

ი. ჟურდიაძე

აეროდრომია

(გირთვ-პილოტურ დაავიროვნებათა
თეორია და პრაქტიკა)

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს უმაღლესი და საშუალო სპეციალური
განათლების სახელმწიფო კომიტეტის მიერ დაშვებულია სახელმძღვანელოდ
უმაღლესი სასწავლებლებისათვის

წინამდებარე წიგნი შეიცავს ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა თეორიულ და პრაქტიკულ საფუძვლებს; მასში გაშუქებულია აგრეთვე ხელსაწყოთა და დაკვირვებათა დასამუშავებლად საჭირო ნომოგრამების აღწერა. დანართში მოცემულია ყველა ის აუცილებელი ცხრილი, რომლებიც საჭიროა ამა თუ იმ ამოცანის ამოსახსნელად.

წიგნი განკუთვნილია ფიზიკისა და გეოგრაფ-გეოლოგიური ფაკულტეტების სტუდენტებისათვის როგორც ძირითადი სახელმძღვანელო.

წიგნი დახმარებას გაუწევს აგრეთვე ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგურების დამკვირვებლებს.

წიგნის ტიპობა

ქარის სიჩქარისა და მიმართულების განსაზღვრა ტროპოსფეროში და ნაწილობრივ სტრატოსფეროშიც უმთავრესად წყალბადით გაბერილი ბირთვ-პილოტებით ხდება. თუმცა თანამედროვე ტექნიკას ამისათვის სხვა მეთოდებიც გააჩნია, როგორიც არის რადიოპელენგაცია და რადიოლოკაცია, მაგრამ მათი მოწყობა ყველგან ვერ ხერხდება დადგმულობის სირთულისა და სიძვირის გამო. ბირთვ-პილოტური მეთოდი ჯერჯერობით მასობრივად გავერცელებული. ეს მეთოდი პირველად ჩამოყალიბდა XIX საუკუნის დასასრულში და დიდი გავრცელება პოვა მხოლოდ XX საუკუნის დასაწყისიდან (1905 წ.)

სადღეისოდ ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებებს აწარმოებენ მთელი რიგი მეტეოროლოგიური სადგურები. ეს დაკვირვებები ორი სახისაა: დაკვირვებები ერთი პუნქტიდან და საბაზისო დაკვირვებები, ანუ დაკვირვებები ორი პუნქტიდან, რომელთა ურთიერთდაშორება (მანძილი, ანუ ბაზისი) წინასწარ ზუსტადაა გაზომილი.

რუსულ ენაზე ამ მეთოდის შესახებ კიდევ რამდენიმე სახელმძღვანელო არსებობს, გარდა იმ ძირითადი სახელმძღვანელოსი, რომელიც ცნობილმა ავტორმა პროფ. პ. ა. მოლჩანოვმა მოგვცა.

რადგან ქარის სიჩქარისა და მიმართულების განსაზღვრას ატმოსფეროს მაღალ ფენებში უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს როგორც სამოქალაქო, ისე სამხედრო მიზნებისათვის (ავიაცია, არტილერია), ბირთვ-პილოტური მეთოდის გავრცელებას დიდი ყურადღება ექცევა.

ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების შესასწავლად კი ეს მეთოდი აუცილებელია.

სამწუხაროდ, დღემდე ქართულ ენაზე ამ მეთოდის შესახებ სახელმძღვანელო არ არსებობს. აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ პირველი ცდა ამ ნაკლის შევსებისა ფიზიკოსისა და აეროლოგის ლ. რ. ხუციშვილის

ეკუენის, რომელმაც ძირითადი პრინციპები საბაზისო დაკვირვებებისა 1924 წელს საქართველოს გეოფიზიკურ ობსერვატორიის „მეტეოროლოგიურ ბიულეტენებში“ გამოაქვეყნა.

შემდეგ უნდა აღინიშნოს ის დიდი ღვაწლი, რომელიც ბირთვ-პილოტურ და საერაოდ აეროლოგიურ დაკვირვებათა ჩამოყალიბების საქმეს საქართველოში აეროლოგმა დ. ლ. ფორჩხიძემ დასდო.

წინამდებარე წიგნი—ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა მეთოდების შესახებ მხოლოდ ნაწილობრივ ავსებს იმ დიდ ხარვეზს, რომელსაც ქართული ლიტერატურა განიცდის აეროლოგიის დარგში. ჩვენ ვფიქრობთ, რომ მისი გამოცემით ხელს შევეუწყობთ არა მარტო მეცნიერულ კვლევა-ძიებას, არამედ ახალი კადრების მომზადების საქმესაც.

წიგნში მოტუმულია მრავალი მაგალითი და ამოცანა, რომელთა შესწავლა მკითხველის ყურადღებას გაამახვილებს და მისცემს მას პრაქტიკულ ჩვევებს.

თ ა ვ ი

ბირთვ-პილოტური დაკვირვებები ერთი პუნქტიდან

§ 1. ჰაერისა და წყალბადის სიმკვრივე

ჰაერისა და საერთოდ გაზების სიმკვრივე დამოკიდებულია ტემპერატურასა (t) და წნევაზე (p). წნევას 760 მმ Hg, ანუ 1013,3 მბ და ტემპერატურას $t=0^{\circ}\text{C}$ ან $T=273^{\circ}\text{K}$ თვლიან ნორმალურ წნევად და ტემპერატურად.

აღნიშნოთ მშრალი ჰაერის სიმკვრივე ρ -თი; ნორმალურ პირობებში $\rho_{0^{\circ},760}=1293$ გ/მ³. საერთოდ კი $\rho_{t,p}$ ცვალებადი სიდიდეა. თუ ვისარგებლებთ მშრალი ჰაერის მდგომარეობის $p=\rho RT$ განტოლებით, შეგვიძლია ასეთი ტოლობა დავწეროთ

$$\rho_{t,p} = \rho_{0^{\circ},760} \cdot \frac{p}{760} \cdot \frac{1}{1+\alpha t}, \quad (1.01)$$

სადაც $\alpha=1/273$ არის ჰაერის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი. იგივე ფორმულა ასეთი სახითაც დავწერება:

$$\rho_{t,p} = \rho_{0^{\circ},760} \cdot \frac{p}{760} \cdot \frac{273}{T},$$

ანუ, რაც იგივეა

$$\rho_{t,p} = 0,3592 \cdot \rho_{0^{\circ},760} \frac{p}{T}. \quad (1.02)$$

რადგან მშრალი ჰაერისათვის $\rho_{0^{\circ},760} = 1293$ გ/მ³, ამიტომ

$$\rho_{t,p} = 464,5 \frac{p}{T}, \quad (1.03)$$

სადაც $T=273^{\circ}+t^{\circ}$. თუ p და T -ს მიეცემთ მთელ რიგ მნიშვნელობებს, შეგვიძლია სათანადო ცხრილი შევადგინოთ.

ამ მიზნისათვის უფრო მოხერხებულია სპეციალური ნომოგრამის შედგენა (იხ. ნახ. 1).

აღნიშნოთ ახლა წყალბადის სიმკვრივე γ -თი, მაშინ შეგვიძლია (1.02) ფორმულის მიხედვით ანალოგიური ფორმულა დავწეროთ

$$\gamma_{t,p} = 0,3592 \cdot \gamma_{0^{\circ},760} \cdot \frac{p}{T},$$

სადაც $\gamma_{0^{\circ},760} = 130$ გ/მ³ არის იმ წყალბადის სიმკვრივე ნორმალურ პირობებში, რომლითაც ბირთვ-პილოტების გარსებს ავსებენ. ეს წყალბადი ტექნიკურ წყალბადად არის წოდებული და ამიტომ მას $\gamma_{0^{\circ},760}^{\circ}$ -ით აღვნიშნავთ. ამგვარად, ტექნიკური წყალბადის ცვალებადი სიმკვრივე იქნება:

$$\gamma_{t,p}^{\circ} = 46,69 \frac{p}{T}. \quad (1.04)$$

(1.03) და (1.04) ფორმულების შედარება გვიჩვენებს, რომ ერთისა და იმავე ტემპერატურისა და წნევის დროს ტექნიკური წყალბადი თითქმის 10-ჯერ უფრო მსუბუქია მშრალ ჰაერზე. აღვნიშნოთ $e_{t,p}$ -თი სხვაობა მშრალა ჰაერასა და ტექნიკური წყალბადის სიმკვრივეთა შორის, ე. ი.

$$e_{t,p} = \rho_{t,p} - \gamma_{t,p}^{\circ}. \quad (1.05)$$

ამ სხვაობას 1 მ³ წყალბადის ამწევი ძალა ეწოდება. მაგალითად, ამწევი ძალა ტექნიკური წყალბადისა იქნება:

$$e_{t,p}^{\circ} = \rho_{t,p}^{\circ} - \gamma_{t,p}^{\circ} = 1293 - 130 = 1163 \text{ გ/მ}^3.$$

თუ (1.05) ფორმულაში შევითანოთ ρ და γ მნიშვნელობებს, მივიღებთ

$$e_{t,p} = 418 \frac{p}{T}. \quad (1.06)$$

ეს ფორმულა საშუალებას გვაძლევს გამოვითვალოთ 1 მ³ ტექნიკური წყალბადის ამწევი ძალა p და T სხვადასხვა მნიშვნელობების დროს. ამ მიზნისათვის შეიძლება შედგენილ იქნეს სპეციალური ცხრილი ან ნომოგრამა (ნახ. 1).

1 მ³ ტექნიკური წყალბადის-ამწვევი ძალა ტემპერატურისა (t)
და წნევის (p) მიხედვით

$t \backslash p$	480	520	560	600	640	680	720	760	800
-50	900	976	1049	1126	1200	1273	1350	1426	1500
-40	861	933	1005	1076	1148	1220	1291	1363	1435
-30	826	895	964	1030	1100	1169	1137	1307	1376
-20	793	859	925	991	1057	1123	1189	1255	1321
-10	763	827	891	954	1028	1082	1145	1209	1278
0	735	796	858	919	980	1041	1102	1163	1226
10	709	769	827	886	945	1004	1063	1122	1182
20	685	742	799	856	914	969	1027	1084	1139
30	662	717	773	829	884	939	999	1058	1099
40	641	694	747	801	853	902	950	1015	1068
50	621	673	725	777	828	880	931	984	1035

§ 2. ბირთვ-პილოტის მოცულობა

როდესაც რეზინის გარსებს წყალბადით ავსებენ, მათ სფეროსებრი ფორმა ეძლევათ; სფეროს მოცულობა, როგორც ცნობილია,

$$U = \frac{4}{3} \pi r^3,$$

სადაც r არის სფეროს რადიუსი. პრაქტიკაში საჭიროა ამ მოცულობის გამოთვლა სფეროს დიდი წრეხაზის C სიგრძის მეშვეობით. რადგან $C = 2\pi r$, ამიტომ სფეროს მოცულობას ასე დავწერთ:

$$U = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{C}{2\pi} \right)^3, \quad (1.07)$$

აღნიშნულ ფორმულაში $\pi = 3,1416$ მნიშვნელობის შეტანით, მოცულობის ასეთ მიახლოებით ფორმულას მივიღებთ:

$$U = 0,017 C^3, \quad (1.08)$$

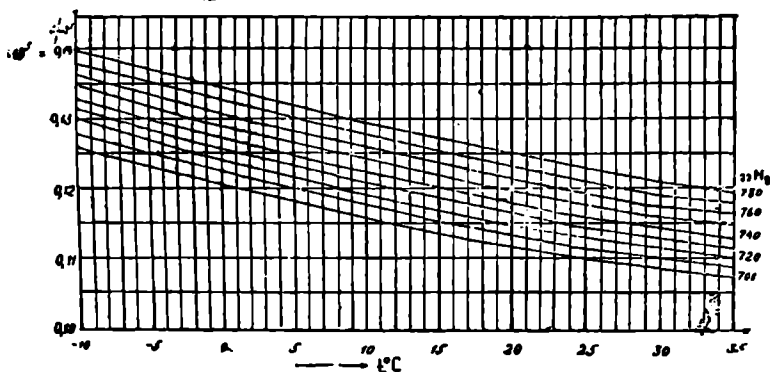
სადაც C გამოისახება მეტრობით; მაგალითად, თუ $C = 1$ მ, მაშინ $U = 0,017$ მ³. ამ ფორმულის მიხედვით შეიძლება გამოითვალოს ბირთვ-პილოტის მოცულობა მ³-ობით, თუ დიდი წრეხაზის სიგრძე მოცემულია მეტრობით.

ამოცანა 1. შეადგინეთ ბირთვ-პილოტის მოცულობათა ცხრილი $C = 0,8; 1,0; \dots; 3,4$ მ მნიშვნელობისათვის.

თუ ავიღებთ ერთისა და იმავე ჰაერის მასას ორ სხეულსავე მდგომარეობაში,

მარეობაში t_1, ρ_1 და t_2, ρ_2 , მაშინ მას ექნება სათანადო სიმკვრივეები ρ_1, ρ_2 და მოცულობები U_1 და U_2 ; მათი მასებისათვის გვექნება:

$$M_1 = \rho_1 U_1 \quad \text{და} \quad M_2 = \rho_2 U_2,$$



ხაზ. 1. ნოზოგრამა ρ, t .

რადგან ჩვენ ვთვლით, რომ მასა ერთი და იგივეა, ამიტომ უნდა გვექონდეს ასეთი ტოლობა:

$$\rho_1 U_1 = \rho_2 U_2$$

ანუ

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}, \quad (1.09)$$

ე. ი. მოცულობათა შეფარდება სიმკვრივეთა სიდიდეების უკუპროპორციულია.

გამოვიყენოთ ეს ფორმულა წყალბადისათვის.

ვთქვათ, წყალბადის ერთსა და იმავე მასას დედამიწაზე აქვს მოცულობა U_0 , ხოლო რომელიმე სიმაღლეზე — U_h . თუ მის სათანადო სიმკვრივეებს γ_0 და γ_h -ით აღვნიშნავთ, მაშინ (1.09) ფორმულის თანახმად დაიწერება

$$\frac{U_0}{U_h} = \frac{\gamma_h}{\gamma_0}. \quad (1.10)$$

ვისარგებლოთ ახლა (1.03), (1.04) ფორმულებით და მშრალი ჰაერისა და წყალბადის ორი აღნიშნული მდგომარეობისათვის დავწეროთ ფორმულები:

$$\rho_0 = 464,5 \frac{p_0}{T_0}, \quad \rho_h = 464,5 \frac{p_h}{T_h},$$

$$\gamma_0 = 46,7 \frac{p_0}{T_0}, \quad \gamma_h = 46,7 \frac{p_h}{T_h}.$$

გაყოფით ვღებულობთ

$$\frac{\gamma_h}{\gamma_0} = \frac{\rho_h}{\rho_0},$$

ამიტომ (1.10) ფორმულა ასედაც დაიწერება:

$$\frac{U_0}{U_h} = \frac{\rho_h}{\rho_0} \quad (1.11).$$

ეს ფორმულა გამოხატავს ბირთვ-პილოტის მოცულობის ზრდას გარემო ჰაერის სიმკვრივის შემცირებასთან დაკავშირებით: ბირთვ-პილოტის მოცულობა იმდენჯერ იზრდება, რამდენჯერაც ჰაერის სიმკვრივე კლებულობს.

რადგან

$$U_0 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{C_0}{2\pi} \right)^3$$

და

$$U_h = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{C_h}{2\pi} \right)^3,$$

ამიტომ (1.11)-ის მაგიერ დაიწერება:

$$\left(\frac{C_0}{C_h} \right)^3 = \frac{\rho_h}{\rho_0},$$

ანუ

$$\frac{C_0}{C_h} = \sqrt[3]{\frac{\rho_h}{\rho_0}}, \quad (1.12).$$

სადაც C_h არის ბირთვ-პილოტის დიდი წრეხაზის სიგრძე h სიმაღლეზე. რაც უფრო მაღლა ადის იგი, მით უფრო დიდი ხდება C_h , მაგრამ გარკვეულ სიმაღლეზე რეზინის გარსი უნდა გასკდეს.

ამოცანა 2. რა სიმაღლეზე გასკდება ბირთვ-პილოტის გარსი, თუ იგი გაბერილი იქნება წყალბადით $C=2$ მ ზომამდე? ცნობილია, რომ გარსს შეუძლია გასკდომამდე უკიდურეს $C=2,5$ მ მიაღწიოს.

გამოვითვალოთ ეს სიმაღლე. ვთქვათ, რომ დედამიწის ზედაპირზე $p=760$ მმ Hg და $t=0^\circ\text{C}$, ე. ი. მშრალი ჰაერისათვის გვაქვს $\rho_{0,760} =$

$= 1293 \text{ გ/მ}^3$. მოცემული პირობების მიხედვით $\frac{C_0}{C_h} = \frac{2}{2,5} = 0,8$; მაშასადამე, (1.12) ფორმულის მიხედვით გვექნება:

$$\sqrt{\frac{\rho_h}{\rho_0}} = 0,8 \text{ ანუ } \rho_h = 0,512 \rho_0.$$

შევიტანოთ აქ $\rho_0 = 1293 \text{ გ/მ}^3$, მივიღებთ:

$$\rho_h = 1293 \cdot 0,512 = 662 \text{ გ/მ}^3.$$

მიემართოთ ახლა (1.03) ფორმულას და ვიგულისხმოთ, რომ ჰაერის ტემპერატურა უცვლელი რჩება, მაშინ პირველი მიახლოების მისაღებად დავწეროთ

$$662 = 464,5 \cdot \frac{p_h}{273},$$

საიდანაც ვღებულობთ

$$p_h = \frac{662 \cdot 273}{464,5} = 390 \text{ მმ Hg},$$

ამ წნევის შესაბამისი სიმაღლე $h_1 = 5370 \text{ მ}$ ამოიკითხება ჰიფსომეტრიული ცხრილიდან (იხ. დანართი, ცხრილი VIII).

ასეთია გარსის გასკდომის სიმაღლე პირველი მიახლოებით.

ვთქვათ, ჰაერის ტემპერატურა კლებულობს სიმაღლეზე წრფივად ისე, რომ მისი გრადიენტი — $\frac{\partial T}{\partial z} = 0^\circ,5/100 \text{ მ}$, მაშინ

$$T_h = T_0 - 0,5 \cdot \frac{5370}{100} = 246^\circ K$$

და წნევა იქნება $662 = 464,5 \cdot \frac{p_h}{246}$, ე. ი. $p_h = 350 \text{ მმ Hg}$.

ახლა გამოვიყენოთ ბაბინეს ფორმულა

$$h = 16000 \cdot \frac{p_0 - p_h}{p_0 + p_h} (1 + \alpha t),$$

სადაც $t = \frac{0^\circ - 27^\circ}{2} = -13^\circ,5C$ არის ჰაერის სვეტის საშუალო ტემპერატურა. ამგვარად, მეორე მიახლოებით ვღებულობთ გარსის გასკდომის სიმაღლეს

$$h = h_2 = 16000 \cdot \frac{760 - 350}{760 + 350} (1 - 0,004 \cdot 13,5) = 5600 \text{ მ}.$$

ამოცანა 8. გამოთვალეთ გარსის გასკდომის სიმაღლე, თუ $C_0=2$ მ, $C_h=2,5$ მ, $p=700$ მმ Hg და $t=20^\circ\text{C}$; ცნობილია, რომ ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი — $\frac{\partial T}{\partial z}=0^\circ,6/100$ მ.

§ 8. ბირთვ-პილოტის სრული და თავისუფალი ამწევი ძალა

წყალბადი ჰაერზე მსუბუქია, ამიტომ წყალბადით გაბერილი რეზინის გარსი აიტაცება ზევითკენ ისეთი ძალით, რომელიც უდრის 1 მ³ ჰაერის და 1 მ³ წყალბადის წონათა სხვაობას. ამ ძალას არქიმედის ძალას უწოდებენ. 1 მ³ წყალბადის ამწევი ძალა ჩვენ აღნიშნული გვექონდა $e_{t,p}$ -თი. თუ წყალბადის მოცულობა უდრის U მ³, მაშინ მისი სრული ამწევი ძალა იქნება

$$E_{t,p}=U \cdot e_{t,p}, \quad (1.13)$$

რომელიც (1.05) ფორმულის მიხედვით ასედაც დაიწერება:

$$E_{t,p}=U(\rho_{t,p} - \gamma_{t,p}). \quad (1.14)$$

ამ ფორმულაში მარჯვენა მხარის პირველი წევრი $U\rho_{t,p}$ გამოხატავს ჰაერის წონას ბირთვ-პილოტის მოცულობაში, ხოლო მეორე წევრი $U\gamma_{t,p}$ არის წყალბადის წონა იმავე მოცულობაში.

ძალას, რომლითაც წყალბადით გაბერილი ბირთვ-პილოტი ზევითკენ აიტაცება, ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა ეწოდება. თუ ბირთვ-პილოტის თავისუფალ ამწევე ძალას A -თი აღვნიშნავთ, ხოლო მისი გარსის წონას— q -თი, მაშინ თავისუფალი ამწევი ძალა იქნება

$$A=E-q \quad (1.15)$$

(ყველა სიდიდე აქ გრამობით გამოისახება).

ვისარგებლოთ ახლა მოყვანილი ფორმულებით ბირთვ-პილოტის სრული ამწევი ძალის გამოსათვლელად. ტექნიკური წყალბადის სიმკვრივე ნორმალურ პირობებში, როგორც უკვე ვიცით, არის

$$\gamma_{0,760}^\circ=130 \text{ გ/მ}^3.$$

(1.04) და (1.06) ფორმულების მიხედვით p და T -ს ცვალებადობის პირობებში ტექნიკური წყალბადის სიმკვრივე და მისი ამწევი ძალა შესაბამისად უდრის:

$$\gamma_{t,p}^\circ=46,7 \frac{p}{T}, \quad \text{და} \quad e_{t,p}^\circ=418 \frac{p}{T}.$$

(1.13) ფორმულის მიხედვით დავწერთ სრული ამწევი ძალის გამოთვლით მნიშვნელობას

$$E_{t,p}^* = U \cdot 418 \frac{p}{T},$$

მაგრამ, თუ მივიღებთ მხედველობაში (1.08) ფორმულას, დავწერთ

$$E_{t,p}^* = 0,017 C^3 \cdot 418 \frac{p}{T},$$

ანუ

$$E_{t,p}^* = 7,06 \frac{C^3 \cdot p}{T}, \quad (1.16)$$

კერძოდ, თუ $t = 0^\circ C$ და $p = 760$ მმ Hg, მაშინ

$$E_{t,p}^* = 20 C^3. \quad (1.17)$$

ეს ფორმულა ძალიან ხელსაყრელია ბირთვ-პილოტის სრული ამწევი ძალის გამოსათვლელად. მასში C გამოსახულია მეტრობით, ხოლო $E_{t,p}^*$ — გრამობით.

ამოცანა 4. რა სიმძიმის ტვირთის აწევა შეუძლია $t = 0^\circ C$ და $p = 760$ მმ Hg დროს წყალბადით გაბერილ ბირთვს, თუ მისი დიდი წრეხაზის სიგრძე $C = 5$ მ?

ვისარგებლოთ (1.17) ფორმულით, სადაც საჭიროა მხოლოდ C მნიშვნელობის შეტანა; მივიღებთ:

$$E_{t,p}^* = 20 \cdot 5^3 = 20 \cdot 125 = 2500 \text{ გ},$$

ე. ი. ასეთ ბირთვს შეუძლია ასწიოს 2,5 კგ ტვირთი.

ამოცანა 5. გამოითვალეთ წინა ამოცანის პირობებისათვის ტვირთის წონა, თუ $C = 1$ მ.

(პასუხი: $E_{t,p}^* = 20$ გ).

შენიშვნა: ორივე ამოცანის მიხედვით შეიძლება გამოითვალოს თავისუფალი ამწევი ძალა A . ამისათვის მიღებულ შედეგებს უნდა გამოაკლდეს რეზინის გარსის წონა.

ამოცანა 6. რა სიდიდის უნდა იყოს ბირთვი (ე. ი. C ზომა), რომ მან ნორმალურ პირობებში საშუალო წონის ადამიანი ასწიოს?

ვთქვათ, ასეთი ადამიანის წონა უდრის 80 კგ, მაშინ (1.17) ფორმულით ვღებულობთ

$$80000 = 20 C^3,$$

აქედან კი ვღებულობთ $C^3=4000$, ე. ი. $C=15,9$ მ, ანუ ბირთვის დიამეტრი უნდა უდრიდეს დაახლოებით 5 მ.

ამოცანა 7. რას უნდა უდრიდეს ბირთვის დიამეტრი, რომ მან ასწიოს 1 კგ ტვირთი?

(პასუხი: $C=3,68$ მ და $D=1,14$ მ).

(1.16) და (1.06) ფორმულები ნავარაუდევია ნორმალური პირობებისათვის, ე. ი. როცა $p=760$ მმ Hg და $t=0^{\circ}C$.

ავიღოთ ახლა t და p -სათვის განსხვავებული მნიშვნელობები და გამოვითვალოთ $e_{t,p}$ და $E_{t,p}$ სიდიდეები.

შემოვიტანოთ აღნიშვნა

$$n = \frac{e_{t,p}}{e_{t,p}^*},$$

ე. ი. ავიღოთ შეფარდება 1 მ³ წყალბადის ამწევი ძალისა ნებისმიერ პირობებში 1 მ³ ე. წ. გაანგარიშებული წყალბადის ამწევი ძალასთან იმავე პირობებში.

