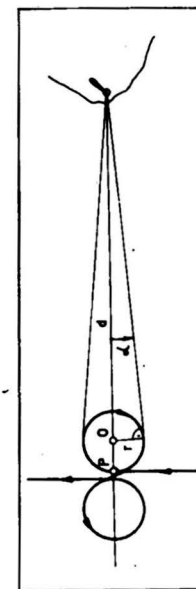
— **pomoću pokrivenog smera**, kada se odabere pogodan pokriveni smer s dovoljno manevarskog prostora koji prelazi u 18 različitih kurseva kompasnih, sa po 20° razlike u krugu od 360° . U momentu prolaska kroz pokriveni smer očita se pramčani ugao pokrivenog smera ili azimut kompasni. Azimut magnetski je za pokriveni smer konstantna vrednost za sve kurseve, a dobije se odbijanjem varijacije od azimuta pravog sa karte;

— **pomoću poznatog azimuta udaljenog terestričkog objekta**. Određivanje devijacije zasniva se na merenju azimuta kompasnog poznatog terestričkog objekta, u 18 različitih kurseva kompasnih, uz promenu kursa za 20° i pretpostavku da se azimut magnetski može smatrati stalnim. Brod se dovodi na poziciju P i započinje jednoličnim okretom na stranu bliže objektu i na svaku promenu kursa za 20° očitava se pramčani ugao ili azimut. Posle završenog merenja preko jedne strane postupak se ponovi i za jednoličan okret preko suprotne strane. Devijacija se izračunava po formuli:

$$\vartheta = \omega_m - \omega_k.$$

Azimut magnetski se dobija iz azimuta pravog koji se očita sa karte;

— **pomoću nepoznatog azimuta udaljenog terestričkog objekta**. Devijacija se određuje ako je stalna devijacija jednaka nuli ili već od ranije poznata. Postupak je identičan prethodnom, ali se ne određuje pozicija P, niti azimut pravi sa karte. Azimut magnetski za okret preko jednog boka dobije se kao srednja vrednost svih kompasnih azimuta ili srednja vrednost svih kompasnih azimuta ispravljenih za koeficijent A° ;



Slika 36. — Manevar broda pri određivanju devijacije pomoću poznatog azimuta udaljenog terestričkog objekta

— **određivanje devijacije pomoću poznatog azimuta nebeskog tela** vrši se uglavnom pomoću Sunca. Brod se okreće preko jednog boka, ali ne jednolično, već u obliku mnogougona. Brod se umiri u zadanom kursu kompasnom vožnjom 3 do 5 minuta, očita se pramčani ugao i vreme očitavanja prema hronometru, i unese u tablice. Posle toga se promeni kurs za 20° i postupak se ponavlja u 18 kurseva, u krugu od 360° .

Pošto se azimut nebeskog tela neprestano menja, potrebno je zabeležiti vreme očitavanja i za to vreme proračunati azimut magnetski;

— **pomoću nepoznatog azimuta nebeskog tela** primenjuje se identična metoda prethodnoj, a umesto azimuta nebeskog tela proračunava se srednji azimut;

— **upoređenjem sa žiro-kompasom** ili drugim magnetnim kompasom čija je devijacija poznata. Ova metoda je jednostavna i često se koristi. Istovremeno se očitava kurs kompasni na žiro-kompasu ili magnetnom kompasu sa poznatom devijacijom i na kompasu nepoznate devijacije.

TABLICA DEVIJACIJA

Brod _____
 Kompas _____
 Datum _____

K_k	ϑ	K_m	K_k	ϑ	K_m
0°	+ 2,3°	2,3°	180°	- 1,7°	178,3°
10°	+ 1,7°	11,7°	190°	- 0,7°	189,3°
20°	+ 1,3°	21,3°	200°	+ 0,3°	200,3°
30°	+ 1,0°	31,0°	210°	+ 1,3°	211,3°
40°	+ 0,5°	40,5°	220°	+ 2,0°	222,0°
50°	+ 0,0°	50,0°	230°	+ 2,7°	232,7°
60°	- 0,7°	59,3°	240°	+ 3,5°	243,5°
70°	- 1,5°	68,5°	250°	+ 4,0°	254,0°
80°	- 2,0°	78,0°	260°	+ 4,3°	264,3°
90°	- 2,7°	87,3°	270°	+ 4,5°	274,5°
100°	- 3,3°	96,7°	280°	+ 4,5°	284,5°
110°	- 3,7°	106,3°	290°	+ 4,3°	294,3°
120°	- 4,0°	116,0°	300°	+ 4,0°	304,0°
130°	- 4,3°	125,7°	310°	+ 3,7°	313,7°
140°	- 4,0°	136,0°	320°	+ 3,5°	323,5°
150°	- 3,7°	146,3°	330°	+ 3,0°	333,0°
160°	- 3,3°	156,7°	340°	+ 2,7°	342,7°
170°	- 2,5°	167,5°	350°	+ 2,5°	352,5°
180°	- 1,7°	178,3°	360°	+ 2,3°	2,3°

Mesto: $\varphi =$ _____
 $\lambda =$ _____

Potpis _____

Proračun za ostale kurseve vrši se interpolacijom između navedenih podataka.

2.6.7. Kontrola devijacije

Devijacija se mora kontrolisati u svakom novom kursu, a bar jednom u toku straže, ako brod plovi u istom kursu. Pored toga, devijacija se kontroliše:

- kada je brod dugo bio u istom kursu u vožnji ili u luci;
- pre ulaska u teško navigacijsko područje, i to u kursevima u kojima će se ploviti kroz teško navigacijsko područje;
- kad god postoji sumnja u vrednost devijacije u tabelama.

U načelu se devijacija može kontrolisati istim metodama kao i pri njenom određivanju, a posebno se primenjuje kontrola:

- pomoću pokrivenog smeru, kada se primenjuje isti metod kao i pri određivanju devijacije, s tim što se kroz pokriveni smer prolazi samo jednom, i to u kursu plovljenja;
- pomoću poznatog azimuta nebeskog tela, a najčešće pomoću:
 - azimuta Sunca ili Meseca u bilo kom času,
 - Sunca u trenutku izlaska i zalaska,
 - zvezde Severnjače i
 - zvezde koja ima malu visinu;

- metodom upoređenja sa žiro-kompasom ili magnetskim kompasom čija je devijacija poznata, što predstavlja jednostavnu i brzi metodu. Istovremeno se očitava kurs kompasa čija se devijacija kontroliše i kompasa čija je devijacija poznata. Tada se kontrolisana devijacija dobije na sledeći način:

za žiro-kompas za magnetski kompas

$$\begin{array}{r} K_z = \\ + \vartheta_z = \end{array} \qquad \begin{array}{r} K_{k1} = \\ - \vartheta = \end{array}$$

$$\begin{array}{r} K_p = \\ - K_k = \end{array} \qquad \begin{array}{r} K_m = \\ - K_k = \end{array}$$

$$\begin{array}{r} K_u = \\ - \text{var} = \end{array} \qquad \begin{array}{r} \vartheta_k = \end{array}$$

gde je:

- K_z = kurs žiro-kompasa,
- ϑ_z = devijacija žiro-kompasa,
- K_p = kurs pravi,
- K_k = kurs kompasni,
- K_u = ukupna popravka ($\omega_p - \omega_k = K_u$),
- var = varijacija,
- ϑ_k = devijacija kontrolisanog kompasa,
- K_{k1} = kurs kompasa poznate devijacije,
- ϑ_1 = poznata devijacija,
- K_m = kurs magnetski.

2.6.8. Pretvaranje i ispravljanje kurseva i azimuta

Pretvaranje i ispravljanje kurseva i azimuta vrši se prema sledećim formulama:

- pretvaranje i ispravljanje kurseva:

$$\begin{array}{l} K_p = K_k + (\pm k_u) \\ K_m = K_p - (\pm \text{var}) \\ K_k = K_p - (\pm \text{var}) - (\pm \vartheta) \\ k_u = K_p - K_k \end{array}$$

$$\begin{array}{l} k_u = (\pm \vartheta) + (\pm \text{var}) \\ \vartheta = K_m - K_k; \end{array}$$

- pretvaranje i ispravljanje azimuta:

$$\begin{array}{l} \omega_p = \omega_k + (\pm k_u) \\ \omega_m = \omega_p - (\pm \text{var}) \\ \omega_k = \omega_p - (\pm K_u) \\ k_u = \omega_p - \omega_k \\ \vartheta = k_u - (\pm \text{var}) \\ \vartheta = \omega_m - \omega_k. \end{array}$$

Za pretvaranje kurseva potrebno je znati devijaciju kompasa (ϑ) i varijaciju (var). Zbir te dve vrednosti daje **ukupan popravak kompasa** (k_u) koji predstavlja ugao između pravog i kompasnog meridijana. Varijacija se dobije iz pomorske karte, a devijacija iz tablica devijacije.

Praktično je sve kurseve i azimute ispravljati s ukupnom popravkom, osim kada se kurs pravi (K_p) pretvara u kurs kompasni (K_k), jer je tada potrebno K_p pretvoriti i K_m (koristeći varijaciju), a zatim pomoću devijacije izračunati K_k .

Glavne formule za pretvaranje kurseva i azimuta po žiro-kompasu su:

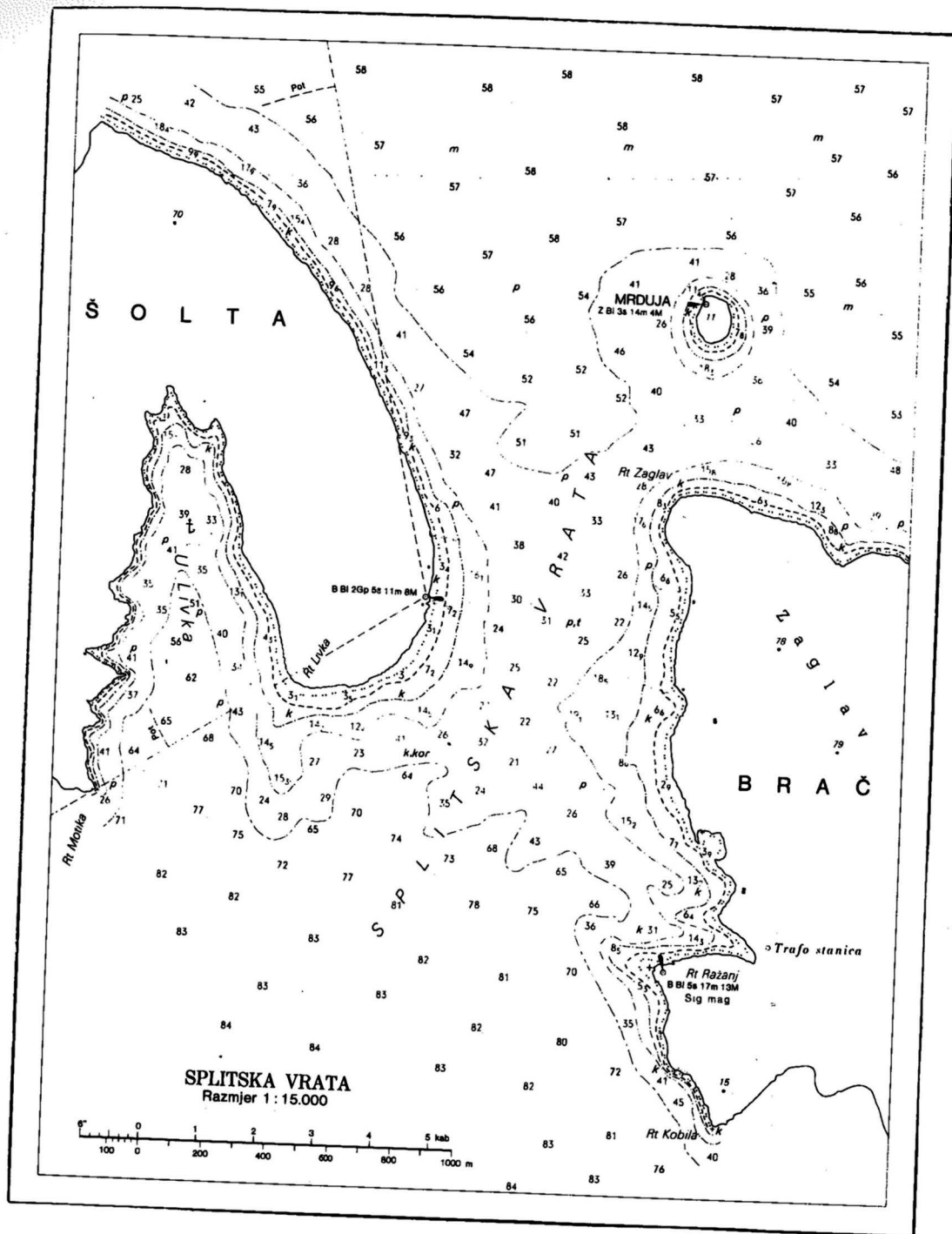
$$\begin{array}{l} K_p = K_g + (\pm \vartheta_g) \\ K_g = K_p - (\pm \vartheta_g) \\ \vartheta_g = K_p - K_g \\ \omega_p = \omega_g + (\pm \vartheta_g) \\ \omega_g = \omega_p - (\pm \vartheta_g) \\ \vartheta_g = \omega_p - \omega_g \end{array}$$

gde znak g znači da taj podatak pripada žiro-kompasu.

2.7. POMORSKE KARTE I PRIRUČNICI ZA NAVIGACIJU

2.7.1. Podela pomorskih karata po nameni i konstrukciji

Pomorske karte koriste se u pomorstvu za vođenje navigacije i mogu se podeliti u tri osnovne grupe:



Slika 37. — Plan Splitskih vrata sa pomorske karte 100-21

— **navigacijske karte**, koje služe za ucrtavanje kurseva i pozicija broda, a dele se na opšte i specijalne. Opšte služe za neposrednu orijentaciju i vođenje broda, a u specijalne spadaju one za vođenje radio-navigacije;

— **pomoćne karte**, to su: radarske, okosnice (karte koje služe u školske svrhe), bele karte (bez kopna) i gnomonske. Posebnu vrstu predstavljaju slepe karte, koje služe u pedagoške svrhe;

— **informativne karte**, pružaju korisne informacije, tu spadaju pilotske, karte vezova, zvezdane karte i sl.

Pored pomorskih karata izrađuju se i **planovi**, koji su, u stvari, karte krupnog razmera i pokazuju detaljno vrlo maleni deo mora i obalnog kopna. Mogu biti štampani kao posebne karte ili su češće prikazani na drugim kartama sitnijeg razmera. Planovi su praktično bez deformacija.

Karte se mogu podeliti i po drugim karakteristikama (prema karakteru deformacija, prema načinu konstrukcije itd.).

2.7.2. Razmer karte

Zemlja je nepravilna kugla spljoštena na polovima i takav oblik se ne može izučavati u matematičkom smislu, pa se zamenjuje sa obrtnim elipsoidom, a u navigacijskoj praksi se često Zemlja posmatra kao kugla čija je površina jednaka površini elipsoida.



Slika 38. — Razmer pomorske karte daje se na karti, obično na mestu gde je ubeleženo ime karte

Prilikom konstrukcije karata, odnosno pri proračunu kartografskih projekcija, površina obrtnog elipsoida se prividno smanjuje u zadatom odnosu i prikazuje na ravni. Stalan odnos smanjivanja naziva se **glavni razmer**, i treba da bude uočljivo ispisan na karti. Glavni razmer bitno utiče na postupak njene konstrukcije. On izražava odnos smanjivanja dužina, a uslovno i odnos smanjivanja površine.

Brojčani razmer je glavni razmer na karti. Predstavljen je brojčanim odnosom (npr. 1:100.000, što znači da jedan centimetar na karti predstavlja 100.000 centimetara u prirodi).

U navigacijskoj praksi za merenje daljine ne upotrebljava se razmer, već se udaljenost isključivo meri na Merkatorovoj karti na podeli geografske širine u minutama luka meridijana, što odgovara udaljenosti 1 M (milje).

Na nekim kartama je ucrtan i **linearni razmer** koji se koristi za merenje udaljenosti šestarom u miljama, kablovima i metrima.

Dužinski razmer se upotrebljava na kartama krupnog razmera ili planovima, a za potrebe nekih uređaja.

2.7.3. Podela kartografskih projekcija

Kartografske projekcije predstavljaju uslovljene konstrukcije mreže meridijana i paralela, koje služe kao osnova za izradu karte. Od navigacijske karte se traži da omogućava lako crtanje loksodrome kao prave linije, lako merenje uglova, koji treba da odgovaraju uglovima u prirodi, i merenje udaljenosti. Od nekih pomoćnih karata se traži da ortodroma bude prava linija, ili da se svi veliki krugovi prikažu kao kružnice.

Sve kartografske projekcije, prema deformacijama koje nastaju kada se kuglasta površina prikaže na ravni, mogu se podeliti na: konformne, ekvivalentne, ekvidistantne i proizvoljne.

U konformnoj karti sačuvana je sličnost površina i uglovi u prirodi odgovaraju uglovima na karti.

Ekvivalentna projekcija čuva jednakost površina, ali uglovi na karti ne odgovaraju onima u prirodi.

Ekvidistantna projekcija zadržava jednakost dužina, ali samo u određenom smeru.

Proizvoljne su sve druge projekcije koje ne spadaju u jednu od tri navedene.

Idealna karta bila bi konformna, ekvivalentna i ekvidistantna, što je u praksi nemoguće postići.

Kartografska mreža se može nacrtati grafičkim i računskim putem. Računski put je tačniji, ali duži.

Zemlja kao kugla može se projektovati na cilindar, ravan ili konus.

Cilindar može seći Zemlju ili je tangirati.

Ravan može tangirati Zemlju u jednoj tački ili prolaziti kroz njeno središte.

Konus može seći Zemlju po dve paralele ili je tangirati po jednoj paraleli.

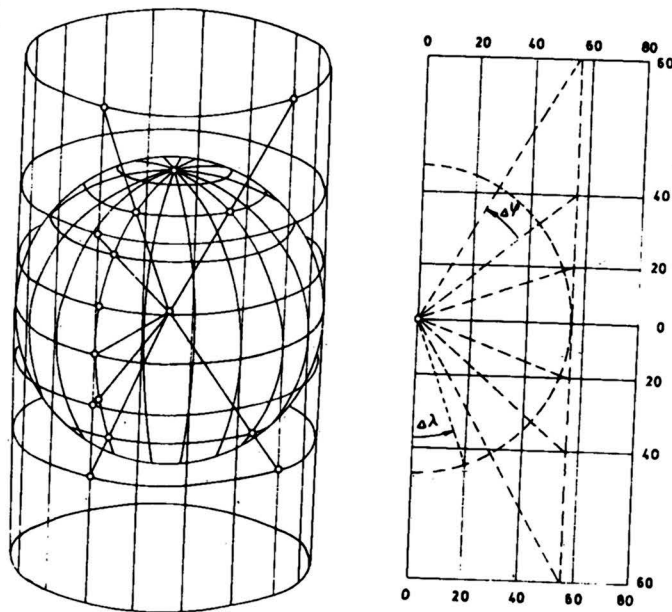
Zavisno od položaja cilindra i ose Zemlje cilindrične projekcije mogu biti uspravne, poprečne i kose.

Cilindrična projekcija je osnova iz koje se razvila Merkatorova karta koja se upotrebljava kao navigacijska karta opšte i posebne namene, i loksodroma je na njoj prava linija.

Gnomonske karte isključivo služe za crtanje ortodrome, koja je na njima prikazana kao prava linija.

2.7.4. Merkatorova karta

Razvijen plašt cilindra, koji predstavlja umanjenu kuglu Zemlje tangiranu na ekvatoru (osa Zemlje i cilindra se podudaraju), i na koji su iz središta kugle projicirane



Slika 39. — Cilindrična projekcija

rane tačke na Zemlji — naziva se cilindrična projekcija.

Na ideju da konstruiše takvu kartu došao je 1569. godine holandski kartograf Merkator, koji je zadržao deo cilindrične projekcije, to jest da se meridijani dobiju projekcijom, a time je razvlačenje paralela ostalo proporcionalno $\sec \varphi$. Razmak između paralela se ne dobija projektovanjem nego proračunom, meridijani se razvlače proporcionalno $\sec \varphi$.

Ova karta ne odgovara ako se želi da prikaže površina cele Zemlje, jer su predeli oko polova veoma razvučeni, sam pol je u beskonačnosti.

2.7.5. Uvećane ili Merkatorove širine

Mnogo manje razvlačenje dobija se ako cilindar ne tangira Zemlju na ekvatoru, nego je seče na nekoj paraleli, a ta geografska širina na kojoj cilindar seče Zemlju na-

ziva se konstrukcijska širina (φ_k), tj. konstrukcijska paralela. Na konstrukcijskoj paraleli nema razvlačenja, pa je glavni razmer jednak delimičnom, a kako u većini slučajeva navigacijska karta zahvata samo mali deo površine Zemlje, to će i delimični razmer biti bliži glavnom razmeru na svakoj tački karte.

Praktično se karte, izuzev karte celog sveta, proračunavaju i crtaju za neko φ_k koje prolazi kroz sredinu karte. Izuzetno φ_k može biti i neka druga paralela, pa čak i paralela van karte, ako se traži mogućnost spajanja u veće celine, pošto se mogu spajati samo karte iste φ_k i istog razmera.

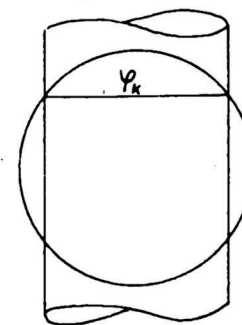
Merkatorova karta je konformna, što se zaključuje posmatranjem trougla na Zemlji i na Merkatorovoj karti.

2.7.6. Konstrukcija mreže Merkatorove karte

Za plovidbu po okeanu potrebna je karta relativno krupnog razmera za crtanje kurseva i određivanje pozicija. Karta koja u svom zahvatu nema kopna nego samo paralele i meridijane naziva se bela karta. Na takvoj karti paralele su određene. U praksi se koriste dva načina konstrukcije belih karta. Sve karte mogu da se konstruišu u istoj razmeri, a razmak između meridijana je na svakoj karti drugačiji. Drugi način

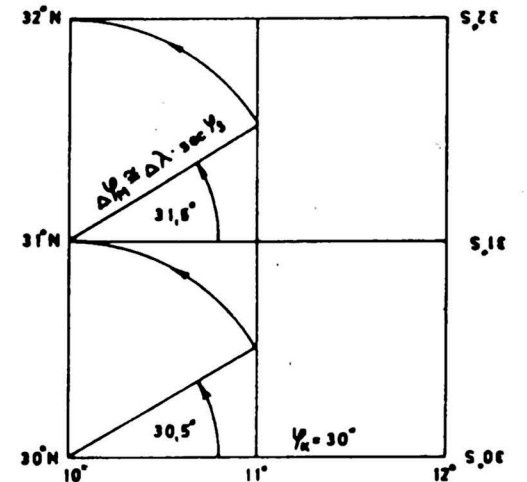
konstrukcije odlikuje se time što je razmak između meridijana na svakoj karti isti (na beloj karti SAD imaju razmak $1^\circ = 4$ inch). U ovom drugom načinu konstrukcije zahvat po širini je različit, dok je razmer na svakoj karti drugačiji. Paralele i meridijani na tim kartama ucrtani su za svaki stepen.

Bela karta se može konstruisati i



Slika 40. — Pojam konstruisane širine Merkatorove karte

bez zadavanja glavnog razmera, tako što se proizvoljno odredi razmak između meridijana (u praksi obično $\Delta\lambda 1^\circ = 100$ mm).



Slika 41. — Grafička konstrukcija Merkatorove karte

Ovaj problem se može rešiti i grafički tako što se povuče linija pod uglom φ_s od preseka meridijana i donje paralele do preseka sa susednim meridijanom. Iz dobijene tačke šestarom se zaseče meridijan u kojem je teme ugla φ_s , kroz dobijenu tačku povuče se sledeća paralela. Dužina linije ugla φ_s je, u stvari, $\Delta\lambda \sec \varphi_s = \Delta\varphi_M$ (mm). Za $\Delta\varphi_M$ do 1° tačnost je ista kao i u tablicama Merkatorovih širina za Zemlju kao kuglu za sve φ od 0° do 60° sa $0,1$ mm tačnosti, što u praksi potpuno zadovoljava.

2.7.7. Loksodroma i ortodroma na Merkatorovoj karti

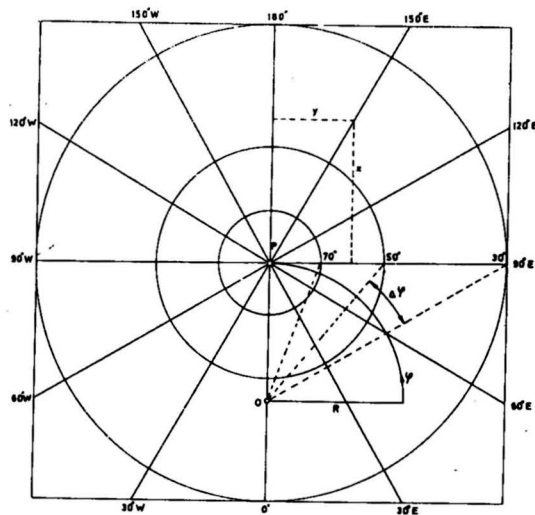
Važna osobina Merkatorove karte jeste mogućnost da se loksodroma (koja je na Zemlji spirala) može nacrtati kao prava linija.

2.7.8. Gnomonska karta

Kod svih gnomonskih projekcija zajedničko je da je tačka Q u središtu Zemlje, a projekcijska ravan dodiruje Zemlju u tački Z₀. Formule za sve gnomonske karte dobijaju se uvrštavanjem $D = 0, L = R$ u formule:

$$x = \frac{R (\cos \varphi_0 \sin \varphi - \sin \varphi_0 \cos \varphi \cos \Delta \lambda)}{\sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos \Delta \lambda}$$

$$y = \frac{R \cdot \cos \varphi \sin \Delta \lambda}{\sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos \Delta \lambda}$$

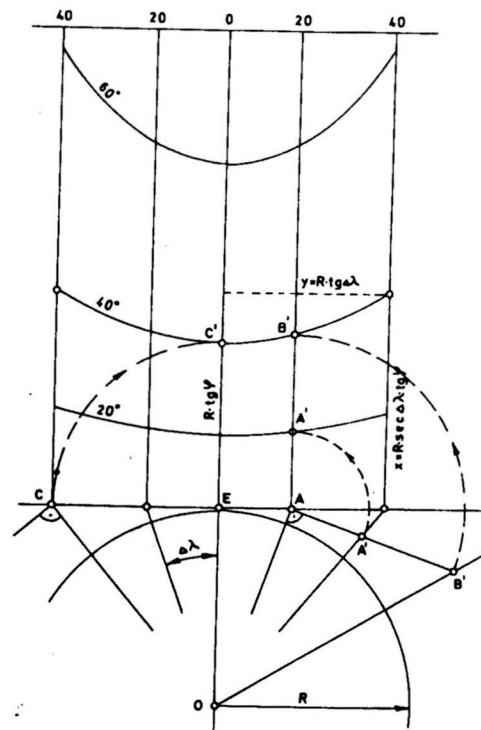


Slika 42. — Gnomonska polarna projekcija

Gnomonska polarna projekcija se koristi za prikazivanje polarnih predela u navigaciji i za prikazivanje položaja zvezda i sazvežđa koja imaju deklinaciju veću od 60°. Kako su meridijani pravci, a paralele kružnice, ne računaju se pravougaone koordinate, nego se računa radijus paralela, a grafički se konstruiše na sledeći način: u tački O nacrtaju se četvrtina kruga radijusa R, a u tački P povuče se tangenta koja se preseca zracima Δφ iz tačke Q do tačke P. Dobijene tačke na tangenti predstavljaju ra-

dijuse paralela. Meridijani se zrakasto šire iz pola pod uglovima Δλ.

Gnomonska ekvatorijalna projekcija upotrebljava se za prikazivanje okeana, a u navigaciji posebno za prenos tačaka ortodrome na Merkatorovu kartu.

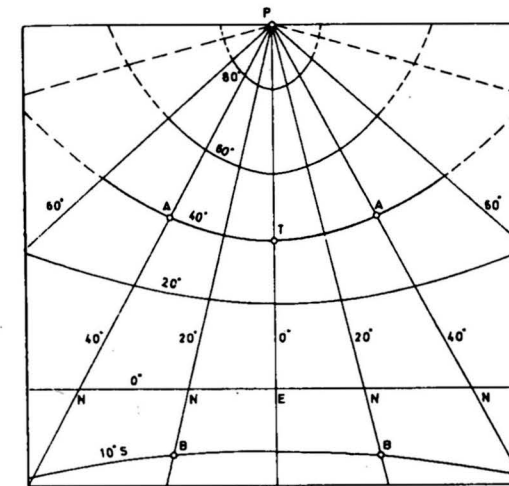


Slika 43. — Gnomonska ekvatorijalna projekcija

Grafička konstrukcija se izvodi na sledeći način. Iz tačke O nacrtaju se kružnica radijusa R, a pravac OE je dodirni meridijan. Tangenta u tački E je ekvator. Kružnica se podeli na vrednosti Δλ, a dobijeni zraci seku ekvator u tačkama A, C, ... kroz koje povlačimo meridijane kao paralelne pravce. Kroz presečene tačke zraka Δλ i ekvatora crta se okomica, koja seče druge zrake Δλ. Dobijene tačke A', B', ... služe za konstrukciju paralela, tako što ih zarotiramo oko

tačke na ekvatoru do preseka sa meridijanom.

Ovako dobijena karta simetrična je u odnosu na ekvator i dodirni meridijan, tako da se svaki put dobiju četiri tačke. U praktičnoj konstrukciji mogu se krug R i ekvator crtati odvojeno, a elementi se prenose na kartu.



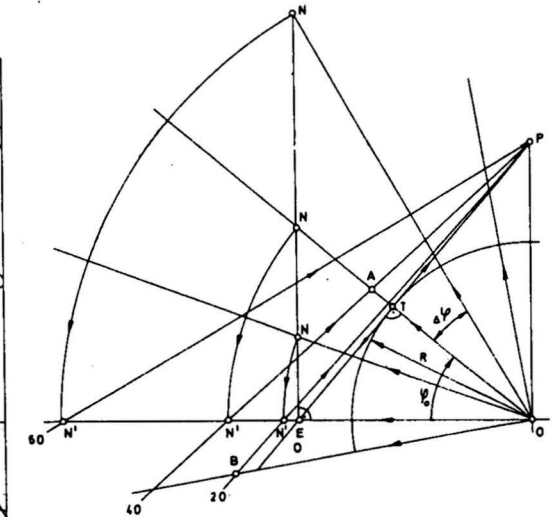
Slika 44. — Gnomonska horizontalna projekcija

Gnomonska horizontalna projekcija dobije se tako što se izračunava niz tačaka x i y, čijim spajanjem se dobija mreža paralela i meridijana. Moguće je i grafički dobiti ovu kartu, a gotova karta ovog tipa prikazana je na slici 43.

I sve ostale projekcije mogu se dobiti računski i grafički, ali kao primer konstrukcije karata dovoljno je i izučavanje navedenih konstrukcija.

Ovo je jedan od mogućih načina projektovanja gnomonske karte, a postoje još:

- gnomonska horizontalna projekcija,
- stereografska polarna projekcija,
- stereografska ekvatorijalna projekcija,
- stereografska horizontalna projekcija itd.



2.7.9. Topografski i hidrografske znaci na pomorskim kartama

Na pomorskim kartama i publikacijama koriste se određeni znaci i skraćenice, koje služe za skraćivanje teksta, pojednostavljenje prikaza određenih podataka i sl. Svi znaci nisu navedeni u legendi karte, pa ih je potrebno poznavati, da bi se karta ili publikacija uspešno koristile.

SKRAĆENICE

Skraćenica	Značenje	Skraćenica	Značenje
B, b	beli	L., l	luka
Bl	blesak	m	mulj (na karti), metar (u tekstu)
BRT	bruto-registar-tona	M.	mali
Cc	crveno	M	morska milja
Cr	crno	N	sever, severni
čv	čvor	Nar	narandžasto
d.	depeša	NE	severoistok
Dop.	dopuna	NG	nautički godišnjak
dr	draga	NW	severozapad
E	istok, istočni	NAVAREA	međunarodni radio- oglasi za otvoreno more
EdF	Elenci dei fari- Genova	O, o	ostrvo, ostrvce
Gr, gr	greben	OZP	oglas za pomorce
Gor	gornji	Oi	ostrva, ostrvca
Gp.	grupa	p	pesak
HI	hidrografski institut	P	prethodni
IMO	Međunarodna pomorska organizacija	PS	popis svetionika
Izd.	izdanje	Pl.	plutača, plutajuća oznaka
Izo	izofazno	pilot. st.	pilotska stanica
JRM	Jugoslovenska ratna mornarica	Pk	prekid, na prekide
J.	jezero	Plić.	pličina, pličak
k	kamen	Pm	promenljivo
kab.	kabl	Pol., pol.	poluostrvo
km	kilometar	Pot	potamnjeno
kor	koral	prib.	približna pozicija
Kan., kan.	kanal	Svj. pl.	svetleća plutača
L. pl.	lučki plan	str.	stranica
Pv	plavo	SW	jugozapad
C	kružni radio-far	š	šljunak
RC	radio-goniometrijska stanica	šk	školjke
RO	navigacijski radio- oglas	T	privremen
S	jug, južni	t	trava (na karti), tona težine (u tekstu)
s	sekunda	tač.	tačka
sekt.	sektor	U., u.	uvala
SE	jugoistok	V.	veliki
SEV	srednjoevropsko vreme	Vert.	vertikaln
SGV	srednjogriničko vreme	Zal., zal.	zaliv
Sj.	sjaj	Z, z	zeleno
Sv.	sveti	Zat., zat.	zaton
		Žt, ž	žuto, žuta
		W	zapad, zapadni podrtina
		Wk	

OZNAKE NA POMORSKIM KARTAMA

	Sidrište za velike brodove		Svetlo sa sektorom
	Sidrište za male brodove		Svetleća plutača
	Zabranjeno sidrenje		Valjkasta plutača
	Mesto za ukrcaje vode; Hidrant		Čunjasta plutača
	Bitva (na kopnu, u vodi, uz obalu)		Sferična plutača
	Dizalica		Plutača oblika motke
	Vlaka (navoz) na tračnice		Plutača sa stupom
	Vlaka; Navoz		Plutača sa znakom na vrhu
	Zabranjeno područje		Plutača desne strane
	Žičana željeznica Vazdušni kabel		Plutača leve strane
	Dalekovod visokog napona		Plutača nad usamljenom opasnosti
	Priključak za struju		Plutače za vez
	Marina		Plovak
	Vodovod; Cevovod		Plutajuća oznaka
	Most		Usadena oznaka (u vodi; na kopnu)
	Okretni most		Znak na vrhu
	Visina prolaza ispod mosta		Stupovi; Kolci; Motke; Letve (u vodi; na kopnu)
	Crkva; Kapela		Zidana oznaka (u vodi; na kopnu)
	Spomenik		Nasukana podrtina kojoj se vidi deo trupa ili nadgrada
	Ruševine (naselja, kuća i uočljivih objekata)		Nasukana podrtina vidljiva za vreme niske vode
	Kula; Toranj		Podrtina iznad koje je dubina
	Dimnjak		Podrtina čija je dubina nadena dragiranjem
	Voda; Vodovodna kula; Tank za vodu		Granica opasnosti
	Tank za naftu, Tekuće gorivo		Podvodni kabl
	Priključak za tekuće gorivo		Granica prostora za vojne vežbe
	Česma		k Kamenje
	Svetlo; Svetionik		p Pesak; Pržina
			m Mulj; Muljevit
			s Šljunak

2.7.10. Priručnici za navigaciju

Za sigurno vođenje navigacije, pored pomorskih karata, izdaju se mnogobrojne navigacijske publikacije u kojima se objavljuju uputstva i informacije o sigurnoj plovidbi. Ovi priručnici se koriste u pripremi za plovidbu i za vreme plovidbe i uvek moraju biti u ažurnom stanju, što se postiže izdavanjem periodičnih dopuna u oglasima za pomorce.

Peljar daje smernice za izbor rute, osnovna uputstva za sigurnu plovidbu, podatke o orijentaciji, vremenskim prilikama, strujama i morskim menama, kao i uputstva za plovidbu u uskim kanalima i područjima opasnim za plovidbu. Tu se nalaze i podaci o lukama, uvalama i sidrištima, kao i podaci o skloništim za brodove. Tu su i podaci za prolaženje, uplovljenje, boravak, isplavljenje i pružanje raznovrsnih usluga, i pomorsko-pravni propisi. Koristi se istovremeno sa pomorskom kartom, popisom svetionika i drugim navigacijskim publikacijama.

Hidrografski institut izdao je *Peljar I* (Jadransko more — istočna obala), *Peljar II* (Jadransko more — zapadna obala) i *Peljar Jonskog mora i Malteških otoka*. Svaki sadrži:

— uvodni deo sa objašnjenjima i grafičkim pregledima, i tumač stranih reči;

— opšti deo, koji obuhvata hidrometeorološke i navigacijske podatke, važna obaveštenja za pomorce i važnije pomorsko-pravne propise;

— glavni deo, koji obuhvata opis obale i podatke o lukama, zalivima i kanalima;

— dodatni deo, u kome se nalazi abecedni popis naziva, priloga i slika, tablica, planova i panorama.

Peljari se održavaju u ažurnom stanju preko *Mesečnih dopuna*, koje izlaze svakog meseca i *Oglasa za pomorce*.

Popis svetionika pruža podatke o svetionicima, obalskim i lučkim svetlima, svetlećim plutačama, brodovima-svetionicima, pomorsko-vazduhoplovnim svetionicima i svetlima.

Nautičke tablice sadrže skup tablica koje se koriste pri rešavanju zadataka iz navigacije, zatim pretvaranje mera i niz matematičkih tablica. Sastoje se od:

— objašnjenja tablica i kratkog uputstva za korišćenje svake tablice s jednim primerom,

— pregleda važnijih matematičkih formula,

— tablice za terestričku navigaciju,

— tablice za astronomsku navigaciju,

— matematičkih tablica,

— hidrometeoroloških tablica,

— opštih tablica i pregleda.

Baze za merenje brzine broda i poligoni za kompenzaciju magnetskog kompasa daju uputstva za rad na navedenim poligonima, a dat je i grafički prikaz oznaka na poligonima radi lakšeg i bržeg pronalaženja i identifikacije.

Daljinar Jadranskog mora pruža podatke o udaljenostima između važnijih luka i sidrišta.

Nautički godišnjak daje podatke o nebeskim telima koja se koriste u astronomskoj navigaciji, a sadrže efemeride Sunca, Meseca, Venere, Marsa, Jupitera i Saturna, zatim satni ugao prolećne tačke za svaki dan, kao i vreme Sunčevog i Mesečevog izlaska i zalaska. Sadrži i koordinate 54 navigacijske zvezde za svaki prvi dan u mesecu. U trećem delu je uputstvo za korišćenje *Nautičkog godišnjaka*, a u četvrtom interpolacione tablice.

Grafikon izlaska i zalaska Sunca i Meseca daje grafičke podatke o zonskom vremenu izlaska i zalaska Sunca i Meseca za područje Jadranskog mora, kao i trajanje sumraka i vremena postizanja SE, S i SW azimuta Meseca.

Tablice za rešavanje sfernog trougla služi za rešavanje pojedinih elemenata sfernog trougla, najčešće azimut u visinu nebeskog tela.

Identifikator zvezda služi za identifikaciju sjajnijih nebeskih tela, u cilju pronalaženja njihovog imena ako je nepoznato.

Radio-navigacijska služba, koju izdaje Hidrografski institut Ratne mornarice, daje podatke o radio-farovima, radio-gonio-

metrijskim stanicama, obalskim radio-stanicama, sanitetskoj radio-službi i radio-telegrafskim obaveštenjima o karantinu, VHF službi i emitovanju tačnog vremena, meteorološkoj službi, a daje i navigacijske radio-oglasne.

Radarske panorame predstavljaju radarske slike naše obale, s tačno naznačenim koordinatama.

Tablice morskih mena daju podatke za proračun nastupa visokih i niskih voda, njihovu visinu, redukciju izmerene dubine na nivo karte i struje morskih mena.

Znaci i skraćenice na pomorskim kartama daju znake i skraćenice koje se koriste na kartama, a podeljene su u 21 grupaciju.

Katalog pomorskih karata i navigacijskih publikacija daje sve karte i publikacije koje izdaje Hidrografski institut Ratne mornarice.

Ogasi za pomorce su mesečna publikacija koja pruža važnija obaveštenja za održavanje ažurnosti pomorskih karata i ostalih navigacijskih publikacija u izdanju Hidrografskog instituta Ratne mornarice.

Oglas za pomorce sadrži: oglase (na osnovu kojih se ispravljaju pomorske karte, obuhvata nove publikacije karata i knjiga i druge vesti važne za pomorce); navigacijske radio-oglasne i oglase NAVAREA (oni koji su na snazi), a inače se radio-oglasni primaju svakodnevno; ispravke publikacija.

Radio-oglasni sadrže promene i druge informacije o sigurnosti plovidbe, koje zbog svoje važnosti moraju biti saopštene u što kraćem vremenu, ne čekajući *Oglas za pomorce*.

Radio-oglasni se mogu podeliti u tri grupe:

— obalski radio-oglasni za promene u unutrašnjim vodama i teritorijalnom moru;

— NAVAREA, kao koordinirani svetski sistem radio-navigacijskih oglasa za pomorce koji su zajednički organizovale Međunarodna pomorska i Međunarodna hidrografska organizacija;

— NAVTEX, kao novi koordinirani sistem za automatski prijem navigacijskih radio-oglasa, vremenske situacije i prognoze i ostalih informacija.

II RAZRED

2.8.1. Načini merenja prevaljenog puta i brzine

Poznavanje brzine i prevaljenog puta preduslov je za tačno vođenje navigacije.

Daljina predstavlja rastojanje između pozicije polaska i pozicije dolaska.

Prevaljeni put predstavlja deo daljine koju brod prevali za neko vreme.

Daljina i prevaljeni put mere se u miljama (M), a ređe u kablovima (kbl), metrima (m) i kilometrima (km).

Brzina (b) je prevaljeni put u jedinici vremena (jedan čas), a meri se u čvorovima ($\check{c}v$), izuzetno u metrima u sekundi (m/s), kablovima u minutu (kbl/min) i kilometrima na čas (km/h).

U praksi se razlikuju sledeće brzine:

— **maksimalna brzina** (b_{max}), brzina koja se postiže maksimalnim radom pogonskih mašina, a koristi se kratko vreme u slučaju potrebe;

— **najveća brzina** (b_{nom}), postiže se radom glavnih mašina nominalnom snagom pri konstruktivnom deplasmanu;

— **ekonomska brzina** (b_{ek}), brzina kojom se pri najmanjem utrošku goriva prevali jedna milja za najkraće vreme;

— **najmanja brzina** (b_{min}), brzina pri minimalno mogućem broju okretaja propelera i stabilnom radu pogona, uz uslov održavanja kursa broda;

— **generalna brzina** (b_{gen}), brzina na generalnom kursu;

— **brzina kroz vodu** (b_v), brzina koju brod ostvaruje u mirnoj vodi;

— **brzina preko dna** (b_{pd}), brzina broda u odnosu na morsko dno i rezultanta

je brzine kroz vodu i morske struje, vetra i talasa.

U odnosu na režim rada glavnih mašina, brzina se deli na:

— **maksimalnom snagom**, odgovara maksimalnoj brzini,

— **svom snagom**, odgovara najvećoj brzini,

— **3/4 snage**, odgovara 75% od svom snagom,

— **1/2 snage**, odgovara 50% od svom snagom,

— **polagano**, odgovara 25% od svom snagom i

— **sasvim polagano**, odgovara najmanjoj brzini.

Brzina i prevaljeni put mere se posrednim i neposrednim putem.

Posrednim putem brzina se određuje na osnovu proteklog vremena i prevaljenog puta između dve tačne pozicije:

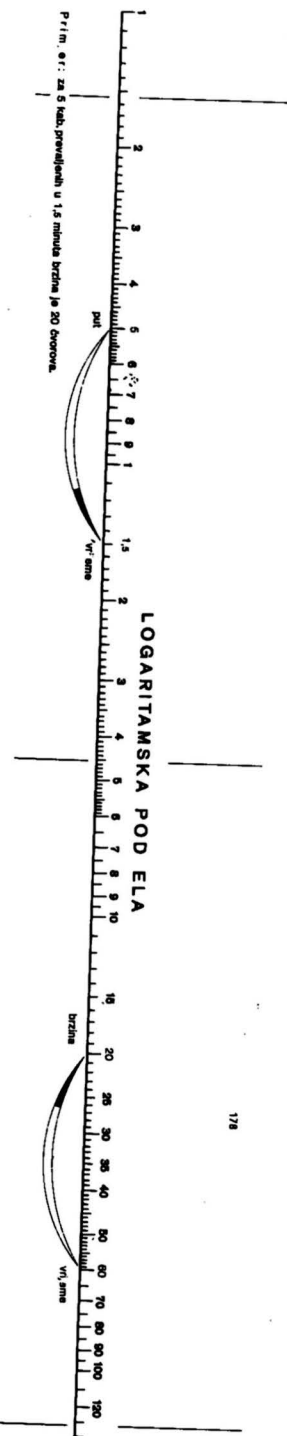
$$b(\check{c}v) = \frac{D(M)}{t(h)}$$

U tu svrhu koriste se *Nautičke tablice* ($NT-1$), koje omogućavaju i interpolaciju, a za upoređenje brzina izraženih u različitim mernim jedinicama koriste se $NT-84$, $NT-85$ i $NT-86$.

Prevaljeni put meri se posrednim načinom, merenjem daljine između dve pozicije ili na osnovu poznate brzine u intervalu vremena:

$$D(M) = b(\check{c}v) \cdot t(h)$$

U navigaciji se često koristi jednostavna logaritamska skala na pomorskoj karti ili manevarskom dijagramu, za proračun b , D ili t kada su ove dve veličine poznate.



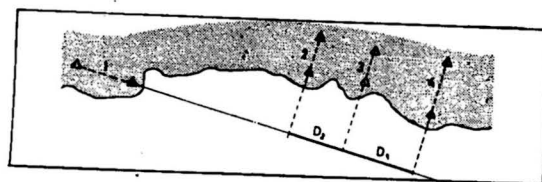
Slika 45. — Logaritamska podela sa pomorske karte 100-21

Pri određivanju brzine jedan krak šestara postavi se na brojku koja odgovara prevaljenom putu, a drugi na brojku koja odgovara intervalu vremena. Zatim se, ne menjajući raspon šestara, krak vremena (onaj drugi koji je bio postavljen na brojku koja odgovara intervalu vremena) postavi na brojku 60, a krak brzine (prvo postavljeno krak) pokazuje brzinu broda. Na sličan način se mogu dobiti i druge dve veličine, pridržavajući se pravila da krak brzine uvek pokazuje brzinu ili prevaljeni put, a drugi krak vreme ili brojku 60.

Brzina se direktno određuje različitim vrstama brzinomera, koji najčešće daju i podatke o prevaljenom putu.

2.8.2. Baza za merenje brzine

Baza za merenje brzine opremljena je jednim ili sa dva pokrivena smerom (1) i sa dva ili više bočnih pokrivenih smerova (2, 3 i 4) vertikalnih na kurs broda. Sve oznake pokrivenih smerova moraju biti uočljive, a druga oznaka pokrivenog smerova mora biti na nešto većoj visini od prednje. Oznake su u obliku stuba ili piramide.



Slika 46. — Baza za merenje brzine

Za određivanje brzine podmornice u podvodnoj vožnji postavljaju se električni kablovi na dno mora umesto pokrivenih smerova, a momenat prelaska podmornice preko kabla određuje se pomoću instrumenta na kopnu ili podmornici.

Dužina dela staze za merenje mora biti veća, tako da odgovara brzini broda i dozvoljenim greškama merenja brzine.

Posle dolaska na bazu za merenje brzine brod se okreće u kurs vodećeg pokrivenog smerom (1) i razvija određenu brzinu.

Ako postoji neki zanos zbog struje, onda vodeći pokriveni smer služi samo kao orijentir za početak prelaza, a u toku vožnje kurs se održava po kompasu, a ne po pokrivenom smeru. Vožnja u pokrivenom smeru daje pogrešnu srednju brzinu broda ako ugao zanosa nije jednak nuli.

Pri merenju brzine na bazi za merenje brzine mora se u obzir uzeti zanošenje usled delovanja morske struje. Ako je ugao zanošenja $2,5^\circ$, greška u izmerenoj brzini biće 0,1%.

Praktičan postupak pri određivanju brzine broda na bazi za merenje brzine ima sledeći tok:

— brod se dovede u kurs vodećeg pokrivenog smerom na dovoljnoj udaljenosti od prvog bočnog pokrivenog smerom, kako bi mogao da ustali brzinu;

— u trenutku presecanja prvog bočnog pokrivenog smerom puštaju se u rad najmanje dve štoperice, očitava se stanje brzinomera, pokazivača broja okretaja propelera, pokazivača utroška goriva, upisuju podaci o radu mašina, određuje ukupna pravka kompasa i drugih potrebnih parametara;

— u momentu prolaska kroz drugi pokriveni smer obavljaju se iste radnje, a štoperice se zaustavljaju.

Potom brod treba da se okrene u protivkurs (protivsmerni), a sve radnje se ponavljaju.

Brzina kroz vodu na svakom prelazu se izračunava po formuli:

$$b_v = \frac{D}{t} \cdot 3600, \text{ gde je } D \text{ dužina staze}$$

u miljama, a t srednje vreme prelaza mereno sa dve ili više štoperica. Ako je dužina staze izražena u metrima, brzina u čvorovima se dobija po formuli:

$$b_v = \frac{D}{t} \cdot 1,94384.$$

Obično su za stalno uređene baze za merenje brzine napravljene tablice iz kojih se s vremenom u minutama i sekundama

odmah dobija brzina broda u čvorovima, a to je dato u priručniku *Baze za merenje brzine broda i kompenzaciju magnetskog kompasa* (izdanje Hidrografskog instituta, 1968. godina).

2.8.3. Brzinomeri

Direktno merenje brzine broda vrši se spravama koje se nazivaju **brzinomeri**. Oni se dele na: **apsolutne** (mere brzinu preko dna) i **relativne** (mere brzinu kroz vodu).

Prema principu rada brzinomeri se dele na:

— **rotirajuće** (broj okretaja propelera se pretvara u brzinu),

— **hidrodinamičke**, koji rade na osnovu razlike statičkog i dinamičkog pritiska usled kretanja broda,

— **elektromagnetske** (indukcije), koji rade na promeni elektromagnetske sile indukovane nekim magnetnim poljem,

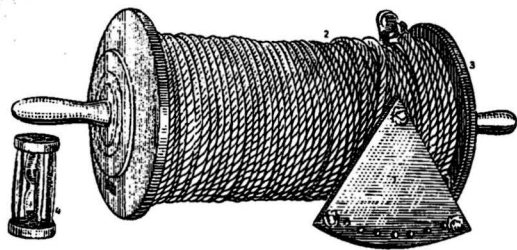
— na principu **doplera**, čiji se rad zasniva na merenju razlike frekvencije signala dobijenih od morskog dna pri kretanju broda.

Prema količini izmerenih parametara brzinomeri se dele na:

— **jednokomponentne**, koji mere brzinu u smeru kretanja broda i

— **dvokomponentne**, koji mere brzinu u uzdužnoj i poprečnoj osi broda.

Ručnim brzinomerom, tipa Barqueta, nekada se merio prevaljeni put broda za određeno vreme (obično 30 sekundi). Drvena ploča kružnog isečka sa olovom na lučnom delu, lebdi u moru u vertikalnom položaju. Ploča ima trokraki štop (jedan fiksni spoj i dva drvena klina na krajevima lučnog dela), spojen s brzinomernom uzicom (250—300 metara). Na oko 60 metara od spoja s pločom označen je obojenom krpicom početak mernog dela brzinomerne uzice iza koje se nalaze upleteni čvorovi (odakle i naziv za jedinicu brzine) na međusobnom rastojanju od 14,42 m.



1. Plavčica 2. Uže sa podelom na čvorove 3. Kalem 4. Peščani sat

Slika 47. — Ručni brzinomer

Pod pretpostavkom da brod plovi brzinom od jednog čvora, on će za 30 sekundi da prevali put od 15,43 m. To bi, u stvari, trebalo da bude razmak među čvorovima, ali pošto brzinomerna uzica ne miruje u vodi, empirijskim putem je uzeto da dužina između čvorova iznosi 14,42 m. Broj isteklih čvorova u 30 sekundi jeste brzina u čvorovima.

Merenje brzine na osnovu dužine broda vrši se tako što se meri vreme koje je potrebno da brod pređe svoju dužinu u metrima. Vreme u sekundama (s) meri se na osnovu prolaza u more bačene daščice bočno od pramčane do krmene statve. Iz odnosa:

$$b : l = 3.600 : t (s)$$

izračunava se brzina:

$$b (m/s) = \frac{l (m)}{t (s)} \cdot 3.600 (m/s),$$

ili izraženo u čvorovima:

$$b_{(čv)} = \frac{2 l (m)}{t (s)} (čv), \text{ gde je:}$$

b = brzina,

l = dužina broda i

t = vreme za koje brod pređe svoju dužinu.

Rotirajući brzinomer radi na principu merenja prevaljenog puta u horizontalnoj ravni za određen broj okretaja nekog propelera ili turbine. Na osnovu broja okre-

taja propelera moguće je odrediti prevaljeni put pomoću formule:

$D = h \cdot N$, gde je:

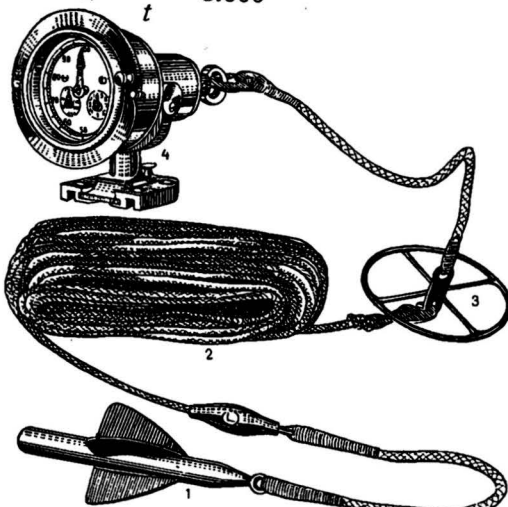
D = prevaljeni put,

h = korak propelera i

N = broj okretaja propelera.

Od velikog broja rotirajućih brzinomera do danas su se zadržali samo neki. Među njima je i **mehanički brzinomer**. To je teški brzinomer, gde se okretanje propelera preko pletene uzice prenosi na reduktor. Ravnomerno okretanje uzice postiže se pomoću zamajca. Preko reduktora se pokreću tri kazaljke induktora — za brzinu desetinki milje, milje i stotine milja. Aparat za registrovanje postavlja se na krmenoj ogradi, a može imati i električni prenos s indikatorom na komandnom mostu. Brzina se određuje računski po formuli:

$$b_v = \frac{D}{t} \cdot 3.600$$

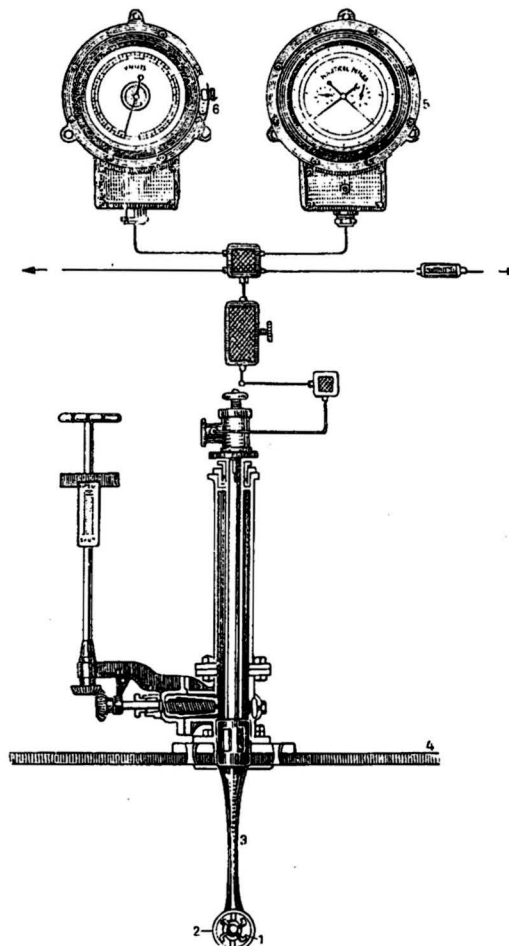


1. Propeler 2. Uže 3. Zamajac 4. Registrujući aparat sa brojačnikom

Slika 48. — Mehanički brzinomer

Hidrodinamički brzinomeri rade na principu merenja hidrodinamičkog pritiska koji se javlja pri kretanju broda kroz vodu. Iz razlike hidrostatičkog i hidrodinamičkog pritiska dobija se brzina ili prevaljeni put. Ta razlika je izražena u visini stupca vode u dva odvojena kanala pitot-cevi, koja ima dva kanala, od kojih je otvor jednog

usmeren u pravcu kretanja broda, a drugog prema dnu mora (ili bočno u odnosu na otvor prvog kanala).



1. Propeler 2. Branik 3. Sablja 4. Brodsko dno 5. Pokazivač prevaljenog puta 6. Pokazivač brzine

Slika 49. — Hidrodinamički brzinomer

Rad elektromagnetskih brzinomera temelji se na zakonu da je elektromagnetna sila (E) indukcije u provodniku po vrednosti jednaka, a suprotnog smera od promene magnetskog toka (ϕ):

$$E = - \frac{d\phi}{dt}$$

(Slika 50 u prilogu na kraju knjige.)

Elektromagnetna indukcija javlja se i u moru pri kretanju nekog magnetnog polja. Senzor elektromagnetskog brzinomera (ima oblik sablje) nalazi se u moru ispod kobilice broda. Elektromagnet stvara magnetno polje usmereno vertikalno na kurs broda. Joni u morskoj vodi, kreću se relativno u odnosu na stvoreno magnetno polje, pa se na elektrodama javlja razlika indukovane elektromotorne sile koja je proporcionalna brzini. Stvoreni napon moguće je meriti instrumentom, a njegova jačina zavisi od jačine magnetnog polja, razmaka između elektroda, površine elektroda, otpora morske vode i otpora dvostrukog električnog sloja koji se javlja pri polarizaciji elektroda.

Doplerovi brzinomeri dele se na radio-doplere i hidroakustične.

Radio-dopleri mere brzinu kroz vodu i primenjuju se na brodovima s podvodnim krilima i brodovima-lebdilicama. Princip rada zasniva se na merenju Doplerovog pomaka frekvencije radio-signala emitovanih s broda i odbijenih od površine mora.

Doplerov hidroakustički brzinomer meri brzinu broda po Doplerovom pomaku frekvencija akustičkog kanala emitovanog s broda koji se posle odbijanja od morskog dna prima antenskim sistemom brzinomera.

2.8.4. Greške brzinomera

Svaki brzinomer ima grešku, koja nije konstantna, nego se upotrebom brzinomera menja, pa se mora kontrolisati i uzimati u obzir.

Greška brzinomera određuje se na bazi za merenje brzine brda, a ponekad i u toku plovidbe. Određuje se na osnovu tačno poznate brzine (b) i brzine koju pokazuje brzinomer (b'), odnosno tačno poznatog prevaljenog puta (D) i puta po brzinomeru (D'). Tačan prevaljeni put (D) dobije se sa karte, a na osnovu tog prevaljenog puta i vremena računa se brzina.

Popravlak brzinomera ima predznak suprotan grešci brzinomera. On se može izračunati i kao koeficijent (k) ili postotak ($k\%$):

a) koeficijent brzinomera

$$k = \frac{D}{D'}; \quad k = \frac{b}{b'}$$

b) popravlak brzinomera

$$k\% = \frac{D - D'}{D} \cdot 100; \quad k\% = \frac{b - b'}{b} \cdot 100;$$

c) tačan prevaljeni put

$$D = k \cdot D'; \quad D = D' + \left(\pm \frac{D \cdot k\%}{100} \right);$$

d) tačna brzina

$$b = k \cdot b'; \quad b = b' + \left(\pm \frac{b' \cdot k\%}{100} \right);$$

e) prevaljeni put po brzinomeru

$$D' = \frac{D}{k}; \quad D' = D - \frac{D \cdot k\%}{100};$$

f) brzina po brzinomeru

$$b' = \frac{b}{k}; \quad b' = b - \frac{b \cdot k\%}{100}$$

2.9. MERENJE UDALJENOSTI

2.9.1. Načini merenja udaljenosti

Udaljenost (d) je rastojanje između pozicije broda u času merenja i objekta na moru ili kopnu, a izražava se u miljama. Služi za određivanje pozicije broda, kontrolu udaljenosti od obale ili neke opasnosti na moru i za taktičko manevrisanje u odnosu na drugi brod.

Udaljenost se određuje posrednim ili neposrednim putem.

Posredne metode određivanja udaljenosti su:

- udaljenost morskog horizonta,
- udaljenost do objekta u času njegove pojave ili iščeznuća na horizontu,
- udaljenost do objekta merenjem vertikalnog ugla,
- udaljenost do objekta merenjem pramčanih uglova,
- udaljenost do obale merenjem dubine mora i
- udaljenost do obale korišćenjem zvučnih signala.

Neposredne metode su:

- merenje udaljenosti elektronskim sredstvima (radar),
- merenje udaljenosti hidroakustičkim sredstvima (PEL),
- merenje udaljenosti optičkim sredstvima (daljinomer),
- merenje udaljenosti laserskim daljinomerima i
- merenje udaljenosti priručnim sredstvima.

2.9.2. Udaljenost u času pojave objekta na horizontu

Udaljenost do objekta u trenutku njegove pojave (iščeznuća) na horizontu jednaka je zbiru udaljenosti morskog horizonta za visinu oka osmatrača i visinu objekta:

$$d = 2,08 \cdot (\sqrt{V_{oka}} + \sqrt{V_{ob}}), \text{ gde je:}$$

d = udaljenost u miljama,

V_{oka} = visina oka osmatrača u metrima i

V_{ob} = visina objekta u metrima.

Stvarna udaljenost je, međutim, uvek nešto manja zbog činjenice da objekt koji se pojavljuje na horizontu već mora imati izvrsnu visinu iznad horizonta, pa se zbog toga u praktičnom radu umesto koeficijenta 2,08 koristi koeficijent 2,04.

U popisu svetionika i na pomorskim kartama data je geografska vidljivost svetio-

nika izračunata za visinu svetla svetionika i visinu oka od pet metara:

$$d = 2,04 \sqrt{5} + 2,04 \sqrt{V_{ob}} = 4,56 + 2,04 \sqrt{V_{ob}}$$

Ako je optička vidljivost svetionika veća od geografske, a visina oka osmatrača veća (manja) od pet metara, onda će se svetionik pojaviti na nekoj većoj (manjoj) udaljenosti za veličinu:

$$d = 2,04 \sqrt{V_{okn}} - 5,46.$$

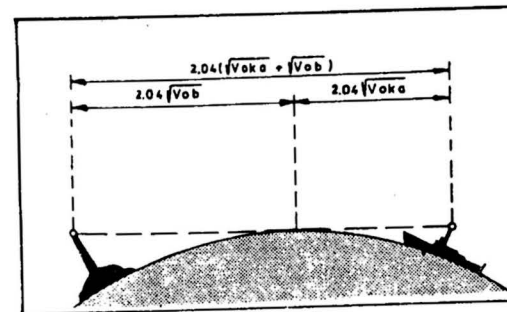
Udaljenost od svetionika iznosiće tada:

$$d = d_p + (\pm \Delta d), \text{ gde je}$$

d_p = vidljivost svetionika po podacima sa pomorske karte ili *Popisa svetionika*.

2.9.3. Određivanje udaljenosti merenjem vertikalnog ugla

Merenjem vertikalnog ugla objekta, čija je visina poznata, moguće je odrediti udaljenost do podnožja tog objekta.

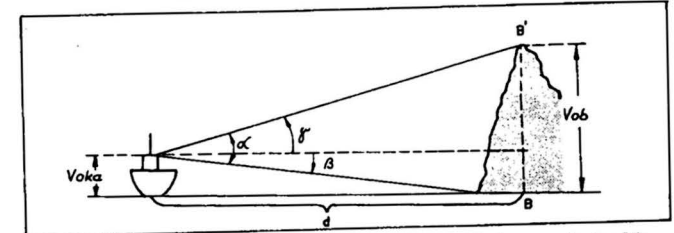


Slika 51. — Udaljenost do objekta u trenutku njegove pojave na horizontu

Kad je podnožje objekta unutar morskog horizonta oka osmatrača, tada je udaljenost do objekta mala, pa se zakrivljenost površine Zemlje zanemaruje. Isto tako je

jednaka udaljenost do vrha objekta i podnožja objekta.

Sekstantom se izmeri ugao α između podnožja B i vrha B' objekta poznate visine (V_{ob}). Ugao α može se podeliti na dva dela: ugao β između podnožja objekta i tačke koja je za visinu oka osmatrača udaljena po visini od podnožja objekta B i ugao γ između iste tačke i vrha objekta B'.



Slika 52. — Merenje udaljenosti pomoću vertikalnog ugla kad je područje unutar morskog horizonta

Udaljenost u nautičkim miljama (d), ako je visina objekta (V_{ob}) u metrima, a vertikalni ugao (α) u minutama, dobije se po formuli:

$$d = 0,57 \frac{V_{ob}}{\alpha}$$

Kad je podnožje objekta izvan morskog horizonta, ali je objekt većim delom vidljiv, udaljenost u nautičkim miljama izračunava se pomoću formule:

$$d = (\alpha - dep) + \sqrt{(\alpha - dep)^2 + 3,7126 (V_{ob} - V_{oka})}$$

gde je: dep = depresija morskog horizonta.

2.9.4. Određivanje udaljenosti merenjem horizontalnog (pramčanog) ugla

Merenjem dva pramčana ugla na istom objektu u razmaku vremena, i poznavanjem kursa i brzine određuje se udaljenost do objekta u momentu drugog smeranja (d). Dobija se iz trougla ASB, a udaljenost subočice iz trougla BSC:

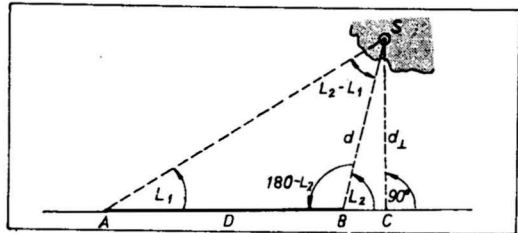
$d = D \cdot \sin L_1 \cdot \operatorname{cosec} (L_2 - L_1)$, gde je:
 d = udaljenost do objekta u momentu drugog smeranja,

D = pređeni put između prvog i drugog smeranja,

L_1 = pramčani ugao prvog smeranja,

L_2 = pramčani ugao drugog smeranja.

$d.1 = D \cdot \sin L_1 \cdot \sin L_2 \cdot \operatorname{cosec} (L_2 - L_1)$.



Slika 53. — Udaljenost do objekta dvostrukim merenjem pramčanih uglova

Najbrži proračun udaljenosti od objekta u trenutku drugog smeranja postiže se izborom drugog pramčanog ugla koji je dvostruko veći od prvog. Tada je udaljenost u trenutku drugog smeranja jednaka pređenom putu između smeranja.

2.9.5. Određivanje udaljenosti merenjem dubine

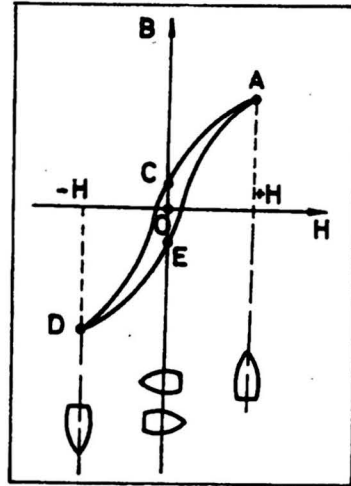
Udaljenost broda od obale ili neke prepreke u moru može se približno odrediti merenjem dubine, odnosno određivanjem izobate na kojoj se brod nalazi. Ovaj način merenja može da bude koristan ako su izobate paralelne s linijom obale, ali samo u nedostatku drugih sredstava za određivanje udaljenosti.

U predelima gde su amplitude morskih mena značajne, treba izmerenu dubinu reducirati na nivo karte za čas osmatranja.

2.9.6. Određivanje udaljenosti radarom

Pramčani uglovi, azimuti i udaljenost nepokretnih i pokretnih objekata lako se

određuju pomoću radara. Udaljenost se meri dovođenjem pokretnog markera daljine na željeni objekt, a izmerena udaljenost očitava se na pokazivaču. Marker daljine zauzima pravilan položaj kada se njegova unutrašnja ivica poklapa s prednjom bližom ivicom odraza.



Slika 54. — Merenje daljine pomoću radara

2.10. MERENJE DUBINE

2.10.1. Važnost merenja dubine

Poznavanje dubine mora ispod broda najvažniji je element za sigurnost plovidbe. Izmerena dubina mora se upoređivati s podacima o dubini na pomorskoj karti, vodeći računa da je na karti ucrtan manji broj dubina i da se dubine menjaju.

Za navigaciju najveću važnost imaju dubine do 100 m, a samo izuzetno 200 m. Za pristajanje u lukama potrebno je meriti male dubine, za sidrenje dolaze u obzir dubine od nekoliko desetina metara, a za određivanje pozicije dubine do 100 m.

Podaci o dubini dobijaju se očitavanjem karte i neposrednim merenjem pomoću dubinometra.

2.10.2. Sredstva za merenje dubine

Navigacijska sredstva za merenje dubine nazivaju se dubinomeri, a nauka koja

se bavi izučavanjem dubina naziva se **batiometrija**, i ona je grana okeanografije.

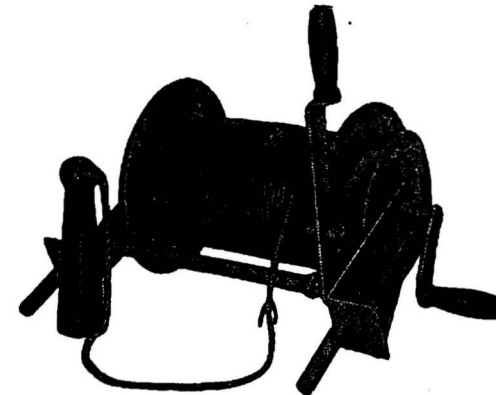
Sredstva za neposredno merenje dubine — dubinomeri, dele se na:

- priručna sredstva,
- hidrostatičke dubinometre i
- ultrazvučne dubinometre.

2.10.3. Priručna sredstva

Za merenje dubine u lukama koristi se **motka-dubinomer**, koja je dugačka 5 m i podeljena na decimetre obojene naizmenično belom i crnom bojom, a metri su označeni crvenim pojasom širine jednog decimetra. Dubina se meri iz čamca ili sa neke pogodne platforme.

Ručni dubinomer (olovnica) jedan je od najstarijih dubinometara, a sastoji se od olovnog teža i dubinomerne uzice. Težina teža je 2—5 kg. Svaki metar uzice označen je kožnom trakom, dok su 5, 10, 15 i 20 m označeni mrlinom sa jednim, dva, tri i četiri čvora. Dvadeset pet metara uzice označeno je upletenim crvenim platnom, a 50 m žutim platnom. Dubine od 30, 35, 40 i 45 m označene su na uzici mrlinom sa jednim, dva, tri i četiri čvora.