დავწეროთ (1.05) ფორმულის მიხედვით შემდეგი ტოლობანი:

$$e_{t,p} = 1293 \cdot 0,3592 \frac{p}{T} - \gamma_{0^{\circ},760} \cdot 0,3592 \frac{p}{T},$$

$$e_{t,p}^* = 1293 \cdot 0,3592 \frac{p}{T} - 130 \cdot 0,3592 \frac{p}{T}.$$

მათი შეფარდება იქნება:

$$n = \frac{e_{t,p}}{e_{t,p}^*} = \frac{1293 - \gamma_{0^{\circ},760}}{1293 - 130} = \frac{1293 - \gamma_{0^{\circ},760}}{1163}. \quad (1.18)$$

(1.13) თანახმად, შეიძლება დაიწეროს

$$E_{t,p} = U \cdot e_{t,p} \text{ და } E_{t,p}^* = U \cdot e_{t,p}^*,$$

ამიტომ

$$n = \frac{e_{t,p}}{e_{t,p}^*} = \frac{E_{t,p}}{E_{t,p}^*},$$

ანუ

$$E_{t,p} = n E_{t,p}^*.$$

თუ შევიტანთ აქ n -ის მნიშვნელობას (1.18)-დან, მივიღებთ:

$$E_{t,p} = 0,0169 C^3 \cdot e_{t,p}^* \cdot n, \quad (1.19)$$

$$E_{t,p} = 7,061 C^3 \frac{p}{T} n. \quad (1.19a)$$

ეს ფორმულა საშუალებას გვაძლევს გავიგოთ ბირთვ-პილოტის ამწევი ძალა $E_{t,p}$ ტემპერატურისა და წნევის ყოველგვარი მნიშვნელობისათვის, რომლებიც განსხვავდებიან ნორმალური პირობებისაგან, თუ ცნობილია წყალბადისათვის n და $e_{t,p}^*$ სიდიდეები.

§ 4. ბირთვ-პილოტის თავისუფალი აფხვი ძალის ცვლილებანი სიმაღლის მიხედვით

წყალბადით გავსებული ბირთვ-პილოტი სწრაფად მიიწევს ზევით თავისუფალი ამწევი ძალის ზეგავლენით. ვნახოთ ჯერ როგორ იცვლება სიმაღლის მიხედვით ბირთვ-პილოტის სრული ამწევი ძალა E . ამისათვის მივმართოთ (1.06) ფორმულას და დავწეროთ ანალოგიური ტოლობანი დედამიწის ზედაპირისა (ინდექსი 0) და რომელიმე სიმაღლისათვის (ინდექსით h)

$$e_0 = 418 \frac{p_0}{T_0} \quad \text{და} \quad e_h = 418 \frac{p_h}{T_h}.$$

მათი შეფარდება იქნება:

$$\frac{e_h}{e_0} = \frac{T_0}{T_h} \cdot \frac{p_h}{p_0}.$$

ასევე დავწეროთ (1.03) ფორმულის მიხედვით:

$$\rho_0 = 464,5 \frac{p_0}{T_0} \quad \text{და} \quad \rho_h = 464,5 \frac{p_h}{T_h}.$$

მათი შეფარდება იქნება:

$$\frac{\rho_h}{\rho_0} = \frac{T_0}{T_h} \cdot \frac{p_h}{p_0}.$$

ამის მსგავსად (1.04) ფორმულის მიხედვით მივიღებთ:

$$\frac{\gamma_h}{\gamma_0} = \frac{T_0}{T_h} \frac{p_h}{p_0}.$$

მაშასადამე, სამივე შეფარდება ერთსა და იმავე რიცხვს იძლევა, ამიტომ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ

$$\frac{e_h}{e_0} = \frac{\rho_h}{\rho_0} = \frac{\gamma_h}{\gamma_0}, \quad (1.19^1)$$

რაც ნიშნავს იმას, რომ h და 0 სიმაღლეზე ბირთვ-პილოტის ამწევი-
ძალის ურთიერთშეფარდებანი იგივეა, რაც ჰაერისა და წყალბადის სიმ-
კვრივეთა ურთიერთშეფარდება იმავე სიმაღლეებზე.

ახლა, რადგან 'ბირთვ-პილოტის სრული ამწევი ძალისათვის გვაქვს
(1.13) ტოლობა, ამ ტოლობის გამოყენება 0 და h სიმაღლეებისათვის
მოგვცემს:

$$E_0 = U_0 \cdot e_0 \text{ და } E_h = U_h \cdot e_h,$$

ანუ

$$\frac{E_h}{E_0} = \frac{U_h \cdot e_h}{U_0 \cdot e_0}.$$

მაგრამ ჩვენ უკვე ვიცით, რომ $\frac{U_h}{U_0} = \frac{\rho_0}{\rho_h}$ (იხ. ფორმ. 1.19¹) და ამი-
ტომ დავწერთ:

$$\frac{E_h}{E_0} = \frac{\rho_0}{\rho_h} \cdot \frac{\rho_h}{\rho_0} = 1,$$

ე. ი.

$$E_h = E_0,$$

რაც ნიშნავს იმას, რომ სიმაღლის მიხედვით ბირთვ-პილოტის სრუ-
ლი ამწევი ძალა არ იცვლება. მაგრამ სრული ამწევი ძალა
 E , როგორც ვიცით, დაკავშირებულია თავისუფალ ამწევ A ძალასთან
ტოლობით $E = A + q$, სადაც q არის რეზინის გარსის წონაგრამობით.
რადგან q მუდმივი სიდიდეა, თავისუფალი ამწევი ძალაც (A) სიმაღლის
მიხედვით უცვლელი რჩება. ეს დებულება ძირითადია ბირთვ-პილო-
ტების დაკვირვებათა მთელ თეორიაში და ამიტომ საჭიროა ვიცოდეთ,
ხომ არ არსებობს ისეთი ფაქტები, რომლებიც ამ დებულების დარ-
ღვევაზე მიგვითითებენ?

სამწუხაროდ, ასეთი ფაქტები არსებობს და ეს ფაქტები არის
შემდეგი:

1. წყალბადისა და გარემო ჰაერის ტემპერატურათა შორის არსე-
ბული განსხვავება; ეს განსხვავება ყოველთვის არ არის ნულის ტოლი.
დარღვევები შეიძლება მოხდეს არა მარტო წყალბადით გარსის გავსე-
ბის დროს, არამედ მაშინაც, როცა ბირთვ-პილოტი ერთბაშად აღმო-
ჩნდება ისეთ ფენებში, სადაც ტემპერატურის ინვერსიას აქვს ადგილი.

2. თუმცა ჩვენ ვთვლით, რომ წნევა ბირთვში და მის გარეთერთი
და იგივეა, მაგრამ სინამდვილეში 1,5 — 2 მმ-ის საზღვრებში განსხვა-
ეება მათ შორის მაინც არსებობს.

ასეთ მცირე განსხვავებას ჩვენ უგულვებელყოფთ მუდამ.

3. თუმცა რეზინის გარსის მასა არ იცვლება, მაგრამ იცვლება მისი წონა სიმძიმის ძალის ზეგავლენით. მაღლა ასვლის დროს კი 10 კმ სიმაღლეზე მისი წონა კლებულობს. ამ გარემოებას შეუძლია მოგვეცეს წონის შემცირება 0,3%-ით, ამიტომ აქაც შეგვიძლია მისი უგულებელყოფა.

4. ყველაზე საყურადღებოა დიფუზიის მოვლენა.

ბირთვ-პილოტის ასვლის დროს ხდება ბირთვში მოთავსებული წყალბადისა და გარემო ჰერს შორის დიფუზია. ამას მოჰყვება თავისუფალი ამწვევი ძალის შემცირება, რის გამოც ზოგჯერ ბირთვ-პილოტი ვერც კი აღწევს გარსის გასკდომის სიმაღლეს და უკანვე ვარდება დაუზიანებელი. ასეთი შემთხვევები ცნობილია პრაქტიკაში.

დიფუზიის გავლენა ყველაზე მეტად მნიშვნელოვანია, თუმცა იგი დღესაც არ არის კარგად შესწავლილი.

ასვლის დაწყებიდან პირველი საათის განმავლობაში თავისუფალი ამწვევი ძალა დიფუზიის გამო 2 — 3%-ით კლებულობს.

როგორც ვხედავთ, დიფუზია ყველაზე მეტად მოქმედებს. მაგრამ ეინაიდან, ჩვეულებრივ, დაკვირვებათა ხანგრძლივობა უმეტეს შემთხვევაში 30 წუთია, ამიტომ შეგვიძლია ეს მოვლენაც უგულებელვყოთ.

§ 6. ჰაერის წინააღმდეგობა და მისი ცვლილება სიმაღლის მიხედვით

ბირთვ-პილოტს მოძრაობისას წინააღმდეგობას უწევს ჰაერი. ჰერის წინააღმდეგობის ძალას (R) ჩვენ ვზომავთ გრამობით. ეს ძალა ბევრ სხვადასხვა ფაქტორზეა დამოკიდებული. პირველ რიგში R ძალა პროპორციულია ჰერის სიმკვრივისა და იმ ფართობისა, რომლითაც ბირთვ-პილოტი არღვევს ჰერის მაღლა მდებარე ფენებს. რადგან ეს ფართობი წარმოადგენს დიდი წრის ფართობს $\left[S = \pi r^2 = \pi \left(\frac{C}{2\pi} \right)^2 = \frac{C^2}{4\pi} \right]$, ამიტომ ბირთვ-პილოტებისათვის ჰერის წინააღმდეგობა R პროპორციულია დიდი წრეხაზის სიგრძის კვადრატისა. ჰერის წინააღმდეგობის ძალა დამოკიდებულია აგრეთვე ბირთვ-პილოტის ვერტიკალურ სიჩქარეზედაც (W). გამოკვლევების თანახმად, წინააღმდეგობის R ძალისათვის მიღებულია შემდეგი ექსპერიმენტული ფორმულა:

$$R = c \cdot \sigma \cdot S \cdot W^2, \quad (1.20)$$

სადაც c არის რიცხვითი კოეფიციენტი, $S = \frac{\pi}{4} D^2$ — დიდი წრის ფარ-

თობი (D — მისი დიამეტრი) და $\sigma = \frac{\rho}{g}$ არის პაერის მასური სიმკვრივე. თუ ამ მნიშვნელობებს (1.20) ფორმულაში შევიტანთ, მაშინ გექნება:

$$(1.20a)$$

$$\text{სადაც } k = \frac{c\pi}{4g}.$$

თუ R იზომება გრამობით, ρ — გ/მ³-ობითა და W — მ/წუთობით, მაშინ k კოეფიციენტის რიცხვითი მნიშვნელობა აღმოჩნდება $6,23 \cdot 10^{-7}$ და $8,57 \cdot 10^{-7}$ შორის. k კოეფიციენტის ასეთი ცვალებადობის მიზეზი არ არის დადგენილი. ცნობილია, რომ იგი მჭიდრო კავშირში იმყოფება A თავისუფალ ამწევ ძალასთან.

ქვესელებერგისა და ბირკელანდის მიერ მიღებულია შემდეგი ცხრილი k -სათვის A -გან დამოკიდებულებით (იხ. ცხრ. 2),

ცხრილი 2

პაერის წინააღმდეგობასა (k) და ბირთვ-პილოტის თავისუფალ ამწევ ძალას (A) შორის კავშირი

A	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	(g)
$\cdot 10^7 \cdot k$	8,58	8,47	8,26	8,00	7,62	7,18	6,77	6,40	6,33	6,26	6,23	

ზოგჯერ, როცა A უცნობია, დასაშვებია მივიღოთ $k=7,4 \cdot 10^{-7}$, ხოლო CGS სისტემაში $A=140$ გ-სათვის k უდრის $3,03 \cdot 10^{-2} \approx 0,03$. აღნიშნულ განზომილებათა მიხედვით (C , R და W -სათვის) CGS სისტემაში A განყენებული სიდიდეა, რადგან წრეწაზის სიგრძე $C=\pi D$. დავწეროთ (1.20a) ფორმულა 0 და h სიმაღლეებისათვის:

$$R_h = k_h \rho_h C_h^2 W^2,$$

$$R_0 = k_0 \rho_0 C_0^2 W^2,$$

რადგან ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე მუდმივად ითვლება. თუ როგორ იცვლება სიმაღლის მიხედვით k_h კოეფიციენტი, არ ვიცით. სიმარტივისათვის მივიღოთ $k_h = k_0$, მაშინ გაყოფა მოგვცემს

$$\frac{R_h}{R_0} = \frac{\rho_h}{\rho_0} \cdot \frac{C_h^2}{C_0^2};$$

(1.12) ფორმულის ძალით დავწერთ:

$$\frac{R_h}{R_0} = \frac{\rho_h}{\rho_0} \sqrt[3]{\left(\frac{\rho_0}{\rho_h}\right)^2} = \sqrt[3]{\frac{\rho_h}{\rho_0}},$$

$$R_h = R_0 \sqrt[3]{\frac{\rho_h}{\rho_0}},$$

რაც მოწმობს იმას, რომ სიმაღლის მიხედვით ჰაერის წინააღმდეგობა კლებულობს.

ამოცანა 8. მოცემულია შემდეგი საწყისი მნიშვნელობები: $p_0 = 760$ მმ Hg, $t_0 = 10^\circ\text{C}$ და ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი $-\frac{\partial T}{\partial z} = 0^\circ,5/100$ მ.

გამოითვალეთ რამდენად შემცირდება ჰაერის წინააღმდეგობა $h = 1000$ მ სიმაღლეზე?

ამისათვის საჭიროა (1.21) ფორმულის მიხედვით გამოვთვალოთ შეფარდება

$$t_h = t_0 - \frac{1000}{100} \cdot 0.5 = 10^\circ - 5^\circ,0 = 5^\circ\text{C};$$

ჰაერის ფენის საშუალო ტემპერატურა $t_m = \frac{1}{2} (t_0 + t_h) = 7^\circ,5\text{C}$,
სიმკვრივეთა შეფარდება

$$\frac{\rho_h}{\rho_0} = \frac{T_0}{T_h} \cdot \frac{p_h}{p_0} = \frac{283}{273} \cdot \frac{p_h}{p_0},$$

მაგრამ ატმოსფეროს სტატიკის ძირითადი ფორმულის თანახმად

$$p_h = p_0 \cdot e^{-\frac{gh}{RT_m}},$$

სადაც $T_m = 273^\circ + t_m = 280^\circ,5\text{ K}$. მისი შეტანა მოგვცემს:

$$\frac{\rho_h}{\rho_0} = \frac{283}{273} e^{-\frac{g}{R} \frac{h}{280,5}}.$$

რადგან h გამოიხატება მეტრობით, ამიტომ მისი შეტანით მიიღება საჭირო პასუხი. მაგრამ უმჯობესია ვისარგებლოთ ჰიფსომეტრიული ცხრილებით და დავწეროთ

$$\frac{\rho_h}{\rho_0} = \frac{283}{273} \cdot \frac{671}{760} = 0,915.$$

მაშასადამე,

$$\frac{R_h}{R_0} = \sqrt[3]{\frac{915}{1000}} = 0,971,$$

ე. ი. ჰაერის წინააღმდეგობა შემცირდება 2,9%-ით.

ამოცანა 8. გამოითვალეთ იგივე შედეგი ატმოსფეროს სტატიკის ძირითადი ფორმულის დახმარებითაც.

§ 8. ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა და რეინოლდსის რიცხვი

წყალბადით გაბერილი ბირთვ-პილოტი მიიწევს ზევითკენ თავისუფალი ამწევი ძალის ზეგავლენით. ამ მოძრაობაში ბირთვ-პილოტს უხდება ჰაერის წინააღმდეგობის გადალახვა. ჰაერი უწევს მას წინააღმდეგობას გარკვეული ძალით, რომელიც დამოკიდებულია არა მარტო ბირთვ-პილოტის ფორმასა და მოცულობაზე, არამედ თვით ჰაერის სიმკვრივეზედაც. ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა მიმართულია თავისუფალი ამწევი ძალის საწინააღმდეგოდ და იზომება, უკანასკნელის მსგავსად, გრამობით. ჩვეულებრივ, ჰაერის წინააღმდეგობის აღსანიშნავად იხმარება ასო R (Reibung — ხახუნი). რამდენადაც მკვრივია ჰაერი, იმდენად უფრო მეტ წინააღმდეგობის ძალას წარმოშობს იგი. რადგან ჰაერის სიმკვრივე სიმაღლეზე კლებულობს, ამიტომ უნდა კლებულობდეს მისი წინააღმდეგობის ძალაც. ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა პირდაპირპროპორციულია ბირთვ-პილოტის განივკვეთის ფართობისა, რომელიც მოძრაობის მიმართულებისადმი შეეუღლია. როგორც ვიცით, ეს განივკვეთი წარმოადგენს დიდი წრის ფართობს $\pi r^2 = \pi \left(\frac{C}{2\pi}\right)^2 = \frac{C^2}{4\pi}$,

სადაც C არის ამ წრეხაზის სიგრძე; აგრეთვე შეიძლება დაიწეროს $\pi r^2 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{4} D^2$, სადაც D ამ წრეხაზის დიამეტრია. მაშასადამე, შეიძლება ითქვას, რომ წინააღმდეგობის ძალა პირდაპირპროპორციულია დიდი წრეხაზის სიგრძის კვადრატისა ანდა, აგრეთვე, პროპორციულია დიამეტრის კვადრატისა.

თუ როგორი დამოკიდებულება არსებობს წინააღმდეგობის R ძალასა და დიდი წრეხაზის C სიგრძეს (ან დიამეტრს D) შორის, — ეს საკმაოდ რთული საკითხია, რომლის შესწავლა (თეორიულად და ექსპერიმენტულად) ჰიდრომექანიკის საგანს წარმოადგენს. ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ, როცა მოძრაობის სიჩქარე < 2 მ/წმ, მაშინ წინააღმდეგობის R ძალა ითვლება სიჩქარის თითქმის პირდაპირპროპორციულად; ხოლო, თუ სხეული, ამ შემთხვევაში სფერო, მოძ-

რაობს 2—100 მ/წმ სიჩქარით, მაშინ R ხდება უკვე სიჩქარის კვადრატის პროპორციული. 100 მ/წმ-ზე ზევით კი R ისევ სხეულის (სფეროს) მოძრაობის სიჩქარის პროპორციულია. ბირთვ-პილოტების მოძრაობის სიჩქარე, ჩვეულებრივ, არ სცილდება შუალედს 2—100 მ/წმ, ამის გამო აეროლოგიაში მიღებულია, რომ R პროპორციულია მოძრაობის სიჩქარის კვადრატისა.

ამ საკითხის შესწავლაში უკეთესი შედეგები იქნა მიღებული მას შემდეგ, როცა დადგინდა წინააღმდეგობის ძალის კავშირი ჰაერისა და საერთოდ კუმშვადი სითხეების ტურბულენტურ მდგომარეობასთან. როდესაც ჰაერის ტურბულენტური მდგომარეობა დიდდება, მაშინ როგორც დაკვირვებები გვიჩვენებს, მისი წინააღმდეგობის ძალა მცირდება. მაშასადამე, საჭიროა წინასწარ ვიცოდეთ, თუ რამდენად დიდია ჰაერის ტურბულენტური მდგომარეობა იმ მომენტისათვის, როდესაც ჩვენ ბირთვ-პილოტს მალა ვუშვებთ. ნაკადის, ამ შემთხვევაში ჰაერის (რომელიც წინააღმდეგობას უწევს ზევითკენ მიმავალ ბირთვ-პილოტს), ტურბულენტური მდგომარეობის დასახასიათებლად ანგარიშობენ ე. წ. რეინოლდსის რიცხვს

$$Re = \rho \frac{vd}{\mu}, \quad (1.21)$$

სადაც ρ არის ჰაერის სიმკვრივე, v — მოძრაობის სიჩქარე, d — მოძრავე სხეულის (ბირთვის) დამახასიათებელი სიგრძე და μ — ჰაერის სიბლანტე. თუ შემოვიტანთ აღნიშვნას $\nu = \frac{\mu}{\rho}$, რომელსაც სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი ეწოდება, მაშინ რეინოლდსის რიცხვი ასედაც დაიწერება:

$$Re = \frac{vd}{\nu}. \quad (1.21a)$$

Re განყენებული რიცხვია. ეს ფორმულა გარკვეულ ფიზიკურ კანონს გამოსახავს, სახელდობრ, თუ ორ სხვადასხვა მოძრავე სხეულს აღმოაჩნდა თანატოლი Re რიცხვი, მაშინ მათი მოძრაობა მექანიკურად მსგავს მოძრაობებად ითვლება. ყოველი ფიზიკური კანონი შეიძლება გამოისახოს ისეთი სახით, რომ იგი არ იყოს დამოკიდებული მის გამოსახავად არჩეულ ერთეულებზე. ჩვენს შემთხვევაში საქმე გვაქვს ბირთვ-პილოტის მალა ასვლასთან ან, რაც იგივეა, ჰაერის მოძრაობასთან მის მიმართ. ეს მოძრაობა ხასიათდება ზემოთ აღნიშნული სიდიდეებით: v , ρ , d და μ . (1.21) ფორმულის მისაღე-

ბად ჩვენ მივმართავთ ერთ-ერთ ცნობილ მეთოდს, რომელსაც განზომილებათა შედარება იძლევა.

ვთქვათ, რომ აღნიშნული სიდიდეები საშუალებას იძლევიან დაწეროს ზემოაღნიშნული ფიზიკური კანონი ასეთი სახით:

$$v^{\alpha} d^{\beta} \rho^{\gamma} \mu^{\delta},$$

სადაც α , β , γ და δ უცნობი სიდიდეებია, რომელთა მონახვა საშუალებას მოგვცემს ჩამოვყალიბოთ აღნიშნული კანონი:-

ამ უცნობთა გასაგებად ავიღოთ ზომის ასეთი ერთეულები:

ძალისათვის K ,

სიგრძისათვის L ,

დროისათვის T .

რადგან R_e რიცხვი განყენებულია, ამიტომ შეგვიძლია დავწეროთ:

$$[v^{\alpha} d^{\beta} \rho^{\gamma} \mu^{\delta}] = K^{\alpha} L^{\beta} T^{\delta}.$$

ზოგადობის ყოველგვარი შეზღუდვის გარეშე ჩვენ შეგვიძლია ერთ-ერთი უცნობთაგანი მივიღოთ 1-ის ტოლად, ჩავთვალოთ, მაგალითად, $\alpha=1$, მაშინ გვექნება:

$$[v^1 d^{\beta} \rho^{\gamma} \mu^{\delta}] = \frac{L}{T} L^{\beta} \left(\frac{KT^2}{L^4} \right)^{\gamma} \left(\frac{KT}{L^2} \right)^{\delta} = K^{\alpha} L^{\beta} T^{\delta}.$$

$$\text{რადგან } [\mu] = \left[\frac{[v] \cdot [v]^2}{[v]^2} \right] \quad \text{და} \quad [\rho] = \left[\frac{[v] \cdot [v]^2}{[v]^4} \right].$$

მარჯვენა და მარცხენა მხარეების ერთნაირი ხარისხების შედარება მოგვცემს ასეთ სამ ტოლობას:

$$K\text{-სათვის: } \gamma + \delta = 0,$$

$$L\text{-სათვის: } 1 + \beta - 4\gamma - 2\delta = 0,$$

$$T\text{-სათვის: } -1 + 2\gamma + \delta = 0.$$

მიღებულ სამ განტოლებაში სამი უცნობი გვაქვს, მათი ამოხსნა მოგვცემს:

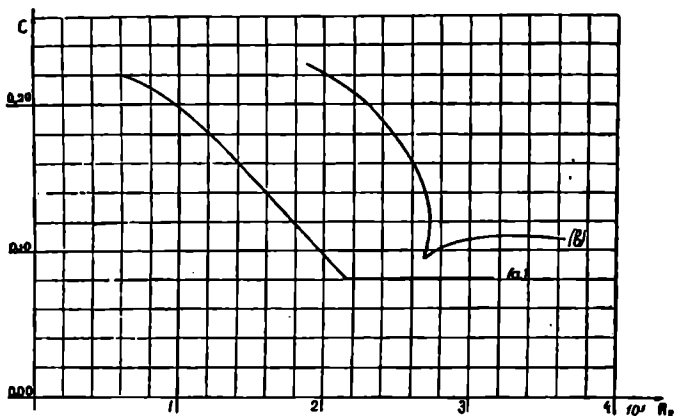
$$\beta=1, \quad \gamma=1, \quad \delta=-1.$$

მაშასადამე, რეინოლდსის რიცხვისათვის ფორმულა იქნება (1.21ა).

რეინოლდსის რიცხვი R_e მკიდროდ არის დაკავშირებული c კოეფიციენტთან, რომელიც, როგორც პროპორციულობის კოეფიციენტი, შედის ხახუნის ძალის ფორმულაში (1.20ა):

$$R = c_{\text{თ}} S W^2, \quad (1.20')$$

სადაც, როგორც ვიცით, $S = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$ არის D დიამეტრის მქონე დიდი წრის ფართობი და $\sigma = \frac{p}{g}$ — ჰაერის მასური სიმკვრივე. მეორე ნახში გვიჩვენებს c კოეფიციენტის კავშირს R_e რიცხვთან. ეს დამო-



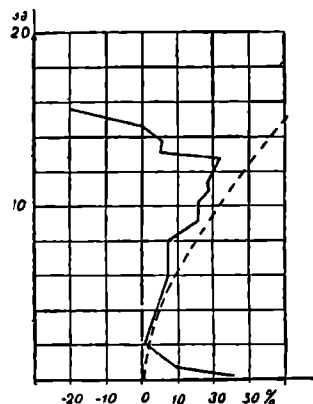
ნახ. 2. კავშირი R_e და c კოეფიციენტს შორის.

კლებულება მიღებულია აეროდინამიკურ მილში შექმნილი ხელოვნური პირობების მიხედვით. ჰაერის სიჩქარე აღებული იყო ერთი და იგივე როგორც ტურბულენტური ნაკადისა (მარცხენა მრუდი a), ისე არატურბულენტური ნაკადისათვის (მარჯვენა მრუდი b). გრაფიკის განხილვა გვიჩვენებს, რომ c უცვლელი რჩება R_e რიცხვის მნიშვნელობათა გარკვეულ საზღვრებში. ერთისა და იმავე R_e -სათვის ტურბულენტურ ნაკადში c -ს მნიშვნელობა ბევრად უფრო ნაკლებია, ვიდრე არატურბულენტურ ნაკადში. მაგალითად, $R_e = 2 \cdot 10^5$ მნიშვნელობისათვის მარცხენა მრუდზე $c = 0,10$, ხოლო მარჯვენაზე $c = 0,22$. თუ გავითვალისწინებთ ტურბულენტურობის გავლენას c -ზე, შეგვიძლია აქედანაც მივიღოთ ზოგიერთი წარმოდგენა ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეების ცვლილებაზე. როგორც ეს ნახაზიდან ჩანს, როცა $R_e > 2,9 \cdot 10^5$, c მნიშვნელობათა განსხვავება ტურბულენტურ და არატურბულენტურ ნაკადში ძალზე მცირდება და გასაგებია, თუ R_e -ის მნიშვნელობა ბირთვ-პილოტის აშვების დროს რატომ აღემატებოდა აღნიშნულ ზღვრულ რიცხვს, მაშინ მალა ასული ბირთვ-პილოტისათვის ჰაერის მდგომარეობას აღარ ექნება იმდენად დიდი მნიშვნელო-

ბა, ვიდრე მაშინ, როცა R_e რიცხვი აღნიშნული საზღვრის მარცხნივ აღმოჩნდება. ამ უკანასკნელში c -ს ცვლილებას უსათუოდ დიდი მნიშვნელობა ექნება. აქედან ის დასკვნა უნდა გამოვიტანოთ. რომ თვით ჰაერის წინააღმდეგობაც, რომელიც, პირობის თანახმად, (1.20¹) ფორმულით განისაზღვრება, უნდა იცვლებოდეს. დიდი ზომის ბირთვებისათვის (რადიოზონდი), R_e რიცხვი დიდ მნიშვნელობებს ღებულობს; ამიტომ, თანახმად აღნიშნული გრაფიკისა (ნახ. 2), c კოეფიციენტი მათთვის უცვლელი რჩება და, მაშასადამე, ვერტიკალური სიჩქარეებიც დაახლოებით მუდმივებია.

ფაქტიური ვერტიკალური სიჩქარეების განაწილების შესწავლა, რომელიც ყოფილ პავლოვსკის ობსერვატორიამ აწარმოა, მე-3 ნახაზზე წარმოდგენილი გრაფიკის აგების საშუალებას იძლევა. ქვემოთ ჩვენ დავინახავთ, რომ ბირთვ-პილოტის თეორიული ვერტიკალური სიჩქარე იცვლება ჰაერის სიმკვრივის ვერტიკალურ ცვლილებასთან დაკავშირებით და ეს ცვლილება გამოისახება (1.28) ფორმულით (§ 8)

$$\frac{W}{W_0} = \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^{\frac{1}{\delta}}$$



ნახ. 3. თეორიული ვერტიკალური სიჩქარე და მისი გადახრა ფაქტიურიდან.

ცხრილი 3

ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარის ცვლილება სიმაღლის მიხედვით

H (კმ)	0	3	6	9	12
$W:W_0$	1	1,05	1,10	1,17	1,25

აღნიშნულ ნახაზზე წყვეტილი მრუდით წარმოდგენილია ამ ფორმულის მიხედვით გამოთვლილი შედეგები, მეორე მრუდი წარმოადგენს ფაქტიური ვერტიკალური სიჩქარეების გადახრას მისი თეორიული განაწილებიდან, პროცენტებში გამოხატვით. როგორც ვხედავთ, უდიდესი გადახრები გვაქვს ჰაერის უდაბლეს ფენებში 2 კმ სიმაღლემდე, 12 კმ-ზე ზევით კი გადახრები (უკვე უარყოფით მხარეს) იზრდება.

2 — 12 კმ საზღვრებში ფაქტიური და თეორიული ვერტიკალური სიჩქარეები ერთმანეთისაგან მცირედ განიჩევა. უშუალო დაკვირვებით დადგენილია, რომ სხვადასხვა ადგილას გადახრები დღის საათებში დღის საათებთან შედარებით იზრდება. ამ გადახრების ზრდა შეინიშნება აგრეთვე ქარის სიჩქარის ზრდასთან დაკავშირებით. ყველაფერი ეს იმას მოწმობს, რომ ატმოსფეროს ტურბულენტურ მდგომარეობაზეა დამოკიდებული ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეები და მათი ცვალებადობა სიმაღლის მიხედვით.

განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროს ქვედა ფენებში ჰაერის მოძრაობას ვერტიკალური მიმართულებით (აღმავალი და დაღმავალი დენადობა). დედამიწის ზედაპირის თერმული მდგომარეობა, თავის მხრივ, ერთი უმთავრესი ფაქტორთაგანია ამგვარი მოძრაობებისა. ზაფხულობით ამას ჩვენ ნათლად ვხედავთ ღრუბლების წარმოშობასა და მათ შემდგომ განვითარებაში. გარდა ამისა, თვით რელიეფის ფორმაც უწყობს ხელს ჰაერის ვერტიკალური მოძრაობის განვითარებას. აქედან გასაგებია, რომ ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეების გადახრას თეორიულად მუდამ ექნება ადგილი (განსაკუთრებით მთიან ქვეყნებში). ამიტომ გაანგარიშებული ვერტიკალური სიჩქარეები არ იქნება ზუსტი. ამის გამო საჭიროა ვერტიკალურ სიჩქარეთა განსაზღვრა საბაზისო დაკვირვებებით. მიუხედავად ამისა, ერთი პუნქტიდან წარმოებული დაკვირვებებიც თავის მნიშვნელობას მაინც არ კარგავს და სხვადასხვა პრაქტიკული მნიშვნელობის საკითხის გადაჭრაში დიდად სასარგებლოა, განსაკუთრებით ავიაციისათვის.

§ 7. ბირთვ-პილოტის მართვალური სიჩქარა

დავწეროთ ბირთვ-პილოტის მოძრაობის განტოლება მექანიკის ცნობილი ფორმულის მიხედვით:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = Z, \quad (1.22)$$

სადაც m არის მასა, Z — შვეულად მიმართული მომქმედი ძალა და $\frac{d^2 z}{dt^2}$ — ბირთვის მოძრაობის აჩქარება.

ჩვენს შემთხვევაში $Z = A - R$ და $W = \frac{dz}{dt}$. ამიტომ მოძრაობის (1.22) განტოლება ასეთი სახით დაიწერება:

$$m \frac{dW}{dt} = A - k\rho D^2 W^2 \quad (1.23)$$

(აქ D -თი აღნიშნულია ბირთვ-პილოტის დიამეტრი).

(1.23) განტოლება ასედაც დაიწერება:

$$m \frac{dW}{dz} \cdot \frac{dz}{dt} = A - k\rho D^2 W^2,$$

ანუ

$$\frac{d}{dz}(W^2) + 2 \frac{k\rho D^2}{m} W^2 - 2 \frac{A}{m} = 0,$$

რომელიც პირველი რიგის წრფივ დიფერენციალურ განტოლებას წარმოადგენს, მისი ამოხსნა არის

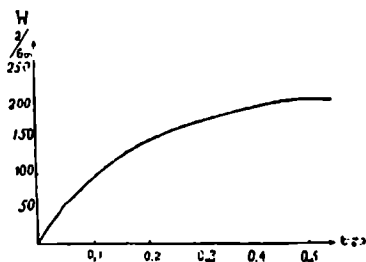
$$W = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{k\rho D}} \sqrt{1 - e^{-\frac{2k\rho D^2}{m} z}} \quad (1.24)$$

როგორც ვხედავთ, ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე მისი z სიმაღლის ფუნქციაა. შეიძლება მოინახოს z -ის ისეთი მნიშვნელობა, რომ ადგილი ჰქონდეს ასეთ დამოკიდებულებას:

$$0,01 \geq e^{-\frac{2k\rho D^2}{m} z}$$

ე. ი. რადიკალის ქვეშ მხოლოდ 1 გვექონდეს (ნახ. 4). ამისათვის საჭიროა

$$z \geq \frac{4,6 m}{2 k\rho D^2}.$$



ნახ. 4. ვერტიკალური სიჩქარის მუდმივობა აშვებიდან $\frac{1}{2}$ წამის შემდეგ.

თუ შევიტანთ აქ № 20 ზომის რეზინის გარსის წონას 60 გ, $D=65$ სმ, $\rho=0,0013 \cdot 981$ გ/სმ³. წმ³ და k რიცხვითი მნიშვნელობას, მივიღებთ $z \approx 1$ მ. ეს ნიშნავს იმას, რომ აღნიშნული ზომის ბირთვისათვის მისი გაშვების მომენტიდან $e^{-\frac{2k\rho D^2}{m} z}$ სიდიდე ხდება იმდენად უმნიშვნე-

* ამ სიდიდის განზომილება მიიღება ფორმულიდან $\sigma = \frac{\rho}{g}$, რომლითაც განისაზღვრება ჰაერის მასური სიმკვრივე, ე. ი.

$$\left[\frac{\text{გ}}{\text{სმ}^3} \right] \cdot \left[\frac{\text{სმ}}{\text{წმ}^2} \right] = \left[\frac{\text{გ}}{\text{სმ}^2 \cdot \text{წმ}^2} \right].$$

ლო, რომ თავისუფლად შეგვიძლია მისი უგულებელყოფა, ე. ი. (1.24) მაგიერ შეიძლება დავწეროთ

$$W = \frac{1}{\sqrt{k}} \frac{\sqrt{A}}{D\sqrt{\rho}}. \quad (1.25)$$

აქედან დავასკვნით, რომ ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე დამოკიდებულია მის თავისუფალ ამწევ ძალაზე, მისი დიამეტრის სიდიდესა და ჰაერის სიმკვრივეზე.

გარდა ამისა, ამ ფორმულაში შედის აგრეთვე k კოეფიციენტიც, რომელიც საერთოდ არ არის მუდმივი. როგორც ვიცით, იგი დაკავშირებულია c კოეფიციენტთან ფორმულით $k = \frac{c\pi}{4g}$. თავის მხრივ

კი არც c არის მუდმივი სიდიდე და განისაზღვრება რეინოლდსის რიცხვის შემწვობით, რომლის ფორმულა (1.21) მოცემული იყო მე-6 პარაგრაფში.

ფორმულა (1.25) შეიძლება ასე გადმოიწეროს:

$$W = \frac{a\sqrt{A}}{C\sqrt{\rho}}, \quad (1.25')$$

სადაც $C = \pi D$ არის წრეხაზის სიგრძე და $a = \frac{\pi}{\sqrt{k}}$.

ჩვენ უკვე ვიცით, რომ ბირთვ-პილოტის სრული ამწევი ძალა $E = U(\rho - \gamma)$. გამოვსახოთ მისი U მოცულობა წრეხაზის სიგრძის საშუალებით, მივიღებთ:

$$E = \frac{C^3}{6\pi^2} (\rho - \gamma).$$

მაგრამ ეს ძალა არის ჯამი A თავისუფალი ამწევი ძალისა და ბირთვის გარსის q წონისა, ე. ი.

$$\frac{C^3}{6\pi^2} (\rho - \gamma) = A + q. \quad (1.25'')$$

აქედან მივიღებთ:

$$C = \sqrt[3]{\frac{6\pi^2(A+q)}{\rho-\gamma}}.$$

C ეს მნიშვნელობა შევიტანოთ (1.25) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$W = \frac{a\sqrt{A}\sqrt{\rho-\gamma}}{\sqrt[3]{6\pi^2(A+q)}\sqrt{\rho}}.$$

თუ აღვნიშნავთ

$$n = \frac{\rho - \gamma}{\rho},$$

მაშინ ამ ფორმულას ასე გადმოვწერთ:

$$W = a \sqrt[3]{\frac{n}{6\pi^2}} \rho^{-\frac{1}{6}} \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+q}}.$$

თუ კიდევ შემოვიტანთ აღნიშვნას:

$$b = a \sqrt[3]{\frac{n}{6\pi^2}},$$

მაშინ გვექნება

$$W = b \rho^{-\frac{1}{6}} \frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+p}}, \quad (1.26)$$

მიღებული ფორმულა განსაზღვრავს ბირთვ-პილოტის ვერტიკალურ სიჩქარეს, რომელიც დამოკიდებულია მისი თავისუფალი ამწევი ძალისა და რეზინის გარსის წონაზე.

§ 8. ჰაერის სიმკვრივისა და ტემპერატურის გავლენა ბირთვ-პილოტის ვერტიკალურ სიჩქარეზე

წარმოვიდგინოთ, რომ ბირთვ-პილოტის მაღლა ასვლის დროს ჰაერის ტემპერატურა ყველა სიმაღლეზე ისეთივეა, როგორიც არის წყალბადის ტემპერატურა.

1°. მივმართოთ (1.25') ფორმულას და დავწეროთ იგი ორი განსხვავებული მნიშვნელობისათვის: W_0 -ისა და W -სათვის:

$$W_0 = \frac{a_0 \sqrt{A_0}}{C_0 \sqrt{\rho_0}} \quad (\text{დედამიწის ზედაპირზე})$$

და რომელიმე სიმაღლეზე

$$W = \frac{a \sqrt{A}}{C \sqrt{\rho}}.$$

შევადგინოთ შეფარდება

$$\frac{W}{W_0} = \frac{a}{a_0} \sqrt{\frac{A}{A_0}} \frac{C_0}{C} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}. \quad (1.27)$$

ბირთვის მაღლა ასვლის დროს, როგორც უკვე დავინახეთ, მისი თავისუფალი ამწევი ძალა არ იცვლება, ე. ი. $A=A_0$. იცვლება მხოლოდ C და ρ შემდეგნაირად: სიმაღლეზე ბირთვის დიდი წრეხაზის სიგრძე C იზრდება, ხოლო ჰაერის სიმკვრივე ρ კლებულობს. ორი სხვადასხვა სიმაღლისათვის:

$$U = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2} \right)^3 = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{C}{2\pi} \right)^3,$$

$$U_0 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D_0}{2} \right)^3 = \frac{4}{3} \pi R_0^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{C_0}{2\pi} \right)^3.$$

აქედან გაყოფით ვღებულობთ

$$\frac{C}{C_0} = \sqrt[3]{\frac{U}{U_0}}.$$

მაგრამ, რადგან ბირთვში მოთავსებული მასა უცვლელი იგულისხმება. ამიტომ:

$$\frac{U}{U_0} = \frac{\rho_0}{\rho},$$

რომლის შეტანა (1.12) შეფარდებაში მოგვცემს:

$$\frac{C}{C_0} = \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^{1/3}.$$

თუ ვიგულისხმებთ აგრეთვე, რომ ყველა სიმაღლისათვის $a=a_0$, მაშინ (1.27) ფორმულა ასე დაიწერება:

$$\frac{W}{W_0} = \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^{\frac{1}{2} - \frac{1}{3}} = \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^{\frac{1}{6}} \quad (1.28)$$

• თუ გამოვითვლით ამ შეფარდების მნიშვნელობას სხვადასხვა სიმაღლისათვის, მივიღებთ ასეთ რიცხვებს:

$$Z \text{ (ჯ)} \quad 0, \quad 2; \quad 4; \quad 6; \quad 8; \quad 10;$$

$$W/W_0 \dots 1,00; 1,04; 1,08; 1,01; 1,15; 1,19.$$

ეს რიცხვები გვიჩვენებს, რომ, როდესაც სიმაღლის მიხედვით ადგილი აქვს ტემპერატურათა სწრაფ გათანაბრებას ბირთვ-პილოტის შიგნით არსებულ წყალბადსა და მის გარშემო არსებულ ჰაერს შორის,

მაშინ დაახლოებით 5 კმ სიმაღლემდე ვერტიკალური სიჩქარე თითქმის ისეთივეა, როგორიც იყო გაშვების მომენტში; განსხვავება 10%-ზე მეტი გვექნება უფრო მაღალ ფენებში. მაშასადამე, 5 კმ-ზე ზევით ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე უნდა მატულობდეს. მაგრამ ეს მოვლენა ნაწილობრივ მაინც სუსტდება იმის გამო, რომ ადგილი აქვს წყალბადის დიფუზიას რეზინის ბირთვიდან, რის გამოც ვერტიკალური სიჩქარე კლებულობს. ჩვენ ზუსტად არ შეგვიძლია განვსაზღვროთ, თუ რამდენად კლებულობს ვერტიკალური სიჩქარე დიფუზიის გავლენით, მაგრამ იმის გამო, რომ ერთი პუნქტის მეთოდით ქარის სიჩქარე მაინც არ გაიზომება ზუსტად, ამიტომ ჩვენ შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ $W = W_0$ ყველა სიმაღლეზე,

მაგალითი. გამოვითვალოთ ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე შემდეგი მონაცემების მიხედვით: $A = 150$ გ, $C = 2000$ სმ, $p = 760$ მმ Hg და $t = 10^\circ\text{C}$.

გამოვთვლით ჯერ ρ სიმკვრივეს p წნევისა და t ტემპერატურის მიხედვით. ვლებულობთ $p = 760$ მმ Hg წნევისათვის და $t = 10^\circ\text{C}$ ტემპერატურისათვის $\rho = 1247$ გ/მ³.

k -ს გამოსათვლელად მივმართოთ ცხრილს (იხ. ცხრ. 2). ვლებულობთ $A = 150$ ბ მიხედვით $k = 8,47 \cdot 10^{-7}$ წმ²/სმ. ჩავსვათ მიღებული მნიშვნელობანი ფორმულაში:

$$W = \frac{\sqrt{A}}{C\sqrt{k\rho}}.$$

უშუალო გამოთვლა მოგვცემს:

$$W = \frac{1}{\sqrt{8,47 \cdot 10^{-7}}} \cdot \frac{\sqrt{150}}{2\sqrt{1247}} = 188 \text{ მ/წთ.}$$

თითქმის იგივე შედეგი (192 მ/წთ) მიიღება სპეციალური ცხრილებითაც (იხ. ცხრ. I, „დანართი“).

მე-3 ნახაზიდან ჩანს, რომ გაშვების მომენტიდან უკვე $1/2$ წამის შემდეგ ვერტიკალური სიჩქარე თითქმის უცვლელი რჩება.

ვერტიკალური სიჩქარის უფრო ზუსტი განსაზღვრა შეიძლება ქვემოთყვანილი ფორმულით:

$$W = \frac{\sqrt{Ag}}{C\sqrt{k\rho}} \operatorname{th} \left(\frac{\sqrt{Agkp} \cdot Ct}{q} \right),$$

სადაც g არის სიმძიმის ძალის აჩქარება, t — განვლილი დრო წამებით და q — გარსის წონა გრამებით. დანარჩენი აღნიშვნები იგივეა, რაც წინა ფორმულაში.

როდესაც t იზრდება, ჰიპერბოლური ტანგენსი სწრაფად ხდება. ერთის ტოლი, ამიტომ W -ს ექნება თავისი სასაზღვრო მნიშვნელობა, რომელიც იმავე ფორმულით გამოითვლება. მაგალითად, თუ $q=70$ ბ, $A=196$ ბ და $C=200$ სმ $\Rightarrow 2$ მ, როცა $\rho=1225$ გ/მ³, მაშინ ამ ფორმულით გამოთვლილი შედეგი უკვე 0,7 წამის შემდეგ მხოლოდ 0,01%-ით განსხვავდება სასაზღვრო მნიშვნელობისაგან.

პრაქტიკაში ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეების გამოსათვლელად მიმართავენ სპეციალურ ცხრილებს, ამ მიზნისათვის ფორმულაში

$$W = \frac{1}{\sqrt{k\rho}} \cdot \frac{\sqrt{A}}{C}$$

შემოაქვთ აღნიშვნა $a = \frac{1}{\sqrt{k\rho}}$ და წარმოადგენენ მას ასეთი სახით:

$$W = \frac{a\sqrt{A}}{C}. \quad (1.29)$$

ამ ფორმულაში a დამოკიდებულია k -სა და ρ -ზე, ეს სიდიდეები კი ორივე იცვლება. k -ს ცვლილებები, გამოწვეული A თავისუფალი ამწევი ძალის ცვალებადობით, მოცემულია მეორე ცხრილში. ეს ცვლილებები საკმაოდ მცირე შუალედებში ხდება, ამიტომ, თუ ავირჩევთ ρ სიმკვრივის რომელიმე გარკვეულ მნიშვნელობას, შეგვიძლია a ჩვეთვალთ მუდმივ სიდიდედ. ρ -ს ასეთ სიდიდედ მიჩნეულია ჰაერის სიმკვრივე 1205 გ/მ³. ამ მოსაზრებათა საფუძველზე შეიძლება შევადგინოთ a -სთვის ცხრილი A -საგან დამოკიდებულებით. ასეთი ცხრილი მოგვყავს ქვემოთ (იხ. ცხრ. 4).

ც ხ რ ი ლ ი 4

a კოეფიციენტის მნიშვნელობები A თავისუფალი ამწევი ძალასთან დაკავშირებით

$A \leq$	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
$a =$	31,0	31,3	31,7	32,2	33,0	34,0	35,0	36,0	36,2	36,4	36,5

ამგვარად, თუ ცნობილია A თავისუფალი ამწევი ძალა, მაშინ ამ ცხრილის შემწეობით გვეცოდინება აგრეთვე a კოეფიციენტის სათანადო მნიშვნელობა, რომლისათვის, როგორც უკვე ვთქვით, $\rho=1205$ გ/მ³.

ამ წესით (1.29) ფორმულის შემწეობით მიღებულ მნიშვნელობებს ეწოდება სატაბულო ვერტიკალური სიჩქარეები და მათ W_T -თი აღნიშნავენ:

$$W_T = \frac{1}{\sqrt{1205 \cdot k}} \cdot \frac{\sqrt{A}}{C}. \quad (1.30)$$

2°. სინამდვილეში ჰაერის სიმკვრივე დამოკიდებულია მის ტემპერატურასა და წნევაზე. სიმკვრივე $\rho = 1205$ გ/მ³, რომელიც ავიღეთ (1.30) ფორმულის მიხედვით სატაბულო W_T მნიშვნელობათა გამოსათვლელად, შეესაბამება, როგორც მე-3 ცხრილი გვიჩვენებს, წნევასა $p = 760$ მმ Hg და ტემპერატურას $t = 20^\circ C$. იგივე სიმკვრივე შეიძლება მივიღოთ (ρ, t) ცვლადთა სხვა წყვილისათვისაც. ამიტომ, საერთოდ, (1.29) ფორმულა ყველა ასეთი შემთხვევისათვის არის გამოსადეგამის გამო უკეთესია ეს ფორმულა ასეთი სახით დაიწეროს:

$$W = \frac{1}{\sqrt{k \cdot \rho_{p,t}}} \cdot \frac{\sqrt{A}}{C}, \quad (1.31)$$

შევადგინოთ ახლა შეფარდება (1.31) და (1.30) ფორმულების მარცხენა და მარჯვენა მხარეებისათვის, შეკვეცის შემდეგ მივიღებთ

$$W = W_T \sqrt{\frac{1205}{\rho_{p,t}}}.$$

თუ შემოვიტანთ აღნიშვნას $N = \frac{1205}{\rho_{p,t}}$, მაშინ დაიწერება:

$$W = W_T \sqrt{N}. \quad (1.32)$$

ამ ფორმულაში $\sqrt{N}$ მამრავლს ეწოდება შემასწორებელი მამრავლი, ხოლო $W_T \sqrt{N}$ -ს კი — შესწორებული მნიშვნელობა ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარისა. თუ მივიღებთ მხედველობაში ცნობილ ტოლობას (1.01)

$$\rho_{p,p} = \rho_{0,760} \cdot \frac{760}{273} \cdot \frac{T}{p},$$

მივიღებთ:

$$\sqrt{N} = 1,61 \sqrt{\frac{T}{p}}, \quad (1.33)$$

რადგან $\rho_{0,760} = 1225$ გ/მ³.

დანართში მოცემულია ცხრილი II, სადაც ტემპერატურის $T=273^{\circ}+t^{\circ}$ და p წნევის მიხედვით ამოიკითხება $\sqrt{N}$ -ის ყველა საჭირო მნიშვნელობა.

მაგალითად, თუ $t=20^{\circ}\text{C}$ და $p=760$ მმ Hg, მაშინ $\sqrt{N}=1,00$. ცხრილი შედგენილია მმ-ობით გამოსახული წნევისათვის. თუ წნევა მოცემულია მმ-ობით, მაშინ 1,61 კოეფიციენტი რადიკალის წინ სათანადოდ უნდა იქნეს შეცვლილი; ცხრილი არსებითად ამით არ იცვლება.