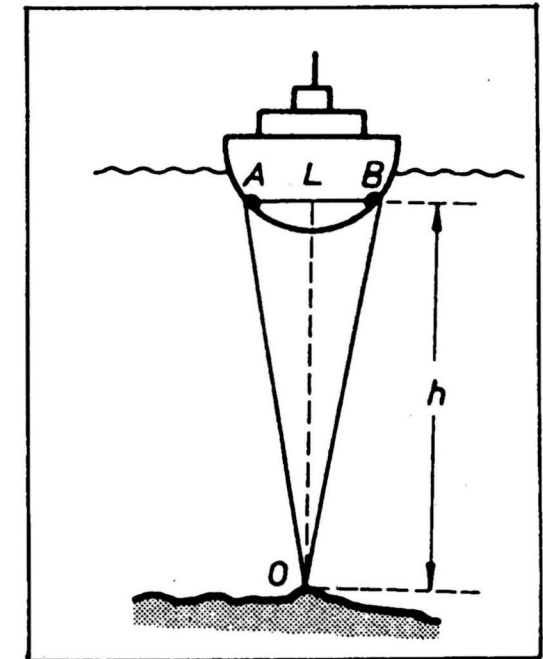
Slika 55. — Ručni dubinomer

Ovaj dubinomer se koristi za merenje dubine u lukama ili na sidrištu kad brod stoji ili vozi većom brzinom. Ako brod vozi većom brzinom, uzica neće biti vertikalna, već će činiti neki ugao inklinaci-

je (npr.: za ugao inklinacije od 10° dubina je 2% manja od izmerene).

2.10.4. Ultrazvučni dubinomer

Ultrazvučni dubinomer meri vreme potrebno da ultrazvučni impuls prevali put od broda do morskog dna i da se jeka vrati do broda. Poznavajući brzinu širenja zvuka kroz vodu, uz dobijeno vreme, može se odrediti dubina mora.



Slika 56. — Princip merenja dubine ultrazvučnim dubinomerom

Princip rada ovog dubinometara prikazan je na slici 56. Ako je u tački A izvor ultrazvuka, a u tačku B prijemnik jeka, onda se dubina izračunava pomoću formule:

$$h^2 = AO^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2, \text{ gde je:}$$

h = dubina mora,

AO = udaljenost između izvora jeka i dna mora,

L = horizontalno rastojanje između izvora zvuka i prijemnika jeke.

Kad je poznata brzina širenja zvuka kroz vodu (bm) i vreme (t) potrebno da zvuk prevali put AOB, formula za izračunavanje dubine glasi:

$$h = \sqrt{\left(\frac{bm \cdot t}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

Brzina zvuka kroz vodu iznosi 1.500 m/s pri temperaturi od 16°C i salinitetu 30‰. Ultrazvučni dubinomeri su obično podešeni za brzinu zvuka kroz morsku vodu od 1.500 m/s, s mogućnošću korekcije za stvarnu brzinu zvuka.

Tačno poznavanje brzine zvuka kroz vodu i uvođenje korekcije na dubinomeru obavezno je za hidrografske dubinomere, odnosno uvek kada je potrebno tačno odrediti dubinu mora.

Ako se ultrazvučni dubinometer redovno i pravilno održava, greške u merenju dubine mogu nastati zbog promene brzine zvuka kroz vodu, brzine kretanja broda, nagiba i vrste morskog dna, valjanja broda i instrumentalnih grešaka.

2.10.5. Hidrostatički dubinomer

Princip rada hidrostatičkog dubinomera zasniva se na Bojll-Mariotovom zakonu: proizvod pritiska i zapremine tečnosti je konstantna veličina. Kako je pritisak (p) na određenoj dubini (h) tečnosti srazmeran dubini (h) i specifičnoj težini (y) tečnosti, to se za merenje dubine koristi staklena cevčica zatvorena na jednoj strani. Otvoreni kraj cevčice okrenut je prema morskome dnu i što je dubina na kojoj se cevčica nalazi veća, to je visina stupca mora u cevčici veća, odnosno volumen vazduha na drugom kraju cevčice je manji i obrnuto:

$$dub = \frac{p}{1013} \cdot \frac{10,33}{y} \left(\frac{L}{l} - 1\right), \text{ gde je:}$$

p = atmosferski pritisak u hPa,

y = specifična težina morske vode,

L = dužina cevčice i

l = dužina ispranog dela cevčice (granica dokle je doprla voda).

Tompsonov dubinomer, kao jedan od hidrostatičkih dubinomera, sastoji se od vitla sa namotanom čeličnom uzicom, tega (8–10 kg) na početku uzice i zaštitne cevi uz motku tega u koju se stavlja indikator (staklena cevčica). Vitlo ima ručni ili električni pogon, kočnicu i brojčanik koji pokazuje dužinu ispuštene uzice, pa se i na taj način može izmeriti približna dubina.

2.11. OZNAČAVANJE PLOVNIH PUTEVA

2.11.1. Osnovne odredbe

Plovni putevi na moru se označavaju radi što bezbednije plovidbe i omogućavanja vođenja navigacije u svim uslovima. Zakonskim aktima propisuje se način obeležavanja bočnih granica i sredina plovnih puteva, prirodnih opasnosti za plovidbu, svih drugih prepreka i ostalih tačaka važnih za sigurnost plovidbe.

Sve oznake imaju međunarodno značenje i propisane su međunarodnim propisima. Godine 1965. formirano je Međunarodno udruženje uprava pomorske signalizacije (IALA), koje je odlučilo da se formiraju dva skupa pravila za označavanje, poznata kao:

— **sistem A:** kombinovani kardinalni i lateralni sistem (crveno na levoj strani) i

— **sistem B:** samo lateralni sistem (crveno na desnoj strani).

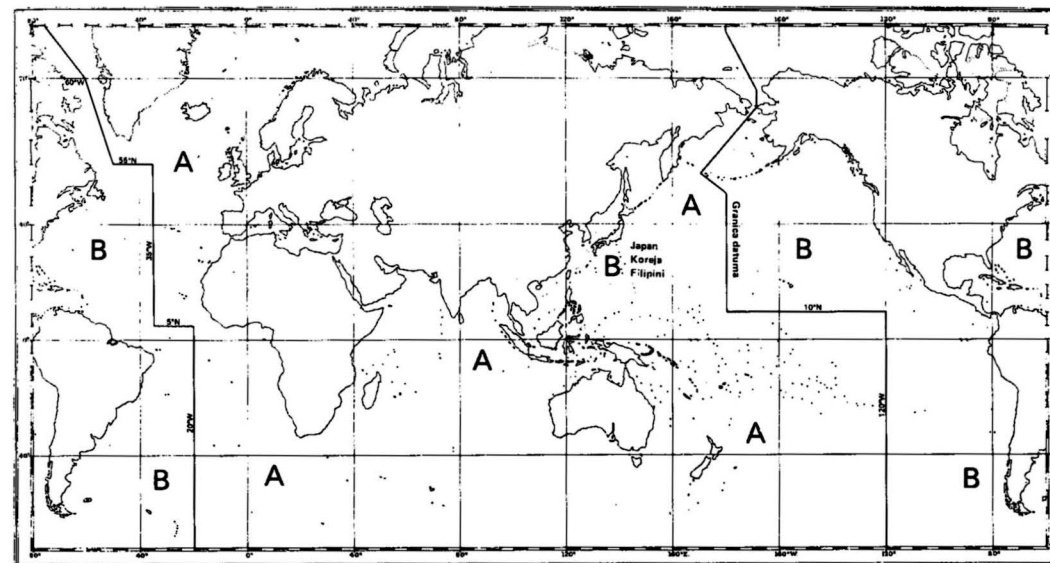
Pravila sistema A danas su kompletirana i odobrena od Međunarodne pomorske organizacije (IMO), a primenjuju se u Evropi, Africi, Indiji, Australiji i nekim delovima Azije, dok se sistem B koristi u Severnoj i Južnoj Americi i delovima Azije.

Dakle, u **Jadranskom moru i Sredozemnom moru primenjuje se sistem A.**

Bitno načelo sistema A jeste da se svi tipovi oznaka mogu koristiti kombinovano. Pomorac lako može utvrditi da li je neka oz-

naka lateralna, kardinalna ili drugačija na osnovu karakteristika koje se mogu lako

identifikovati. Naša zemlja počela je sistem A da uvodi 1980. godine.



Slika 57. — Raspored primene sistema A i B u označavanju plovnih puteva

2.11.2. Optički znaci

Sve pomorske oznake dele se na:

- pomorske oznake sistema IALA i
- pomorska svetla.

Pomorske oznake sistema IALA olakšavaju plovidbu u obalskom području, pri uplovljavanju u luke i isplavljanju iz njih i pri plovidbi kroz opasna područja. Postavljaju se kao dnevne i noćne, a imaju određeni oblik i boju. Mogu biti: motke (na kopnu i u plitkom moru) sa znakom i svetlom, zidane i gvozdene konstrukcije i plutače, a izbor zavisi od namene.

Plovni putevi u Jadranskom moru obeleženi su lateralnim i kardinalnim oznakama sistema A (crveno na levoj strani). Ovim sistemom označavaju se:

- lateralne granice plovnih kanala,
- prirodne opasnosti i druge prepreke,
- ostale pojave bitne za pomorce,
- nove opasnosti sistema A, a u okviru toga nalaze se pet tipova oznaka koje se mogu upotrebiti.

a) Lateralne oznake

Ovim oznakama obeležavaju se strane plovnih kanala, a primenjuju se prvenstveno u kanalima gde je tačno određena leva i desna strana. Pravac označavanja leve i desne strane vrši se na dva načina:

— po smeru s broda na objekat, dolazeći s otvorenog mora, prilazeći luci, ušću ili drugom plovnom putu;

— po odredbama nadležnih organa, a u sporazumu sa susednim zemljama; u načelu označavanje treba da sledi smer kretanja kazaljke na satu oko kopnenih masa.

(Sl. 58 i 59 su u prilogu na kraju knjige.)

Leva strana kanala označava se oznakama i svetlima crvene boje kao i levo bočno svetlo broda. Kao oznake leve strane kanala služe plutače valjkastog oblika sa stubom ili bez njega, ili je to motka crvene boje, koja na vrhu može da ima znak u obliku jednostrukog crvenog valjka. Postavljeno svetlo svetli crvenom bojom bilo kojim ritmom.

Desna strana kanala u lateralnom sistemu označava se plutačama čunjastog

oblika ili motkom zelene boje, koja na vrhu ima znak u obliku jednostranog čunja čiji je vrh okrenut prema gore, takođe zelene boje. Za plovljenje noću oznake mogu imati svetlo zelene boje, koje svetli u bilo kom ritmu.

b) Kardinalne oznake

Ovim oznakama obeležavaju se najdublje vode nekog područja, a na strani koju označava oznaka; zatim sigurna strana prolaza u odnosu na neku opasnost; upozorenje na važno mesto u kanalu.

(Slika 60 nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Oblikom, bojom, znakom na vrhu i svetlom kardinalne oznake se bitno razlikuju od ostalih oznaka. Oznakama ovog sistema označena su četiri kvadranta — severni, istočni, južni i zapadni, a razgraničeni su pravim smerovima NW — NE, NE — SE, SE — SW i SW — NW, mereni od središta prepreke.

Oznaka nosi ime po kvadrantu u kome je postavljena.

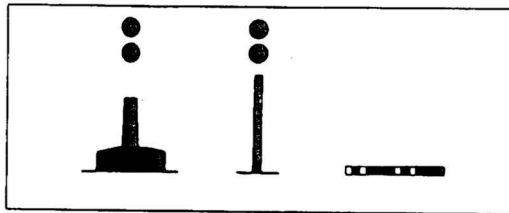
Severna kardinalna oznaka ima oblik crnog stuba na žutoj zaobljenoj plutači ili je u obliku motke čija je gornja polovina obojena crno, a donja žutom bojom. Crni stub i motka mogu imati znak na vrhu u obliku dvostrukog crnog čunja, jedan ispod drugog s vrhovima okrenutim prema gore. Ako oznaka ima svetlo, ono mora svetliti karakteristikom „belo vrlo kratko bljeskanje“ (brzinom od 60 i 50 bljeskova u minutu, a može i 100 ili 120 bljeskova u minutu).

Istočna kardinalna oznaka ima oblik crno-žutog stuba na crnoj zaobljenoj plutači ili je to crna motka sa žutim pojasom u sredini. Stub ili motka imaju na vrhu znak u obliku dva crna čunja, jedan iznad drugog, s osnovicom prema osnovici. Svetlo mora imati karakteristiku „vrlo kratki bljesci, tri u grupi, na svakih pet sekundi“ ili „kratki bljesci tri u grupi, na svakih deset sekundi“.

Južna kardinalna oznaka ima oblik stuba ili motke, stub je obojen žutom bojom, a plutača crnom. Obratan redosled boja je kod motke — žuto-crna boja. Znak

na vrhu ima takođe dva crna čunja sa vrhovima okrenutim prema dole. Karakteristika svetla je „vrlo kratki bljesci, šest u grupi, i dugi bljesak na svakih 10 sekundi“ ili „kratki bljesak, šest u grupi, i dugi bljesak na svakih 15 sekundi“. Dugi bljesak nije kraći od 2 sekunde.

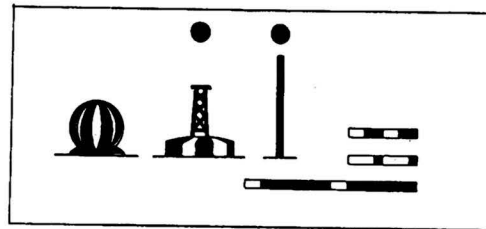
Zapadna kardinalna oznaka je po boji i položaju čunjeva na vrhu obrnuta od istočne, a za upotrebu za noćnu plovidbu može imati svetlo karakteristike „vrlo kratki bljesci, devet u grupi, na svakih 10 sekundi“ ili „kratki bljesci, devet u grupi, na svakih 15 sekundi“.



Slika 61. — Oznake usamljene opasnosti

c) Oznake za usamljene opasnosti

Postavljaju se ili sidre na ili iznad usamljene opasnosti oko koje je voda plovna. Imaju oblik crno-crvenog stuba, na crnoj zaobljenoj plutači, ili je to motka obojena u više crno-crvenih pojaseva. Znak na vrhu ima oblik dvostruke crne lopte jedne iznad druge. Ako ima svetlo, ono je karakteristike „beli bljesak, po dva u grupi“.

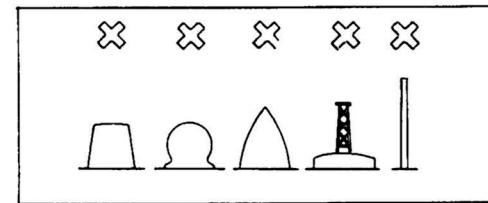


Slika 62. — Oznake sigurne vode

d) Oznake sigurne vode

Postavljaju se za označavanje plovnih voda u krugu od 360°, a uključuju oznake linije i sredine kanala. To su kugle na plutači, ili zaobljene plutače sa stubom rešetkaste konstrukcije i sa znakom na vrhu, ili crvene motke sa znakom na vrhu. Kugla na plutači i zaobljena plutača imaju vertikalne crvene i bele pruge, a znak na vrhu je crveno obojen. Ako je na oznaku postavljeno svetlo, ono ima karakteristiku „jedan dugi bljesak, na svakih 10 sekundi“.

Ove se oznake mogu običi s bilo koje strane.



Slika 63. — Posebne oznake

e) Posebne oznake

Namenjene su za pružanje pomoći u navigaciji, ali i za označavanje posebnog područja ili mesta naznačenih u odgovarajućim navigacijskim publikacijama. Njima se označava:

- mesto postavljenog uređaja za okeanografska istraživanja,
- mesto odvajanja saobraćaja, gde upotreba oznaka za označavanje kanala može dovesti do zabune,
- mesto za istovar opasnih materija,
- zona vojnih vežbi,
- položeni kablovi i cevovodi i
- zona za sport i rekreaciju.

2.11.3. Pomorska svetla

Pomorska svetla, kao noćne navigacione oznake, mogu biti čuvana i nečuvana.

Čuvana pomorska svetla su svetionici i brodovi svetionici, a **nečuvana svetla** su obalska svetla, lučka svetla i svetleće plutače.

(Slike 64, 65, 66 i 67. nalaze se u prilogu na kraju knjige.)

Svetionici su najvažnija pomorska svetla. Oni omogućavaju sigurnu plovidbu i postavljaju se na važnim orijentacionim i opasnim tačkama. Tako su izgrađeni i postavljeni da su vidljivi sa određene udaljenosti, a izvor svetla nalazi se na vrhu kamene ili gvozdene kule. Svojom konstrukcijom ističu se od okoline, pa i u dnevnoj plovidbi služe za navigaciju.

Svetionici uglavnom imaju plinski izvor svetla, ređe električni, a oko tela rasvete rotira sočivo postavljeno na horizontalnu ploču. Sočiva rotiraju zajedno sa pločom oko vertikalne ose fokusa i usmeravaju svetlosni snop ka horizontu. Od broja sočiva zavisi broj bljeskova u grupi za jedan puni okret. Može biti postavljeno do 12 sočiva. Određena karakteristika svetionika postiže se brojem sočiva i brzinom rotacije sistema sočiva oko fokusa.

Brodovi-svetionici karakteristični su po specijalnoj građi i usidreni su na navigacioni važnim tačkama. Označavaju plovni put, a snabdeveni su uređajima slično kao i svetionici. Izvor svetla im je kombinovan. Obojeni su upadljivim bojama, a na bokovima je ispisano ime broda-svetionika.

Nečuvana pomorska svetla obuhvataju obalska i lučka svetla.

Obalska svetla su tačke za orijentaciju u obalskoj plovidbi i označavaju isturene delove obale, prolaze, kanale, prilaze luka i navigacione prepreke. Izvor svetla postavljen je na vrh valjkaste, čunjaste ili piramidalne konstrukcije. Imaju manju optičku vidljivost od geografske vidljivosti. Ova svetla snabdevena su nepokretnim dioptičkim (Fresnelovim) sočivima, koja služe za sabiranje i usmeravanje svetlosnih zraka u pravcu horizonta. Obično se napajaju električnom energijom ili plinom.

U nečuvana pomorska svetla spadaju i lučka svetla. Ona pokazuju prilaze lukama ili se nalaze u lukama. Obično su crvene ili zelene boje.

Karakteristike pomorskih svetala omogućavaju pomorcu da razlikuje međusobno svetionike, a u te karakteristike spadaju: broj svetala i njihov međusobni položaj, boja, vrsta, period svetljenja, intenzitet i domet svetla.

Svetionik može imati jedno, dva ili više svetala u istoj tački, a svetla mogu biti raspoređena horizontalno (jedno pored drugog) i vertikalno (jedno iznad drugog). Na pomorskoj karti i u popisu svetionika, pored međusobnog položaja (npr. 2 Vert. C. Z., što znači da pomorsko svetlo ima dva vertikalno postavljena svetla — jedno iznad drugog — crveno i zeleno), navodi se i broj svetala.

Boja pomorskih svetala može biti: bela, žuta, plava, zelena, narandžasta i crvena. Boja se postiže upotrebom filtra. Vrste svetala označavaju način svetljenja pomorskih svetala, a svetlo može biti stalno i jednako merno u bljescima, isprekidano tamom, a može svetleti stalnim svetlom koje se u pravnim razmacima menja u bljesak relativno jačeg sjaja.

Pored svetlosnih karakteristika, svetionici imaju i sektore svetla, koji označavaju sigurne i opasne sektore za plovidbu. Obično se opasni sektori označavaju crvenim, a sigurni belim ili zelenim svetlom. Granični azimuti pojedinih sektora su pravi azimut od 0° do 360°, gledano s mora.

(Slika 68. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Jačina svetlosnog izvora navedena je u *Popisu svetionika*, a izražava se u kandelima (cd). Domet je najveća udaljenost u miljama na kojoj se u tamnoj noći može videti svetlo.

2.11.4. Zvučna sredstva

U uslovima kada je vidljivost ograničena, kada se svetla ne vide, koriste se signali za maglu (zvučni signali), koji mogu biti vazdušni i podvodni.

Namena **vazdušnih signala** jeste da upozore pomorce na opasnost i omoguće im da odrede smer i udaljenost. Svaki popis svetionika i peljar donose podatke o zvučnim signalima koji postoje uz pojedino svetlo.

Danas se kao izvor zvuka koriste tehnička sredstva koja omogućavaju čujnost do deset milja: dijafoni, tifoni, sirene i trube. Zvuk proizvodi komprimovani vazduh koji dolaskom na membranu, disk, jezičak ili klip sa otvorima izaziva njihovo treperenje. To se treperenje prenosi na vazduh, pa se stvara zvuk.

Domet ovih signala zavisi od nadmorske visine i jačine uređaja, meteoroloških elemenata, smera i jačine vetra i oblika obale. Veći domet do 25 milja postiže se dijafonom.

U drugu grupu vazdušnih signala spadaju zvučne plutače sa zvonom ili batom koji udara u gong. Gong, kao i zvono, mogu biti smešteni na svetionicima, a domet takvih izvora može biti i do deset milja.

Postoje i plutače zviždače, koje imaju domet do deset milja.

Podvodni zvučni signali imaju prednost u obeležavanju plovnih puteva, jer omogućavaju određivanje smera, a time i poziciju broda. Stvaraju ih podvodna zvana i podvodni oscilatori.

2.11.5. Elektronska sredstva

Elektronska sredstva za označavanje plovnih puteva dele se na autonomna elektronska sredstva i elektronske sisteme.

Autonomna elektronska sredstva predstavljaju niz posebno građenih oznaka, a otkrivaju se nekim od brodskih elektronskih uređaja (radar ili radio-prijemnik). Radarom se otkrivaju radarski reflektori.

U **elektronske sisteme** spadaju radarski sistemi (radarski farovi i navigacijski radari na brodu), radio-sistemi i hiperbolični navigacijski sistemi.

ŠEMATSKI PRIKAZ KARAKTERISTIKA SVETALA

STALNO BELO



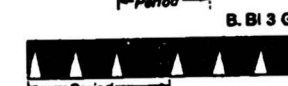
BELI BLESAK



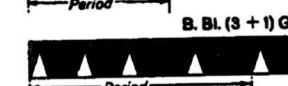
BELI BLESKOVI 2 U GRUPI



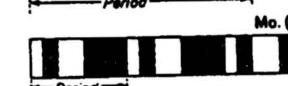
BELI BLESKOVI 3 U GRUPI



RAZLIČITI BLESKOVI U GRUPAMA



MORSE BLESKOVI



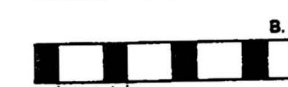
BELI BRZI BLESKOVI



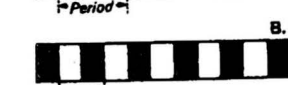
BELI BRZI BLESKOVI NA PREKIDE



BELO NA PREKID



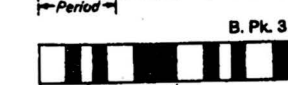
BELO IZOFAZNO



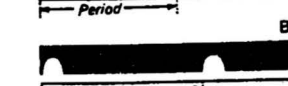
BELO NA PREKIDE 2 U FRUPI



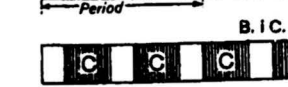
BELO NA PREKIDE 3 U GRUPI



STALNO BELO SA SJAJEM



BELO S PROMENAMA U CRVENO



BELI I CRVENI PROMENLJIVI BLESKOVI



Slika 69. — Karakteristike svetala

2.12. ODREĐIVANJE POZICIJE BRODA

2.12.1. Vrste pozicija

Pozicija broda se dobija određivanjem najmanje dve stajnice, a stajnica je geometrijsko mesto tačaka na kojem je brod. Dobija se osmatranjem jednog objekta. Osmatranje objekata — smeranje za dobijanje stajnice može biti istovremeno ili u razmaku vremena. Pod **istovremenim osmatranjem** podrazumeva se osmatranje jednog ili više objekata u vremenskom razmaku do jedne minute. Pod **osmatranjem u razmaku vremena** podrazumeva se osmatranje jednog ili dva objekta u većem razmaku.

Pozicija broda može da se odredi:

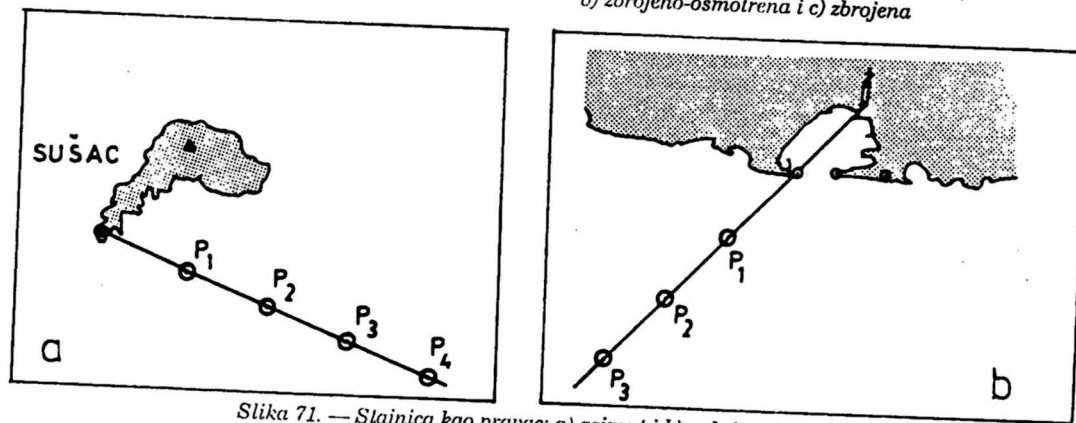
— istovremenim osmatranjem objekata — **osmotrena pozicija**,

— osmatranjem objekata u razmaku vremena — **zbrojeno osmotrena pozicija** i

— određivanjem prevaljenog puta na kursu na osnovu brzine broda i vremena — **zbrojena pozicija**.

Ove tri pozicije označavaju se na karti kao što je to prikazano na slici 70.

Uz znak pozicije upisuje se i vreme osmatranja.



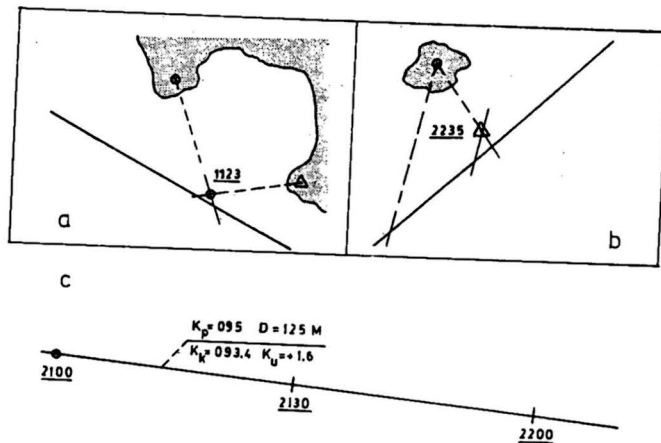
Slika 71. — Stajnica kao pravac: a) azimut i b) pokriveni smer

2.12.2. Vrste stajnica

Stajnica je geometrijsko mesto tačaka na kojoj se nalazi brod. U presecima najmanje dve stajnice je brod, a stajnica može imati oblik: pravca, kružnice, nepravilne krive linije i hiperbole.

a) Pravac kao stajnica

Merenjem azimuta ili pokrivenog smeru dobije se pravac kao stajnica. Azimut se smeru s kompasa, smerne ploče ili pomoću tehničkih sredstava (radar, radio-goniometar, podvodni ultrazvučni lokator itd.). Pokriveni smer predstavlja dva uočljiva prirodna ili veštačka objekta, a linija koja prolazi kroz ta dva objekta, kada se ucrtta na kartu, predstavlja pravac kao stajnicu.

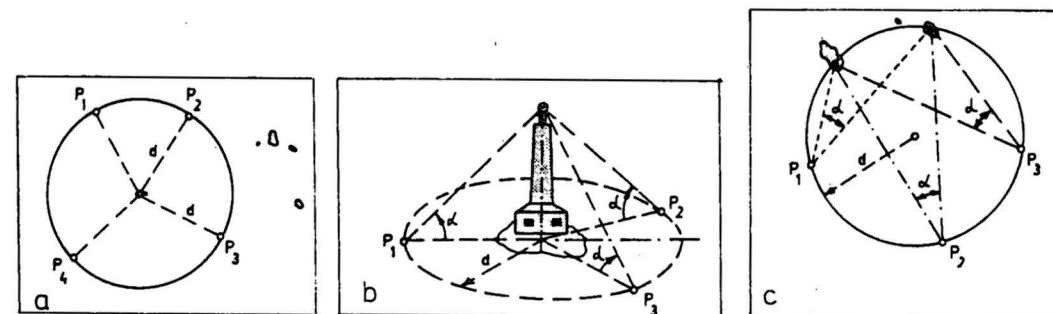


Slika 70. — Označavanje pozicije: a) osmotrena, b) zbrojeno-osmotrena i c) zbrojena

b) Kružnica kao stajnica

Merenjem udaljenosti, vertikalnog ugla i horizontalnog ugla dobija se kružnica kao stajnica. Uglovi se mere sekstantom, a udaljenost sredstvima za merenje udaljenosti. Izmerena udaljenost do objekta predstavlja kružnicu kao stajnicu, a osmatrač na

brodu, koji bi se nalazio na bilo kojoj tački ove kružnice, merio bi istu udaljenost. Vertikalni ugao daje posrednim putem udaljenost, odnosno kružnicu jednake udaljenosti i svi osmatrač koji se nalaze na toj kružnici mere isti vertikalni ugao.



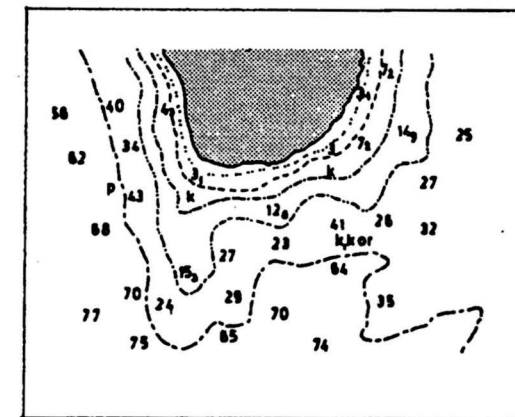
Slika 72. — Stajnica kao kružnica: a) udaljenost, b) vertikalni ugao i c) horizontalni ugao

Merenjem horizontalnog ugla između dva objekta dobije se takođe stajnica kao kružnica.

odnosno na pravcu koji je simetrala spojnice dvaju fokusa.

c) Nepravilna kriva linija kao stajnica

Merenjem dubine mora dobije se nepravilna kriva linija kao stajnica. Kriva linija koja povezuje mesta sa istom dubinom naziva se **izobata**.

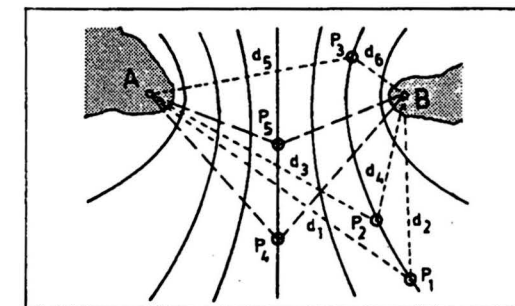


Slika 73. — Stajnica kao krivulja — izobata

d) Hiperbola kao stajnica

Ova stajnica se koristi u hiperboličnoj navigaciji, a zasnovana je na svojstvu hiperbole da je razlika udaljenosti bilo koje tačke na hiperboli uvek konstantna u odnosu na fokuse te hiperbole.

U fokusima hiperbole nalaze se dva radio-predajnika koji istog momenta emituju radio-signal. Prevaljeni put radio-signala od radio-predajnika u fokusima A i B do broda na poziciji P_1, P_2 ili P_3 je različit. Ako se prijemnikom meri razlika vremena, razlika faze, odnosno razlika udaljenosti, tada bi na poziciji P_1, P_2 ili P_3 te grane hiperbole uvek bila ista razlika udaljenosti. To znači da hiperbola daje stajnicu na kojoj je brod. Kada nema razlike, brod je na poziciji P_4, P_5, \dots ,



Slika 74. — Stajnica kao hiperbola

e) Greške stajnica

Prilikom merenja azimuta, pramčanih, horizontalnih i vertikalnih uglova, udaljenosti ili dubine, rezultat merenja izložen je greškama, koje nastaju usled grešaka instrumenata i samog merenja, a te greške mogu biti sistematske i slučajne, ali i grubi previdi.

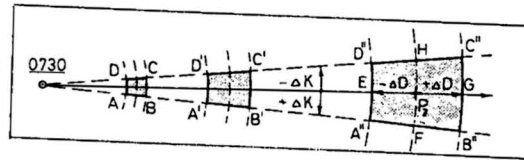
Sistematske greške posledica su nesavršenosti navigacijskih instrumenata, slučajne greške nastaju zbog različitih uzroka i u svakom merenju mogu imati drugu vrednost. Uglavnom su posledica nesavršenosti čovekovog vida, a grubi previdi posledica su zamene objekta, greške u očitavanju izmerene vrednosti ili zamene brojeva očitane vrednosti.

Da bi se izbegle, odnosno smanjile greške, potrebno je na karti raditi dobro zašiljenom olovkom, mekanom gumicom, pažljivo rukovati trouglom i šestarom.

2.12.3. Zbrojena pozicija

a) Određivanje zbrojene pozicije

Zbrojena pozicija se određuje pomoću kursa i prevaljenog vremena, a određuje se tako što se od poslednje osmatrane pozicije na liniju kursa nanese prevaljeni put koji se dobija iz brzine broda i razmaka vremena za koje se pozicija određuje. Označava se presekom linije kursa (—+—). Određuje se u slučaju kada je to jedini način određivanja pozicije, na otvorenom moru u određenim vremenskim razmacima, radi određivanja astronomske pozicije (prilikom određivanja jedne astronomske stajnice, za određivanje vremena prolaska Sunca kroz meridijan i za dobijanje astronomske pozicije u razmaku vremena i u drugim zadacima astronomske navigacije), pri određivanju pozicije pomoću radio-goniometra, a pomoću nekih od hiperboličkih sistema, radarske ili satelitske pozicije, radi upoređenja ili procene kursa i brzine kojom se kretao brod.



Slika 75. — Površina položaja zbrojene pozicije u funkciji greške kursa i brzine

Na grešku u kursu i prevaljenom putu utiču:

- nesavršenost navigacijskih uređaja (kompas i brzinomeri),
- netačno kormilarenje i
- nepoznata greška u zanošenju.

Zbog spomenutih uzroka potrebno je pri određivanju zbrojene pozicije razmotriti greške:

- u kursu zbog netačnog kormilarenja,
- u kursu zbog nepouzdanosti kompasa,
- u brzini zbog netačnosti brzinomera i
- u kursu i brzini zbog uticaja vetra i struje.

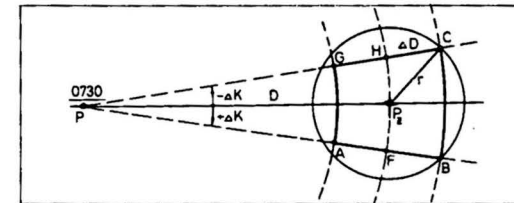
U priobalskom i obalskom području određuje se: pri određivanju pozicije u razmaku vremena s jednim ili dva terestrička objekta, pri svakoj promeni kursa i brzine, u momentu određivanja osmotrene pozicije s terestričkim objektima, radi identifikacije objekata u navigacijski teškim područjima i za vreme slabe vidljivosti.

Zbrojena pozicija se određuje unapred radi dobijanja vremena dolaska: u područje opasno za plovidbu, u vidokrug svetionika i ostalih markantnih objekata, subočice markantnih objekata i za proračun izlaska i zaslaska Sunca.

Pri određivanju zbrojene pozicije tačnost pozicije zavisi od greške u kursu i od greške u prevaljenom putu. To su najčešće nepoznate vrednosti čija se veličina ceni kao verovatna greška u kursu ($\pm \Delta K$) i u prevaljenom putu ($\pm \Delta D$), i one određuju površinu položaja zbrojene pozicije, a ta površina se povećava udaljavanjem od tačne pozicije.

b) Kružnica površine položaja zbrojene pozicije

Veličina svih mogućih grešaka u kursu i prevaljenom putu u određenim uslovima na osnovu iskustva u ponašanju broda utiče na veličinu površine položaja zbrojene pozicije. Ako se lukovi prevaljenog puta \overline{AG} i \overline{BC} zamene pravim linijama (spojnica pomenutih tačaka), onda površina položaja ima oblik trapeza. U praksi se četvorougao zbog jednostavnosti zamenjuje kružnicom čije je središte u poziciji P_z . Radijus kružnice jednak je najvećoj udaljenosti od jednog od vrhova trapeza i brod je verovatno negde po površini unutar te kružnice.



Slika 76. — Radijus kružnice površine položaja zbrojene pozicije

Kružnica površine položaja zbrojene pozicije može se odrediti i grafički ili izvedenom formulom za proračun radijusa:

$$r = \sqrt{P_z H^2 + \Delta D^2} \text{ ili } r = \sqrt{(D \cdot \Delta D : 57,3)^2 + \Delta D^2}$$

Ova druga formula služi kao primer: ako je greška u držanju kursa $\Delta K = \pm 1^\circ$, onda će posle 57,3 milje, ili zaokruženo posle 60 milja prevaljenog puta bočno odstupanje pozicije broda biti za jednu milju levo ili desno od kursa.

U praksi se može primeniti i jednostavniji obrazac za proračun radijusa kružnice površine položaja zbrojene pozicije:

- za lepo vreme: $r = 0,048 \cdot D$;
- $r \approx 0,05 D$,
- za ružno vreme: $r = 0,096 \cdot D$;
- $r \approx 0,1 D$.

Po lepom vremenu uzima se da je veličina radijusa 5% od prevaljenog puta, a za

ružno vreme 10%, a do toga se došlo empirijskim putem.

2.12.4. Pozicija broda određena istovremenim osmatranjem

Pod istovremenim osmatranjem podrazumeva se merenje dve ili više stajnica u kratkom vremenskom periodu, a prevaljeni put u toku smeranja ne bi smeo da bude duži od jednog kabla. Istovremenim osmatranjem pozicija se određuje: **jednim objektom, pomoću dva objekta i tri i više objekata**. Kad god je to moguće, poziciju broda treba određivati pomoću više objekata.

a) Pozicija broda određena istovremenim osmatranjem jednog objekta

Određuje se istovremenim smeranjem azimuta i udaljenosti na isti objekat. Koristi se jedino kada se na horizontu nalazi samo jedan objekat. Udaljenost se može odrediti pomoću radara, vertikalnog ugla, radio-zvučne plutače, daljinomera kada se pojavi svetionik na horizontu.

Ako se pozicija određuje radarom, potrebno je izabrati objekat s jasnom i oštrom slikom. Najbolje je, ako uslovi dozvoljavaju, azimut meriti vizuelnim osmatranjem, a udaljenost pomoću radara.

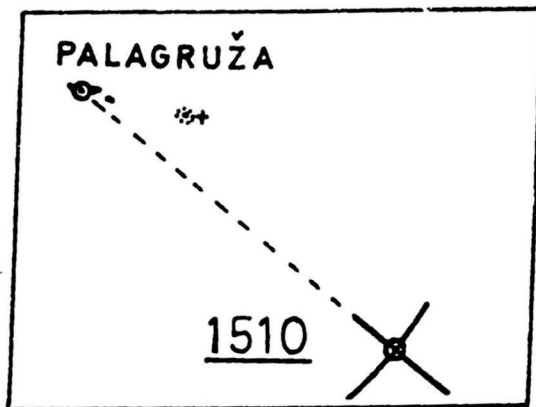
Pomoću vertikalnog ugla izračunava se udaljenost korišćenjem *Nautičkih tablica* NT-12 ili formule $d = 1,86 \frac{V_{ob} (m)}{\alpha}$. Najbolje je da jedan osmatrač meri daljinu, a drugi vertikalni ugao.

Ostali načini merenja udaljenosti objašnjeni su u delu 2.9. *Merenje udaljenosti*.

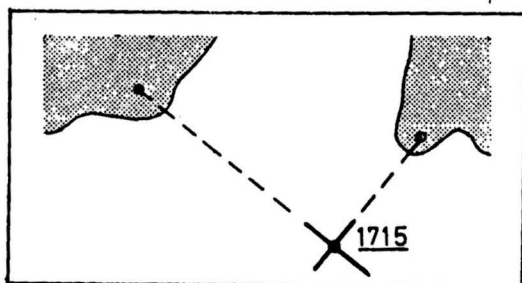
b) Pozicija broda određena istovremenim osmatranjem dvaju objekata

Istovremenim osmatranjem dva objekta mogu se odrediti dve i više stajnice. U praksi se koristi ako se na horizontu nalaze samo dva objekta. Pozicija sa dve stajnice može da se odredi sledećim merenjima:

— **Pozicija određena merenjem dva azimuta** najpraktičniji je način za određivanje pozicije broda sa dva objekta. Uslov je da su devijacija žiro-kompasa ili ukupna korekcija magnetskog kompasa pouzdane. Tačnost ove pozicije zavisi od ranije navedenih grešaka pojedinih stajnica, specifične greške za ovaj način određivanja pozicije jesu: greška zbog vožnje, greška zbog redosleda osmatranja i greška zbog veličine ugla pod kojim se seku stajnice.



Slika 77. — Pozicija sa jednim objektom pomoću azimuta i udaljenosti

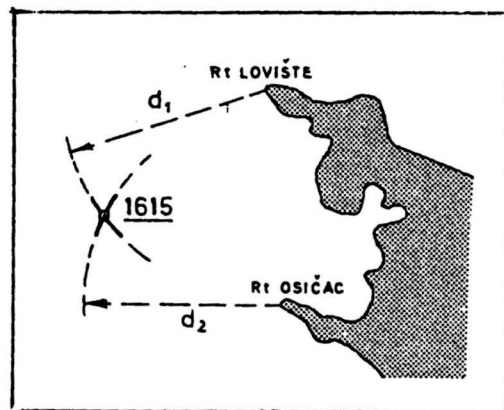


Slika 78. — Pozicija sa dva azimuta

Da bi se izbegla greška zbog vožnje, potrebno je u što kraćem vremenu izvršiti merenja oba azimuta, a greška zbog redosleda osmatranja smanjuje se tako što se smeru prvo bliži objekat, pa onda dalji od uzdužnice broda, a da bi se izbegle greške zbog nepovoljnog ugla pod kojim se seku stajnice, poželjno je da je taj ugao što bliži 90°.

Iz razmatranja grešaka pozicije sa dva azimuta može se zaključiti:

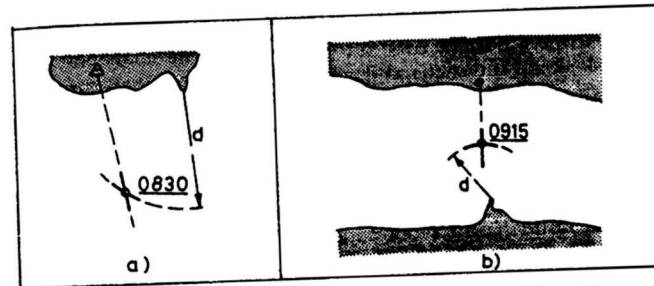
- potrebno je odabrati objekte što bliže brodu;
- najbolji ugao secišta između azimuta je 90°, a ne bi smeo biti manji od 30°, ni veći od 150°;
- prvo se smeru objekat koji je bliži uzdužnici broda;
- potrebno je smerati što brže, a ako se vreme merenja ne može tolerisati, svoditi ga na isto vreme:



Slika 79. — Pozicija sa dve udaljenosti

— **Pozicija određena merenjem dve udaljenosti** nije u zavisnosti od kompasa i treba je primeniti ako je devijacija žiro-kompasa ili ukupna korekcija za magnetni kompas nesigurna. U secištu dve stajnice — kružnice, dobijene merenjem dve udaljenosti, je pozicija broda. Pouzdanost zavisi od tačnosti merenja udaljenosti. I ovde postoje greška zbog vožnje, greška zbog redosleda osmatranja i greška koja zavisi od ugla secišta stajnica.

Postupak za otklanjanje ovih grešaka isti je kao i u prethodnom slučaju: potrebno je meriti u što kraćem vremenu, prvo meriti udaljenost do bočnog objekta, a potom onog bliže uzdužnici broda i nastojati da ugao među objektima ne sme da bude manji od 30° ni veći od 150°.



Slika 80. — Pozicija pomoću azimuta i udaljenosti

— **Pozicija određena merenjem azimuta i udaljenosti** određuje se tako što se istovremeno odredi azimut na jedan i udaljenost na drugi objekat. U secištu staj-

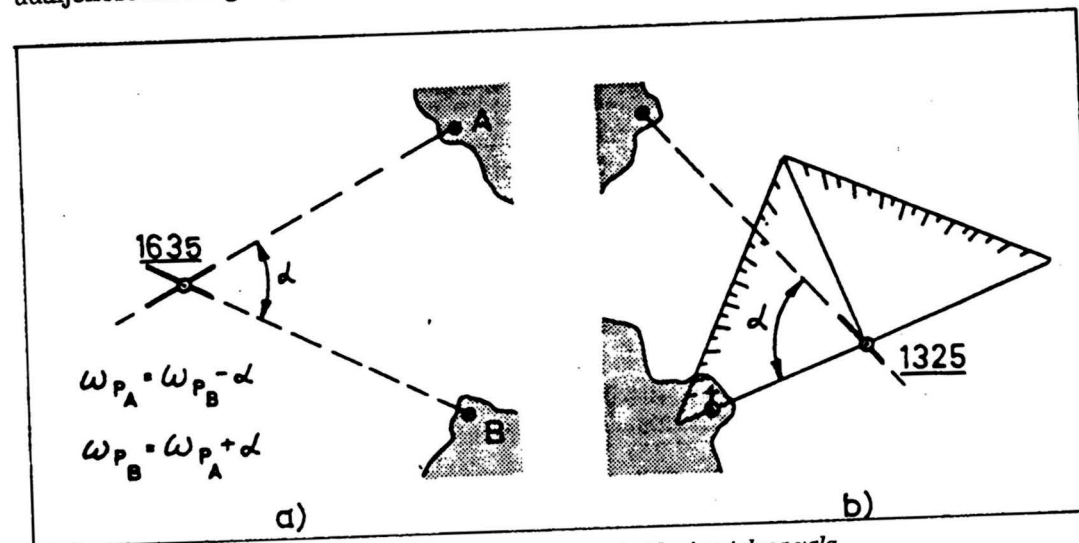
nica azimuta i kružnice udaljenosti je pozicija broda.

Greške pri merenju udaljenosti slične su kao i kod prethodnih.

— **Pozicija određena merenjem azimuta i horizontalnog ugla** određuje se istovremenim smeranjem azimuta na jedan objekat i horizontalnog ugla tog i drugog objekta. U secištu azimuta i kružnice kao

stajnice je pozicija broda. Treba birati povoljniji objekat za merenje azimuta.

Pozicija se može grafički na karti crtati na tri načina:



Slika 81. — Pozicija pomoću azimuta i horizontalnog ugla

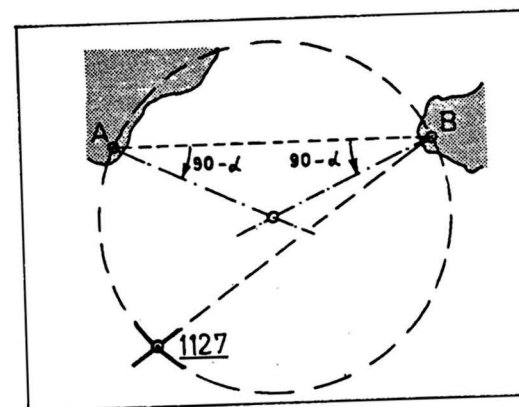
— pomoću izmerenog azimuta na jedan objekat i horizontalnog ugla proračuna se azimut na drugi objekat i ucrtava pozicija sa dva azimuta. Iz praktičnih razloga bolje je meriti azimut na levi objekat i u tom slučaju se izmerenom azimutu doda horizontalni ugao:

$$wpB = wpA + \alpha.$$

Ako je azimut meren na desni objekat, onda je:

$$wpA = wpB - \alpha;$$

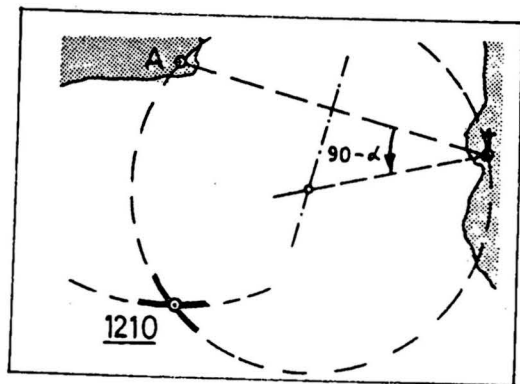
— pomoću trougla ucrtava se izmereni azimut na karti, na trougao se nanese vred-



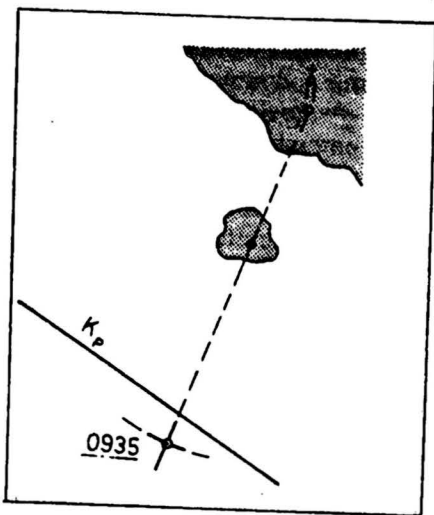
nost horizontalnog ugla i postavi na liniju ucrtanog azimuta. Pomicanjem trougla hipotenuza se postavi na drugi objekat i označi pozicija u sredini hipotenuze trougla;

— crtanjem azimuta i konstrukcijom kružnice dobije se pozicija. Ovakav način zahteva više vremena, pa se u praksi manje koristi.

— **Pozicija određena merenjem udaljenosti i horizontalnog ugla** dobija se merenjem horizontalnog ugla između dva objekta i udaljenosti do jednog od ta dva objekta. U secištu kružnice udaljenosti i horizontalnog ugla je pozicija.



Slika 82. — Pozicija s udaljenošću i horizontalnim uglom

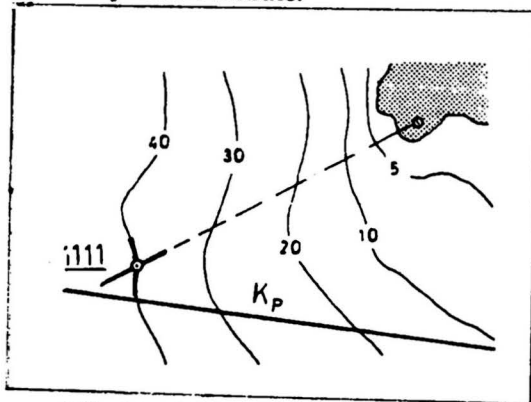


Slika 83. — Pozicija s udaljenošću i pokrivenim smerom

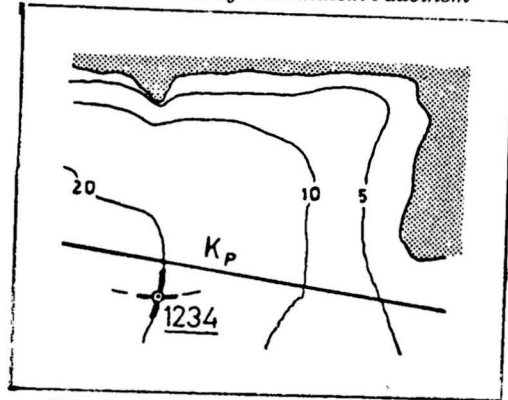
— **Pozicija određena merenjem udaljenosti u pokrivenom smeru** izračunava se u momentu prolaska kroz pokriveni smer. Pozicija broda je u secištu kružnice udaljenosti i pokrivenog smera. Momenat prolaska kroz pokriveni smer određuje se smernim aparatom, a smera se dalji objekat čiji se azimut sporije menja i čeka pokriće s bližim objektom. Tačnost pozicije zavisi od tačnosti merenja udaljenosti.

— **Pozicija određena merenjem dubine i azimuta ili udaljenosti** ređe se primenjuje u praksi, ali u datom momentu može biti jedini način. Kada se brod približava noću obali, a vidi se samo jedan svetionik i promena dubine je pogodna za određivanje stajnice pomoću izmerene dubine dubinomera, može se odrediti pozicija pomoću azimuta i dubine.

Merenjem dubine i udaljenosti istovremeno dobije se pozicija u secištu kružnice udaljenosti i izobate.

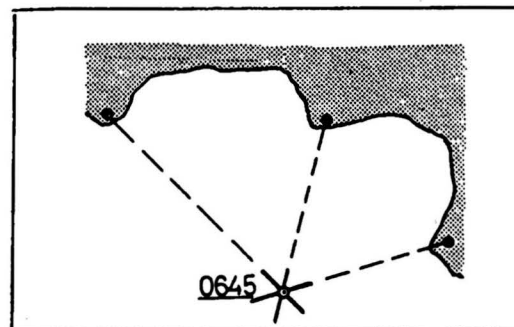


Slika 84. — Pozicija s azimutom i dubinom

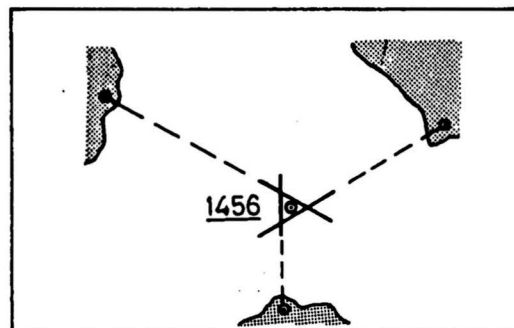


Slika 85. — Pozicija s udaljenošću i dubinom

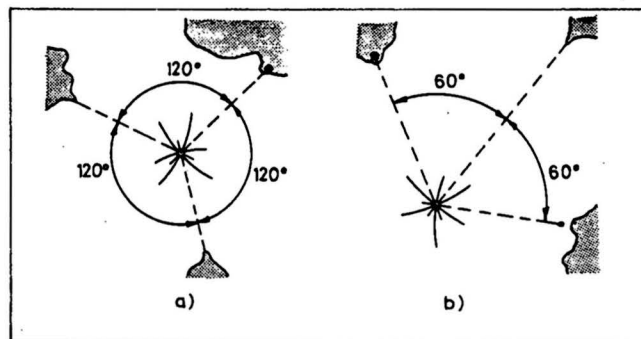
c) **Pozicija broda određena istovremenim osmatranjem tri i više objekata**



Slika 86. — Pozicija s tri azimuta



Slika 87. — Pozicija s tri azimuta — trougao grešaka



Slika 88. — Pozicija s tri udaljenosti

Ovakav način određivanja pozicije može se smatrati pouzdanim, pozicija se može odrediti na sledeće načine.

— **Pozicija određena merenjem azimuta** dobije se istovremenim merenjem azimuta na tri objekta. U idealnim uslovima, kada bi se istovremeno smerala sva tri azimuta i ako bi ti azimuti bili idealno tačni, pozicija bi se nalazila u secištu linija tri azimuta. U praksi se tri azimuta vrlo retko seku u jednoj tački.

Pozicija će biti tačnija ako se vodi računa o sledećem:

- potrebno je odabrati bliže objekte,
- ugao secišta susednih azimuta treba da bude od 60° do 120°, tj. što bliži tim vrednostima, a ne sme biti manji od 30°, ni veći od 150°;
- prvi se smerala objekat bliže uzdužnici broda, a poslednji bočni,
- potrebno je smerati što brže.

Ucrtavanjem na kartu azimuta dobija se takozvani trougao grešaka. Ako je trougao malih dimenzija, smatra se da je pozicija u središtu upisane kružnice, a stranice trougla ne bi smele biti veće od 0,05 milja u navigacijski teškom području, odnosno od 0,3 do 0,5 u obalnom području gde do najbliže opasnosti nema manje od tri milje.

U praksi prilikom ucrtavanja pozicije, ako je dobijeni trougao veći, treba ponoviti osmatranje.

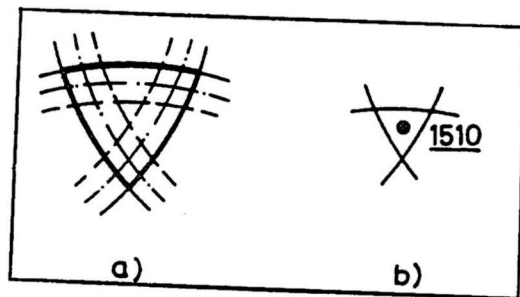
— **Pozicija određena merenjem udaljenosti** dobije se istovremenim merenjem tri udaljenosti, a pozicija broda je secište triju kružnica koje predstavljaju stajnice izmerenih udaljenosti.

Pozicija će biti tačnija ako se:

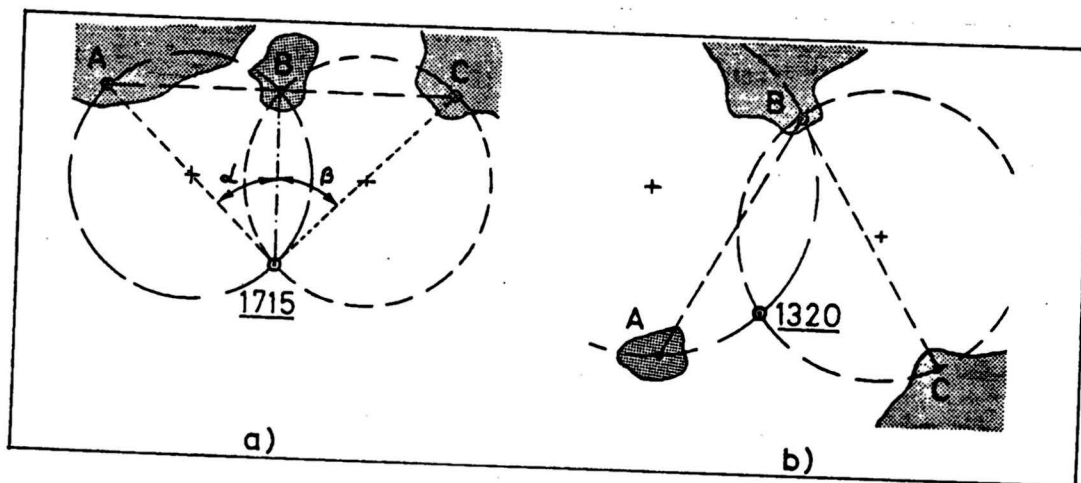
- odaberu objekti pogodni za merenje udaljenosti;
- izaberu uglovi između susednih objekata koji treba da budu 60° ili 120°, odnosno što bliže tim vrednostima, ali ne manji od 30°, ni veći od 150°;

— prvo meri udaljenost na bočni objekat, a poslednje merenje na objekat koji je najbliži uzdužnici broda;

- meri što brže.



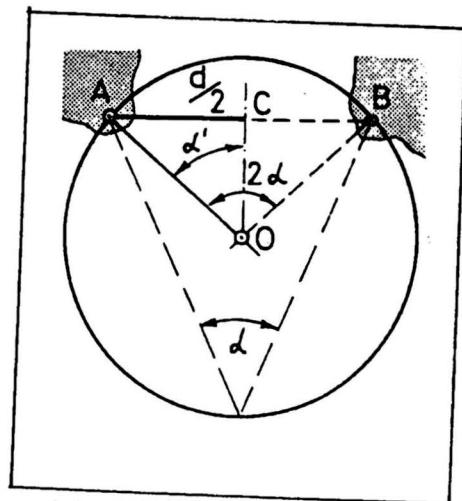
Slika 89. — Površina položaja pozicije s tri udaljenosti



Slika 90. — Pozicija s dva horizontalna ugla

— **Pozicija određena merenjem horizontalnih uglova** jeste pozicija sa dve stajnice u čijem secištu je pozicija broda. Tačnost pozicije je veća ako se odaberu markantniji objekti pogodni za dovođenje u pokriće pri merenju, raspored objekata mora omogućiti sečenje kružnica pod uglom što bližim 90° , potrebno je da objekti budu na istoj nadmorskoj visini, uglove treba meriti sleva udesno radi izbegavanja zamene, pri većim brzinama treba da mere dva osmatrača i radi kontrole ako se meri i treći horizontalni ugao.

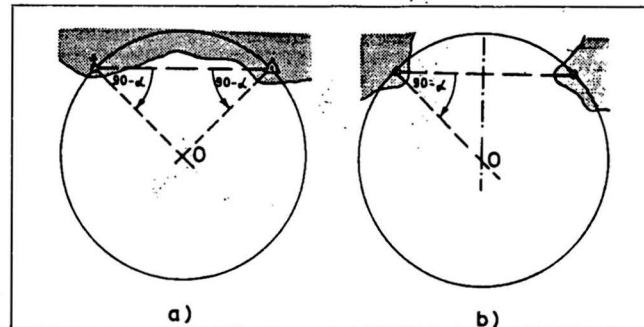
Pozicija se može ucrtati: proračunom radijusa kružnica kao stajnica, grafičkom konstrukcijom stajnica kao kružnica, grafičkom konstrukcijom pozicije i dvouglomerom, navigacijskim trouglom i prozirnim papirom.



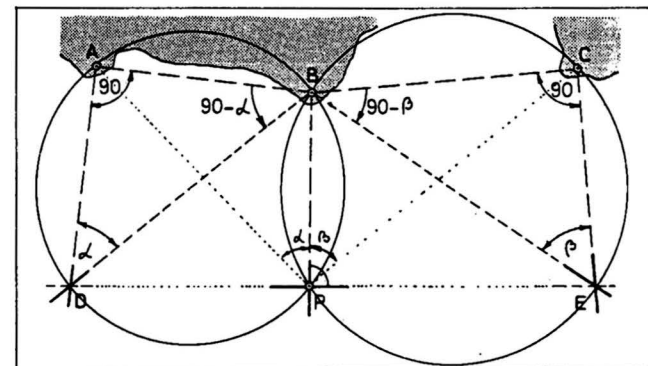
Slika 91. — Proračun radijusa kružnice

Tačnost pozicije zavisi od tačnosti merenja udaljenosti, a važno je da se udaljenost meri radarom, laserskim daljinomerom ili nekim drugim sredstvom. Udaljenosti će biti izmerene s većom ili manjom greškom, a pozicija će biti na manjoj ili većoj površini položaja omeđenoj s tri kružnice udaljenosti.

Kada se vodi računa o principima merenja udaljenosti prilikom ucrtavanja pozicije sa tri udaljenosti, u većini slučajeva pojavice se manja površina položaja u čijem se težištu nalazi pozicija.



Slika 93. — Konstrukcija kružnice pomoću horizontalnog ugla



Slika 94. — Grafička konstrukcija pozicije s dva horizontalna ugla

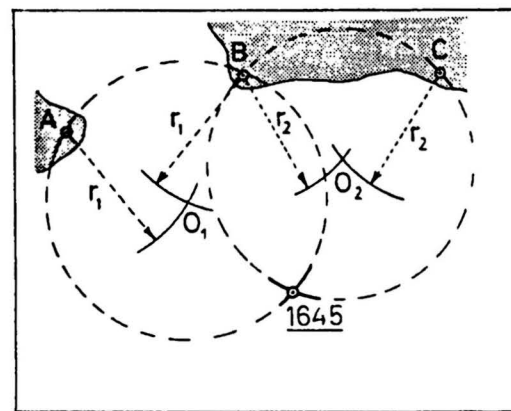
Proračun radijusa kružnice — za svaki izmereni horizontalni ugao proračuna se radijus kružnice $r = d / \operatorname{cosec} \alpha$. U datoj formuli d je udaljenost između objekata, a α izmereni ugao.

Postupak ucrtavanja pozicije je sledeći: izmere se udaljenosti između objekata i proračuna radijusa kružnice za svaki izmereni horizontalni ugao. U šestar se uzme radijus r_1 i iz objekta A i B povuku lukovi čije secište daje centar kružnice O_1 za prvu stajnicu. Postupak se ponavlja sa radijusom r_2 iz objekta B i C za drugu stajnicu. Pozicija broda je u secištu dve kružnice — stajnice.

Grafička konstrukcija stajnice kao kružnice može se izvesti na sledeći način:

— komplement izmerenog horizontalnog ugla ($90^\circ - \alpha$) nanosi se od spojnice objekata u oba objekta. U secištu krakova ucrtanih komplementa nalazi se centar kružnice — spojnice. Za drugi horizontalni ugao β postupak se ponavlja, a u secištu dve kružnice je pozicija broda.

Kada je izmereni horizontalni ugao veći od 90° , tada se vrednost ugla ($\alpha - 90^\circ$) nanosi od spojnice objekata, ali suprotno od verovatne pozicije;



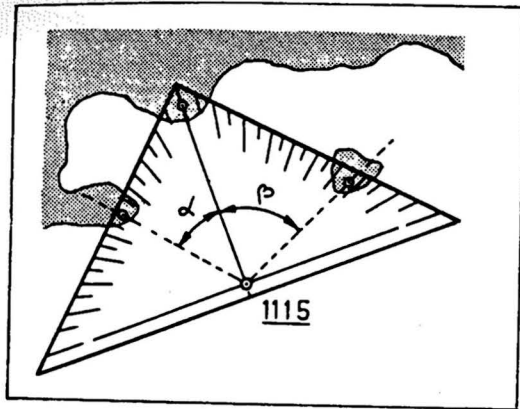
Slika 92. — Ucrtavanje pozicije s dva horizontalna ugla i proračunom radijusom

— komplement izmerenog horizontalnog ugla ($90^\circ - \alpha$) nanosi se u jednom objektu od spojnice objekata prema verovatnoj poziciji broda. Usecište spojnice dva objekta. U secištu simetrale i kraka ugla ($90^\circ - \alpha$) nalazi se centar kružnice koja prolazi kroz dva objekta. Postupak se ponavlja i za drugi horizontalni ugao β . U secištu dve kružnice je pozicija broda;

— komplementi horizontalnog ugla mogu se pretvoriti u azimute i ucrtati pomoću trougla. Izmeri se azimut spojnice u jednom objektu, njemu se doda, odnosno oduzme komplement ($90^\circ - \alpha$) i tako dobijeni azimuti ucrtaju kao krakovi ugla komplementa u oba objekta prema verovatnoj poziciji. U secištu tako ucrtanih azimuta je pozicija broda.

Grafička konstrukcija može se izvesti i na način kako je prikazano na slici 95.

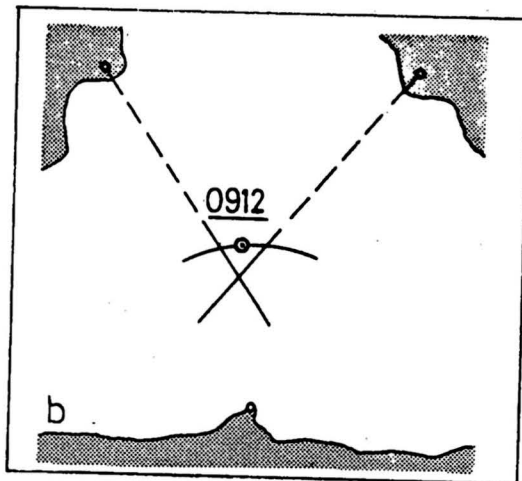
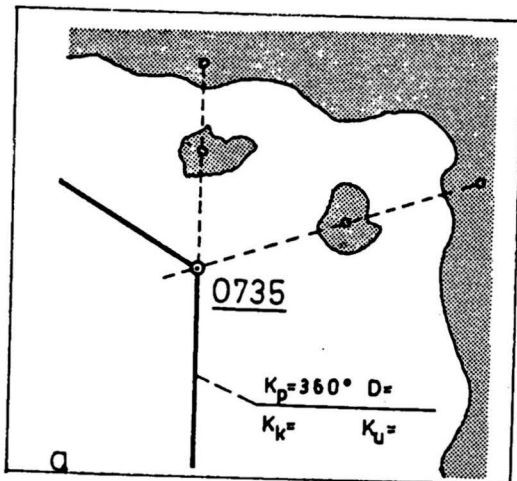
Ucrtavanje pozicije navigacijskim trouglom prikazano je na slici 96.



Slika 95. — Urtavanje pozicije navigacijskim trouglom

— Pozicija određena pomoću pokrivenih smerova zasniva se na korišćenju dva pokrivena smer. Brod plovi u jednom pokrivenom smeru i u momentu prolaska kroz drugi pokriveni smer određuje se pozicija. Ovaj način koristi se za vreme plovidbe kroz opasna područja, pri određivanju pozicije okreta, pri dovođenju broda na tačku sidrenja i pri dovođenju broda na polaznu poziciju.

— Kombinovani načini određivanja pozicije mogu biti: azimut i udaljenost; azimut i horizontalni ugao; azimut, udaljenost i horizontalni ugao; udaljenost i horizontalni ugao.



Slika 96. — Pozicija s dva pokrivena smer (a) i pozicija s dva azimuta i udaljenošću (b)

2.12.5. Pozicija broda određena u razmaku vremena

Pod osmatranjem u razmaku vremena podrazumeva se merenje dve stajnice u većem vremenskom razmaku — kada se na horizontu osmatra samo jedan objekat, kad se dva objekta istovremeno ne vide ili je jedan od objekata nepovoljan za osmatranje.

Pozicija broda u razmaku vremena dobije se pomicanjem prve stajnice na moment merenja druge stajnice. Može se odre-

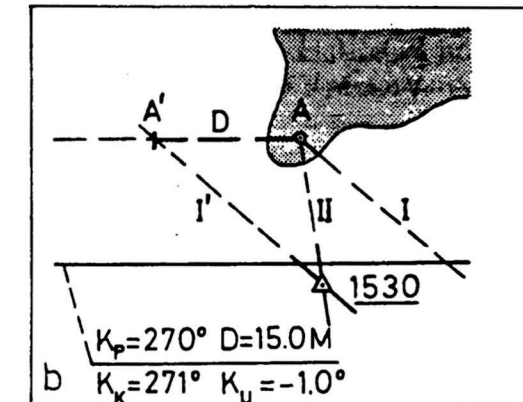
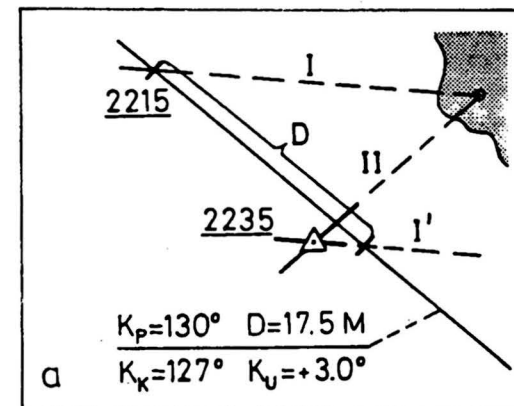
diti merenjem dve stajnice u razmaku vremena na jedan ili dva objekta.

a) **Pozicija broda određena osmatranjem jednog objekta u razmaku vremena**

Ovaj način određivanja pozicije primenjuje se kada na horizontu postoji samo jedan objekat, a on je pogodan za merenje samo jedne stajnice (azimuta ili udaljenosti). Pozicija se može odrediti merenjem: dva azimuta, dve udaljenosti, azimuta i udaljenosti i dva pramčana ugla.