ამგვარად, ჩვენ ვღებულობთ მოქმედებათა ასეთ მიმდევრობას: ჯერ გაზომავენ წყალბადით გაბერილი ბირთვ-პილოტის A თავისუფალ ამწევ ქალას გრამობით, შემდეგ ზომავენ მისი დიდი წრეხაზის C სიგრძის სანტიმეტრობით.

გაზომავენ ატმოსფეროს p წნევას და ჰაერის t ტემპერატურას და უკვე ამის შემდეგ შეუდგებიან მიმდევრობით შემდგომი სიდიდეების მონახვას: 1. W_T მნიშვნელობა A -სა და C -ს შემწეობით, 2. $\sqrt{N}$ მარკელის მნიშვნელობა p -სა და T -ს შემწეობით (იხ. ცხრ. II) და 3. $W=W_T\sqrt{N}$ სიდიდის მნიშვნელობა (იხ. ცხრ. III).

არსებობს აგრეთვე სპეციალური აეროლოგიური სახაზავები, რომელთა შემწეობით ყველა აღნიშნული ოპერაცია სწრაფად სრულდება (§ 13).

3. ზემოთ მოყვანილი გვქონდა ფორმულა (1,26). აღნიშნული ფორმულის მიხედვით შეიძლება სათანადო ცხრილების შედგენა. ამისათვის აირჩევენ ρ_0 სიმკვრივეს როგორც მუდმივს (0°C -ისა და 760 მმ Hg-სათვის) და განიხილავენ ცვალებად ρ სიმკვრივეს.

მივმართოთ ფორმულას

$$W=b\rho^{-\frac{1}{6}}\frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+q}},$$

მარჯვენა მხარე გავამრავლოთ და გავყოთ $\rho_0^{1/6}$ -ზე, მივიღებთ:

$$W=\frac{b}{\rho_0^{1/6}}\cdot\rho_0^{1/6}\frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+q}}\rho^{-\frac{1}{6}}=\frac{b}{\rho_0^{1/6}}\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{1/6}\frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+q}}.$$

შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$b_1=\frac{b}{\rho_0^{1/6}},$$

$$W = b_1 \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^{1/6} \frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+q}}. \quad (1.34)$$

ამ ფორმულაში სიდიდე $(\rho_0/\rho)^{1/6}$ ასრულებს შემასწორებელი მამრავლის როლს ($\rho_0 > \rho$). უშუალოდ დედამიწის ზედაპირის ახლოს მათი შეფარდება უმნიშვნელოდ აღემატება ერთს. ამიტომ დაბალი ფენებისთვის შეიძლება ამ მამრავლის უგულებელყოფა, რაც შეეხება მამრავლს $b_1 = \frac{b}{1/6}$, სადაც $b = a \sqrt[3]{\frac{n}{6\pi^2}}$ და $n = \frac{\rho - \gamma}{\rho}$, შეგვიძლია

ვთქვათ, რომ იგი მკიდროდ არის დაკავშირებული $n = 1 - \frac{\gamma}{\rho}$ პროპორციულობის კოეფიციენტთან, ე. ი. წყალბადისა და ჰაერის სიმკვრივეთა შეფარდებასთან. ეს კი ნიშნავს იმას, რომ b_1 უნდა იყოს დამოკიდებული A თავისუფალ ამწევ ძალაზე. მართლაც, თუ ავიღებთ წყალბადის სიმკვრივეს $\gamma = 0,121$ კგ/მ³, როცა $t = 20^\circ\text{C}$ და წნევა $p = 760$ მმ Hg, მივიღებთ ქვემოთმოყვანილ ცხრილს.

ცხრილი 4ა

თავისუფალი ამწევი ძალის კავშირი b_1 კოეფიციენტთან

$A \leq$	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
$b_1 =$	82,0	82,5	83,6	84,9	87,0	89,6	92,2	94,9	95,4	95,9	96,2

ამგვარად, თუ ცნობილია A და q , შეგვიძლია მოვნახოთ b_1 და ამით გავიგოთ W მნიშვნელობა მ/წთ. გამოთვლათა გაადვილების მიზნით შეიძლება წინასწარ იქნეს ასეთი ცხრილი შედგენილი (ცხრ. IV).

§ 8. ბირთვ-პილოტების სტანდარტული პარამეტრული სიჩქარე

ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე, როგორც უკვე ვიცით, დამოკიდებულია მის თავისუფალ A ამწევ ძალაზე და დიდი წრეხაზის C სიგრძეზე. ჩვენ უკვე გავცევით ფორმულას (1.25), რომლითაც გამოითვლება ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე. თუ შემოვიტანთ აღნიშვნას $d = \frac{\pi}{\sqrt{k\rho_0}}$, მაშინ ეს ფორმულა ასე გადმოიწერება;

$$W = d \frac{\sqrt{A}}{C} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}. \quad (1.35)$$

ჰაერის სიმკვრივე ρ_{00} წნევის (p) და ტემპერატურის (t)
მიხედვით გამოთვლილი

$\begin{array}{c} p \\ T \end{array}$	480	520	560	600	640	680	720	760	800
-50°	1000	1083	1167	1250	1333	1416	1500	1583	1666
-40°	957	1037	1117	1196	1276	1356	1435	1515	1595
-30°	918	994	1071	1145	1222	1299	1375	1452	1529
-20°	881	954	1028	1101	1174	1248	1321	1395	1468
-10°	848	919	990	1060	1131	1202	1272	1343	1413
0°	817	885	953	1021	1089	1157	1225	1293	1362
10°	788	854	919	985	1050	1116	1181	1247	1313
20°	761	824	888	951	1015	1078	1141	1205	1268
30°	736	797	859	921	982	1043	1104	1165	1221
40°	712	771	830	890	950	1009	1069	1128	1187
50°	690	748	805	863	920	978	1035	1093	1150

ამ ფორმულაში $\rho_0 = 1,205$ კგ/მ³ არის ე. წ. სტანდარტული იმპერიე, რომელიც $t = 20^\circ\text{C}$ ტემპერატურასა და $p = 760$ მმ Hg წნევას შეესაბამება (იხ. ცხრ. 5). d დამოკიდებულია k -ზე, რომელიც, თავის მხრივ, A თავისუფალი ამწევი ძალის მიხედვით განისაზღვრება (ცხრ. 2). რადგან k -ს ცვლილებები მცირე საზღვრებში ხდება, d -ს ცვლილებებიც მცირეა, ამიტომ (1.35) ფორმულით სარგებლობის დროს ღებულობენ d -სათვის რომელიმე მნიშვნელობას, როგორც მუდმივს. არსებითად კი A და d -ს შორის დამოკიდებულება, მსგავსად მე-2 ცხრილისა, მოცემულია მე-6 ცხრილში.

ცხრილი 6

დამოკიდებულება A თავისუფალ ამწევ ძალასა და d კოეფიციენტს შორის*

$A \leq$	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
$d =$	3110	3130	3170	3220	3300	3400	3500	3600	3620	3640	3650

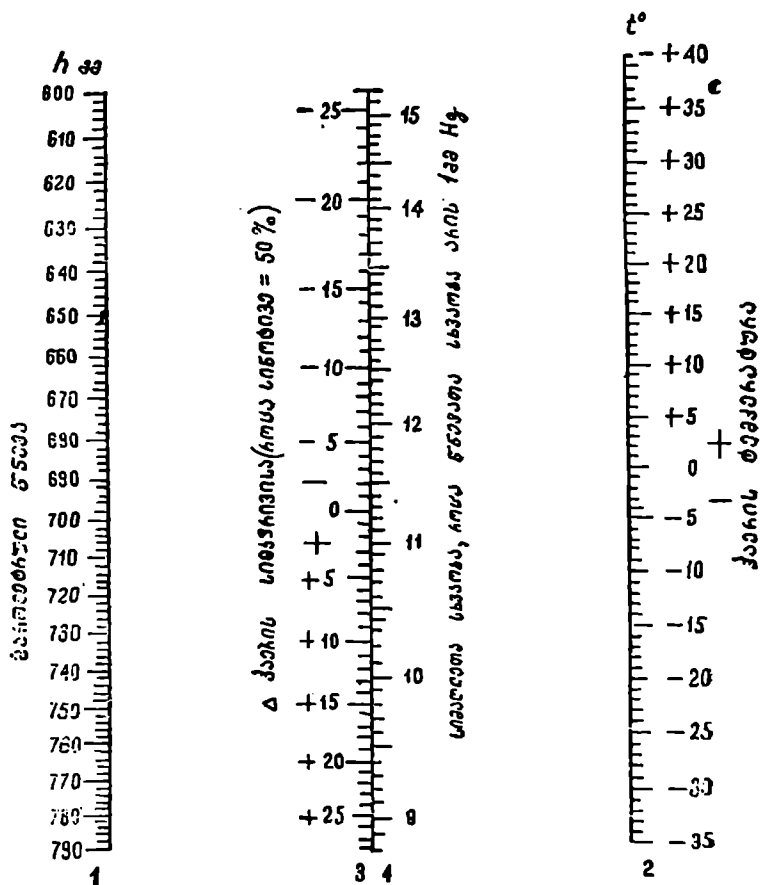
ვერტიკალურ სიჩქარეთა გამოსათვლელად (1.35) ფორმულის მიხედვით შედგენილია ორი ცხრილი: I ცხრილი (დანართში). A და C მონაცემთა შემწეობით მოინახება ვერტიკალური სიჩქარე W , რომლის მნიშვნელობა გამოთვლილია (1.35) ფორმულით $\rho = \rho_0 = 1,205$ კგ/მ³-სათვის და II ცხრილი, რომელიც შედგენილია $\sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}$ მაშრავლის მიხედვით სხვადასხვა ტემპერატურისა და წნევისათვის.

* d კოეფიციენტი დაკავშირებულია a , k და C კოეფიციენტებთან; მისი გამოთვლის დროს A გამოისახება გ-ით, C — სმ-ით და W — მ/წთ-ით.

მაგალითი. მოცემულია: $A=75$ გ, $C=190$ სმ, $t=10^{\circ}\text{C}$ და $p=700$ მმ Hg.

I ცხრილიდან ამოკითხება $W_0=142$ მ/წთ, II ცხრილიდან მოინახება $\sqrt{\frac{p_0}{p}}=1,02$, მაშასადამე, $W=W_0=1,02=145$ მ/წთ..

Δp-ΔH ნომოგრამა.



ნახ. 5. Δp-ΔH ნომოგრამა.

იმავე (1.35) ფორმულით გამოთვლათა წარმოება შეიძლება სპეციალური ნომოგრამების დახმარებით (ნახ. 5 და ნახ. 6). ამ ნომოგრამების გამოყენებას გავეცნოთ მაგალითზე:

მაგალითი. მოცემულია: $A=190$ გ, $C=245$ სმ, $t=10^{\circ}\text{C}$ და $p=700$ მმ Hg.

ნომოგრამზე (ნახ. 5), რომელსაც აწერია „ $\Delta p - \Delta H$ -ნომოგრამა“, მოცემულია 4 სკალა, დანაშრილი ქვემოდან: 1, 2, 3 და 4. ამ ნომოგრამის მიმდევრობა გვიჩვენებს რიგს, რომელიც უნდა დავიცვათ სასურველი შედეგის მისაღებად. წნევის სკალაზე (p) მარცხნივ და ტემპერატურის სკალაზე (t) მარჯვნივ მოინახება აღნიშნული ადგილები 10°C და 700 მმ Hg, სახაზავი, რომელიც მათ შეართებს, გადაკვეთს მე-3 — 4 სკალას $\Delta p = -5\%$ წერტილში; ეს იმას ნიშნავს, რომ აღნიშნულ პირობებში ჰაერის სიმკვრივე ნორმალურზე 5%-ით უფრო ნაკლებია. გავითვალისწინებთ რა ამას, გადავიღვართ შემდეგ ნომოგრამაზე, რომელსაც W -ნომოგრამა ეწოდება.

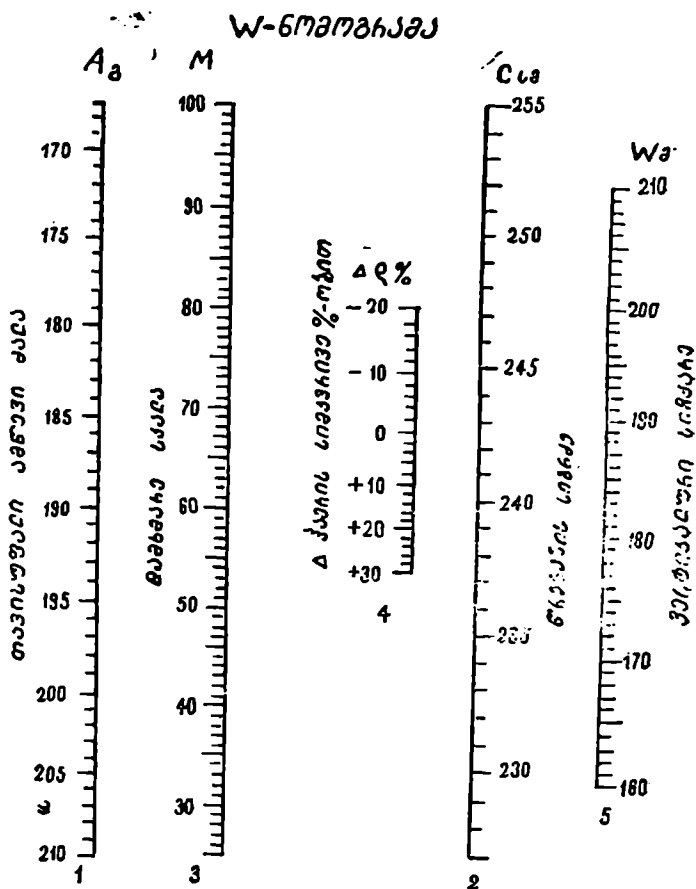
W -ნომოგრამა. ამ ნომოგრამის შემწეობით (ნახ. 6) გაიგება ბირთვ-პილოტის ვერტკალური სიჩქარე W მ/წთ, როცა მოცემულია ბირთვ-პილოტის დიდი წრეხაზის სიგრძე C (სმ) და თავისუფალი ამწევი ძალა A (ბ). ასეთ შემთხვევაში დაადებენ ნომოგრამას ცელულოზურ სახაზავს ისე, რომ პირველი და მეორე სკალები გადაიკვეთოს სათანადო წერტილებში. მაგალითად, თუ $A=200$ ბ, $C=250$ სმ, მაშინ მე-3 დამხმარე სკალაზე ათვლიან 0, 1-ის სიზუსტით (ამ შემთხვევაში 57,0); შემდეგ შემოატარალებენ სახაზავს ისე, რომ მოძებნილ წერტილზე გავლებულმა სწორმა ხაზმა გადაკვეთოს მე-4 სკალა, რომელიც სიმკვრივის ცვლილებას გამოხატავს (Δp). ამ შემთხვევაში მიიღება — 2% (რადგან აქ თითოეული დანაყოფი უდრის 2%). იმავე ხაზის გაგრძელებაზე მე-5 სკალაზე ამოიკითხება საძიებელი ვერტკალური სიჩქარე (ამ შემთხვევაში $W=200$ მ/წთ).

მაგალითი. მოცემულია $\Delta p = +9\%$, $A=200$ ბ და $C=240$ სმ. გაიგეთ W . A და C შემწეობით დამხმარე სკალაზე ამოიკითხება რიცხვი 48. ამ რიცხვსა და №1 ნომოგრამაზე მოძებნილ $\Delta p = +9\%$ შევეერთებთ Δp სკალის $+9\%$. დანაყოფს (სკალა 4, ნახ. 6). ამ ხაზის მიერ მე-5 სკალის გადაკვეთა მოგვცემს $W=200$ მ/წთ.

იმავე მონაცემების „დანართის“ მიხედვით I და II ცხრილების გამოყენება მოგვცემს $W=196$ მ/წთ.

მიღებული მტარედა განსხვავება გამოწვეულია იმით, რომ ნომოგრამა მე-5 სახაზზე გამოთვლილია 50%-იანი სინოტივისათვის, ხოლო აღნიშნულ ცხრილებში კი სინოტივე სულ არ არის მიღებული მხედველობაში.

პრაქტიკული მიზნებისათვის სასურველია, რომ ბირთვ-პილოტს ჰქონდეს ერთი და იგივე ვერტიკალური სიჩქარე. ეს გაადვილებს არა მარტო გამოთვლებს, არამედ შედეგებიც უფრო ზუსტი იქნება მიღებული.



ნახ. 6. W-ნომოგრამა.

ბირთვ-პილოტისათვის მუდმივი ვერტიკალური სიჩქარის მისაღებად საჭიროა მას ჰქონდეს გარკვეული ზომები (A და C) გარსის წონის q

გათვალისწინებით: ამისათვის მივმართავთ ორ, უკვე ცნობილ, ფორმულას (1.25") და (1.35), ე. ი.

$$\frac{C^3}{6\pi^2} (\rho - \gamma) = A + q, \quad (1.25'')$$

$$W = d \frac{\sqrt{A}}{C} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}.$$

ჩვენ უკვე ვიცით, რომ წყალბადისა და ჰაერის სიმკვრივეთა შეფარდება სიმალლეზე ერთნაირად ეცვლება ე. ი.

$$\frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\rho}{\rho_0};$$

აქედან

$$\gamma = \rho \frac{\gamma_0}{\rho_0}.$$

თუ ამ მნიშვნელობას შევითავსებთ ზემოთ მოცემულ (1.25'') პირველ ფორმულაში, მაშინ იგი ასე გადმოიწერება

$$\frac{C^3}{6\pi^2} \cdot \rho \left(\frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} \right) - q = A. \quad (1.36)$$

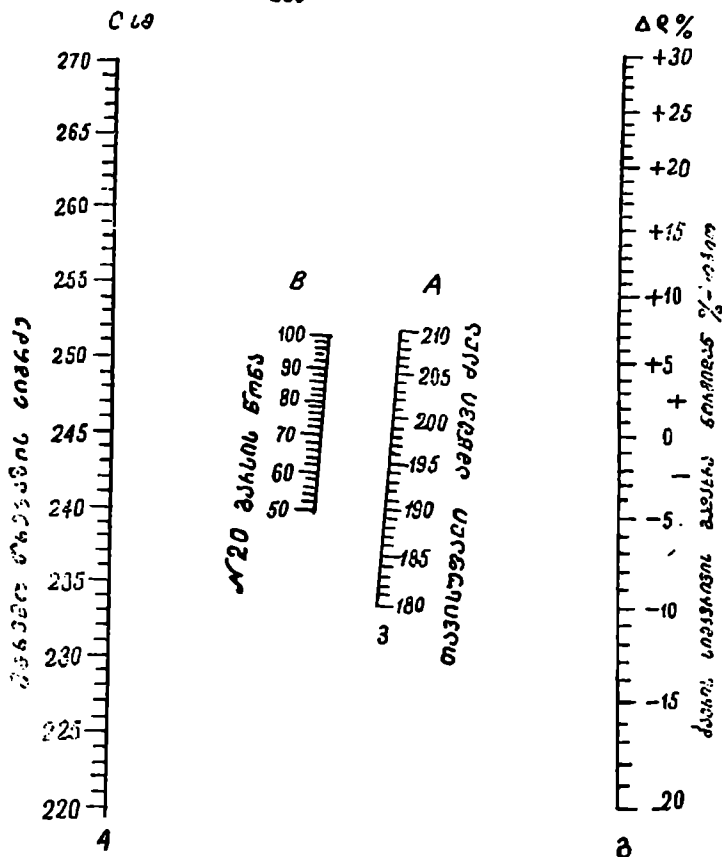
ამ ტოლობასა და (1.35) ტოლობაში შემაჯავლი A და C სიდიდეები გვსურს განვსაზღვროთ ისე, რომ ვერტიკალური სიჩქარე W ლებულობდეს ერთსა და იმავე მნიშვნელობას. ასეთ მნიშვნელობად აიღება 100 მ/წთ ან 200 მ/წთ და სათანადო აღნიშვნები იქნება W_{100} და W_{200} . აღნიშნული ორი განტოლებიდან A და C სიდიდეთა განსაზღვრა ისე, რომ ვლებულობდეთ მუდმივ ვერტიკალურ სიჩქარეს — ძნელია. ამიტომ მივმართავთ ისევ ნომოგრაფიულ მეთოდს. ნომოგრამები (ნახ. 7 და ნახ. 8) შეიცავს 4 სკალას და მოიხმარება ისევე, როგორც მე-6 ნახაზზე მოცემული ნომოგრამა. დავადებთ სახაზავს ისე, რომ მან გადაკვეთოს პირველი და მეორე სკალები სათანადო ადგილებში (q და $\Delta\rho$ მიხედვით), ამოვიკითხავთ მე-3 და მე-4 სკალებზე A თავისუფალ ამწვევ ძალას და დიდი წრეხაზის C სიგრძეს.

მაგალითები. 1. მოცემულია: $q=76$ ბ, $\Delta\rho=11\%$, მაშინ აღნიშნული წესით W_{200} მისაღებად, როგორც გვიჩვენებს მე-3 და მე-4 სკალების გადაკვეთები, საჭიროა გვექონდეს $A=204$ ბ და $C=240$ სმ.

2. მოცემულია: $q=25$ ბ, $\Delta\rho=-3\%$, მაშინ W_{100} ნომოგრამით (ნახ. 8) ვლებულობთ $A=17$ ბ და $C=130$ სმ.

როდესაც ბირთვ-პილოტს ავსებენ ნომოგრამით მოძებნილ $A(C)$ მნიშვნელობამდე, მაშინ უშუალოდ $C(A)$ -ს გაზომვით ამოწმებენ, მიღებული შედეგი რამდენად ეთანხმება ნომოგრამით მიღებულ რიცხვს.

W'_{200} -ნომოგრამა



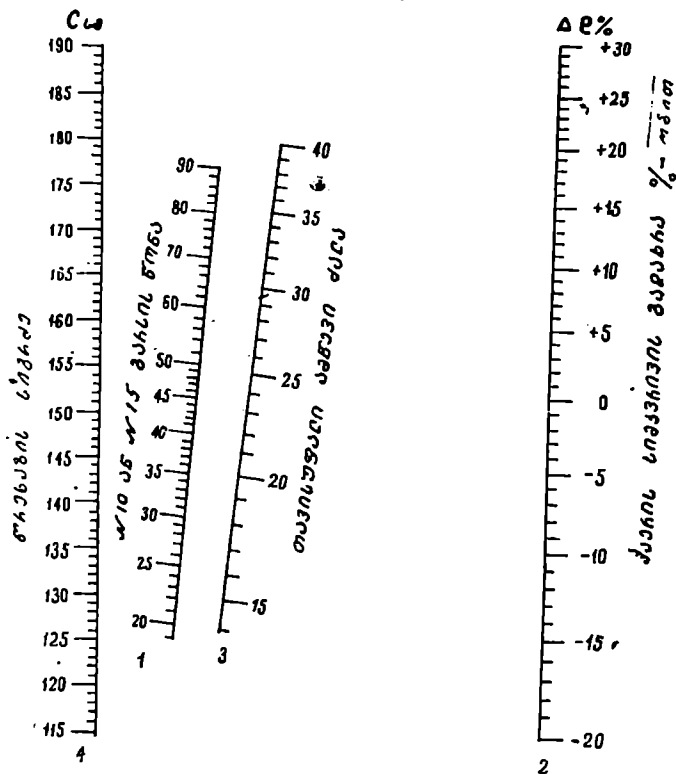
ნახ. 7. W'_{200} -ნომოგრამა.

თუ ფაქტობრივ გაზომილ $C(A)$ -სა და ნომოგრამით მიღებულ მათ მნიშვნელობათა შორის განსხვავება არ არის, მაშინ ბირთვ-პილოტს ექნება გათვალისწინებული ვერტიკალური სიჩქარე. მათ შორის განსხვავება კი, მაგალითად, 2%-მდე, მიგვითითებს იმაზე, რომ ვერტიკალ-

ლური სიჩქარეც დაახლოებით 2%-ით განსხვავდება გათვალისწინებული სიჩქარისაგან.

ა. მიხაილოვსკის მეთოდის შემწეობით სტანდარტული ვერტიკალური სიჩქარის მიღება შეიძლება სრულიად დამოუკიდებლად წყალ-

W₁₀₀-ნომოგრამა



ნახ. 8. W₁₀₀-ნომოგრამა.

ბადის სიმკვრივის წინასწარი ცოდნისა, რადგან სინამდვილეში ყველა შემთხვევაში $\gamma_0 \neq 180$ გ/მ³.