— Pozicija određena merenjem dva azimuta dobija se tako što se izmeri prvi azimut i zabeleži vreme. Kada se azimut promeni najmanje za 30°, izmeri se

drugi azimut i zapiše vreme. Na osnovu brzine broda i razlike vremena između dva smeranja izračuna se prevaljeni put D (preko dna).

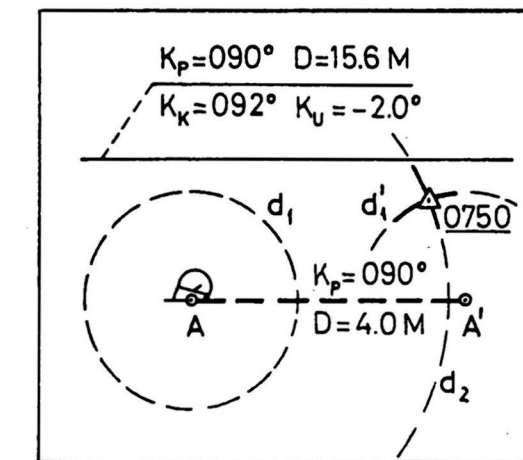


Slika 97. — Pozicija u razmaku vremena s dva azimuta — prvi način urtavanja (a) i drugi način urtavanja (b)

Prvi način urtavanja pozicije na karti — ucrtava se azimut u momentu drugog smeranja. S prvim azimutom preseče se ucrtani kurs i od te tačke nanese na kurs prevaljeni put D između dva smeranja. Kroz novodobijenu tačku na kursu ucrtava se vrednost prvog izmerenog azimuta. U secištu drugog azimuta i prenesenog prvog azimuta za prevaljeni put D nalazi se pozicija broda u momentu drugog smeranja.

ljenosti na moment merenja druge udaljenosti.

Drugi način urtavanja pozicije — ucrtava se azimut u momentu drugog smeranja. Iz objekta na koji se smer ucrtava se kurs broda i na njega nanese prevaljeni put između dva smeranja. Dobijena tačka (A') fiktivni je položaj objekta, pomaknut na moment smeranja drugog azimuta. Kroz dobijenu tačku (A') ucrtava se azimut u momentu prvog smeranja. Pozicija broda je u secištu drugog azimuta i prenesenog prvog azimuta ucrtanog kroz tačku (A').

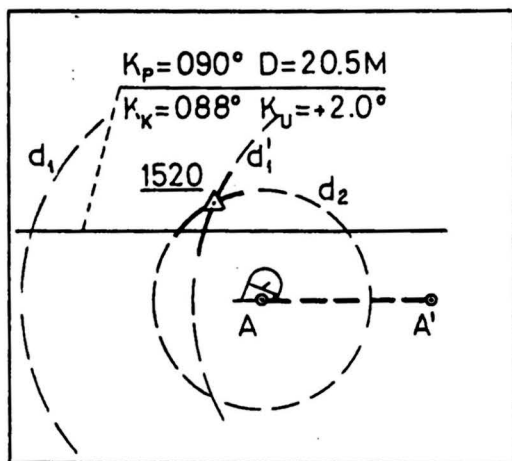


Slika 98. — Pozicija u razmaku vremena s dve udaljenosti kada se brod udaljava od radio-zvučne plutače

— **Pozicija određena merenjem dve udaljenosti** određuje se kada od postojećeg objekta može efikasno da se meri samo udaljenost. Pozicija se dobije, kao i sa dva azimuta, prenosom prve stajnice uda-

Ucrtava se udaljenost (d_2) u momentu drugog merenja. Prenos stajnice prve udaljenosti (d_1) moguć je jedino prenosom objekta na moment drugog smeranja. Od

objekta A ucrtava se kurs i na njega nanese prevaljeni put broda između dva smeranja. Tačka A' je fiktivna pozicija objekta (A) pomaknuta u kursu broda za prevaljeni put D. Iz tačke A' ucrtava se stajnica prve udaljenosti. U secištu ucrtane druge stajnice udaljenosti (d_2) i prenesene prve stajnice udaljenosti (d_1) nalazi se pozicija broda u momentu drugog smeranja. U praksi se crta samo deo druge stajnice i deo prve prenesene stajnice.



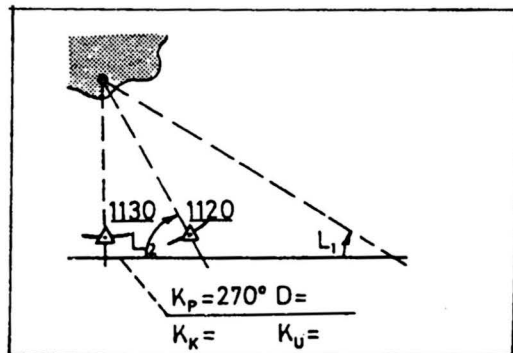
Slika 99. — Pozicija u razmaku vremena s dve udaljenosti kada se brod približava radio-zvučnoj plutači

— Pozicija određena merenjem azimuta i udaljenosti ucrtava se kao i prethodne pozicije u razmacima vremena s dva azimuta ili dve udaljenosti.

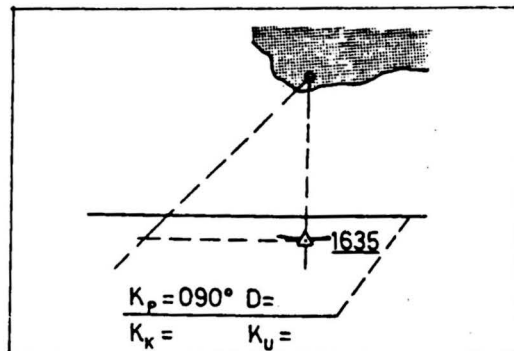
— Pozicija određena merenjem dva pramčana ugla zasnovana je na merenju dva pramčana ugla i prevaljenog puta između dva merenja, kada se dobije udaljenost u momentu drugog smeranja i u momentu smeranja subočice. Udaljenost se dobije iz NT-8 i 9. To je pozicija pomoću udaljenosti i azimuta koji se dobije iz pramčanog ugla i kursa broda.

U praksi se koriste tri karakteristična slučaja za određivanje pozicije: merenjem bilo koja dva pramčana ugla, merenjem dva pramčana ugla ako je drugi dvostruko veći

od prvog i merenjem prvog pramčanog ugla pod 45° i drugog pod 90° .



Slika 100. — Pozicija s dva pramčana ugla u momentu drugog smeranja i subočice



Slika 101. — Pozicija subočice ako je $L = 45^\circ$ i $L = 90^\circ$

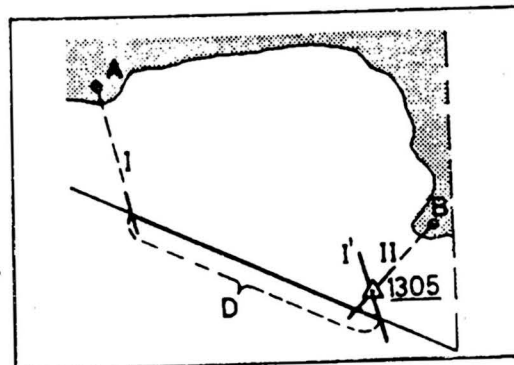
b) Pozicija broda određena osmatranjem dva objekta u razmaku vremena

Pozicija u razmaku vremena s dva objekta određuje se na isti način kao i sa jednim objektom. Može se odrediti na sledeći način:

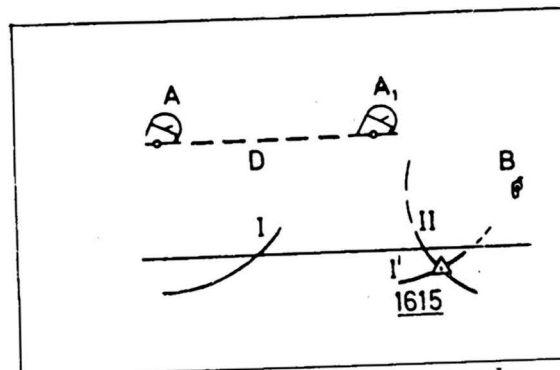
— merenjem dva azimuta, postupak je isti kao i određivanje s jednim objektom, a pozicija se može odrediti ako brod između dva smeranja plovi u jednom ili dva kursa;

— merenjem dve udaljenosti, postupak je isti kao i određivanje s jednim objek-

tom u razmaku vremena. Kružnica druge udaljenosti ucrtava se iz drugog objekta, a prvi objekat se pomakne u pravcu kursa za prevaljeni put između smeranja. Iz prenesene pozicije prvog objekta ucrtava se kružnica prve udaljenosti. Primenjuje se u području obeleženom radio-zvučnim plutačama;



Slika 102. — Pozicija u razmaku vremena na dva objekta s dva azimuta



Slika 103. — Pozicija u razmaku vremena na dva objekta s dve udaljenosti

— merenjem azimuta i udaljenosti, postupak određivanja pozicije isti je kao i određivanje s jednim objektom, pomicanjem prve stajnice za prevaljeni put između smeranja i ucrtavanjem druge stajnice od drugog objekta;

— merenjem azimuta ili udaljenosti i dubine, postupak je isti kao i u ostalih načina određivanja pozicije s dva objekta u razmaku vremena.

c) Tačnost pozicije u razmaku vremena

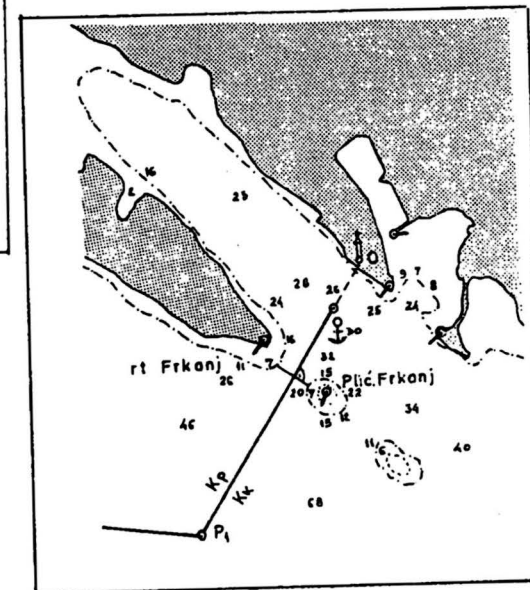
Određuje se samo u nuždi, a zavisi od: grešaka koje nastaju pri merenju pojedinih stajnica, udaljenosti od objekata, ugla secišta dve stajnice, veličine prevaljenog puta između merenja stajnica, tačnosti dobijenog puta između merenja stajnica i tačnosti kursa kojim je brod plovio.

2.13. POMOĆNE METODE ZA SIGURNO PLOVLJENJE

Ove metode primenjuju se u navigacijski teškim područjima i zahtevaju pripreme radnje.

2.13.1. Sigurni azimut i sigurni pokriveni smer

Koristi se za prolaženje kroz prolaze, kada se kurs postavlja preko sigurnih dubina i na sigurnim udaljenostima od opasnih

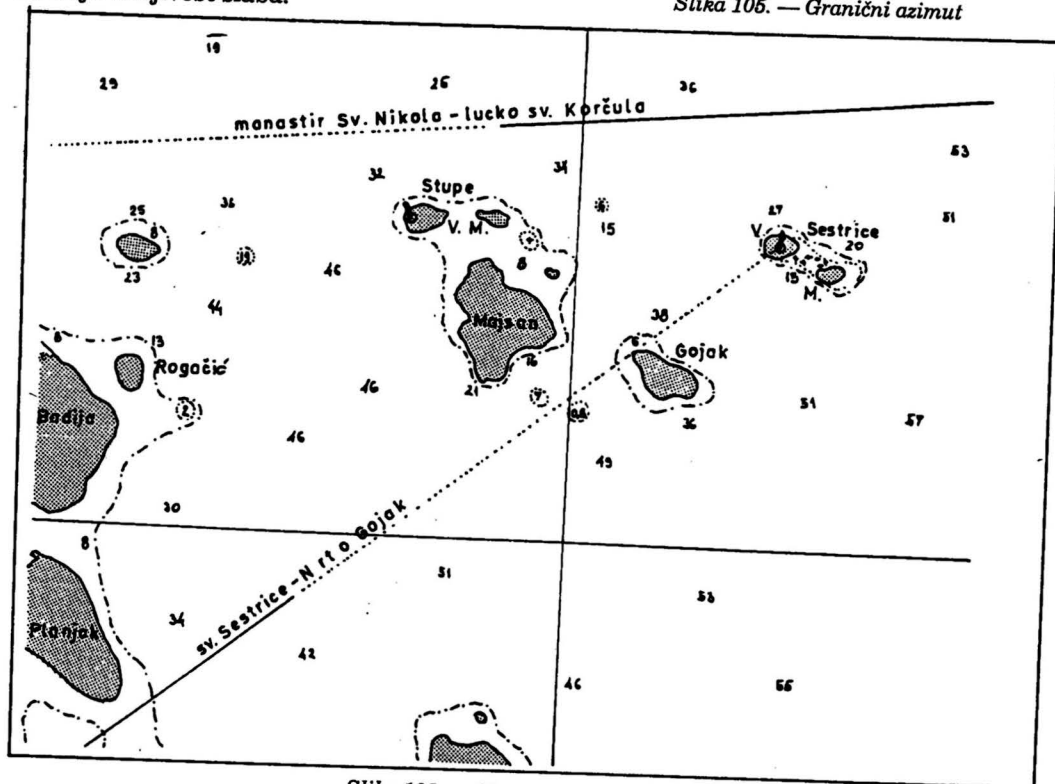


Slika 104. — Sigurni azimut

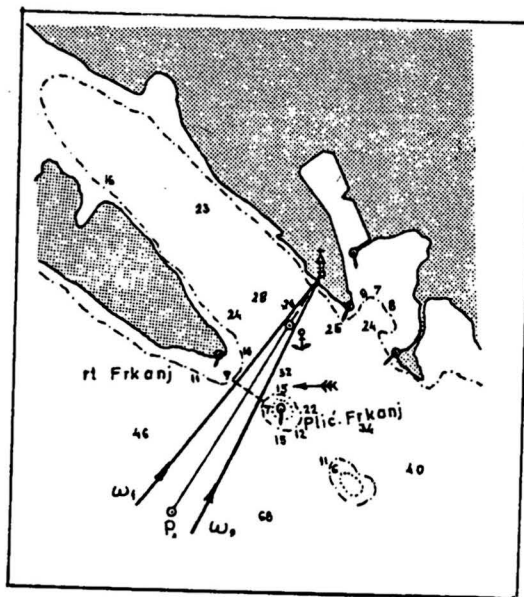
prepreka. Takav kurs mora da vodi na uočljiv objekat na obali, i naziva se **vodeći azimut** ili **sigurni azimut**. To je ujedno i kurs preko dna, kurs kompasni (K_k) mora se ranije izračunati, a potrebno je uzeti u obzir i zanošenje usled dejstva vetra i struje. Smeranjem objekta „O” kontroliše se plovljenje unutar graničnih azimuta. Ako je izmereni azimut manji od azimuta w_1 , a veći od azimuta w_2 , tada brod plovi sigurnim sektorom. Sigurni sektor je noću obeležen svetionicima ili svetlima. Sigurni pokriveni smerovi imaju veću vrednost, a biraju se na karti pri čemu treba voditi računa da su objekti markantni i na vreme uočljivi.

2.13.2. Sigurne izobate

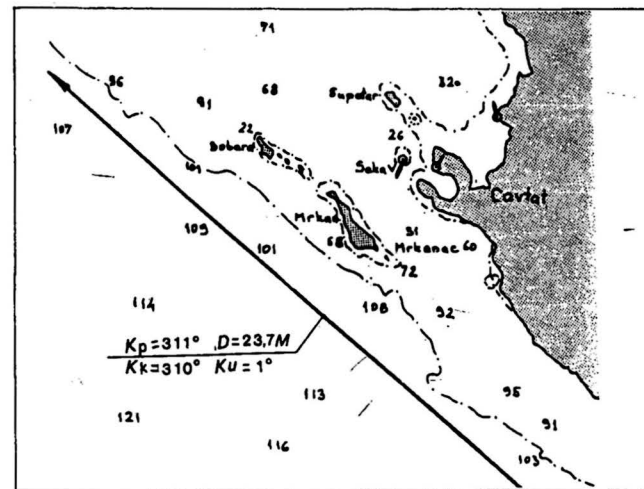
Kada se plovi uz približno ravnu obalu, sa opasnim preprekama, može se koristiti sigurna izobata. Takav metod je pogodan kada je vidljivost slaba.



Slika 106. — Sigurni pokriveni smer



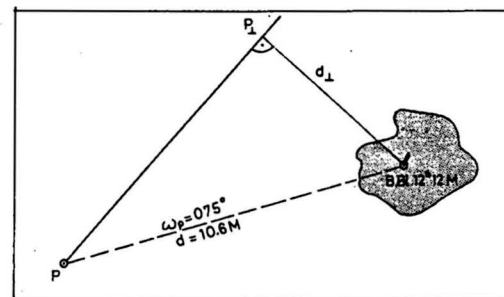
Slika 105. — Granični azimut



Slika 107. — Sigurna — granična izobata

2.13.3. Sigurna udaljenost

Kada se plovi uz visoku i strmu obalu, sa opasnim preprekama, bez markantnih objekata, a izobate su nesigurne i nepravilne, drži se sigurna udaljenost od te obale, van navigacijski opasnih prepreka.



Slika 108. — Sigurna udaljenost

2.13.4. Sigurni vertikalni ugao

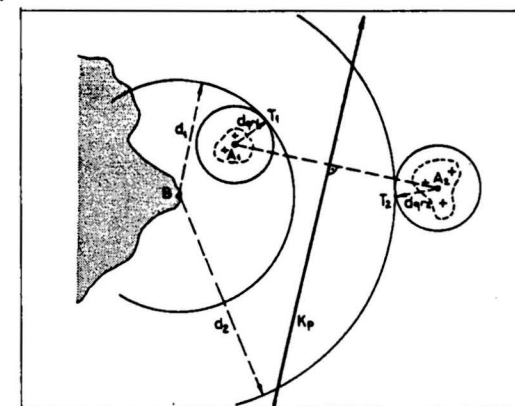
Kada ne postoji mogućnost korišćenja sigurnog azimuta i pokrivenog smer, koristi se vertikalni ugao na jedan ili dva objekta, poznate visine. Oko opasnog objekta na

karti opiše se granična kružnica (d_{gr}), unutar koje se moraju nalaziti sve opasne prepreke. Sa središtem u objektu B opiše se kružnice radijusa d_1 i d_2 tako da dodiruju ucrtane granične kružnice u tačkama T_1 i T_2 . Kurs se polaže vertikalno na spojnicu objekata A_1 i A_2 .

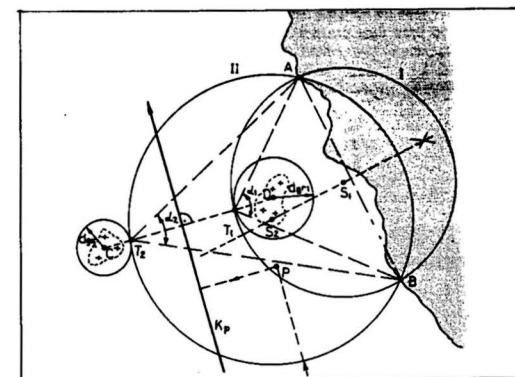
Vertikalni ugao se izračunava po formuli:

$$\alpha' = \frac{13}{7} \cdot \frac{V_{ob} (m)}{d (M)}$$

Tokom plovidbe sekstantom se meri vertikalni ugao na objekat B, a izmerena vrednost mora biti između α_1 i α_2 .



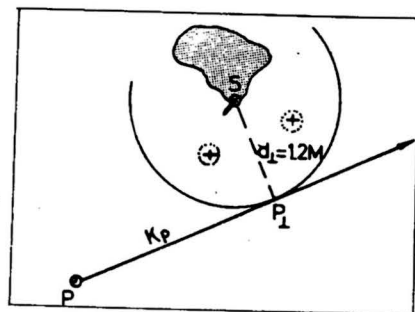
Slika 109. — Sigurni — granični vertikalni ugao



Slika 110. — Sigurni — granični horizontalni ugao

2.13.5. Sigurni horizontalni ugao

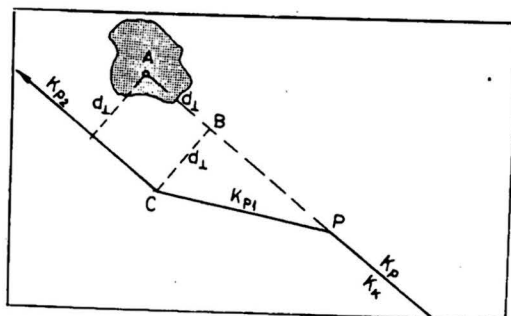
Koristi se kada se plovi uz nisku obalu sa navigacijskim opasnostima, a kada postoje dva markantna objekta. Na kartu se ponovo ucrtavaju kružnice oko prepreka sa radijusom granične udaljenosti (d_{gr}). Središta ovih kružnica se spajaju, a vertikalno preko sredine između tačaka T_1 i T_2 postavlja se kurs pravi (K_p). Tačke T_1 i T_2 spajaju se sa objektima A i B. Dobijeni uglovi AT_1B i AT_2B se mere i konstruišu kružnice I i II, koje moraju dodirivati granične radijuse. Ploveci u K_p ulazi se u kružnicu II, i u tom momentu meri se horizontalni ugao između objekata A i B, koji uvek mora biti veći od α_2 , a manji od α_1 .



Slika 111. — Sigurni kurs za prolaz na određenoj udaljenosti

2.13.6. Sigurni kurs

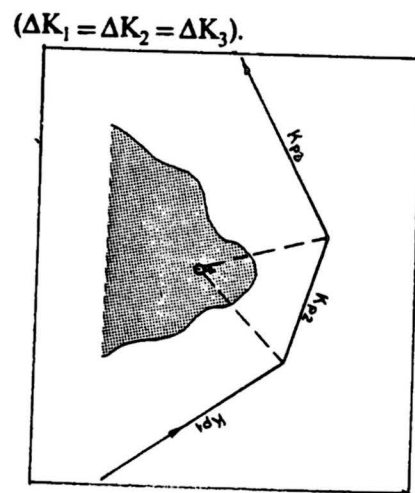
Postavlja se pomoću bočne daljine. Od poznate pozicije P sigurni kurs postavlja se kao tangenta na kružnicu radijusa odabrane bočne udaljenosti d_1 . Unutar ove kružnice moraju biti sve navigacijske opasnosti.



Slika 112. — Sigurni kurs uz najkraće produženje plovljenja

2.13.7. Zaobilaženje rtova

To je veoma čest slučaj kada se plovi u obalnom moru. Rtovi se zaobilaze postavljanjem dva ili više kurseva koji vode brod na sigurnoj daljini od rta. Kurs se menja po jednom markantnom objektu. Rtovi se mogu zaobilaziti zadržavanjem iste udaljenosti pri promeni kursa pod jednakim pramčanim uglovima.

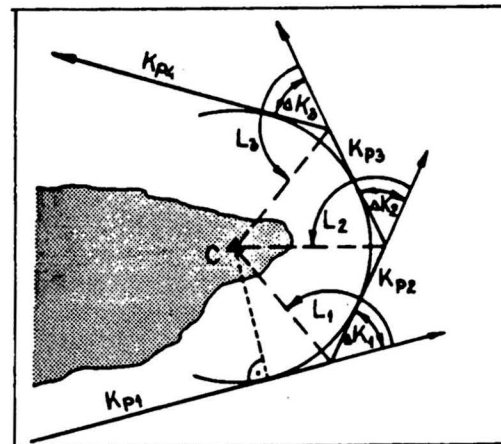


Slika 113. — Zaobilaženje rtova postavljanjem kurseva

2.14. Plovidba pod uticajem vetra i struje

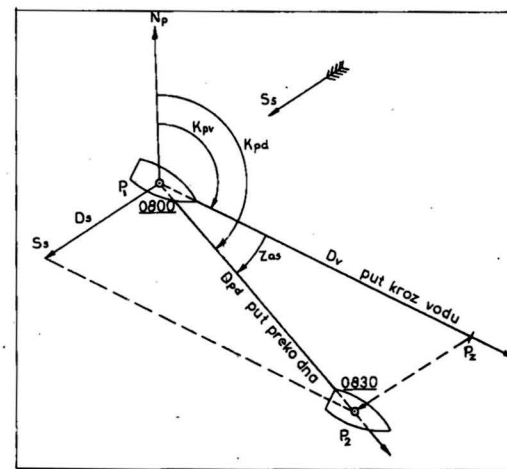
Pod uticajem vetra i struje dolazi do zanošenja broda. Brod se kreće neželjenim kursom, ne sledi ucrtani kurs i ne stiže na

željenu poziciju P_2 , već plovi po nekom kursu preko dna (K_{pd}). Ugao između kursa koji pokazuje brodski kompas (K_{pv}) i kursa kojim brod stvarno plovi (K_{pd}) naziva se ugao zanošenja (Za).



Slika 114. — Zaobilaženje rtova zadržavanjem iste udaljenosti pod jednakim pramčanim uglovima

Put kojim bi se kretao brod pod dejstvom pogona po kompasu naziva se **put kroz vodu**, a deo puta koji prevali za neko vreme naziva se **prevaljeni put kroz vodu** (D_v). **Brzina kroz vodu** je brzina (b_v) koju brod postiže radom pogonskih mašina u odnosu na vodu.



Slika 115. — Ugao zanošenja

Ugao između meridijana pravog i linije puta kroz vodu (uzdužnica broda) naziva se **kurs pravi kroz vodu** (K_{pv}), a put koji brod stvarno prevali pod dejstvom vetra i struje (posebno ili zajedno) naziva se **put preko dna**, dok se deo puta preko dna koji brod prevali za određeno vreme naziva **prevaljeni put preko dna** (D_{pd}), a brzina preko dna (b_{pd}) naziva se **prevaljeni put preko dna u jedinici vremena**.

2.14.1. Plovidba pod uticajem morske struje

Morske struje nastaju usled dejstva vetrova, razlika u temperaturi i gustoci vodene mase, uticaja pritoka ili pod dejstvom morskih mena. Mogu biti **stalne, periodične i promenljive**.

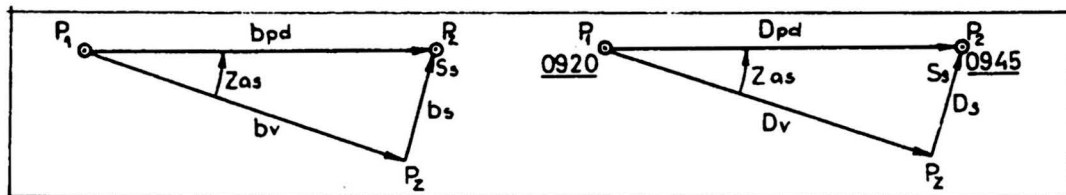
Smer u kome se kreće vodena masa naziva se **smer struje**, a meri se kao i kurs broda od meridijana pravog (0°), preko istoka do 360° . Prevaljeni put vodene mase u jedinici vremena naziva se **brzina struje** (b_s), a meri se u čvorovima.

Kada morska struja deluje na brod različitim smerom od njegovog kursa, ona će ga zanositi, a veličina zanošenja zavisice od odnosa brzine broda i brzine struje.

Grafičko rešavanje problema plovidbe u stalnoj struji zasnovano je na slaganju vektora brzina, a prikazano je na slici 115.

Sa pozicije P_1 brod plovi na poziciju P_2 kursom K_{pv} (kurs kroz vodu) i brzinom b_v (brzina kroz vodu). Da ne postoji morska struja S_s , brod bi za određeno vreme stigao na željenu poziciju P_2 . Međutim, pošto na brod stalno deluje morska struja S_s stalnog smera i jačine, brod ne prelazi put P_1P_2 , nego put P_1P_2' , koji je, u stvari, rezultanta vektora P_1P_2 i S_s . Za isto vreme brod će se naći na poziciji P_2' , koja predstavlja osmotrenu poziciju.

Pri grafičkom rešavanju plovljenja u zanošenju dovoljno je konstruisati samo vektorski trougao brzina. Dužine navedenih vektora ucrtavaju se u istom razmeru, a svaki konstruisani trougao određen je pomoću tri vektora:



Slika 116. — Trougao brzina i trougao prevaljenih puteva

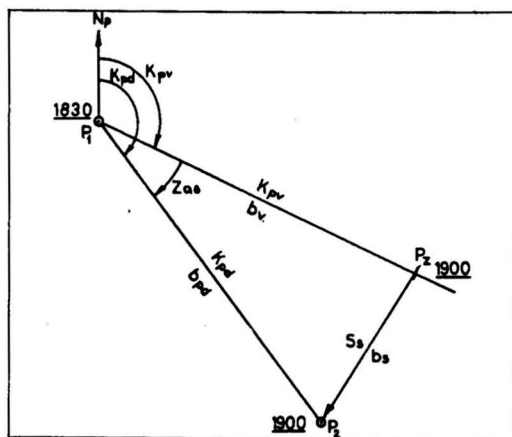
— vektorom $\overline{P_1P_2}$: pravi kurs kroz vodu (K_{pv}) i brzina kroz vodu (b_v) ili prevaljeni put kroz vodu (D_v);

— vektorom $\overline{P_1P_2}$: kurs preko dna (K_{pd}) i brzina preko dna (b_{pd}) ili prevaljeni put preko dna (D_{pd});

— vektorom $\overline{S_3}$: smer i brzina struje (b_s) ili prevaljeni put struje (D_s).

a) Određivanje elemenata morske struje

Trougлом $P_1P_2P_3$ određeni su i elementi morske struje. Na slici 117 prikazan je vektorski trougao sa vektorima $\overline{P_1P_2}$, $\overline{P_1P_3}$ a trećim vektorom tog trougla $\overline{P_2P_3}$ određen je vektor struje ($\overline{S_3}$), a brzina struje (b_s) određena je dužinom vektora (prevaljeni put struje D_s), svedenom na jedinicu vremena.

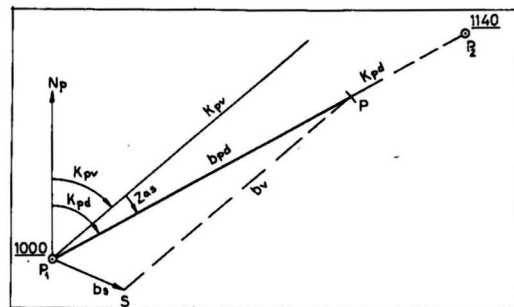


Slika 117. — Određivanje smera i brzine struje

Ugao zanošenja zbog struje (Z_{as}) pozitivan je kad je $K_{pd} > K_{pv}$, odnosno kad zanošenje ima smer kretanja kazaljke na satu. U obratnom slučaju ugao zanošenja je negativan.

b) Određivanje kursa i brzine kroz vodu

Određivanje kursa pravog kroz vodu (K_{pv}) i brzine kroz vodu (b_v) vrši se na osnovu zadanog vremena otplovljenja s pozicije P_1 i vremena doplovljenja na poziciju P_2 . Kada je poznat smer struje (S_3) i brzina struje (b_s), zadatak se rešava konstrukcijom vektorskog trougla brzina ili prevaljenih puteva.

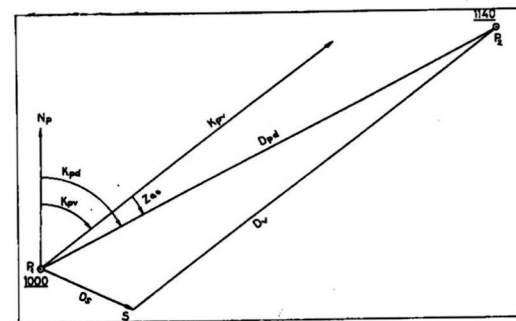


Slika 118. — Određivanje kursa i brzine kroz vodu trougлом brzina

Vektor \overline{S} ucrtava se iz pozicije P_1 . Iz razlike vremena P_1 i P_2 ($\Delta t = 1,67$ sati), i prevaljenog puta preko dna ($D_{pd} = 25$ M) izračunava se brzina preko dna ($b_{pd} = 15$ čv). Na određeni K_{pd} (P_1P_2) ucrtava se dužina izračunate brzine preko dna od P_1 . Ovim je

određena i druga stranica trougla. Dužina treće stranice \overline{SP} je tražena brzina kroz vodu ($b_v = 13,2$ čv), a ucrtana iz pozicije P_1 predstavlja traženi kurs pravi kroz vodu (K_{pv}).

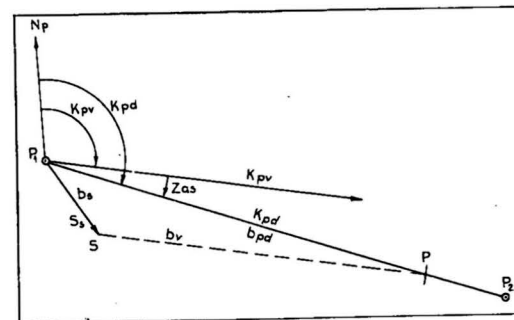
Konstrukcija s prevaljenim putem prikazana je na slici 119.



Slika 119. — Određivanje kursa i brzine kroz vodu trougлом prevaljenih puteva

c) Određivanje kursa kroz vodu i brzine preko dna

Da bi se doplovilo s pozicije P_1 na poziciju P_2 , pod dejstvom struje poznatog smera i brzine, treba ploviti u nekom kursu kroz vodu (K_{pv}) različitim od kursa preko dna (K_{pd}). Zadatak se rešava na sledeći način.



Slika 120. — Određivanje kursa kroz vodu i brzine preko dna

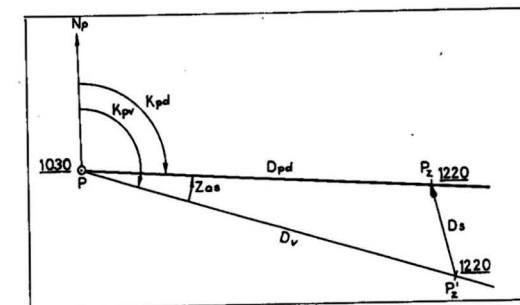
Iz polazne pozicije P_1 ucrtava se smer (S_3) i brzina struje (b_s). S vrhom vektora \overline{S}

šestarom se odredi brzina broda kroz vodu (b_v), preseče se ucrtani kurs preko dna (K_{pd}) i dobije tačka P, tj. treći vrh vektorskog trougla. Ugao između meridijana i vektora \overline{SP} je kurs pravi kroz vodu (K_{pv}). Taj K_{pv} ucrtava se iz polazne pozicije P_1 .

Dužina vektora $\overline{P_1P}$ je brzina preko dna (b_{pd}) kojom se računa vreme dolaska broda na poziciju P_2 .

U toku plovidbe brod treba da plovi u K_{pv} da bi, pod uticajem struje, sledio kurs preko dna (K_{pd}).

d) Određivanje kursa preko dna i brzine preko dna



Slika 121. — Određivanje zbrojene pozicije i kursa preko dna

Kada su poznati smer (S_3) i brzina struje (b_s), pozicija P, kurs pravi kroz vodu (K_{pv}) i brzina kroz vodu (b_v), određivanje pozicije broda za određeni moment određuje se pomoću kursa preko dna (K_{pd}) i brzine preko dna (b_{pd}) konstrukcijom vektorskog trougla pomoću prevaljenih puteva: iz osmotrene pozicije P ucrtava se kurs pravi kroz vodu (K_{pv}) i pozicija zbrojena P_z za određeni moment nanošenjem prevaljenog puta kroz vodu (D_v), a na osnovi poznate brzine kroz vodu (b_v). Pozicija P_z pomiče se u smeru struje za veličinu njegovog prevaljenog puta (D_s) i tako se dobija tražena zbrojena pozicija P_z na kojoj će se brod naći u određeno vreme. Ucrtavanjem dužine $\overline{PP_z}$ određen je kurs preko dna (K_{pd}) i prevaljeni put preko dna (D_{pd}).

e) Specifični slučajevi

To su slučajevi kada morska struja ima isti ili suprotan smer od kursa broda, što znači da nema zanošenja, kurs broda kroz vodu jednak je kursu broda preko dna, ali brzina kroz vodu nije jednaka brzini preko dna.

Ako je smer struje isti kao kursa broda, onda je:

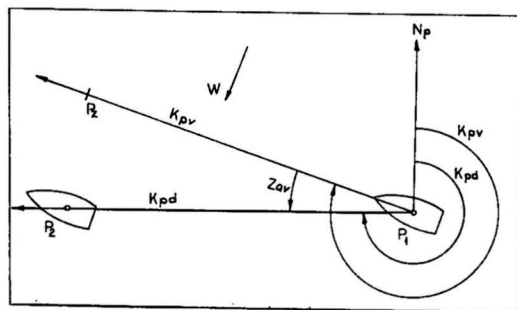
$$b_{pd} = b_v + b_s.$$

Ako je smer struje suprotan od kursa broda, tada je:

$$b_{pd} = b_v - b_s.$$

2.14.2. Plovidba pod uticajem vetra

Plovidba pod isključivim delovanjem vetra podrazumeva da je vodena masa nepokretna. U tom slučaju brzina koju brod postiže delovanjem pogona i vetra jeste brzina kroz vodu (b_v), ali ujedno i brzina preko dna (b_{pd}), istovremeno je i prevaljeni put kroz vodu (D_v) i prevaljeni put preko dna (D_{pd}). Zbog vetra brod se kreće rezultirajućom brzinom. Pod delovanjem vetra stvarni smer kretanja broda je u pravcu P_1P_2 po kursu preko dna (K_{pd}), a prividni u pravcu P_1P_2' po kursu pravom kroz vodu (K_{pv}).

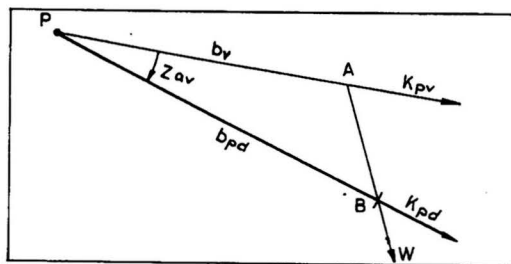


Slika 122. — Zanošenja od vetra

Ugao između kursa pravog kroz vodu (K_{pv}) i kursa preko dna (K_{pd}) naziva se ugao zanošenja zbog vetra (Za_v), a predznak ugla zanošenja računa se na isti način kao i kod zanošenja zbog struje.

a) Određivanje ugla zanošenja zbog vetra

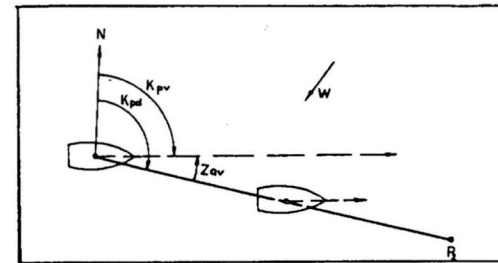
Ugao zanošenja može se odrediti na osnovu merenja ugla između uzdužnice broda i brazde. Određivanje ugla zanošenja zbog vetra (Za_v) može se odrediti na osnovu uporedenja brzina broda i vetra, a problem se rešava na karti: na ucrtanom kursu pravom (K_{pv}) proizvoljno se označi tačka P, pa od nje nanese dužina brzine broda po broju okretaja propelera. Dobijena tačka se označi sa A. Dužina PA jeste brzina kroz vodu (b_v). Iz tačke A ucrtta se smer vetra (W). Otvorom šestara u veličini brzine po brzinomeru (b_{pd}) preseče se ucrtani smer vetra (W) i tako dobijena tačka označi sa B. Dužina PB je brzina preko dna i ujedno daje kurs preko dna (K_{pd}). Dužine treba nanositi u razmeri.



Slika 123. — Određivanje zanošenja od vetra upoređenjem brzine broda

b) Određivanje kursa kroz vodu pri zanošenju zbog vetra

Ovaj problem se rešava kada su poznate pozicija polaska (P_1) i dolaska (P_2). Dužina P_1P_2 je kurs preko dna (K_{pd}) i prevaljeni put (D_{pd}). Zbog delovanja vetra treba odrediti kurs kroz vodu (K_{pv}) s poznatim uglom zanošenja (Za_v), da bi brod sledio ucrtani kurs. To se rešava grafički.



Slika 124. — Određivanje kursa kroz vodu pri zanošenju zbog vetra

c) Određivanje zbrojene pozicije pri zanošenju zbog vetra

Prvo se određuje ugao zanošenja. Od osmotrene pozicije s poznatim uglom zanošenja i kursom pravim kroz vodu (K_{pv}) izračuna se kurs preko dna (K_{pd}) i ucrtta na pomorsku kartu:

$$K_{pd} = K_{pv} + (\pm Za_v).$$

Predznak zanošenja zbog vetra određuje se prema strani broda — ako vetar zanosi udesno Za_v je pozitivan (+), a ako zanosi ulevo, Za_v je negativan (-).

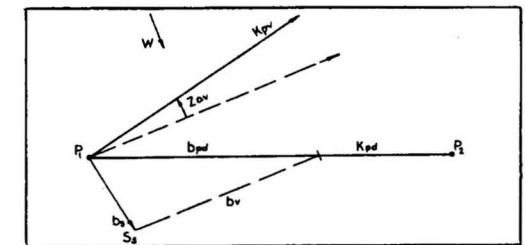
Zbrojena pozicija određuje se na kursu preko dna (K_{pd}).

2.14.3. Plovidba pod zajedničkim delovanjem struje i vetra

Pošto je morska struja često posledica vetra, vrlo često plovi se pod njihovim zajedničkim delovanjem. U takvoj situaciji zadaci se rešavaju postupno — rešava se problem plovidbe u struji, zatim pod dejstvom vetra ili obrnuto.

Pri plovidbi u ovakvim uslovima potrebno je često određivati osmotrenu poziciju, a kurs kroz vodu (K_{pv}) i brzina preko dna (b_{pd}) određuju se rešavanjem problema plo-

vidbe u struji, a zatim se sa poznatim uglom zanošenja od vetra određuje kurs kroz vodu (K_{pv}).



Slika 125. — Određivanje kursa kroz vodu pri istovremenom delovanju struje i vetra

2.15. PLOVIDBA PO LOKSODROMI

2.15.1. Loksodroma i osnovni zadaci

Loksodroma predstavlja logaritamsku spiralu, odnosno put broda koji i sve meridijane seče pod istim uglom. To znači da brod ne menja kurs ploveći od pozicije polaska do pozicije dolaska.

Ploveći po loksodromi rešavaju se dva osnovna zadatka:

— I loksodromski zadatak primenjuje se kada su poznate pozicija polaska P_1 (φ_1, λ_1) i pozicija dolaska P_2 (φ_2, λ_2). U tom zadatku se traži kojim kursom K treba ploviti i koliki će se put D prevaliti od pozicije P_1 do pozicije P_2 ;

— II loksodromski zadatak primenjuje se ako je poznata pozicija polaska P_1 (φ_1, λ_1) sa koje je brod otplovio poznatim kursom K i prevalio put D — traži se pozicija P_2 (φ_2, λ_2), odnosno koordinate zbrojne pozicije.

Loksodromski zadaci se rešavaju grafički na Merkatorovoj karti, na kojoj su meridijani međusobno paralelni pravci. Loksodroma je na Merkatorovoj karti prikazana kao pravac.

Ucrtavanje loksodrome i rešavanje loksodromskih zadataka na Merkatorovoj karti vrlo je jednostavno, bez obzira na udaljenost pozicija polaska i dolaska.

Prvi loksodromski zadatak grafički se rešava tako što se iz pozicije polaska povuče pravac do pozicije dolaska, a zatim očita kurs (K) kojim treba ploviti. Udaljenost između te dve pozicije u miljama meri se ukupnim brojem minuta kao i druge udaljenosti na pomorskim kartama.

Drugi loksodromski zadatak rešava se tako što se iz poznate pozicije polaska ucrtava kurs kojim brod plovi. Na ucrtanoj liniji kursa nalaziće se zbrojena pozicija broda udaljena od pozicije polaska za prevaljeni put D do uočenog vremena. To znači da se na osnovu brzine broda preko dna (b_{pd}) i proteklog vremena izračunava prevaljeni put preko dna (D_{pd}) i nanosi na ucrtanu liniju kursa preko dna (K_{pd}) i dobije zbrojena pozicija broda.

Grafički način predstavlja najlakši i najbrži način rešavanja loksodromskih zadataka.

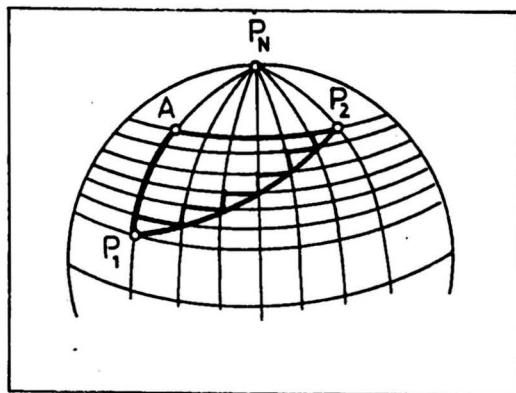
2.15.2. Loksodromski trouglovi

Loksodromski trouglovi koriste se u matematičkom rešavanju loksodromskih zadataka. Kada se primenjuje računar, i ovaj način rešavanja ne samo da je veoma jednostavan nego je i najtačniji. Međutim, kada se radi na klasičan način, to je najduži i najteži način rešavanja.

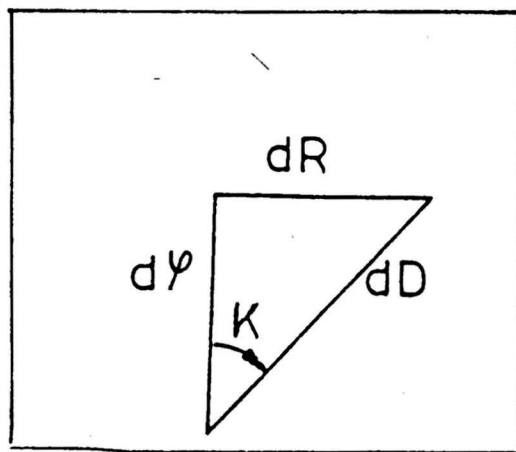
a) Prvi loksodromski trougao

Ako se iz pozicije polaska P_1 povuče na Zemlji loksodroma koja vodi do pozicije dolaska P_2 , dobija se prvi loksodromski trougao ili trougao kursa P_1P_2A . Ako se loksodroma od P_1 do P_2 preseče s bezbroj meridijana i paralela, koji leže između P_1 i P_2 , dobiće se bezbroj malih pravougaonih trouglova čije su stranice beskonačno mali lukovi meridijana ($d\varphi$), paralele (dR) i beskonačno mali delovi loksodrome (dD). U

svakom tom trouglu konstantna veličina jeste kurs K , koji se uvek izražava u kvadratnoj podeli i može imati vrednosti od 0° do 90° uz odgovarajuću oznaku kvadranta.



Slika 126. — Prvi loksodromski trougao na zemlji

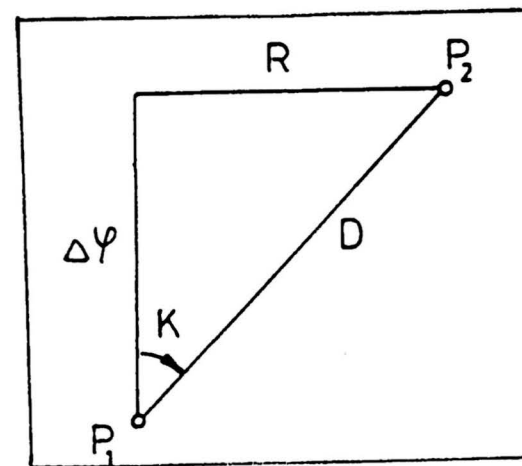


Slika 127. — Diferencijalno mali loksodromski trougao

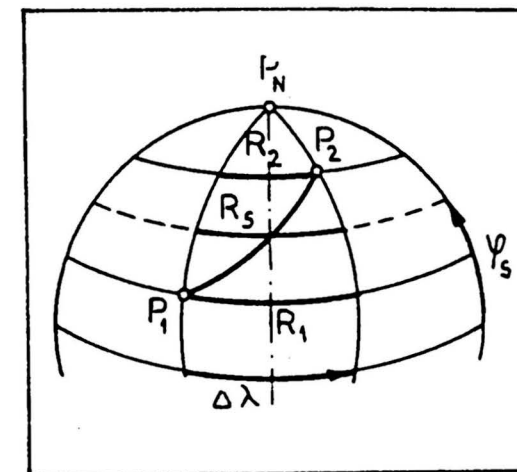
Iz ovog trougla, a kada se reši kompletan matematički problem, konačne formule prvog loksodromskog trougla glase:

$$\Delta\varphi = D \cdot \cos K$$

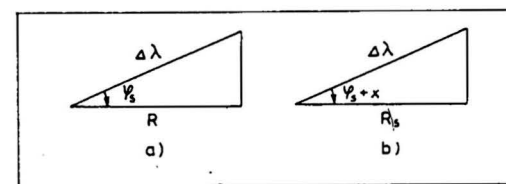
$$R = D \cdot \sin K.$$



Slika 128. — Prvi loksodromski trougao



Slika 130. — Srednji razmak



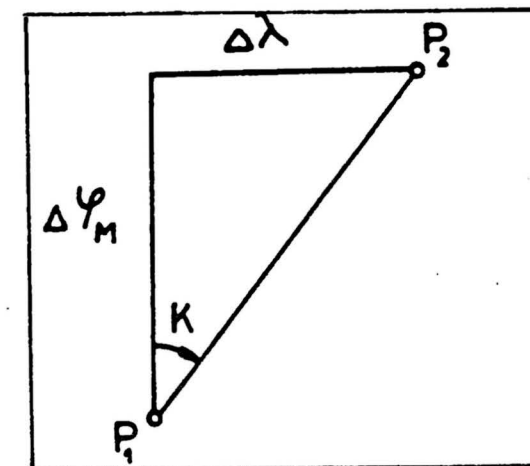
Slika 129. — Drugi loksodromski trougao

b) Drugi loksodromski trougao

Ovaj trougao je fiktivan i samo se šematski trouglom predstavlja odnos paralele R i luka ekvatora $\Delta\lambda$.

Pošto najčešće pozicija polaska P_1 i pozicija dolaska P_2 nisu na istoj paraleli, to ni razmaci R_1 i R_2 nisu jednaki, pa je potrebno izračunati srednji razmak (R_s), a to je aritmetička sredina razmaka na obe paralele:

$$R_s = \frac{R_2 + R_1}{2}.$$



Slika 131. — Treći loksodromski trougao

Kada se izračuna $R_2 = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_2$ i $R_1 = \Delta\lambda \cos \varphi_1$, dobije se srednji razmak

$$R_s = \frac{\Delta\lambda (\cos \varphi_2 + \cos \varphi_1)}{2}.$$

Kada se matematički reše ovi problemi, konačne i tačne formule drugog loksodromskog trougla jesu:

$$R_s = \Delta\lambda \cdot \cos(\varphi_s + x)$$

$$\Delta\lambda = R \cdot \sec(\varphi_s + x), \text{ gde je:}$$

x = popravak srednje geografske širine koji se može dobiti iz *Nautičkih tablica NT-7*.

U svakodnevnoj praksi i za plovidbu na manjim udaljenostima i relativno manjim $\Delta\varphi$ najčešće se koriste formule:

$$R = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_s$$

$$\Delta\lambda = R_s \cdot \sec \varphi_s.$$

c) Treći loksodromski trougao

Ovaj trougao naziva se još i Merkatorov trougao uzet sa Merkatorove karte, na kojoj je loksodroma pravac. Stranice ovog trougla su, razlika uvećane (Merkatorove) širine ($\Delta\varphi_M$) i geografske dužine ($\Delta\lambda$).

U ovom trouglu ne pojavljuje se razmak R , a iz ovog trougla može se tačno izračunati loksodromski kurs K i razlika geografske dužine ($\Delta\lambda$), bez obzira na udaljenost:

$$\operatorname{tg} K = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi_M}$$

$$\Delta\lambda = \Delta\varphi_M \cdot \operatorname{tg} K.$$

2.15.3. Specijalni slučajevi plovljenja po loksodromi

a) Plovljenje po meridijanu

U ovom slučaju $K = 0^\circ$ ili 180° , a $\lambda_1 = \lambda_2 \rightarrow \Delta\lambda = R = 0$.

Loksodroma se podudara sa ortodromom.

b) Plovljenje po ekvatoru

U ovom slučaju $K = 90^\circ$ ili 270° ; $\varphi_1 = \varphi_2 = 0 \rightarrow \Delta\varphi = \varphi_s = 0^\circ$, a $\Delta\lambda = R = D$.

c) Plovljenje po paraleli

I u ovom slučaju $K = 90^\circ$ ili 270° ; $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi \rightarrow \Delta\varphi = 0^\circ$,
 $R = D$; $\Delta\lambda = R \cdot \sec \varphi$; $R = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi$.

2.15.4. Rešavanje zadataka plovidbe po loksodromi upotrebom prvog i drugog loksodromskog trougla

a) Prvi loksodromski zadatak

Poznato je: $P_1(\varphi_1, \lambda_1)$ i $P_2(\varphi_2, \lambda_2)$.

Traži se: K (uvek se dobije kao vrednost od 0° do 90° , a kvadrant u kome je određuju predznaci $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$, odnosno R) i D .

— Za male udaljenosti (manje od 600 M):

$$\operatorname{tg} K = \frac{R}{\Delta\varphi}; \quad R = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_s;$$

$$\Delta\lambda = (\pm \lambda_2) - (\pm \lambda_1)$$

$$\Delta\varphi = (\pm \varphi_2) - (\pm \varphi_1)$$

$$\varphi_s = \frac{(\pm \varphi_1) + (\pm \varphi_2)}{2}$$

$$D = \Delta\varphi \cdot \sec K \text{ za } K \leq 45^\circ$$

$$D = R \cdot \operatorname{cosec} K \text{ za } K > 45^\circ.$$

— Za sve udaljenosti:

$$\operatorname{tg} K = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi_M};$$

$$\Delta\varphi_M = (\pm \varphi_{M2}) - (\pm \varphi_{M1})$$

$$D = \Delta\varphi \cdot \sec K \text{ za } K \leq 45^\circ$$

$$D = \Delta\varphi \cdot \operatorname{tg} K \cdot \operatorname{cosec} K; \text{ za } 45^\circ < K < 87^\circ$$

$$D = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_s \cdot \operatorname{cosec} K; \text{ za } K > 87^\circ.$$

b) Drugi loksodromski zadatak

Poznato je: $P_1(\varphi_1, \lambda_1)$, K i D .

Traži se: $P_2(\varphi_2, \lambda_2)$.

— Za male udaljenosti:

$$\Delta\varphi = D \cdot \cos K; \quad R = D \cdot \sin K;$$

$$\Delta\lambda = R \cdot \sec \varphi_s$$

$$\varphi_2 = (\pm \varphi_1) + (\pm \Delta\varphi)$$

$$\lambda_2 = (\pm \lambda_1) + (\pm \Delta\lambda).$$

— Za sve udaljenosti:

$$\Delta\varphi = D \cdot \cos K; \quad \Delta\lambda = \Delta\varphi_M \cdot \operatorname{tg} K.$$

2.16. PLOVIDBA PO ORTODROMI

Ortodroma je kraći luk velike kružnice između dve pozicije, pa je to najkraći put po Zemlji. Zbog toga je plovidba po ortodromi skraćivanje puta između dve pozicije, a ušteda puta je razlika između loksodromske (D) i ortodromske (D_o) udaljenosti, između

P_1 i P_2 . Najveća je ušteda ako su P_1 i P_2 na istoj paraleli i na protivmeridijanima.

Pri plovidbi po ortodromi proračunavaju se sledeći elementi:

— ortodromska udaljenost D_o i ušteda U ,

— početni ortodromski kurs $K_{pč}$,

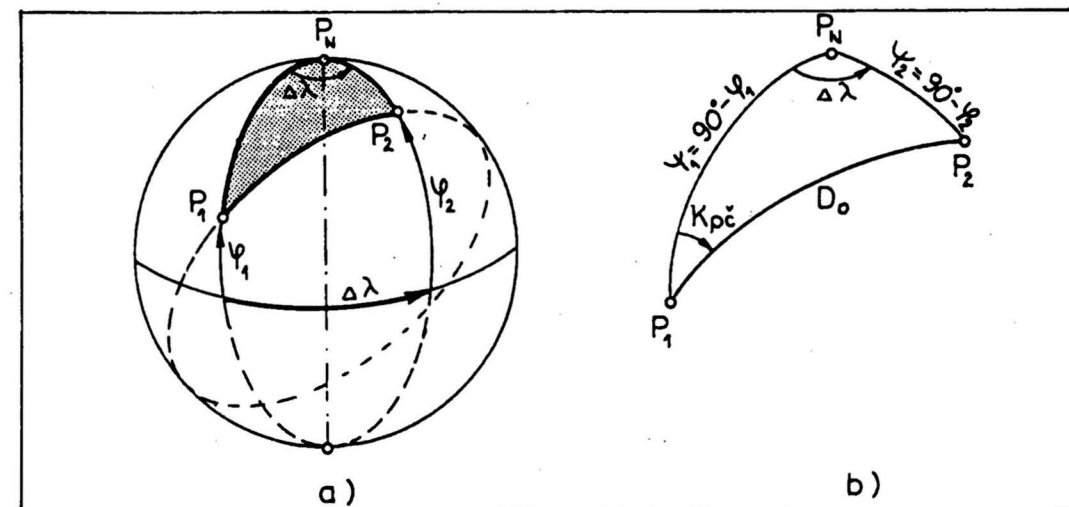
— geografske koordinate vrha ortodrome $V(\varphi_V, \lambda_V)$,

— geografska dužina tačke preseka ortodrome sa ekvatorom $S(\lambda_S)$,

— geografske koordinate međutačka ortodrome $M_i(\varphi_i, \lambda_i)$.

2.16.1. Ortodromski sferni trougao

Ovaj trougao na Zemlji nastaje presekom meridijana pozicije polaska, meridijana pozicije dolaska i ortodrome od P_1 do P_2 , a njegove su strane:



Slika 132. — Ortodromski trougao

— komplement geografske širine pozicije polaska $\psi_1 = 90^\circ - \varphi_1$ (poznata vrednost)
 — luk meridijana od pozicije polaska do bližeg pola (P_1P_n),

— komplement geografske širine pozicije dolaska $\psi_2 = 90^\circ - \varphi_2$ (poznata vrednost)
 — luk meridijana od pozicije dolaska do istog pola (P_2P_n) i

— ortodromska udaljenost D_o

— luk P_1P_2 .

Uglovi u trouglu su:

— početni ortodromski kurs K_{pe} — ugao u poziciji polaska između meridijana i ortodrome,

— razlika geografske dužine $\Delta\lambda$ — ugao u polu između meridijana pozicija polaska i dolaska (poznata vrednost) i

— ugao u poziciji dolaska između ortodrome i meridijana — ovaj ugao nema značaja.

To znači da su u ortodromskom trouglu uvek poznate tri veličine — dve stranice i jedan ugao, što je dovoljno za rešavanje svih ostalih elemenata trougla.

2.16.2. Određivanje ortodromske udaljenosti ili prevaljenog puta

Ortodromska udaljenost je dužina ortodrome u miljama, a može se izračunati pomoću tri obrasca sferne trigonometrije:

— kosinusne teoreme (kosinus jedne stranice jednak je proizvodu kosinusa druge dve stranice uvećan umnoškom sinusa istih stranica i kosinusa među njima zahvaćenog ugla:

$$\cos D_o = \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos \Delta\lambda.$$

Ovo je konačno izvedena formula kosinusne teoreme, a pri njenom korišćenju treba voditi računa o predznacima trigonometrijskih funkcija, odnosno njihovih umnožaka;

— formule kvadrata sinusa polougla:

$$\sin^2 \frac{D_o}{2} = \sin^2 \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \sin^2 \frac{\Delta\lambda}{2};$$

— formule kvadrata sinusa i kosinusa polukruga:

$$\cos^2 \frac{D_o}{2} = \cos^2 \frac{\Delta\lambda}{2} \cdot \cos^2 \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} +$$

$$\sin^2 \frac{\Delta\lambda}{2} \cdot \sin^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}.$$

U poslednje dve formule ne mora se voditi računa o predznaku ulaznih elemenata, s obzirom na to da u obrascima figurisu kvadrati trigonometrijskih funkcija čije su vrednosti uvek pozitivne, a za rešavanje ovih zadataka koriste se i *Nautičke tablice NT-50*.

2.16.3. Početni ortodromski kurs (K_{pe})

Početni ortodromski kurs nema posebnu praktičnu vrednost, ali je potreban u daljem proračunu. On može imati vrednosti od 0° do 180° uz oznake polukružne podele (NE, NW, SE i SW). Računa se na osnovu sinusne teoreme, koja u sfernoj trigonometriji glasi: odnos sinusa stranica i sinusa suprotnih uglova u sfernom trouglu jednak je:

$$\sin K_{pe} = \cos \varphi_2 \cdot \sin \Delta\lambda \cdot \operatorname{cosec} D_o.$$

Pri korišćenju ove formule treba biti pažljiv u određivanju kvadranta K_{pe} .

2.16.4. Vrh ortodrome

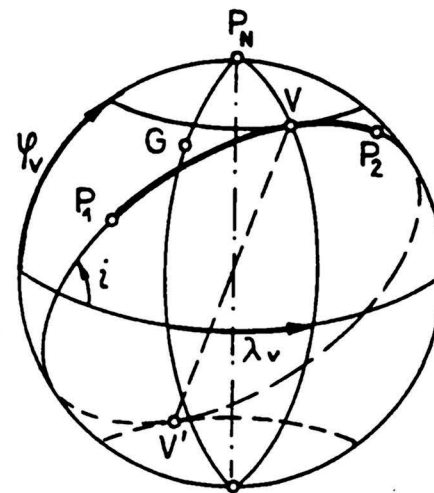
Ravan velike kružnice seče ravan ekvatora pod uglom i koji se naziva inklinacija velike kružnice. Paralela koja tangira veliku kružnicu, odnosno ortodromu naziva se paralela vrha, a tačka tangiranja V (vrh paralele). U toj tački meridijan vrha ortodrome i ortodroma međusobno su vertikalni.

Poznavanje vrha ortodrome (njegovih koordinata) važno je zbog toga što:

— geografska širina vrha ortodrome pokazuje da li ortodroma vodi brod u područje opasno za plovidbu;

— geografska dužina ortodrome (λ_v) pokazuje da li je vrh ortodrome između pozicije polaska i pozicije dolaska ili van njih;

— obe koordinate vrha ortodrome koriste se za proračun međutačaka ortodrome.



Slika 133. — Vrh ortodrome

Za proračun koordinata vrha ortodrome (φ_v i λ_v) koristi se Neperovo pravilo za pravougaoni sferni trougao koje glasi: poredaj na kružnici (slika 134) elemente sfernog trougla redom, izostavljajući pravi ugao, a umesto stranica koje obrazuju pravi ugao upiši njihove komplemente. Tada je kosinus svakog elementa na kružnici jednak umnošku kontangensa dva bliža elementa ili umnošku sinusa dva dalja elementa. U takvom trouglu poznati su elementi: $\Psi_1 = 90^\circ - \varphi_1$ i K_{pe} , a traži se φ_v i $\Delta\lambda_v$.

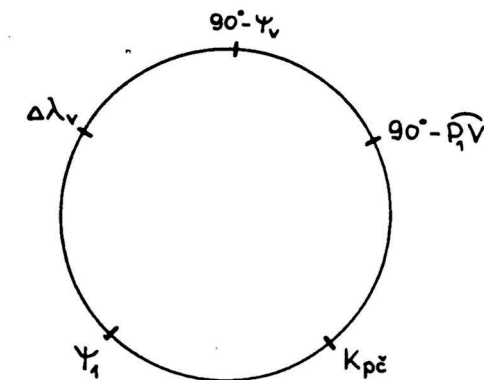
Elementi vrha ortodrome, posle svih proračuna, konačno se dobiju po formulama:

$$\cos \varphi_v = \cos \varphi_1 \cdot \sin K_{pe}$$

$$\operatorname{tg} \Delta\lambda_v = \operatorname{ctg} K_{pe} \cdot \operatorname{cosec} \varphi_1 \text{ ili } \operatorname{ctg} \Delta\lambda_v = \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} K_{pe} \text{ ili}$$

$$\cos \Delta\lambda_v = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_v, \text{ a}$$

$$\lambda_v = (\pm \lambda_1) + (\pm \Delta\lambda_v).$$



Slika 134. — Neperovo pravilo

2.16.5. Presek ortodrome sa ekvatorom

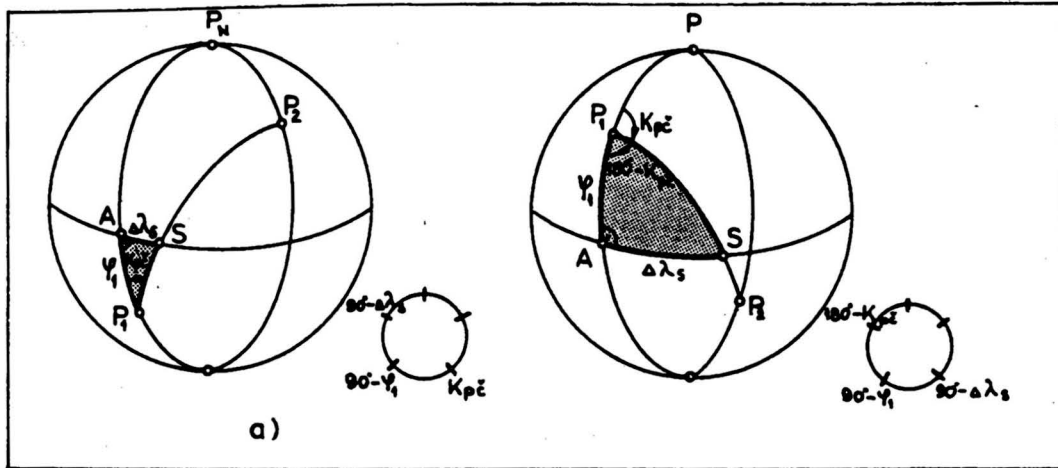
Ukoliko se P_1 i P_2 nalaze na različitim hemisferama, ortodroma će presecati ekvator u tački S . U oba slučaja uvek se koristi pravougli sferni trougao, koji čine meridijan pozicije polaska, ortodroma i ekvator — trougao P_1AS — u kome je poznata stranica φ_1 i K_{pe} , a traži se $\Delta\lambda_s$. Primenom Neperovog pravila dobija se obrazac za izračunavanje $\Delta\lambda_s$:

$$\operatorname{tg} \Delta\lambda_s = \sin \varphi_1 \operatorname{tg} K_{pe}.$$

Koordinate preseka su:

$$\varphi = 0^\circ$$

$$\lambda_s = (\pm \lambda_1) + (\Delta\lambda_s).$$

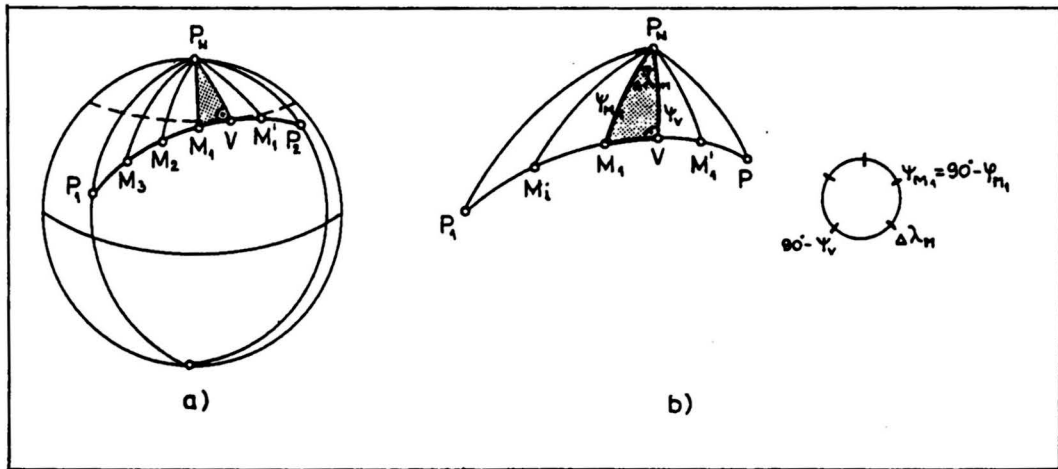


Slika 135. — Presek ortodrome sa ekvatorom

2.16.6. Međutačke ortodrome

Plovidba po ortodromi praktično se ne može ostvariti, jer bi brod neprestano morao menjati kurs za male vrednosti. Zbog

toga na proračunatoj ortodromi odabere se proizvoljan broj tačaka $M_1, M'_1, M_2, M'_2, \dots, M_i, M'_i$ između kojih će brod ploviti nepromenjenim kursom. Time se ortodroma aproksimira nizom kraćih loksodroma, a zajedničke pozicije su računane međutačke.



Slika 136. — Međutačke ortodrome

Za proračun međutačaka koristi se pravougli sferni trougao čiji su vrhovi pol P_n (bliži vrhu ortodrome), vrh ortodrome V i posmatrana međutačka M_i . Pri tome se

međutačke biraju simetrično vrhu ortodrome pomerene od njega za istu vrednost ($\Delta\lambda_{mi}$) prema E ili W, tako da iznosi $3^\circ, 5^\circ$ ili 10° . Na osnovu poznate λ_v i $\Delta\lambda_{mi}$ dobija se

geografska dužina svake međutačke λ_{mi} , a računa se geografska širina φ_{mi} . Tako se dobijaju geografske koordinate para međutačaka M_i i M'_i simetrične vrhu ortodrome koje imaju istu geografsku širinu.

2.16.7. Konačne formule za rešavanje ortodromskih zadataka

a) Ortodromska udaljenost

$$\cos D_o = \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos \Delta\lambda$$

$$\sin^2 \frac{D_o}{2} = \sin^2 \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \sin^2 \frac{\Delta\lambda}{2}$$

$$\cos^2 \frac{D_o}{2} = \cos^2 \frac{\Delta\lambda}{2} \cos^2 \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \sin^2 \frac{\Delta\lambda}{2} \sin^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

b) Početni ortodromski kurs

$$\sin K_{pz} = \cos \varphi_2 \cdot \sin \Delta\lambda \cdot \operatorname{cosec} D_o$$

$$\operatorname{ctg} K_{pz} = \operatorname{cosec} \Delta\lambda \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \cos \varphi_1 - \operatorname{ctg} \Delta\lambda \cdot \sin \varphi_1$$

$$\cos K_{pz} = \frac{\sin \varphi_2 - \cos D_o \cdot \sin \varphi_1}{\sin D_o \cdot \cos \varphi_1}$$

c) Vrh ortodrome

$$\cos \varphi_v = \cos \varphi_1 \cdot \sin K_{pz}$$

$$\operatorname{tg} \Delta\lambda_v = \operatorname{ctg} K_{pz} \cdot \operatorname{cosec} \varphi_1 \quad \text{ili}$$

$$\operatorname{ctg} \Delta\lambda_v = \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} K_{pz} \quad \text{ili}$$

$$\cos \Delta\lambda_v = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_v$$

$$\lambda_v = (\pm \lambda_1) + (\pm \Delta\lambda_v)$$

d) Presek ortodrome sa ekvatorom

$$\operatorname{tg} \Delta\lambda_s = \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} K_{pz}$$

$$S \begin{cases} \varphi = 0 \\ \lambda_s = (\pm \lambda_1) + (\pm \Delta\lambda_s) \end{cases}$$

$$\lambda_v = \lambda_s \pm 90^\circ$$

e) Međutačke ortodrome

$\Delta\lambda_{mi} \rightarrow$ odabira se

$$\lambda_m = (\pm \lambda_v) \pm (\Delta\lambda_{mi})$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{mi} = \cos \Delta\lambda_{mi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_v$$

Osim ovih metoda još se primenjuju: tablično rešavanje ortodromskih zadataka, grafičko rešavanje i uz primenu računara.

III RAZRED

3.1. NEBESKA SFERA

3.1.1. Osnovni pojmovi

Kada se brod nalazi na otvorenom moru, u sredini morskog horizonta, izgleda kao da se Zemlja nalazi u središtu velike kugle, koja se naziva **nebeska sfera**, a na različitim udaljenostima od Zemlje nalaze se nebeska tela koja zbog rotacije Zemlje prividno opisuju, u toku jednog dana, na nebeskoj sferi potpune krugove.

Na slici 137 tačka A predstavlja osmatrača u središtu nebeske sfere, a tačka O središte Zemlje. Zvezda B odražava se na sferi u tački B', a zvezde C i D, koje su u istom smeru, u tačkama C' i D'.

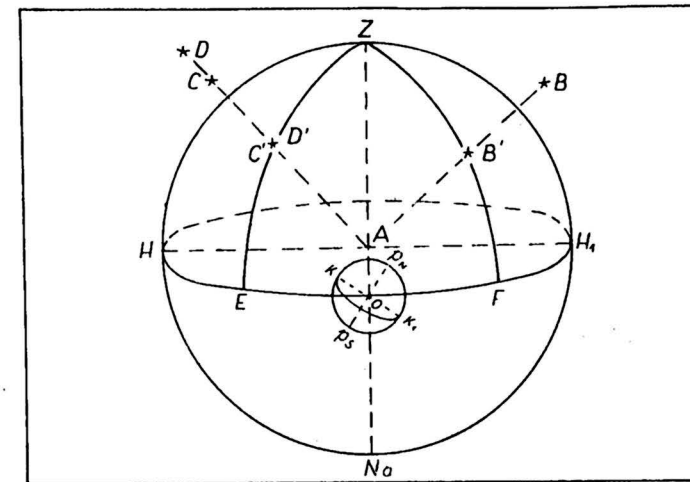
Nebeska sfera, koja ima središte u tački osmatrača A, naziva se **mesna nebeska sfera**, u središtu Zemlje je **geocentrična nebeska sfera**, a u središtu Sunca **heliocentrična nebeska sfera**. S obzirom na neznatnu veličinu Zemlje u odnosu na udaljenosti zvezda, uzima se da osmatrač na bilo kojoj tački na Zemlji vidi neku zvezdu u istom smeru, pa se smatra da su **mesna i geocentrična sfera iste**.

3.1.2. Nebeska tela

Sa Zemlje se vide Sunce, Mesec, planete i zvezde, a pored toga i komete, meteori, magline itd.

Sunce je centralno telo Sunčevog sistema. Gledano sa Zemlje ima prečnik od 32‰ ili 1.391.000 km (109 Zemljinih poluprečnika). Zapremina mu je 1.300.000 puta veća od Zemljine, a masa 333.000 puta. Masa unutrašnjosti Sunca je gušća od Sunčeve atmosfere i sila teže na Suncu je 28 puta veća nego na Zemlji.

Sunce zrači velikom svetlošću i toplotom, a od te ogromne toplote na Zemlju dopire samo njen manji deo. Sunce u jednoj minuti odaje na 1 cm²,



Slika 137. — Nebeska sfera

kada zraci padaju vertikalno samo 1,9 kalorija, ne uzimajući u obzir apsorpciju Zemljine atmosfere. Ova količina toplote naziva se **solarna konstanta**.

Danas se smatra da je Sunčeva toplota posledica raspadanja materije, da je to atomska energija. Sunčeva toplota i svetlost održavaju život na Zemlji, a Sunce svojom svetlošću osvetljava sve planete, Mesec i ostale planetarne satelite, a delimično i komete.

(Sl. 138. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Površina Sunca naziva se **fotosfera**. To je spoljašnji omotač Sunca, čija je temperatura 6.000°C. Ona daje **Sunčev neprekidni spektar**. Na Sunčevoj površini vide se manje ili više tamnih mesta, uglavnom nepravilnog oblika, koja se nazivaju **Sunčeve pege**.

Sunčeve pege imaju unutrašnji deo (**umbru**) i svetliju površinu (**penumbru**). Unutrašnji deo je tamniji od spoljašnjeg jer je za oko 1.000°C hladniji. Pretpostavlja se da nastaju od gasova iz Sunčeve unutrašnjosti, a prvi ih je opazio Galileo Galilei (1564—1642), posle pronalaska durbina. Nema ih na čitavoj Sunčevoj površini, već najčešće u pojasu od 25° do 30° severno i južno od Sunčevog ekvatora.

Maksimum i minimum Sunčevih pega pojavljuje se u vremenskom periodu od 11 godina. One imaju direktnog uticaja na razne pojave na Zemlji, jer što je veći broj pega, veća je i toplota koje Sunce zrači.

Istaknuta sjajna mesta na Sunčevoj površini nazivaju se **fakule-buktinje**, a nastaju pod dejstvom eruptivnih sila u Sunčevoj gasovitoj unutrašnjosti.

(Sl. 139. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Nad fotosferom nalazi se **Sunčeva atmosfera**, čiji je sjaj manji, a koja sadrži kondenzovanu paru. Ovaj sloj atmosfere proizvodi u Sunčevom spektru Fraunhoferove tamne linije i naziva se **reverzibilni sloj**, a iznad njega je sloj lakih gasova **hromosfera**. S vremena na vreme, kroz ova dva sloja i verovatno kroz otvore Sunčevih pega, izbijaju mlazevi gasovitih čestica, koje se kreću velikim brzinama i šire do velikih visina — **protuberance**.

One mogu biti **eruptivne** (plameni mlazovi, brzine od nekoliko stotina kilometara u sekundi, dostižu veliku visinu — do 4.000.000 km) i **mirne** (liče na oblak, a dostižu visinu do 150.000 km). Posebno se uočavaju za vreme Sunčevih pomračenja.

Iznad ova dva sloja nalazi se još jedan. Načinjen je uglavnom od gasova i naziva se **korona**, i može dostići visinu Sunčevog prečnika. Korona obavlja celu Sunčevu površinu i ima sopstveni sjaj, jačine punog meseca. Najbolje se vidi za vreme pomračenja Sunca.

Mesec je Zemljin satelit. Svetlost dobija od Sunca. Njegov prečnik iznosi 3.473 km (1/4 Zemljinog), zapremina mu je 50 puta manja od Zemljine, a masa 82 puta, gustina je 3,9. Na Mesecu nema atmosfere, pa njegove uzdignute površine bacaju oštre senke.

Površina Meseca je neravna i izgleda kao da ima provalije i udubljenja, koja zaočkružuju uzvišenja slična planinama na Zemlji. Veće ravnice na Mesecu nazivaju se **morima**. Posebno se uočavaju planine, koje imaju kružni oblik i to su **Mesečevi krateri**, koji nose imena po poznatim astronomima. Smatra se da su te kratere prouzrokovali meteori, koji su padali na Mesec dok mu kora nije bila čvrsta. Prečnik kratera dostiže i preko 200 km. Na Mesecu postoje i planinski lanci, koji nose imena kao i na Zemlji: Alpe, Apenini, Karpati itd. Njihova visina dostiže 8.000 m (najviši vrh ima 8.850 m).

Srednja udaljenost Meseca od Zemlje iznosi 384.403 km.

(Sl. 140. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Temperatura na Mesecu ima veliku dnevnu amplitudu, jer njegov dan traje 29,5 Zemaljskih dana. Jedno mesto je pod uticajem Sunčevih zraka 15 dana, a zatim je oko 15 dana u potpunoj tami. Na Mesecu nema atmosfere, pa nema ni strujanja, a temperatura se kreće od + 120°C do - 70°C.

Zvezde su nebeska tela koja sjaje sopstvenim sjajem.

Jedna od zvezda je i naše Sunce. Podeljene su prema veličini, a u astronomskoj navigaciji uzimaju se u obzir samo one koje su prve (oko 21) i druge veličine (oko 46). Broj zvezda do šeste veličine je 6 975, a od

njih se u vreme osmatranja vidi samo polovina. S obzirom na to da se u vreme osmatranja vidi samo polovina i da se u blizini horizonta mogu videti samo najsajnije zvezde, jedan osmatrač slobodnim okom u tamnoj noći može videti oko 2.000 zvezda.

(Sl. 141. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

U zvezde prve veličine spadaju one čija se prividna veličina kreće od - 1,6 do + 1,5, u one druge veličine od + 1,6 do + 2,5, a treće od + 2,6 do + 3,5. Najsajjnija zvezda je Sirijus.

Zvezde koje se ne mogu videti slobodnim okom nazivaju se **teleskopske zvezde**, a one koje se koriste u astronomskoj navigaciji opisane su sa svim potrebnim podacima u *Nautičkom godišnjaku*.

Kada bi se sve zvezde nalazile na istoj udaljenosti od Zemlje, onda bi se mogla odrediti tačna razlika u njihovom sjaju. Ukoliko su poznate udaljenosti i njihova prividna veličina, onda bi se moglo odrediti koji bi sjaj one imale na nekoj drugoj udaljenosti.

Apsolutna veličina sjaja zvezda jeste sjaj u kojem bi se zvezda videla na udaljenosti od 10 **parseka** (jedan parsek = 3,256 svetlosnih godina). Veoma mali broj zvezda se nalazi na manjoj udaljenosti. Najsajnije zvezde se nazivaju **supergiganti** (Rigel, Spika, Deneb i dr.), a najmanje **patuljci** (Procion, Altair, Sunce itd.). Apsolutna veličina sjaja zvezda u astronomiji je važna zbog toga što se često iz apsolutne veličine može naći i njena udaljenost.

(Sl. 142. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Pored prividne i apsolutne veličine, zvezde se razlikuju i po masi i po zapremini. Slobodnim okom može se uočiti različitost zvezda po boji, pa su podeljene u četiri grupe:

— bele i plavičaste (Sirijus, Vega, Altair itd.),

— žute (Sunce, Arkturius, Poluks, Antares itd.),

— narandžaste (Betelguze) i

— crvene (Riba).

Zvezde su većinom bele boje. Pomoću savremenih tehničkih astronomskih sredstava danas je ustanovljena Harvardova klasifikacija, po kojoj se zvezde dele na:

BOJA	KLASA	TEMPERATURA
bela	O	oko 30.000°C
bela	B	oko 20.000°C
bela	A	oko 10.000°C
žuta	F	oko 7.000°C
žućkasta	G	oko 6.000°C
crvenkasta	K	oko 4.500°C
crvena	M	oko 3.000°C
crvena	N	oko 1.300°C

Mnoge zvezde koje se slobodnim okom vide kao pojedinačne, durbinom se vide kao dvojne, trojne ili višestruke. Ako se nalaze na velikim međusobnim udaljenostima, ali skoro u istom smeru, one se vide približno u blizini i nazivaju se **optički dvojne, trojne ili višestruke zvezde**.

Zvezde čiji se sjaj menja nazivaju se **promenljive zvezde**. Ima ih mnogo.

Na nekim mestima na nebu vide se zbijeni snopovi zvezda. Ovi snopovi nazivaju se **zvezdana jata**, a mogu biti **otvorena** (npr. Vlašići) i **zbijena**. Poznato je oko 300 otvorenih jata, a najtipičniji predstavnik zbijenog jata nalazi se u sazvežđu Herkula, u kojem ima oko 60.000 zvezda.

Magline su kao mali oblaci, slabog sjaja, raznovrsnih oblika i izgleda, a mnoge se ne mogu ni najvećim durbinima rastaviti u zvezde. Dele se na **difuzne ili nepravilne, planetarne i spiralne magline**. Prečnik im može iznositi po 250 svetlosnih godina, a od Zemlje su udaljene po nekoliko stotina svetlosnih godina. Nemaju sopstvenu svetlost, već je primaju od okolnih zvezda.

Mlečni put (Kumova Slama) je svetla pruga koja se proteže preko celog vidljivog nebeskog svoda. Posebno je uočljiv za vreme noći bez mesečine. Nije pravilnog oblika, a sastoji se od velikog broja gusto zbijenih zvezda.

(Sl. 143. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Planete su nebeska tela koja nemaju svetlost, već je primaju od Sunca. Do danas je poznato devet velikih i preko 1.600 malih planeta, koje se nazivaju **asteroidi ili planetoidi**. Samo pet planeta se vidi slobodnim okom (Merkur, Venera, Mars, Jupiter i Sa-

turn), a ostale se vide samo pomoću durbi-
na. U navigacijske svrhe značajni su Vene-
ra, Mars, Jupiter i Saturn.

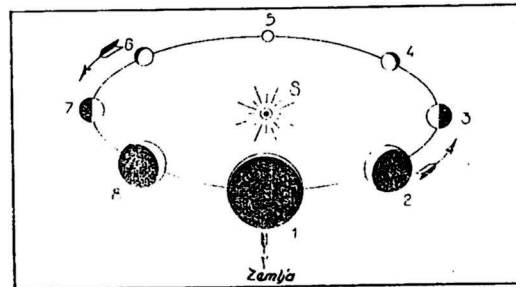
Sve planete kreću se u elipsama oko
Sunca, i to u istom smeru, od zapada na
istok. Najmanji ekscentricitet ima Venera,
a najveći Pluton. Ravni ostalih planeta vrlo
malo odstupaju od ravni po kojoj se kreće
Zemlja, tj. ekliptike. Ugao što ga čini ra-
van putanje jedne planete sa ravni ekliptike
naziva se **nagib putanje** određene planete.
Najveći nagib ima Pluton, zatim Merkur, a
najmanji Uran. Zbog malog nagiba sve pla-
nete uvek se nalaze u pojasu **Zodijaka**, izu-
zev Plutona, koji se može naći i izvan
Zodijaka. **Zodijak predstavlja pojas u**
širini od $\pm 16^\circ$ uzduž ekliptike i u njemu
se nalazi 12 sazvežđa, koja su dobila
imena uglavnom po životinjama. Sve
planete se okreću oko svoje ose, kao i Zemlja.

Planete u odnosu na Zemlju dele se na
donje i gornje. Donje planete su Merkur i
Venera — one su bliže Suncu od Zemlje.
Gornje planete su Mars, Jupiter, Saturn,
Uran, Neptun i Pluton — one su udaljenije
od Sunca u odnosu na Zemlju. Razlika
među donjim i gornjim planetama ogleda se
u njihovim prividnim kretanjima i u njihovi-
m fazama (menama). Donje planete poka-
zuju sve mene, a kod gornjih samo neke
pokazuje Mars.

Merkur je najmanja planeta Sunčevog
sistema. Zbog velikog ekscentriciteta pu-
tanje njegova udaljenost osetno se menja, i od
Sunca i od Zemlje. Najmanja udaljenost od
Sunca iznosi 46 miliona kilometara, a naj-
veća 69 miliona kilometara. Minimalna
udaljenost od Zemlje iznosi 79 miliona kilo-
metara, a maksimalna 220 miliona kilome-
tara. Merkur se zbog toga može osmatrati
na dva časa ranije ili dva časa kasnije od
izlaska, odnosno zalaska Sunca. Merkur po-
kazuje faze kao i Mesec, a u povoljnim prili-
kama sjajan je kao Sirijus.

Njegovo okretanje oko ose traje koliko
i siderična revolucija — oko 88 dana. Mer-
kur ima stalno jednu stranu okrenutu pre-
ma Suncu i na njoj je večiti dan i
temperatura od $+ 200$ do $+ 400^\circ\text{C}$, a na dru-
goj strani je večita noć i velika hladnoća.

Venera je po veličini, masi, zapremini,
sili teže, a skoro i po gustini, slična Zemlji.
Obavijena je gustom atmosferom, koja
sadrži velike količine ugljen-dioksida, na-
stalih usled visokih temperatura koje vlada-
ju na površini Venere. Njena putanja ima
najmanji ekscentricitet (razlika između naj-
manje i najveće udaljenosti od Sunca iznosi
samo 700.000 km). Ova planeta je najbliža
Zemlji (najmanja udaljenost iznosi 42 mi-
liona kilometara, a najveća 250 miliona ki-
lometara. Kada je u donjoj konjunktiji,
pokazuje tamnu stranu i ne može se osma-
trati sa Zemlje, jer prolazi kroz meridijan
skupa sa Suncem. Posle svakih 121,5 godi-
na vidi se prelaz Venere „preko Sunca“.



Slika 144. — Kretanje Venere oko Sunca

Prividni prečnik Venere je $10''$ u tre-
nutku gornje konjunktije, i $66''$ u trenutku
donje konjunktije. U trenutku najvećeg sjaja
Venera je deset puta sjajnija od Sirijusa i ta-
da ima prividnu veličinu $- 4$, dok je u doba
najmanjeg sjaja $- 3$. U doba najvećeg sjaja
vidi se golim okom po danu i može se iskoris-
titi za astronomsku navigaciju. Kao i Mer-
kur, pakazuje faze slične Mesecu. Kada se
Venera vidi ujutro pre Sunčevog izlaska,
narod je zove Danica, a uveče posle
Sunčevog zalaska — Večernjača.

Venera, kao ni Merkur, nema satelita.

Zemlja je treća po udaljenosti planeta
od Sunca. Kada bi se iz daljine osmatrala sa
svojim satelitom Mesecom, izgledala bi kao
dvojna zvezda. Podleže delovanju Sunca, ali
i svih ostalih tela Sunčevog sistema.

Mars spada u gornje planete, najbliži
je Zemlji od njih. Ima veliki ekscentricitet
— udaljenost u afelu je 249 miliona kilome-
tara, a u perihelu 206 kilometara. I od Zem-
lje se njegova udaljenost menja (od 55 do
100 miliona kilometara). Marsove pozicije u
kojima se ova planeta nalazi najbliže Zemlji
nazivaju se **velike opozicije** i ponavljaju
se na svakih 15 do 17 godina. Zbog velike
promene udaljenosti menja se i njegov sjaj.
(Sl. 145. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Gledan slobodnim okom Mars je
crvenkaste boje. Prima manje toplote od
Sunca nego Zemlja i temperatura se na nje-
mu kreće od -70°C do $+6^\circ\text{C}$ u polarnim kra-
jevima, a od -45° do $+18^\circ\text{C}$ u ekvatorskim
predelima. Mars obide oko Sunca za 670
Marsovih dana, i na njemu godišnja doba sko-
ro dvostruko duže traju nego na Zemlji.

Mars ima dva satelita — Fobos i Dej-
mos (na grčkom znače „strah“ i „užas“), čiji
su prečnici oko 20 km, a mogu se videti ja-
kim durbinima. Fobos je od Marsa udaljen
5.900 km, a Dejmos 20.000 km. Fobos se oko
Marsa okrene za 7 h 39 m, a Dejmos za 30 h.

Jupiter ima ekscentricitet putanje pet
puta veću od Zemljine. Kada je najbliži
Zemlji, udaljen je 589 miliona kilometara, a
kada je najdalje, 966 miliona kilometara.
Prividni prečnik mu je $31''$ do $50''$, manjeg
je sjaja od Venerinog, ali je sjajniji od svih
ostalih planeta. S obzirom na veliku udalje-
nost od Sunca, prima malo toplote i voda bi
se na njemu, ako je ima, nalazila stalno u
zaleđenom stanju. Temperatura je veoma
niska i kreće se od -110°C do -135°C . To je
najveća planeta, njegova masa je 2,5 puta
veća od mase svih ostalih planeta zajedno.
Okreće se velikom brzinom oko svoje ose (za
10 časova) i zbog toga je njegova kugla veoma
spljoštena, pa mu je ekvatorski prečnik
143.000 km, a polarni samo 132.000 km. Dani
su na njemu uvek jednaki noćima, a razlika
među godišnjim dobima skoro i da ne postoji.

Oko Jupitera kruži 12 satelita, od ko-
jih su četiri velika. Da se ne nalaze u njego-
voj blizini, mogli bi da se vide sa Zemlje i
slobodnim okom. Dva najveća su veća od
Merkura, a najmanji je skoro kao Mesec.
Svi se kreću skoro u ravni Jupiterovog ek-

vatora, a periode okretanja velikih satelita
iznose od 1,75 do 16 dana.

Saturn je najudaljenija velika planeta
Sunčevog sistema, koja služi u navigacijske
svrhe. Dva puta je dalji od Jupitera i u peri-
helu je od Sunca udaljen 1.330 miliona kilo-
metara a u afelu 1.490 miliona kilometara.
Njegova udaljenost od Zemlje kreće se od
1.190 do 1.630 miliona kilometara. Njegov
prividni prečnik iznosi od $15''$ do $21''$.

Saturn se vidi kao jedna od najsvetlijih
zvezda, a njegova siderična revolucija traje
29,5 godina, pa sporo menja svoj prividni
položaj među zvezdama. Njegova masa je
tri puta manja od Jupiterove.

Jakim durbinom na njemu se opaža
Saturnov prsten. Spoljašnji najveći pr-
sten sastoji se iz dva dela, međusobno odelje-
na vidljivom crnom prugom. Srednji prsten
odvojen je od prvog širom tamnom prugom.
Treći prsten, najbliži planeti, tamniji je i
male gustine. Zbog različitog kretanja Sa-
turna i Zemlje, kao i zbog nagiba Saturno-
vog ekvatora prema ravni ekliptike Satur-
nov prsten, posmatran sa Zemlje, može
imati različit izgled.

Oko Saturna kruži devet satelita, čiji je
sjaj veoma mali. Najveći je Titan (radijus
2.857 km), koji je udaljen za 20,2 Saturnova
prečnika. Najudaljeniji je Febe.

Uran je otkriven 1781. godine. Ima
malu prividnu brzinu među zvezdama, pa
je u početku smatran za kometu. Prečnik
mu je tri puta manji od Jupiterovog, a masa
oko 20 puta. Prividni prečnik je $4''$ i zbog to-
ga se vidi, u najpovoljnijem slučaju, kao
zvezda šeste veličine. Po strukturi je sličan
Jupiteru i Saturnu, a oko svoje ose se okre-
ne za 10 h i 45 m, i to u retrogradnom sme-
ru, za razliku od svih ostalih planeta.

Ima pet poznatih satelita, od kojih su
svi manji od Meseca, a kreću se skoro verti-
kalno na ravan putanje Urana.

Neptun je planeta nešto malo veća od
Urana, udaljenija je od Sunca i nije vidljiva
golim okom. Ima mali ekscentricitet putanje.
Vidi se kao zvezda osme veličine. Ima dva poz-
nata satelita, od kojih je jedan Triton, koji je
veći od Meseca i sjajniji od drugog satelita.

Pluton zbog svoje slabe žućkaste svetlosti i veličine, posmatran i velikim durbinama, izgleda kao svetla tačka. Ekscentricitet njegove putanje je vrlo veliki (u afelu je udaljen od Sunca 7.400 miliona kilometara, a u perihelu 4.500 miliona kilometara). U perihelu 1989. godine nalazio se na manjoj udaljenosti od Neptuna. Plutonova siderična revolucija traje 248 godina i u toku jednog dana se pomakne na nebu za $1,5^\circ$. Do danas nije otkriven nijedan njegov satelit.

Planetoidi su otkriveni kasno, prvi je otkriven Ceres 1802. godine. Posle je sledilo otkrivanje ostalih, mnogi imaju svoja imena (Ceres, Palas, Vesta, Juno itd.), a drugi su označeni samo brojevima. Obično su male veličine, ima ih od svega jedan kilometar u prečniku, i još manjih. Putanje su im, u većini slučajeva, jako ekscentrične, a tako i ravni njihovog kretanja imaju veliki nagib u odnosu na ekliptiku.

Do danas je pronađeno više od 1.600 planetoida, a prema proračunima smatra se da bi ih moglo biti više od 30.000

Komete su uglavnom teleskopska tela. Manji broj se može videti slobodnim okom, a vrlo je redak slučaj da se mogu videti i po danu. Kreću se po eliptičnim putanjama, obično velikog ekscentriciteta. Njihove siderične revolucije traju od 3,3 godine do nekoliko hiljada godina.

Periodičnim kometama smatraju se one čija siderična revolucija traje manje od 100 godina, a takvih je danas poznato 43. Od njih najmanje vreme obilaska ima Enkelova kometa, i to 3 godine i 3,5 meseca, a najveće Halejeva kometa (76 godina). Halejeva kometa je i najsajnija do danas opažena kometa. Postoji veliki broj kometa, ali se sve one sa Zemlje i ne vide. Obično se godišnje pojavi do pet kometa. Izgledaju kao svetle tačke, i to je jezgro komete, a iza tog jezgra-glave pruža se kraći ili duži rep komete, u pravcu su-

protinom od Sunca. Po njemu se komete nazivaju još i **zvezde repatice**.

Meteori su nebeska tela koja se u veđrim noćima preko cele godine iznenada pojavljuju kao svetle tačke na nebu, projure i iščeznu. Narod ih naziva kresnicama, preletušama, a nauka meteorima. Pripadaju Sunčevom sistemu ili dolaze iz svemira. Različitih su veličina, od sitnih zrnaca i kamčaka do komada teških nekoliko stotina i hiljada kilograma. Kreću se u raznim pravcima, mogu biti usamljeni ili u manjim ili većim grupama.

Katkada se meteori pojavljuju u mnogo većem broju, i to u određenim danima nekih meseci, a takve skupine nazvane su **meteorski rojevi**. Najveća dva roja su: Perseidi, koji se pojavljuju početkom avgusta, i Leonidi, u drugoj polovini novembra.

3.1.3. Zakoni kretanja nebeskih tela

Pod Sunčevim sistemom podrazumeva se skup raznovrsnih nebeskih tela, koja se kreću oko Sunca. Prema ranijem mišljenju (zasnovao ga je Ptolomej) Zemlja se smatrala središtem vasiona ili svemira, pa se ovaj sistem zvao **geocentrični sistem sveta**. Po toj teoriji oko Zemlje su se kretala sva tela: Mesec, Merkur, Venera, Mars, Jupiter, Saturn i Sunce.



Slika 146. — Halejeva kometa

Ovaj sistem se zadržao sve do kraja srednjeg veka, jer ga je podržavala crkva u skladu sa svojim teološkim pogledima.

(Slika 147. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Nikola Kopernik je u XVI veku promenio ovu teoriju i dokazao da:

— dnevno okretanje nebeskog svoda od istoka prema zapadu predstavlja prividnu posledicu dnevnog okretanja Zemljine kugle oko svoje ose, i to od zapada prema istoku;

— Zemlja je planeta koja kruži oko Sunca, kao središta, a to kretanje traje godinu dana.

Nebeska tela u ovom sistemu, koji se naziva **heliocentrični sistem sveta**, raspoređena su sledećim redom: Sunce, Merkur, Venera, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun i Pluton.

Kasnije je Kepler dokazao sledeća tri zakona, koji nose njegovo ime:

— prvi Keplerov zakon: svojim središtima planete opisuju oko Sunca eliptične putanje, a u zajedničkom fokusu nalazi se Sunce;

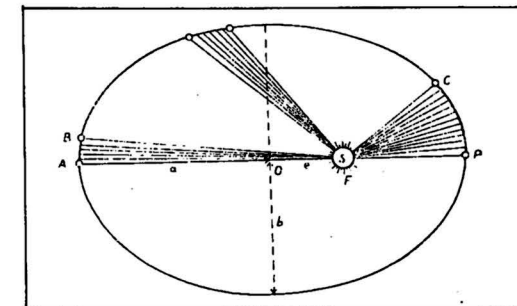
— drugi Keplerov zakon: radijus-vektori, tj. pravci, što spajaju Sunce i planete, prolaze u jednakim vremenima jednake površine;

— treći Keplerov zakon: kvadrati vremena, potrebnog da planete opišu putanju (elipsu), srazmerni su kubovima njihovih srednjih udaljenosti od Sunca.

Iz prvog Keplerovog zakona proizilazi da svaka planeta, pa i Zemlja, stalno menja svoju udaljenost od Sunca. Tačka elipse P, u kojoj se planeta nalazi najbliže Suncu, naziva se **perihel**, a tačka A, u kojoj se planeta nalazi najdalje od Sunca, naziva se **afel**. Vreme koje je potrebno da planeta obiđe celu putanju oko Sunca naziva se **siderična revolucija**.

Udaljenost od središta O do fokusa naziva se linearni ekscentricitet (e), a njegov odnos sa velikom poluosom (a), tj. $\frac{e}{a}$ naziva se **brojni ekscentricitet**. Minimalna udaljenost Zemlje od Sunca iznosi 147 miliona

kilometara, maksimalna 152 miliona kilometara, a srednja 149,5 miliona kilometara.



Slika 148. — Ekscentričnost putanje oko Sunca

Iz drugog Keplerovog zakona proizilazi da su površine ABS i CPS međusobno jednake, kao i da je brzina planete veća ukoliko je planeta bliža Suncu. Najveću brzinu planeta ima u perihelu, a najmanju u afelu. To dovodi do zaključka da Sunce nije samo središte heliocentričnog sistema, već i izvor sile koja pokreće planete.

Po trećem Keplerovom zakonu može se odrediti:

— odstojanje jedne planete od Sunca, kad je poznata njena siderična revolucija (T_1) i siderična revolucija Zemlje (T), kao i srednja udaljenost od Sunca;

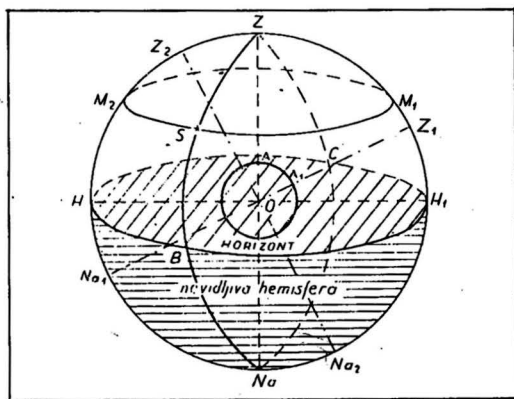
— kada su poznate udaljenosti dve planete od Sunca i siderična revolucija jedne od njih, može se odrediti siderična revolucija druge planete.

Kepler je pronašao zakone kretanja, ali je Njutn pronašao i uzrok tog kretanja — **gravitaciju**, a njegov zakon glasi: **bilo koja dva tela u prirodi privlače se međusobnom silom, koja je direktno srazmerna masama tela, a obrnuto srazmerna kvadratu njihove udaljenosti**. Ovaj zakon vredi za tela na Zemlji, ali i za tela u svemiru, pa se zato naziva **zakon opšte gravitacije**.

3.2. NEBESKI KOORDINATNI SISTEM

3.2.1. Vertikalni krugovi

Pravac koji pokazuje visak na otvorenom moru predstavlja vertikalnu liniju koja prolazi kroz središte Zemlje. Ova linija seče nebesku sferu i daje tačke: zenit (Z), koji se nalazi nad osmatračevom glavom i nadir (Na), na suprotnoj strani. Glavni krug koji je vertikalna na liniju zenit—nadir i prolazi kroz središte Zemlje, naziva se pravi ili astronomski horizont (HH₁). Ravan vertikalna na liniju zenit—nadir, koja prolazi kroz osmatračevo oko (A), naziva se horizont oka osmatrača ili prividni horizont. Tačke zenit i nadir predstavljaju polove pravog horizonta. Pravi horizont deli nebesku sferu na vidljivu (HBH₁CZ), koja se nalazi na strani zenita, i nevidljivu hemisferu, koja se nalazi na strani nadira.



Slika 149. — Vertikalni krugovi

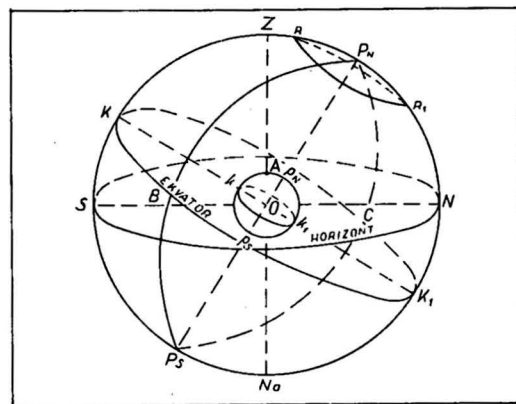
Krugovi paralelni s pravim horizontom nazivaju se vidljive paralele, i sve su manji što su udaljeniji od pravog horizonta.

Vertikalni krugovi na nebeskoj sferi su oni krugovi, čije ravni prolaze kroz liniju zenit—nadir, a vertikalne su na pravi horizont (ZSBNaC). Linija zenit—nadir deli

vertikalni krug u dva polukruga, od kojih se svaki naziva vertikal. Tako je za zvezdu S vertikal polukrug ZSBNa. Vertikalni krug, koji prolazi kroz istok (E) naziva se prvi istočni vertikal, a onaj koji prolazi kroz zapad (W) prvi zapadni vertikal.

3.2.2. Nebeski ekvator i polovi

Ako se Zemljina osa produži do nebeske sfere, dobiju se nebeski polovi P_nP_s. Severni nebeski pol (P_n) nalazi se nad Severnim Zemljinim polom, a južni nebeski pol nad Južnim Zemljinim polom. Nebeski pol nad horizontom, bliži zenitu, naziva se vidljivi pol, a onaj ispod, bliže nadiru, jeste nevidljivi pol.



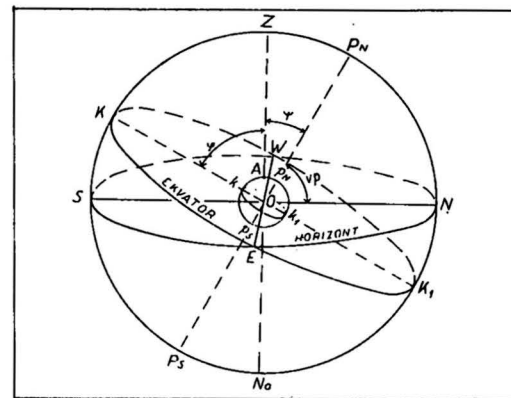
Slika 150. — Nebeski ekvator i polovi

Pravac P_nP_s, koji spaja nebeske polove, naziva se nebeska osa. Glavni krug koji stoji vertikalno na nebeskoj osi, naziva se nebeski ekvator (RR₁), i ujedno je projekcija Zemljinog ekvatora na nebeskoj sferi. Ravan nebeskog ekvatora deli nebesku sferu na severnu (KBK₁P_n) i južnu hemisferu (KBK₁P_s). Krugovi nebeske sfere, paralelni sa nebeskim ekvatorom, nazivaju se deklin-

nacijske paralele. Veliki krugovi na nebeskoj sferi, koji prolaze kroz nebesku osu, a vertikalni su na nebeski ekvator, nazivaju se časovni krugovi (P_nBB_sC).

Nebeski meridijan je glavni krug na nebeskoj sferi koji prolazi kroz nebeske polove i tačke zenit i nadir (P_nZKP_s). On je verna projekcija geografskog meridijana (P_nAKP_s) na nebeskoj sferi, a istovremeno i vertikalni i časovni krug.

Nebeska osa (P_nP_s) deli meridijan u dva polukruga: gornji meridijan na kome je zenit i donji meridijan na kome je nadir. Gornji meridijan je projekcija geografskog meridijana osmatrača A, a donji meridijan je projekcija protivmeridijana.



Slika 151. — Nebeski meridijan, severno-južna i istočno-zapadna linija

Nebeski meridijan i pravi horizont seku se u pravoj liniji koja se naziva severno-južna linija. Njena krajnja tačka pod severnim nebeskim polom je severna tačka horizonta N, a suprotna tačka pomenute linije je južna tačka horizonta S.

Nebeski ekvator i pravi horizont seku se u pravoj liniji koja se naziva istočno-zapadna linija EW, a krajnje tačke su istok (E) i zapad (W).

Geografska širina i visina nebeskog pola. — Luk nebeskog meridijana od nebeskog ekvatora do zenita je geografska širina (φ), a luk nebeskog meridijana iz-

među horizonta i pola je visina pola, a u stvari to je geografska širina osmatrača (na ekvatoru je 0°, a na polu je 90°, jer je zenit tačno iznad pola).

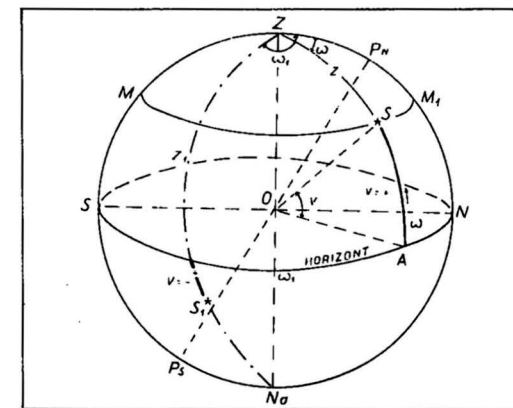
3.2.3. Koordinatni sistemi

Nebeske koordinate služe za određivanje položaja zvezda na nebeskoj sferi ili za praćenje njihovog kretanja. One su analogne geografskim koordinatama na Zemlji.

U astronomiji se upotrebljavaju četiri sferna koordinatna sistema:

- mesni: koordinatni sistem horizonta i mesno koordinatni sistem,
- astronomski: koordinatni sistem ekvatora i koordinatni sistem ekliptike.

a) Koordinatni sistem horizonta



Slika 152. — Koordinatni sistem horizonta

U ovom sistemu postoje dva osnovna kruga, koja su određena osmatračevim položajem: pravi horizont i nebeski meridijan. Ako se kroz nebesko telo S ucrtta vertikalni krug ZSA i paralela MM₁, on sa horizontom i meridijanom određuje koordinate u ovom sistemu: visinu (v) i azimut (w).

Visina je luk vertikalnog kruga od horizonta do središta nebeskog tela (AS) ili ugao u središtu nebeske sfere (O) između horizonta i radijusa povučenog do središta (SOA). Meri se od horizonta prema zenitu od 0° do 90° . Za nebeska tela nad horizontom visina je pozitivna, a ona ispod horizonta je negativna. U praksi visina se meri sekstantom. Visina je jednaka 0° pri izlasku i zalasku nebeskog tela, a 90° kad je telo u zenitu.

Visina u trenucima prolaska nebeskog tela kroz meridijan naziva se meridijanska visina, a ona pri prolasku kroz gornji meridijan **meridijanska visina gornjeg prolaza**.

Luk vertikalnog kruga od zvezde do zenita SZ i S_1Z naziva se **zenitna udaljenost (Z)**.

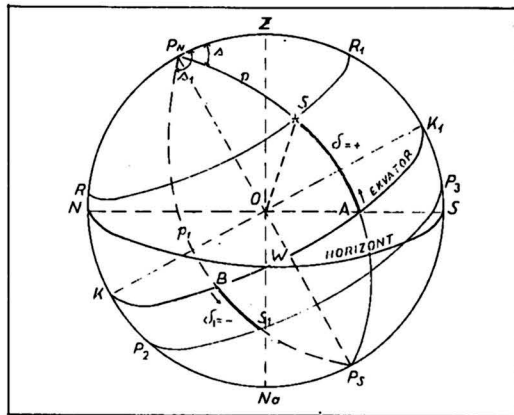
Azimut je ugao u zenitu između nebeskog meridijana i vertikalnog kruga. Računa se od 0° do 360° , od severa u pravcu kretanja kazaljke na satu.

Poznavanje visine i azimuta, koji se zajedničkim imenom nazivaju horizontske koordinate nebeskog tela, određen je prividni položaj nebeskog tela na nebeskoj sferi. Ove koordinate se brzo menjaju.

b) Mesni koordinatni sistem ekvatora

Ovaj sistem ima za osnovu krugove: nebeski ekvator, koji je stalan, i nebeski meridijan, koji zavisi od položaja osmatrača. Ako se kroz središte nebeskog tela S ucrtaju časovni krug P_nSP_s i deklinacijska paralela RR_1 , biće određene koordinate ovog sistema: deklinacija (δ) i časovni ugao (s).

Deklinacija je luk časovnog kruga od nebeskog ekvatora do središta nebeskog tela (AS), ili ugao u središtu nebeske sfere između ekvatora i radijusa na telo S (SOA). Računa se od ekvatora prema polovima (od 0° do $+90^\circ$ severni i od 0° do -90° južni). Deklinacija je data u *Nautičkom godišnjaku*. Brzo se menja za Mesec, a za Sunce i zvezde sporije.



Slika 153. — Mesni koordinatni sistem ekvatora

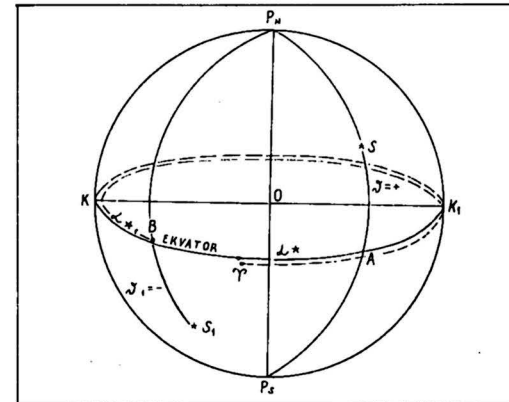
Polarna udaljenost (p) je luk časovnog kruga od pola do nebeskog tela PS, a računa se od vidljivog pola do nebeskog tela.

Časovni ugao (s) je ugao u polu između meridijana i časovnog kruga. On se računa od 0° do 360° (0 h do 24 h), od gornjeg prolaska nebeskog tela kroz meridijan, i to prema zapadu. U trenutku gornjeg prolaska tela kroz meridijan, tj. u tački R_1 , časovni ugao jednak je 0° , a u trenutku donjeg prolaska kroz meridijan, tj. u tački R_2 , časovni ugao iznosi 180° .

c) Koordinatni sistem ekvatora

U mesnom koordinatnom sistemu ekvatora jedna je koordinata, i to deklinacija, nezavisna od prividnog kretanja nebeske sfere. Potrebno je na ekvatoru izabrati drugi stalan krug, i od tog kruga brojati drugu koordinatu. Zbog toga se uzima na ekvatoru tačka kroz koju Sunce prođe kada je njegova deklinacija jednaka 0° . Tačka na nebeskom ekvatoru, koja služi za računanje druge, stalne ekvatorske koordinate, naziva se **prolećna tačka, tačka prolećne ravnodnevica (γ) ili ekvinocija**.

U koordinatnom sistemu ekvatora osnovni krugovi su: nebeski ekvator i meridijan prolećne tačke. Koordinate toga sistema su deklinacija i rektascenzija.



Slika 154. — Koordinatni sistem ekvatora

Za zvezdu S luk AS je deklinacija, a luk nebeskog ekvatora γA je rektascenzija, koja se obično beleži sa α . Rektascenzija je luk ekvatora od prolećne tačke do časovnog kruga zvezde. Ona se računa od 0° do 360° (ili od 0 h do 24 h), i to od prolećne tačke u obratnom smeru od kretanja kazaljke na satu.

Luk ekvatora od prolećne tačke do časovnog kruga zvezde, računajući u protivnom smeru od rektascenzije, naziva se **surektascenzija** i predstavljena je izrazom $360^\circ - \alpha$.

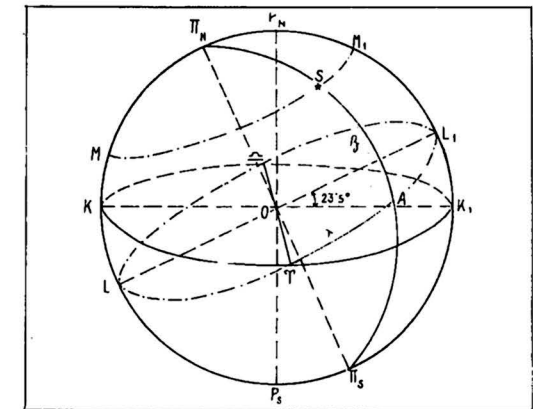
Ove koordinate nezavisne su od položaja osmatrača. One se veoma slabo menjaju za zvezde, dok se za Sunce, planete i posebno za Mesec znatnije menjaju.

Rektascenzija, odnosno surektascenzija zvezda date su u *Nautičkom godišnjaku*, dok se za Sunce, Mesec, prolećnu tačku i planete nalazi i njihov časovni ugao u Griniču. Pomoću časovnog ugla nebeskog tela određuje se rektascenzija, a upotrebom su-

rektascenzije lakše se određuje mesni časovni ugao zvezde.

d) Koordinatni sistem ekliptike

Glavni krugovi u ovom sistemu su: ekliptika i meridijan ekliptike, koji prolazi kroz prolećnu tačku. Ekliptika je veliki krug na nebeskoj sferi, u čijoj se ravni kreće Zemlja na svom putu oko Sunca. Ovaj krug zatvara danas sa nebeskim ekvatorom ugao od $23,5^\circ$, i to je najveća Sunčeva deklinacija. Krugovi paralelni sa ekliptikom nazivaju se **paralele ekliptike MM_1** . Prečnik koji stoji vertikalno na ekliptiku, a prolazi središtem nebeske sfere, naziva se **osa ekliptike ($\pi_n\pi_s$)**. Krajnje tačke nazivaju se **polovi ekliptike**. Glavni krugovi, koji prolaze kroz polove ekliptike i vertikalni su na ekliptiku, nazivaju se **meridijani ekliptike**.

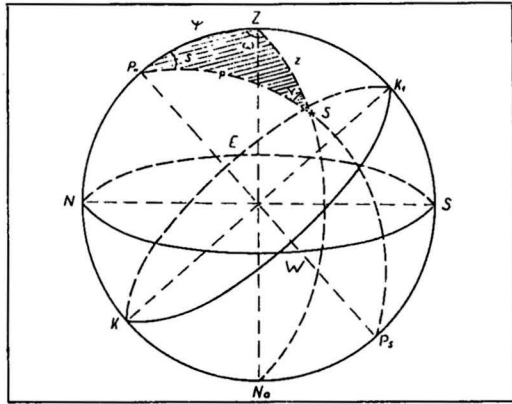


Slika 155. — Koordinatni sistem ekliptike

Nebeski ekvator i ekliptika seku se u pravoj liniji, koja se naziva **linija ravnodnevica (linija ekvinocija)**. Krajnje tačke linije ekvinocija jesu **prolećna tačka (γ)** i **jesenja tačka (Δ)**.

Luk meridijana ekliptike od ekliptike do nebeskog tela (AS) naziva se **astronomska širina (latituda) zvezde**. Luk ekliptike γA od prolećne tačke do meridijana ekliptike naziva se **astronomska dužina (longituda) zvezde**.

e) Astronomsko-nautički trougao



Slika 156. — Astronomsko-nautički trougao

Trougao, čiji su vrhovi zenit, vidljivi pol i zvezda, naziva se **astronomski trougao** ili **trougao pozicije**. Uslovi su: u vidljivom polu mesni časovni ugao s , u zenitu; azimut nebeskog tela w , a u nebeskom telu; paralaktični ugao γ . Strane trougla su P_nZ , komplement geografske širine X , P_nS polarna udaljenost p i ZS zenitna udaljenost z .

Ovaj trougao može biti kosougli ili pravougli.

Kada je azimut 90° , tada je trougao pravougli u zenitu, a to se dešava kada nebesko telo prolazi kroz prvi vertikal. Kada je paralaktički ugao 90° , tada trougao pozicije ima prav ugao u samom središtu nebeskog tela S .

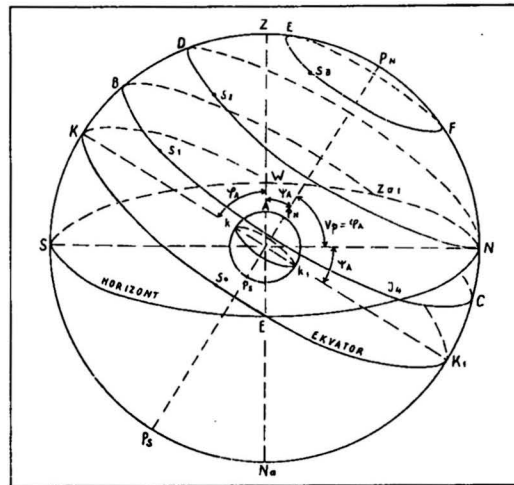
Najvažniji od svih zadataka astronomske navigacije jeste onaj kojim se određuje pozicija broda pomoću osmatranja nebeskih tela.

3.3. PRIVIDNO KRETANJE NEBESKIH TELA

3.3.1. Prividno dnevno kretanje nebeskih tela

Osmatrač na Zemlji zapaža da se nebeska tela kreću na nebeskom svodu, što je po-

sledica rotacije Zemlje. Neka u isto vreme pređu manji, a neka veći put. Na nebeskom svodu (na vidljivom nebu) postoji samo jedna tačka koja se prividno ne kreće — to je nebeski pol. U njegovoj blizini nalazi se zvezda Severnjača (Polaris), koja u toku dana pređe krug od 1° . Na lučkoj udaljenosti od 90° nalazi se nebeski ekvator.



Slika 157. — Izlazak i zalazak; dnevni i noćni lukovi; prolazak kroz donji i gornji meridijan; zadnja cirkumpolarna i cirkumpolarna tela

3.3.2. Izlazak i zalazak, dnevni i noćni lukovi, prolazak kroz gornji i donji meridijan i zadnja cirkumpolarna i cirkumpolarna tela

Deo puta neke zvezde nad horizontom naziva se vidljivi ili dnevni luk, a onaj ispod horizonta nevidljivi ili noćni luk. Tačka u kojoj se zvezda pojavljuje na horizontu jeste tačka izlaska (I), a ona u kojoj nestaje sa horizonta tačka zalaska (Za). Nebesko telo izlazi, odnosno zalazi kad se njegovo središte nalazi u pravom horizontu. Za Sunce i Mesec kaže se da izlaze kad se njihova gornja ivica pokaže na horizontu, a zalaze, kada ova ivica iščezne sa morskog horizonta. Nebesko telo S_0 , čija je deklinacija 0° , izlazi u tački E, a zalazi u tački W. Ovo telo prolazi

kroz gornji meridijan u tački K. U tom trenutku visina SK jednaka je komplementu geografske širine; to je najveća visina ukoliko se samo malo menja deklinacija i osmatrač miruje. Kroz donji meridijan nebesko telo S_0 prolazi u tački K_1 . Visina u donjem meridijanu biće najmanja ukoliko se deklinacija samo malo menja, a osmatrač je nepomičan. Maksimalna i minimalna visina jesu kulminacione visine. Kada je visina najveća, kaže se da je telo u gornjoj, a kada je najmanja, u donjoj kulminaciji.

Luk horizonta između istočne tačke E i tačke izlaska I, za zvezdu S_1 , odnosno između zapadne tačke W i tačke zalaska Za_1 naziva se amplituda. Pomoću nje, kada se pretvori u azimut, određuje se devijacija kompasa.

Zvezda koja se stalno nalazi nad horizontom, koja ne izlazi i zalazi na horizontu, čiji se donji prolaz kroz meridijan događa tačno na horizontu (severnoj ili južnoj tački), naziva se zadnja cirkumpolarna.

Kada se oba prolaska zvezde kroz meridijan događaju iznad horizonta, i to gornji prolazak u tački E, a donji u tački F, zvezda se naziva cirkumpolarna zvezda.

Iz navedenog može se zaključiti:

— nebeska tela, čije su deklinacije jednake 0° , imaju dnevne i noćne lukove jednake, i to za sve geografske širine, izuzev polova. Dnevni i noćni lukovi takođe su jednaki za sva nebeska tela bilo koje deklinacije za osmatrača na ekvatoru;

— dnevni lukovi su veći od noćnih za osmatrača koji ima geografsku širinu istoimenu sa deklinacijom u svim slučajevima kada je deklinacija manja od komplementa geografske širine osmatrača;

— dnevni lukovi su manji od noćnih za osmatrača koji ima geografsku širinu raznoimenu sa deklinacijom ukoliko je deklinacija manja od komplementa geografske širine osmatrača;

— kada su geografska širina i deklinacija istoimene, a deklinacija jednaka komplementu geografske širine, zvezda postaje zadnja cirkumpolarna. Ako su, naprotiv, geografska širina i deklinacija raznoimene, a deklinacija je po brojnoj vrednosti jednaka

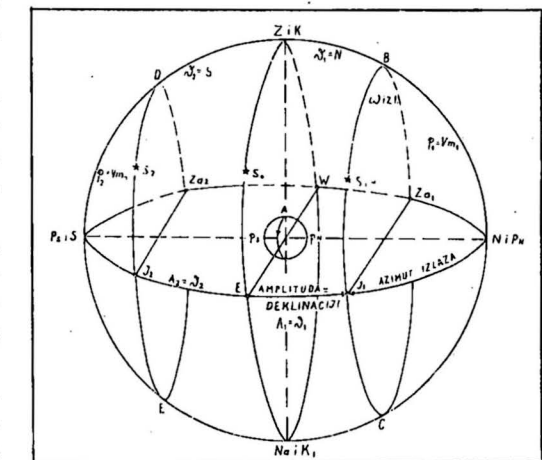
komplementu geografske širine osmatrača, tada je zvezda zadnja anticirkumpolarna; — kada su geografska širina i deklinacija istoimene, a deklinacija veća od komplementa geografske širine osmatrača, tada je zvezda cirkumpolarna. Ako su geografska širina i deklinacija raznoimene, a deklinacija veća od komplementa geografske širine, zvezda je anticirkumpolarna.

Sve to vredi i za Sunce.

Kada je Sunčeva deklinacija 0° , dnevni luk jednak je noćnom za sve geografske širine izuzev polova. To je ravnodnevica (prolećna i jesenja). Dan je najduži za vreme letnjeg solsticaja, a najkraći za vreme zimskog solsticaja.

3.3.3. Prividno dnevno kretanje nebeskih tela za osmatrača na ekvatoru

Za osmatrača na ekvatoru linija zenit—nadir nalazi se u ravni nebeskog ekvatora, prvi vertikal podudara se sa nebeskim ekvatorom, a nebeska osa podudara se sa severo-južnom linijom i nalazi se u ravni horizonta.



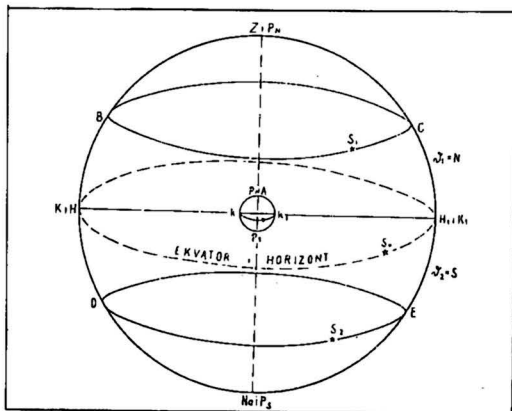
Slika 158. — Prividno dnevno kretanje nebeskih tela za osmatrača na ekvatoru

Dnevni i noćni lukovi za sva nebeska tela jednaki su, bez obzira na njihove deklinacije.

Osmatrač na ekvatoru u toku jedne godine vidi sva nebeska tela, osim onih čija je deklinacija velika, pa se nalaze u blizini horizonta i nedovoljno su vidljiva (npr. Severnjača).

3.3.4. Prividno dnevno kretanje nebeskih tela za osmatrača na polu

Za osmatrača na polu linija zenit—nadir podudara se sa nebeskom osom, a pravi horizont sa nebeskim ekvatorom. Prividne dnevne putanje nebeskih tela nisu samo paralelne sa nebeskim ekvatorom, već u tom slučaju i sa horizontom, pa se zbog toga nebeska sfera naziva paralelna nebeska sfera.

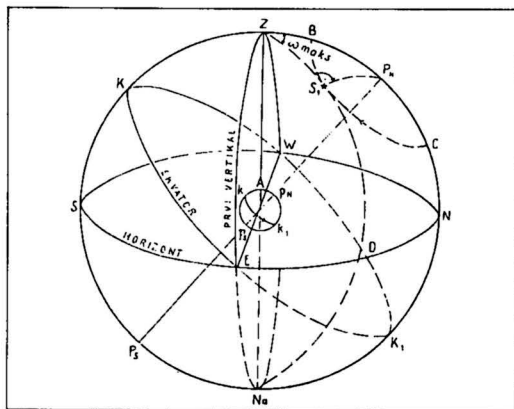


Slika 159. — Prividno dnevno kretanje nebeskih tela za osmatrača na polu

Osmatrač na polu nema svoj meridian, ni glavne tačke na horizontu, dakle, ne može meriti ni azimut ni časovni ugao. Za osmatrača na Severnom polu stalno su vidljiva nebeska tela pozitivne deklinacije, a trajno nevidljiva nebeska tela negativne deklinacije. Obratno je za osmatrača na Južnom polu.

3.3.5. Maksimalna digresija nebeskog tela

Nebesko telo, čija je deklinacija istomena sa geografskom širinom, ali veća od nje, ne prelazi uopšte kroz prvi vertikal. Za takvo nebesko telo, čija je prividna dnevna putanja predstavljena krugom CS₁B, najveći je azimut u trenutku kada vertikalni krug dodiruje pomenutu putanju.



Slika 160. — Najveća digresija nebeskog tela

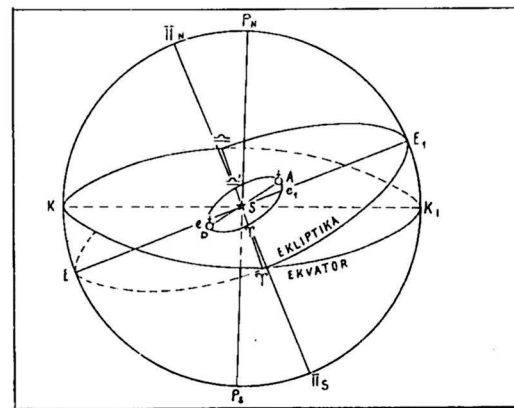
Položaj zvezde S₁ u momentu kada je prav ugao u samoj zvezdi označava se kao najveća digresija zvezde. U tom trenutku azimut se najsporije menja i taj se trenutak koristi za određivanje devijacije kompasa ukoliko visina tela nije veća od 30°.

3.3.6. Ekliptika

Prividna godišnja putanja Sunca na nebu naziva se ekliptika (E γ E₁ Ω). Linija solsticija EE₁ seče putanju Zemlje u tačkama e i e₁, a linija ekvinocija u tačkama γ i Ω.

Prolećna tačka je ona tačka na nebeskom ekvatoru kroz koju Sunce prolazi menjajući negativnu deklinaciju u pozitivnu, a jesenja tačka je ona tačka na nebeskom ekvatoru kroz koju Sunce prolazi menjajući pozitivnu deklinaciju u negativnu. Prolećna tačka se uzima kao polazna

tačka za određivanje rektascenzije, surektascenzije i zvezdanog dana. Ravan velikog kruga koja prolazi kroz nebeske polove i polove ekliptike jeste linija solsticija EE₁, a krajnje tačke linije solsticija nazivaju se tačka letnjeg solsticija E₁ i tačka zimskog solsticija E. Ove tačke su udaljene od ekvatora za nagib ekliptike.



Slika 161. — Ekliptika

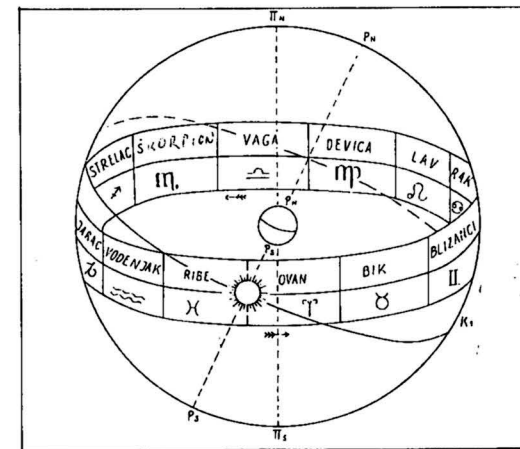
Sunce u svom prividnom godišnjem kretanju po ekliptici prolazi kroz dvanaest različitih sazvežđa (u kojima ga osmatrač sa Zemlje u određenom delu godine vidi na nebu). Kako ova sazvežđa uglavnom imaju imena životinja, to se ovaj pojas naziva Zodijak. On obuhvata sa obe strane ekliptike po 8° (ukupna mu je širina 16°).

U tom pojasu kreću se i sve planete, osim Plutona. Ta sazvežđa su: Ovan (Aries), Bik (Taurus), Blizanci (Gemini), Rak (Cancer), Lav (Leo), Devica (Virgo), Vaga (Libra), Škorpija (Scorpius), Strelac (Sagittarius), Jarak (Capricornus), Vodolija (Aquaris) i Riba (Pisces).

Linija solsticija i linija ekvinocija dele ekliptiku, odnosno Zemljinu putanju na četiri jednaka dela, a vreme koje Zemlja

provede u prolasku pojedinih delova svoje putanje odgovara određenim godišnjim dobima — proleće, leto, jesen i zima.

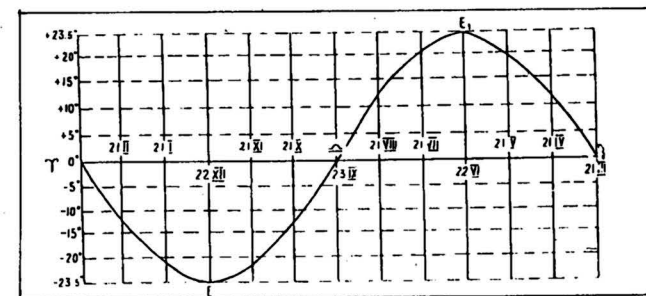
Proleće za severnu hemisferu počinje u trenutku kada Sunce prođe kroz prolećnu tačku i traje do trenutka dok se Sunce ne nađe u tački letnjeg solsticija, tj. kada je najveća deklinacija. Obično traje od 21. marta do 22. juna.



Slika 163. — Zodiak

Leto počinje u trenutku Sunčevog prolaska kroz tačku letnjeg solsticija i traje do trenutka njegovog prolaska kroz jesenju tačku. Obično traje od 22. juna do 23. septembra.

Jesen počinje u trenutku Sunčevog prolaska kroz jesenju tačku i traje do tre-

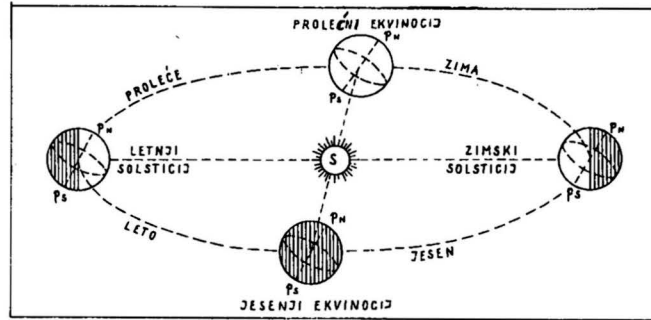


Slika 162. — Sunčeva deklinacija

nutka njegovog prolaska kroz tačku zimskog solsticija. Obično počinje 23. septembra, a završava 22. decembra.

Zima počinje u trenutku Sunčevog prolaska kroz zimski solsticij i traje do trenutka prolaska kroz prolećnu tačku. Ona traje od 22. decembra do 21. marta.

Proleću na severnoj hemisferi odgovara jesen na južnoj, a letu na severnoj zima na južnoj hemisferi.



Slika 166. — Kretanje Zemlje oko Sunca u toku godine

Kada bi Zemaljska osa bila vertikalna na ravan Zemlje, tj. na ekliptiku, svi bi dani u godini, na svim mestima Zemljine površine, bili jednaki, izuzev na polovima i u tom slučaju ne bi bilo godišnjih doba.

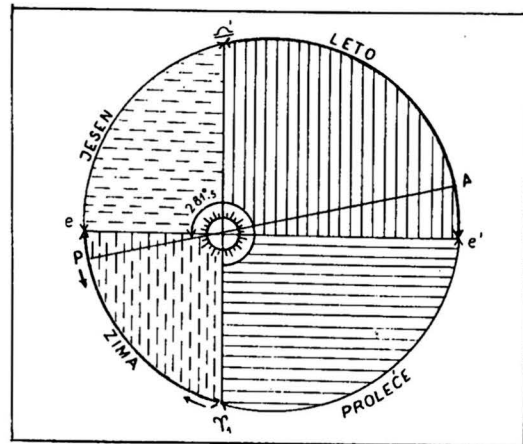
Međutim, ravan ekvatora nagnuta je prema ravni ekliptike za $23^{\circ}27'$, zbog čega dolazi do različitog trajanja dana u toku godine, godišnjih doba i različite podele temperature na Zemljinoj površini.

Kada počinje proleće (21. marta), Sunčevi zraci padaju vertikalno na ekvator i zemaljsku osu. Sunce je tada na zenitu tačno u podne, a sve geografske paralele osvetljene su za polovinu, a oba pola u potpunosti — dan i noć su jednaki, izuzev na polovima.

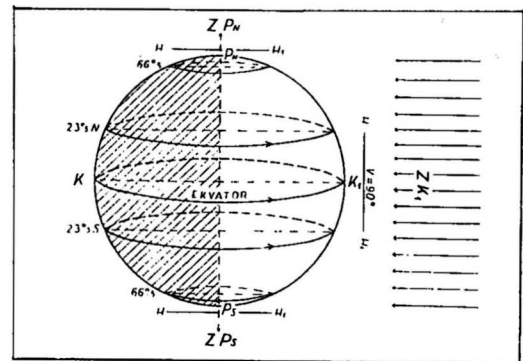
Dana 22. juna Sunčevi zraci padaju vertikalno na severni povratnik i severna polarna kalota Zemlje potpuno je osvetljena, a južna u mraku. Geografske paralele su nejednako osvetljene — severne preko polovine, a južne manje. Mesta na severnoj hemisferi imaju najduži dan u godini, a ona na južnoj najkraći. Na Severnom polu Sunce ima najveću visinu, i to $23,5^{\circ}$, što odgovara njegovoj najvećoj deklinaciji.

Dana 22. decembra Sunčevi zraci padaju vertikalno na južni povratnik i situacija na južnoj i severnoj hemisferi je suprotna od one 21. marta.

Ugao pod kojim se vidi poluprečnik Zemlje sa središta nekog nebeskog tela Sunčevog sistema naziva se **dnevna paralaksa**. Ona zavisi od udaljenosti nebeskog

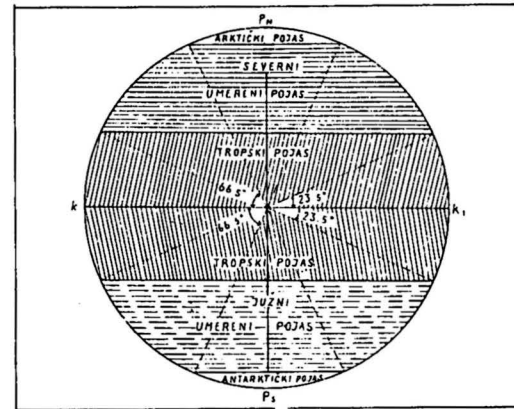


Slika 164. — Godišnja doba



Slika 165. — Kretanje Zemlje oko Sunca. Postanak godišnjih doba

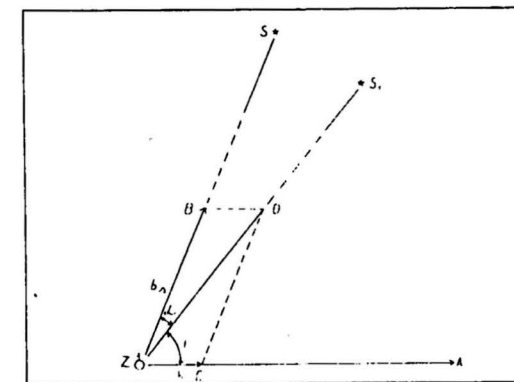
tela od Zemlje, a najveća je za Mesec (oko 1°), a najmanja za Pluton (oko $0,2''$).



Slika 167. — Klimatski pojasevi

Zemlja se pri rotaciji oko svoje ose ponaša kao čigra u kretanju oko svoje ose, pri čemu vrh ose čigre opisuje kružnu liniju. Ovo kretanje ose čigre u prostoru naziva se **precesiono kretanje**.

Pošto je Zemljina osa nagnuta prema ekliptici za $66,5^{\circ}$, dolazi do precesionog kretanja, a precesija ne bi postojala da je Zemlja kugla. Zbog ovog kružnog kretanja nebeske ose nebeski polovi menjaju položaj među zvezdama na nebu.



Slika 168. — Aberacija

Aberacija nastaje zbog toga što svetlost ima određenu brzinu. Uzimajući u obzir brzinu kretanja svetlosti i brzinu osmatračevog kretanja, nebesko telo će se videti na drugom položaju od stvarnog, a ugao u osmatračevom oku, za koji nebesko telo skrene od svog stvarnog položaja, a što je posledica brzine svetlosti i osmatračeve brzine, naziva se aberacija. Razlikuje se dnevna i godišnja aberacija. Skretanje nebeskog tela, do koga dolazi zbog Zemljinog kretanja oko Sunca, naziva se godišnja aberacija, a ono koje nastaje usled Zemljinog obrtanja oko svoje ose dnevna aberacija.

3.3.7. Proračun časovnog ugla

Ugao u polu između meridijana i časovnog kruga naziva se **časovni ugao** (s) i on se računa od 0° do 360° , od gornjeg prolaska nebeskog tela kroz meridijan, i to prema zapadu. Posle prolaska nebeskog tela kroz donji meridijan časovni ugao postaje veći od 180° , odnosno 12 h. Prema tome, nebesko telo se nalazi na zapadnoj strani nebeske sfere sve dok se njegov časovni ugao kreće u granicama od 0° do 180° , a nalazi se na istočnoj strani nebeske sfere kada se časovni ugao kreće u granicama od 180° do 360° .

Časovni ugao, izražen u stepenima, dat je u *Nautičkom godišnjaku*, i odnosi se na grinički meridijan.

Za Sunce časovni ugao računa se takođe od gornjeg prolaska kroz meridijan, tj. od podne, dok se pravo vreme računa od trenutka prolaska Sunca kroz donji meridijan, dakle, od ponoći. Između Sunčevog časovnog ugla i pravog vremena postoji razlika od 12 h.

Primer: Određivanje časovnog ugla Sunca kada je poznato pravo vreme i obratno.

$$1) \text{ Za časovni ugao Sunca } s = 08^{\text{h}} 10^{\text{m}}$$

$$t_p = s^{\text{h}} + 12^{\text{h}} = 20^{\text{h}} 10^{\text{m}}$$

$$2) \text{ Za časovni ugao Sunca } s = 18^{\text{h}} 10^{\text{m}}$$

$$t_p = s^{\text{h}} - 12^{\text{h}} = 06^{\text{h}} 10^{\text{m}}$$

3) Za pravo vreme $t_p = 05^h 14^m$

$$s^h = t_p + 12^h = 17^h 14^m.$$

4) Za pravo vreme $t_p = 15^h 14^m$

$$s^h = t_p - 12^h = 03^h 14^m.$$

Kao što se vidi iz primera prilikom pretvaranja časovnog ugla u pravo vreme i pravog vremena u časovni ugao, zadatoj veličini dodaje se 12 h kad se od te veličine ne može oduzeti 12 h.

3.4. VREME I MERENJE VREMENA

3.4.1. Razne vrste godina i kalendara

Godina je prvo imala za podlogu Mesec u trajanju od dvanaest lunarnih meseci (sinodičnih meseci), tj. 354, 367 dana, tzv. mesečeva godina. Još u starom veku određena je godina, čija je osnova bila Sunce. Sunčeva godina je razmak vremena posle koga Sunce, po prividnom obilasku ekliptike, dođe u isti položaj. Razlikuju se tropska i zvezdana godina.