ვთქვათ, ბირთვ-პილოტი გაბერილია გარკვეულ A_1 და C_1 ზომამდე. მაშინ, თუ q არის გარსის წონა და D_1 — დიამეტრი, შეგვიძლია დავწეროთ

$$\frac{\pi}{6} D_1^3 (\rho - \gamma) = A_1 + q,$$

დავწეროთ ასეთივე ტოლობა ისეთ A და D მნიშვნელობათათვის (q იგივე იყოს), რომელთაც გარკვეული W ვერტიკალური სიჩქარის მოცემა შეუძლია:

$$\frac{\pi}{6} D^3(\rho - \gamma) = A + q.$$

გავყოთ უკანასკნელი ფორმულა წინაზე და შევიტანოთ D და D_1 . მაგიერ $D = \frac{C}{\pi}$ და $D_1 = \frac{C_1}{\pi}$, მივიღებთ:

$$C = C_1 \sqrt[3]{\frac{A+q}{A_1+q}}. \quad (1.37)$$

თუ მივიღებთ მხედველობაში (1.35) ფორმულას, უკანასკნელის შემწეობით დავწეროთ:

$$W = d \frac{\sqrt{A}}{C_1} \sqrt[3]{\frac{\rho_0}{\rho}} \sqrt[3]{\frac{A_1+q}{A+q}}. \quad (1.38)$$

ამ ფორმულაში A_1 , C_1 და q წინასწარი აწონითა და გაზომვით ცნობილი სიდიდეებია. ცნობილია აგრეთვე ჰაერის სიმკვრივე ρ მისი t ტემპერატურისა და p წნევის მიხედვით. რადგან d ცნობილია (ცხრ. 6), ამიტომ, თუ W -ს მიცემთ წინასწარ მნიშვნელობას, მაშინ (1.38) ფორმულიდან შეგვიძლია გავიგოთ A -ს სათანადო მნიშვნელობა, თუმცა (1.38) ფორმულა საკმაოდ რთულია, მაგრამ მე-9 ნახაზზე ნაჩვენები ნომოგრამით, რომელიც ა. მიხაილოვსკის ეკუთვნის, შეგვიძლია მივიღოთ პასუხი სრულიად მარტივი გზით.

ამ ნომოგრამაზე 5 სკალაა აღნიშნული. მისი შედგენის დროს ნაგულისხმევია $A_1 = 180$ ბ. ე. ი. პირველი გავსება ბირთვ-პილოტისა. უნდა მოხდეს 180 ბ თავისუფალი ამწევი ძალის მიღწევამდე, რისთვისაც ე. წ. „ონკან-საფონს“ ხმარობენ (იხ. § 37). ამის შემდეგ გაიზომება დიდი წრეხაზის სიგრძე C_1 და ნომოგრამით მოინახება თავისუფალი ამწევი ძალა A , რომლის სიდიდე უზრუნველყოფს W_{200} ვერტიკალურ სიჩქარეს.

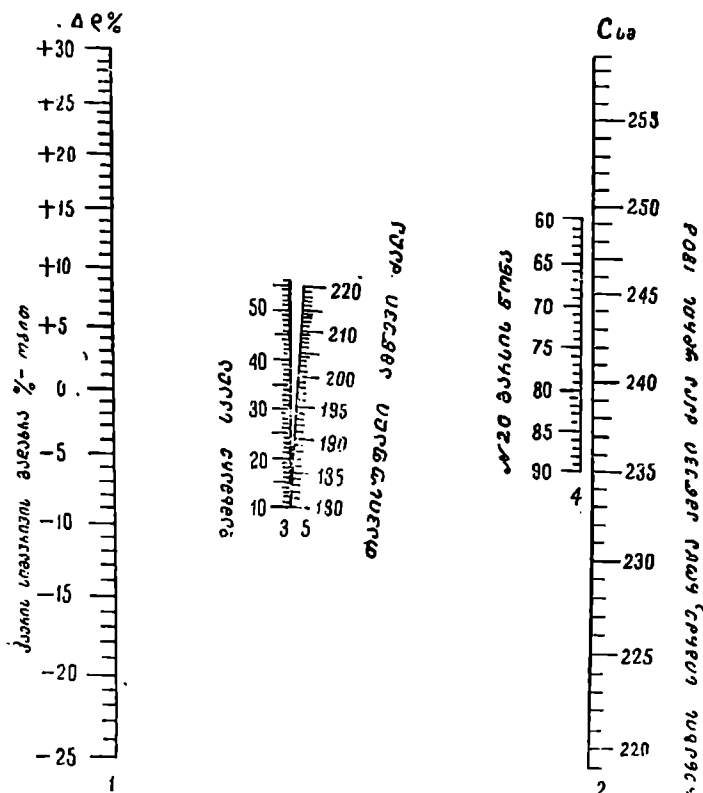
მაგალითი. მოვნახოთ ბირთვ-პილოტის ისეთი თავისუფალი ამწევი ძალა, რომელიც იძლევა ვერტიკალურ სიჩქარეს W_{200} , თუ $\Delta\rho = -7\%$ და გარსის წონა $q = 70$ ბ.

ამ შემთხვევაში დავადებთ სახაზავს პირველი და მეორე სკალების სათანადო წერტილებზე. რადგან ამოცანაში C_1 შესახებ არაფერია ნათქვამი, ავირჩიოთ რომელიმე მისი მნიშვნელობა, მაგალითად $C_1 =$

=240 სმ. ეს ნიშნავს იმას, რომ № 20 გარსს ვბერავთ წყალბადით ამ ზომამდე.

სახაზავი გადაკეთეს დამხმარე სკალას ნიშანზე 23. ამის შემდეგ გავავლებთ სახაზავს ამ ნიშანსა და გარსის წონაზე $q=70$ ბ. მივიღებთ

W''_{200} -ნომოგრამა



ნახ. 9. W''_{200} -ნომოგრამა.

$A=190$ ბ. მაშასადამე, ეს თავისუფალი ამწევი ძალა უზრუნველყოფს სასურველ W_{200} ვერტიკალური სიჩქარის მიღებას.

როგორც ვხედავთ, ეს მეთოდი ყველაზე უკეთესად პასუხობს დასმულ საკითხს და თანაც ადვილია მოსახმარად.

ზემოთ ჩვენ მოცემული გვეყონდა ფორმულა (1.34). თუ ამ ფორმულაში W -ს მნიშვნელობას წინასწარ ცნობილად მივიღებთ (W_{200} ან W_{100}), შეიძლება შედგეს ასეთი ცხრილები. ჩვეულებრივ აღგენენ W_{200} ცხრილებს. ამგვარი ცხრილების შესადგენად საჭირო ხდება ჯერ $\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{1/6}$

მამრავლისათვის სათანადო ცხრილის ცალკე შედგენა (ცხრ. 7). შემდეგ, რადგან (1.34) ფორმულაში b_1 მოინახება A -ს მიხედვით (ცხრ. 5), საჭირო იქნება მხოლოდ A და q სიდიდეთა გამოყენება სათანადო ახალი ცხრილების შესადგენად.

ცხრილი 7

შემასწორებელი მამრავლი $\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{1/6}$, რომლის წინასწარ ცოდნა საჭიროა

მე-8, მე-9 და მე-10 ცხრილებით ხარვეზლობისათვის

p მმ $t^{\circ}C$	1067 800	1040 180	1003 760	987 740	960 720	933 700	907 680	880 660	853 640	827 620	800 600
50	0,95	0,95	0,98	0,96	0,96	0,97	0,97	0,99	0,99	0,00	0,00
-40	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
-30	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
-20	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,01
-10	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02
0	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03
10	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03
20	0,99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04
30	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
40	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05
50	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06

სტანდარტული ვერტიკალური სიჩქარის $W=200$ მ/წთ მისაღებად იხმარება მხოლოდ № 20 და № 30 გარსები, რომლებიც გავსების წინ აიწონება 1 ჰ სიზუსტით.

ქვემოთ მოცემულია (1.34) ფორმულის მიხედვით შედგენილი მე-8 ცხრილი № 20 ზომის გარსისა და მე-9 ცხრილის № 30 ზომის გარსისათვის. ცხრილები შედგენილია გარსის წონისა (q) და მე-6 ცხრილით მოძებნილი შემასწორებელი $\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{1/6}$ მამრავლის მიხედვით ($\rho_0 = 1205$ გ/მ³-სათვის).

თუ ცხრილებში არ მოიძებნება მათი რიცხვითი ზუსტი მნიშვნელობები, მიმართავენ ინტერპოლაციას სტრიქონებსა და სვეტების შორის.

მაგალითები. 1. მოცემულია № 20 გარსის წონა $q=36$ ჰ, წნევა $p=620$ მმ Hg და $t=+5^{\circ}C$.

ჯერ ვეძებთ $\left(\frac{p_0}{p}\right)^{1/6}$ შემასწორებელ მაშრავლს მე-7 ცხრილში, ეპოულობთ 1,00, ამის მიხედვითა და $q=36$ ზ შემწეობით მე-9 ცხრილში ეპოულობთ თავისუფალ ამწევე ძალას $A=187$ გ. აქედან ვგებულობთ რომ, თუ აღნიშნულ პირობებში № 20 გარსს გავავსებთ $A=187$ ზ ამწევი ძალამდე, მაშინ ბირთვ-პილოტს $W=200$ მ/წთ სტანდარტული ვერტიკალური სიჩქარე ექნება.

2. მოცემულია წნევა $p=748$ მმ Hg, ტემპერატურა $t=18^{\circ}\text{C}$, №20 გარსის წონა $q=37$ ზ და ფარნის წონა 17 ზ.

$p=748$ მმ Hg და $t=18^{\circ}\text{C}$ -ის მიხედვით ჯერ უნდა მოვნახოთ შემასწორებელი მაშრავლი (ცხრ. 7) $\left(\frac{p_0}{p}\right)^{1/6}=1,01$ და შემდეგ მე-8 ცხრილის მარჯვენა სვეტში (ფარნით) მოვნახოთ 1,01 და გავყვებით ამ სტრიქონს მარცხნივ მანამდე, სანამ 36-ე და 38-ე სვეტების ქვეშ ამოვიკითხავდეთ 199 და 200. $q=37$ ზ-სათვის ავიღებთ 199-ისა და 200-ის

ცხრილი 8

№ 20 გარსის წონისა (q) და შემასწორებელი მაშრავლის $\left(\frac{p_0}{p}\right)^{1/6}$ მიხედვით გამოთვლილი ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა (A) სტანდარტული სიჩქარის ($W=200$ მ/წთ) მისაღებად¹

უფარნო $\left(\frac{p_0}{p}\right)^{1/6}$	გარსის წონა (q ზ)						ფარნიანი $\left(\frac{p_0}{p}\right)^{1/6}$
	30	32	34	36	38	40	
თავისუფალი ამწევი ძალა (A)							
1,06	168	169	170	171	172	173	—
1,05	171	172	173	174	175	176	—
1,04	174	175	176	177	178	179	—
1,03	176	177	178	179	180	181	—
1,02	179	180	181	182	183	184	—
1,01	181	182	183	185	186	187	—
1,00	184	185	186	187	188	189	1,06
0,99	186	187	188	190	191	192	1,05
0,98	189	190	191	192	193	194	1,04
0,98	191	192	193	194	195	196	1,03
0,96	194	195	196	197	198	199	1,02
0,95	196	197	198	199	200	202	1,01
—	199	200	201	202	203	204	1,00
—	201	203	204	204	206	207	0,99
—	204	205	206	207	208	209	0,98
—	206	207	208	209	210	212	0,97
—	209	210	211	212	213	214	0,96
—	211	212	213	214	216	217	0,95

¹ ცხრილში მოცემულია რიცხვები უფარნო ბირთვ-პილოტებისათვის. ფარნიანი ბირთვ-პილოტების შემთხვევაში ამ რიცხვებს უნდა დაემატოს სანთლისა და ძაფის წონა მარჯვენა სვეტის მიხედვით.

საშუალოს; $A=199,5$ ზ, რომელსაც ვამრგვალებთ მთელ რიცხვამდე $A=200$ ზ. ამ რიცხვს უნდა წაემართოს ფარნის წონა 17 ზ. საბოლოოდ მივიღებთ: $A=200+17=217$ ზ, რომლის დროს ბირთვ-პილოტს ექნება 200 მ/წთ ვერტიკალური სიჩქარე.

§ 10. ბირთვ-პილოტის არასტანდარტული პერტიკალური სიჩქარე

ზოგიერთ შემთხვევაში საჭირო ხდება ბირთვ-პილოტის არასტანდარტული სიჩქარით გაშვება. ასე, მაგალითად, როცა № 20 და № 30 გარსები არ მოგვეპოვება, № 10 გარსის გავსება მუდამ ხდება არასტანდარტული სიჩქარის მიხედვით. ძლიერი ქარის დროსაც ბირთვ-პილოტს ვერტიკალურ სიჩქარეს სტანდარტულ სიჩქარეზე (200 მ/წთ) მეტს აძლევენ.

გარსის გავსების დროს, არასტანდარტული ვერტიკალური სიჩქარის გამოსათვლელად სარგებლობენ გარსის წონით q და თავისუფალი ამწევი ძალით A . გამოთვლა წარმოებს მე-10—12 ცხრილებითა და შემასწორებელი მამრავლით $\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{1/6}$, შემდეგი მიმდევრობით:

ცხრილი 9

№ 30 გარსის წონის (q) და შემასწორებელი მამრავლის $\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{1/6}$ მიხედვით გამოთვლილი ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა (A) სტანდარტული სიჩქარის $W=200$ მ/წ შესაბამისად

გარსის წონა (ზ)					
$\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{1/6}$	70	75	80	85	90
თავისუფალი ამწევი ძალა (A)					
1,06	183	184	186	187	189
1,05	185	187	188	190	191
1,04	188	189	191	192	194
1,03	190	192	193	195	197
1,02	193	195	196	198	199
1,01	195	197	198	200	202
1,00	197	199	201	203	205
0,99	200	201	203	205	207
0,98	202	204	206	208	210
0,97	205	207	209	212	214
0,96	209	211	213	215	218
0,95	212	214	217	219	222
0,94	216	218	221	224	227

1. მე-10 ცხრილში მოინახება ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე W (მ/წთ) თავისუფალი ამწევი ძალისა (A) და გარსის წონის (q) მიხედვით.

ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეები თავისუფალი აძწევი ძალის
(A) და № 20 გარხის წონის (q) მიხედვით გამოთვლილი

A \ q	30	32	34	36	38	40
102	162	162	161	160	159	159
104	163	162	162	161	160	159
106	164	163	162	162	161	160
108	165	164	163	162	161	161
110	165	165	164	163	162	162
112	166	165	164	164	163	162
114	167	166	165	164	164	163
116	167	166	165	165	164	164
118	168	167	166	166	165	164
120	168	168	167	166	166	165
122	169	168	168	167	166	166
124	170	169	168	168	167	166
126	170	170	169	168	168	167
128	171	170	170	169	168	168
130	172	171	170	170	169	168
132	172	172	171	171	170	169
134	173	172	172	171	171	170
136	174	173	172	172	171	171
138	174	174	172	173	172	171
140	175	174	174	173	173	172
142	176	175	175	174	173	173
144	177	176	176	175	174	174
146	178	177	176	176	175	174
148	178	178	177	176	176	175
150	179	178	178	177	177	176
152	180	179	179	178	178	177
154	181	180	180	179	178	178
156	182	181	180	180	179	179
158	183	182	182	181	180	180
160	184	183	183	182	181	181
162	185	184	184	183	182	182
164	186	185	185	184	183	183
166	187	186	186	185	184	184
168	188	188	187	186	186	185
170	189	189	188	188	187	186
171	191	190	190	189	188	188
174	192	192	191	190	190	189
176	194	193	192	192	191	191
178	195	194	194	193	193	192
180	196	196	195	194	194	193
182	198	197	197	196	196	195
184	200	199	198	198	197	196
186	201	201	200	200	199	198
188	203	202	202	201	201	200
190	206	205	205	204	204	203
194	208	207	207	206	205	205
196	210	209	208	208	207	207
198	211	211	210	210	209	208

$\begin{matrix} q \\ A \end{matrix}$	30	32	34	36	38	40
200	213	212	212	211	211	210
202	215	214	214	213	213	212
204	217	216	216	215	214	214
206	218	218	217	217	216	216
208	220	219	218	218	218	217
210	221	220	220	220	219	218
212	222	222	221	220	220	219
214	223	223	223	222	221	220
216	224	223	223	222	222	221
218	225	224	225	223	222	222
220	225	224	224	223	223	222
222	226	225	224	224	223	223
224	226	226	225	225	224	224
226	227	226	226	225	225	224
228	228	227	227	226	226	225
230	228	227	229	226	226	225
232	229	228	228	227	227	226
234	229	229	228	228	227	227
236	230	229	229	228	228	227
238	230	230	229	229	228	228
240	231	230	230	230	229	228
242	231	232	230	230	228	228
244	232	231	231	230	239	229

2. მე-7 ცხრილში მოინახება შემასწორებელი მამრავლი $\left(\frac{p_0}{p}\right)^{1/6}$.

ეს ცხრილი შედგენილია $t=20^{\circ}\text{C}$ და $p=760$ მმ Hg მიხედვით, ხოლო ნებისმიერი t და p -სათვის ცხრილი მოგვცემს რიცხვს, რომელიც მე-1 ტა ან ნალებია 1-ზე იმისდა მიხედვით, როგორია შეფარდება: $\frac{p_0}{p} > 1$

თუ $\frac{p_0}{p} < 1$.

3. მოძებნილ მამრავლზე გამრავლება წინა მუხლში აღნიშნული ვერტიკალური სიჩქარე W .

მაგალითი: 1. მოცემულია: № 10 გარსის წონა $q=14$ ბ, თავისუფალი ამწევი ძალა $A=27$ ბ, $p=750,4$ მმ და $t=-8^{\circ}, 4\text{C}$. ჯერ მოვნახოთ მე-11 ცხრილში $q=14$ ბ და $A=27$ ბ მიხედვით $W=124$ მ/წთ (ინტერპოლაციით). შემდეგ მე-7 ცხრილში ამოვიკითხავთ $p=750,4$ მმ და $t=-8^{\circ}, 4\text{C}$ მიხედვით შემასწორებელ მამრავლს 0,98. ამგვარად, გასწორების შემდეგ ვერტიკალური სიჩქარე იქნება: $124 \times 0,98 = 122$ მ/წთ.

2. მოცემულია: $p=997,5$ მმ, $t=-13^{\circ}\text{C}$, $A=194$ ბ, $q=37$ ბ და

ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეები A თავისუფალი ამწევი ძალისა
და № 10 გარსის q წონის მიხედვით გამოთვლილი

$A \backslash q$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	95	92	90	88	86	83	82	80	79	77	76
12	101	99	97	94	92	90	88	86	85	83	81
14	106	104	102	99	97	95	93	92	90	88	87
16	111	108	106	104	101	99	98	96	94	93	91
18	114	112	110	108	105	103	102	100	99	97	96
20	118	116	114	111	109	107	106	104	102	101	99
22	121	119	117	115	112	110	109	107	106	104	103
24	124	122	120	118	116	114	112	111	109	108	106
26	126	124	123	121	119	117	115	114	112	111	109
28	129	127	125	123	122	119	118	116	115	113	112
30	131	130	128	126	124	122	120	119	118	116	114
32	134	132	130	128	126	124	123	121	120	118	117
34	136	134	132	130	128	126	125	124	122	121	119
36	138	136	134	132	131	129	127	126	124	123	122
38	139	138	136	134	132	130	129	128	127	125	124
40	141	139	138	136	134	132	131	130	129	127	126

ფარნის წონა $m = 17$ ბ. საჭიროა გამოითვალოს ფარანმომბმული ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე (ღამის დაკვირვებისათვის).

გამოთვლის მიმდევრობა:

1) ვგებულობთ ფარანმომბმული ბირთვ-პილოტის თავისუფალ ამწევი ძალას $A = 194 - 17 = 177$ ბ;

2) მე-10 ცხრილში $A = 177$ ბ და $q = 37$ ბ მიხედვით ამოვიკითხავთ ცხრილურ ვერტიკალურ სიჩქარეს $W_T = 192$ მ/წთ;

ბირთვ-პილოტების ვერტიკალური სიჩქარეები თავისუფალი ამწევი ძალისა
(A) და № 20 გარსის წონის (q) მიხედვით გამოთვლილი

$A \backslash q$	30	32	34	36	38	40
102	162	162	161	160	159	159
104	163	162	162	161	160	159
106	164	163	162	162	161	160
108	165	164	163	162	161	161
110	165	165	164	163	162	162
112	166	165	164	164	163	162
114	167	166	165	164	164	163
116	167	166	166	165	164	164
118	168	167	166	166	165	164

$\frac{q}{A}$	30	32	34	36	38	40
120	168	168	167	166	166	165
122	169	168	168	167	166	156
124	170	169	168	168	167	165
126	170	170	169	168	168	167
128	171	170	170	169	168	168
130	172	171	170	170	169	169
132	172	172	171	171	170	169
134	173	172	172	171	171	170
136	174	173	172	172	171	171
138	174	174	172	173	172	171
140	175	174	174	173	173	172
142	176	175	175	174	173	173
144	177	176	176	175	174	174
146	178	177	176	176	175	174
148	178	178	177	176	176	175
150	179	178	178	177	177	176
152	180	179	179	178	178	177
154	181	180	180	179	178	178
156	182	181	180	180	179	179
158	183	182	182	181	179	180
160	184	183	183	182	181	181
162	185	184	184	183	182	182
164	186	185	185	184	183	183
166	187	186	186	185	184	184
168	188	188	187	186	186	185
170	189	189	188	188	187	186
172	191	190	190	189	188	188
174	192	192	191	190	190	189
176	194	193	192	192	191	191
178	195	194	194	193	193	192
180	196	196	195	194	194	193
182	198	197	197	196	196	195
184	200	199	198	198	197	196
186	201	201	200	200	199	198
188	203	202	202	201	201	200
190	205	204	204	203	202	202
192	206	206	205	204	204	203
194	208	207	207	206	205	205
196	210	209	208	208	207	207
198	211	211	210	210	209	208
200	213	212	212	211	211	210
202	215	214	214	213	213	212
204	217	216	216	215	214	214
206	218	218	217	217	216	216
208	220	219	219	218	218	217
210	221	220	220	220	219	218
212	222	222	221	220	220	219
214	223	223	222	221	221	220
216	224	223	223	222	222	221
218	225	224	224	223	222	222
220	225	224	224	223	223	222
222	226	225	224	224	223	223

$A \backslash q$	30	32	34	36	38	40
224	226	226	225	225	224	224
226	227	226	226	225	225	224
228	228	227	227	226	226	225
230	228	227	229	226	226	225
232	229	228	228	227	227	226
234	229	229	228	228	227	227
236	230	229	229	228	228	227
238	230	230	229	229	228	228
240	231	230	230	230	228	228
242	231	231	230	230	228	228
244	232	231	231	230	229	229

ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეები თავისუფალი ამწევი ძალობა (A)
და № 80 გარსის წონის (q) მიხედვით გამოთვლილი

$A \backslash q$	70	75	80	85	90	$A \backslash q$	70	75	80	85	90
102	149	148	146	145	143	202	204	202	201	200	199
104	150	149	147	146	144	204	205	204	204	201	200
106	150	149	148	146	145	206	206	205	204	203	201
108	151	150	149	148	146	208	207	206	205	204	203
110	152	151	150	148	147	210	209	208	206	205	204
112	153	152	150	149	148	212	210	209	207	206	205
114	154	152	151	150	149	214	211	210	203	207	205
116	154	153	152	151	150	216	212	211	210	208	207
118	155	154	153	152	150	218	213	212	210	209	208
120	156	155	153	152	151	220	214	213	211	210	209
122	156	155	154	153	152	224	216	214	213	213	210
124	157	156	155	154	152	228	217	216	215	213	212
126	158	157	156	154	153	230	218	217	216	215	213
128	159	158	156	155	154	236	220	218	217	215	215
130	160	158	157	156	154	240	221	220	213	217	215
132	160	159	158	156	155	244	222	221	219	218	217
134	161	160	158	158	156	248	223	221	220	219	218
136	162	160	159	158	157	252	223	222	221	220	218
138	163	161	160	159	157	256	224	223	222	221	219
140	163	162	161	159	158	260	225	224	223	221	220
142	164	163	162	160	159	264	225	224	223	222	221
144	165	164	162	161	160	268	226	225	224	223	222
146	166	164	163	162	161	272	227	226	225	224	222
148	167	165	164	163	162	276	223	227	225	224	223
150	167	166	165	164	163	280	228	227	225	225	224
152	168	167	166	165	164	284	229	228	227	226	225
154	169	168	167	166	165	288	230	229	223	227	226
156	170	169	168	167	166	292	230	230	229	223	226
158	171	170	169	168	167	296	231	230	229	228	227
160	172	171	170	169	168	300	232	231	230	229	228

$\begin{matrix} q \\ A \end{matrix}$	70	75	80	85	90	$\begin{matrix} q \\ A \end{matrix}$	70	75	80	85	90
162	173	172	171	170	169	304	233	232	231	230	229
164	174	173	172	171	170	308	233	232	231	230	230
166	176	174	173	172	171	310	234	233	232	231	230
168	177	176	175	174	172	315	235	234	233	232	231
170	178	177	176	175	174	320	236	235	234	233	232
172	180	178	177	176	175	324	236	235	234	233	233
174	181	180	179	177	176	328	237	236	235	234	233
176	182	181	180	179	178	332	238	237	236	235	234
178	184	182	181	180	179	336	239	238	237	236	235
180	185	184	183	182	181	340	239	238	237	236	235
182	187	186	184	183	182	344	240	239	239	237	236
184	189	187	186	187	184	348	241	240	239	238	237
186	190	189	188	187	186	352	241	240	239	238	237
188	192	191	190	188	187						
190	194	192	191	190	189						
192	195	194	193	192	191						
194	197	196	195	194	192						
196	199	198	196	195	194						
198	200	199	198	197	196						
200	202	201	200	198	197						

3) მე-7 ცხრილში მოიხაება $\rho=998$ მგ და $t=-13^{\circ}\text{C}$ მიხედვით შემასწორებელი მამრავლი $\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{1/6}=0,99$;

4) ვამრავლებთ $W_T=192$ მ/წთ მამრავლზე 0,99 და ვღებულობთ ვერტიკალურ სიჩქარეს, გასწორებულს სიმკვრივეზე:

$$W=W_T \cdot 0,99=192 \cdot 0,99=190 \text{ მ/წთ.}$$

5) მოძებნა რიცხვი 190 მ/წთ უნდა შემცირდეს 6%-ით იმის გამო, რომ ბირთვი-პილოტის მალა ასვლის დროს ფარნის წინააღმდეგობაც იქნეს გათვალისწინებული, ე. ი.

$$190 - \frac{190}{100} \cdot 6 = 178,6 \text{ მ/წთ,}$$

ანუ დამრგვალებით

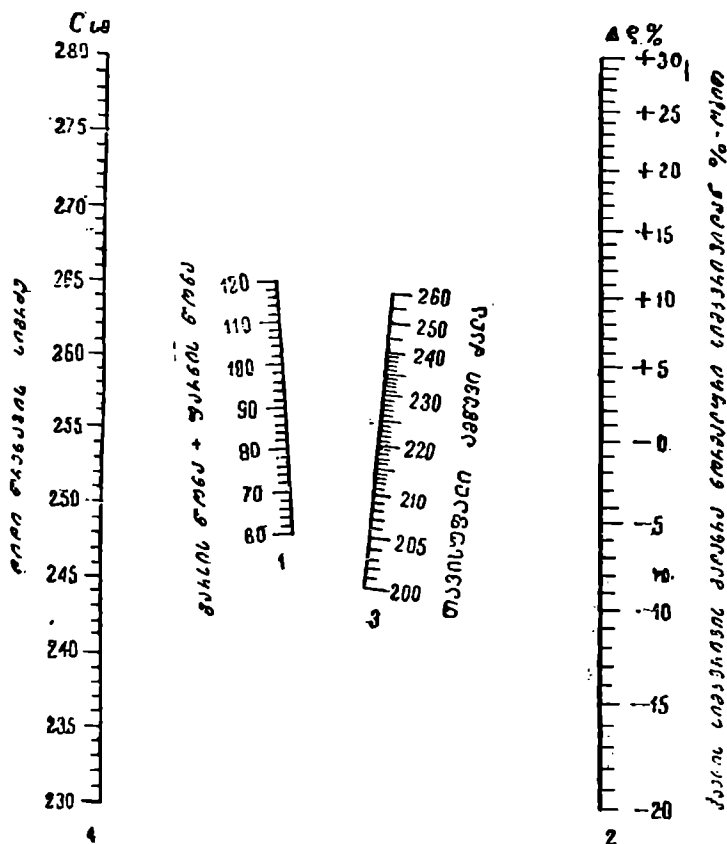
$$W=179 \text{ მ/წთ.}$$

ყველა აღნიშნული გამოთვლის შესრულება შეიძლება სპეციალური ნომოგრამით (ნახ. 10), რომელიც ანალოგიურია W'_{200} -ნომოგრამისა (ნახ. 8, 9)

W_g - ნომოგრამა. ზემოთ მოყვანილ მაგალითზე გამოვარკვეით, რომ ფარნის წონა და მისი ფორმა წარმოშობს ჰაერის დამატებით წინააღმდეგობას, რის შედეგად ვერტიკალური სიჩქარე 6%-ით

კლებულობს. როცა გესურს შევინარჩუნოთ W_{200} ვერტიკალური სიჩქარე ამ შემთხვევისთვისაც, მაშინ გარსს ავსებენ იმ ვარაუდით, რომ გამოთვლითი ვერტიკალური სიჩქარე 6%-ით მეტი აღმოჩნდეს, ე. ი.