Tropska godina je razmak vremena koji prođe između dva uzastopna prolaska Sunca kroz prolećnu tačku. Ona ima $365,2422$ srednja Sunčeva dana, odnosno $365^d 05^h 48^m 46,08^s$. Pošto godina nema celi broj dana, u svakodnevnom životu utvrđena je takozvana građanska godina, koja ima 365 ili 366 dana.

Zvezdana ili siderična godina je razmak vremena koje prođe između dve uzastopne kulminacije Sunca i jedne zvezde skupa. Ova godina je nešto malo duža od tropske i traje $365,25636$ srednjih Sunčevih dana, odnosno $365^d 06^h 09^m 10,75^s$.

Kalendarom se naziva način kombinovanja broja dana u mesecima i godini, tako da određene pojave u prirodi padaju što je moguće približnije u iste dane.

Do danas je postojalo nekoliko različitih kalendara: lunarni (za osnovu imao je Mesec), lunisolarni (za osnovu imao je

Mesec i Sunce) i solarni (za osnovu ima Sunce).

Kod lunarnog kalendara godina je trajala 12 lunarnih meseci, koji su naizmenično imali 29 i 30 dana (srednja dužina 29,5 dana). Ova godina ima 354 dana, a prekobrojna 355. Njom se i danas služe muslimani.

Lunisolarni kalendar je takođe lunaran, ali da bi se brojanje godina dovelo u sklad sa Suncem, nekim se godinama dodavao trinaesti mesec.

Solarni kalendar ima 12 meseci, godina ima 365 dana, a svaka četvrta (prestupna) 366 dana.

Danas je u upotrebi gregorijanski kalendar, čija godina ima 365,25 dana. Uveo ga je papa Grgur XIII, koji je odredio da posle četvrtka 4. oktobra 1582. godine bude petak, i to 15. oktobar. Time je ispravljena greška između kalendarske i tropske godine. Odlučeno je da ubuduće svaka četvrta godina bude prestupna (da ima 366 dana), izuzev stotih (od kojih će prestupne biti samo one čije su prve dve cifre deljive sa četiri — 1600, 2000. i 2400. godina su prestupne, a 1700, 1800, 1900, 2100... nisu.

3.4.2. Pravi Sunčev dan i pravo vreme i srednji Sunčev dan i srednje vreme

Zvezdani dani imaju stalnu dužinu, ali su nepodesni za svakodnevni život, jer nisu usklađeni sa tokom Sunčevog dana, a Sunčevi dani nisu jednaki, jer se Sunce kreće po ekliptici.

Vreme koje za podlogu ima stvarno Sunce naziva se pravo vreme, a pravi Sunčev dan počinje u trenutku prolaska Sunca kroz donji meridijan (u ponoć) i broji se od 0 do 24 h. U trenutku prolaska Sunca kroz gornji meridijan je 12 h, a kroz donji 24 h ili 0 h.

Prvi dan počinje u ponoć, a časovni ugao u podne.

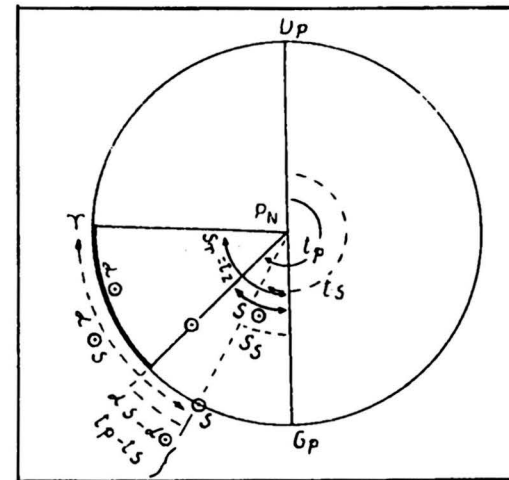
S obzirom na nejednakost Sunčevih dana, pravi Sunčev dan ne može se uzeti

kao jedinica za merenje vremena, pa se uzima srednja vrednost svih Sunčevih dana u godini — srednji Sunčev dan, koji traje 24 h 03 m i 56,56 s zvezdanog vremena.

Srednji dan je razmak vremena između dva uzastopna prolaska srednjeg Sunca kroz meridijan, a srednje Sunce su zamislili astronomi, tako da se kreće jednakom brzinom po nebeskom ekvatoru. Građansko vreme, koje ima za jedinicu srednji dan, računa se takođe od 0 h do 24 h, a svaki čas ima 60 minuta, svaki minut 60 sekundi srednjeg vremena.

3.4.3. Jednačina vremena

Razlika između pravog i srednjeg vremena naziva se jednačina vremena, a posledica je zakašnjenja pravog prema srednjem Suncu — pravo Sunce se kreće nejednakom brzinom po ekliptici, a srednje Sunce kreće se ujednačeno po nebeskom ekvatoru.



Slika 169. — Surektascenzija — rektascenzija, u funkciji časovnog ugla prolećne tačke i časovnog ugla nebeskog tela

Iz slike 170. proizilaze sledeće formule:

$$t_z = s \odot + \alpha \odot$$

$$t_z = s_s + \alpha_s.$$

Kad se časovni uglovi zamene sa pravim i srednjim vremenom dobija se:

$$t_z = t_p \pm 12 + \alpha \odot$$

$$t_z = t_s \pm 12 + \alpha_s.$$

Izjednačavajući desne strane jednačine, pošto su leve jednake, dobija se:

$$t_p \pm 12 + \alpha \odot = t_s \pm 12 + \alpha_s$$

$$t_p = t_s + (\alpha_s - \alpha \odot).$$

Razlika u rektascenzijama srednjeg i pravog Sunca ($\alpha_s - \alpha \odot$) naziva se jednačina srednjeg vremena (e_s).

Pomoću formule $t_p = t_s - e_s$ srednje vreme se pretvara u pravo, jer je jednačina srednjeg vremena (e_s) jednaka razlici pravog i srednjeg vremena u datom trenutku. Ako je srednje vreme jednako nuli, onda je $e_s = t_p$.

Razlika u rektascenzijama pravog i srednjeg vremena ($\alpha \odot - \alpha_s$) naziva se jednačina pravog vremena (e_p).

3.4.4. Srednje, mesno, griničko i zonsko vreme

Srednji dan počinje u trenutku prolaska srednjeg Sunca kroz donji meridijan, a kada je ono u gornjem meridijanu, onda je podne. Sva mesta koja se nalaze na meridijanu imaju isto vreme, ona istočno imaju veće, a ona zapadno manje vreme. Vreme koje odgovara dotičnom meridijanu naziva se mesno vreme.

Odatle proizilazi da sva mesta na istom meridijanu imaju jednako vreme, da mesta istočne geografske dužine imaju veće vreme od Griniča ($t_s = T_s + \lambda$), a da mesta zapadne geografske dužine imaju manje vreme od Griniča ($t_s = T_s - \lambda$). Otuda se časovnik mora pomerati prema napred kada se plovi ka istoku i prema nazad kada se plovi prema zapadu. To vredi za sve vrste vremena: zvezdano, pravo, srednje i zonsko.

Pretvaranje griničkog vremena u mesno:

$$T_p + \lambda = t_s.$$

Pretvaranje mesnog vremena u griničko:

$$t_s - \lambda = T_s$$

$$t_p - \lambda = T_p$$

Određivanje geografske dužine kada je poznato mesno i griničko vreme:

$$t_s - T_s = \lambda$$

Određivanje mesnog vremena u nekim mestima kada je poznato vreme drugog mesta i razlika njihovih geografskih dužina:

$$t_s + \Delta\lambda = t_s'$$

$$t_p - \Delta\lambda = t_p'$$

Određivanje zonskog vremena pomoću griničkog vremena i obratno:

$$T_s + x = t_x$$

Pretvaranje srednjeg vremena u pravo:

$$t_p = T_s + (\pm \lambda) + e_s$$

Pretvaranje pravog u srednje vreme:

$$t_p - \lambda = T_p; T_p - e_s = T_s$$

Pretvaranje srednjeg u zonsko vreme:

$$t_s - \lambda = T_s + \text{zona} = t_x \text{ ili}$$

$$x - \lambda = (x - \lambda) - t_s = t_x$$

Pretvaranje pravog u zonsko vreme:

$$t_p - \lambda = T_p - e = T_s$$

Pretvaranje zonskog u srednje mesno vreme:

$$t_x - x = T_s + \lambda = t_s$$

Pretvaranje zonskog u pravo mesno vreme:

$$t_x - x = T_s + e = T_p + \lambda = t_p$$

(Sl. 170. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

(4) Zvezdani dan i zvezdano vreme

Sunčev dan je za oko 4^m duži od zvezdanog dana, pa neka zvezda koja je jednog dana prošla zajedno sa Suncem kroz meridijan, sledeći dan će proći 4^m ranije itd. Posle godinu dana proći će ponovo sa Suncem kroz meridijan. Sunce je u toku jedne godine prošlo 365 puta kroz meridijan jednog mesta, a zvezda će proći 366 puta:

$$1 \text{ srednji dan} = \frac{366, 2422}{365, 2422} \text{ zvezdanog}$$

dana = 24^h03^m56,555^s zvezdanog vremena;

1 srednji čas = 01^h00^m09,856^s zvezdanog vremena;

1 srednji minut = 01^m00,164^s zvezdanog vremena;

1 srednja sekunda = 01,003^s zvezdanog vremena.

3.4.5. Pretvaranje vremena

Pretvaranje mesnog srednjeg vremena u mesno zvezdano vreme:

Primer: Odrediti koje je mesno zvezdano vreme bilo na meridijanu $\lambda = 145^\circ 20' W$ (09^h41^m20^s) dana 15. 01. 1954, kada je pravo vreme $t_p = 20^h 10^m 25^s$.

a) Određivanje srednjeg vremena:

$$t_p = 20^h 10^m 25^s \text{ (15. 01)} \quad T_p = 05^h 51^m 45^s \text{ (16. 01)}$$

$$-\lambda = \pm 09^h 41^m 20^s \quad -e = \pm 09^m 39,3^s$$

$$T_p = 29^h 51^m 45^s \text{ (15. 01)} \quad T_s = 06^h 01^m 24,3^s$$

b) Određivanje zvezdanog vremena:

$$\text{Za } T_{s1} = 06^h \dots \text{ (16. 01) odgovara } s_\gamma = 205^\circ 08,5'$$

$$\text{za } \Delta T_s = 01^m 24,3^s \text{ odgovara } \Delta S_\gamma = 00^\circ 21,2'$$

$$\text{za } T_s = 06^h 01^m 24,3^s \text{ odgovara } S_\gamma = 205^\circ 29,7'$$

$$+ \lambda = -145^\circ 20,0'$$

$$s_\gamma = 60^\circ 09,7'$$

ili zvezdano vreme $t_z = 04^h 00^m 38,8^s$.

Pretvaranje mesnog zvezdanog vremena u mesno srednje, odnosno pravo ili zonsko vreme:

Primer: Dana 15. 01. 1954. na meridijanu, čija je $\lambda = 126^\circ 25' E$ (08^h25^m40^s), bilo je mesno zvezdano vreme $t_z = 15^h 00^m 42^s$. Odrediti srednje mesno vreme. Ovom zvezdanom vremenu odgovara mesni časovni ugao prolećne tačke $s_\gamma = 225^\circ 10,5'$, a ovaj se pomoću geografske dužine pretvori u $S_\gamma = 98^\circ 45,5'$. Za taj S_γ traži se u *Nautičkom godišnjaku* odgovarajuće T_s .

$$\text{za } S_\gamma = 84^\circ 48,8' \text{ (15. 01) odgovara } T_s = 22^h 00^m 00^s$$

$$\text{za } \Delta S_\gamma = 13^\circ 56,7' \quad + \Delta T_s = 00^h 55^m 37,7^s$$

$$\text{za } S_\gamma = 98^\circ 45,5' \text{ (15. 01) odgovara } T_s = 22^h 55^m 37,7^s$$

$$+ \lambda = + 08^h 25^m 40,0^s$$

$$t_s = 31^h 21^m 17,7^s \text{ (15. 01)}$$

$$\text{ili } t_s = 07^h 21^m 17,7^s \text{ (16. 01)}$$

Kako je ovim dobijeno srednje mesno vreme za 16.01, a ne za 15.01, potrebno je ponoviti račun iz *Nautičkog godišnjaka* uzeti S_γ za dan ranije, s obzirom na to da je geografska dužina istočna, pa je mesno vreme veće od griničkog vremena.

$$\text{Za } 14. 01. S_\gamma = 83^\circ 49,6' \text{ odgovara } T_s = 22^h 00^m 00^s$$

$$\text{za } \Delta S_\gamma = 13^\circ 56,7' \text{ odgovara } + \Delta T_s = 00^h 59^m 34^s$$

$$\text{za } S_\gamma = 98^\circ 45,5' \text{ odgovara } T_s = 22^h 59^m 34^s$$

$$+ \lambda = + 08^h 25^m 40^s$$

$$t_s = 31^h 25^m 14^s \text{ (14. 01)}$$

$$\text{ili } t_s = 07^h 25^m 14^s \text{ (15. 01)}$$

Isto bi se t_s dobilo kad bi se $t_s = 07^h 21^m 17,7^s$ za 16.01. dodao iznos od 03^m55,9^s za koliko je zvezdani dan manji od srednjeg Sunčevog dana.

3.5. HRONOMETAR I BRODSKI ČASOVNIK

3.5.1. Osnovni delovi i upotreba

Hronometar je precizni časovnik, specijalne konstrukcije, pomoću koga se na brodu određuje srednje griničko vreme. Služi za:

— vadenje podataka iz *Nautičkog godišnjaka* potrebnih za određivanje pozicije broda na otvorenom moru,

— određivanje geografske dužine iz razlike mesnog časovnog ugla, koji se dobija astronomskim osmatranjem, i časovnog ugla u Griniču ($\lambda = s - S$),

— određivanje srednjeg mesnog vremena na osnovu poznavanja griničkog vremena i geografske dužine ($t_s = T_s + \lambda$),

— određivanje prevaljenog puta u datom razmaku vremena u cilju određivanja zbrojene pozicije broda, a na osnovu poznavanja tačnog vremena.

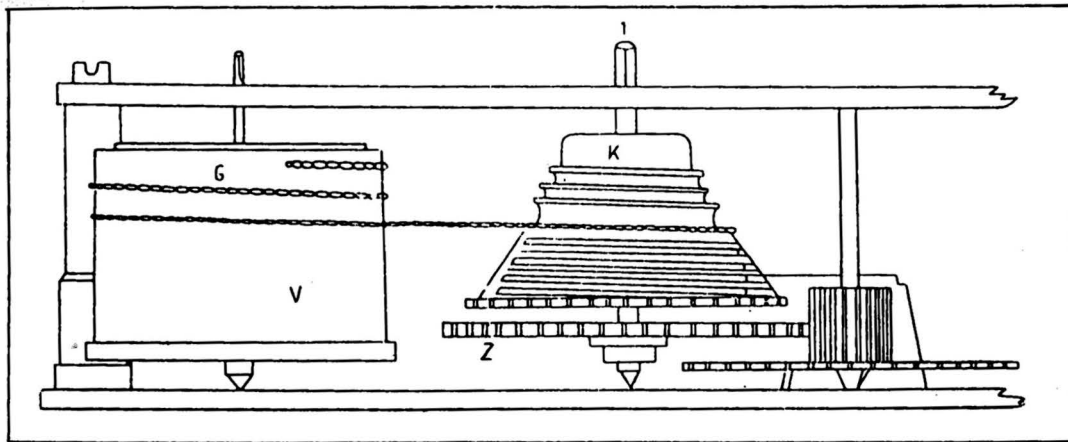
(Sl. 171. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Hronometar obično dnevno kasni ili napreduje u odnosu na tačno griničko vreme, i to je dnevni hod hronometra, a odstupanje u datom trenutku naziva se **stajanje hronometra**.

Hronometar se može zameniti dobrim časovnikom, takozvanim palubnim hronometrom, koji je nešto veći od džepnog časovnika i pored kazaljki za časove i minute ima i kazaljku za sekunde. Hod mu je mali i dosta ravnomeran.

Sastavni delovi hronometra su pogonski mehanizam, regulator i kočioni mehanizam.

Pogonski mehanizam kod hronometra pokreće čelična opruga, koja je elastična i uvijena u obliku spirale u unutrašnjost valjka (V). Jedan kraj opruge pričvršćen je za osovinu valjka, a drugi za njegov omotač. Prilikom navijanja hronometra spiralna opruga se navija, a tokom odvijanja pokreće mehanizam hronometra. U neposrednoj blizini valjka nalazi se konus (K), na čijoj se donjoj strani nalazi zupčanik (Z), koji stoji u vezi sa prvim točkom mehanizma. Valjak je u vezi sa konusom preko Galovog lanca (G). Navijanjem hronometra Galov lanac se postepeno namotava na konus, a odmotava sa valjka, dok je elastična opruga sasvim napregnuta kada je lanac u potpunosti obavijen oko konusa. Sa konusom se pokreće i točak. Osovine zupčanika nose kazaljke za časove, minute i sekunde. Sve osovine zupčanih točkova, valjka i konusa nalaze se između dve ploče, a na gornjoj ploči nalazi se brojanik sa brojkama od I do XII.



Slika 172. — Delovi hronometra

Regulator se sastoji od dva dela: prstena, takozvane nemirnice i spiralne opruge. Opruga je izgrađena od specifičnog čelika, zlata ili paladija, a zavijena je u više zavoja. Spiralna opruga je najvažniji deo celog mehanizma i čim se ona pokrene iz svog ravnotežnog položaja, nastaju oscilacije velike amplitude do 400°, koje traju pola sekunde, pa tako mnoga kretanja na brodu imaju mali uticaj na hronometar.

Kočioni mehanizam se sastoji od zupčastog kočionog kola, koje je povezano sa ostalim točkovima mehanizma, kočione poluge i zlatne opruge. Ima dve funkcije: da periodično prekida i uspostavlja rad glavne opruge hronometra i da posredstvom glavne opruge daje balansiru impulse i tako održava njegovo ujednačeno kretanje.

3.5.2. Stanje i hod hronometra

Stanje hronometra između griničkog vremena u datom trenutku i onoga koje pokazuje hronometar naziva se stanje hronometra. Izražava se formulom:

$$S_t = T_s - t_h$$

Odnosi se na dotični čas u Griniču ili na hronometarsko vreme, a može biti poziti-

avno ili negativno. Pozitivno je kada hronometar kasni u odnosu na griničko vreme, a negativno kada napreduje.

Stanje hronometra svakog dana na brodu se vodi u *Dnevniku hronometra*.

Do danas nije konstruisan hronometar, koji bi u jednom danu otkucao tačno 86.400 udaraca koliko ima sekundi. Neki otkuca više, neki manje u toku dana. Onaj hronometar koji otkuca više ima dnevni hod negativan, a onaj koji otkuca manje ima dnevni hod pozitivan. **Dnevni hod** hronometra je iznos za koliko hronometar napreduje ili kasni u toku jednoga dana, a računa se u sekundama i stotim delovima sekunde. Dnevni hod za isti hronometar nije stalan, na njega utiču razni faktori, pre svih temperatura.

Zbog različitog dnevnog hoda obično se računa sa srednjim dnevnim hodom.

Metode određivanja stanja hronometra zasnovane su na tačnom griničkom vremenu, koje se dobija putem vremenskih signala: bežičnih i lučkih (optičkih i akustičkih), upoređenjem hronometara i astronomskim osmatranjima.

Brodski časovnici su posebno građeni merioci vremena, koji su podešeni za smeštaj i rad na brodu. Imaju veliku tačnost, a služe za korišćenje vremena u svrhe u kojima nije potrebna hronometar-

ska preciznost. Njihovo podešavanje obavlja se svaki dan u osam časova na osnovu prijema signala tačnog vremena ili poredjenjem sa hronometrom.

3.6. SEKSTANT

3.6.1. Opis sekstanta

Sekstant je sprava koja služi za merenje visine nebeskih tela, a sastoji se od sledećih delova: tela, limba, alhidada, nonijusa, nosila durbina, velikog i malog ogledala, obojenih stakala, bubnjića ili zavrtnja sa kočnicom, mikrometarskog zavrtnja, sočiva, ručice durbina i pribora.

Telo sekstanta izrađeno je od metala i ima oblik kružnog sektora, težine 1,3 kg. Ranije je kružni sektor imao 45° (sprava se zvala oktant), zatim 60° (zato što je to šesti deo kruga sprava je nazvana sekstant), a danas kružni sektor iznosi 80°, ali naziv sprave nije menjan.

Limb je kružni luk sekstanta na kome se nalazi stepenska podela. Ranije je bio od slonove kosti, a danas je od nerđajućeg metala. Podela limba je na stepene, a svaki stepen je podeljen na šest jednakih delova — pa jedinica limba iznosi deset lučnih minuta. Sasvim u desnom kraju luka limba nalazi se nula limba (0°), a od nule ulevo je stepenska podela sve do kraja, gde je obično 160°, što znači da stepenska podela daje dvostruku vrednost. Limb je podeljen i sa druge strane nule (do 5°).

(Sl. 173. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Alhidada je poluga, a okreće se oko osovine koja prolazi kroz središte kruga kružnog sektora. Na jednom njenom kraju je ogledalo, a na drugom nonijus. Kod nekih u sredini se nalazi okretna poluga, na čijem se kraju nalaze sočiva, koja služe za čitanje limba i nonijusa.

Nonijus služi za čitanje manje jedinice od jedinice limba, a do njega se nalazi malo mlečno staklo, koje ublažava jaku svetlost i olakšava čitanje uglova.

Nosilo durbina je naprava vertikalna na ravan sekstanta, koja se završava prste-

nom, a u koji se postavlja durbin za osmatranje. Pomoću malog zavrtnja nosilo se pokreće u vertikalnom smeru i tako se durbin približuje, odnosno udaljava od ravni sekstanta.

Veliko ogledalo dužine oko 5 cm, a visine oko 3,5 cm, nalazi se na alhidadi na suprotnom kraju od nonijusa. Stoji vertikalno na ravan sekstanta, a okrenuto je prema levoj strani sekstanta. Vertikalnost se može regulisati pomoću malog zavrtnja.

Malo ogledalo dužine oko 3,5 cm, visine oko 5 cm, stvarno je ogledalo u donjoj polovini svoje visine, a u gornjoj je čisto staklo ili prazno. Kroz prozor malog ogledala zraci osmatranog objekta dolaze direktno, a u ogledalu se vide zraci koji se odbijaju od velikog ogledala.

Obojena stakla nalaze se ispred velikog ogledala i iza malog ogledala. Služe da ublaže svetlost prilikom osmatranja Sunca. Pokretna su, okreću se oko horizontalne osovine i mogu se okrenuti za 180°.

Zavrtnj sa kočnicom služi da alhidada bude stabilna u određenom položaju.

Sočivo služi za povećanje podele limba i nonijusa, i da se olakša čitanje uglova.

Ručica sekstanta služi da se sprava drži za vreme merenja, i to desnom rukom. Levom rukom se pokreće alhidada.

Durbini sekstanta su terestrički i astronomski, a postoji obično jedna cev bez sočiva. Astronomski durbin daje izvrnutu sliku, povećava od šest do deset puta. Okulari za tačnija očitavanja imaju končice, bilo dva paralelna ili dva paralelna para koji čine kvadrat. Za osmatranja u sumraku upotrebljava se specijalan durbin velikog objektiva i velike svetlosne moći, koji ima malo povećanje samo od dva do tri puta. Za osmatranje zvezda ili planeta neki sekstanti imaju naročito sočivo, koje se nalazi u blizini obojenih stakala. Služi da svetlu tačku zvezde pretvori u dugu svetlu traku.

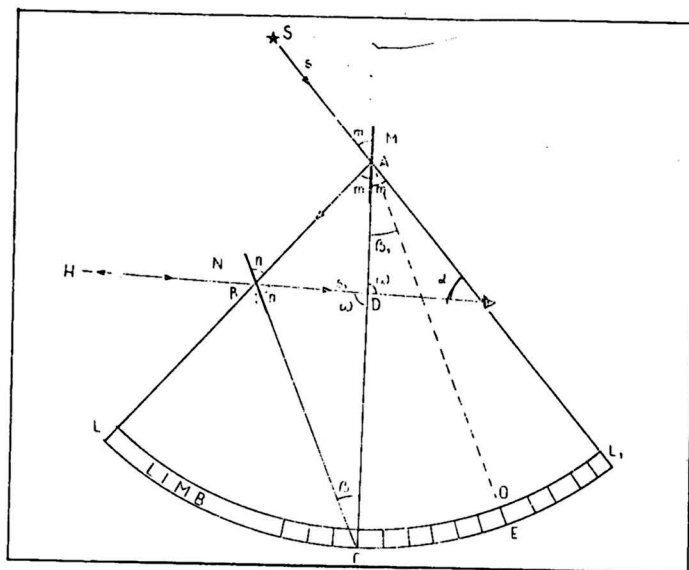
Pribor sekstanta sačinjavaju: igla pomoću koje se doteruje vertikalnost ogledala, komad jelenske kože za čišćenje optike sekstanta, flašica sa tečnošću za čišćenje

limba, četkica za čišćenje metalnih delova, obojeno staklo koje se namešta pred okular durbina. Neki sekstanti imaju uz ostali pribor i veštački horizont, koji se lako namešta na sekstant.

3.6.2. Optički princip sekstanta

Sekstant se zasniva na optičkom zakonu da je ugao što ga čini dolazeći zrak (s) sa istim zrakom posle dvostrukog odbijanja u istoj ravni (s_1), jednak dvostrukom uglu koji međusobno zatvaraju ogledala M i N.

Iz fizike je poznato da se zrak koji udara u ravno ogledalo pod izvesnim uglom odbija od ogledala pod istim uglom i da se oba zraka nalaze u istoj ravni.



Slika 174. — Optički princip sekstanta

Na slici 174 ravan M predstavlja veliko ogledalo, a ravan N malo ogledalo, a tačka O osmatračevo oko. Zrak s , koji dolazi sa predmeta S, udara o veliko ogledalo pod uglom m i odbija se pod istim uglom. Nastavljajući

put udara o malo ogledalo N pod uglom n i odbijajući se pod istim uglom dolazi do osmatračevog oka O, koje predmet S vidi u malom ogledalu u smeru OB. U tom istom smeru osmatrač vidi i morski horizont H, ukoliko je sekstant prilikom osmatranja imao takav položaj da se kroz prozor malog ogledala video horizont. U tom slučaju ugao α predstavlja ujedno i visinu nebeskog tela S.

U tački D ugao ODA jednak je uglu BDC, jer su oni unakrsni uglovi. Pošto ΔOAD i ΔNDC imaju jedan isti ugao, i to ugao w , zbir dva ostala ugla jednak je u pomenutim trouglovima:

$$\beta + n = \alpha + m.$$

Iz slike se vidi da je spoljašnji ugao ΔABC , koji se nalazi u produženju strane CB, tj. ugao n , jednak zbiru unutrašnjih uglova β i m , dakle, $n = \beta + m$. Zamenom vrednosti dolazi se do formule da je $2\beta = \alpha$.

3.6.3. Greške sekstanta

Greške sekstanta mogu biti stalne i promenljive. Stalne greške su one koje proizilaze iz nesavršenosti konstrukcije. One imaju stalnu vrednost i dovoljno ih je jednom odrediti. Tu spadaju: slaba podela limba, slaba podela nonijusa, greška u paralelnosti površina obojenih stakala i ogledala, greške u durbini i greške ekscentričnosti. U promenljive greške spadaju: nevertikalnost ogledala na ravan sekstanta, greška u paralelnosti optičke ose durbina i greška indeksa.

Ogledala i obojena stakla moraju imati obe strane međusobno paralelne. Njihova paralelnost ispituje se tako što se alhidada postavi skoro na nulu i u takvom

položaju osmatra odbijena slika Sunca. Pomoću mikrometarskog zavrtnja dovedu se i direktna i odbijena slika u međusobni dodir. Zatim se slike Sunca osmatraju bez obojenih stakala, i to samo durbinom sa zatamnjenim staklom pred okularom. Ukoliko dodir Sunčevih slika ostane i dalje, dokaz je da su obojena stakla, kojima je učinjen dodir, dobra i da su im strane paralelne. Ako dodir Sunčevih slika sa pojedinim parovima obojenih stakala nestane, stakla treba menjati ili odrediti grešku, koja ostaje stalna.

(Sl. 175. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

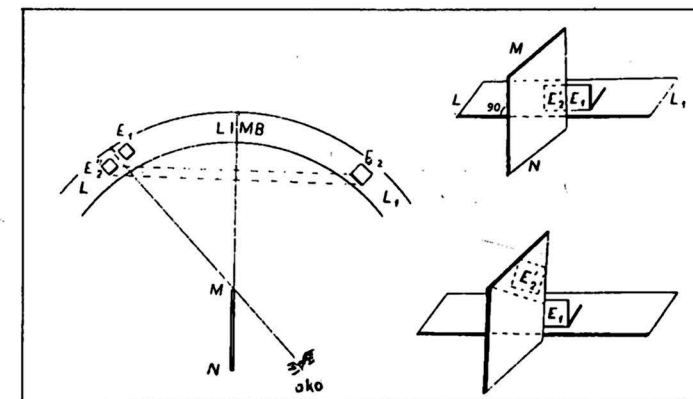
Ispitivanje durbina vrši se na sledeći način: na belom papiru nacrtaju se nekoliko geometrijskih slika u crnoj boji (krugovi, kvadrati, romboidi itd.), u veličini od 15 do 45 mm u dijametru. Ove slike postavljaju se na udaljenosti od 50 do 80 m, na mestu koje je dobro izloženo Sunčevim zracima i osmatraju se durbinom. Ako osmatrane slike nisu na ivicama jasne i pravilne ili su okružene prstenovima raznih boja (crvenom, žutom ili zelenom), znači da durbina nije ispravan.

Kada se osa, oko koje se okreće alhidada, ne podudara sa središtem kruga, kome odgovara podela limba, postoji greška ekscentriciteta, koju skoro svi sekstanti imaju, a koja je promenljiva sa veličinom ugla koji se meri. Da bi se tačno odredila ova greška za pojedine uglove, potrebno je raspolagati preciznim spravama ili teodolitom, kojima se tačno mere uglovi. U nedostatku tačnih sprava greška ekscentriciteta može se odrediti na sledeći način: postavljaju se tri tačke na udaljenosti od 1.000 m, u međusobnoj uglovnoj udaljenosti od po 120° . Zatim se izmere sva tri horizontalna ugla, a zbir treba da iznosi 360° . Ukoliko ima razlike, tu razliku treba podeliti na tri, i dobije se srednja greška ekscentriciteta. Povoljnije je da

se postave više tačaka — na međusobnom uglovnom rastojanju od po 90° , 60° , 45° ili 30° .

Veliko ogledalo treba da stoji vertikalno na ravan sekstanta. Ispitivanje vertikalnosti vrši se na sledeći način: alhidada se postavi na sredinu limba, pa se na njega nameste dve jednake uglovnice E_1 i E_2 . Gledajući u veliko ogledalo pod kosim uglom vidi se direktno uglovnica E_1 , a u ogledalu slika E_2 uglovnice E_2 . Ako veliko ogledalo stoji vertikalno, tada će slika E_2 stajati tačno u produženju linija uglovnice E_1 , koja se vidi direktno. Ukoliko ogledalo nije vertikalno, slika E_2 nalaziće se iznad ili ispod uglovnice E_1 , zavisno od toga da li je ogledalo nagnuto napred ili nazad. Ispravljanje se vrši pomoću zavrtnja, koji se nalazi na prednjem ogledalu.

Optička osa durbina mora biti paralelna sa ravni limba. Ispitivanje paralelnosti optičke ose vrši se astronomskim durbinom. Pre ispitivanja paralelnosti potrebno je namestiti durbina tako da li je jedan par linija mrežice kvadrata astronomskog durbina paralelan sa ravni limba. U tu svrhu sekstant se postavi približno horizontalno (na sto), a na zidu se na udaljenom objektu (oko 30 m) nacrtaju pravac na takvoj visini da stoji tačno u ravni limba. Gledajući durbinom nacrtanu liniju, mrežica se tako postavi da par njenih linija bude paralelan sa pomenutom linijom.



Slika 176. — Ispitivanje vertikalnosti velikog ogledala: a) veliko ogledalo stoji vertikalno i b) veliko ogledalo nagnuto napred ili natrag

Optička osa durbina može da se namesti paralelno na nekoliko načina: u ravni limba nacrtu se jedna prava linija na zidu ili objektu udaljenom oko 30 m. Zatim se na toj liniji nacrtu krug radijusa 4—5 cm. Ako se pomenuti krug vidi tačno u kvadratu mrežice, optička osa je paralelna sa osom durbina, a ako nije, onda se pokretanje zavrtanja na dvostrukom prstenu nosila durbina optička osa durbina dovede u paralelan položaj sa ravni limba.

Vertikalnost malog ogledala može se ispitati pomoću zvezda, Sunca, nekog dalekog objekta i morskog horizonta. Ispitivanje se vrši durbinom što većeg povećanja.

Ispitivanje pomoću zvezda vrši se tako da se alhidada sekstanta postavi gotovo na nulu, a zatim se osmatra neka zvezda, ne velikog sjaja. U polju durbina videće se dve slike: direktna kroz staklo malog ogledala i odbijena slika u malom ogledalu. Ako je malo ogledalo vertikalno, tada će pokretanje alhidade odbijena slika zvezde preći preko direktne slike. Ukoliko se ove slike razilaze, malo ogledalo nije vertikalno, a reguliše se laganim okretanjem zavrtanja na poledini malog ogledala.

Ispravljanje pomoću Sunca vrši se na sličan način kao i sa zvezdom, tako što se osmatra u durbinu direktna i odbijena slika Sunca.

Ispravljanje pomoću dalekog predmeta vrši se tako što se alhidada postavi gotovo na nulu stepeni, kako bi se u durbinu odjednom mogla videti direktna i dobijena slika objekta. Pokretanjem zavrtanja na poledini malog ogledala dovedu se slike objekta tačno jedna iznad druge, kako bi se odbijena slika pokretanjem mikrometarskog zavrtanja, odnosno bubnjića mogla pokriti direktnom slikom.

Ispravljanje pomoću morskog horizonta vrši se kada je morski horizont jasan. I u tom slučaju se alhidada postavi gotovo na nulu stepeni, kako bismo u durbinu videli direktnu i odbijenu sliku. Pokretanjem mikrometarskog zavrtanja ili bubnjića, direktna ili odbijena slika horizonta dovedu se u položaj da čine jednu liniju.

Rastojanje između nule limba i nule nonijusa odgovara uglu koji se meri jedino onda kada su ogledala vertikalna na ravan limba i međusobno paralelna, tj. kada se nula nonijusa podudara sa nulom limba. Odstupanje nule nonijusa od nule limba, kad su ogledala vertikalna i međusobno paralelna, naziva se **greška indeksa**. Greška indeksa je pozitivna kad se nula nonijusa nalazi sa desne strane nule limba, a negativna ako se nula nonijusa nalazi sa leve strane od nule limba.

Greška indeksa određuje se posle dovođenja velikog i malog ogledala u vertikalni položaj i pošto je optička osa durbina bila postavljena paralelno sa ravni limba. Određuje se osmatranje dalekog objekta, Sunca, zvezde i morskog horizonta. Najtačnije se određuje osmatranjem Sunca.

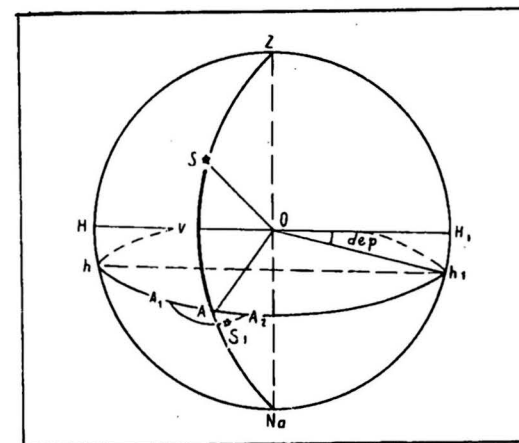
Radi određivanja greške indeksa osmatranjem pomoću Sunca alhidada se postavi skoro na nulu, a na durbin se postavi zatamnjeno staklo i osmatra se direktna i dobijena Sunčeva slika. Durbin se namesti na takvom odstojanju od ravni limba da obe slike, direktna i odbijena, budu iste jačine. Za razliku od ostalih objekata, kojima se određuje greška indeksa, kod Sunca direktna i odbijena slika ne treba da se pokrivaju, već se dovode u dodir ivice direktne i odbijene slike, tako da jednom direktna slika bude iznad, a drugi put ispod odbijene slike. Kada ne bi bilo greške indeksa, oba ugla čitana na sekstantu bila bi jednaka.

3.6.4. Merenje visine nebeskih tela

Visina nebeskog tela je luk vertikalnog kruga između horizonta i središta nebeskog tela. Prilikom merenja visina planete i zvezde smatraju se svetlim tačkama i one se dovode na crtu horizonta. Međutim, tako se ne može meriti visina Sunca, odnosno Meseca, pa se na ivicu horizonta dovedu jedna od njihovih ivica.

Prilikom merenja visina sekstant se mora držati u ravni vertikalnog kruga dotičnog nebeskog tela, jer jedino visina u ravni vertikalnog kruga predstavlja stvarnu

visinu. Merenje se mora vršiti najvećom tačnošću, jer svaka pogreška utiče na tačnost pozicije broda.



Slika 177. — Visina nebeskog tela

Na slici 177 S je nebesko telo, ZSA je vertikalni krug. Krug hh₁ predstavlja morski horizont, koji je niži od oka osmatrača za ugao depresije. Kada bi tačka A, koja se nalazi na horizontu i u ravni vertikalnog kruga bila materijalna tačka, tada bi merenje visine bilo jednostavno. Pošto tačka A ne postoji na horizontu, određivanje ravni vertikalnog kruga vrši se na sledeći način: osmatra se horizont u smeru vertikalnog kruga dotičnog nebeskog tela, i pokreće alhidada, dok odbijena slika S₁ nebeskog tela S ne dodirne horizont. Zatim se zavrtanjem za kočenje zaustavi alhidada i lagano započne osciliranjem sekstanta po osi durbina. Osciliranjem sekstanta dobijena slika S₁ vršiče kružni luk, koji će seći horizont u dve tačke A₁ i A₂. Tačke A₁ i A₂ biće utoliko bliže jedna drugoj ukoliko je izmerena visina bliže u ravni vertikalnog kruga, a ako je visina tačno u ravni vertikalnog kruga, tačke A₁ i A₂ podudaraće se i najniža tačka luka dodirnuće horizont.

Da bi se tačno izmerila visina nebeskog tela u ravni horizonta, posle izvršenog dodira slike S₁ nebeskog tela S sa horizon-

tom potrebno je vršiti osciliranje sekstantom i pokretati mikrometarski zavrtanj, odnosno bubnjić sve dok slika S₁ ne dodirne horizont u najnižoj tački svoga luka. Dodir slike S₁ sa horizontom mora se izvršiti tačno u sredini polja objektiva.

Istovremeno sa osmatranjem meri se vreme smeranja na hronometru. U momentu kada osmatrač dovede nebesko telo na horizont, daje signal meraču vremena, koji prvo očitava sekunde, pa minute i na kraju časove.

Merenje visine Sunca na morskome horizontu vrši se na sledeći način:

— donja ivica Sunca dovede se na morski horizont, a posle podne može se osmatrati i gornja ivica. Visina donje ivice Sunca obeležava se sa $v \ominus$, gornja sa $v \odot$. Ovako izmerenim visinama treba dodati, odnosno oduzeti radijus Sunca;

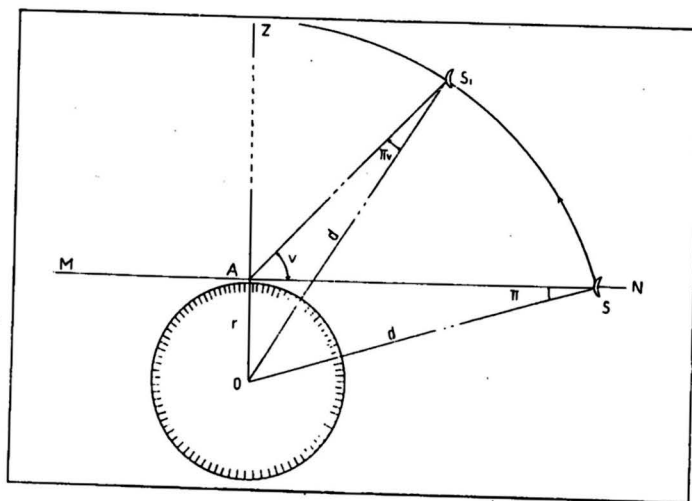
— po oblačnom vremenu, kada se teško razaznaju ivice Sunca, a neophodno je vršiti astronomsko osmatranje, može se približno izmeriti visina središta Sunca, pa se tada ne uzima u obzir radijus Sunca;

— pre početka osmatranja pred veliko ogledalo se stavi jedno od obojenih stakala, a na sekstantu se namesti durbin;

— pri merenju osmatrač se postavi u smeru vertikalnog kruga Sunca. Alhidada se polagano pokreće dok se slika Sunca ne dovede do horizonta. Početnik prvo može raditi bez durbina, a tek kad dovede sliku u blizinu horizonta, postavlja durbin. Tako isto može raditi i bez obojenog stakla, a čim Sunce dođe blizu horizonta, zapaziće se jaka svetlost i tada se postavlja obojeno staklo;

— kada je već dovedena slika Sunca na horizont, podešavaju se obojena stakla za oba ogledala tako da horizont i slika Sunca budu što jasniji.

Osmatrajući ujutru visinu Sunca, donja ivica Sunca se dovede tako da malo zadiere u more, zatim se oscilujući čeka trenutak kada će donja ivica Sunca biti u dodiru sa horizontom, i tada se zabeleži i vreme. Kada se meri popodne, samo se slika Sunca dovede nešto malo iznad horizonta, a zatim se postepeno čeka da slika u svom padu dodirne horizont.



Slika 180. — Dnevna paralaksa nebeskog tela

Ugao pod kojim bi se radijus nekog nebeskog tela video iz središta Zemlje naziva se geocentrični radijus (r_g), a ugao pod kojim se radijus nekog tela vidi sa Zemljine površine naziva se prividni radijus (r_{pr}).

3.7.3. Računsko ispravljanje visine nebeskih tela

Prava visina Sunca nalazi se pomoću sledeće formule:

$$v_{\odot} = v_{\odot} \pm k_e \pm k_i - dep - \rho + r + \pi,$$

gde je:

v = visina donje ivice Sunca,

$\pm k_i$ = greška indeksa,

$\pm k_e$ = greška sekstanta,

$-dep$ = depresija morskog horizonta,

$-\rho$ = astronomska refrakcija,

$+r$ = radijus Sunca,

$+\pi$ = paralaksa Sunca,

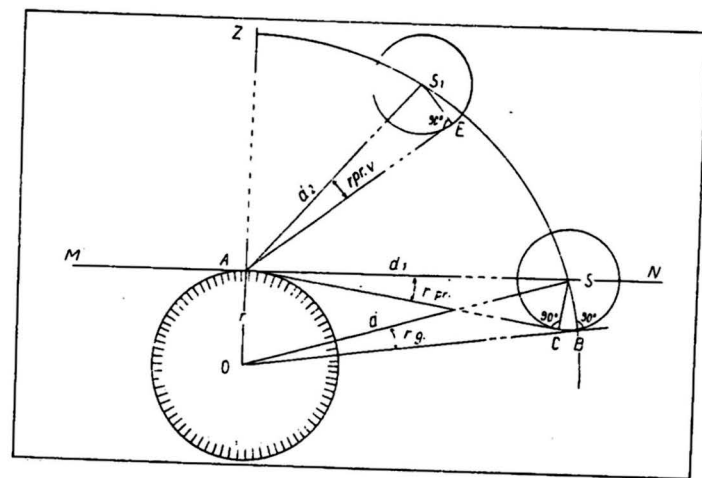
v_{\odot} = prava visina Sunčevog središta.

Isti se popravci uzimaju kada se ispravlja visina Meseca, dok se za zvezde, a uglavnom i planete, ne mogu uzeti u obzir radijus i paralaksa.

a) Ispravljanje visine Sunca

Primer: 05. 01. 1954. visina donje ivice Sunca $v_{\odot} = 18^{\circ}09'10''$; $k_i = + 01'20''$; $k_e = + 20''$; $V_{oka} = 16$ m. Odrediti pravu visinu Sunca.

$$\begin{aligned} v_{\odot} &= 18^{\circ}09'10'' \\ + k_e &= + 20'' \\ + k_i &= + 01'20'' \end{aligned}$$



Slika 181. — Radijus nebeskog tela

Radijus nebeskog tela koji se uzima u račun za ispravku visine jeste ugao pod kojim se sa Zemlje vidi njegov poluprečnik. Razlikuje se geocentrični i prividni radijus.

$$\begin{aligned} v_1 &= 18^{\circ}10'50'' \\ - dep &= 07'06'' \text{ NT br. 18} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_2 &= 18^{\circ}03'44'' \\ - \rho &= 02'58'' \text{ NT br. 25} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_3 &= 18^{\circ}00'56'' \\ + r &= 16'18'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_4 &= 18^{\circ}17'04'' \\ + \pi &= 08'' \end{aligned}$$

$$v_{\odot} = 18^{\circ}17'12''$$

Da je bila izmerena visina gornje ivice Sunca, postupak u radu je isti, kao i ovaj, s tim što se radijus Sunca oduzme.

b) Ispravljanje visine Meseca

Primer: 08. 02. 1954. godine u $T_s = 16^{\text{h}}48^{\text{m}}$ visina gornje ivice Meseca $v_{\overline{\text{C}}} = 60^{\circ}57'20''$; $k_i = + 01'10''$; $k_e = - 20''$; $V_{oka} = 16$ m. Odrediti pravu visinu Meseca.

— Određivanje radijusa i paralakse:

Za 08. 02. u $T_s = 00^{\text{h}}$, $r = 16'18''$; $\Delta r = - 6''$ za 24^{h} ; $\pi_H = 59'54''$; $\Delta \pi = - 24''$ za 24^{h} .

$$\Delta r = \frac{-6 \cdot 16,8^{\text{h}}}{24} = - 4''$$

$$\Delta \pi = \frac{24 \cdot 16,8^{\text{h}}}{24} = - 17''$$

Za 08.02. u $T_s = 16^{\text{h}}48^{\text{m}}$; $r = 16'14''$; $\pi_H = 59'37''$; $\pi_H \cdot \cos v = 59,6' \cdot \cos 60^{\circ}57' = 29'04''$.

— Popravak izmerene visine:

$$\begin{aligned} v_{\overline{\text{C}}} &= 60^{\circ}57'20'' \\ + k_i &= + 01'10'' \\ + k_e &= - 20'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_1 &= 60^{\circ}58'10'' \\ - dep &= 07'06'' \text{ NT br. 22} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_2 &= 60^{\circ}51'04'' \\ - \rho &= 32'' \text{ NT br. 25} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_3 &= 60^{\circ}50'32'' \\ - r &= 16'14'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_4 &= 60^{\circ}34'18'' \\ + \pi_v &= 29'04'' \end{aligned}$$

$$v = 61^{\circ}03'22''$$

c) Ispravljanje visine zvezda i planeta

Primer: Visina zvezde Sirijus $v_* = 14^{\circ}38'20''$; $k_e = + 25''$; $k_i = - 01'40''$; $V_{oka} = 14$ m. Odrediti pravu visinu.

$$\begin{aligned} v_* &= 14^{\circ}38'20'' \\ + k_e &= + 25'' \\ + k_i &= - 01'40'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_1 &= 14^{\circ}37'05'' \\ - dep &= 06'36'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_2 &= 14^{\circ}30'29'' \\ - \rho &= 03'42'' \end{aligned}$$

$$V_p = 14^{\circ}26'47''$$

Isti je postupak i sa ispravljanjem visine planeta s tom razlikom da ukoliko planeta ima horizontsku paralaksu, ona se pomoću *Nautičke tablice broj 19*, pretvori u visinsku paralaksu i doda visini.

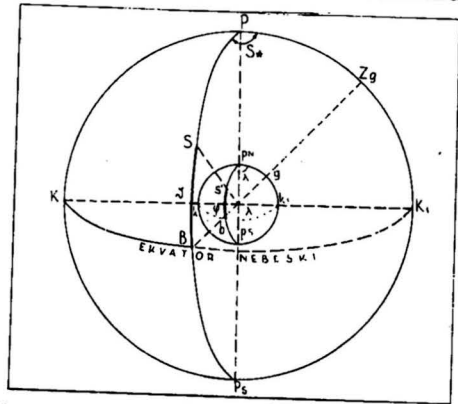
3.8. ODREĐIVANJE POZICIJE BRODA ASTRONOMSKIM OSMATRANJEM

3.8.1. Tačka projekcije nebeskog tela na Zemlji

Na slici 182 mala kugla predstavlja Zemlju, a velika nebesku sferu. Obe kugle imaju zajedničko središte u tački O. Tačka G predstavlja Grinič na Zemlji, a S nebesko telo na nebeskoj sferi.

Projekciji časovnog kruga na Zemlji odgovara meridijan, koji se dobije ako na Zemljinom ekvatoru odredimo projekciju tačke B, tj. tačku b, i kroz nju ucrtamo meri-

dijan. Prava linija koja spaja nebesko telo S sa središtem nebeske sfere O seče meridijan u tački S', koja predstavlja projekciju nebeskog tela S na Zemljinu površinu. Kao svaka tačka na zemlji, tako i tačka S' ima svoje koordinate — geografsku širinu i dužinu.



Slika 182. — Tačka projekcije nebeskog tela na zemlji

$$t_h = 14^h 10,5^m$$

$$S_t = + 01^h 17,0^m$$

$$T_s = 15^h 27,5^m$$

$$\text{za } T_s = 14^h$$

$$\Delta T_s = 01^h 27,5^m$$

$$\delta = -00^\circ 46,9'$$

$$\Delta \delta = -01,5'$$

$$\delta \odot = -00^\circ 48,4'$$

$$S \odot 32^\circ 03,2'$$

$$\Delta \delta = 21^\circ 52,5'$$

$$\Delta = + 00,3'$$

$$S \odot = 53^\circ 56,0'$$

Koordinate tačke projekcije S' ($\varphi = 00^\circ 48,4'$ S; $\lambda = 53^\circ 56,0'$ ω).

3.8.2. Kružnica visine i kružnica pozicija

Tačka projekcije nekog nebeskog tela stalno se kreće, što znači da se ono udaljuje od zenita. Odatle proizilazi da se visina nebeskog tela stalno menja.

Kružnica na Zemljinoj površini na kojoj se nalaze svi osmatrača koji su u istom trenutku izmerili istu visinu nekog nebeskog tela naziva se **kružnica pozicije broda**.

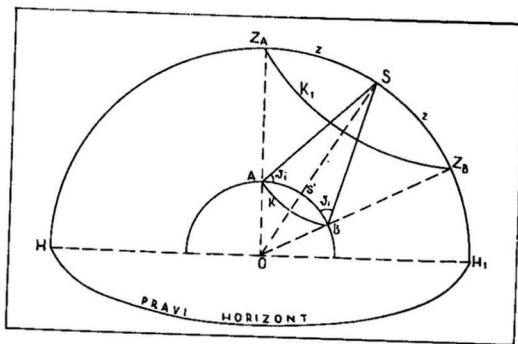
Ova kružnica ima za središte projekciju nebeskog tela, a za poluprečnik zenitnu udaljenost z.

Mesne ekvatorske koordinate nebeskog tela S su deklinacija δ i časovni ugao s. Luku časovnog kruga na nebeskoj sferi BS, tj. deklinaciji odgovara na Zemlji luk bS', koji je jednak geografskoj širini tačke projekcije S'.

Luku K_1B , koji predstavlja časovni ugao u Griniču, tj. S_* odgovara na Zemlji luk k_1b , a to je geografska dužina tačke S'.

Iz navedenog proizilazi da je geografska širina tačke projekcije S' nekog nebeskog tela S u datom trenutku jednaka deklinaciji dotičnog tela u tom trenutku. Geografska dužina tačke projekcije nebeskog tela S' u datom trenutku jednaka je časovnom uglu u Griniču S_* , koji odgovara tom trenutku.

Primer: Odrediti koordinate tačke projekcije Sunca, dana 15. 09. 1954. godine, u $t_h = 14^h 10^m 25^s$; $S_t = + 01^h 17^m 04^s$.



Slika 183. — Kružnica visine i kružnica pozicije

Na slici 183 tačka S predstavlja nebesko telo, a tačka S' projekciju nebeskog tela, HH₁ pravi horizont osmatrača A. Osmatrača A i B nalaze se na podjednako udaljenosti od tačke projekcije S'; oni u istom trenutku mere jednaku visinu nebeskog tela i nalaze se na kružnici pozicije AKB.

U trenutku osmatranja nebeskog tela S, zeniti osmatrača A i B nalaze se u tačkama ZA i ZB. Ovi zeniti su udaljeni od nebeskog tela S za veličinu zenitne udaljenosti z. Spajajući zenite svih osmatrača, koji u istom trenutku imaju istu zenitnu udaljenost, odnosno koji su u datom trenutku izmerili istu visinu nebeskog tela S, dobija se na nebeskoj kugli kružnica jednakih visina, ili jednostavnije **kružnica visina**, koja za središte ima nebesko telo S, a za poluprečnik zenitnu udaljenost z.

3.8.3. Crtanje stajnice na Merkatorovu kartu

Luk pozicija može se zameniti stajnicom, izuzev u slučaju velikih visina. Stajnica se može ucrtati na kartu na jedan od sledećih načina.

Summerova metoda zasnovana je na poznavanju koordinata bar dveju tačaka stajnice. Metoda se sastoji u tome da se odrede dve tačke luka pozicija, bilo računom geografske dužine ili računom geografske širine. Geografskom širinom određene pozicije i sa izmerenom visinom odredi se geografska dužina. Na taj način dobija se jedna tačka stajnice. Ovako dobijena tačka naziva se pozicija dužinskom metodom i obeležava se sa P λ . Zatim se ponovi čitav postupak, promenivši geografsku širinu za nekoliko minuta, i tako se dobija druga tačka stajnice.

Geografska dužina dobija se obično pomoću formule:

$$\sin^2 \frac{s}{2} = \cos \Sigma (\Sigma - v), \operatorname{cosec} \rho \cdot \sec \varphi.$$

Iz *Nautičkog godišnjaka* dobija se časovni ugao u Griniču. Razlika mesnog časovnog ugla i onog u Griniču je geografska dužina mesta za odgovarajuću geografsku širinu.

Crtaње stajnice pomoću tačke i azimuta zasnovano je na činjenici da kružnica visine, odnosno kružnica pozicija

stoji vertikalno na vertikalni krug osmatranja. Vertikalni krug u kome je izvršeno osmatranje određen je azimutom nebeskog tela u tom trenutku, iz čega proizilazi da će stajnica imati smer koji se za 90° razlikuje od smera vertikalnog kruga — ona će, dakle, biti vertikalna na smer u kome se nalazi projekcija nebeskog tela S'.

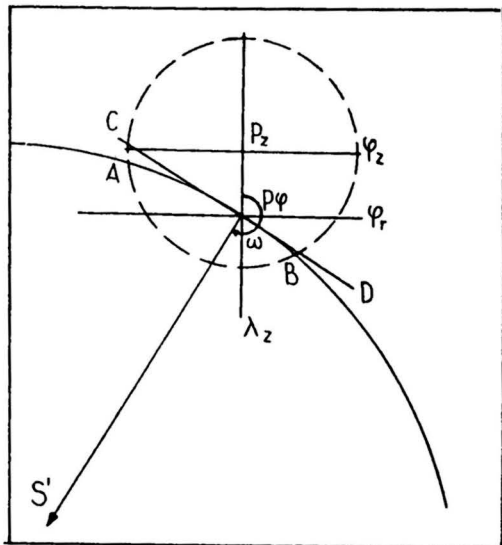
Stajnica se dobije tako što se iz jedne tačke luka pozicija, koja je određena na jedan od navedena tri načina, povuče linija koja sa meridijanom zatvara ugao azimuta. Zatim se na ovu liniju povuče vertikalna linija. Ova vertikalna prava linija predstavlja stajnicu A₁B₁. Azimut nebeskog tela određuje se pomoću tablica, a može i kompasom ili smernom pločom.

Metoda geografske dužine zasnovana je na jednoj tački stajnice i određivanju azimuta nebeskog tela u datom trenutku. Neka na slici 184 AB predstavlja luk pozicija, S' tačku projekcije, P_z zbrojenu poziciju, a mali krug neka predstavlja krug položaja zbrojene pozicije. Računom geografske dužine dobija se ona tačka luka pozicija u kojoj paralela zbrojene pozicije seče luk pozicija, tj. P λ . Određena pozicija P λ ima za koordinate geografsku širinu zbrojene pozicije i računatu geografsku dužinu. U ovoj poziciji nacrti se pomoću azimuta prava linija u smeru vertikalnog kruga P λ S', a na njoj vertikalna linija CD koja predstavlja stajnicu. Najbolji rezultat postiže se kada se osmatrano telo nalazi u prvom vertikalnu — pozicija se tada nalazi tačno u sredini luka pozicija, odnosno paralela zbrojene pozicije stoji vertikalno na luk pozicija.

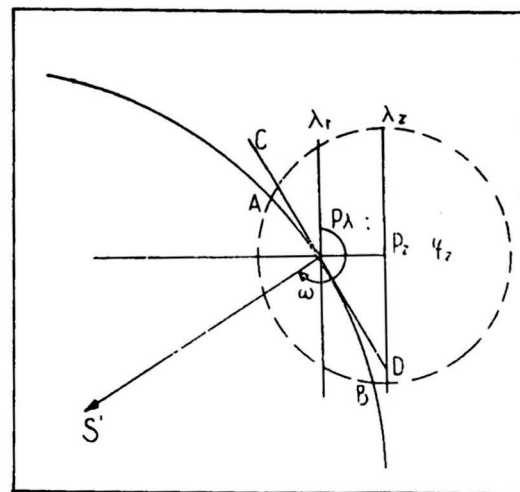
Metoda geografske širine geografsku širinu računa sa geografskom dužinom zbrojene pozicije, izmerenom visinom i deklinacijom osmatranog tela. Da bi se nacrtala stajnica, računa se azimut nebeskog tela sa koordinatama dobijene pozicije.

Neka na slici 185 AB predstavlja luk pozicija, S' tačku projekcije nebeskog tela i P_z zbrojenu poziciju. Računom geografske širine dobija se ona tačka na luku pozicija u kojoj meridijan zbrojene pozicije seče luk pozicija, tj. tačku P φ . Pozicija dobijena ovom metodom ima za koordinate računatu

geografsku širinu i geografsku dužinu zbrojene pozicije. U ovoj tački nacrtu se pomoću određenog azimuta linija u smeru vertikalnog kruga $P\varphi S$, a na njoj vertikalna linija CD , koja predstavlja stajnicu. Ovom metodom dobija se dobar rezultat kada je telo u meridijanu, kada se pozicija $P\varphi$ nalazi na sredini luka pozicija, i kada je meridijan zbrojene pozicije vertikalna na luk pozicije.

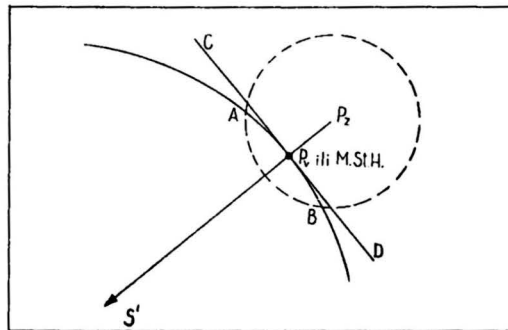


Slika 184. — Metoda geografske dužine



Slika 185. — Metoda geografske širine

Metoda visine (Mark d'Sent Ilerova metoda) sastoji se u tome da se pomoću zbrojene pozicije, ekvatorskih koordinata i visine i azimuta dotičnog nebeskog tela odredi najbliža tačka luka pozicija s obzirom na zbrojenu poziciju. Ova se tačka nalazi u vertikalnom krugu koji prolazi kroz zbrojenu poziciju i seče luk pozicija AB na dva jednaka dela.



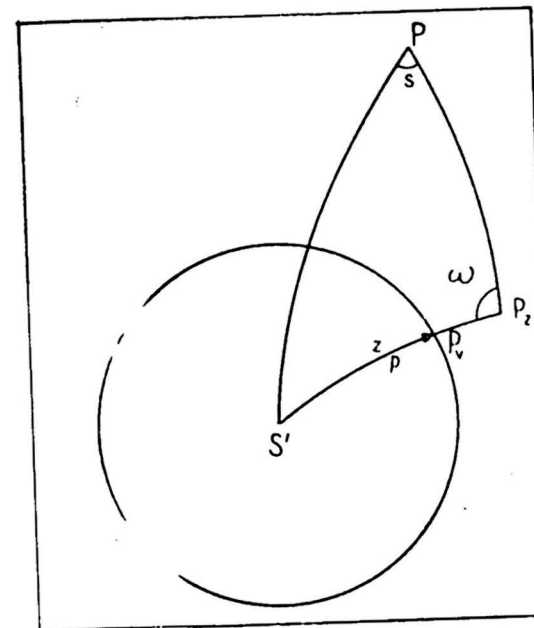
Slika 186. — Metoda visine

Neka na slici 186 luk AB predstavlja luk pozicija obuhvaćen krugom položaja zbrojene pozicije, P_z zbrojenu poziciju, a S' projekciju nebeskog tela. Ako se u tački P_v nacrtu prava linija CD koja je vertikalna na vertikalni krug P_zS' osmatranog tela u datom trenutku, dobija se stajnica metodom visine. Tačka P_v naziva se verovatna pozicija.

Ova metoda u svim položajima nebeskog tela daje dobre rezultate.

3.8.4. Određivanje verovatne pozicije

Na slici 187 S' predstavlja središte kružnice pozicija, odnosno terestričku poziciju nebeskog tela, P Zemljin vidljivi pol, a P_z zbrojenu poziciju koja se nalazi izvan kružnice pozicija. Spajajući pomenute tačke glavnim krugovima dobija se sferni trougao PP_zS' , čija projekcija na nebeskoj sferi daje astronomsko-nautički trougao PZS (slika 188). Deo vertikalnog kruga P_zS' seče kružnicu pozicija u tački P_v , to je takozvana verovatna pozicija.



Slika 187. — Određivanje verovatne pozicije

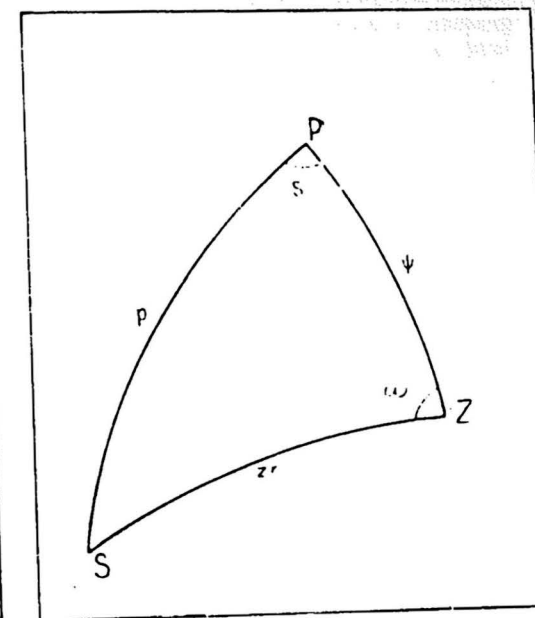
Da bismo odredili verovatnu poziciju metodom visine, potrebno je odrediti luk P_zP_v i ortodromski azimut, tj. ugao PP_zS' . Strana P_zS' odgovara strani ZS , tj. zenitnoj udaljenosti z_r jednog osmatrača koji bi se nalazio u zbrojenoj poziciji P_z , a strana P_vS' je poluprečnik kružnice pozicija i jednak je stvarnoj zenitnoj udaljenosti nebeskog tela (z_p).

Iz navedenog proizilazi da je luk P_zP_v jednak $P_zS' - P_vS'$, a pošto je $P_zS' = ZS = z_r$, a $P_vS' = z_p$, to će udaljenost P_zP_v biti

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_p = 10^\circ 48' \Delta v \dots \dots D = 9 M \\ \varphi_r = 10^\circ 39' W \dots \dots K_p = 152^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi = 7,9'S; R = 4,2'E; \varphi S \sim 49^\circ 15'$$

$$\begin{array}{l} \varphi_z = 49^\circ 20,0'N \quad \lambda_z = 03^\circ 41,0'W \\ \Delta \varphi = 07,9'S \quad \Delta \lambda = 09,2'E \\ \hline \varphi_v = 49^\circ 12,1'N \quad \lambda_v = 03^\circ 31,8'W. \end{array}$$

Koordinate verovatne pozicije P_v
($\varphi = 49^\circ 12,1'N$ i $\lambda = 03^\circ 31,8'W$).



Slika 188. — Astronomsko-nautički trougao prema slici 187.

jednaka razlici zenitnih udaljenosti. Izražavajući zenitne udaljenosti u funkciji visine dobijamo:

$$P_zP_v = (90^\circ - \varphi_r) - (90^\circ - \varphi_p); \varphi_p - \varphi_r = \Delta v.$$

Primer: 01. 01. 1954. godine u $t_x = 09^h 57^m$ u P_z ($\varphi = 49^\circ 20'N$ i $\lambda = 03^\circ 41'W$) izmerene su visine Sunca i dobijeni su elementi za crtanje stajnice: $\varphi_p = 10^\circ 48'$; $\varphi_r = 10^\circ 39'$; $\omega = 152^\circ$. Odrediti koordinate verovatne pozicije P_v u trenutku osmatranja.

3.8.5. Izračunavanje visine sa koordinatama zbrojene pozicije

U astronomsko-nautičkom trouglu (slika 188) poznati su elementi: komplement geografske širine zbrojene pozicije, polarna udaljenost i mesni časovni ugao osmatrača nebeskog tela. Mesni časovni ugao određuje se iz griničnog časovnog ugla,

koji se dobija iz *Nautičkog godišnjaka* i geografske dužine zbrojene pozicije. Deklinacija se takođe nalazi u *Nautičkom godišnjaku*.

Iz pomenutog trougla treba odrediti: zenitnu udaljenost iz koje dobijamo visinu koja odgovara zbrojenoj poziciji u trenutku osmatranja, takozvanu računatu visinu i azimut dotičnog nebeskog tela koji odgovara trenutku osmatranja.

Osnovna formula za račun visine glasi:

$$\sin v = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s.$$

Primer: Sa zadatim elementima mešnim časovnim uglom Sunca $s = 39^{\circ}02'E$, deklinacijom $\delta = 19^{\circ}29'N$ i geografskom širinom $\varphi = 06^{\circ}27'S$, izračunati Sunčevu visinu pomoću osnovne formule.

$$\sin v = \underbrace{\sin \varphi \sin \delta}_M + \underbrace{\cos \varphi \cos \delta \cos s}_N$$

$$\log \sin \varphi = 9,05052 (-) \quad \log \cos \varphi = 9,99724 (+)$$

$$\log \sin \delta = 9,52314 (+) \quad \log \cos \delta = 9,97439 (+)$$

$$\log M = 8,57366 (-) \quad \log \cos s = 9,89030 (+)$$

$$\log M = 0,57366 -2 (-) \quad \log N = 9,86193 (+)$$

$$M = -0,03747 \quad \log N = 0,86193 -1 (+)$$

$$N = 0,72767$$

$$M = -0,03747$$

$$M + N = \sin v = 0,69020$$

$$v_r = 43^{\circ}38,8'$$

3.8.6. Izračunavanje azimuta nebeskog tela

Određivanje azimuta nebeskog tela potrebno je u astronomskoj navigaciji za crtanje stajnice i za određivanje devijacije kompasa.

Postoje mnoge formule pomoću kojih se određuje azimut nebeskog tela, sa različitim elementima. Jedna od formula računanja azimuta jeste ona sa izmerenom visinom:

$$\sin W = \sin s \cdot \cos \delta \cdot \sec v.$$

Primer: Odrediti azimut nebeskog tela koristeći sledeće elemente: $s = 76^{\circ}29'$; $v = 33^{\circ}39'$; $\delta = +38^{\circ}44'$.

$$\log \sin s = 9,98780$$

$$\log \cos \delta = 9,89213$$

$$\log \sec v = 0,07965$$

$$\log \sin w = 9,95958$$

$w = 65^{\circ}40'$, i to na istočnoj strani, jer je časovni ugao istočni. Azimut na kompasu izmeren u trenutku merenja visine odlučuje da li mu je vrednost 66° ili 114° .

Određivanje azimuta kada se nebesko telo nalazi u meridijanu vrši se bez korišćenja formule, jer je tada azimut 0° ili 180° . Ako je osmatrač severnije od projekcije nebeskog tela na Zemlji, onda je $w = 180^{\circ}$ i obratno.

3.8.7. Određivanje pozicije astronomskim osmatranjem

Da bi se odredila pozicija broda, potrebna su bar dva geometrijska mesta. Osmatranja u razmaku vremena do 5^m smatraju se da su izvršena u istom trenutku za brzine do 15 čv. Ako su osmatranja učinjena u razmaku vremena, tada se druga stajnica može dobiti sa istim nebeskim telom S kojim je izvršeno prvo osmatranje. Tačka u kojoj se seku stajnice smatra se pozicijom broda.

Pozicija broda je najbolja kada se stajnice seku pod 90° , ako su slučajne greške veće od sistemskih, a ako su sistemske greške veće od slučajnih, onda je najbolja pozicija kada je razlika azimuta 60° i 120° . Razlika u azimutima ne sme biti manja od 30° .

Pozicija broda određena osmatranjima u istom vremenu tačnija je od one koja je dobijena u razmaku vremena, jer u ovom

drugom slučaju utiču greške u kursu i prevajenom putu.

a) Određivanje pozicije broda pomoću osmatranja u istom vremenu

Kada se određuje pozicija broda sa dva osmatranja u istom vremenu, mogu da se pojave tri različita slučaja.

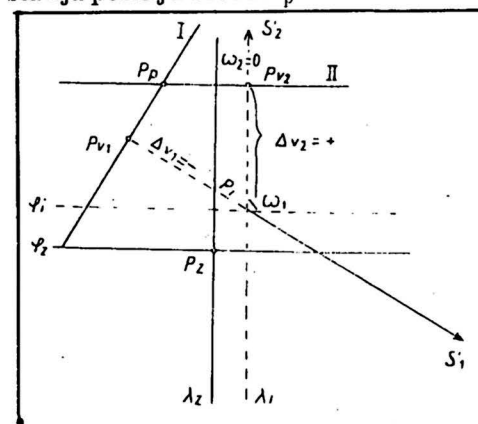
Oba osmatranja nebeskih tela učinjena su izvan meridijana. — Postupak za određivanje pozicije broda je sledeći:

— izmerenom visinom prvog nebeskog tela odrede se elementi prve stajnice (I), tj. w_1 i Δv_1 koristeći u radu izabranu poziciju P_{11} ;

— izmerenom visinom drugog nebeskog tela odrede se elementi druge stajnice (II), tj. w_2 i Δv_2 koristeći pri tom drugu izabranu poziciju P_{12} ;

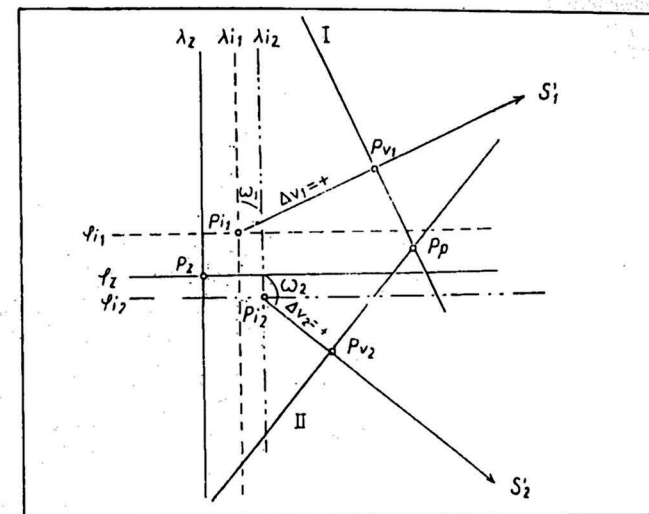
— na „beloj karti“ zabeleže se izabrane pozicije P_{11} i P_{12} i sa određenim elementima nacrtaju se stajnice I i II;

— tačka u kojoj se stajnice seku predstavlja poziciju broda P_p .



Slika 190. — Određivanje pozicije kada je prvo osmatranje učinjeno izvan meridijana, a drugo u meridijanu

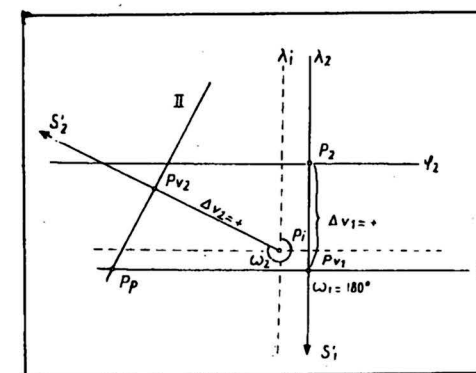
— izmerenom visinom drugog nebeskog tela, a koristeći izabranu poziciju prvog računa, odnosno popravljenu poziciju P_{v1} , odrede se elementi druge stajnice (II),



Slika 189. — Određivanje pozicije broda pomoću osmatranja koja su učinjena u istom vremenu

Prvo osmatranje učinjeno je izvan meridijana, a drugo u meridijanu. — Postupak određivanja pozicije je sledeći:

— pomoću izmerene visine prvog nebeskog tela odrede se elementi prve stajnice (I), tj. w_1 i Δv_1 , uz korišćenje izabrane pozicije;



Slika 191. — Određivanje pozicije kada je prvo osmatranje učinjeno u meridijanu, a drugo izvan meridijana

tj. w_2 i Δv_2 . Ako se meridijanskom visinom računa geografska širina, tada se ne koriste tačke P_i , odnosno P_{v1} ;

— na „beloj karti” zabeleži se izabrana pozicija, zatim se pomoću određenih elemenata nacrtaju stajnice. U tački preseka nalazi se pozicija broda. U tom slučaju druga stajnica odgovara geografskoj paraleli.

Prvo osmatranje učinjeno je u meridijanu, a drugo izvan meridijana. — Postupak određivanja pozicije je sledeći:

— izmerenom visinom prvog nebeskog tela, a koristeći zbrojenu poziciju, odrede se elementi za crtanje prve stajnice, tj. Δv_1 i w_1 . U tom slučaju prva stajnica odgovara geografskoj paraleli;

Arkturus	$v. = 65^\circ 50'$;	$t_h = 18^h 55^m 53^s$;	$St = + 02^m 19,5''$;
Vega	$v. = 33^\circ 47,1'$;	$t_h = 18^h 56^m 57^s$;	$V_{oka} = 13 \text{ m}; ki = 0.$

— Određivanje elemenata za crtanje prve stajnice.

$t_h = 18^h 55^m 53^s$	za $T_s = 18^h$	$S_y = 170^\circ 31,5'$
$+ S_z = + 02^m 19,5''$	za $T_s = 58^m 12,5^s$;	$\Delta S_y = 14^\circ 35,5'$
$T_s = 18^h 58^m 12,5^s$	$S_y = 185^\circ 07'$

$\delta = 19^\circ 25,1'N$	$s \sim 11^\circ$	Arkturus	$\delta_s = + 19^\circ 25,1'$
$\varphi_1 = 41^\circ 49,9'N$	$\varphi \sim 42^\circ N$	$A = -4,63$	$(360 - \alpha_s) = 146^\circ 35,8'$
$\varphi + \delta = 61^\circ 15,0'$	$\delta \sim +19,5$	$B = +1,85$	$S_y = 185^\circ 07,0'$
$\varphi - \delta = 20^\circ 24,8'$		$C = -2,78$	$S_s = 331^\circ 42,8'$
		$w_s = 154^\circ$	$+ \lambda_1 = +17^\circ 10,2'$
			$s_s = 348^\circ 53,0'$ ili
			$s_s = 11^\circ 07' E$

$\log \sin^2 \frac{s}{2} = 7,97228$	$\log \cos^2 \frac{s}{2} = 9,99591$	$v. = 65^\circ 50'$
$\log \sin^2 \frac{\varphi + \delta}{2} = 9,41415$	$\log \cos^2 \frac{\varphi - \delta}{2} = 9,98328$	$- dep = 06,4'$
$\log N = 7,38643$	$\log M = 9,97919$	$v_1 = 65^\circ 43,6'$
$-\log M = 9,97919$	$+B = 0,00110$	$-\rho = 00,5'$
$A = 7,40724$	$\log \cos^2 \frac{Z}{2} = 9,98029$	$v_p = 65^\circ 43,1'$
	$Z_r = 24^\circ 19,3'$	$v_r = 65^\circ 40,7'$
		$\Delta v = +02,4'$

Elementi za crtanje prve stajnice P_1 su:
 $\varphi = 41^\circ 49,9'N$; $w = 154^\circ$
 $\lambda = 17^\circ 10,2'E$; $\Delta v = + 2,4'$.

— Određivanje elemenata za crtanje druge stajnice.

Časovni ugao prolećne tačke u Griniču u trenutku drugog osmatranja može se odrediti pomoću određenog časovnog ugla prvog osmatranja ako se ovom doda mala razlika u časovnom uglu, koja je nastala u hronometarskom razmaku vremena između dva osmatranja.

Za $T_s = 18^h 58^m 12,5^s \dots S_y = 185^\circ 07,0'$
 Za razmak vremena u osmatranjima
 $\Delta t_h = \Delta T_s = 1^m 4^s \dots \Delta S_y = 16,0'$
 $S_y = 185^\circ 23,0'$

— izmerenom visinom drugog nebeskog tela odrede se elementi za crtanje druge stajnice, tj. Δv_2 i w_2 , koristeći za ovaj račun izabranu poziciju koja je bliska popravljenoj poziciji prvog osmatranja;

— na „beloj karti” zabeleže se koordinate zbrojene pozicije i izabrane pozicije i pomoću određenih elemenata nacrtaju se stajnice u čijem se preseku nalazi pozicija broda.

Primer: Određivanje pozicije broda sa dva osmatranja učinjena izvan meridijana: 12. 04. 1954. godine u $t_x = 20^h p_z$ ($\varphi = 41^\circ 50'N$ i $\lambda = 17^\circ 10'E$) izmerene su visine zvezda:

$V_{ega} \delta_s = 38^\circ 44,3'N$	$S_s = 266^\circ 31,6'$
$(360 - \alpha_s) = 81^\circ 08,6'$	$+ \lambda_1 = 17^\circ 10,4'$
$S_y = 185^\circ 23,0'$	$s_s = 283^\circ 42,0'$ ili
	$s_s = 276^\circ 18,0' E$

$\delta = 38^\circ 44,3'N$	$\log \sin^2 \frac{s}{2} = 9,58159$	$\log \cos^2 \frac{2s}{2} = 9,79128$
$\varphi' = 41^\circ 49,7'N$	$\log \sin^2 \frac{\varphi + \delta}{2} = 9,62123$	$\log \cos^2 \frac{\varphi + \delta}{2} = 9,99969$
$\varphi + \delta = 80^\circ 34,0'$	$\log N = 9,20282$	$\log M = 9,79097$
$\varphi - \delta = 03^\circ 05,4'$	$-\log M = 9,79096$	$+ B = 0,09973$
	$A = 9,41186$	$\frac{z}{2} = 9,89070$
		$z_r = 56^\circ 17,3'$
		$v_r = 33^\circ 42,7'$

$v_s = 33^\circ 47,1'$	$s = 76,3^\circ$	$A = -0,22$
$- dep = 06,4'$	$\varphi \sim 42^\circ N$	$B = + 0,82$
$v_1 = 33^\circ 40,7'$		$C = + 0,60$
$-\rho = 01,4'$	$\delta \sim 38,7^\circ N$	$w_s = 66^\circ$
$v_p = 33^\circ 39,3'$		
$v_r = 33^\circ 42,7'$		
$\Delta v = - 03,4'$		

Elementi za crtanje druge stajnice su:
 $\varphi = 41^\circ 49,7'N$; $w = 66^\circ$
 $\lambda = 17^\circ 10,4'E$; $\Delta v = - 3,4'$

— Određivanje koordinata pozicije broda.

Na kartu se unesu izabrane pozicije i sa dobijenim elementima ucrtaju se stajnice I i II, u njihovom preseku je pozicija broda P_p ($\varphi = 41^\circ 46,3' N$ i $\lambda = 17^\circ 07,6'E$).

b) Određivanje pozicije broda sa dva osmatranja u razmaku vremena

Određivanje pozicije broda sa dva osmatranja u razmaku vremena, i to izvan meridijana. — Osmatranja mogu biti vršena sa istim ili različitim nebeskim telima, s tim da razlika u njihovim azimutima bude povoljna.

Zadatak se rešava na sledeći način:

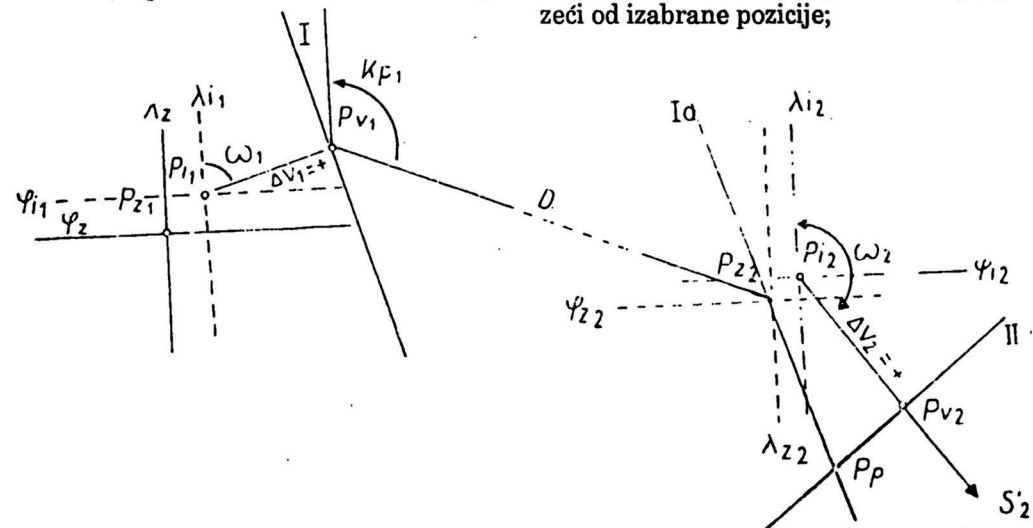
— pomoću podataka prvog osmatranja odrede se elementi za crtanje prve stajnice koji se određuju sa zbrojenom ili izabranom stajnicom;

— na kartu se zabeleži pozicija i sa dobijenim podacima nacrtaju prva stajnica (I). Iz popravljene pozicije prvog osmatranja P_{v1} , koja se smatra pozicijom polaska, ucrtaju se linija koja odgovara pravom kursu broda, i na nju prenese udaljenost koja je pređena između dva osmatranja. Ovim načinom dobije se na karti nova zbrojena pozicija koja odgovara trenutku drugog osmatranja. Kroz novu zbrojenu poziciju ucrtaju se preneti stajnice (Ia). Ako je brod u razmaku vremena plovio u više kurseva, i eventualno sa strujom, tada se na karti rešavaju lokso-dromski zadaci, vodeći računa i o struji da bi se dobila nova zbrojena pozicija;

— pomoću podataka drugog osmatranja odrede se elementi za crtanje druge stajnice koji se računaju sa novom izabranom pozicijom, koja je bliska novoj zbrojenoj poziciji u trenutku drugog osmatranja;

— sa drugom izabranom pozicijom i elementima drugog osmatranja nacrtaju se druga stajnica (II). Tačka u kojoj se seku stajnice predstavlja poziciju broda (P_p).

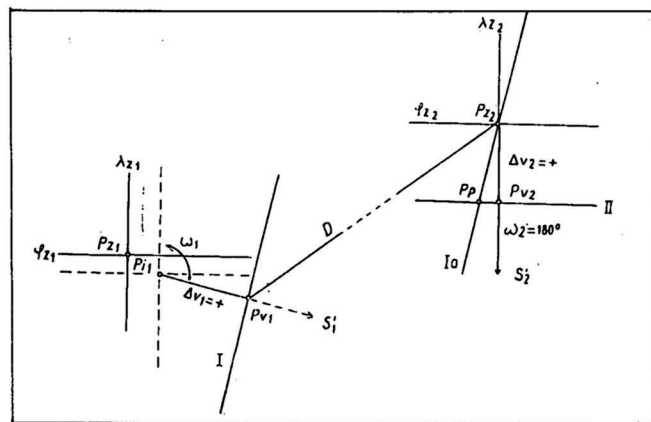
Određivanje pozicije broda sa dva osmatranja u razmaku vremena od kojih je prvo izvan, a drugo u meridijanu. — Obično se ovaj zadatak rešava svakodnevno osmatranjem Sunca ujutru, kada je njegov azimut najpovoljniji i u podne kada je Sunce u meridijanu, kao za vreme zalaska Sunca, a posle se u sumraku vrši drugo



Slika 192. — Određivanje pozicije broda pomoću dva osmatranja u razmaku vremena, i to izvan meridijana

— određivanje elemenata za crtanje druge stajnice, koja je u ovom slučaju paralela;

— određivanje pozicije P_p , kada se kroz drugu zbrojenu poziciju ucrtaju stajnice



Slika 193. — Određivanje pozicije broda sa dva osmatranja u razmaku vremena, od kojih je prvo izvan meridijana, a drugo u meridijanu

osmatranje sa nekom zvezdom u meridijanu ili Severnjačom.

Zadatak se rešava na sledeći način:

— određivanje elemenata za crtanje prve stajnice, i to obično sa izabranom pozicijom;

— određivanje zbrojene pozicije na karti u trenutku drugog osmatranja, polazeći od izabrane pozicije;

II. U preseku ovih stajnica nalazi se pozicija broda P_p .

Određivanje pozicije broda sa dva osmatranja u razmaku vremena, od kojih je prvo u meridijanu, a drugo izvan meridijana. — Zadatak se može rešiti osmatranjem Sunca u podne, kada je bilo u meridijanu, i posle podne kada je azimut povoljan.

Postupak je sledeći:

— odrede se elementi prve stajnice, koja se u tom slučaju podudara sa geografskom paralelom i verovatna pozicija;

— odredi se zbrojena pozicija, uzimajući verovatnu ili popravljenu poziciju prvog osmatranja, kao poziciju polaska;

— odrede se elementi za crtanje stajnice, i to sa koordinatama izabrane pozicije, odnosno koordinatama druge zbrojene pozicije;

— odredi se pozicija broda P_p , ucrtavajući stajnice I_a i II , od kojih I_a mora prolaziti kroz izabranu poziciju P_i , odnosno kroz zbrojenu poziciju P_{z1} , ako su sa ovom pozicijom bili računati elementi druge stajnice. Tačka u kojoj se seku pomenute stajnice predstavlja poziciju broda P_p .

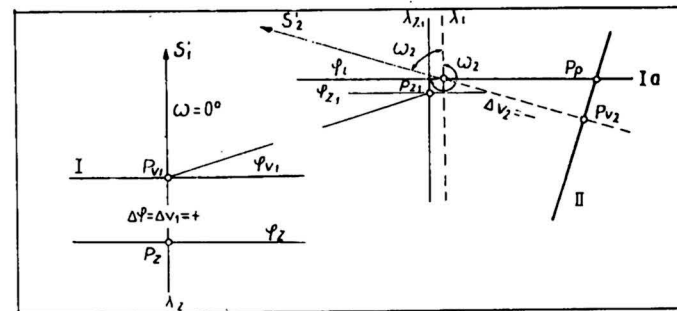
3.8.8. Prenos stajnice

U trenutku izmerene visine brod se može nalaziti u bilo kojoj tački stajnice, koja je zahvaćena krugom položaja zbrojene pozicije.

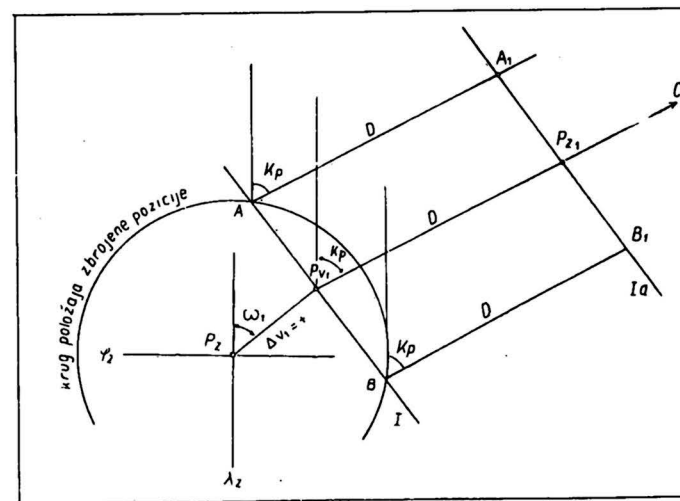
Popravljen ili verovatna pozicija P_{v1} samo je jedna od mnogih tačaka na pravcu AB , u kojima se brod može nalaziti u trenutku izmerene visine. Verovatna pozicija smatra se kao pozicija polaska.

Ako je brod posle izmerene visine prevalio udaljenost D u datom kursu K_p , znači da je svaka tačka stajnice, tj. tetive AB prevalila pomenutu udaljenost u istom smeru. Povezujući tako dobijene tačke $A_1, B_1, P_{z1} \dots$ dobiće se linija I_a , koja je paralelna sa stajnicom I . Ove će linije biti paralelne za male prevaljene udaljenosti između dva osmatranja i za male pređene razlike geografske širine.

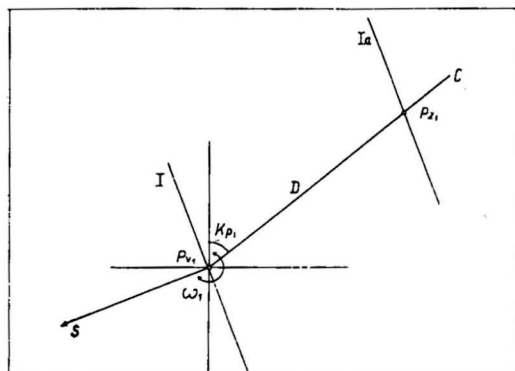
Da bi se posle nekog vremenskog razmaka od prvog osmatranja našlo geometrijsko mesto broda na temelju već izmerene visine, postupa se na sledeći način: na već određenoj popravljenoj poziciji P_{v1} ucrtava se pravac $P_{v1}C$ koji odgovara pravom kursu K_p i na njemu se prenosi udaljenost D . Tako se dobija nova zbrojena pozicija P_{z1} kroz koju se ucrtaju stajnice I_a , paralelna sa stajnicom I .



Slika 194. — Određivanje pozicije broda sa dva osmatranja u razmaku vremena, od kojih je prvo u meridijanu, a drugo izvan meridijana



Slika 195. — Prenos stajnice



Slika 196. — Prenos stajnice

3.8.9. Specijalni slučajevi određivanja računate visine

Razlikuju se sledeći specijalni slučajevi.

a) Zbrojena pozicija nalazi se na ekvatoru ili u njegovoj blizini

Ako u osnovnoj formuli za račun visine:

$$\sin v = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos s$$

geografsku širinu zamenimo sa nulom, dobije se:

$$\sin v = \cos \delta \cdot \cos s.$$

Ovom formulom može se računati i kada je zbrojena pozicija u blizini ekvatora (do 1° iznad ili ispod).

b) Deklinacija nebeskog tela jednaka nuli

Zamenivši u osnovnoj formuli deklinaciju sa nulom, dobija se:

$$\sin v = \cos \varphi \cos s.$$

c) Deklinacija i geografska širina jednake nuli

Ako u osnovnoj formuli zamenimo deklinaciju i geografsku širinu sa nulom, dobije se:

$$\sin v = \cos s \text{ ili } \cos z = \cos s, \text{ odnosno } z = s.$$

Posle oduzimanja desne i leve strane ove jednačine, dobija se konačna formula za visinu:

$$v_r = 90^\circ - s.$$

d) Mesni časovni ugao jednak je 90° ili 270°

Kada se u osnovnoj formuli mesni časovni ugao zameni za 90°, dobija se:

$$\sin v = \sin \varphi \sin \delta.$$

e) Mesni časovni ugao jednak nuli

Pri svakom gornjem prolasku nebeskog tela kroz meridijan mesni časovni ugao jednak je nuli, i osnovna formula glasi:

$$\sin v = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta, \text{ odnosno}$$

$$\sin v = \cos (\varphi - \delta) \text{ ili}$$

$$\sin v = \cos (\delta - \varphi).$$

Zamenivši visinu sa zenitnom udaljenošću formula glasi:

$$\cos z = \cos (\varphi - \delta) \text{ ili}$$

$$\cos z = \cos (\delta - \varphi), \text{ odnosno}$$

$$z = \varphi - \delta \text{ ili } z = \delta - \varphi.$$

Oduzimajući desnu i levu stranu poslednje dve jednačine dobija se konačna formula:

$$v_r = 90^\circ - (\delta - \varphi).$$

f) Mesni časovni ugao jednak je 180°

To je slučaj kada se osmatra nebesko telo kada prolazi kroz donji meridijan, što je moguće kod cirkumpolarnih nebeskih tela. Konačna formula glasi:

$$v_r = \varphi - \rho.$$

IV RAZRED

3.8.10. Određivanje geografske širine

a) Određivanje vremena prolaska nebeskih tela kroz meridijan

Poznavanje vremena prolaska nebeskih tela kroz gornji meridijan potrebno je za osmatranje meridijanskih visina, za izračunavanje izlaska i zalaska nebeskih tela, za izračunavanje vremena prolaska tela kroz prvi vertikal i za izračunavanje najveće digresije, kao i za preračunavanje početka i svršetka sumraka. Kada Mesec prolazi kroz gornji meridijan, onda je visoka voda (plima).

Određivanje vremena prolaska Sunca kroz meridijan. — Sunce prolazi kroz gornji meridijan tačno u 12 h pravog mesnog vremena, a kroz donji tačno u 0 h (odnosno 24 h).

Da bismo znali tačno vreme prolaska Sunca kroz gornji meridijan, potrebno je odrediti koliko će hronometar (ili časovnik) pokazivati u trenutku kada Sunce prolazi kroz gornji meridijan.

Primer 1: Odrediti vreme koje će pokazivati časovnik dana 10. 12. 1954. u $\lambda = 18^{\circ}25'E$, kada Sunce prolazi kroz gornji meridijan. Stanje hronometra iznosi $+ 01^h15^m24,5^s$.

$t_p = 12^h 00^m 00^s$ u trenutku prolaska Sunca kroz gornji meridijan

$$-\lambda = \pm 01^h13^m40,0'$$

$$\begin{array}{l} T_p = 10^h46^m20,0^s \\ -e = \pm 07^m21,3^s \quad (\text{za } T_p = 10,8^h) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} T_s = 10^h38^m58,7^s \\ -S_t = \pm 01^h15^m24,5^s \end{array}$$

$$t_h = 09^h23^m34,2^s$$

U trenutku kada hronometar pokazuje $09^h23^m34,2^s$, Sunce prolazi kroz gornji meridijan i pravo vreme je 12 h.

Primer 2: Koliko pokazuje časovnik, regulisan na zonsko vreme, u trenutku prolaska Sunca kroz gornji meridijan dana 10. 12. 1954. u $\lambda = 18^{\circ}25'E$, stanje hronometra $S_t = + 01^h15^m24,5^s$, a upoređenje je izvršeno kada je hronometar pokazivao $t_h = 08^h14^m$, a časovnik $t_c = 10^h38^m43^s$.

$$\begin{array}{l} t_h = 08^h14^m00^s \\ + S_t = + 01^h15^m24,5^s \end{array}$$

$$\begin{array}{l} T_s = 09^h29^m24,5^s \\ + e = + 07^m22,8^s \end{array}$$

$$\begin{array}{l} T_p = 09^h36^m47,3^s \\ + \lambda = 01^h50^m27,3^s \end{array}$$

$$t_p = 10^h50^m27,3^s$$

Sada se izvrši upoređenje između pravog vremena i vremena koje časovnik pokazuje:

$$\begin{array}{l} t_p = 10^h50^m27,3^s \\ - t_c = - 10^h38^m43,0^s \end{array}$$

$$U = + 11^m44,3^s$$

Časovnik zaostaje za pravim vremenom za $11^m44,3^s$ i u 12 h pravog vremena pokazivaće $11^h48^m15,7^s$.

Određivanje vremena prolaska Meseca kroz meridijan. — U *Nautičkom godišnjaku* dobije se vreme prolaska mese-

ca kroz gornji meridijan Griniča. Vreme prolaska za bilo koje mesto određuje se formulom:

$$t_m = T_m - \lambda_v.$$

U formuli v znači zakašnjenje Meseca u prolasku kroz meridijan za 1 h geografske dužine, prilikom određivanja mesnog vremena prolaska Meseca kroz meridijan za istočne geografske dužine računa se sa jednočasovnom promenom prethodnog dana, dok se za zapadne geografske dužine računa sa jednočasovnom promenom dotičnog dana. Zakašnjenje u prolasku Meseca kroz meridijan između dva susedna dana kreće se u granicama između 39 i 66 minuta. Desi se da jednom u toku Meseca nema gornjeg i donjeg Meseca.

Primer: Odrediti kada je bio prolazak Meseca kroz gornji meridijan dana 18. 12. 1954. na poziciji ($\varphi = 38^\circ 18' N$ i $\lambda = 142^\circ 10' W = 09^h 28^m 40^s$).

$$\text{Za 18. 12. 1954... } T_m = 06^h 39,0^m$$

$$\lambda_v = 1,8 \cdot 9,5 = \pm 17,1^m$$

$$\text{Za 18. 12. } t_m = 06^h 56,1^m$$

Određivanje vremena prolaska planeta i zvezda kroz meridijan. - Ako se planeta kreće progresivno, kao Mesec, tj. ima stalno zakašnjenje u prolasku kroz meridijan Griniča, tada se vreme prolaska kroz meridijan računa pomoću iste formule kao i za Mesec:

$$t_m = T_m - \lambda_v.$$

Kada se planeta kreće retrogradno ili je stacionarna, tada njen prolazak kroz meridijan napreduje svakog dana, a planetni dan je manji od srednjeg Sunčevog dana, pa se vreme prolaska kroz meridijan izražava:

$$t_m = T_m + \lambda_v \text{ za planete i}$$

$$t_m = T_m + \frac{\lambda}{360} \cdot 4 = T_m + \frac{\lambda}{90}.$$

Međutim, mora se voditi računa o predznaku geografske dužine.

b) Određivanje geografske širine prolaskom Sunca kroz gornji meridijan

Prilikom prolaska nebeskog tela kroz gornji meridijan, visina nebeskog tela je najveća kada je osmatrač nepomičan i deklinacija nebeskog tela skoro je nepromenljiva. U trenutku prolaska nebeskog tela kroz donji meridijan visina nebeskog tela je najmanja.

Kada se geografska širina broda menja zbog plovidbe, a pored toga i deklinacija, tada meridijanska visina u gornjem prolasku nije najveća, kao što u donjem nije najmanja. Najveća, odnosno najmanja visina naziva se **kulminacijska visina**.

Formule za geografsku širinu sa meridijanskim visinama mogu se odrediti grafički i računski.

Za gornji prolazak nebeskog tela kroz meridijan geografska širina se određuje formulom:

$$\varphi = (\pm z) + (\pm \delta).$$

Primer: 18. 02. 1954. godine u $t_p = 12^h$, P_z ($\varphi = 36^\circ 02' N$ i $\lambda = 08^\circ 45' W$) izmerena je visina Sunca $v_m = 42^\circ 06,5'$; $k_i = -0,5'$; $V_{oka} = 8$ m. Odrediti geografsku širinu.

$$\delta \ominus = -11^\circ 42,4'; \text{ ispravljena visina}$$

$$z = 90^\circ - v \quad \begin{array}{l} v_p = 42^\circ 16,3' \\ = + 47^\circ 43,7' \\ \delta = -11^\circ 42,4' \end{array}$$

$$\varphi = 36^\circ 01,3' N.$$

U vezi sa deklinacijom i geografskom širinom osmatrač je u trenutku merenja meridijanske visine gledao prema jugu, dakle zenitna udaljenost je pozitivna.

Koordinate osmatrača koji se kreće menjaju se i određivanje vremena prolaska kroz meridijan treba izvršiti za geografsku dužinu koja odgovara trenutku prolaska nebeskog tela kroz meridijan.

Da bi se imala tačna meridijanska visina, upotrebljavaju se sledeće metode:

— **kulminacijska**, meri se maksimalna visina nebeskog tela za gornji prolazak, a minimalna za donji. Ovako izmerene kulminacijske visine pretvaraju se u meridijanske;

— **metoda merenja azimuta**, zasnovana je na merenju visine nebeskog tela kada mu je azimut 0° ili 180° ;

— **metoda određivanja trenutka prolaska nebeskog tela kroz pomični meridijan**, realizuje se na sledeći način:

— odredi se pozicija broda, po mogućnosti istovremenim osmatranjem dva nebeska tela;

— odredi se razmak između prvog osmatranja i vremena u kome će nebesko telo proći kroz gornji meridijan;

— dobijenim razmakom vremena, kursom (K_p) i brzinom odredi se zbrojena pozicija u kojoj će se brod nalaziti u trenutku prolaska kroz gornji meridijan;

— nešto malo pre prolaska počne se sa merenjem i visina koja se izmeri u

$$\begin{array}{l} t_h = 18^h 16,1^m \\ + S_t = -01,0^m \\ \hline T_{s1} = 18^h 15,1^m \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{za } T_s = 18^h \text{ odgovara} \\ \text{za } \Delta T_s = 15,1^m \text{ ,,} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} s_y = 207^\circ 58,8' \\ \Delta S_y = 03^\circ 47,1' \\ \hline S_y = 211^\circ 45,9' \\ + \lambda = 28^\circ 07,0'E \\ \hline s_y = 239^\circ 52,9' \\ s_y = 239,9^\circ \end{array}$$

— Ispravljanje izmerene visine, određivanje popravka i geografske širine:

$$\begin{array}{l} v. = 33^\circ 35,0' \\ + k_i = + 01,5' \\ \hline v_1 = 33^\circ 36,5' \\ - dep = 05,6' \\ \hline v_2 = 33^\circ 30,9' \\ - \rho = 01,5' \\ \hline v_p = 33^\circ 29,4' \\ + \Sigma k = 34^\circ 17,9' \\ \hline \varphi = 34^\circ 17,9' N \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \text{tablica I } s_y = 239,9 \\ \text{tablica II } s_y = 239,9 \\ v = 33,5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} k_1 = + 48,1' \\ k_2 = + 0,1' \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{tablica III } s_y = 239,9 \\ \text{mesec juli} \end{array} \right\} \begin{array}{l} k_3 = + 0,3' \\ \hline \Sigma k = + 48,5'. \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{U } t_x = 20^h \text{ popravljena pozicija } P_p \text{ je} \\ \varphi = 34^\circ 17,9' N \quad \text{i} \quad \lambda = 28^\circ 07,0'E. \end{array}$$

d) **Određivanje pozicije broda kombinacijom računa Mark d'Sent Illera i računa geografske širine**

Primer: 16. 11. 1954. godine u $t_x = 05^h 20^m$ P_z ($\varphi = 28^\circ 18' N$ i $\lambda = 15^\circ 22' W$) izmerene su visine zvezda Procione $v. 48^\circ 24'$ i Rigela u meri-

određeno vreme jeste meridijanska visina.

c) Određivanje geografske širine pomoću Severnjače

Određivanje geografske širine pomoću Severnjače proizilazi iz činjenice da se nebeski pol nalazi u blizini Severnjače. Dolazi u obzir samo na severnoj hemisferi na kojoj se ona vidi (za $\varphi > 10^\circ$).

Nautički godišnjak sadrži tablice koje daju pojedine vrednosti formula (tablica I daje k_1 , tablica II daje k_2 i tablica III daje k_3).

Konačna formula za geografsku širinu je:

$$\varphi = v + (\pm k_1) + k_2 + (\pm k_3) = v + (\pm \Sigma k).$$

Primer: 20. 07. 1954. u $t_x = 20^h$, P_z ($\varphi = 34^\circ 15' N$ i $\lambda = 28^\circ 07' E$) izmerena je visina Severnjače $v. = 33^\circ 35'$; $t_h = 18^h 16^m 07^s$; $S_t = -00^m 59^s$; $k_i = + 01,5'$; $V_{oka} = 10$ m. Odrediti popravljenu poziciju računom za određivanje geografske širine.

— **Određivanje časovnog ugla prolećne tačke:**

dijanu $v_m = 53^{\circ}33'$; $t_h = 06^h 21^m 13^s$;
 $S_i = 13^m 52^s$; $k_i = 0$; $V_{oka} = 9$ m. Odrediti
 poziciju broda.

1) Dati su elementi za crtanje prve stajnice, i to:

$P_i (\varphi = 28^{\circ}18,4'N$ i $\lambda = 15^{\circ}21,8'W$); $w_1 = 117^{\circ}$; $\Delta v_1 = -27,8'$.

2) Izračunavanje geografske širine meridijanskom visinom:

Rigel $\delta_s = -08^{\circ}14,9'$; popravljena visina $v_s = 53^{\circ}27,0'$
 $90 - v = z = +36^{\circ}33'$

$+ \delta = -08^{\circ}14,9'$

$\varphi_m = 28^{\circ}18,1'N$.

e) Određivanje koordinata pozicije broda na karti

Na karti se zabeleži pozicija P_i iz koje se sa elementima w , i Δv_1 ucrtta stajnica. Zatim se kroz paralelu geografske širine $\varphi = 28^{\circ}18,1'$ ucrtta deo paralele koji odgovara drugoj stajnici. Tačka u kojoj se stajnice seku predstavlja poziciju broda P_p .

3.8.11. Izračunavanje vremena izlaska i zalaska pomoću Nautičkog godišnjaka i određivanje vremena početka i svršetka sumraka

a) Određivanje vremena izlaska i zalaska nebeskih tela

Poznavanje vremena izlaska i zalaska potrebno je u sledeće svrhe:

— za Sunce: da se odredi trajanje dana, odnosno noći; da se odredi devijacija kompasa u trenutku izlaska, odnosno zalaska, da se odredi čas spuštanja eventualno i dizanja zastave i jednovremeno paljenje i gašenje navigacijskih svetala; da se odredi vreme astronomskih osmatranja;

— za Mesec: da se zna koliko traje mesečina, odnosno tamna noć ako Mesec izlazi ili zalazi u toku noći; da se odredi devijacija kompasa u trenutku izlaska, odnosno zalaska Meseca; da se utvrdi mogućnost astronomskih osmatranja; da se povede računa o izvršenju noćnog plovljenja kroz opasna područja;

— za planete i zvezde: zvezde i planete obično se ne vide za vreme izlaska i zalaska usled velike apsorpcije svetlosti u blizini horizonta.

b) Izračunavanje izlaska i zalaska Sunca i početka i svršetka sumraka

Podaci o izlasku i zalasku Sunca (gornja ivica), kao i o sumraku dati su u efemeridima za severne i južne širine od 0° do 60° . U tablicama nisu dati počeci i svršeci sumraka, već njihova trajanja. Početak građanskog, odnosno astronomskog svitanja dobija se ako se od vremena izlaska Sunca odbije vrednost trajanja sumraka, a svršetak građanskog, odnosno astronomskog sumraka ako se vremenu zalaska Sunca doda vrednost trajanja sumraka. Pošto su izlazak i zalazak, kao i trajanje sumraka dati za svaki dan, mora se izvršiti interpolacija samo za geografsku širinu. Ovu interpolaciju nije potrebno vršiti napamet, jer za to postoje interpolacione tablice, i to jedna za širine od 0° do $30^{\circ}N$ ili S , a druga za širine od 30° do $60^{\circ}N$ ili S . Interpolaciju za sumrak treba vršiti, ako je potrebno, samo za cele minute.

Vreme pojave u Griniču, izraženo u $UT (T_g)$, jednako je vremenu pojave u mestu posmatrača izraženom u t_g , pa se zato u proračunima izjednačava $UT (T_g) = t_g$.

Primer 1: Izračunati vreme izlaska i zalaska Sunca, početak građanskog svitanja i svršetak građanskog sumraka za 13. maj 1991. godine na $P (\varphi = 48^{\circ}28,2'S$ i $\lambda = 72^{\circ}43,6'E)$.

Geografsku širinu treba dati u stepenima (prema tome, $\varphi = 48^{\circ}28,2'S = 48,5^{\circ}S$), a geografsku dužinu pretvoriti u vreme ($\lambda = 72^{\circ}43,6'E = 04^h 50,9^m E$), a to je zonsko vreme $x = +5^h$. Pretvaranje vrednosti geografskih koordinata iz lučnih vrednosti u vremenske vrši se pomoću tablica za pretvaranje iz Nautičkog godišnjaka.

13.MAJ

1991.

Ponedjeljak

UT (T _g)	SUNCE		PROLEĆE TAČKA S _T	VENERA		MARS					
	S _☉	δ _☉		S _♀	δ _♀	S _♂	δ _♂				
0	180	55.4	18 12.3	230	15.2	135	22.4	25 54.4	116	1.9	23 12.1
2	210	55.4	18 13.6	260	20.2	165	21.1	25 54.3	146	3.7	23 11.6
4	240	55.4	18 14.8	290	25.1	195	19.9	25 54.2	176	5.6	23 11.1
6	270	55.4	18 16.1	320	30.0	225	18.7	25 54.1	206	7.4	23 10.6
8	300	55.4	18 17.3	350	35.0	255	17.5	25 54.0	236	9.3	23 10.1
10	330	55.4	18 18.5	20	39.9	285	16.2	25 53.9	266	11.1	23 9.5
12	0	55.5	18 19.8	50	44.8	315	15.0	25 53.8	296	13.0	23 9.0
14	30	55.5	18 21.0	80	49.7	345	13.8	25 53.7	326	14.8	23 8.5
16	60	55.5	18 22.3	110	54.7	15	12.5	25 53.5	356	16.7	23 8.0
18	90	55.5	18 23.5	140	59.6	45	11.3	25 53.4	26	18.5	23 7.5
20	120	55.5	18 24.7	171	64.5	75	10.1	25 53.3	56	20.4	23 7.0
22	150	55.5	18 26.0	201	69.5	105	8.9	25 53.1	86	22.3	23 6.5
Δ	0		6			-6		-1	9		-3

UT (T _g)	MESEC		JUPITER		SATURN						
	S _♃	Δ	S _♃	Δ	S _♄	Δ					
0	198	54.5	72	17 56.3	115	101 20.3	19 25.1	280	56.5	-18 53.8	
2	227	47.0	70	18 19.3	113	131 24.6	19 24.9	311	1.4	-18 53.8	
4	256	39.0	68	18 41.8	111	161 28.9	19 24.8	341	6.3	-18 53.8	
6	285	30.6	65	19 4.0	108	191 33.3	19 24.6	11	11.2	-18 53.8	
8	314	21.7	63	19 25.7	106	221 37.6	19 24.5	41	16.1	-18 53.8	
10	343	12.3	61	19 46.9	104	251 41.9	19 24.3	71	20.9	-18 53.8	
12	12	2.5	59	20 7.6	101	281 46.2	19 24.2	101	25.8	-18 53.9	
14	40	52.3	56	20 27.9	99	311 50.5	19 24.0	131	30.7	-18 53.9	
16	69	41.5	54	20 47.6	96	341 54.8	19 23.9	161	35.6	-18 53.9	
18	98	30.4	52	21 6.9	93	11 59.1	19 23.7	191	40.5	-18 53.9	
20	127	18.8	50	21 25.5	91	42 3.4	19 23.5	221	45.4	-18 53.9	
22	156	6.7	48	21 43.7	88	72 7.7	19 23.4	251	50.3	-18 53.9	
Δ						22		-1	24		0

UT (T _g)	SUNCE		TRAJANJE SUMRAKA		MESEC			
	IZLAZ	ZALAZ	GRAB.	ASTR.	IZLAZ	Δ/24	ZALAZ	Δ/24
0	3 28	20 26	1	2	2 31	0.7	20 21	4.2
55	3 57	19 57	0 47	1	2 58	1.1	19 45	3.7
50	4 16	19 36	0 39	2 39	3 19	1.4	19 19	3.5
45	4 34	19 19	0 34	2 7	3 35	1.6	18 59	3.3
40	4 47	19 6	0 30	1 50	3 48	1.8	18 43	3.1
35	4 58	18 55	0 28	1 38	3 59	1.9	18 29	3.0
30	5 8	18 45	0 26	1 30	4 9	2.0	18 17	3.0
20	5 25	18 28	0 24	1 20	4 27	2.2	17 57	2.8
10	5 39	18 13	0 22	1 15	4 42	2.3	17 40	2.7
0	5 53	17 60	0 22	1 13	4 56	2.5	17 24	2.6
10	6 4	17 44	0 22	1 13	5 11	2.6	17 8	2.4
20	6 20	17 32	0 23	1 16	5 26	2.8	16 50	2.3
30	6 36	17 16	0 25	1 23	5 44	2.9	16 31	2.2
35	6 45	17 7	0 27	1 27	5 55	3.1	16 19	2.1
40	6 56	16 56	0 29	1 34	6 7	3.2	16 6	2.0
45	7 8	16 44	0 32	1 42	6 21	3.3	15 51	1.8
50	7 23	16 29	0 35	1 53	6 39	3.5	15 32	1.6
55	7 42	16 10	0 41	2 8	7 1	3.8	15 7	1.4
60	8 8	15 44	0 49	2 29	7 33	4.4	14 34	0.9

SUNCE				MESEC			
UT	e = T _p - UT	Δ/24	r	UT	Prolaz	Δ/24	T _g
h	min	s		h	min	min	h
00	3 41.6	0.0	15.9	T _m	11 10	2.5	59.8
12	3 41.9	T _m	11 h 56.3 min	Svršet	28.2	d	Faza

PLANETI							
Pl.	T _m	T _g	300-d	Vel.	Pl.	T _m	T _g
☉	h min	0	0	0	♃	h min	0
☉	14 59	0.2	265	-3.7	♃	17 12	0.0
♃	16 15	0.1	246	1.7	♃	5 15	0.0

Slika 197. — Astronomski podaci nebeskih tela za 13. maj 1991. godine (Nautički godišnjak)

Izlazak:

$UT (T_g) = t_g$ izlaska za $\varphi = 45^{\circ}S = 07^h 08,0^m$
 Popravak za $3,5^{\circ}$ iz interpolacionih tablica ($\Delta = +15^m$) = $+10,5^m$

t_g izlaska za $\varphi = 48,5^{\circ}S$ = $07^h 18,5^m$
 $+ (x - \lambda)$ = $+09,1^m$

t_x = $07^h 27,6^m$
 — trajanje građanskog sumraka = $-34,1^m$

Početak građanskog svitanja = $06^h 53,5^m$.

Zalazak:

$UT (T_g) = t_g$ zalaska za $\varphi = 45^{\circ}S = 16^h 44,0^m$
 Popravak za $3,5^{\circ}$ iz interpolacionih tablica ($\Delta = -15^m$) = $-10,5^m$

t_g zalaska za $\varphi = 48,5^{\circ}S$ = $16^h 33,5^m$
 $+ (x - \lambda)$ = $+09,1^m$

t_x = $16^h 42,6'$
 + trajanje građanskog sumraka = $+34,1$ m

Svršetak građanskog sumraka = $17^h 16,7^m$.

Ako se računa astronomski sumrak (početak je kada se vide prve zvezde), onda se na vreme t_x doda trajanje astronomskog sumraka, a za astronomsko svitanje od vremena t_x oduzme se trajanje astronomskog sumraka.

3.8.12. Kontrola devijacije magnetskih kompasa pomoću azimuta nebeskih tela

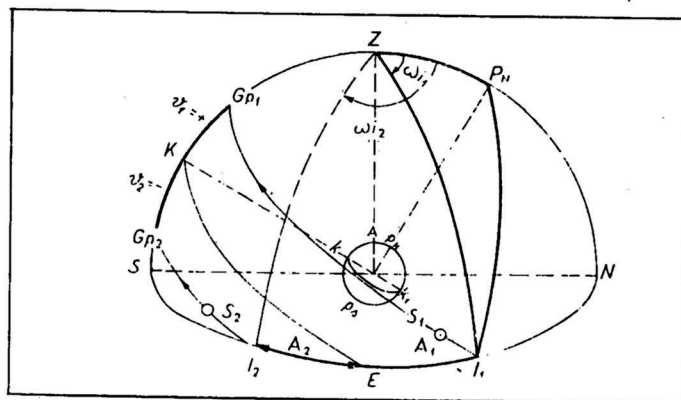
Poznavanje azimuta važno je za određivanje ukupne devijacije kompasa, jer tablica devijacije ima samo relativnu vrednost. Kada brod menja geografsku širinu, menja se i brodski magnetizam, kao i elementi zemaljskog magnetizma, a sa njima i devijacija.

Zbog toga kontrolisanje devijacije treba da je često, jer greška od $\pm 1^\circ$ u pravom kursu prouzrokuje na udaljenosti od 60 M grešku u poziciji od 2 M.

Da bi se odredila ukupna popravka kompasa, koristi se formula:

$$k_u = w_p - w_k.$$

Kompasni azimut određuje se na kompasu ili smernoj ploči, a pravi azimut račun-



Slika 198. — Određivanje azimuta u trenutku pravog izlaska i zalaska nebeskih tela

skim putem ili pomoću tablica ili grafikona. Da bi se što tačnije odredio kompasni azimut, osmatraju se nebeska tela čija je visina manja od 30° , jer za male visine jedna eventualna greška u horizontalnosti kompasa, odnosno smerne ploče manje utiče na merenje azimuta.

S obzirom na to da ima veliku deklinaciju, Severnjača je veoma pogodna za određivanje pravog azimuta radi određivanja ukupne popravke kompasa, s tim da se osmatranja ne vrše za veće visine od 30° do 35° .

Azimut se najjednostavnije određuje u trenutku izlaska i zalaska nebeskih tela. U tu svrhu koriste se Sunce i Mesec. Na slici 198 linija NS predstavlja severo-južnu liniju. Ugao što ga čini meridijan sa vertikalnim krugom ZI_1 jeste azimut izlaska Sunca za njegovu pozitivnu deklinaciju δ_1 , ugao između meridijana i vertikalnog kruga ZI_2 jeste azimut izlaska za njegovu negativnu deklinaciju δ_2 . Ako se kroz tačku I_1 , u kojoj se Sunce nalazi u trenutku izlaska, ucrta deo časovnog kruga $P_n I_1$, tada nastaje astronomski trougao $P_n Z I_1$. Kao što se u trouglu vidi, zenitna udaljenost Sunca je 90° , a visina je jednaka nuli.

Formule za azimut izlaska i zalaska:

— azimut izlaska $w_1 = 90^\circ - A_1$ kada su φ i δ istoimene,

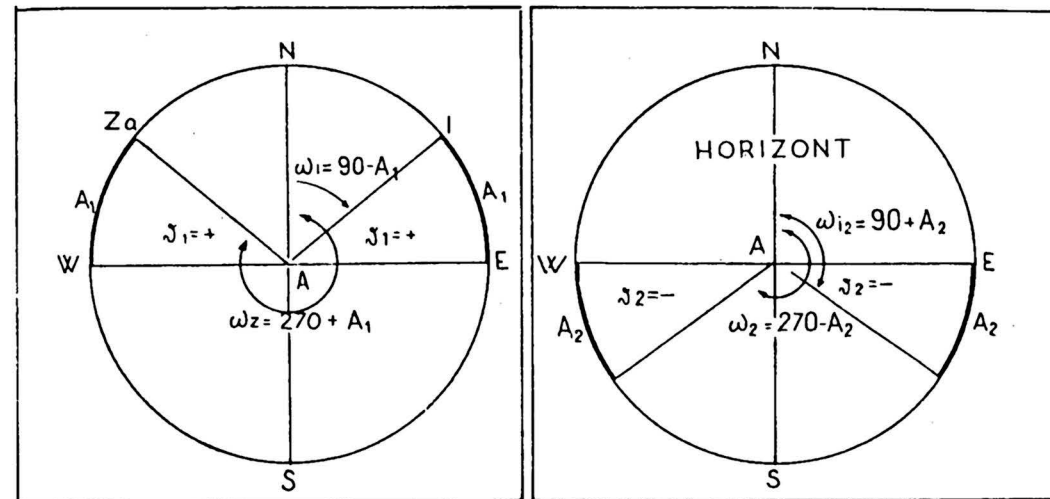
— azimut izlaska $w_2 = 90^\circ - A_2$ kada su φ i δ raznoimene.

Vrednosti A_1 i A_2 dobijaju se iz formula:

$$\sin A_1 = \frac{\sin \delta_1}{\cos \varphi}$$

$$-\sin A_2 = \frac{\sin \delta_2}{\cos \varphi}$$

Navedene formule korišćene su za izračunavanje *Nautičkih tablica* broj 29, i to za deklinaciju od 0° do 28° i geografske širine od 0° do $66,5^\circ$.



Slika 199. — Horizont sa severno-južnom (NS) i istočno-zapadnom (EW) linijom

3.8.13. Skraćene metode određivanja pozicije broda

Zbog povećanja brzine savremenih brodova potrebno je brže, lakše i sigurnije odrediti elemente za crtanje stajnice, odnosno određivanje pozicije broda. U tu svrhu obično se upotrebljavaju razne tablice koje daju elemente sa dovoljnom tačnošću.

Tablicama za određivanje stajnice, metodom Mark d'Sent Iler, određuje se mesni časovni ugao i pretvaraju mesne ekvatorske koordinate u horizontske. Časovni ugao se dobija iz *Nautičkog godišnjaka*, a pretvaranje ekvatorskih koordinata u horizontske vrši se pomoću tablica različitih sistema: tablice koje za osnovu imaju pravouglo trouglove, tablice koje direktno rešavaju razne formule za visinu i azimut astronomsko-nautičkog trougla.

Tablice za određivanje visine i azimuta nebeskih tela — tablice tipa S sa vertikalom koja polazi sa nebeskog tela, tablice tipa Z sa vertikalom koja polazi iz zenita, tablice koje direktno rešavaju astronomsko-nautički trougao, Flegove tablice i Kotlarićeve tablice.

Pored tablica postoje razni dijagrami, pomoću kojih se mogu odrediti visina i azimut nebeskog tela.

Da bi se odredila visina i azimut nebeskog tela, pored tablica i grafikona izrađene su i mnoge sprave.

3.8.14. Praktična navigacija — dnevni zadaci u astronomskoj navigaciji

U dnevne zadatke u astronomskoj navigaciji za vreme plovidbe spadaju:

— posle isplovljenja reguliše se časovnik na zonsko vreme, i to postavljanje vremena zabeleži u brodski dnevnik;

— pri prelasku iz jedne zone u drugu časovnik se pomera napred kada se plovi u istočnom kursu, a natrag ukoliko se plovi u zapadnom kursu;

— pre gubljenja iz vida istaknutih objekata na obali potrebno je odrediti poziciju broda i koordinate zabeležiti u brodski dnevnik;

— zbog promene varijacije u različitim područjima plovidbe potrebno je stalno ispravljati kurs kompasa;

— za svaki dan potrebno je da se odredi vreme izlaska i zalaska Sunca i Meseca,

početak i svršetak sumraka u zonskom vremenu;

— u trenutku izlaska, odnosno zalaska Sunca ili Meseca određuje se devijacija kompasa;

— dobro je da se odredi da li Sunce ili Mesec prolaze kroz prvi vertikal ili najveću digresiju radi određivanja devijacije kompasa ako visina Sunca ili Meseca ne prelazi 35°;

— svakog dana, bar jedanput, treba izvršiti kontrolu stanja hronometra, a posle svakih 4—5 dana odrediti srednji hod hronometra;

— pre svakog merenja visine nebeskog tela treba izvršiti upoređenje hronometra i časovnika;

— za merenje visine Sunca ili Meseca u meridijanu treba odrediti koje će vreme beležiti časovnik regulisan na zonsko vreme u trenutku prolaska kroz meridijan;

— pravu poziciju broda treba u prvom redu odrediti osmatranjem zvezda u toku sumraka, dok je horizont jasan;

— određivanje pozicije broda u toku dana vrši se po mogućnosti pomoću Sunca i Meseca, odnosno Sunca, Venere ili Jupitera, a u nedostatku planeta samo pomoću Sunca u razmaku vremena;

— osmatranje Sunca u razmaku vremena potrebno je vršiti u što je moguće manjem razmaku i uz uslov da razlika azimuta prelazi 30°;

— za vreme svake straže treba odrediti pravu poziciju;

— kada se brod približava obali, potrebno je odrediti poziciju broda kako bi se sa tako dobijenom pozicijom odredio kurs za luku dolaska;

— ukoliko se pojavi magla, kada se brod nalazi u blizini obale, potrebno je ucrtati površinu položaja broda i pomoću nje odrediti siguran kurs za luku dolaska.

3.8.15. Identifikacija nebeskih tela

a) Sazvežđa, imena zvezda i njihovo obeležavanje

Osmatrajući nebo zapaža se da neke zvezde čine razne geometrijske slike ili pak slike različitih predmeta ili životinja. Stari

Grci su tim grupama zvezda dali ime sazvežđa (konstelacije).

Danas se smatra da na čitavom nebu ima 88 sazvežđa. To su: Veliki Medved ili Velika Kola, Mali Medved ili Mala Kola, Lav, Zmaj, Severni Venac, Južni Krst, Lira, Orionis, Andromeda, Perzej itd. Glavnije zvezde u pojedinim sazveždima imaju vlastita imena: Vega, Aldebaran, Sirijus, Arkturus, Kapela itd. Sve ove zvezde su označene i grčkim slovima alfabeta, a u njihovom nedostatku i latiničnim slovima, uz dodavanje latinskog naziva sazvežđa.

Pored direktnog raspoznavanja zvezda, zvezde I i II veličine mogu se identifikovati pomoću zvezdanog globusa, identifikatora zvezda, specijalnih tablica ABC i računskim putem.

b) Identifikacija računskim putem

Poznatim elementima, izmerena visina, azimut nepoznate zvezde i geografska širina zbrojene pozicije, određuje se polarna udaljenost i časovni ugao zvezde. Iz polarne udaljenosti određuje se deklinacija nepoznate zvezde, pri čemu treba imati u vidu da je polarna udaljenost manja od 90°, kada su φ i δ istoimene, a veća kada su raznoimene.

Primer: Dana 21. 07. 1954. godine u $t_x = 18^h 41^m$ na P_x ($\varphi = 22^\circ 35'N$ i $\lambda = 37^\circ 17'E$) izmerena je visina nepoznate zvezde $v_* = 77^\circ 33'$; $w_* = 259,5^\circ$. Odrediti koja je to zvezda.

Pošto je geografska širina severna, azimut se broji od Severnog pola, dakle, $w = N - 100,5^\circ$. Brod se nalazi u vremenskoj zoni + 2, dakle, u trenutku osmatranja u Griniču bilo je $16^h 41^m$.

— Određivanje deklinacije osmatrane zvezde.

$$v = 77^\circ 33'$$

$$\varphi = 22^\circ 35'$$

$$v + \varphi = 100^\circ 08'$$

$$v - \varphi = 54^\circ 58'$$

$$\log \sin^2 \frac{w}{2} = 9,77167$$

$$\log \sin^2 \frac{(v + \varphi)}{2} = 9,76936$$

$$\log N = 9,54103$$

$$+ B = 0,28484$$

$$\log \cos^2 \frac{p}{2} = 9,82587$$

$$p = 70^\circ 10'$$

$90 - p = \delta = 19^\circ 50'N$. Deklinacija je istoimena sa geografskom širinom jer je manja od 90°.

— Određivanje mesnog časovnog ugla osmatrane zvezde.

$$v = 77^\circ 33' \quad \log \operatorname{cosec} p = 0,02656$$

$$p = 70^\circ 10' \quad \log \sec \varphi = 0,03465$$

$$\varphi = 22^\circ 35'$$

$$2\Sigma = 170^\circ 18'$$

$$\Sigma = 85^\circ 09' \quad \log \cos \Sigma = 8,92710$$

$$\Sigma - v = 07^\circ 36' \quad \log \sin (\Sigma - v) = 9,12142$$

$$\log^2 \sin^2 \frac{s}{2} = 8,10973$$

$$s_* = 13^\circ 02'$$

Nebesko se telo, s obzirom na azimut, nalazi na zapadnoj strani horizonta.

— Određivanje mesnog časovnog ugla prolećne tačke i surektascenzije.

$$\text{za } T_{s1} = 16^h \text{ odgovara } S_\gamma = 178^\circ 53'$$

$$\text{za } \Delta T_s = 00^h 41^m \text{ odgovara } \Delta S_\gamma = 10^\circ 17'$$

$$\text{za } T_s = 16^h 41^m \text{ odgovara } \delta_\gamma = 189^\circ 10'$$

$$+ \lambda = 37^\circ 17'$$

$$s_* = 13^\circ 02' + 360^\circ = 373^\circ 02'$$

$$-s_\gamma = 226^\circ 27'$$

$$(360 - \alpha) = 146^\circ 35'$$

— Određivanje imena zvezde iz *Nautičkog godišnjaka*.

$$\log \cos^2 \frac{w}{2} = 9,61160$$

$$\log \cos^2 \frac{v - \varphi}{2} = 9,89599$$

$$\log M = 9,50759$$

$$- \log N = 9,54103$$

$$A = 9,96656$$

Za $\delta = 19^\circ 50'N$ i $(360 - \alpha) = 146^\circ 35'$ odgovara zvezda Arkturus.

c) Identifikator zvezda

Identifikator zvezda pomaže da se odredi ime zvezde koja je bila osmatrana u datom trenutku, i to u funkciji: časovnog ugla prolećne tačke, osmatrane visine i azimuta i geografske širine osmatrača.

Sastoji se od osamnaest zvezdanih karata, nacrtanih u ekvatorsko-stereografskoj projekciji. Na svakoj karti označeni su položaji 54 zvezde koje se uzimaju u obzir u astronomskoj navigaciji. Položaji zvezda na prvoj karti odgovaraju mesnom časovnom uglu prolećne tačke od 10°, na drugoj onom od 30°, a na poslednjoj, tj. osamnaestoj karti odgovaraju časovnom uglu od 350°. Uz svaku zvezdu nacrtana je i njena prividna putanja za promenu od 20° u časovnom uglu prolećne tačke, a za promenu se koristi određena zvezdana karta.

Pored karata nalazi se i dijagram od prozirnog materijala, sa vertikalnim krugovima, nacrtan u istoj projekciji kao i karta.

U radu se identifikator koristi na sledeći način: pošto je određen mesni časovni ugao prolećne tačke koji odgovara trenutku osmatranja nebeskog tela, potraži se odgovarajuća zvezdana karta u identifikatoru. Zatim se na kartu namesti dijagram prema odgovarajućoj geografskoj širini i pomoću izmerene visine i azimuta nalazi zvezda koja je bila osmatrana. Ukoliko nema nijedne zvezde koja odgovara dobijenim elementima, onda je osmatrano nebesko telo bila planeta.

4. ELEKTRONSKA NAVIGACIJA

4.1. PODELA I SREDSTVA

Elektronska navigacija obuhvata sredstva i metode vođenja broda korišćenjem elektromagnetskih talasa. U tu svrhu koriste se raznovrsna elektronska sredstva, a njihov dalji razvoj usmeren je ka povećanju tačnosti i pouzdanosti, zatim ka potpunom pokrivanju mora alternativnim sistemima i uvođenju u rad novih sistema, specijalne namene i veće automatizacije.

Elektronski sistemi koji se koriste u ovoj grani navigacije omogućuju veliku tačnost, tako da se plovidba obavlja najkraćim i najsigurnijim putem.

Svetska mora su pokrivena elektronskim navigacijskim sistemima, tako da na svakoj tački stoje gotovo dva sistema — Omega i STANAV Transit.

Elektronska navigacija deli se na ove grane:

- radio-navigacija,
- radarska navigacija,
- hiperbolična navigacija,
- inercijalna navigacija,
- satelitska navigacija i
- podvodno-akustička navigacija.

Za vođenje elektronske navigacije koristi se veliki broj elektronskih sredstava. Ona se mogu podeliti prema:

- geometrijskom principu određivanja navigacijskog parametra,
- tehničkom principu merenja navigacijskih parametara,
- dometu rada i
- mestu razmeštaja elemenata sistema.

Po geometrijskom principu određivanja navigacijskog parametra sredstva se dele na:

- azimutalne (uglomerne), koja mere azimut (ugao) na izvor zračenja (radio-goniometar, radio-far itd.),
- daljinomerne, koja mere udaljenost ili promenu udaljenosti od izvora zračenja do objekta (dubinomer, radio-daljinomer, laserski daljinomer, radio-brzinomer itd.),
- hiperbolične, koja mere razliku udaljenosti od dve stanice na kopnu ili u svemiru (Decca, Loran, Omega, Transit itd.),
- radijalno-brzinske, koja mere brzinu približavanja (ili udaljenost) izvora zračenja od osmatrača i
- kombinovane, koja mogu meriti dva parametra.

Prema električnom parametru koji mere elektronska sredstva se dele na:

- amplitudna (radio-goniometar),
- fazna (Decca, Omega),
- impulsna (Loran — A, radar, dubinomer),
- frekventna (Transit) i
- kombinovana (Loran — C).

Po dometu rada elektronska navigacijska sredstva dele se na:

- globalna, koja pokrivaju čitavu površinu Zemlje,
- sredstva velikog dometa, čiji je prijem korisnih signala na udaljenosti od 300 do 2.500 M od kopnenih stanica,
- sredstva srednjeg dometa, od 100 do 300 M i
- sredstva malog dometa, manje od 100 M.

Prema mestu postavljanja stanica navigacijskog sistema sredstva se dele na kopnena, svemirska i podmorska.

4.2. RADIO-NAVIGACIJA

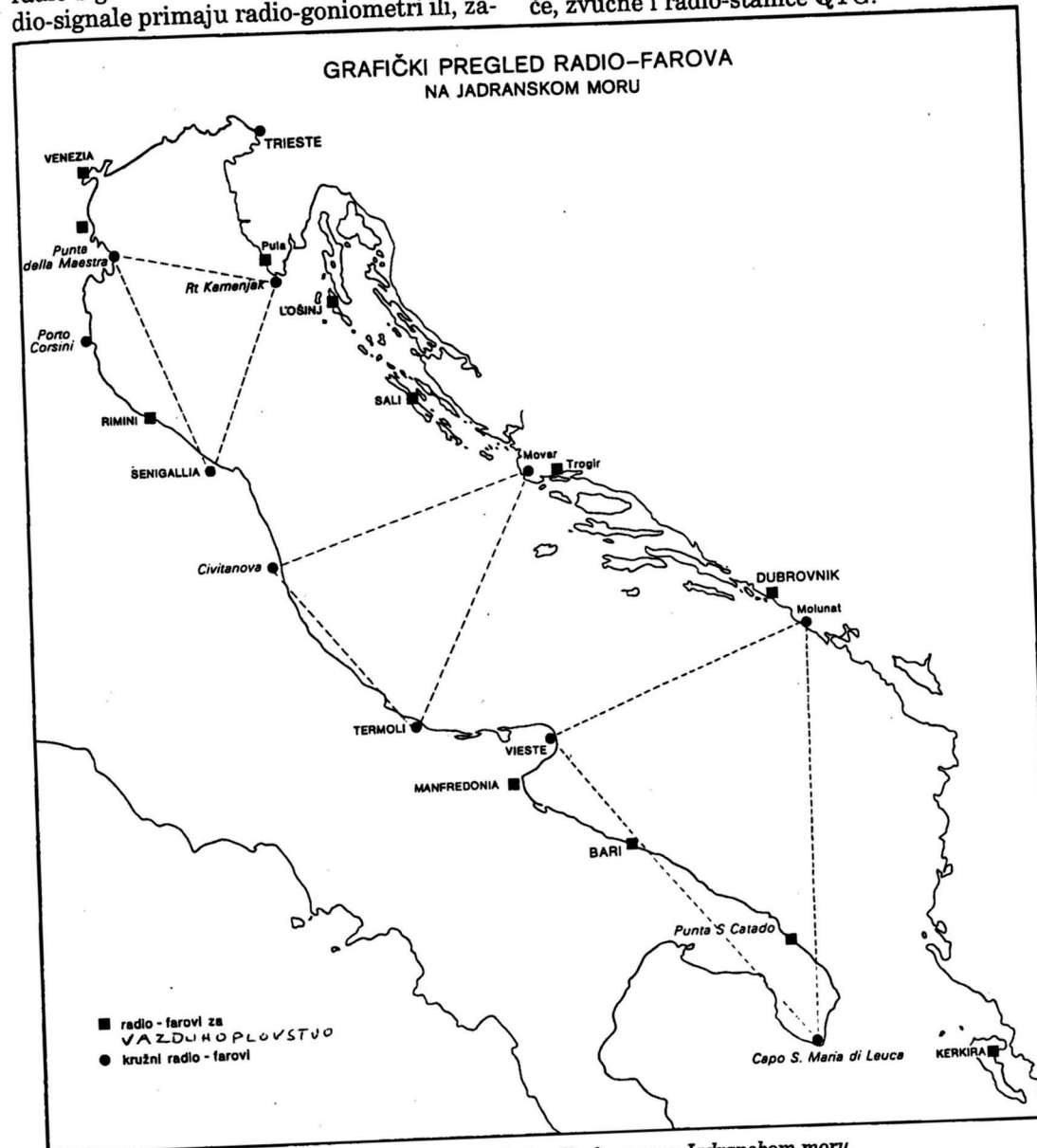
4.2.1. Radio-farovi

To su predajne radio-stanice smeštene na kopnu ili brodu-svetioniku, koje emituju radio-signale određenih karakteristika. Radio-signale primaju radio-goniometri ili, za-

visno od fara, obični radio-prijemnici na brodu.

Radio-goniometrom se dobija azimut, a uzastopnim određivanjem azimuta na dva ili više farova, ili na jednom u razmaku vremena, dobija se pozicija broda.

Radio-farovi se dele na pomorske, avijacijske i pomorsko-avijacijske, a po karakteristikama na kružne, usmerene, rotirajuće, zvučne i radio-stanice QTG.



Slika 200. — Grafički pregled radio-farova na Jadranskom moru

Kružni radio-farovi su predajne radio-stanice koje preko vertikalne antene emituju vertikalno polarizovane radio-talase na sve strane, a koji se mogu primati brodskim radio-goniometrom.

Svaki radio-far karakteriše:

— oznaka RC za pomorski kružni radio-far, AERO-RC za avijacijski kružni radio-far i AEROMARINE RC za pomorsko-avijacijski kružni radio-far,

— ime i dodatna oznaka Lt. ako je antena predajnika u neposrednoj blizini nečuvanog svetionika istog imena, odnosno LT.HO. za čuvani svetionik ili LT.V. koja označava da je radio-far na brodu-svetioniku,

— frekvencija izražena u kHz (pomorski 285—325),

— vrsta emisije A1, A2 i A3,

— geografska pozicija,

— redni broj (međunarodni broj),

— pripadnost državi,

— znak identifikacije (jedno, dva ili tri slova koja su obično u nekoj vezi sa imenom fara),

— domet (dat je u miljama — ako je dat npr. 100/70 M, znači da je domet danju 100, a noću 70 M),

— grupisanje radio-farova.

Usmereni radio-farovi, oznake RD, emituju u jednom ili više sektora i upotrebljavaju se obično za ulaze u luke, ili za plovidbu kroz kanale, ili u području gde je sektor plovidbe ograničen.

Tako je, na primer, u udžbeniku *Terestrička i elektronska navigacija* (videti literaturu) dat primer za luku Ceuta (Maroko), odnosno usmereni radio-far Ceuta (Maroko), u kojoj je sigurni azimut 158° koji vodi u luku. Ako se plovi van sigurnog sektora plovidbe, čuje se signal N ili A, a u sektoru samo neprekinuti ton.

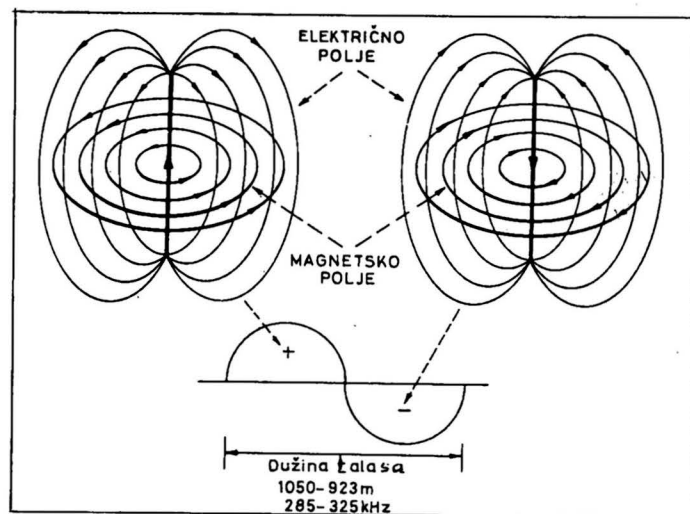
Centralni azimut uvek je određen, ali širina sektora plovidbe i njegovi bočni sektori obično nisu dati u podacima.

Rotirajući radio-far (oznaka RW) upotrebljava se jedino u Japanu i omogućuje da brod odredi azimut na radio-far bez upotrebe radio-goniometra, tj. upotrebom običnog radio-prijemnika. Far emituje 100 tačkica u luku od 200° . Posle signala A (—), koji se emituje dva puta, broje se tačke u serijama, svaka deseta tačka ima promenjeni ton. Idealni broj tačaka koji se čuje posle signala A, pomnožen sa dva, daje pravi azimut.

4.2.2. Radio-goniometar

To je u osnovi radio-prijemnik koji prima radio-sigale preko specijalne antene i pokazuje smer odakle signal dolazi. Da bi se shvatio rad radio-goniometra, potrebno je poznavati karakteristike radio-talasa na odgovarajućoj frekvenciji i prijem signala specijalnom antenom.

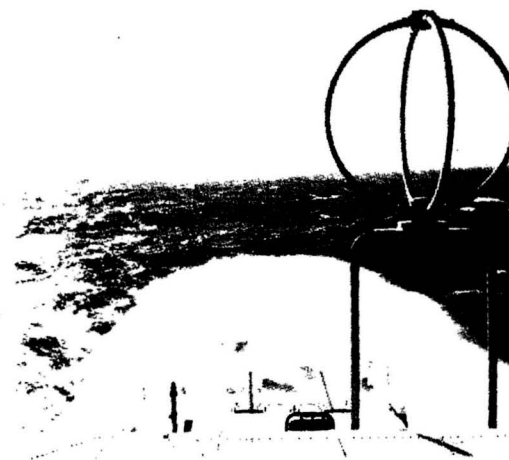
Elektronski talasi koje emituje antena predajnika sastoje se od električnog i magnetnog polja koje se kreće kroz prostor i



Slika 201. — Vertikalno polarizovani talas

kada dođe u antenu prijemnika, u njoj indukuje struju. Ona se preko pojačala pretvara u pogodan oblik za registrovanje.