W₉-ნომოგრამა



ნახ. 10. W_9 -ნომოგრამა.

212 მ/წთ. გაშვების დროს ბირთვ-პილოტი დაკარგავს ამ ზედმეტ სიჩქარეს და შერჩება მხოლოდ W_{200} სიჩქარე. ეს მოსაზრება უძევს საფუძვლად W_9 -ნომოგრამას (ნახ. 10). მას ისეთივე სკალები აქვს,

როგორც W_{200} -და W_{100} -ნომოგრამებს. განსხვავება იმაშია, რომ გარსის q წონას ემატება ფარნის წონა m , და სკალაც მათთვის საერთოა 60 — 120-ის საზღვრებში.

ამ შემთხვევისათვის განტოლებები $(1.25'')$ და (1.35) სათანადოდ იქნება:

$$W_1 = d \frac{\sqrt{A}}{C} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}},$$

$$A = C^3 \frac{(\rho_0 - \rho)}{6\pi^2} \frac{\rho}{\rho_0} - (q + m),$$

სადაც $W_1 = 212$ მ/წთ იგულისხმება.

ამ ნომოგრამით სარგებლობისათვის ჯერ მონახვენ $\Delta\rho$ -ს მოცემული წნევისა (p) და ტემპერატურის (t) მიხედვით. აიღებენ $q + m$ ჯამს, ე. ი. გარსისა და ფარნის წონას ერთად, დაადებენ სახაზავს პირველ და მეორე სკალებზე და ამოიკითხავენ მის გადაკვეთას მე-3 სკალაზე (იხ. ნახ. 10).

ეს იქნება ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა A ბ.

მაგალითი. მოცემულია $\Delta\rho = +5\%$, $q = 79$ ბ და $m = 17$ ბ. ნომოგრამის პირველი და მეორე სკალების სათანადო წერტილების შეერთება სახაზავით გადაკვეთს მე-3 სკალას $A = 235$ ბ წერტილში. ეს იქნება ფარნის ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა იმისათვის, რომ მას აფრენის დროს ჰქონდეს სტანდარტული ვერტიკალური სიჩქარე.

ასეთი ბირთვის გასაწონასწორებლად მას უნდა დაეკიდოს (უფარნოდ) $235 + 17 = 252$ ბ ტვირთი. ნომოგრამის მე-4 სკალაზე ათვლილი $C = 257$ სმ გვიჩვენებს ზომას, სადამდეც უნდა გაიბეროს ბირთვ-პილოტი,

§ 11. W'_{200} - და W'_{100} -ნომოგრამების გამოყენების წესები

ჩვენ ზემოთ ორ ნომოგრამას გავეცანით: W'_{200} და W'_{100} . მოყვანილი გვქონდა აგრეთვე რამდენიმე მაგალითი მათი გამოყენების ნათელსაყოფად. ორივე ეს ნომოგრამა აგებული იყო შემდეგი ფორმულების მიხედვით:

$$W = d \frac{\sqrt{A}}{C} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}},$$

$$A = C^3 \frac{\rho_0 - \gamma_0}{6\pi^2} \frac{\rho}{\rho_0} - q.$$

$W=200$ მ/წთ მიხედვით შედგენილია W'_{200} -ნომოგრამა (ნახ. 7), ხოლო $W=100$ მ/წთ მიხედვით შედგენილია W'_{100} -ნომოგრამა (ნახ. 8). ორივე ნომოგრამის შედგენის დროს პირობითი მიღებულია $\rho_0=1,205$ კგ/მ³ და $\gamma_0=0,180$ კგ/მ³.

ჩვეულებრივ სარგებლობენ ისეთი ბირთვ-პილოტებით, რომელთა ვერტიკალური სიჩქარე $W=200$ მ/წთ. ზოგჯერ საჭირო ხდება ისეთი ბირთვ-პილოტებითაც სარგებლობა, რომელთა ვერტიკალური სიჩქარე $W=100$ მ/წთ (№ 10 და № 15 გარსებისათვის).

აღნიშნული ორივე ნომოგრამით მოიძებნება თავისუფალი ამწევი ძალა A და დიდი წრეხაზის სიგრძე C . ამ ნომოგრამებით სარგებლობის დროს საჭიროა წინასწარ ავწონოთ გარსის q წონა გრამობით და

ტემპერატურისა t და p წნევის მიხედვით ვიპოვოთ $\sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}$ მნიშვნელობა ნორმალურისაგან გადახრით პროცენტობით გამოსახული ($\Delta\rho\%$). შემდეგ ნომოგრამაზე ვადებთ სახაზავს ისე, რომ მან გადაკვეთოს q (შუაში) და $\Delta\rho$ (მარჯვნივ) სკალები დანიშნულ წერტილებში და ამოვიკითხავთ სკალებზე C (მარცხნივ) და A (შუაში, q -ს გვერდით საძიებელ რიცხვებს).

q სკალა W'_{200} -ნომოგრამებზე მოცემულია № 20 გარსისათვის, ხოლო W'_{100} -ნომოგრამაზე კი № 10 ან № 15 გარსებისათვის.

აღნიშნული ნომოგრამების უკეთესად ათვისებისათვის მოვიყვანოთ რამდენიმე სავარჯიშო მაგალითს პასუხებით.

მაგალითები; 1. მოცემულია: $t=-10^{\circ}\text{C}$, $p=710$ მმ Hg და № 20 გარსის წონა $q=80$ ბ.

პასუხი: $\Delta\rho=+4\%$, $A=203$ გ და $C=246$ სმ (W'_{200} -ნომოგრამით).

2. მოცემულია: $t=-10^{\circ}\text{C}$, $p=710$ მმ Hg და № 10 გარსის წონა $q=50$ ბ.

პასუხი: $\Delta\rho=+4\%$, $A=26$ გ და $C=155$ სმ (W'_{100} -ნომოგრამით).

3. მოცემულია: $t=10^{\circ}\text{C}$, $p=710$ მმ Hg და № 20 გარსის წონა $q=80$ ბ.

პასუხი: $\Delta\rho=-4\%$, $A=199$ გ და $C=251$ სმ (W'_{200} -ნომოგრამით).

4. მოცემულია: $t=10^{\circ}\text{C}$, $p=710$ მმ Hg და № 10 გარსის წონა $q=50$ ბ.

პასუხი: $\Delta\rho=-4\%$, $A=25$ გ და $C=158$ სმ (W'_{100} -ნომოგრამით).

5. მოცემულია: $t=30^{\circ}\text{C}$, $p=700$ მმ Hg და № 10 გარსის წონა $q=25$ ბ.

პასუხი: $\Delta\rho=-12\%$, $A=16$ გ და $C=134$ მმ (W'_{100} -ნომოგრამით).

პრაქტიკით გამოჩვენებულია, რომ უკეთესი შედეგები მიიღება მაშინ, როცა გარსს ებერავთ წყალბადით თავისუფალი ამწევი ძალის მიხედვით (A), რომელიც მოძებნილია აღნიშნული ნომოგრამებით, და არ ვაქცევთ ყურადღებას C ზომას, რომელიც გამოთვლილისაგან შეიძლება კიდევაც განსხვავდებოდეს; განსხვავება ფორმულით გამოთვლილ და ცდით გაზომვის შედეგს შორის იმით არის გამოწვეული, რომ საერთოდ ბირთვები ვერ იბერება თანაბრად, ამის გამო დიდი წრეხაზის სიგრძის ზუსტად გაზომვა უფრო ძნელია, ვიდრე A თავისუფალი ამწევი ძალისა.

იმ შემთხვევაში, როცა ქარის გამო, ზუსტი აწონა შეუძლებელია, დიდი წრეხაზის სიგრძე შეიძლება გავზომოთ გაბერილ ბირთვ-პილოტზე სანტიმეტრიანი ლარტყის ორი ურთიერთპერპენდიკულარული შემოვლებით.

ზემოთ ჩვენ ვთქვით, რომ აღნიშნული ნომოგრამების შედგენის დროს ნაყარაუდები იყო წყალბადის „ნორმალური“ სიმკვრივე $\gamma_0 = 0,180$ კგ/მ³. სინამდვილეში კი შეიძლება მისი სიმკვრივე განსხვავდებოდეს აღნიშნული საყარაუდო რიცხვისაგან. ზემოთ, ა. ვ. მიხაილოვსკის მეთოდის აღწერის დროს, ჩვენ აღნიშნული გვექონდა, რომ, როცა წყალბადის სიმკვრივე უცნობია, საჭირო ხდება W''_{200} -ნომოგრამის აგება (13.8) ფორმულის მიხედვით:

ამ ნომოგრამის შესადგენად დაშვებულია $A_1 = 180$ ბ, რომელსაც შეესაბამება წრეხაზის C_1 სიგრძე (გაზომვის შგდეგად), და საჭიროა

წინასწარ $\sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}$ სიდიდის ცოდნა, ანუ მისი პროცენტული გადახრა ნორმალურისაგან ($\Delta\rho$).

ვიდრე ამ ნომოგრამის მოხმარებას გავეცნობოდეთ, საჭიროა ვიცოდეთ, რომელ შემთხვევაში უნდა ვისარგებლოთ ამ ნომოგრამით? ამის გასარკვევად ისევ W'_{200} -ნომოგრამას უნდა დავუბრუნდეთ და მოვნახოთ ის შემთხვევები, როცა სარგებლობა ამ ნომოგრამით აღარ არის მიზანშეწონილი.

წარმოვიდგინოთ, რომ წყალბადით სარგებლობას ვიწყებთ ახალი ბალონის გახსნით, რომელშიც წყალბადის სიმკვრივე ნორმალურია. ამის შემდეგ საჭიროა:

ა) W'_{200} -ნომოგრამის შემწეობით გამოვითვალოთ A და C სიდიდეები ზემომოყვანილი მაგალითების მიხედვით;

ბ) გავავსოთ გარსი რაც შეიძლება ზუსტად A ამწევი ძალის მიხედვით;

გ) გავზომოთ გაბერილი ბირთვის წრეხაზის სიგრძე C სამი ურთი-

ერთპერპენდიკულარული მიმართულებით და გამოვთვალოთ მათი საშუალო სიგრძე.

დ) თუ C საშუალო სიგრძე ნომოგრამით მოძებნილი სიგრძისაგან არა უმეტეს 5 სმ-ით განსხვავებული აღმოჩნდება, მაშინ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ წყალბადის სიმკვრივე ბალონში იყო ნორმალური. ამ შემთხვევაში განვადგომთ ბირთვ-პილოტების ბერვას ამავე ბალონიდან და ვსარგებლობთ მხოლოდ W'_{200} -ნომოგრამით (ნახ. 7).

ე) თუ განსხვავება C გაზომილ და გამოთვლილ სიდიდეთა შორის აღმოჩნდა 5 სმ-ზე მეტი, მაშინ მივმართავთ W''_{200} -ნომოგრამას (ნახ. 9).

ამ ნომოგრამით სარგებლობის წესი ასეთია:

ა) $\Delta p - \Delta H$ ნომოგრამით ჯერ განვსაზღვრავთ Δp -ს;

ბ) გავავსებთ გარსს იმ ზომამდე, რომ მან გააწონასწოროს 180 გ;

ვ) გავზომავთ ბირთვის წრეხაზის სიგრძეს ორი ურთიერთპერპენდიკულარული მიმართულებით და გამოვითვლით მათს საშუალო მნიშვნელობას (C_1);

დ) დავადებთ სახაზავს W''_{200} -ნომოგრამის Δp და C_1 სკალებს მიღებული რიცხვების მიხედვით და ამოვიკითხავთ. ე. წ. დამხმარე „ N “ სკალაზე 0,1 სიზუსტით დამხმარე რიცხვს N ;

ე) შემოვატრიალებთ სახაზავს ისე, რომ მისი პირი კვეთდეს დამხმარე „ N “ სკალას მოძებნილ წერტილზე და გადიოდეს გარსის წონის (q) მაჩვენებელ სკალაზე. გადაკვეთა სკალაზე მოგვცემს A საძიებელ თავისუფალ ამწვევ ძალას, რომელიც 180 გ-გან რამდენადმე განსხვავდება.

ჟ) თუ ეს განსხვავება დადებითია, მაშინ ამდენსავე გრამი დავუმატებთ და ხელახლა გავაწონასწორებთ ბირთვ-პილოტს წყალბადის დამატებით.

მაგალითები 1. მოცემულია: $t=10^{\circ}\text{C}$, $p=700$ მმ Hg და N_2 20 გარსის წონა $q=65$ გ.

მოვნახოთ ჯერ $\Delta p=-5\%$; გავბერავთ გარსს 180 გ-მდე; გავზომავთ წრეს ორი მიმართულებით, ვთქვათ, $C_1=237$ სმ; მოვნახავთ დამხმარე რიცხვს $N=22,5$; შემდეგ მოვატრიალებთ სახაზავს და ამოვიკითხავთ $A=189,5$ გ. განსხვავება აღმოჩნდება 9,6 გ და კვლავ გავაწონასწორებთ ზუსტად წყალბადის დამატებით.

2. გაიგეთ ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწვევი ძალა (A), რომელიც ექნება მას, მაშინ, როცა ვერტიკალური სიჩქარე უდრის 200 მ/წთ, $\Delta p=0\%$, $q=82$ გ და $C_1=247$ სმ..

პასუხი: $A=206,5$ გ; ხელახლა გასაწონასწორებლად დასამატებელია 26,5 გ.

როგორც ვხედავთ, ორთავე შემთხვევაში A თავისუფალი ამწევი ძალის გამოთვლა დაკავშირებულია სათანადოდ შერჩეული ნომოგრამების გამოყენებასთან.

მ. ტანატარის მიერ შედგენილია სპეციალური ცხრილი (იხ. „დანართი“, ცხრ. IX), რომლის გამოყენება ძალიან აადვილებს აღნიშნული ამოცანის ამოხსნას. განვიხილოთ რამდენიმე მაგალითი ამ ცხრილით სარგებლობის წესის შესწავლის მიზნით.

მაგალითები. 1. მოცემულია: $t = -10^{\circ}\text{C}$, $p = 760$ მმ Hg და № 10 გარსის წონა $q = 35$ ბ.

წყალბადის სიმკვრივედ მივიღოთ 180 გ/მ³, მაშინ II ცხრილში $\sqrt{N} = 0,95$ და V ცხრილში $n = 0,96$; ი. ტანატარის ცხრილში ეპოულობთ $n = 0,96$ და $\sqrt{N} = 0,95$, $q = 35$ ბ, $C = 227$ სმ.

2. მოცემულია: $q = 60$ ბ, $t = 10^{\circ}\text{C}$ და $p = 70$ მმ Hg. II ცხრილში $\sqrt{N} = 1,02$, IX ცხრილში $n = 0,95$ და $C = 246$ სმ (ინტერპოლაციით),

ამოცანები

9. გამოითვალეთ 1 მ³ წყალბადის წონა $p = 400$ მმ Hg წნევისა და $t = -25^{\circ}\text{C}$ მიხედვით. ამ შემთხვევაში მივმართავთ (1.04) ფორმულას, რომელიც გამოხატავს 1 მ³ ტექნიკური წყალბადის სიმკვრივს, ანუ წონას გრამობით.

$$\gamma_{t,p}^* = 46,69 \frac{p}{T} = 46,69 \frac{400}{273 - 25} = 75,3 \text{ გ/მ}^3.$$

10. გამოითვალეთ 1 მ³ ჰაერის წონა $p = 900$ მმ და $t = 17^{\circ}\text{C}$ მიხედვით.

ამ შემთხვევაში მივმართოთ (1.03) ფორმულას, რომელშიც წნევა იგულისხმება მმ-ობით. საჭიროა ჯერ 900 მმ გამოვხატოთ მმ-ობით და შემდეგ გამოვიყენოთ ეს ფორმულა. ეს მოგვცემს: $900 \times 3/4 = 675$ მმ.

$$\rho_{t,p} = 464,5 \frac{675}{273 + 17} = 464,5 \frac{675}{290} = 1081 \text{ გ/მ}^3.$$

(1.03) ფორმულაში შეიძლება წნევის შეტანა პირდაპირ მმ-ობითაც, მხოლოდ საჭიროა კოეფიციენტის შეცვლა, ე. ი.

$$\rho_{t,p} = 348,4 \frac{p}{T},$$

შედეგი მიიღება იგივე (შეამოწმეთ).

11. ჰაერის ტემპერატურა უდრის 0°C . რამდენი გრადუსით უნდა გავათბოთ ეს ჰაერი, რომ იმავე წნევის დროს მისი სიმკვრივე ორჯერ შემცირდეს?

ამის გასაგებად მივმართავეთ (1.03) ფორმულას და ვწერთ ორ ტოლობას:

$$\rho_{t, p_0} = 464,5 \frac{p_0}{T},$$

$$\rho_{t+\Delta t, p_0} = 464,5 \frac{p_0}{T+\Delta t},$$

სადაც Δt არის საძიებელი რიცხვი.

ორივე ფორმულაში წნევა ერთი და იგივე (p_0) იგულისხმება, ხოლო $T=273^{\circ}+0^{\circ}$, ე. ი. $t=0^{\circ}\text{C}$.

პასუხს მივიღებთ პირველი ფორმულის მეორეზე გაყოფით, რაც, პირობის თანახმად, მოგვცემს 2. აქედან მიიღება Δt მნიშვნელობაც (გამოითვალეთ).

12. ჰაერის ტემპერატურა უდრის 0°C . რამდენი გრადუსით უნდა გაცივდეს ჰაერი, რომ იმავე წნევის პირობებში მისი სიმკვრივე ორჯერ გაიზარდოს?

პასუხი მიიღება წინა ამოცანის ორივე ფორმულის იმავე წესის გამოყენებით (გამოითვალეთ).

13. სფეროსებრი აეროსტატის დიამეტრი $D=4$ მეტრს გამოითვალეთ აეროსტატის მოცულობა.

$$\text{სფეროს მოცულობის ფორმულა არის } U = \frac{4}{3} \pi r^3, \text{ სადაც } r = \frac{D}{2}$$

მისი რადიუსის სიგრძეა (მეტრობით). ამიტომ გვექნება: $U=8,4 \text{ მ}^3$.

14. წყალბადის რომელიღაც რაოდენობა კმარა $C=180$ სმ სიგრძის დიდი წრეხაზის მქონე 20 ცალი გარსის გასაბერად. რამდენი ცალი $C=120$ სმ სიგრძის მქონე გარსის გასაბერებად კმარა იმავე რაოდენობის წყალბადი?

მოცულობა 20 ცალი გარსისა, გაბერილი $C=186$ სმ $=1,80$ მ ზომამდე, უდრის:

$$U_1 = 20 \cdot 0,017 \cdot 1,8^3 \text{ მ}^3.$$

ამ მოცულობის წყალბადი უნდა ავსებდეს x ცალ გარსს ზომით $C=120$ სმ $=1,2$ მ, ე. ი. $20 \cdot 0,017 \cdot 1,83 = x \cdot 0,017 \cdot 1,2^3$.

აქედან ვღებულობთ:

$$x = \frac{20 \cdot 0,017 \cdot 1,8^3}{0,017 \cdot 1,2^3} = 20 \left(\frac{1,8}{1,2} \right)^3 \approx 67 \text{ ცალს.}$$

15. რა რაოდენობის წყალბადი იქნება საჭირო $C=190$ სმ სიგრძის წრეხაზის მქონე 60 ცალი გარსის გასაბერად?

წყალბადის მოცულობა C -ზე დამოკიდებულებით, განისაზღვრება (1.08) ფორმულით; მაშასადამე, 60 ცალი გარსის გასაბერად საჭირო იქნება

$$U=20 \cdot 0,017 \cdot 1,9^3=5,6 \text{ მ}^3 \text{ წყალბადი.}$$

16. რა რაოდენობის წყალბადი იქნება საჭირო $C=4$ მ წრეხაზის მქონე ბირთვ-ზონდის გასაბერად?

იმვე ფორმულიდან ეპოულობთ:

$$U=0,017 \cdot 4^3=0,017 \cdot 64=1,088 \text{ მ}^3.$$

17. გამოითვალეთ გარის გასკდომის სიმაღლე, თუ იგი გავსებული იყო დასაწყისში $C=160$ სმ ზომამდე. ცნობილია, რომ გარსის მაქსიმალური წრეხაზის სიგრძე შეადგენს 250 სმ. გავსების მომენტში

$$p_0=760 \text{ მმ Hg, } t_0=0^\circ\text{C და } -\frac{\partial T}{\partial z}=0^\circ,5/100 \text{ მ (იხ. ამოცანა № 2).}$$

18. რას უდრის ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა, თუ $C=150$ სმ, $t=20^\circ\text{C}$, $p=760$ მმ Hg და $q=12$ ზ?

(1.15) ფორმულა გვაძლევს თავისუფალი ამწევი ძალის გამოთვლის საშუალებას. მასში გარსის წონა ($q=12$ ზ), ამოცანის პირობის მიხედვით ცნობილია. საჭიროა გამოთვლა E სიდიდისა, რომელსაც ბირთვ-პილოტის სრული ამწევი ძალა ეწოდება. მის გამოსათვლელად მივმართავთ (1.34) ფორმულას:

$$E_{t,p}=U \cdot e_{t,p}$$

სადაც U არის მოცულობა და $e_{t,p}$ — 1 მ³ წყალბადის ამწევი ძალა; უკანასკნელის გამოთვლა პირველი ცხრილის მიხედვით ხდება. $t=20^\circ\text{C}$ და $p=760$ მმ Hg მიხედვით აღნიშნული ცხრილიდან ვღებულობთ $e_{t,p}=1205$ გ. მოცულობას კი მივიღებთ (1.08) ფორმულით, ე. ი. გვექნება:

$$U=0,017 \cdot 1,5^3=0,057 \text{ მ}^3.$$

მაშასადამე,

$$E_{t,p}=0,057 \cdot 1205=69,14 \text{ ზ,}$$

და თავისუფალი ამწევი ძალა:

$$A=E - q=69,14 - 12=57,14 \text{ ზ.}$$

19. რას უდრის ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა (A), თუ $C=3$ მ, $q=300$ ზ, $p=765$ მმ Hg და $t=+10^\circ\text{C}$?