Električno polje je u ravni antene, a magnetno je vertikalno na njega. Antena radio-goniometra predstavlja ram (okvir) u kome su smešteni namotaji izolovane žice (promer antene do 1 m). Dijametar antene je manji od dužine talasa i u njoj se indukuje neka struja proporcionalna jačini polja. U datom momentu u okvirnoj anteni indukuje se struja maksimalnog napona V_0 , kada ravan antene leži u pravcu predajnog fara. Ako se antena zakrene za 90° , dobije se minimum prijema, pa je vidljivo da postoje dva minimuma (bočno 90° levo i desno) i dva maksimuma (0° i 180°). Određenost smera rešava se zbrojenom pozicijom ili tehničkim dodavanjem štap-antene.



Slika 202. — Antena broskog radio-goniometra

Ranije se koristio radio-goniometar s jednom okvirnom antenom koja se okretala ručno, a prijem je bio takav što se čuo zvuk. Danas se u praksi koriste automatski radio-goniometri, radio-goniometar s katodnom cevi ili s digitalnim pokazivačem radio-azimuta.

4.2.3. Radio-azimut, njegova tačnost i ucrtavanje na karti

Azimut na radio-far je ugao između meridijana osmatrača i pravca u kome se nalazi radio-far i u praksi je isti kao i azimut na određeni objekat na kopnu ili moru.

Elektromagnetski talas od predajne antene širi se na sve strane i onaj signal koji je primljen na okvirnu antenu, u principu, prešao je najkraći put — kretao se po ortodromi. Na svom putu elektromagnetski talas se ponaša kao svetlost i ima njene osobine: refleksiju, prelamanje i difrakciju.

Kada se koristi radio-azimut, treba imati na umu greške (antenski efekat, noćni efekat, obalska refrakcija, radio-devijacija i greška polukonvergencije meridijana).

Antenski efekat se smanjuje dizanjem antene visoko iznad nadgrađa, a rezultat netačnosti izražava se kao deo srednje kvadratne greške merenja.

Noćni efekat se javlja sat pre zalaska Sunca, do jedan sat posle izlaska, kao greška u merenju azimuta i u praksi ta greška je manja od 10° . Da bi se smanjila greška, u određivanju pozicije koriste se tri ili više stajnica, ili se uzimanjem više smerova izračuna srednja vrednost, ali je i tako moguće očekivati greške do 4° .

Obalska refrakcija je posledica prelaska radio-talasa preko kopna ili neposredno uz obalsku liniju, kada dolazi do odstupanja od normalnog prostiranja.

Radio-devijacija je ugaona vrednost greške zbog uticaja magnetskog polja broda na antenu radio-goniometra. Ona može biti pozitivna ili negativna. Dobija se tako što se istovremeno smerom antena radio-kalibracione stanice s udaljenosti 2—5 talasnih dužina i nade se razlika između optičkog pramčanog ugla i pramčanog ugla dobijenog radio-goniometrom;

$$\vartheta_r = L - L_r.$$

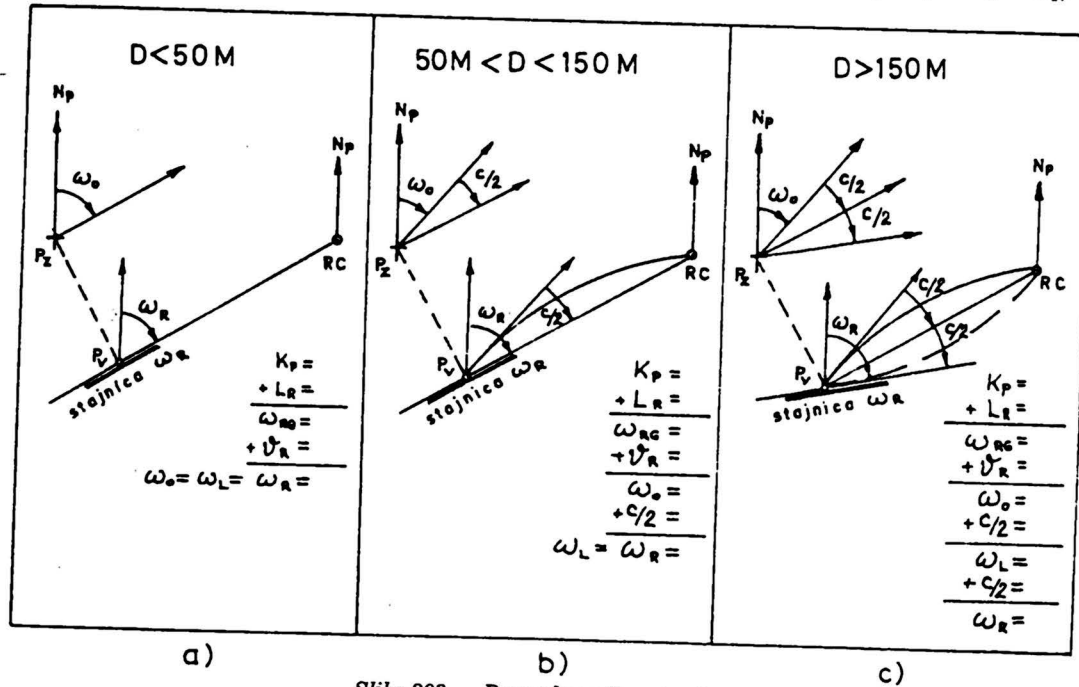
Za svakih 10° do 15° promene pramčanog ugla crta se kriva linija devijacije, a zatim sastavlja tablica devijacije.

4.2.4. Ucertavanje na karti radio-azimuta

Stanica radio-azimuta je kriva linija izoazimuta, a to je linija na Merkatorovoj karti i njena konstrukcija je nepraktična za

upotrebu. Za praktičnu upotrebu koriste se sledeća pravila:

— ako je udaljenost između broda i radio-fara manja od 50 M, razlika između ortodrome, loksodrome i izoazimuta je neznatna, pa se ucrtava i proračunava kao na slici 203 i uzima se da je $w_0 = w_1 = w_r$;

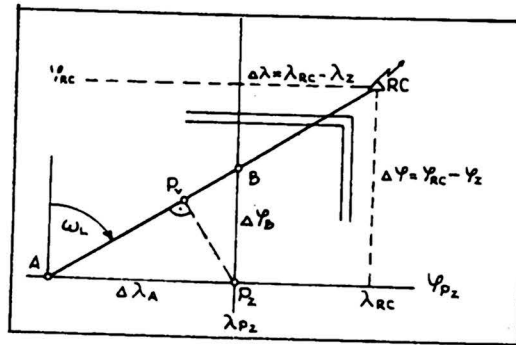


Slika 203. — Popravka radio-azimuta

— ako je udaljenost do radio-fara od 50 do 150 M, postupa se tako što se ortodromski azimut popravi za grešku polukonvergencije meridijana ($c/2$ — postoje tablice za velike udaljenosti) i ucrtava kao loksodroma;

— ako je udaljenost do radio-fara veća od 150 M, stajnica radio-azimuta (w_r) dobija se tako što se prvo ortodromski azimut ispravi za $C/2$ i dobije loksodromski azimut, koji se ucrtava na kartu, a zatim iz P_z (zbrojene pozicije) spusti vertikala. U dobijenoj tački (P_v) ucrtava se radio-azimut, koji se od loksodromskog azimuta razlikuje takođe za $C/2$. U stvari, to je tangenta na krivoj liniji izoazimuta u verovatnoj poziciji (P_v).

Kada je radio-far izvan ivice karte, ucrtavanje azimuta moguće je na dva načina:



Slika 204. — Ucertavanje radio-azimuta kada je radio-far izvan ivice karte

— brod u poziciji P_z izmeri w_1 koji treba ucrtati, a radio-far je izvan ivice karte — potrebno je naći tačke A ili B kroz koje se povuče izračunati loksodromski azimut (w_1). Tačka A dobija se tako što se izračuna $\Delta\lambda_A$, a tačka B što se izračuna $\Delta\phi_B$ od zbrojene pozicije. Za azimut 90° i 270° ($\pm 45^\circ$) pogodnije je tražiti $\Delta\phi_B$, a za azimut 0° i 180° ($\pm 45^\circ$) traži se $\Delta\lambda_A$, kako bi dobijena tačka bila što bliže zbrojenoj poziciji da i ona ne bi pala izvan ivice karte;

— zadatak se može rešiti i pomoću formula:

$$\Delta\lambda = \lambda_{RC} - \lambda_z; \Delta\phi = \phi_{RC} - \phi_z; \varphi_s = \frac{\varphi_{RC} - \varphi_z}{2}$$

$$\Delta\lambda_A = \Delta\lambda' - \Delta\phi' \cdot \sec \varphi_s \cdot \operatorname{tg} \omega_1$$

$$\Delta\phi_B = \Delta\phi' - \Delta\lambda' \cdot \cos \varphi_s \cdot \operatorname{ctg} \omega_1$$

Kroz dobijenu tačku A ili B ucrtava se loksodromski azimut. Iz tačke P_z spusti se vertikala na w_1 i dobije tačka P_v kroz koju se može, ako je potrebno, ucrtati stajnica izoazimuta.

4.2.5. Plovidba prema radio-faru

Brod može ploviti direktno na radio-far na sledeće načine:

— održava se stalni azimut ili stalni pramčani ugao na radio-far;

— plovi se direktno na radio-far tako da je pramčani ugao 0° , ali je to opasno kada je radio-far na brodu svetioniku. Potrebno je voditi računa o opasnostima u blizini kurseva plovidbe kada brod sledi neku krivu liniju koja nije loksodroma.

Pozicija radio-azimutima može se odrediti istovremenim određivanjem radio-azimuta na dva ili više radio-farova po istim principima kao da su to azimuti na terestričke objekte. Potrebno je voditi računa o redosledu smeranja, tako da se azimuti s pramčanim uglovima koji se sporije menjaju, smeraju prvi, a bliski subočice kasnije. Azimuti se svode na vreme poslednjeg osmatranja, a pozicija pomoću radio-azimu-

ta može se dobiti i u razmaku vremena sa jednim ili dva radio-fara po istom principu kao i u terestričkoj navigaciji.

Stajnicu radio-azimuta moguće je kombinovati s nekom drugom stajnicom.

Pri određivanju pozicije koriste se i pomoćne metode:

— QTG služba, kada pojedine radio-stanice, oznake R, emituju signale za potrebe određivanja stajnice radio-goniometrom. Brod stupa u radio-vezu s takvom stanicom pozivom QTG, koja znači: „Hoćete li emitovati vaš pozivni signal i dve 'crtice' od po 10 sekundi sa vašim pozivnim znakom." Dalji postupak je isti kao kada je signal primljen od radio-fara;

— radiogoniometarske stanice oznake RG određuju poziciju broda (QTF služba) ili predaju brodu radio-azimute (QTE služba).

Pri određivanju pozicije radio-azimutom dolazi do slučajnih i sistematskih grešaka.

4.3. RADARSKA NAVIGACIJA

4.3.1. Radar

Navigacijski radar je uređaj za detekciju objekta, merenje uglova i udaljenosti, i izbegavanje sudara na moru. Naziv predstavlja skraćenicu od naziva na engleskom za pojam radio-detekcija i merenje (*Radio Detection and Ranging*), a konstrukcija je zasnovana na osobinama elektromagnetnih talasa i otkriću katodne cevi.

Elektromagnetski talas predstavlja osciliranje električnog i magnetnog polja određenom frekvencijom (f), a time su talasnom dužinom (λ) povezane relacijom:

$$c = f \cdot \lambda,$$

gde je c = brzina prostiranja talasa.

Od čitavog spektra elektromagnetskih talasa za navigacijske radare koriste se talasne dužine centimetarskog talasnog po-

dručja, od kojih su najpogodniji talasi dužine 3 i 10 cm. Svi talasi se prostiru brzinom $c = 299.792,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ u vakuumu (brzina svetlosti).

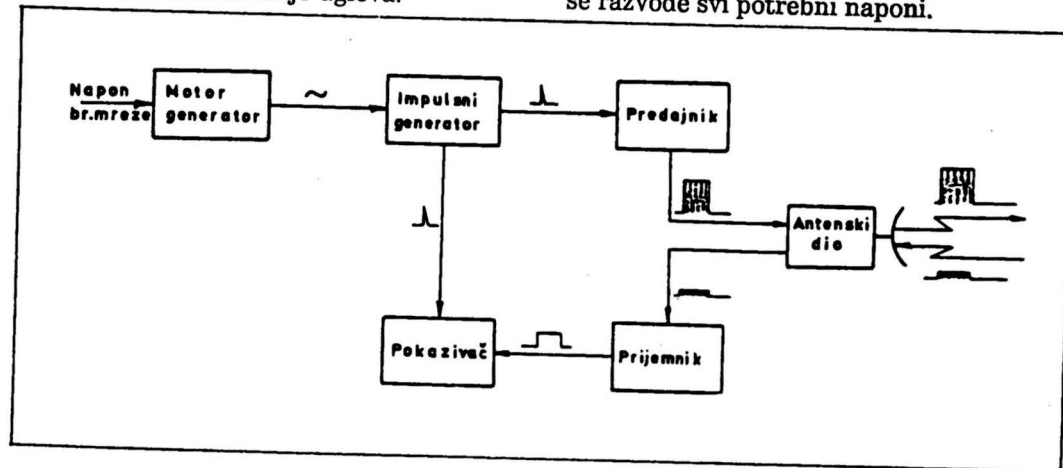
Povoljan oblik antene omogućava da se elektromagnetski talasi usmere u užem ili širem snopu. To zavisi od talasne dužine i dimenzija i oblika antenskog sistema.

Refleksija elektromagnetskih talasa omogućava detekciju objekata, odnosno prepreka. Refleksija nastaje na granici dve sredine koje se razlikuju po električnim i magnetskim karakteristikama. Refleksija zavisi od:

- talasne dužine elektromagnetskih talasa,
- oblika prepreke,
- materijala prepreke,
- hrapavosti prepreke i
- upadnog ugla elektromagnetskog talasa.

Na osnovu ovih osobina elektromagnetskih talasa mogu se shvatiti elementi koji su omogućili konstrukciju radara:

- refleksione osobine omogućavaju detekciju objekta,
- velika brzina omogućava merenje udaljenosti,
- pravolinijsko širenje omogućava merenje udaljenosti,
- mogućnost usmeravanja omogućuje veliki domet i merenje uglova.



Slika 205. — Blok-šema radara

4.3.2. Princip rada i osnovni delovi

Da bi se osobine elektromagnetskih talasa iskoristile, radar mora stvarati i emitovati vrlo velike elektromagnetske talase, određene frekvencije u impulsnom režimu; emitovati i primati elektromagnetske talase vrlo usmereno; pojačavati veoma malu elektromagnetsku energiju posle refleksije od prepreke na potreban nivo; tačno meriti vrlo kratke vremenske intervale od trenutka emisije do trenutka prijema reflektovanih elektromagnetskih talasa.

Merenje udaljenosti zasniva se na formuli:

$$d = \frac{c}{2} \cdot t, \text{ gde je:}$$

d = udaljenost do objekta,

c = brzina prostiranja elektromagnetskih talasa i

t = vreme proteklo od trenutka emisije do trenutka prijema.

Glavni delovi svakog radara su: motor-generator, impulsni generator, antenski deo, prijemnik i pokazivač.

Motor-generator je snabdevač električnom energijom i potrebnim naponima pojedinih delova radara preko različitih transformacija ili potrebnih ispravljanja. Osnovni izmenični napon određene frekvencije na izlazu iz motor-generatora vodi na glavnu razvodnu ploču radara, a odatle se razvode svi potrebni naponi.

Impulsni generator generiše impulse vrlo kratkog trajanja, koji usklađuju rad svih delova radara.

Predajnik generiše visokofrekventnu elektromagnetsku energiju u impulsnom režimu i osigurava veliku snagu tokom emisije (trajanje svakog impulsa je kratko — 10^{-6} do 10^{-7} s), da visokofrekventni talas bude što stabilniji po frekvenciji i amplitudi i da se elektromagnetska energija stvara u tačno određenom vremenu trajanja. Osnovni delovi predajnika jesu modulator i magnetron.

Modulator stvara pravougli impuls koji vremenski treba da odgovara trajanju visokofrekventnog impulsa, datog kao širina impulsa, i kreće se oko $1 \mu\text{s}$.

Za vreme trajanja pravouglog impulsa iz modulatora magnetron generiše visokofrekventnu elektromagnetsku energiju velike snage i predaje je anteni.

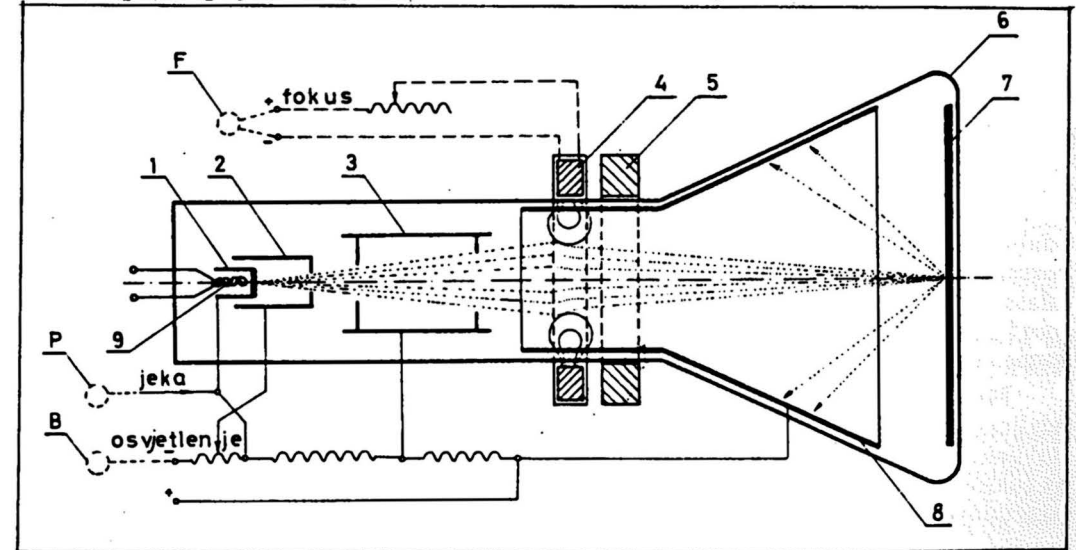
Antenski deo služi za emitovanje visokofrekventne energije i uskom usmerenom snopu, za prijem odbijene visokofrek-

ventne energije iz tačno određenog pravca i njeno vođenje do prijemnika. Najčešće se sastoji od antenskog reflektora u čijem je fokusu završetak talasovoda, što predstavlja element za zračenje i prijem energije, antenske skretnice, predajnog selsina rotacije, antene i motora za okretanje antene.

Prijemnik služi da reflektovane vrlo slabe elektromagnetne talase mnogo puta pojača i verno prenese do pokazivača.

Vrlo visoke frekvencije, na kojima rade radari, teško se pojačavaju, pa ih je potrebno smanjiti mešačem. Zatim je potrebno pojačavati signal u nekoliko etapa, a to se čini pomoću video-pojačavača.

Pokazivač je katodna cev, koja daje vizuelnu informaciju o panorami okoline. Njegova osnovna funkcija jeste da daje podatke o smerovima i udaljenostima do pojedinih objekata. Sastoji se od katode kao izvora elektrona, upravljačke rešetke, prve anode, zavojnice za fokusiranje, otklonske zavojnice, staklenog okučja, zaklona katodne cevi i druge anode.



Slika 206. — Katodna cev

U sastav pokazivača u većine radara ulaze rastavljač prevaljenog puta, video-pojačavač, generator impulsa stalnih i pokretnih markera daljine, pramčanice i elektronske smernice, generator vremenske li-

nije (vremenske baze), ispravljač za napajanje elektronskih sklopova s istosmernim naponom, sklopovi za merenje azimuta i sklopovi za stabilizaciju slike sa žiro-kompasom.

Da bi se dobila panoramska slika, tj. svetli odrazi prednjih površina svih objekata oko broda, potrebno je izmeriti udaljenost do svake tačke prednjih ivica u svim smerovima i u pogodnoj razmeri prikazati na katodnoj cevi.

(Sl. 207. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

4.3.3. Karakteristike navigacijskih radara

Radarski horizont predstavlja najveću udaljenost od mesta emisije do koje bi stizali elektromagnetski talasi na Zemljinu površinu, a zavisi od: visine antene, talasne dužine elektromagnetskih talasa, impulsne snage radara i fizičkih uslova atmosfere.

Domet radara je najveća udaljenost na kojoj se detektuje određena prepreka kao odraz na zaklonu katodne cevi, a zavisi od: visine antene radara, impulsne snage radara, visine i veličine cilja, materijala prepreke i meteoroloških uslova. U normalnim atmosferskim uslovima domet radara u miljama iznosi:

$$d = 2,23 \sqrt{V_{\text{ant}}} + 2,23 \sqrt{V_c}, \text{ gde je:}$$

V_{ant} = visina antene i

V_c = visina cilja.

Minimalni domet radara (d_{min}) je udaljenost od broda do tačke na morskoj površini do koje nema elektromagnetskih talasa. Taj prostor se naziva mrtvim sektorom i zavisi od visine antene i usmerenosti snopa antene u vertikalnoj ravni.

Minimalna daljina otkrivanja je udaljenost između antene i vertikalno postavljene prepreke na osu antene, koja bi se na zaklonu katodne cevi pojavila kao odraz. Izračunava se po formuli:

$$d_o = \frac{\tau}{2} \cdot c, \text{ gde je:}$$

τ = širina impulsa.

Noseća frekvencija. — Manje talasne dužine imaju bolju usmerenost snopa, potrebna im je manja antena, imaju manji

mrtvi sektor najvećeg dometa, plastičnije prikazuju odraz na zaklonu katodne cevi i veću refleksiju od atmosferskih padavina. Međutim, talasi većih dužina imaju suprotne osobine:

— 3 cm („X” band) radarski talasi ($f = 8.300 - 12.000$ MHz) pogodniji su za manje brodove, uske prolaze i navigacijski teška područja, za merenje manjih udaljenosti kada je vreme lepo;

— 10 cm („S” band) radarski talasi ($f = 3.000 - 3.420$ MHz) pogodniji su u lošim vremenskim uslovima i za detekciju krupnijih objekata na većim udaljenostima.

Impulsna frekvencija je broj emitovanih impulsa u jednoj sekundi i zavisi prvenstveno od područja rada radara. Na većim daljinama potrebna je manja impulsna frekvencija i obratno.

Širina impulsa, pored uticaja na minimalnu daljinu otkrivanja, utiče i na impulsnu snagu radara, kao i na oblik impulsa. Impulsi pravougaonog oblika imaju veću impulsnu snagu, čime se signal jekne menja po jačini u odnosu na sinusoidalni oblik impulsa.

Manja širina impulsa omogućava otkrivanje objekata na manjoj udaljenosti, manje izobličenje objekata po daljini i tačnije merenje udaljenosti. Širi impulsi pogodniji su za detekciju objekata na većim udaljenostima i za ostvarivanje većeg dometa radara, pa je zbog svega toga poželjno da svaki radar generiše nekoliko vrsta impulsa različite širine.

Usmerenost snopa može da bude u horizontalnom i vertikalnom smeru. Horizontalna širina snopa predstavlja ugao u horizontalnoj ravni pod kojom se emituju i primaju elektromagnetski talasi, a čija simetrala predstavlja osu antene. U savremenim radarima horizontalna širina iznosi oko 1° , a vertikalni snop je širok od 18° do 25° .

Broj okretaja antene u skladu je sa perzistencijom zaklona katodne cevi, taktičkom namerom radara i granicama greška pri merenju uglova. Radarska slika treba da se održi od jednog do narednog prelaska snopa preko objekta, da se za to vreme bitno

ne promeni relativan položaj objekata, a da ne postoji netolerantna razlika u pravcima emisije i prijema impulsa. Ova poslednja veličina se dobija ako se izračuna ugao zakreta antene za vreme prostiranja impulsa:

$$y = 360 \cdot n \cdot T_{\text{imp}}, \text{ gde je:}$$

y = ugao zakreta antene u minutama ugla,
 n = broj okretaja antene u jednoj minuti i

T_{imp} = vreme u sekundama.

Razdvajanje objekata po smeru podrazumeva sposobnost radara da dva ili više objekata na istoj udaljenosti, međusobno bliska, pokaže kao odvojene odraze.

Razdvajanje objekata po daljini podrazumeva sposobnost radara da dva ili više objekata, u istom smeru, međusobno bliska, pokaže kao odvojene odraze.

(Slika 208 nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

4.3.4. Radarska slika

Radarska slika se razlikuje od prirodne zbog različitih talasnih dužina svetlosti i radarskih talasa, odrazi pojedinačnih objekata nisu ni po veličini ni po obliku proporcionalni prirodnim, zavisno od razdvajanja po pravcu i daljini spajaju se bliski objekti, a na sliku utiče i postojanje radarskih senki. Radarska slika ima mali broj tonova, postojanje lažnih odraza i smetnji, zavisi od različitih refleksnih osobina raznih materijala, izobličenja po smeru u daljini i postojanja slepih sektora.

Izobličenje objekata ogleda se u relativnom povećanju dimenzija objekata u odnosu na stvarne, a izobličenje objekata po smeru nastaje zbog horizontalne širine snopa, a ogleda se u ugaonom povećanju objekata.

Pod lažnim odrazima podrazumevaju se odrazi čiji položaj na katodnoj cevi ne odgovara stvarnom, pa tako daje pogrešne informacije o objektima. Uzroci lažnih odraza su mnogobrojni, a najvažniji su višestruke refleksije, odrazi zbog bočnih lepeza, refleksija od delova samog broda, sekundarni odrazi itd.

(Slika 209. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Pravilno tumačenje radarske slike je najvažnije za korišćenje informacija koje daje radar. Pri tome potrebno je uvažavati određenu logiku, koje se treba pridržavati:

— odrazi obale zavise od visine, nagiba, reljefa i materijala obale;

— veštački objekti daju oštre i jake odraze;

— odrazi od izolovanih objekata (brodovi, čamci, plutače) zavise od konstruktivnih karakteristika radara, pokretljivosti objekata i refleksije od mora.

Pri tumačenju svakog odraza treba uzeti u obzir da se oni razlikuju po: veličini, daljini otkrivanja, obliku, fluktuaciji, oštini i pokretljivosti. U glavne karakteristike odraza prema prirodi objekata spadaju:

za kopnene objekte:

— odrazi se pojavljuju na očekivanim pozicijama, prema poznatoj sopstvenoj poziciji na karti,

— odrazi nemaju svoje kretanje,

— odrazi nemaju fluktuiranje,

— međusobni položaji tih odraza se ne menjaju,

— odrazi su najčešće veliki i „gusti”;

za brodove:

— nisu očekivani prema karti,

— odrazi imaju sopstveno kretanje, pa menjaju položaj u odnosu na ostale odraze,

— odrazi fluktuiraju, ali ne nestaju (pojavljuju se pri svakom prelazu snopa),

— odrazi su uski,

— pojavljuju se na srednjim udaljenostima,

— jedna ivica odraza je neoštra zbog kretanja broda, dok je ivica u smeru kretanja broda uvek oštra;

za čamce, plutače i druge male objekte:

— pojavljuju se na malim daljinama,

— izražena je fluktuacija, uz nestajanje u pojedinim prelazima snopa na nemirnom moru,

— odrazi su jači od pojedinačnog odraza smetnji.

Relativno stabilizovana slika ima sledeće karakteristike:

— sopstveni brod je nepokretan i uvek u središtu zaklona katodne cevi,

— odrazi svih nepokretnih objekata kreću se suprotnim vektorom brzine od sopstvenog broda,

— pramčanica je usmerena u kurs pravi, što se očitava na fiksnoj skali,

— radarska slika obale i ostrva orijentisana je prema meridijanu, kao i navigacijska karta (meridijan se nalazi na 0° fiksne slike),

— pomoću azimutne ploče očitavaju se radarski azimuti na sve objekte,

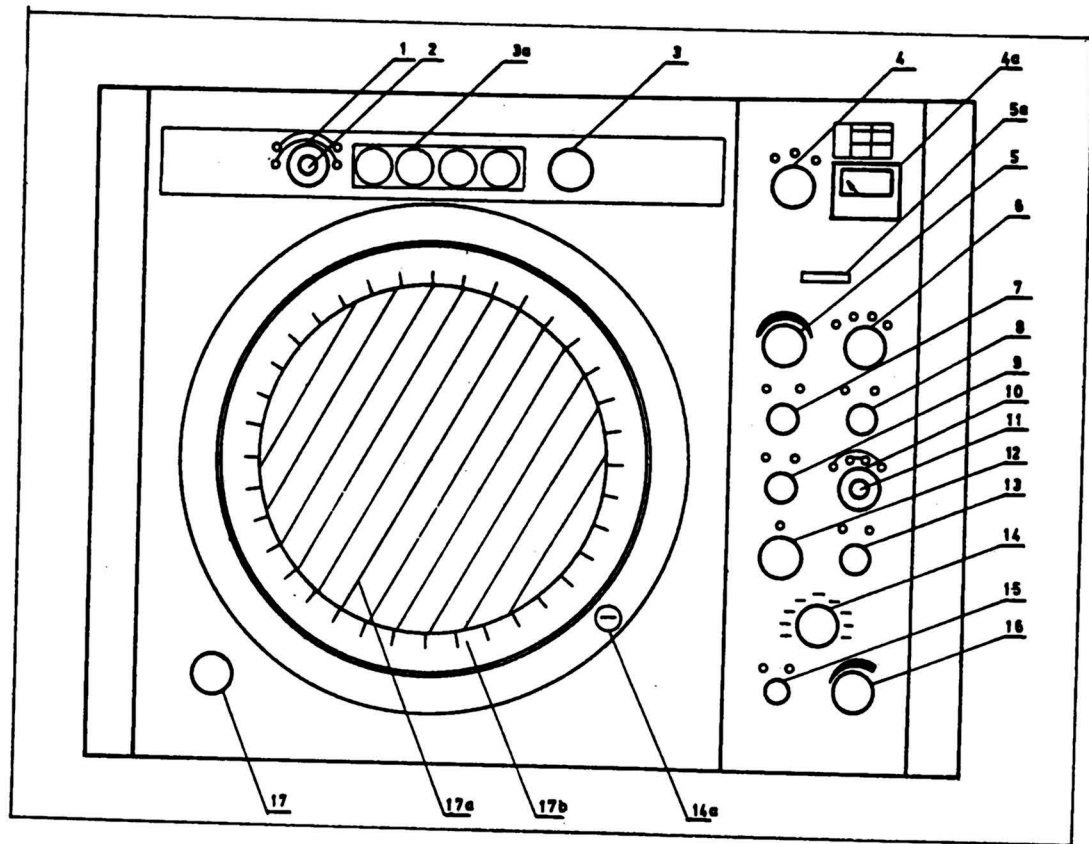
— pri promeni kursa broda odrazi na zaklonu katodne cevi ostaju na ranijim položajima, a pramčanica se zakreće u smeru promene kursa do vrednosti novog kursa broda,

— ovakva slika je najpogodnija za izbegavanje sudara na moru.

4.3.5. Opis radara

Radari se razlikuju po konstrukciji, ali imaju mnogo istih osobina. Stoga će ovde biti prikazan samo radar tipa „DECCA 1226 RM”, kako bi se sagledao opis radara i uloga pojedinih elemenata.

To je navigacijski radar engleske firme „DECCA RADAR”. Prve dve cifre (12) označavaju dijаметar zaklona katodne cevi, koji iznosi 12 inča (oko 300 mm). Treća cifra (2) označava impulsnu snagu predajnika od 25 kW, a četvrta cifra (6) označava dužinu antene od 6 stopa (1,83 m). Sloвна oznaka (RM) označava da je radarska slika relativna, stabilizovana ili nestabilizovana.



Slika 210. — Pokazivač radara „Decca 1226 RM”

Svi elementi za upravljanje i kontrolu rada radara nalaze se na prednjoj ploči pokazivača. Dugmad imaju funkciju:

— (1) osvetljenje indikatora merene udaljenosti;

— (2) osvetljenje pokretnog markera daljine — dugme ovog potencijometra treba pritisnuti i posle toga zakretati do pojave pokretnog markera daljine;

— (3) pokretni marker daljine — ovim dugmetom meri se udaljenost do željenih odraza, pomičući marker daljine na zaklonu katodne cevi, a položaj markera se očitava na indikatoru (3a);

— (4) ispitivanje podešenosti radara — dugme ima oprugu i dva položaja u kojima se nalazi dok se drži rukom (stalan položaj, *On* — isključeno; je u sredini), desni položaj namenjen je testiranju dijagrama zračenja antene, a levi položaj namenjen je merenju maksimalne struje kristala radara;

— (5) podešavanje (*Tuning*) — ovim dugmetom se menja frekvencija lokalnog oscilatora da bi se dobila željena međufrekvencija. Podešenost se kontroliše dugmetom 5a (magično oko) i to je onaj položaj dugmeta (5) pri kome je preklapanje svetlih polja magičnog oka najveće;

— (6) upućivanje radara — preklopnik ima četiri položaja — isključeno (*Off*) = radar i antena bez napona; priprema (*s'by*) = radar u režimu pripreme, antena se okreće; kratki impulsi (*short*) = u ovom položaju emituju se kratki impulsi; dugi impulsi (*long*) = emituju se dugi impulsi;

— (7) trenutno brisanje pramčanice;

— (7) uklanjanje smetnji od padavina;

— (9) izbor relativne slike — bira se prikazivanje relativno nestabilizovane slike ili relativno stabilizovane slike;

— (10) osvetljenje ploče s komandnim dugmadima;

— (11) osvetljenje zaklona katodne cevi;

— (12) postavljanje kursa — služi za postavljanje trenutne vrednosti kursa pri radu s relativno stabilizovanom slikom, tako da pramčanica pokazuje vrednost kursa na skali oboda katodne cevi. Dalje promene kursa dobijaju se sa žiro-kompasa;

— (13) uklanjanje smetnji od mora;

— (14) izbor područja rada — ima devet

položaja ($\frac{0,25}{0,05}$; $\frac{0,5}{0,25}$; $\frac{0,75}{0,25}$; $\frac{1,5}{0,25}$; $\frac{3}{0,5}$;

$\frac{6}{1}$; $\frac{12}{2}$; $\frac{24}{4}$; $\frac{48}{8}$), gde brojilac pokazuje

područje (krajnji domet), a imenilac udaljenosti između stalnih krugova daljine. Trenutni položaj ovog preklopnika na isti način se pokazuje i na otvoru (14a);

— (15) stalni krugovi daljine;

— (16) pojačanje — pojačavaju se odrazi na zaklonu katodne cevi;

— (17) merenje uglova.

4.3.6. Rukovanje i održavanje radara

Pre puštanja radara u rad potrebno je:

— proveriti da u blizini antene nema ljudi ili predmeta koji ometaju okretanje;

— da su dugmad za osvetljenje ekrana (11) i pojačanje (16) u krajnjem levom položaju;

— da su dugmad za uklanjanje smetnji od kiše (8) i mora (13) u krajnjem levom položaju.

Sa glavne razvodne ploče broda potrebno je dovesti napajanje do radara i puštiti ga u rad ovim redosledom:

— radar upućivati na srednjem području 6 (ili 12) milja, i to preklopnikom područje rada (14);

— preklopnik za upućivanje (6) postaviti u položaj pripravnosti;

— sačekati oko tri minute da se radar zagreje i za to vreme dugmetom za osvetljenje ekrana (11) zakretanjem udesno osvetliti ekran do pojave vremenske baze, a potom lagano vratiti ulevo da se ona jedva vidi;

— odabrati sliku pomoću preklopnika (29) ili (9);

— posle toga se pramčanica dovede da pokazuje 0° pomoću preklopnika 12,

— prema potrebi osvetliti ekran i pokretni marker daljine i njegove skale, a posle tri minuta preklopnik prebaciti u položaj emisija kratkih impulsa, dugmetom za podešavanje (5) podesiti radar, a potom dugmetom za pojačanje podesiti da ekran svetluca.

Ostalu dugmad koristiti po potrebi, a radar isključivati načelno obrnutim putem.

4.3.7. Merenje pramčanih uglova, azimuta i udaljenosti

Pramčani uglovi, azimuti i udaljenost nepokretnih i pokretnih objekata mere se radi dobijanja stajnice, vođenja broda i rešavanja taktičkih zadataka, kao i izbegavanja sudara.

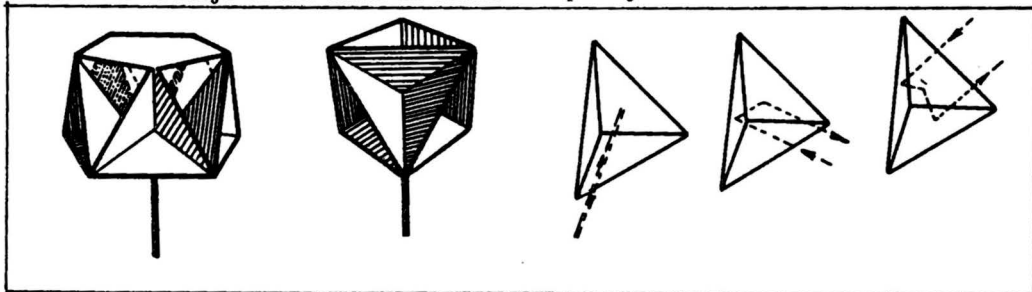
Pramčani ugao se meri na relativno nestabilizovanoj slici, tako da se središnja linija azimut-ploče dovodi na sredinu tačkastih odraza ili tangira odabrane ivice većih odraza. Vrednost pramčanih uglova očitava se na skali, a mere se samo desni pramčani uglovi.

Azimuti se mere pri relativno stabilizovanoj slici, a merenje je identično kao i kod pramčanih uglova, ali je očitana vrednost azimuta.

Udaljenost se meri dovođenjem pokretnog markera daljine na željeni objekat, a izmerena udaljenost očitava se na pokazivaču.

4.3.8. Primena u navigaciji

Radar je najsigurnije navigacijsko sredstvo za vođenje broda kada se dobro



Slika 211. — Radarski reflektori

identifikuju objekti na radarskoj slici i najnesigurnije kada se to ne učini. Zbog toga se radar nikada ne sme upotrebiti kao jedino navigacijsko sredstvo. Njegova prednost je u tome što se može koristiti noću, po magli i slaboj vidljivosti, u povoljnim uslovima pozicija mu je tačna, pozicija se određuje brzo i jednostavno, osigurava određivanje pozicije s jednim objektom u bilo kom trenutku, veoma je pogodan za izbegavanje sudara na moru, rešavanje taktičkih zadataka i koristi se i kao meteorološko sredstvo.

Nedostaci su mu: podložan je kvarovima, ima minimalnu i maksimalnu granicu otkrivanja objekata, ponekad je teško identifikovati objekte — što dovodi do pogrešne pozicije, prividno ispravan radar daje netačne informacije, manji objekti se teže uočavaju, ima senke, mrtve sektore i smetnje koje potiču od mora i atmosferskih padavina.

Uz radar se koriste sredstva i uređaji koji su dodatno postavljeni i izgrađeni objekti ili sklopovi koji nisu funkcionalno vezani za radar, ali omogućuju veći broj informacija u radarskoj slici. To su: radarski reflektori, radarski farovi „RAMARK”, radarski farovi „RACON”, elektroskopski uređaj i karte i radarske panorame.

Radarski reflektori su jednostavna pomoćna sredstva za obeležavanje radarskih pokrivenih smerova, obalske linije, teško uočljivih radarskih objekata, plovnih kanala i navigacijski opasnih područja. Sastoje se od metalnih dobro reflektujućih konstrukcija, u obliku diedra, tetraedra, oktaedra ili kombinacija. Otkrivaju se na udaljenostima do 10 M u povoljnim i do 5 M u nepovoljnim uslovima.

Radarski farovi „RAMARK” su kratkotalasni radio-predajnici koji emituju elektromagnetske talase radarskih frekvencija od 3.200 do 9.000 MHz, kontinuirano ili u vremenskim razmacima. To su „radarski svetionici” pomoću kojih se može odrediti azimut, ali ne i udaljenost.

Radarski farovi „RACON” su primopredajnici visokofrekventne elektromagnetske energije (radarske frekvencije), postavljeni na poznatim i označenim pozicijama.

Određivanje pozicije radarom izvodi se kao i osmotrena pozicija, a specifičnost je u tome što je merenje udaljenosti znatno tačnije od merenja uglova. Izmereni radarski azimuti ispravljaju se za poluširinu snopa u horizontalnoj ravni.

Radarska pozicija se može odrediti pomoću:

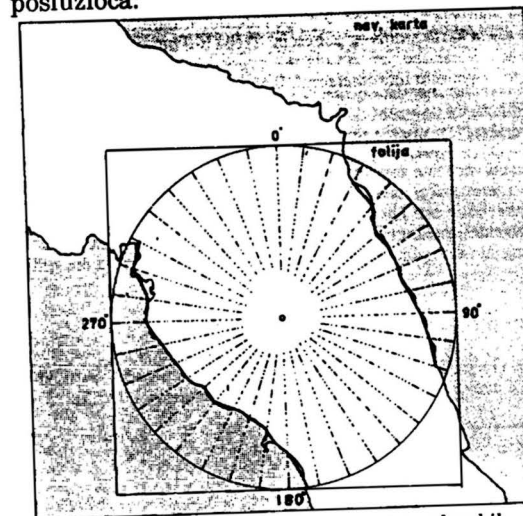
- dve ili više udaljenosti — to je najtačnija pozicija, a stajnica se nanosi šestom ili dvokrakim lenjirom;
- udaljenosti i radarskog (bolje vizuelnog) azimuta;
- dva ili više azimuta (u načelu najmanje tačna pozicija);
- dva horizontalna ugla.

Vođenje broda na osnovu pouzdane identifikacije markantnog objekta koristi se pri plovljenju uz obalu sa malo karakterističnih objekata, kada postoji više opasnih objekata ili „plićina” koje se ne detektuju na ekranu.

Vođenje broda na osnovu kontura kopna pogodno je za plovljenje uz nerazuđenu obalu, bez markantnih objekata, a realizuje se tako što se na prozirnrom papiru svakih 10° azimuta nanose udaljenosti do kopna u razmeri karte. Spajanjem dobijenih tačaka dobija se približna kontura obale.

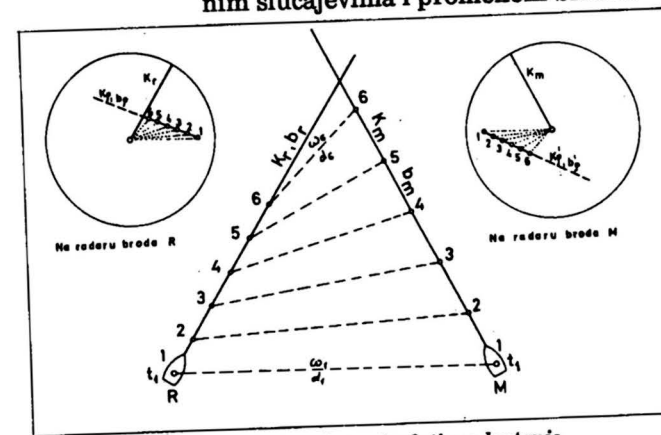
4.3.9. Primena radara u izbegavanju sudara na moru

Svaki radar, pored posebno građenih protivsudarnih radara, može da se koristi za izbegavanje sudara, ali za relativno mali broj odraza (3 do 4), zavisno od uvežbanosti poslužioca.



Slika 212. — Vođenje broda pomoću radarskih kontura kopna

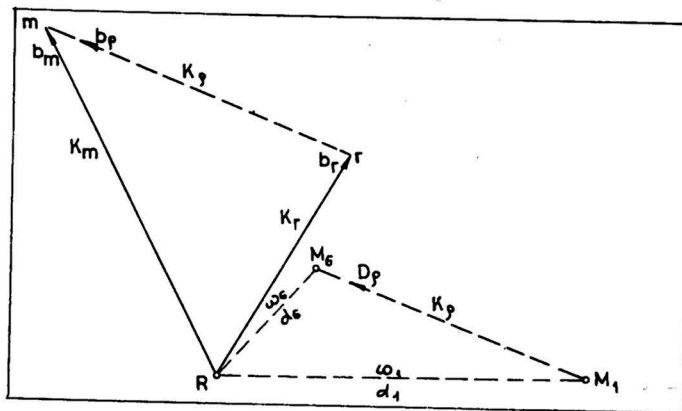
U izbegavanju sudara na moru u svemu se treba pridržavati „Pravila za izbegavanje sudara na moru” — izbegavati brodove od kojih pretil opasnost, a u sektoru pramčanih uglova od levo 10° do desno 112,5°. Manevar izbegavanja treba vršiti prvenstveno promenom kursa, a u izuzetnim slučajevima i promenom brzine.



Slika 213. — Apsolutno i relativno kretanje

Apsolutno i relativno kretanje brodova može se posmatrati samo u odnosu na nepokretne objekte (kopno, ostrva). Brodovi R i M, koji se kreću u kursovima K_r i K_m , brzinama b_r i b_m , u jednakim vremenskim intervalima prevaljuju uglove između tačaka 1 i 6. Njihov međusobni položaj stalno se menja, što se uočava merenjem azimuta i udaljenosti od w_1 i d_1 do w_6 i d_6 . Ovo apsolutno kretanje brodova posmatrano na ekranu radara svakog broda manifestuje se na drugi način. Kretanje drugog broda u odnosu na sopstveni naziva se relativnim kretanjem, a jasno se uočava na radarima s relativnom slikom. Ako se posmatra s broda R kretanje broda M, a na radarskom ekranu (R) označavaju tačke od 1 do 6 na kojima je odraz broda M, dobija se niz tačaka koje predstavljaju relativno kretanje, tj. relativni kurs K_q i relativnu brzinu b_q . Sopstveni brod R je nepokretan, uvek u središtu ekrana, a brod M se kreće po relativnom kursu K_q relativnom brzinom b_q .

Apsolutno kretanja ovih brodova posmatrano na radaru broda M daće drugačije relativno kretanje. Sada je brod M nepokretan u središtu ekrana, a brod R se kreće relativnim kursom K_q' i relativnom brzinom b_q' .



Slika 214. — Trougao prevaljenih puteva i trougao brzina

Relativno kretanje i svi elementi za rešavanje izbegavanja sudara dobijaju se merenjem azimuta (w) i udaljenosti (d) pomoću radara, i korišćenjem časovnika.

Zatim se posmatra samo radarska slika sopstvenog broda R i relativno kretanje nepoznatog broda M. Posmatrajući na radaru relativno kretanje broda M, može se konstruisati trougao prevaljenih puteva, koji čine:

- tačka R — sopstveni brod, nepomičan, uvek u središtu ekrana;
- tačka M — nepoznati osmotreni brod u trenutku prvog merenja w i d ;
- tačka M_i ($i = 2, 3, \dots$) — nepoznati brod u trenutku i -tog smeranja.

Stranice trougla su:

- RM_1 : w i d u trenutku prvog smeranja;
- RM_i : w i d u trenutku i -tog smeranja;
- M_1M_i : relativni kurs K_q i relativni put (D_q) čiji je smer uvek od M_1 do M_i .

Relativni put (D_q) nepoznati brod će preći za vreme od t_1 do t_i .

Trougao brzina se dobija od elemenata apsolutnog i relativnog kretanja, a čine ga vektori:

- vektor \vec{r} , stvarni kurs K_r i brzina b_r sopstvenog broda;
- vektor \vec{m} : stvarni kurs K_m i brzina b_m nepoznatog broda;

— vektor \vec{b}_q : relativni kurs K_q i relativna brzina b_q .

Ovaj vektor ima uvek isti smer kao i relativni D_q , paralelan je sa njim i vodi od r ka m .

Zadatak se rešava zatvaranjem ova dva trougla, pri čemu su pojedini elementi poznati, a neki se traže. Ovi zadaci se uspešno rešavaju na manevarskom dijagramu, koji je sačinjen tako da se uglovi, udaljenosti i brzine nanose brzo i jednostavno. Ako su udaljenosti veće od 10 M ili brzine od 10 čv, onda se radi u razmeri (sa strane

dijagrama nalaze se razmernici 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1 i 5 : 1), a za proračun brzine, prevaljenog puta i vremena koristi se logaritamska skala (ispod dijagrama).

Određivanje minimalne daljine prolaska dva broda izvodi se na sledeći način:

— ucrtta se tačka M_1 mereći w i d nepoznatog broda s radara i uključi štoperica ili upiše vreme, a posle 3 i 6 minuta ucrtta se tačka M_2 i M_3 (vremenski interval od 6 minuta nije obavezan, ali je pogodan za proračun relativne brzine). Linija M_1 do M_3 predstavlja relativni put D_q nepoznatog broda za proteklo vreme;

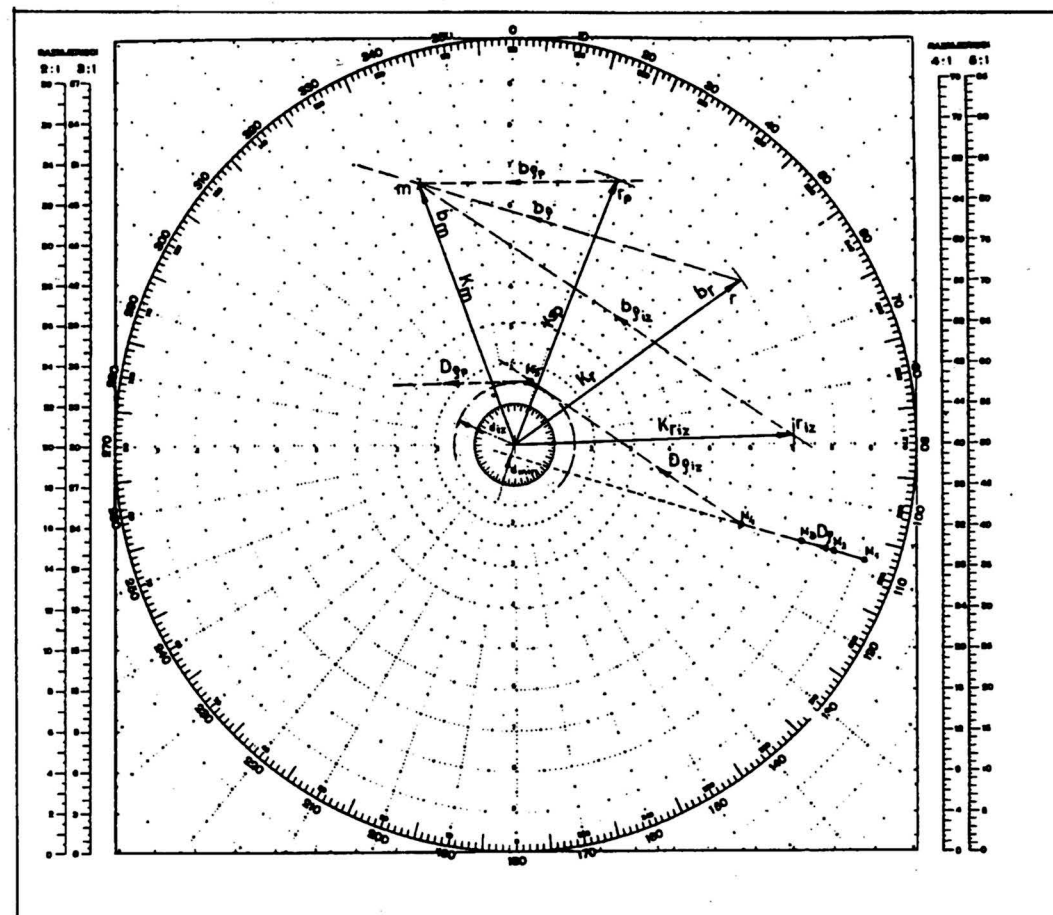
— produžetak D_q predstavlja relativni put kojim će se kretati nepoznati brod ako oba broda ne menjaju kurs i brzinu. Ako produžetak D_q vodi tačno u središtu dijagrama, sudar je neminovan. Vertikala iz

središta dijagrama na produžetak D_q predstavlja minimalnu daljinu prolaska (d_{min}), a ako je ona manja od 1 M, smatra se da postoji opasnost od sudara.

Određivanje kursa i brzine nepoznatog broda je nastavak prethodnog zadatka:

— ucrtta se vektor r , tj. sopstveni K_r i brzina b_r u pogodnoj razmeri (kurs i brzina nepoznatog broda dobije se zatvaranjem trougla brzina);

— paralelno sa D_q i u istom smeru povuče se vektor relativne brzine b_q , ali da polazi iz vrha vektora r ;



Slika 215. — Grafičko rešavanje problema izbegavanja sudara na moru

— sa izmerenom vrednošću D_q i vremenom između prvog i poslednjeg merenja w i d na nepoznati brod (tj. navedenih 6 min) izračuna se relativna brzina b_q i u istoj razmeri brzine nanese na ucrtani b_q . Dobijena tačka je vrh vektora \vec{m} , a njenim spajanjem sa središtem dobije se K_m i brzina b_m nepoznatog broda.

Ako je vreme između prvog i drugog merenja $t = 6$ minuta, tada je b_q jednako desetostrukoj vrednosti D_q , tj. jednako relativnom putu D_q (u kablovima).

Određivanje kursa sopstvenog broda za prolazak na određenoj udaljenosti rešava se kao što je prikazano na slici 215:

— na produžetku relativnog puta D_q ucrtana se tačka M_4 (na oko 6 M), koja predstavlja položaj nepoznatog broda kada treba da počne izbegavanje;

— od središta dijagrama ucrtana se kružnica radijusa izbegavanja (d_{iz}), koja predstavlja minimalnu daljinu na kojoj se želi izbeći nepoznati brod. Na kružnicu d_{iz} povuče se tangenta iz tačke M_4 , ali tako da seče sopstveni kurs K_r . Ta tangenta sa smerom od M_4 ka d_{iz} predstavlja relativni put D_{qiz} po kome će se kretati nepoznat brod za vreme izbegavanja;

— paralelno sa D_{qiz} i u istom smeru povuče se relativna brzina izbegavanja b_{qiz} , ali tako da se završava u vrhu vektora \vec{m} ;

— sopstvenom brzinom b_r iz središta dijagrama preseče se ucrtani b_{qiz} , i to je vrh vektora \vec{r}_{iz} . Spojnica središta dijagrama sa r_{iz} predstavlja sopstveni kurs izbegavanja K_{riz} , u koji treba okrenuti kada se brod nađe u tački M_4 .

Posle izbegavanja brod se mora vratiti u kurs kojim je ranije plovio, a za to treba proračunati kurs povratka:

$$\frac{K_{riz} \text{ (kurs izbegavanja)} - K_r \text{ (kurs pre izbegavanja)}}{\Delta K \text{ (promena kursa)}}$$

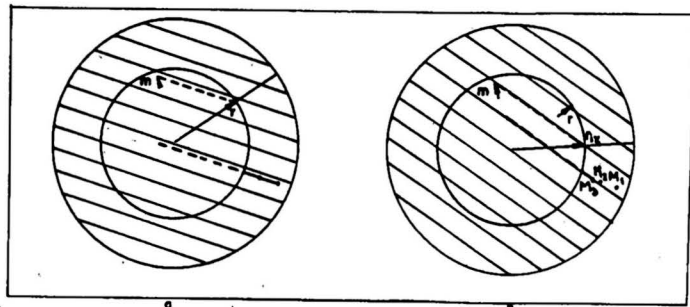
$$\frac{K_r - \Delta K}{K_{rp} \text{ (kurs povratka na liniju kursa pre izbegavanja)}}$$

Plovidba u kursu povratka treba da bude vremenski jednaka onoj u kursu izbegavanja, a potom okrenuti u osnovni kurs (K_r).

4.3.10. Postupak za rad na Decca plottu

Izbegavanje sudara na moru može se rešiti direktnim radom na Decca plottu, bez korišćenja manevarskog dijagrama. Tačke se na Decca plottu beleže specijalnom olovkom, a u načelu postupak je isti kao i na manevarskom dijagramu, ali se neki od elemenata ne ucrtavaju. Radar radi obično na području od 12 M.

Postavi se pokretni marker daljine na sopstvenu brzinu u nekoj razmeri (npr. 15 čv = 5 M) i u preseku s pramčanicom ucrtana se strelica i označi sa r . Ucrtana se tačka M_1 i uključi štoperica. Posle šest minuta označi se ponovo položaj nepoznatog broda (tačka M_2). Spojice se obe tačke, to je D_q .



Slika 216. — Postupak po Decca plottu

Postavi se potom azimut ploča tako da paralelne linije budu paralelne sa D_q . Ako produženi D_q vodi unutar 1 M od središta ekrana, preči opasnost od sudara.

Izmeri se veličina D_q tako da se šestom ili lenjirom nanese od središta ka oboju (u bilo kom azimutu) i markerom daljine očita se vrednost D_q . Tako dobijena vred-

nost se pomnoži sa 10, i to je b_q u čvorovima. Potom se marker daljine postavi na vrednost b_q u ranijoj razmeri. Uzme se u šestar dužina od središta do markera daljina (to je b_q) i nanese po paralelnim linijama od tačke r u istom smeru kao D_q . U dobijenoj tački označi se strelica, i to je vrh vektora \vec{m} . Tako su dobijeni kurs (K_m) i brzina (b_m) nepoznatog broda (vrednosti nisu potrebne pri izbegavanju sudara).

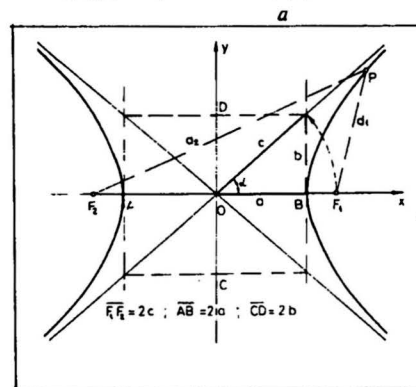
Postavi se marker daljine na sopstvenu brzinu kroz tačku r i ucrtana trenutni položaj broda (to je tačka M_3). Postavi se azimut ploča tako da prva paralelna linija prolazi kroz tačku M_3 i tada će daljina izbegavanja biti $d_{iz} = 2 M$.

Kurs povratka K_{rp} izračunava se kao i na manevarskom dijagramu.

4.4. HIPERBOLIČNA NAVIGACIJA

4.4.1. Hiperbola kao stajnica

Hiperbolična navigacija za vođenje broda (određivanje pozicije) koristi hiperbolu kao stajnicu. Hiperbola kao stajnica je u principu određena razlikom udaljenosti do dve radio-predajne stanice, a u praksi se hiperbola dobija merenjem azimuta, udaljenosti, razlike udaljenosti, razlike faze, razlike frekvencije ili merenjem dva od navedenih elemenata.



Slika 217. — Hiperbola

Matematička definicija hiperbole glasi: hiperbola je geometrijsko mesto tačaka rav-

ni koje imaju konstantnu razliku udaljenosti od dve fiksne tačke — žarišta. F_1 i F_2 su žarišta (fokusi) na realnoj osi i na međusobnoj udaljenosti $2c$, A i B su temena na udaljenosti $2a$, O je središte ose, CD je imaginarna osa ($2b = 2 \sqrt{c^2 - a^2}$), a e je ekscentricitet hiperbole $e = \frac{c}{a} > 1$.

U pravouglom koordinatnom sistemu u kome se realna osa poklapa sa x -osom, a imaginarna sa y -osom normalna jednačina hiperbole je:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

Iz ove jednačine se vidi da je svaka hiperbola simetrična u odnosu na obe ose koordinatnog sistema, što znači da za neku razliku udaljenosti hiperbola može ležati u bilo kome od četiri kvadranta. Neodređenost kvadranta u kome leži neka tačka na hiperboli u navigaciji se isključuje poznavanjem određenih geografskih elemenata ili različitim tehničkim metodama.

U principu razlika udaljenosti dobija se iz vremena koje je potrebno da istovremeno emitovani signali dve stanice stignu na antenu broskog prijemnika. Na osnovu brzine širenja talasa, vremena predaje i prijema signala određuje se udaljenost do jedne i druge stanice, a razlici tih udaljenosti pripada određena hiperbola, odnosno grana hiperbole bliža predajnoj stanici od koje je prvo signal primljen.

Hiperbolični navigacijski sistemi koriste nekoliko načina određivanja hiperbole kao stajnice:

— impulsni način: merenje razlike vremena prijema dva impulsa kopnenih stanica (Loran A),

— fazni način: merenje razlike u fazi prijema signala od dve kopnene stanice (Decca, Omega),

— azimutalni način: merenje smeru na radio-predajnik (Consol),

— frekventni način: merenje razlike u frekvenciji primljenih signala (SATNAV Transit) i

— kombinacija navedenih načina: impulsno-fazni (Loran C) itd.

4.4.2. Azimutalni hiperbolični navigacijski sistemi

To su oni sistemi kod kojih se posrednim ili neposrednim načinom meri smer ortodrome. Danas se u upotrebi nalazi vrlo malo ovih sistema, jer je to najstariji hiperbolični sistem, ali je njegova primena jednostavna na svim brodovima.

Sistem CONSOL za određivanje stajnice koristi običan brodski radio-prijemnik koji može primati frekvenciju opsega od 200 do 400 kHz na kojima emituju sve radio-stanice sistema CONSOL. Kako na istom frekventnom području emituju i radio-farovi, to se može koristiti i brodski radio-goniometar za određivanje stajnice (tada se koristi samo štap-antena goniometra).

Sistem CONSOLAN je modifikovani oblik CONSOL-a.

4.4.3. Impulsni hiperbolični navigacijski sistem

Impulsna metoda određivanja stajnice podrazumeva merenje vremena potrebnog da signal predajne stanice prevali put do prijemnika, a to merenje, u stvari, predstavlja određivanje udaljenosti.

Sistem LORAN—A je hiperbolični sistem velikog dometa, a ime mu dolazi od engleskog naziva *Long Range Navigation*.

Princip rada zasniva se na merenju razlike vremena prijema dva kratka impulsa koje sinhronizovano emituje par predajnih stanica čije su antene na tačno određenim pozicijama. Jedna stanica (M) ima ulogu glavne, a druga je pomoćna (A). Razlika udaljenosti do broda (Δd) i stanica M i A određuje se na osnovu razlike vremena ($t_1 - t_2$) prijema impulsa:

$$\Delta d = d_1 - d_2 = c (t_1 - t_2), \text{ gde je:}$$

c = brzina rasprostiranja elektromagnetskih talasa.

Pošto se razlika udaljenosti prikazuje kao dve grane hiperbola u prostoru između žarišta, to je hiperbola kao stajnica neodređena. Zbrojena pozicija može pokazati od koje stanice je primljen prvi signal, ali u blizini simetrale, kad je razlika udaljenosti blizu nule, postojala bi neodređenost pozicije, a da bi se ta neodređenost eliminisala, pomoćna stanica emituje sa zakašnjenjem u odnosu na vreme glavne stanice. Na taj način brod uvek primi najpre impuls glavne, a potom pomoćne stanice.

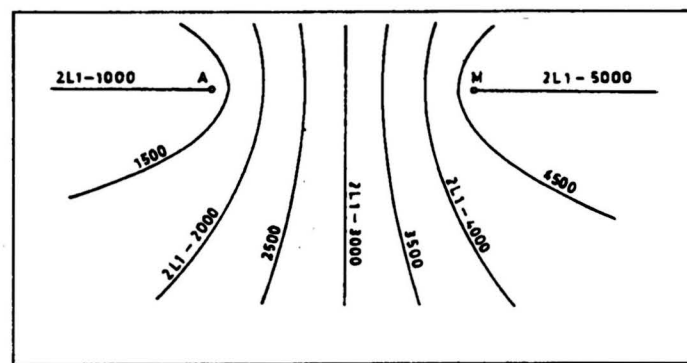
Glavna stanica ima onoliko broj predajnika koliko lanac ima pomoćnih stanica. Svaki predajnik emituje na istoj frekvenciji, ali sa različitom frekvencijom ponavljanja impulsa. Pomoćna stanica je opremljena prijemnikom i predajnikom. Glavna stanica emituje kratke impulse u vremenskom intervalu. Posle prijema impulsa glavne stanice, predajnik pomoćne stanice emituje svoj impuls iste dužine, ali tek posle isteka zakašnjenja.

LORAN—A koristi frekvencije od 1.950 kHz i 1.850 kHz.

Za identifikaciju jednog para LORAN—A sistema stanice ne emituju pozivni znak, već se identifikacija vrši na osnovu radne frekvencije i ponavljanja impulsa. Da bi se omogućilo da radi veći broj parova sistema, predviđeno je šest osnovnih frekvencija ponavljanja impulsa, a svaka od njih može imati osam specijalnih frekvencija ponavljanja impulsa.

U navigacijskim publikacijama par stanica LORAN—A označen je brojem radne frekvencije, slovom ili sa dve osnovne frekvencije ponavljanja impulsa i brojem koji označava specifične frekvencije ponavljanja impulsa. Istom su kombinacijom brojeva i slova označene na karti i hiperbole koje pripadaju jednom paru stanica, a toj oznaci identiteta para dodati je i broj vrednosti razlike vremena za svaku hiperbolu.

Pomoćne stanice jednog lanca postavljene su tako da se hiperbole parova seku pod što povoljnijim uglom (između 30° i 150°) na većem delu zone prekrivanja jednog lanca i na međusobnoj udaljenosti od 200 do 400 M.



Slika 218. — Označavanje hiperbola na karti

Emisije LORAN stanica na brodu primaju se preko posebnog prijemnika, koji je sada, u stvari, kombinovani prijemnik za prijem signala sistema LORAN—A i LORAN—C. Kod najnovijih prijemnika manipulisanje je potpuno automatsko, pa su lične greške operatora isključene.

Na katodnoj cevi ovih prijemnika impuls glavne stanice uvek se pojavljuje na gornjoj, a pomoćne na donjoj vremenskoj bazi. Za izabrani par stanica ta dva impulsa su nepokretna, a pored njih se mogu videti i pokretni impulsi bliskih stanica LORAN—A, koje rade na manjim udaljenostima od izabranog para i na istoj frekvenciji.

Posle prijema signala, određivanja vremena zakašnjenja (Δt), pristupa se ucrtavanju stajnice i određivanju pozicije koristeći kartu LORAN ili tablice. Stajnica se prenosi na drugu kartu na jedan od uobičajenih načina.

Dve ucrtane stajnice na karti LORAN u svom preseku daju poziciju koja se sa geografskom širinom i dužinom prenosi na pomorsku kartu.

Kad god je moguće, poziciju treba odrediti sa tri stajnice stanica LORAN.

Karte sistema LORAN—A konstruisane su u Merkatorovoj projekciji i služe za ucrtavanje pozicije dobijene korišćenjem parova LORAN—A. Za tu svrhu su na karti ucrtane mreže hiperbola jednog ili više parova stanica, a izostavljeni su hidrografski i navigacijski podaci, kao što su dubine, sve-

tionici itd. Ova karta nije navigacijska karta, pa se pozicija određena pomoću dve ili više hiperbola prenosi na pomorsku kartu koja se koristi za navigaciju u određenom području.

LORAN—A karte konstruisane su najčešće u sitnoj razmeri. U zavisnosti od razmere hiperbole su ucrtane s povećanjem od 10, 20, 50, 100 ili $200 \mu s$, pa je gotovo uvek potrebna interpolacija prilikom ucrtavanja vremenskog zakašnjenja. Hiper-

bole su na karti označene oznakom para (npr. 3H1, 3H0 itd.) i brojem koji označava vremensko zakašnjenje. Hiperbole su ucrtane u boji, koja je različita za svaki par.

LORAN—A tablice sadrže koordinate tačaka presečišta hiperbola (za svaki par stanica) sa meridijanima i paralelama. Koriste se kada nema karte LORAN—A. Tablice su proračunate tako da se deo hiperbole između dva bliska meridijana ili paralele prikazuje kao pravac. Pri tome mogu nastupiti dva slučaja:

— hiperbola zatvara s meridijanom ugao veći od 45° , tada se koordinate tačaka P_1 i P_2 , koje će spojene dati deo hiperbole, dobijaju tako što se u tablicu ulazi s dve bliske geografske dužine (obično istočne prva, a zapadne druga od zbrojene pozicije broda) i iz tablice se dobijaju dve geografske širine. Sa izabranim geografskim dužinama i širinama iz tablica ucrtavaju se tačke P_1 i P_2 ;

— hiperbola zatvara sa meridijanom ugao manji od 45° , postupak je obrnut, u tablicu se ulazi sa dve bliske geografske širine (jedna severno, a druga južno od zbrojene pozicije), a iz tablica se dobijaju dve geografske dužine.

Izbor ulaznih podataka nije problem, jer su tablice sastavljene na osnovu ugla preseka hiperbole s meridijanom. Ulazni elementi za tablice su: geografska širina (ili dužina) zaokružena na čitav stepen ili $30'$,

veličina izmerenog zakašnjenja i oznaka para stanica.

Tablice LORAN—A sastavljene su za prijem površinskih talasa. U prijemu prostornih talasa potrebno je pre ulaska u tablicu popraviti očitano zakašnjenje, a podaci o veličini korekture dati su u posebnim tablicama.

Domet LORAN—A sistema se kreće između 600 i 900 milja danju, a noću 1.400 M. Danju se primaju samo direktni (površinski), a noću i površinski i prostorni talasi.

Sistem LORAN—C razvijen je iz sistema LORAN—A, a razlikuje se u sledećem: koristi niže frekvencije (100 kHz), ima veći domet uz smanjenje snage predajnika na 300 kW (1.200 M za površinski talas i 2.300 M za jednostuko odbijeni i 3.400 za dvostruko odbijeni prostorni talas) ima veću tačnost i prekriva veći prostor.

(Slika 219. nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Broj lanaca ovog sistema stalno se povećava na račun sistema LORAN—A.

Predajne stanice (M je glavna, a W, X, Y i Z su pomoćne stanice jednog lanca) emituju grupu od osam impulsa dužine 135 μ s, sa razlikom vremena od 1.000 μ s između dva impulsa. Vremensko zakašnjenje emisija pomoćnih stanica u odnosu na glavnu je takvo da je na bilo kojoj tački područja prekrivenosti lancem LORAN—C redosled prijema signala pomoćnih stanica uvek isti, tj. posle prijema impulsa glavne najpre se prime impulsi pomoćne stanice W, a zatim redom X, Y i Z.

Glavna stanica, zbog raspoznavanja od pomoćnih, emituje dodatni impuls istog trajanja 2.000 μ s posle osmog impulsa. Emisijom osam impulsa umesto jednog, smanjuju se šumovi i druge smetnje.

Stariji prijemnici na brodu koriste katodnu cev za osmatranje i merenje razlike vremena prijema impulsa glavne i pomoćne stanice. Prednost prijemnika katodnom cevi jeste u mogućnosti ocenjivanja kvaliteta prijema signala i određivanja nosioca signala, a na osnovu toga i mogućnost izbora odgovarajuće popravke. U nedostatke spadaju mala tačnost i duže vreme merenja.

Automatski prijemnici bez katodne cevi primaju istovremeno dva para stanica i daju dve razlike vremena, tako da je pozicija određena s dve stajnice u jednom momentu osmatranja. Ovi prijemnici imaju dva načina rada. Prvi način služi za upoređivanje treće oscilacije impulsa, i to do pet puta u sekundi, ali samo na prijemu površinskih talasa na udaljenosti do 1.000 M od stanica. Kad signali postanu slabi, koristi se drugi način rada — prema sedmoj oscilaciji, čija je amplituda najveća.

Osnovna karakteristika prijemnika jeste primena mikroprocesora najnovije tehnologije i vrlo razvijenog programa koji svodi ulogu operatora na minimum, uz povećanje tačnosti merenja i mogućnost rešavanja i drugih navigacijskih zadataka.

Navigacijske mogućnosti prijemnika su:

— geografska širina i dužina (stepeni, minute i stotinke minuta) trenutne pozicije (nisu potrebne karte LORAN ili tablice);

— vreme plovidbe do izabrane pozicije i odstupanje od kursa;

— trenutni pravi kurs i brzina preko dna,

— vreme i tačnost pozicije (u stopama),

— razlika između stvarne pozicije i one na koju brod treba da dođe;

— broj pozicije na koju brod treba da dođe i broj pozicije s koje je brod krenuo (moguće je planirati 24 pozicije);

— geografska širina i dužina neke od 24 pozicije;

— navigacijski parametri i njihov broj (na primer, varijacija, popravka vremena i dr.).

Ucrtavanje stajnica na kartu LORAN—C na osnovu merenja razlike vremena prijema signala para stanica pomoću starijih prijemnika s katodnom cevi potpuno je isto kao i kod sistema LORAN—A. Presecište dve hiperbole (ili više) daje poziciju broda.

(Slika 220 nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Kod savremenih prijemnika, mikroprocesor pretvara vrednost razlike vremena dva para stanica u geografske koordinate pozicije broda. Očitane vrednosti se ucrtavaju

vaju na pomorsku kartu, a na tačkama okreta u novi kurs odmah po završetku okreta.

Karte LORAN—C veoma su slične kartama LORAN—A sistema. Hiperbole su označene slovima, brojem, slovom pomoćne stanice i brojem koji označava razliku vremena u μ s. Hiperbole su ucrtane za neku razliku Δt i posebnom bojom za svaki par.

Domet LORAN—C sistema zavisi od nosioca impulsa i iznosi:

— do 1.200 M za površinske talase,

— do 2.300 M za jednom odbijene prostorne talase i

— do 3.400 M za dvostruko odbijene talase.

4.4.4. Fazni hiperbolični navigacijski sistemi

Princip rada ovih sistema zasniva se na merenju fazne razlike dva primljena sistema emitovanih s dve predajne stanice. To su najbrojniji hiperbolični navigacijski sistemi.

Sistem Decca omogućava određivanje pozicije broda na srednjim udaljenostima od predajnih stanica s visokom tačnošću i zbog toga su lanci ovih stanica postavljeni na najprometnijim pomorskim putevima.

Kopnena komponenta sastoji se od četiri predajne stanice (glavne — M i tri pomoćne — C, Z i V). Pomoćne se obeležavaju kao i odgovarajuće hiperbole na kartama: crvena (C), zelena (Z) i violetna (V). Glavna stanica je u središtu približno jednakokraničnog trougla, a udaljenost između glavnih i pomoćnih iznosi 60—120 milja. Tako je omogućeno određivanje pozicije sa tri hiperbole, odnosno sa tri stajnice koje se međusobno seku pod povoljnim uglom.

Predajne stanice emituju kontinuirano elektromagnetske talase određene frekvencije, a osnovna frekvencija za sve lance sistema DECCA iznosi 14,0166 do 14,3175 kHz.

Brodski prijemnik Mark 21, koji je pred prijemnika Mark 30 danas u upotrebi, ima digitalni identifikator pojaseva i tri ana-

logna dekametra koji pokazuje rezultate tačnog i grubog merenja razlike u fazi.

Prednja ploča prijemnika Mark 21 sastoji se od dva dela: gornji deo sa dekametri- ma i donji, manipulativni, koji se može poklopcem zatvoriti. Dekametri imaju dugme za ručno postavljanje zone i pojasa posle čega se slovo zone i broj pojasa na prozorčiću tokom rada menjaju jer su mehanički spojeni s kazaljkom stotinki pojasa. S leve strane je digitalni pokazivač broja pojasa, a u desnom donjem uglu je indikator koji pokazuje uslove prijema signala.

Donji manipulativni deo prednje ploče sadrži dva prekidača za postavljanje slova i broja lanca Decca, prekidač za izbor načina rada, dugmad za podešavanje nule za svaki dekametar i dugme kojim se zaustavlja kretanje kazaljki dekametra.

Prijemnik je obično montiran u navigacijskoj kabini, a na brodovima gde je podatak o poziciji potreban i na drugim mestima nalazi se pomoćni pokazivač.

DECCA prijemnik daje stalno tri stajnice koje omogućavaju ucrtavanje pozicije na kartu Decca.

Sistem DECCA se može koristiti i za proveru manevarskih elemenata broda (brzina, inercija i krug okreta broda), a u povoljnim uslovima i za približnu ocenu o veličini nastale devijacije magnetskog kom-pasa.

(Slika 221 nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Karte DECCA obično su pomorske karte, koje su različitim bojama doštampane hiperbolama lanca DECCA.

Domet lanca DECCA zavisi od uticaja prostornih talasa na površinske, geometrijskog rasporeda stanica i odnosa korisnog signala i šumova. Danju, kad je moguć prijem samo površinskih talasa, može se očekivati domet od 350 M, a noću do 175 M.

Pošto je za brodove specijalne namene potrebna visoka tačnost određivanja pozicije, kružno pokretanje kazaljki pretvara se u pravolinijsko kretanje pisaljke na karti DECCA, pa se tako automatski crta kurs i prevaljeni put.

Sistem OMEGA ima osam predajnih stanica (A — Norveška, B — Liberija, C — Havaji, D — Severna Dakota, E — Le Reunion, F — Argentina, G — Australija i H — Japan), koje prekrivaju čitav svet. Elektromagnetski talasi, frekvencije 10,2 kHz, prodiru i u more, na dubinu od 10 do 30 m, a korisni signali mogu se primati i na 10.000 km od predajnika. Prijem površinskih i prostornih talasa moguć je na udaljenosti od 650 do 700 M.

Predajne stanice sistema OMEGA postavljene su na velikim rastojanjima (do 6.000 M), a emisije su po vremenu i fazi sinhronizovane u odnosu na univerzalno vreme. Svaka predajna stanica ima jedan ili više cezijum-atomskih oscilatora koji stvaraju oscilacije, čija je frekvencija u odnosu na druge vrste oscilatora stabilna. Zbog toga nije ni potrebna podela na glavne i pomoćne stanice, već su one međusobno nezavisne. Na osnovu emisije bilo koje dve stanice može se meriti fazna razlika, sa četiri stanice moguća je kombinacija šest stajnica, a sa šest stanica 28 stajnica.

Predajne stanice emituju signale na tri frekvencije — 10,2 kHz, 13,6 kHz i 11,33 kHz. Jedan ciklus, u kome svih osam stanica emituje signale na sve tri frekvencije po strogo određenom vremenskom rasporedu, traje 10 s.

Neki brodski prijemnici imaju katodnu cev koja omogućava vizuelnu sinhronizaciju prijemnika. Vremenska baza ima podelu u sekundama, a iznad nje se nalazi slika primljenih signala frekvencije 10,2 kHz svih osam predajnih stanica, i to onim redom kojim su primani. Najbliža stanica ne mora imati i najjači signal.

Automatski prijemnici razlikuju se po broju i načinu prezentiranja navigacijskih podataka, tehničkim karakteristikama i mogućnostima ugrađenog mikroprocesora i po obimu posebnih manipulativnih intervencija operatora.

Neki od prijemnika imaju navigacijski računar koji služi za proračun geografskih koordinata i drugih navigacijskih elemenata. Ulazni podaci se uvode iz prijemnika ili se unose pomoću tastature, a katodna cev

služi kao pokazivač. Na ekranu računara stalno su prikazani sledeći podaci:

— datum, srednje griničko vreme i upozorenje kada je OMEGA pozicija netačna, kad prijemnik pokazuje zbrojenu poziciju, pri pogrešnom uvodu podataka pomoću tastature;

— geografska širina i dužina trenutne pozicije, kurs i brzina;

— geografska širina i dužina pozicije odredišta (dolaska), udaljenost, kurs i potrebno vreme plovljenja do te pozicije;

— slovne oznake četiri para stanica OMEGA.

Parove stanica bira operator na prijemniku, a rezultati merenja fazne razlike mogu se očitati na:

— digitalnom pokazivaču,

— rekorderu i

— malom digitalnom pokazivaču.

Način određivanja pozicije zavisi od prijemnika, kojim je brod opremljen. Naime, automatski prijemnik daje koordinate pozicije, a običan prijemnik daje brod i stotinke pojasa za jedan ili više parova stanica.

Karte OMEGA su konstruisane u Merkatorovoj projekciji, ali se ne koriste u navigaciji. Pozicija sa karte OMEGA uvek se prenosi na pomorske karte, gde su ucrtani i svi ostali navigacijski podaci za područje plovidbe. Na ovim kartama su ucrtane hiperbole s faznom razlikom u stepenima, ali ne sve, već svaka treća. One predstavljaju i granice zone određene upoređenjem fazne razlike na 3,4 kHz. Svaka od tih hiperbola nosi i slovnu oznaku para, a broj pojasa predstavlja granice šire zone koja je dobijena merenjem fazne razlike na frekvenciji 1,13 kHz. Hiperbole koje pripadaju različitim parovima štampane su drugačijim bojama, a na jednoj karti OMEGA nije nikad prikazano više od četiri para stanica. Ove karte konstruisane su u razmeri 1 : 2.187.400, a deo je konstruisan u razmeri 1 : 500.000.

Domet sistema OMEGA praktično je neograničen, jer se na bilo kojoj tački Zemlje mogu uvek izmeriti fazna zakašnjenja signala bar za nekoliko parova stanica.

4.5. SATELITSKA NAVIGACIJA

4.5.1. Satelitski sistemi

a) Satelitski sistem TRANSIT

Satelitski sistem TRANSIT instalirale su SAD 1964. godine u vojne svrhe, a od 1967. godine koristi se i u komercijalne svrhe.

Sačinjavaju ga:

— šest veštačkih satelita,

— četiri stanice za praćenje satelita,

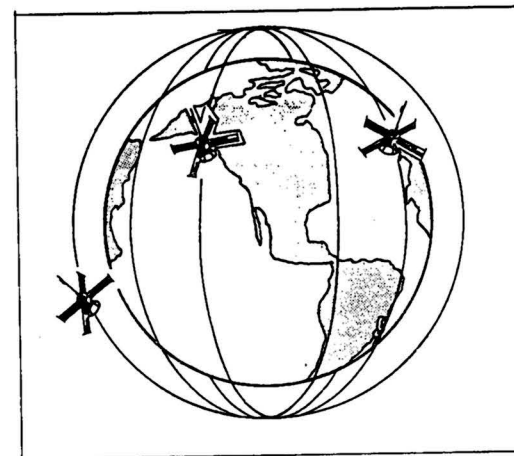
— pomorska opservatorija vremena,

— kontrolni centar,

— računski centar,

— centar za predaju popravaka putanje satelita i

— promenljiv broj prijemnika na korisnicima.



Slika 222. — Šematski prikaz satelita na putanjama

Veštački Zemljini sateliti ovog sistema kruže oko Zemlje u polarnim orbitama po punom krugu, čineći svojim putanjama „kavez” unutar koga se Zemlja okreće oko svoje ose. Satelit obiđe Zemlju za 107 minuta, na visini od oko 1.075 km iznad Zemlje, i u toku jednog dana načini 13,5 revolucija. Sateliti se kreću u približnom

pravcu sever—jug na jednoj polulopti, a jug—sever na protivmeridijanima. Drugim rečima, kretanje satelita za jednog posmatrača, na primer na $\varphi = 48^\circ \text{ N}$ u toku 12^{h} je u jednom smeru, a u drugih 12^{h} u drugom smeru.

Promena azimata izlaska i zalaska satelita posledica je rotacije Zemlje i konvergencije meridijana, usled čega se menja lučno rastojanje putanje satelita od meridijana mesta. Zbog toga je svaki sledeći obilazak satelita pomeren ka zapadu.

Stanice za praćenje satelita kontinuirano prate i određuju stvarne položaje satelita i te podatke šalju u kontrolni centar. Ove stanice čine lanac koji se prostire od $\lambda = 70^\circ \text{ W}$ do 160° W i $\varphi = 20^\circ \text{ N}$ do 45° N .

Pomorska opservatorija vremena nalazi se u državi Karolina, a daje podatak o tačnom griničkom vremenu kontrolnom centru.

Kontrolni centar u državi Kalifornija objedinjuje podatke svih stanica za praćenje satelita, i tako dobijene stvarne položaje satelita upoređuje sa unapred proračunatim elementima, određujući veličinu odstupanja. Ti podaci se prosleđuju u računski centar.

Računski centar takođe se nalazi u Kaliforniji. Na osnovu utvrđenih odstupanja proračunava buduće položaje svih satelita za narednih 16 sati, i prosleđuje ih u centar za predaju popravaka putanja.

Centar za predaju popravaka putanja satelita smešten je u državi Minesota. On predaje elemente unapred proračunatih putanja satelita i njihovih popravaka u navigacijskoj poruci svakom satelitu jedanput u toku 12 sati.

Svaki korisnik, kada jedan od satelita prolazi iznad njegovog horizonta, preko prijemne antene u određenom vremenu prima sa satelita emitovanu navigacijsku poruku. Poruka se preko prijemnika vodi u računar, gde na video-displeju ili telepisacu izlaze podaci čitavog navigacijskog sistema TRANSIT (geografska dužina i širina korisnika).

Svaki satelit emituje navigacijsku poruku posle svake parne minute na dve frekvencije (150 MHz i 400 MHz). Poruka traje tačno dva minuta, što znači da satelit započinje emisiju tačno na početku neparne minute i završava je na kraju druge minute.

Svaki prijemnik korisnika ima uz vrlo stabilan oscilator, koji generiše frekvenciju (150 MHz i 400 MHz) i atomski sat visoke tačnosti koji registruje momenat prijema emitovanog signala. Očigledno je da će vreme koje protekne od momenta emisije do momenta prijema signala biti funkcija udaljenosti predajne od prijemne antene. To znači da prijemnik meri razliku kosih udaljenosti između prijemnika i satelita od momenta jedne emisije do naredne emisije tačno dva minuta.

(Slika 223 nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

Brodске prijemne uređaje sačinjavaju antena, prijemnik, računar i pokazivač (video-displej).

Standardni navigacijski podaci daju se kontinuirano bez posebne komande, a obuhvataju:

- vreme od poslednje pozicije dobijene pomoću satelita (DRT),
- geografsku širinu (LAT),
- geografsku dužinu (LON),
- griničko srednje vreme (GMT),
- brzinu broda (SPEED) i
- kurs broda (HDG).

Mogu se dobiti i posebne navigacijske informacije na zahtev, tako što se koristi dvocifreni kôd i ulaz preko tastature, kao što su:

- kurs i udaljenost do bilo koje izabrane pozicije,
- vreme sledećeg prolaska istog satelita i
- vreme nailaska drugog satelita.

Greške ovog sistema su minimalne (oko 0,005 M), pa se zanemaruju.

Prijemnikom sistema TRANSIT rukuje se na sledeći način:

- preklopnikom (OFF — ON) prijemnik se uključi i testira samosistemom u toku nekoliko minuta;

— odmah posle uključivanja potencio-
metrom za osvetljenje video-displeja osvetli
se video-displej na kome se pokažu podaci u
tri grupe:

gornja grupa:

- datum i srednje griničko vreme,
- geografska širina i dužina trenutne zbrojene pozicije i vreme proteklo od poslednje satelitske pozicije,
- brzina i kurs broda,
- brzina i kurs broda kojim treba ploviti da bi se u određeno vreme stiglo na željenu poziciju;

srednja grupa:

- koordinate zadate međutačke,
- udaljenost i kurs: ortodromski i lokodromski,
- smer i brzina struje;

donja grupa:

- veličina i azimut za koje je izvršena poslednja korekcija zbrojene pozicije prema satelitskoj poziciji,
- srednje griničko vreme te satelitske pozicije,
- ugao elevacije i oznaka satelita prema kojem je izvršena korekcija i
- vreme nailaska, ugao elevacije i oznaka prvog narednog satelita.

Posle uključivanja uređaja potrebno je preko alfanumeričkih komandi ubaciti u računar:

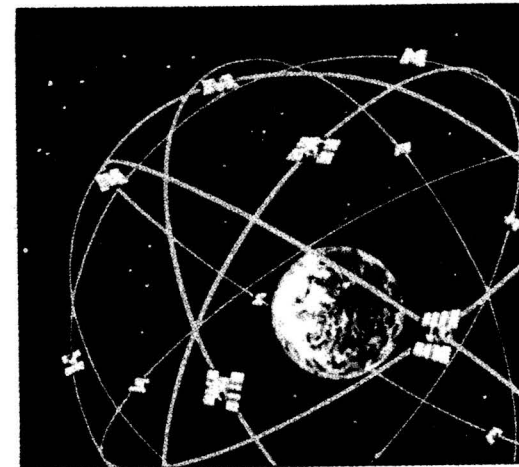
- datum i vreme,
- zbrojenu poziciju i
- brzinu i kurs.

Za određivanje elemenata plovidbe po ortodromi potrebno je uneti pozicije međutačaka na ruti, a posle toga računar proračunava međutačke, kurs i prevaljeni put između njih.

b) Satelitski sistem NAVSTAR/GPS

To je globalni navigacijski sistem, koji omogućava određivanje pozicije korisnika u bilo kom trenutku, na bilo kojoj tački na Zemlji. Koristi se za određivanje pozicija brodova, kopnenih vozila ili stanica, aviona i veštačkih satelita.

Princip određivanja pozicije zasnovan je na tačnom merenju kratkih vremenskih intervala prostiranja elektromagnetskih talasa od trenutka emisije satelita do trenutka prijemnika korisnika.



Slika 224. — Satelitski sistem NAVSTAR/GPS

Za tačno određivanje pozicije potrebno je u svakom trenutku tačno poznavanje pozicije tri satelita i precizno meriti kratke vremenske intervale. Greška u merenju od 1 μ s izaziva grešku od 300 m. Ovako potrebne precizne vremenske intervale može meriti samo atomski sat.

Čitav sistem se sastoji od prostorne i kontrolne komponente, komponente za testiranje i promenljivog broja korisnika.

Prostornu komponentu sačinjavaju 24 satelita u tri orbite. Svaki satelit ima masu od 440 kg, solarne ćelije kao izvor energije, primopredajnik, atomski sat stabilnosti 10^{-12} do 10^{-13} s, predajne antene i drugu opremu.

Sateliti kruže iznad Zemlje na visini od 20.183 km, a siderička revolucija im je 12 sati. Svaka od tri putanje sa ekvatorom zatvara ugao nagiba od 63°, a čvorovi putanja su razmaknuti za ugao od 120°. Ako se putanje satelita istovremeno projektuju na Merkatovu kartu, dobijaju se trase satelita u

obliku sinusoide pomerene po fazi za 120°, a po svakoj se kreće po osam satelita, presecajući ekvator dva puta u toku 24 časa, krećući se u smeru N, a drugi put u smeru S, i obratno.

Kontrola komponenata ima četiri monitor-stanice raspoređene na većem prostoru. Namenjene su za praćenje satelita i njihovih poruka. Podatke dobijene na taj način, uz meteorološke podatke, šalju u glavnu kontrolnu stanicu na njen zahtev.

Komponenta za testiranje sastoji se od nekoliko stanica tačno poznatih koordinata koje, primajući poruke svih satelita, određuju vrednost grešaka satelitskih pozicija.

Korisnici mogu biti na moru (brodovi), kopnu (fiksne stanice, tenkovi, vozila), i u atmosferi ili van nje (avioni, sateliti), opremljeni prijemnim uređajima.

(Slike 225 i 226 nalaze se u prilogu na kraju knjige.)

4.6. AUTOMATIZACIJA U NAVIGACIJI

4.6.1. Upotreba računara u navigaciji

Automatizacija u navigaciji nije nova pojava. Počelo je sa automatskim kormilom i komponentnim rastavljačem (sastavni deo zbirnog stola).

Prvi pokušaj primene elektronskih računara u navigaciji primljeni su s rezervom, ali su odmah pokazali neosporne vrednosti, posebno računari koji su korišćeni u astronomskoj navigaciji. Računari većeg kapaciteta našli su u početku širu primenu na brodovima specijalne namene, a pozitivni rezultati ukazali su na velike mogućnosti primene elektronskih računara na svim brodovima.

Jedan od prvih elektronskih navigacijskih prijemnika na brodovima, koji se nije mogao koristiti bez računara, bio je prijemnik satelitskog sistema SATNAV Transit. Primljene poruke preko prijemnika dolazile

su u računar, koji je izračunavao poziciju broda.

Razvoj integralnih strujnih krugova doveo je do pojave mikroprocesora, koji je obično programiran za specifičnu namenu, i može se programirati, a oblast primene je veoma široka. U navigacijskim prijemnicima i uređajima potpuno je zamenjen računar manjim i jeftinijim mikroprocesorima. U novije vreme gotovo svi prijemnici navigacijskih sistema LORAN—C, OMEGA, TRANSIT i DECCA sadrže mikroprocesor koji primljene ulazne podatke pretvara u geografske koordinate pozicije broda, a omogućava i prijem drugih navigacijskih elemenata kao što su:

- kurs i brzina preko dna,
- smer i brzina struje,
- loksodromski kurs i prevaljeni put do unapred određene međutačke,
- ortodromski kurs i prevaljeni put do unapred određene međutačke i
- vreme (obično srednje griničko).

4.6.2. *Integrirani navigacijski sistem*

Savremena navigacijska sredstva pružaju navigatoru mnoštvo informacija od kojih on mora u određenom trenutku da izabere samo one na osnovu kojih može doneti najbolju odluku za manevar. Zasićenost informacijama, a u cilju izbegavanja grešaka, smanjena je upotrebom elektronskih računara pošto oni:

- biraju one podatke koji su u datom momentu bitni,
- upozoravaju na opasnost i
- smanjuju zamorno proračunavanje svih potrebnih elemenata.

Elektronski sistem koji pokriva navedene potrebe naziva se **integrirani navigacijski sistem**, a njegov središnji deo jeste računar koji povezuje veći ili manji broj elektronskih navigacijskih uređaja i prijemnika u celinu.

Najvažniji ulazni senzori jesu radar, brzinomer i žiro-kompas, a od navigacijskih prijemnika najčešće se koriste dva do tri:

DECCA ili LORAN—C, satelitski prijemnik TRANSIT (odnosno savremeni NAV-STAR/GPS). Ulazni *interface* pretvara signale senzora u oblik koji može primiti i obraditi računar. Sličnu ulogu ima izlazni *interface* koji rezultate računara pretvara u električne signale potrebne za rad izlaznih jedinica: najčešće pokazivač, automatsko kormilo i radarski PPI pokazivač, a na ratnim brodovima još i ploter, pisač, posebni pokazivači i situacioni sto. U budućnosti će to biti video-ploter s elektronskom kartom, a automatska radio-veza sa satelitima već se koristi.

(Slika 227 nalazi se u prilogu na kraju knjige.)

4.6.3. *Navigacijski podsistem*

Navigacijski podsistem obuhvata: žiro-kompas, brzinomer, dubinomer i programe za planiranje plovidbe, određivanje pozicije, kontrolu plovidbe po planiranoj ruti i dr.

Plovljenje se programira tokom navigacijske pripreme i za svaki kurs na rutu definišu se:

- broj rute i broj međutačke,
- koordinate početne i krajnje tačke,
- širina rute u zavisnosti od navigacijskih prepreka i uslova plovidbe i vrste plovidbe (ortodroma, loksodroma ili kombinacija).

Kursove i prevaljeni put proračunava računar, a određivanje pozicije vrši se kontinuirano — automatski se bira navigacijski sistem koji daje najtačniju poziciju.

Navigacijski podsistem integriranog sistema ne isključuje upotrebu pomorskih karata.

Navigacijski podsistem može biti i potpuno zasebna jedinica. Pomorski navigacijski sistem MNS-2.000, firme Racal-Decca, sadrži multisenzorski prijemnik u koji se uvode podaci sa žiro-kompasa i brzinoera.

Osnovne osobine ovog sistema jesu:

- automatski izbor optimalnog navigacijskog sistema za određivanje pozicije,
- sistem pokazuje geografsku dužinu i širinu pozicije, kurs i brzinu broda preko

dna, vreme, srednju kvadratnu grešku pozicije i korišćen sistem za određivanje pozicije,

— planiranje plovidbe sa 100 međutačaka (ortodroma i loksodroma) ili devet ruta od kojih svaka sadrži do 30 međutačaka. Deveta ruta predviđena je isključivo za kombinovano plovljenje,

— označavanje trenutne pozicije pritiskom na dugme i dovođenje broda ponovo na tu poziciju,

— tačnost proračunate koordinate iznosi $\pm 0,01'$, smerova $0,1^\circ$ i udaljenosti $0,01 M$,

— mogućnost proračuna kursa i smeru magnetskog,

— mogućnost automatskog kormilarjenja, uključujući planirane okrete u sledeći kurs,

— mogućnost priključenja pisača, plotera, situacionog stola, automatskog kormila itd.

4.6.4. *Podsistem za izbegavanje sudara*

Ovaj sistem proračunava kurs i brzine drugih brodova na radarskom dometu, daje upozorenje o opasnosti od sudara i proračunava kurs za izbegavanje sudara.

ЛИТЕРАТУРА

A. I. Simović, *Terestrička navigacija*, Školska knjiga, Zagreb, 1982.

Simović, *Navigacija I*, Školska knjiga, Zagreb, 1974.

Franjo Benković, Mijo Piškorec, Lako Ljudevit, Krunoslav Čepelak i Dušan Stajić, *Terestrička i elektronska navigacija*, Hidrografski institut Ratne mornarice, Split, 1986.

Navigation and Nautical Astronomy, United States Naval Institute, Annapolis-Maryland, 1951.

Г. П. Попеко и Е. П. Соломатин, *Навигација*, Лењинград, 1961.

Nautičke tablice, Hidrografski institut Ratne mornarice, Split, 1969.

Astronomska navigacija, Komanda JRM, 1957.

Nautički godišnjak 1991, Hidrografski institut Ratne mornarice, Split, 1990.

I. A. Ivanović, A. I. Simović, S. M. Ilić, *Terestrička navigacija*, Hidrografski institut Ratne mornarice, Split, 1958.

M. Š. Lipovac, *Priručnik iz terestričke navigacije s riješenim zadacima*, Kotor, 1978.

Pomorska navigacija, II izdanje, Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb, 1970—1984.

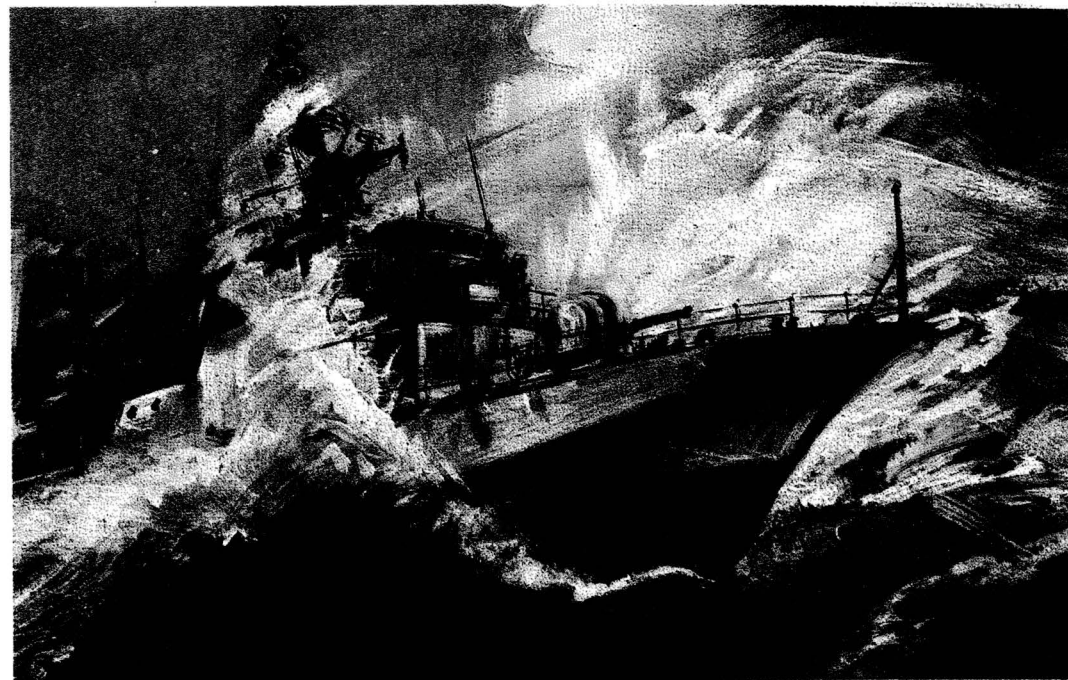
Bob Bond, *Sve o jedrenju*, Mladost, Ljubljana, 1989.

Katalog pomorskih karata i navigacijskih publikacija (II izdanje), Hidrografski institut Ratne mornarice, Split, 1990.

IALA sistem pomorskih oznaka, Hidrografski institut Ratne mornarice, Split, 1989.

П. П. Скородумов, *Мореходнаја астрономија*, Ленинград, 1963.

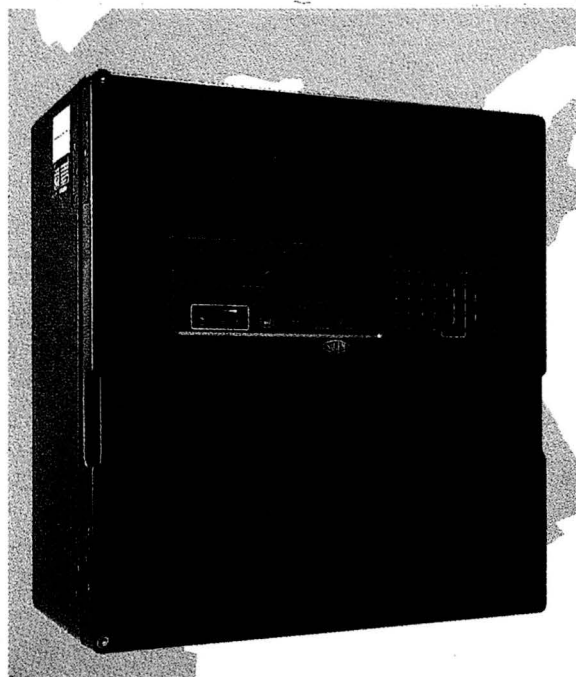
I. N. Terехov i N. I. Vešnjakov, *Magnetnie kompasi*, Leningrad, 1959.



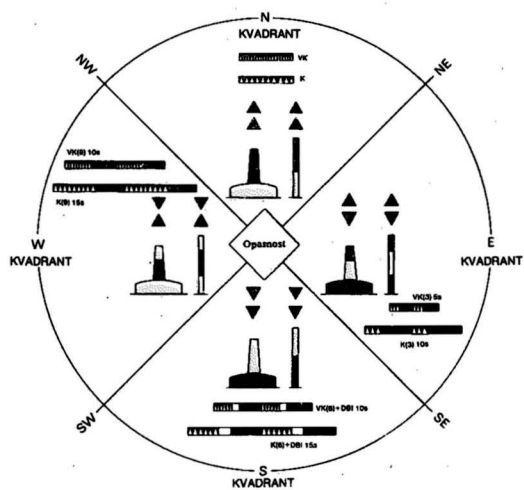
Slika 34. — Usled nagiba broda dolazi do promene devijacije



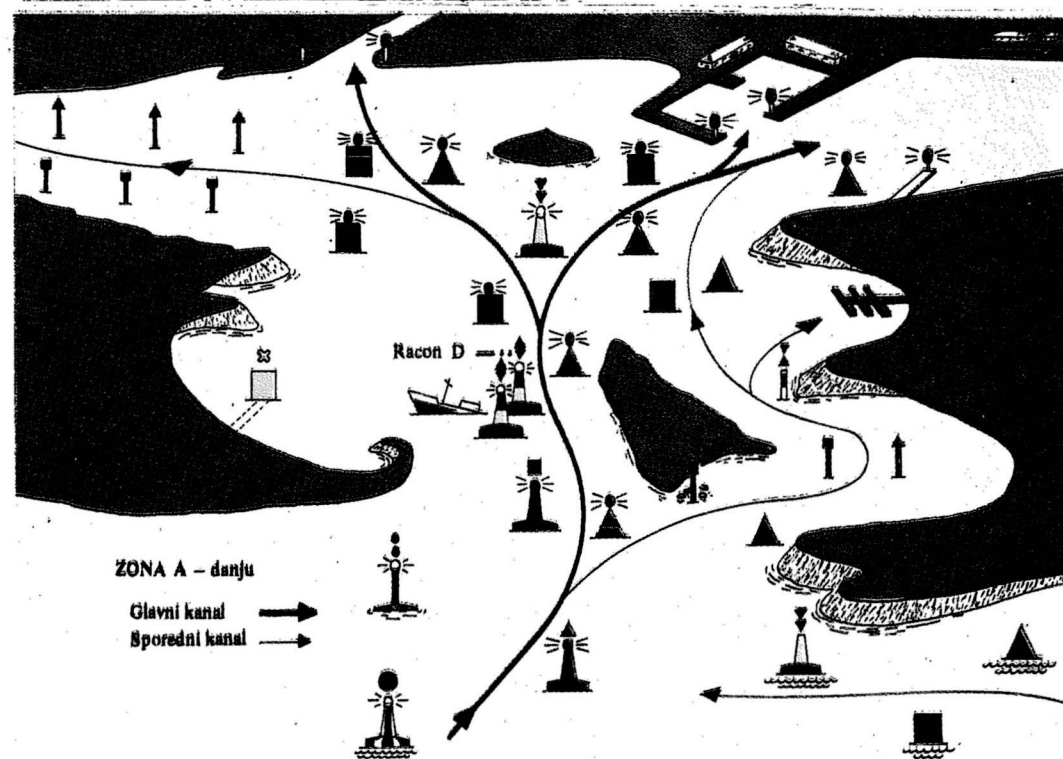
Slika 227. — Artistička vizija savremenog integralnog navigacijskog sistema



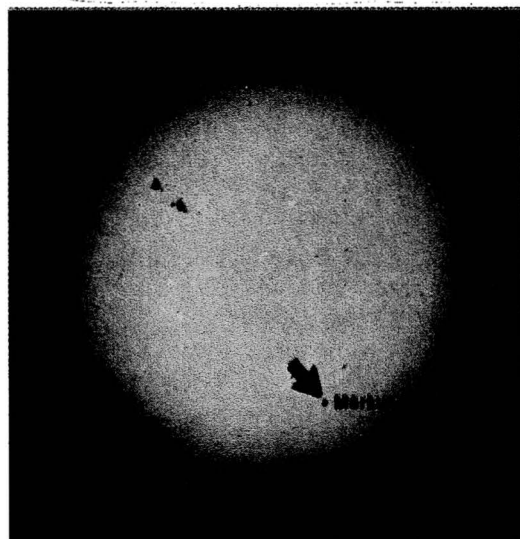
Slika 50. — Elektromagnetni brzinomer



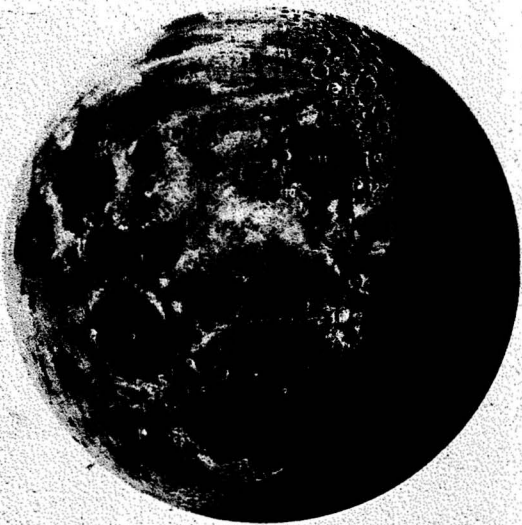
Slika 60. — Kardinalne oznake



Slika 64. — Označavanje kanala danju u zoni A



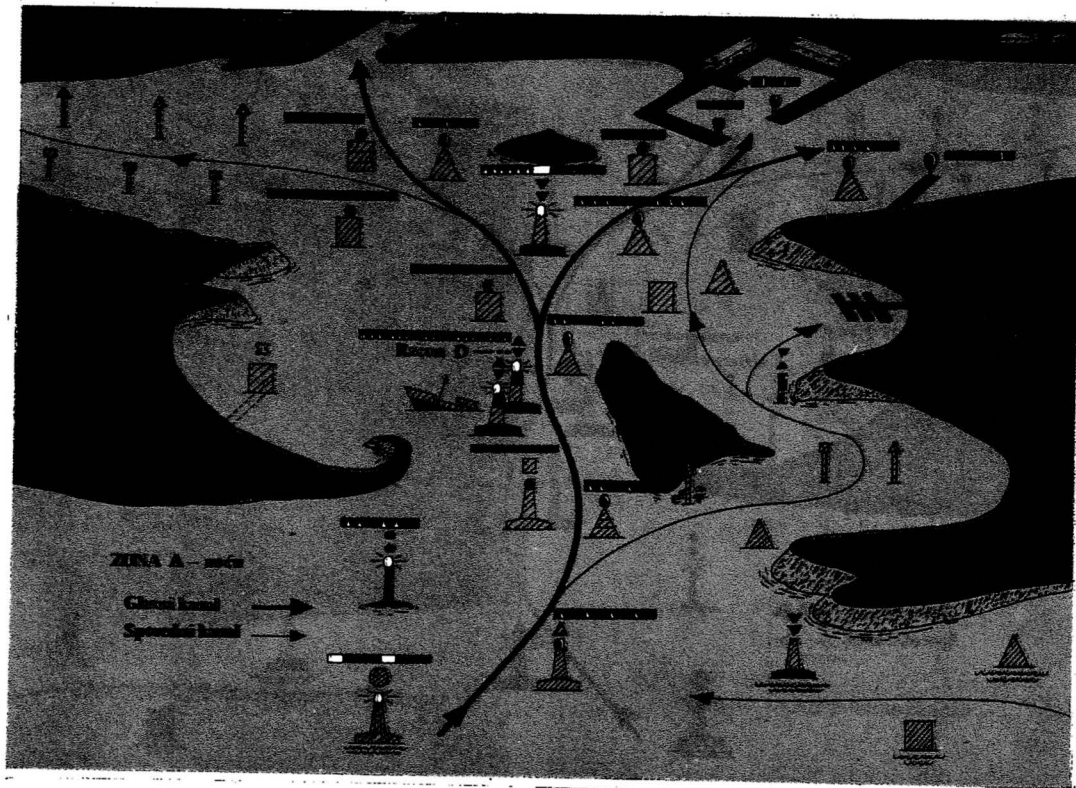
Slika 138. — Sunce u poređenju sa planetom Merkur, koja je označena strelicom



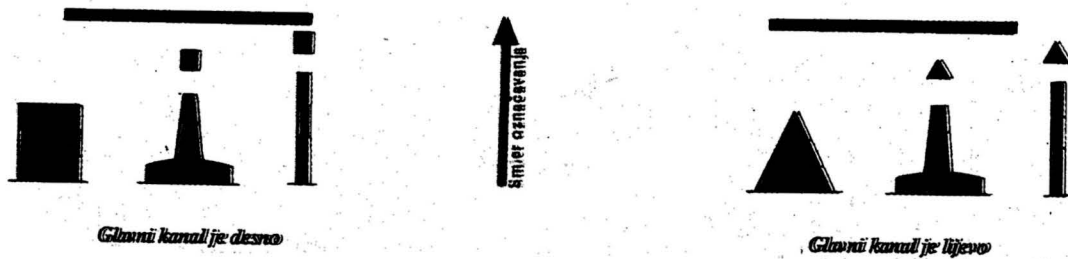
Slika 140. — Mesec posle uštapa gledan kroz teleskop



Slika 58. — Lateralne oznake: a) leve strane kanala i b) desne strane kanala



Slika 65. — Označavanje kanala noću u zoni A



Slika 59. — Na mestu račvanja plovnog kanala može se upotrebiti modifikovana lateralna oznaka kojom se označava glavni kanal kao povoljnija ruta

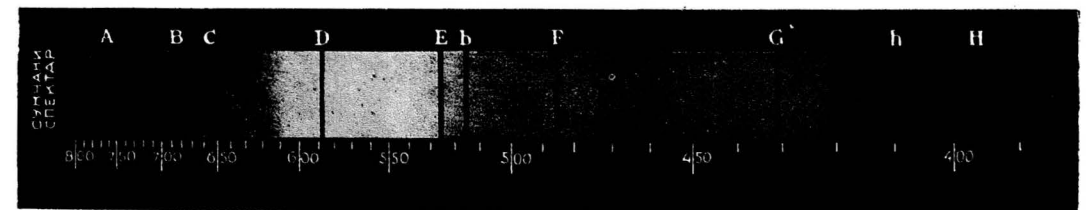
GLAVNA PORUKA

1	● ● ●	Blijeskovi (Flashing)	Velika opasnost — svi se brodovi moraju zaustaviti ili skrenuti prema uputstvu
2	● ● ●	Stalno svjetlo ili na prekide (Fixed or slow occulting)	Zabranjen prolaz
3	● ● ●		Prolaz dozvoljen. Jednosmjerni promet
4	● ● ○		Prolaz dozvoljen. Dvosmjerni promet
5	● ○ ●		Prolaz dozvoljen samo s posebnom dozvolom

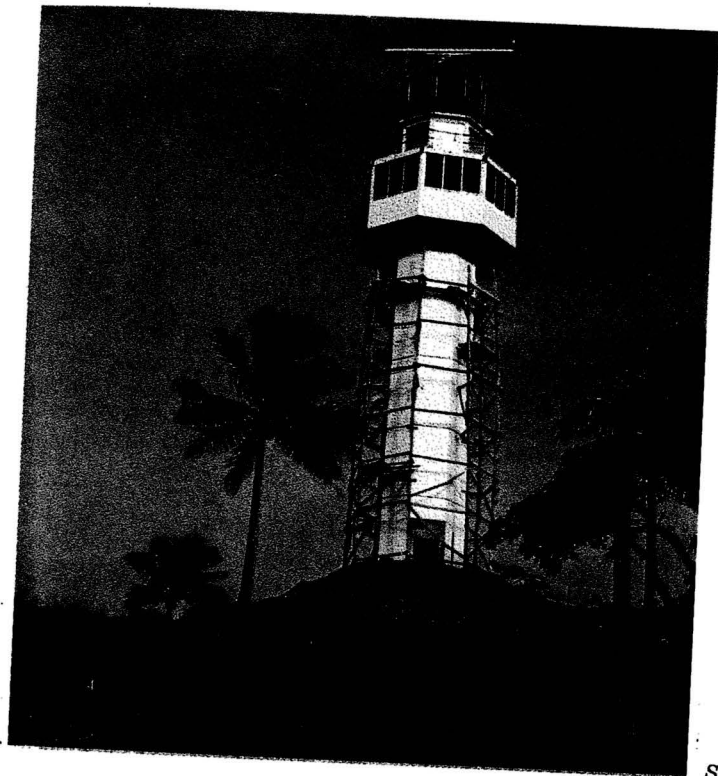
DODATNI SIGNALI I PORUKE

2a	● ● ●	Stalno svjetlo ili na prekide (Fixed or slow occulting)	Zabranjen prolaz, osim za brodove koji plove izvan glavnog kanala i na koje se glavna poruka ne odnosi
5a	● ○ ●		Prolaz dozvoljen samo s posebnom dozvolom, osim za brodove koji plove izvan glavnog kanala i na koje se glavna poruka ne odnosi

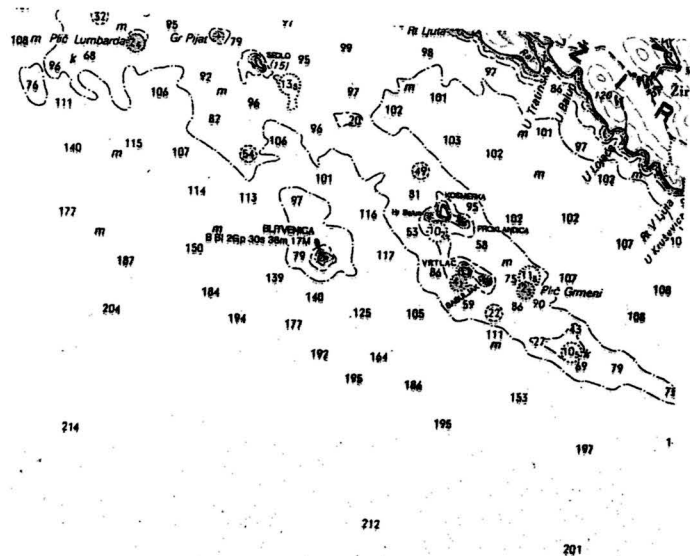
Slika 66. — Preporučeni signali u lučkom prometu



Slika 139. — Sunčev spektar

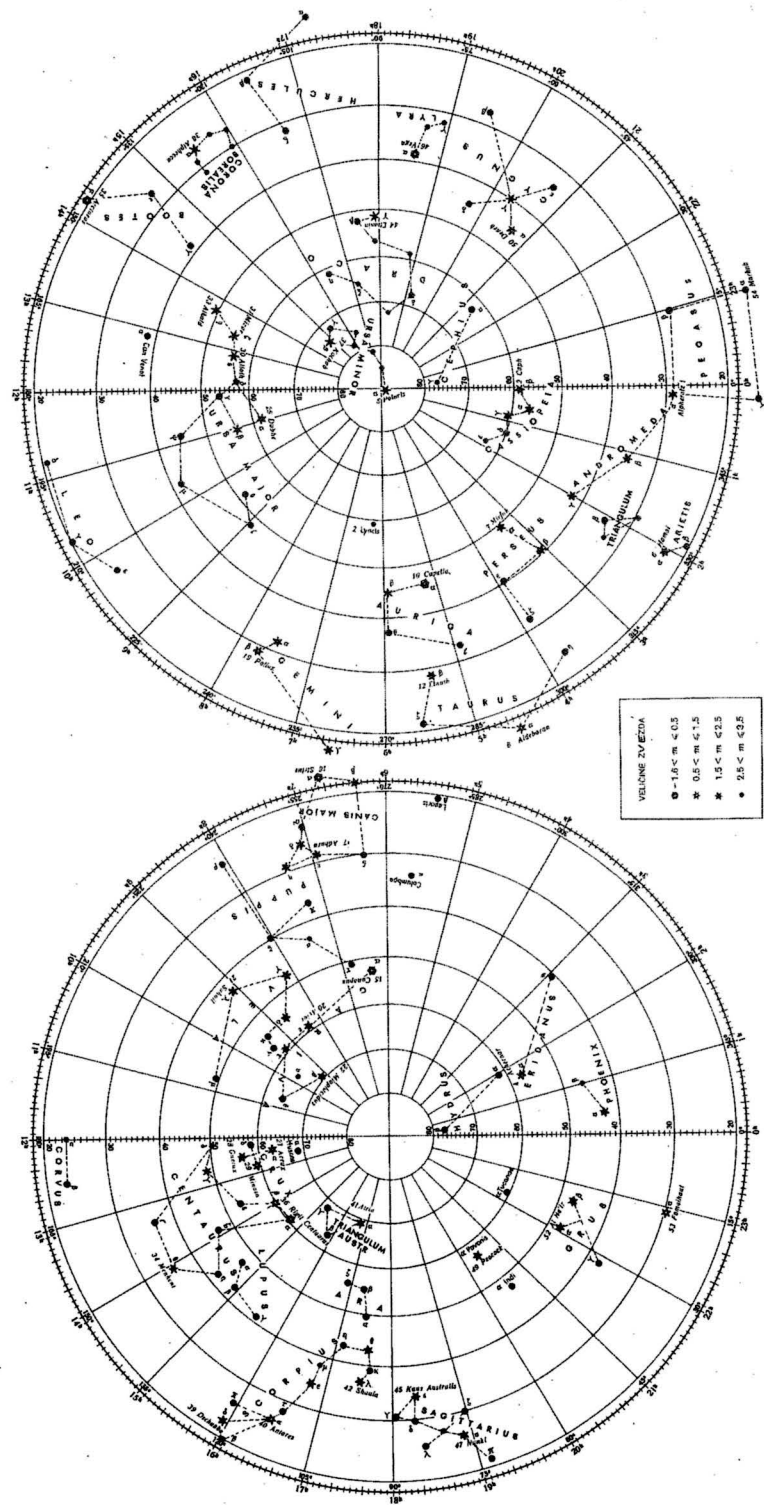


Slika 67. — Čuvani pomorski svetionik

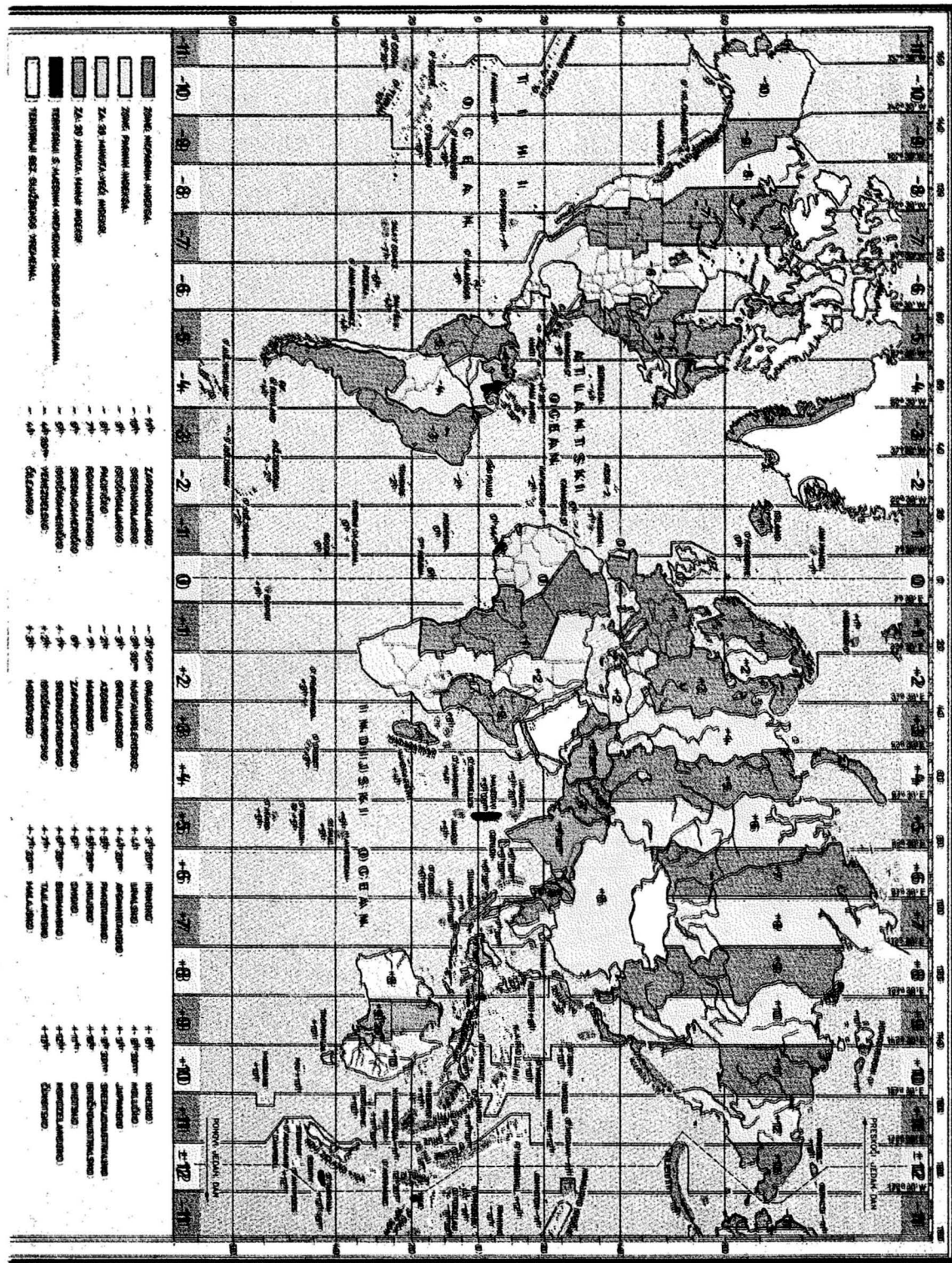


Slika 68. — Označavanje svetionika na pomorskoj karti — svetionik Blitvenica, koji ima bele bljeskove, po dva u grupi u trajanju od 30 sekundi, čija je visina 38 metara i domet 17 milja

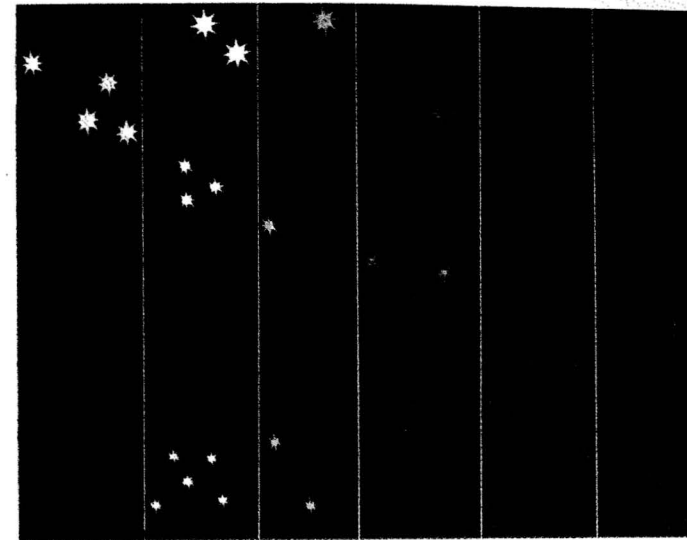
KARTA SAZVEŽĐA
JUŽNOG I SEVERNOG NEBA



Slika 141. — Karta sazežđa južnog i severnog neba



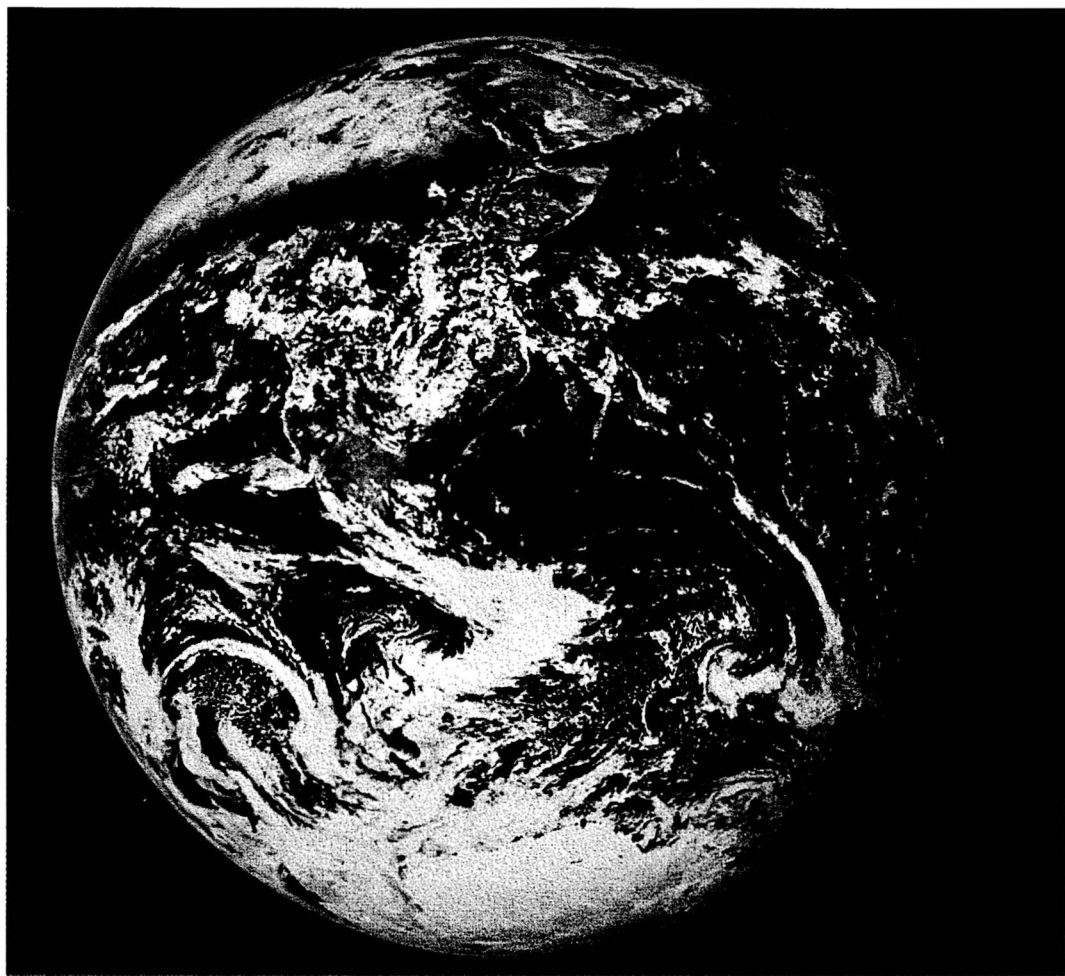
Slika 170. — Karta zonskih i zvaničnih vremena



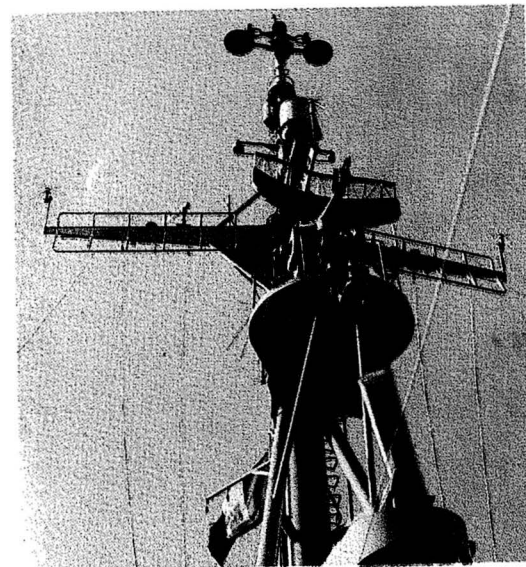
Slika 142. — Boja koju zrače zvezde zavisi od njihove temperature



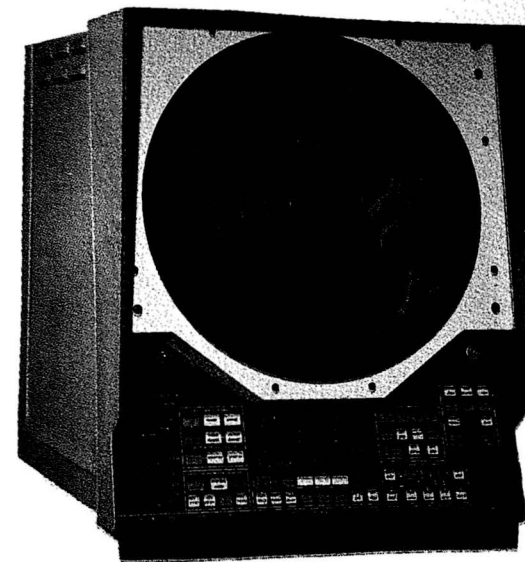
Slika 223. — Prijemnik TRANSIT



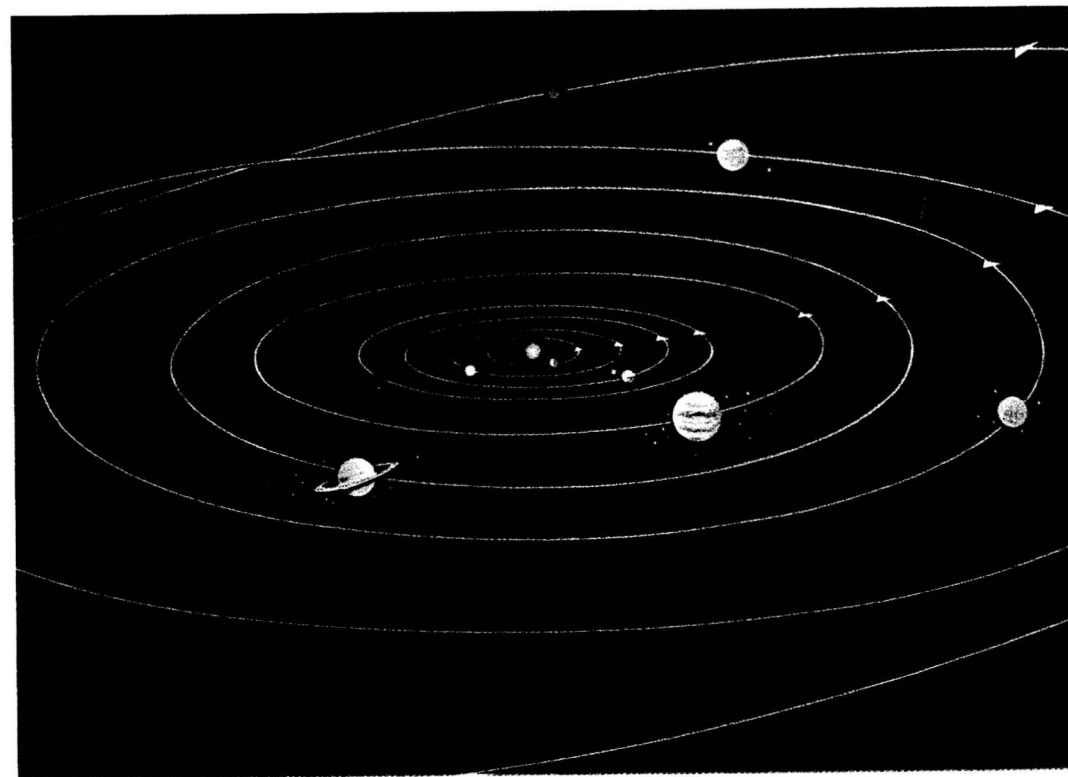
Slika 145. — Mars



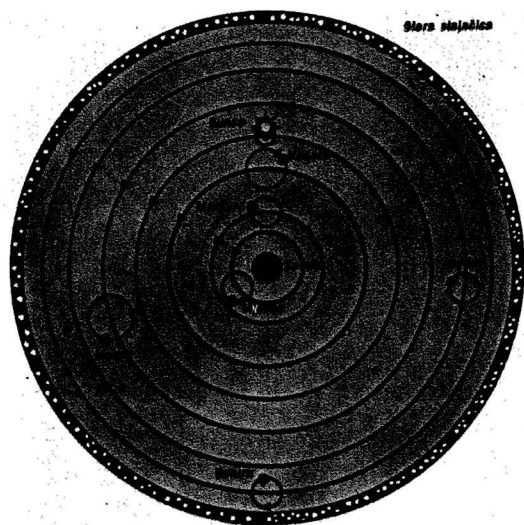
Slika 207. — Radarske antene



Slika 208. — Radar tipa 1007 firme „Kelvin Hughes“



Slika 143. — Sunčev sistem s položajem planeta i asteroida



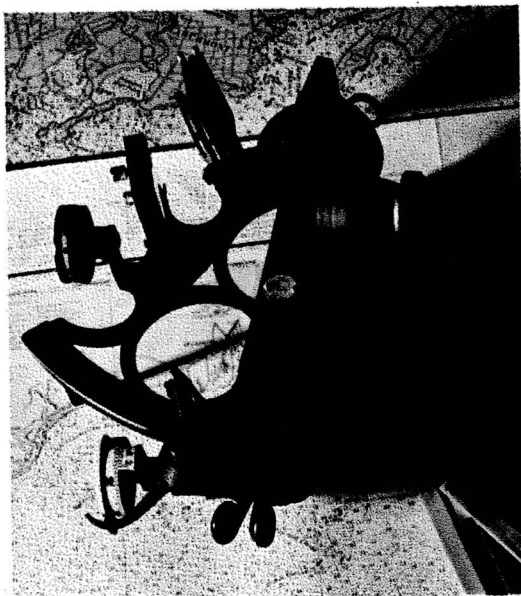
Slika 147. — Geocentrični sistem sveta po Ptolomeju gde Zemlja stoji u središtu svemira, a ostala nebeska tela okreću se oko nje u kružnim putanjama. Zvezde su pričvršćene na spoljašnjoj sferi, a planete se kreću u malim krugovima



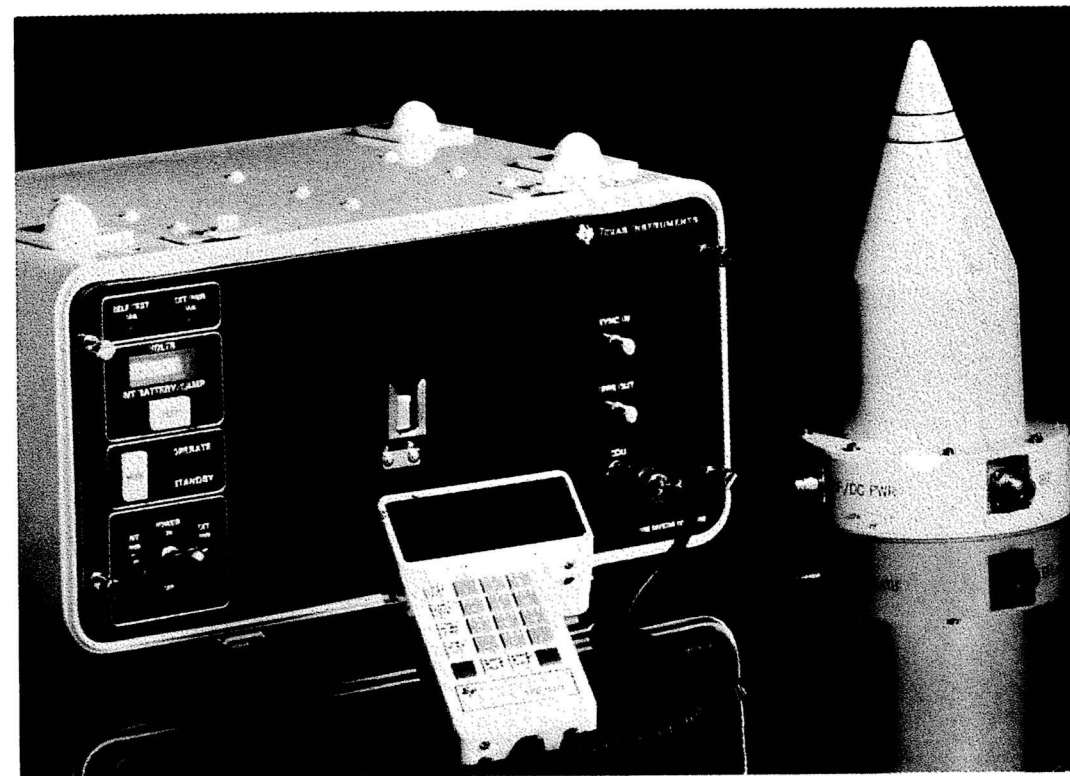
Slika 171. — Hronometar



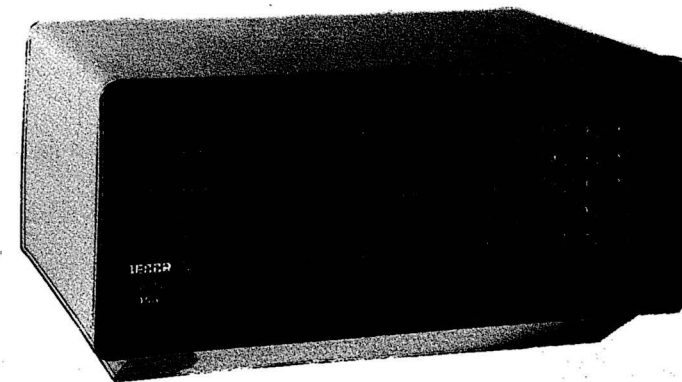
Slika 175. — Smeranje vertikalnih uglova sekstantom



Slika 173. — Sekstant



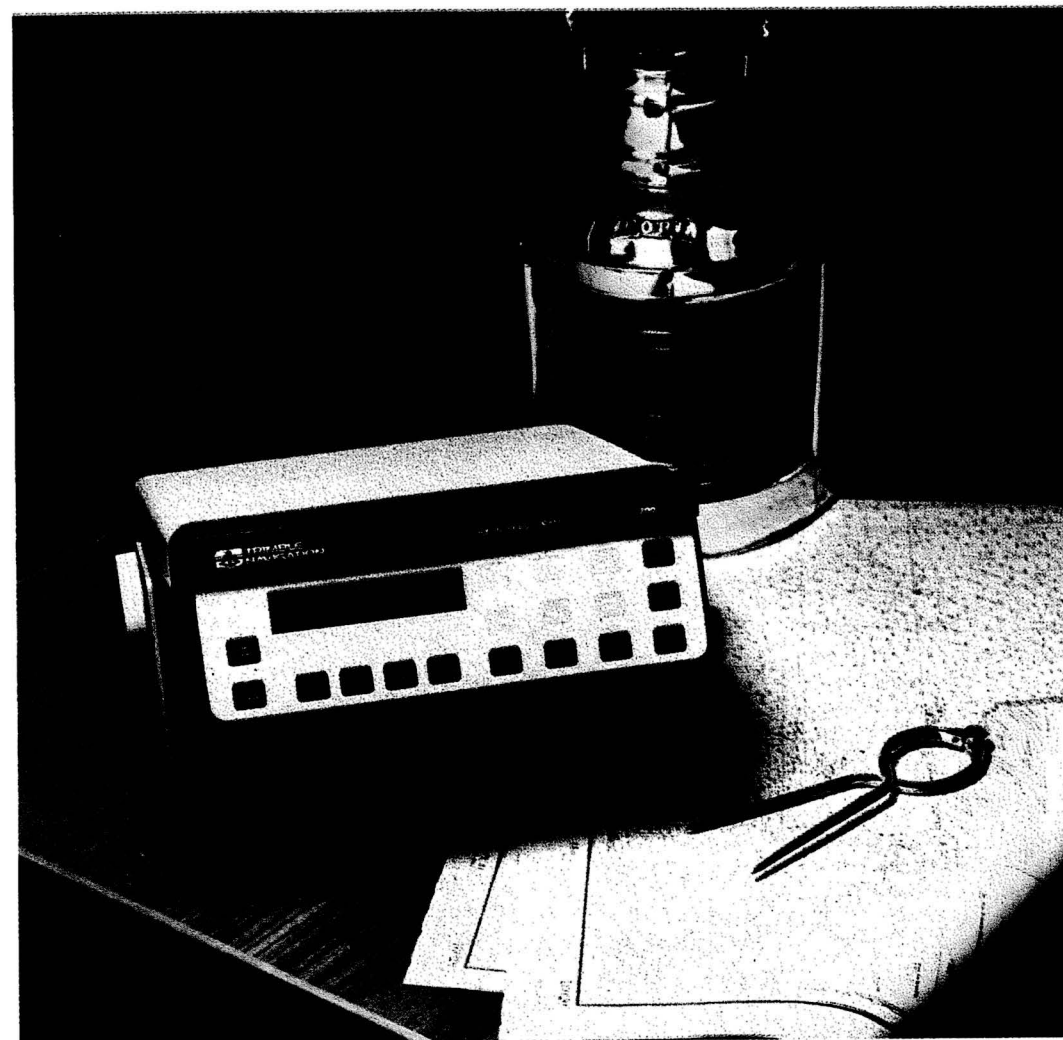
Slika 225. — Satelitski prijemnik NAVSTAR/GPS



Slika 221. — Prijemnik DECCA



Slika 219. — Prijemnik LORAN, model LC-80



Slika 220. — Prijemnik LORAN TRIMBLE 2000



Slika 226. — Satelit sistema NAVSTAR/GPS



Slika 209. — Radar „Decca 1226 RM“