იმავე პირველ ცხრილში ამოვიყიოთხავთ (ინტერპოლაციით) $e_{t,p} = 1378$ გ; მოცულობა $U = 0,017 \cdot 3^3 = 1,377$ მ³. მაშასადამე

$$E_{t,p} = 1,377 \cdot 1378 = 1897,61 \text{ ბ.}$$

და თავისუფალი ამწევი ძალა

$$A = E - q = 1897,61 - 300 = 1597,61 \text{ ბ.}$$

20. მონახეთ აეროსტატის სრული ამწევი ძალა, თუ მისი დიამეტრი $D = 8$ მ.

ამ ამოცანაში იგულისხმება, რომ ჰაერის ტემპერატურა $t = 0^\circ\text{C}$ და წნევა $p = 760$ მმ Hg, მაშინ (1.17) ფორმულა მოგვცემს:

$$\begin{aligned} E_{t,p}^* &= 20 \cdot C^3 = 20 \cdot (\pi D)^3 = 20 \cdot \pi^3 D^3 = 20 \cdot 3,14^3 \cdot 8^3 = \\ &= 317000 \text{ გ} = 317 \text{ კგ.} \end{aligned}$$

21. რა სიგრძის უნდა იყოს ბირთვის წრეხაზი იმისათვის, რომ მან ნორმალურ პირობებში ($t = 0^\circ\text{C}$ და $p = 760$ მმ Hg) შესძლოს 800 გ ტვირთის აწევა, თუ მისი გარსის წონა $q = 1$ კგ.

(1.15) ფორმულიდან, ცხადია, რომ

$$E_{t,p} = A + q.$$

მაშასადამე, რადგან აქ A და q მოცემულია, ამიტომ გვექნება:

$$E_{t,p} = 0,8 + 1 = 1,8 \text{ კგ.}$$

ხოლო პირველი ცხრილიდან კი გვექნება $e_{t,p} = 1293$ გ $= 1,293$ კგ. მაშასადამე, (1.13) ფორმულიდან ვღებულობთ:

$$U = \frac{E_{t,p}}{e_{t,p}} = \frac{1,8}{1,293} = \frac{4}{3} \pi r^3,$$

მაგრამ $C = 2\pi r$ მოგვცემს $r = \frac{C}{2\pi}$. აბრიგად,

$$\frac{1,8}{1,293} = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{C}{2\pi} \right)^3 = \frac{4}{3} \pi \frac{C^3}{8\pi^3} = \frac{C^3}{6\pi^2},$$

ე. ი.

$$C = \sqrt[3]{\frac{1,8}{1,293} \cdot 6\pi^2} = 4,45 \text{ მ.}$$

(შეამოწმეთ).

22. გამოთვალეთ ის ძალა, რომლითაც ნორმალურ პირობებში ჰაერი წინააღმდეგობას უწევს $W=200$ მ/წთ სიჩქარით მოძრავ ბირთვ-პილოტს, რომლის წრეხაზის სიგრძე $C=3$ მ.

მიემართო (1.20) ფორმულას:

$$R=k_p D^2 W^2,$$

ხადაც წინააღმდეგობის კოეფიციენტისათვის, ნაგულისხმები სიდიდე $k=7,4 \cdot 10^{-7}$, რადგან A თავისუფალი ამწევი ძალა უტნობია. ნორმალურ პირობებში $\rho_{0,760}=1293$ გ/მ³, ამგვარად:

$$R=7,4 \cdot 10^{-7} \cdot 1293 \left(\frac{C}{\pi} \right)^2 W^2 = 7,4 \cdot 10^{-7} \cdot 1293 \left(\frac{3}{3,14} \right)^2 \cdot 200 = 32 \text{ გ.}$$

23. გამოთვალეთ ის ძალა, რომლითაც ჰაერი $p=750$ მმ Hg და $t=15^\circ\text{C}$ პირობებში წინააღმდეგობას უწევს $W=150$ მ/წთ სიჩქარით მოძრავ ბირთვ-პილოტს, რომლის წრეხაზის სიგრძე $C=240$ სმ.

მიითთება. ეს ამოცანა მსგავსია წინა ამოცანისა, საჭიროა მხოლოდ მოინახურო (l) ტემპერატურისა და (p) წნევის შესაბამისი სიმკვრივე— $\rho_{t,p}$.

24. რამდენი პროცენტით შემცირდება ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა, თუ ბირთვ-პილოტმა 2000 მ სიმაღლეს მიაღწია და თუ $p=760$ მმ Hg, $t=0^\circ\text{C}$ და ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი $-\frac{\partial T}{\partial z}=0,5/100$ მ.

მიითთება. (იხ. ამოცანა № 8),

25. რას უდრის ჰაერის წინააღმდეგობა 3000 მ სიმაღლეზე, თუ—
 $-\frac{\partial T}{\partial z}=-0,6/100$ მ და ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე $W=200$ მ/წთ, მისი წრეხაზის სიგრძე $C=3$ მ და $p=760$ მმ Hg, $t=0^\circ\text{C}$.

ვისარგებლოთ (1.20) ფორმულით:

$$R_h=k_h \cdot \rho_h \cdot D_h^2 W^2.$$

უნდა ვიგულისხმოთ, რომ $k_0=k_h=7,4 \cdot 10^{-7}$; რადგან C ცნობილია, ამიტომ ამ ფორმულაში D_h მაგიერ დაიწერება $\frac{C_h}{\pi}$, ხოლო W უცვლელი რჩება, ამიტომ გვექნება:

$$R_h=7,4 \cdot 10^{-7} \rho_h \left(\frac{C_h}{\pi} \right)^2 \cdot 200^2.$$

აქ საჭიროა ვიცოდეთ, რომ $h=3000$ მ. ამისათვის კი ავიღებთ შეფარდებას:

$$\frac{\rho_h}{\rho_0} = \frac{\rho_h T_0}{T_h \rho_0}.$$

აქ

$$\rho_0=1293 \text{ გ/მ}^3; \rho_0=760 \text{ მმ Hg}, T_0=273^\circ K$$

და

$$T_h = T_0 - (-0^\circ,6) \cdot 30 = 273 + 18 = 291^\circ K.$$

საჭიროა კიდევ ვიცოდეთ ρ_h . პიესომეტრიულ ცხრილში ამოვიკითხავთ $\rho_h=523$ მმ Hg. მაშასადამე,

$$\frac{\rho_h}{\rho_0} = \frac{523 \cdot 273}{291 \cdot 760}, \text{ ე. ი. } \rho_h = 834,8 \text{ გ/მ}^3.$$

ბირთვ-პილოტის საწყისი მოცულობა იყო:

$$U_0 = 0,0017 C^3 = 0,017 \cdot 3^3 = 0,459 \text{ მ}^3.$$

ამიტომ, თუ ვისარგებლებთ შეფარდებით:

$$\frac{U_0}{U_h} = \frac{\rho_h}{\rho_0},$$

გვექნება:

$$U_h = \frac{\rho_0}{\rho_h} U_0 = \frac{1293}{834,8} \cdot 0,459 = \frac{4}{3} \cdot \pi \left(\frac{D_h}{2} \right)^3.$$

საბოლოოდ მივიღებთ:

$$R_h = 7,4 \cdot 10^{-7} \cdot 834,8 \cdot 4 \left(\frac{1293}{834,8} \cdot 0,459 \cdot \frac{3}{314} \right)^{2/3} \cdot 200^2 =$$

$$= 76,3 \text{ გ (შეამოწმეთ).}$$

28. გამოითვალეთ ბირთვ-პილოტის ენერტიკალური სიჩქარე შემდეგ მონაცემების მიხედვით: $\rho=1205$ გ/მ³, $A=50$ გ, $C=2,2$ მ.

ამ შემთხვევაში მიემართავთ (1.29) ფორმულას, სადაც, თუ D -ს მაგიერ შევიტანთ C -ს, მივიღებთ:

$$W = \frac{\sqrt{A}}{C \sqrt{k\rho}}.$$

რადგან $A=50$ გ < 140 გ, ამიტომ ავიღებთ $\rho=8,58 \cdot 10^{-7}$. დანარჩენი სიდიდეები მოცემულია. მივიღებთ:

$$W = \frac{\sqrt{50}}{\sqrt{8,58 \cdot 10^{-7} \cdot 1205}} = 101 \text{ მ/წთ (შეამოწმეთ).}$$

შენიშვნა. I ცხრილიდან იმივე მონაცემების მიხედვით ვლებულობთ პასუხს $W=100$ მ/წთ.

ეს განსხვავება გამოწვეულია იმით, რომ I ცხრილი შედგენილია $W=60 \pi a \frac{\sqrt{A}}{C}$ ფორმულის მიხედვით, სადაც a კოეფიციენტი აღემატება A თავისუფალი ამწევი ძალის მიხედვით მე-4 ცხრილიდან.

27. გამოითვალეთ ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

$$\rho=770 \text{ მმ Hg}, t=-20^{\circ}\text{C}, A=170 \text{ ზ}, C=2,95 \text{ მ}.$$

მიემართავთ (1.35) ფორმულას, რომელშიც d კოეფიციენტის მნიშვნელობა ამოიღება მე-6 ცხრილიდან $A=70$ ზ მიხედვით და მოვძებნით სიმკვრივეს (1.03) ფორმულის მიხედვით:

$$\rho_{t,p}=464,5 \frac{770}{253}.$$

ამ მნიშვნელობათა გამოყენება და გამოთვლა მოგვცემს:

$$W=\frac{32,20}{2,95} \sqrt{\frac{170 \cdot 1293 \cdot 253}{464,5 \cdot 770}}=136 \text{ მ/წთ (შეამოწმეთ).}$$

შენიშვნა. იმავე მონაცემების მიხედვით ვერტიკალური სიჩქარის გამოსათვლელად შეგვიძლია გამოვიყენოთ მე-4 ნახაზზე მოცემული ნომოგრამა ($\Delta\rho - \Delta H$ -ნომოგრამა), აგრეთვე მე-5 ნახაზზე მოცემული ნომოგრამაც. მე-4 ნომოგრამაზე $\rho=770$ მმ Hg და $t=-20^{\circ}\text{C}$ -თვის მოვნახავთ $\Delta\rho=17,2$. რადგან მე-5 ნახაზზე მოცემული ნომოგრამის C სკალის სიგრძე არ კმარა, ამიტომ საჭირო შედეგსაც ველარ მივალწევთ.

რადგან აღნიშნულ ნომოგრამაზე W -ს მოძებნა შეუძლებელი ხდება, ამიტომ უნდა მივმართოთ I ცხრილს. ამ ცხრილიდან ამოვიკითხავთ, რომ $W=142$ მ/წთ, $A=170$ ზ და $C=2,95$ მ მიხედვით. ეს რიცხვი უნდა გამრავლდეს II ცხრილიდან მოძებნილ მამრავლზე $\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{1/4}$, რომელიც აღმოჩნდება 0,93 ტოლი (ρ და t მიხედვით). გამრავლება კი მოგვცემს:

$$W=142 \cdot 0,93=133 \text{ მ/წთ.}$$

როგორც ვხედავთ, განსხვავება გამოვიდა 3 მ/წთ, რაც იმის შედეგია, რომ უქანასქნელ ცხრილში შემავალი a კოეფიციენტი (იხ.

წინა ამოცანა) განსხვავდება (1.35) ფორმულაში გამოყენებული კოეფიციენტისაგან. შედეგთა განსხვავება 2%-მდე დასაშვებია პრაქტიკაში, რადგან ჰაერის სინოტივე არ იყო გათვალისწინებული.

28. ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე $W=200$ მ/წთ, ჰაერის სიმკვრივე $\rho=1205$ გ/მ³, დიდი წრეხაზის სიგრძე $C=270$ სმ. გამოითვალეთ ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა.

მიემართოთ იმავე (1.35) ფორმულას:

$$W = d \frac{\sqrt{A}}{C} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}$$

ცნობილია, რომ $W=200$ მ/წთ, $C=2,7$ მ, $\rho_0=1293$ გ/მ³, $\rho=1265$ გ/მ³ და $d=36,50$ (ცხრ. 6).

გვექნება

$$200 = 36,5 \cdot \frac{\sqrt{A}}{2,7} \sqrt{\frac{1293}{1205}}$$

საიდანაც

$$A = \left(\frac{200}{36,5} \cdot 2,7 \right)^2 \frac{1205}{1293} = 204 \text{ ბ (შეამოწმეთ).}$$

29. ბირთვ-პილოტი გაბერილია $C=200$ სმ ზომამდე, $p=760$ მმ Hg და $t=20^\circ\text{C}$ პირობებში, მისი თავისუფალი ამწევი ძალა $A=130$ ბ. გამოითვალეთ ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე 3000 მ სიმაღლეზე, თუ — $\frac{\partial T}{\partial z} = 0^\circ,5/100$ მ და 10 წუთში დიფუზიის შედეგად თავისუფალი ამწევი ძალა მცირდება 1%-ით.

ორი სხვადასხვა სიმაღლის მიხედვით ვერტიკალურ სიჩქარეთა შეფარდება გამოითვლება (1.28) ფორმულით, ე. ი.

$$\frac{W_h}{W_0} = \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}$$

სადაც ჩვენი ამოცანის მიხედვით $h=3000$ მ. ჯერ უნდა ვიანგარიშოთ W_0 ვერტიკალური სიჩქარე, რომელიც გაზის დიფუზიის შედეგად მცირდება, რადგან ყოველ 10 წუთში ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა მცირდება 1%-ით. ჯერ გამოვთვლით მის ვერტიკალურ სიჩქარეს $A=130$ ბ და $C=200$ სმ სიდიდეთა მიხედვით. I ცხრილი გვაძლევს, რომ $W_0=177$ მ/წთ. თუ ამ სიჩქარეს ვივარაუდებთ, მაშინ ბირთვის ასვლას 3000 მ სიმაღლეზე დასჭირდება $\frac{3000}{177} \approx 17$ წუთი.

თუ 10 წუთში დიფუზია ამცირებს თავისუფალ ამწევ ძალას 1%-ით, მაშინ 17 წუთში იგი შეამცირებს 1,7%-ით, ე. ი. თავისუფალი ამწევი ძალა იქნება არა 130 გ, არამედ $130 - \frac{130}{100} \cdot 1,7 \approx 128$ გ. ასეთი თავისუფალი ამწევი ძალისათვის კი I ცხრილი მოგვცემს $W_0 = 175$ მ/წთ. ამგვარად, აღნიშნული ფორმულით სარგებლობისათვის საჭიროა ვიცოდეთ ρ_h -ის მნიშვნელობა. (1.03) ფორმულიდან მივიღებთ:

$$\rho_{t,p} = 46,5 \frac{p}{T}.$$

ჰიფსომეტრიული ცხრილებიდან (იხ. დანართი) ვპოულობთ, რომ 3000 მ სიმაღლისათვის $p = 523$ მმ Hg, ხოლო ტემპერატურა იმავე სიმაღლეზე იქნება

$$T_h = 293 - 0,5 \frac{3000}{100} = 293 - 15 = 278^\circ K.$$

ამგვარად ვღებულობთ:

$$\rho_h = 46,5 \frac{p}{T} = 46,5 \frac{523}{278} = 873,9 \text{ გ/მ}^3$$

და

$$W_h = W_0 \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}} = 175 \sqrt{\frac{1293}{873,9}} = 187 \text{ მ/წთ.}$$

მიღებული შედეგი გვიჩვენებს, რომ ვერტიკალური სიჩქარე 10—11%-ით გაიზარდება, რაც კარგად ეთანხმება ამ ამოცანის თეორიულ გამოთვლებს.

30. გამოითვალეთ ბირთვ-პილოტის ცხრილური ვერტიკალური სიჩქარე შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

- | | |
|-----------------|---------------|
| ა) $A = 5$ გ, | $C = 80$ სმ; |
| ბ) $A = 20$ გ, | $C = 110$ სმ; |
| გ) $A = 50$ გ, | $C = 160$ სმ; |
| დ) $A = 100$ გ, | $C = 200$ სმ; |
| ე) $A = 160$ გ, | $C = 230$ სმ; |
| ვ) $A = 250$ გ, | $C = 270$ სმ. |

მითითება. მოცემული მაგალითები გამოითვლება (1.30) ფორმულით ან სპეციალური აეროლოგიური სახაზავით (§ 14ა).

81. გამოითვალეთ შემასწორებელი მამრავლი ცხრილური ვერტიკალური სიჩქარისათვის შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) $t = -35^{\circ}\text{C}$, $p = 790$ მმ Hg;

ბ) $t = +20^{\circ}\text{C}$, $p = 740$ მმ Hg;

გ) $t = 0^{\circ}\text{C}$, $p = 760$ მმ Hg;

დ) $t = +35^{\circ}\text{C}$, $p = 735$ მმ Hg;

ე) $t = -10^{\circ}\text{C}$, $p = 770$ მმ Hg.

მითითება. ისარგებლეთ II ცხრილით (იხ. დანართი); ეს ცხრილი გამოთვლილია $N = \frac{1205}{p \cdot t, p}$ ფორმულის მიხედვით.

82. გამოითვალეთ ვერტიკალური სიჩქარის შესწორებული მნიშვნელობები შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) $A = 5$ გ, $C = 88$ სმ, $t = -5^{\circ}\text{C}$, $p = 765$ მმ Hg;

ბ) $A = 155$ გ, $C = 195$ სმ, $t = -25^{\circ}\text{C}$, $p = 740$ მმ Hg;

გ) $A = 230$ გ, $C = 250$ სმ, $t = -20^{\circ}\text{C}$, $p = 765$ მმ Hg;

დ) $A = 400$ გ, $C = 390$ სმ, $t = -40^{\circ}\text{C}$, $p = 760$ მმ Hg;

მითითება. პასუხის მისაღებად ესარგებლობთ ფორმულით $W = W_T \cdot \sqrt{N}$; აეროლოგიური სახაზავის შემწეობით (ამოც. № 31) ჯერ მოძებნით W_T -ს, შემდეგ II ცხრილით (იხ. დანართი) მოენახავთ $\sqrt{N}$ მამრავლს და III ცხრილში ამოვიკითხავთ პასუხს W_T და $\sqrt{N}$ -ის მიხედვით.

88. გამოითვალეთ ცხრილური ვერტიკალური სიჩქარეები შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) $A = 60$ გ, $q = 14$ გ;

ბ) $A = 100$ გ, $q = 45$ გ;

გ) $A = 140$ გ, $q = 50$ გ.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად კარგი იქნებოდა (1.34) ფორმულის გამოყენება, მაგრამ მასში შედის სიმკვრავე p , რომელიც არ არის მოცემული პარობის მიხედვით; იმიტომ უნდა მივმართოთ შემდეგი სახის ფორმულას:

$$W = \frac{b_1 \sqrt{A}}{\sqrt{A+q}} \sqrt{n} \sqrt{N},$$

რომელიც ი. ტანატარის მიერ არის მოცემული.

პირობით მივიღოთ, რომ $N=1$, $n=1$ და გამოვითვალოთ

$$W'_T = \frac{b_1 \sqrt{A}}{\sqrt{A+q}},$$

სადაც b_1 -ის მნიშვნელობა მე-5 ცხრილიდან A -ს მიხედვით ამოიკითხება. უშუალო გამოთვლით ან VII ცხრილის შემწეობით მივიღებთ W'_T , მიღებულ შედეგს გაავსრავლებთ $\sqrt{n}$ და $\sqrt{N}$ მამრავლებზე (იხ. ცხრ. V და VI, დანართში).

უკანასკნელი ცხრილების გამოყენება ძნელი არაა. საჭიროა მხოლოდ აღინიშნოს, რომ $\sqrt{n}$ გამოითვლება ტექნიკური წყალბადის $\gamma_{00,760}$ სიმკვრივის მიხედვით, რომელიც ძალიან მცირედ იცვლება $0,965 — 1,006$ საზღვრებში, რადგან, როგორც ვიცით,

$$n = \frac{e_{t,p}}{e_{t,p}^*} = \frac{1293 - \gamma_{00,760}}{1163}.$$

შენიშვნა. მე-10, მე-11, მე-12 ცხრილები საშუალებას გვაძლევს მოვძებნოთ ცხრილური (სტანდარტული) ვერტიკალური სიჩქარეები A და q -ს მიხედვით, თუკი სათანადო რიცხვები მოიპოვება მათში. ამ ამოცანის სამივე შემთხვევა ისეთია აღებული, რომ სათანადო რიცხვები ცხრილებში არ არის მოცემული და საჭიროებს უშუალო გამოთვლას აღნიშნული მიმდევრობით.

მ4. გამოითვალეთ ბირთვ-პილოტის შესწორებული ვერტიკალური სიჩქარეები შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) $\gamma_{00,760} = 160$ გ/მ³, $A = 140$ გ, $q = 35$ გ, $t = -25^\circ\text{C}$, $p = 770$ მმHg;

ბ) $\gamma_{00,760} = 200$ გ/მ³, $A = 170$ გ, $q = 40$ გ, $t = 20^\circ\text{C}$, $p = 740$ მმHg.

მითითება. ჯერ უნდა მოინახოს IV ცხრილში (იხ. დანართი) A და q მიხედვით ვერტიკალური სიჩქარე. შემდეგ VI და VII ცხრილებში უნდა მოვნახოთ მამრავლები $\sqrt{n}$ და $\sqrt{N}$ (თუ ცნობილია წყალბადის სიმკვრივე). მიღებული სამი რიცხვის ნამრავლი მოგვცემს საჭირო პასუხს.

მ5. გამოთვალეთ ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) $C = 230$ სმ, $q = 43$ გ, $n = 1$, $N = 1$;

ბ) $C = 160$ სმ, $q = 28$ გ, $n = 1$, $N = 1$.

შენიშვნა. ჩვენ უკვე ვიცით, რომ ვერტიკალური სიჩქარის შესწორებული მნიშვნელობა განისაზღვრება (1.32) ფორმულით $W = W_T \sqrt{N}$, სადაც, (1.30) თანახმად,

$$W_T = \frac{1}{\sqrt{1205k}} \cdot \frac{\sqrt{A}}{C}.$$

ამ ფორმულაში, სხვა სიდიდეების გარდა, შედის თავისუფალი ამწევი A ძალაც. ამოცანაში კი ეს ძალა არ არის მოცემული. უნდა მოინახოს ისეთი ფორმულა, რომელიც არ შეიცავს A სიდიდეს. ამისათვის ავიღოთ ცნობილი ტოლობა $E = A + q$. ვისარგებლოთ (1.19) ფორმულით:

$$E_{t,p} = 0,0169 \cdot C^3 \cdot e_{t,p}^* \cdot n.$$

გავამრავლოთ და გავყოთ მარჯვენა მხარე $e_{20^\circ, 760}^*$ სიდიდეზე:

$$E_{t,p} = 0,0169 \cdot C^3 \cdot e_{20^\circ, 760}^* \cdot n \cdot \frac{e_{t,p}^*}{e_{20^\circ, 760}^*},$$

მაგრამ

$$\frac{e_{t,p}^*}{e_{20^\circ, 760}^*} = \frac{1}{N},$$

სადაც

$$N = \frac{1205}{\rho_{t,p}}.$$

მართლაც, (1.06) ფორმულის თანახმად, დაიწერება:

$$\frac{e_{t,p}^*}{e_{20^\circ, 760}^*} = \frac{418 \frac{p}{T}}{418 \frac{760}{293}}.$$

მეორე მხრივ, კი:

$$\frac{1}{N} = \frac{\rho_{t,p}}{\rho_{20^\circ, 760}} = \frac{464,5 \frac{p}{T}}{464,5 \frac{760}{293}}, \quad \text{ი. ი.} \quad \frac{1}{N} = \frac{e_{t,p}^*}{e_{20^\circ, 760}^*}$$

და ამიტომ გვექნება

$$E_{t,p} = 0,0169 \cdot C^3 \cdot e_{20^\circ, 760}^* \cdot n \cdot \frac{1}{N}.$$

ხოლო, რადგან $e_{20^\circ, 760}^* = 1084 \text{ ე/მ}^3$ [იხ. (1.06)],

$$E_{t,p} = 18,32 \cdot C^3 \frac{n}{N}.$$

მაშასადამე,

$$A = E - q = 18,32 \cdot C^3 \frac{n}{N} - q.$$

შევიტანთ რა მიღებულ მნიშვნელობას ზემოთ ამოწერილ (1.32) ფორმულაში, გვექნება:

$$\begin{aligned} W = W_T \cdot \sqrt{N} &= \frac{1}{\sqrt{1205 \cdot k}} \frac{\sqrt{A}}{C} \sqrt{N} = \frac{\sqrt{18,32 \cdot C^3 \frac{n}{N} - q}}{\sqrt{1205 \cdot k \cdot C}} \sqrt{N} = \\ &= \frac{\sqrt{18,32 \cdot C^3 \cdot n - qN}}{\sqrt{1205 \cdot k \cdot C}}, \end{aligned}$$

მაგრამ, რადგან $a = \frac{1}{\sqrt{1205k}}$ [იხ. (1,29)], საბოლოოდ ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს;

$$W = \frac{a \sqrt{18,32 C^3 \cdot n - qN}}{C}.$$

ამგვარად, მივიღეთ ფორმულა, რომელიც A -ს არ შეიცავს, მაგრამ სამაგიეროდ მასში შედის a კოეფიციენტი, რომელიც მე-2 ცხრილში ამოიკითხება, მაინც საჭიროა ვიცოდეთ A -ს თუნდაც დაახლოებითი მნიშვნელობა. მიღებული ფორმულა, ამ მხრივ, უხერხულობას იწვევს. მიუხედავად ამისა ზოგჯერ საჭიროა ვერტიკალური სიჩქარეების ასეთი გზით განსაზღვრა, თუმცა ეს გზა მთლად სასურველი არ არის, მაგრამ აღნიშნული ფორმულით შეიძლება ჩვენი ამოცანის ამოხსნა, თუ მონახული იქნა a კოეფიციენტი. ჩვეულებრივ, a კოეფიციენტს იღებენ მუდმივ სიდიდედ, რომელიც მე-2 ცხრილიდან მოიხსნება (ამ ამოცანის ამოხსნისათვის ისარგებლეთ $a=33,0$ მნიშვნელობით).

86. გამოითვალეთ ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) $\gamma_{0,760} = 140$ გ/მ³, $C = 200$ სმ, $q = 46$ გ, $t = 12^\circ C$, $p = 755$ მმ Hg;

ბ) $\gamma_{0,760} = 200$ გ/მ³, $C = 200$ სმ, $q = 46$ გ, $t = 35^\circ C$, $p = 740$ მმ Hg;

87. გამოითვალეთ ბირთვ-პილოტის დიდი წრეხაზის სიგრძე C სტანდარტული სიჩქარის $W = 200$ მ/წთ შესაბამისად შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) $\gamma_{0,760} = 130$ გ/მ³, $q = 55$ გ, $t = 20^\circ C$, $p = 760$ მმ Hg;

ბ) $\gamma_{0,760} = 190$ გ/მ³, $q = 70$ გ, $t = -20^\circ C$, $p = 765$ მმ Hg;

გ) $\gamma_{0,760} = 110$ გ/მ³, $q = 70$ გ, $t = -20^\circ C$, $p = 765$ მმ Hg.

მითითება. ისარგებლეთ მხოლოდ ცხრილებით.

ერთი პუნქტიდან წარმოებულ ბირთვ-პილოტურ
დაკვირვებათა პირველადი დამუშავება

§ 12. ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა საფუძვლები

ატმოსფეროს მაღალ ფენებში ჰაერის მოძრაობის (მიმართულებისა და სიჩქარის) განსაზღვრისათვის აეროლოგიაში მიმართავენ ორ ძირითად მეთოდს: 1. ბირთვ-პილოტურ მეთოდსა და 2. რადიოპილოტურ მეთოდს.

როგორც ერთი, ისე მეორე მეთოდით ცდილობენ განსაზღვრონ ბირთვ-პილოტის სივრცითი კოორდინატები, ე. ი. მისი სიმაღლე, აზიმუტი და ვერტიკალური კუთხე. ქვემოთ მოყვანილია მე-12 ცხრილი იმ ელემენტებისა, რომლებიც გაიგება ამა თუ იმ მეთოდის გამოყენების დროს.

ც ხ რ ი ლ ი 12

აეროლოგიური კვლევის მეთოდები

მეთოდები	სიმაღლე	აზიმუტი	ვერტიკალური კუთხე	ირიბი სი- შორე
I. ბირთვ-პილოტური მეთოდი:				
1. ერთპუნქტიანი დაკვირვებები	—	+	+	—
2. საბაზისო დაკვირვებები	—	+	+	—
II. რადიო-პილოტური მეთოდი:				
1. რადიოლოკაცია:				
ა) რადიოპილოტი	—	+	+	—
ბ) რადიოზონდი	+	+	+	—
2. რადიოპელენგატორი	+	+	+	—

თუ ავიღებთ სივრცით კოორდინატა XYZ სისტემას (ნახ. 11), მაშინ ყოველი P წერტილის x , y , z კოორდინატები, როგორც ცნობილია, ასე განისაზღვრება:

$$\left. \begin{aligned} x &= r \cos \delta \cos \alpha, \\ y &= r \cos \delta \sin \alpha, \\ z &= r \sin \delta, \end{aligned} \right\} \quad (2.01)$$

სადაც r არის P წერტილის რადიუს-ვექტორის სიგრძე კოორდინატა O სათავიდან, α — კუთხე, რომელსაც შეადგენს $\overline{OP}$ -ს პროექცია XY

სიბრტყეზე X ღერძთან, ხოლო δ — არის ვერტიკალური კუთხე აღნიშნულ პროექციასა და $\overline{OP}$ მიმართულებას შორის.

r -ის მნიშვნელობა, მიღებული z -ის გამოსახულებიდან, შევიტანოთ x და y გამოსახულებებში, მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} x &= z \operatorname{ctg} \delta \cdot \cos \alpha, \\ y &= z \operatorname{ctg} \delta \cdot \sin \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (2.02)$$

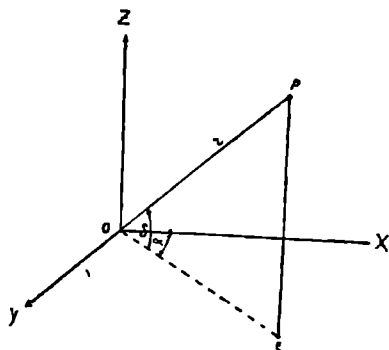
ამ ფორმულაში z სიმაღლე რომ ცნობილი იყოს, მაშინ x და y , ე. ი. ბირთვ-პილოტის პროექცია, პორიზონტალურ სიბრტყეზე ადვილად გაიგებოდა. ერთი პუნქტიდან წარმოებული დაკვირვებებში ბირთვ-პილოტის სიმაღლე z ან ცნობილად ითვლება, ანდა გამოითვლება სხვა ხერხით, რომელიც ბირთვ-პილოტის ვერტიკალურ სიჩქარესთან არის დაკავშირებული, ხოლო საბაზისო დაკვირვებების გზით შესაძლებელი ხდება სიმაღლის ზუსტი განსაზღვრა ტრიგონომეტრიული წესების გამოყენებით.

რადგან x , y , z კოორდინატები t დროის ფუნქციებია, შეგვიძლია (2.02) გამოსახულებებიდან მივიღოთ წარმოებულები:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= -\frac{z}{\sin^2 \delta} \cos \alpha \cdot \frac{d\delta}{dt} - z \operatorname{ctg} \delta \cdot \sin \alpha \cdot \frac{d\alpha}{dt} + \\ &\quad + \operatorname{ctg} \delta \cdot \cos \alpha \cdot \frac{dz}{dt}, \\ \frac{dy}{dt} &= -\frac{z}{\sin^2 \delta} \sin \alpha \cdot \frac{d\delta}{dt} + z \operatorname{ctg} \delta \cdot \cos \alpha \cdot \frac{d\alpha}{dt} + \\ &\quad + \operatorname{ctg} \delta \cdot \sin \alpha \cdot \frac{dz}{dt}, \end{aligned} \right\} \quad (2.03)$$

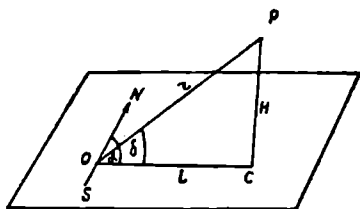
რომლებიც P წერტილის სიჩქარის კომპონენტებს წარმოადგენენ x და y ღერძების გასწვრივ.

რადგან α და δ კუთხეები თეოდოლიტით გაიზომება, $\frac{d\delta}{dt}$ და $\frac{d\alpha}{dt}$ შეიძლება შეიცვალოს $\frac{\Delta \delta}{\Delta t}$ და $\frac{\Delta \alpha}{\Delta t}$ სასრული სხვაობებით. $\frac{dx}{dt}$



ნახ. 11. ბირთვ-პილოტის კოორდინატები.

და $\frac{dy}{dt}$ სიდიდეთა მონახვა შეიძლება, თუ $\frac{dz}{dt}$ რაიმე სხვა გზით იქნება მონახული. მაგრამ ქარის სიჩქარეთა $\frac{dx}{dt}$ და $\frac{dy}{dt}$ მდგენლების ასეთი გზით მონახვა ძნელია, ამიტომ მიმართავენ უფრო მარტივ და



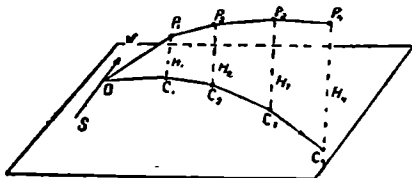
ნახ. 12. NS ხაზი და ბირთვ-პილოტი P წერტილში.

იოლ გზას მათ გამოსათვლელად.

ეს გზა მდგომარეობს შემდეგში: აიღებენ პორიზონტალურ სიბრტყეზე P წერტილის C პროექციას (ნახ. 12), გაავლებენ სიბრტყეზე ჩრდილოეთ-სამხრეთის ხაზს (NS) და მოზომავენ ამ ხაზიდან α კუთხეს, რომელსაც P წერტილის აზიმუტი ეწოდება. რადგან დაკვირვების დასაწყისში ბირთვ-პი-

ლოტი O წერტილში იმყოფებოდა და გაშვების შემდეგ რამდენიმე t წუთში P წერტილში იქნა გადატანილი, ამიტომ $\overline{OP} = r$ იქნება ბირთვ-პილოტის დაშორება O წერტილიდან დახრილი მიმართულებით; მას θ რიბ დაშორებას უწოდებენ. θ კუთხეს, რომელსაც ეს მიმართულება შეადგენს OC ხაზთან, ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური კუთხე ეწოდება.

თუ ბირთვ-პილოტის სივრცით მდგომარეობას დავაკვირდებით, თითო წუთის შემდეგ მივიღებთ თანამიმდევრობით წერტილებს $P_1, P_2, P_3, P_4, \dots$, რომელთა პროექციები პორიზონტალურ სიბრტყეზე იქნება $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots$ წერტილები (ნახ. 13).



ნახ. 13. ბირთვ-პილოტის პროექციები პორიზონტალურ სიბრტყეზე.

P_i წერტილთა C_i პროექციები შეადგენს პორიზონტალურ სიბრტყეზე ტეხილ მრუდს $OC_1C_2C_3\dots$, რომლის ყოველი ცალკეული მონაკვეთი $C_{i-1}C_i$ წარმოადგენს იმ მანძილს, რომელიც გაიარა ბირთვ-პილოტის პროექციამ პორიზონტალურ სიბრტყეზე; სახელდობრ: $\overline{OC_1}, \overline{C_1C_2}, \dots$ მონაკვეთები გავლილია მის მიერ თითო წუთის განმავლობაში. ე. ი. მაშინ, როცა ბირთვ-პილოტი იმყოფებოდა $(OH_1), (H_1H_2), (H_2H_3), \dots$ ფენებში. აღნიშნული მონაკვეთების გაზომვა მოგვცემს ბირთვ-პილოტის მოძრაობის სიჩქარეს მ/წთ-ობით ან კმ/სთ-ობით,

ხოლო თვით ქარის მიმართულებას მივიღებთ იმ კუთხის მოზომვით, რომელსაც აღნიშნული მონაკვეთები NS ხაზთან შეადგენს. ამგვარად, ჩვენ მივიღებთ ქარის მიმართულებასა და სიჩქარეს ფენობრივად და ამისდა მიხედვით მათ მიაკუთვნებენ აღნიშნული ფენების შუა, ე. ი.

$$\frac{H_i + H_{i+1}}{2} \text{ სიმაღლეს, რომელიც } (H_i, H_{i+1}) \text{ ფენის შუა წერტილით}$$

განისაზღვრება.

თუ ცნობილია ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე W , მაშინ მისი სიმაღლე იქნება:

$$H = Wt, \quad (2.04)$$

სადაც t არის წუთების რიცხვი გაშვების მომენტიდან.

§ 18. ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა დამუშავების წესები.

მოლჩანოვის წყა.

როგორც უკვე ვიცით, ბირთვ-პილოტის სიმაღლე გამოითვლება (2.04) ფორმულით. ერთი წერტილიდან წარმოებული დაკვირვებების დროს ვერტიკალური სიჩქარე W ითვლება მუდმივად.

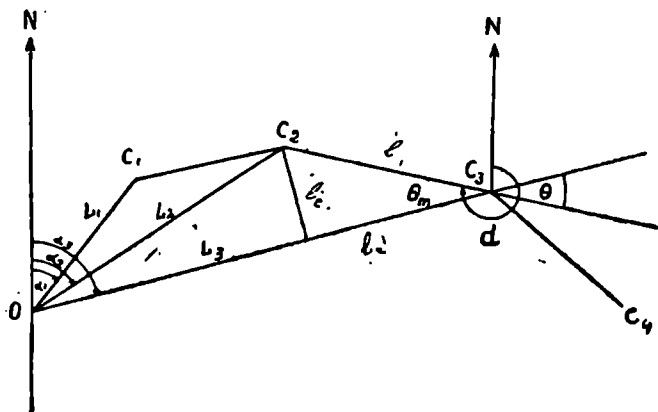
თუ რამდენად მართებულია ეს დაშვება, ამას შევეხებით შემდეგში, ამჟამად კი მივიღოთ იგი როგორც მუდმივი სიდიდე. დაკვირვების დროს ბირთვ-პილოტის სივრცითი მდებარეობის გასაგებად როგორც უკვე ვიცით, საჭიროა ვიცოდეთ მისი აზიმუტი და ვერტიკალური კუთხე. ორივე ეს სიდიდე თეოდოლიტის შემწვობით აითვლება გაშვების მომენტიდან დროის გარკვეული შუალედების გავლისთანავე. მაშასადამე, აღნიშნული სამი სიდიდე: სიმაღლე H , აზიმუტი α და ვერტიკალური კუთხე δ საშუალებას გვაძლევს ვიცოდეთ ბირთვ-პილოტის სივრცითი მდებარეობა და მისი ტრაექტორია. აღნიშნული სამი სიდიდის შემწვობით ჩვენ შეგვიძლია ავაგოთ სივრცითი მოდელი ბირთვ-პილოტის მოძრაობის დასახასიათებლად. ასეთი გზა გამოთვლებისა მოუხერხებელია იმის გამო, რომ დაგვეჭირდება სივრცითი მოდელების აგება, ამიტომ მიმართავენ მოძრაობის დაგეგმილებას ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე. ამისათვის შეადგენენ მარტივ გრაფიკს, რომლის აგება არ არის ძნელი; მაგალითად, დაკვირვების (ნახ. 14) O წერტილზე გავავლოთ ჩრდილოეთის მიმართულების ხაზი (N) და $L_1, L_2, L_3, \dots$ სხივები, რომლებიც ამ მიმართულებასთან შეადგენენ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ კუთხეებს. ამ კუთხეებს აზიმუტები ეწოდება. $\overline{OC}_1, \overline{OC}_2, \overline{OC}_3, \dots$ არის ბირთვ-პილოტის ტრაექტორიის პროექციები $t_1, t_2, t_3, \dots$ მომენტებისათვის.

მაშასადამე, $C_1, C_2, C_3, \dots$ წერტილების მდებარეობა სიბრტყეზე შეგვიძლია ჩავთვალოთ ცნობილად, თუ დაკვირვებების შედეგად აღნიშნული მომენტისათვის გვეცოდინება α_i კუთხეები და L_i ($i=1, 2, 3, \dots$) მანძილები. ეს მანძილები შეგვიძლია გამოვითვალოთ

$$L_i = H_i \operatorname{ctg} \delta_i \quad (2.05)$$

ფორმულის შემწეობით, რაც ადვილი წარმოსადგენია მე-14 ნახაზის შემწეობით.

ამ ნახაზზე მოცემულია ბირთვ-პილოტის სივრცითი მდებარეობა გაშვებიდან t_1 მომენტისათვის. P წერტილი, რომელიც ბირთვ-პილო-



ნახ. 14. ბირთვ-პილოტის პორიზონტალური სიბრტყის პროექციები.

ტის სივრცით მდებარეობას გამოხატავს, დაშორებული იქნება O წერტილიდან L მანძილით, რომელიც უდრის

$$L = H \operatorname{ctg} \delta.$$

მას „ H “-ს ინდიქსს აღარ ვუწეროთ, რადგან იგი ზოგადია ყველა მომენტისათვის.

ბირთვ-პილოტის სივრცითს ტრაექტორიას პორიზონტალურ სიბრტყეზე შეესაბამება დაპროექტების შედეგად მიღებული ტრაექტორია $OC_1C_2C_3, \dots$, რომლის თითოეული მონაკვეთი $\overline{OC_1}, \overline{C_1C_2}, \overline{C_2C_3}, \dots$ საშუალებას გვაძლევს გამოვითვალოთ ქარის სიჩქარე და გავიგოთ მისი მიმართულება სათანადო სიმაღლეების $(O, H_1), (H_1, H_2), (H_2, H_3) \dots$ ფენებისათვის, დროის გავლილი შუალედების მიხედვით $t_1, t_2 - t_1, t_3 - t_2, \dots$ ამ გზით, რა თქმა უნდა, მივიღებთ ქარის გასაშუალოებულ

შიჩქარეს აღნიშნული ფენებისათვის, ხოლო მიღებული მიმართულება კი გამოხატავს ფენის საერთო მიმართულებას.

ასეთი გრაფიკის გარდა შეიძლება აგრეთვე მივმართოთ გამოთვლით ფორმულებს, რომლებიც მოცემული იყო ე. მ. მიხელის მიერ. ავიღოთ რომელიმე ფენა. მაგალითად, ფენა განსაზღვრული (H_3, H_3) სიმაღლეთა შორის, რომელთაც პორიზონტის სიბრტყეზე ტრაექტორიის C_2C_3 მონაკვეთი შეესაბამება (ნახ. 14). C_2 წერტილიდან L_3 სხივზე დაეუშვათ პერპენდიკულარი. ამით $l=C_2C_3$ მონაკვეთი დაიშლება ორ მდგენლად: ევრტიკალურ l_r და რადიალური— l_r მდგენლებად. ნახაზიდან ვხედავთ, რომ:

$$l_r = L_3 - L_2 \cos(\alpha_3 - \alpha_2), \quad (2.06)$$

$$l_t = L_2 \sin(\alpha_3 - \alpha_2). \quad (2.07)$$

$$l = \sqrt{l_r^2 + l_t^2} \text{ და } Q_m = \arctg\left(\frac{l_t}{l_r}\right). \quad (2.08)$$

განვსაზღვროთ d კუთხე, რომელსაც C_3 წერტილში ჩრდილოეთის მიმართულება შეადგენს $\overline{C_2C_3}$ მიმართულებასთან; ეს კუთხე იქნება

$$d = 180 + \Theta + \alpha_3, \quad (2.09)$$

რაც ნახაზიდან უშუალოდ ჩანს. ქარის სიჩქარე $\overline{C_2C_3}$ ხაზზე იქნება გავლილი გზა l გაყოფილი დროის $t_3 - t_2$ ინტერვალზე; რადგან $l_r = l \sin \Theta$, ამიტომ გვექნება

$$u = \frac{l_r}{\sin \Theta} \frac{1}{t_3 - t_2}. \quad (2.10)$$

ამგვარად, ქარის მიმართულება და სიჩქარე აღებული $\overline{C_2C_3}$ ფენაში განისაზღვრება (2.09) და (2.10) ფორმულებით, რომელთა გამოთვლა მოითხოვს L_2, L_3 დაშორებათა და α_2, α_3 აზიმუტთა ცოდნას.

არსებობს გრაფიკული მეთოდები, რომელთა შემწეობით ეს გამოთვლები უფრო მარტივად სრულდება. ჩვენ გავეცნობით აქ მხოლოდ ერთს, რომელიც უმარტივესია.

3. ა. მოლჩანოვის წრე. ბირთვ-პილოტური დაკვირვებათა და სამუშაოებლად ძირითად გრაფიკულ მეთოდად მიღებულია სპეციალური წრე, რომელიც პ. ა. მოლჩანოვმა შეიმუშავა. ეს წრე იძლევა ბირთვ-პილოტის პორიზონტალურ პროექციას მისი აზიმუტისა და პორიზონტალური დაშორების შემწეობით. წრე სამი ნაწილისაგან შეესდგება:

1. კვადრატული ფორმის 50×50 სმ² ზომის ხის პლანშეტისაგან, რომელზედაც დაწებებულია სათანადო დიაგრამა;

2. მბრუნავი ცელულოზის დისკო და

3. მოძრავი რადიალური გამკვირვალე სახაზავი (ცელულოზისა).

დისკოს სქემა შემცირებული ზომით მოცემულია ქვემოთ (ნახ. 15). იგი დაყოფილია გრადუსებად 0-დან 360-მდე; დისკოს ცენტრად იგულისხმება დაკვირვების ადგილი, საიდანაც მოიზომება აზიმუტების მიმართულება დისკოზე დატანილი გრადუსიანი დანაყოფების შენეობით. მოძებნილ მიმართულებაზე მოიძებნება პორიზონტალური დაშორების მანძილები. ამისათვის სარგებლობენ პლანშეტზე დახატული დიაგრამითა და მოძრავი სახაზავით.

დიაგრამის მარჯვენა ნახევრის ედა ნაწილი უკავია მრუდთა სისტემას: $L=H \sin \delta$, დატანილს გაორკეცებული მაშტაბით. აღნიშნული ოჯახის თითოეულ მრუდს აწერია რიცხვები: 5, 10, 15, 20, 30, ..., 80, 90. შეგადაშიგ სამუშაო დიაგრამაზე ჩართულია აგრეთვე სხვახაზებიც, რომლებიც იმავე მიმდევრობის ერთეულებს მიეკუთვნება (მოლჩანოვის წრეზე სიმარტივისათვის დახატულია მრუდები მხოლოდ 5-ისა და 10-ის ჯერადი რიცხვების შესაბამისად).

თითოეულ მრუდის ნომერი გამოხატავს L რიცხვს, ე. ი. ბირთვ-პილოტის პორიზონტალურ დაშორებას დაკვირვების წერტილიდან გარკვეული მასშტაბით; მაგალითად, მრუდი, რომელსაც რიცხვი 10 აწერია, ნიშნავს 1000 მ სიმაღლეზე მყოფი ბირთვ-პილოტის დაშორებას, გამოთვლას სხვადასხვა ვერტიკალური δ კუთხისათვის. ასევე აგებული ყველა დანარჩენი მრუდი, δ კუთხეთა ყველა მნიშვნელობისათვისა 0°-დან 90°-მდე. ამგვარად, თუ ვიცით ბირთვ-პილოტის H სიმაღლე და მისი α აზიმუტი, შეგვიძლია ავარჩიოთ აღნიშნული ოჯახიდან სათანადო მრუდი, რომელიც უნდა გადაკვეთოს მბრუნავმა სახაზავმა δ კუთხით გავლებულ ხაზზე. გადაკვეთის წერტილიდან დაშორება ცენტრამდე იქნება სწორედ L მანძილი.

მანძილების მასშტაბი ისეთივეა აღებული, როგორიც არის დიაგრამის მარცხენა მხარეს კვადრატების ქსელი. ამ ქსელში თითოეული კვადრატის გვერდი 2 მმ-ია და პირობით გამოხატავს 60 მ-ს.

ბირთვ-პილოტის სივრცითი მდებარეობის პორიზონტალურ პროექციითა დატანა მოლჩანოვის წრეზე შემდეგი მიმდევრობით ხდება:

1) წრის ცენტრზე გამავალი მოძრავი სახაზავის ნაპირი უნდა კვეთდეს დიაგრამას იმ დანაყოფზე, რომელიც შეესაბამება ვერტიკალურ δ კუთხეს.

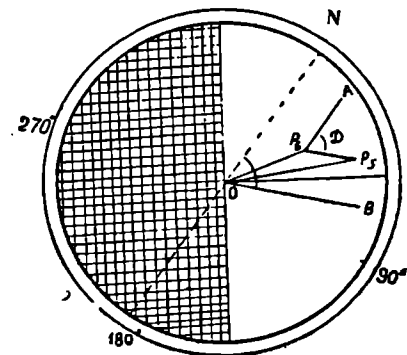
2) სტრუქტურულ სახაზავს უძრავად იმ ადგილას, სადაც მოინახა გადაკვეთის წერტილი ვერტიკალური კუთხის მიხედვით და მიუყენებენ მის ნაპირს მოძრავი დისკოს დანაყოფს პორიზონტალურ ლიმბზე ათვლილი კუთხის მიხედვით (აზიმუტს).

3) მონახვენ მოძრავ სახაზავსა და მანძილთა აღმნიშვნელ მრუდს შორის გადაკვეთის წერტილს, რომელიც მოცემული მომენტისათვის ბირთვ-პილოტის სიმაღლეს შეესაბამება. მოძებნილი წერტილი აღინიშნება ტუშით და გაუკეთდება სათანადო წუთის წარწერა.

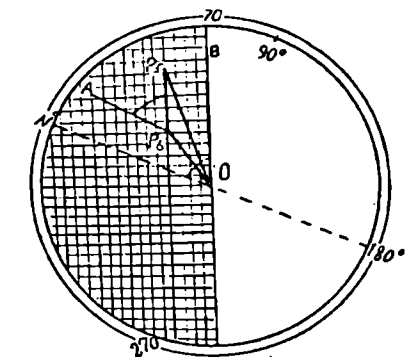
ამ წესით მოიძებნება ანთვლების მიხედვით ბირთვ-პილოტის სივრცითი მდებარეობის ყველა პროექცია; მაშასადამე, ეს წერტილები დაიტანება მოძრავ დისკოზე L მანძილებისა და აზიმუტების მიხედვით.

განვიხილოთ მაგალითისათვის ასეთი შემთხვევა: ვთქვათ, t_6 და t_8 წუთებს შორის ბირთვ-პილოტის პრაექცია პორაზონტალურ სიბრტყეზე — მოლჩანოვის მოძრავ წრეზე — P_6 და P_8 წერტილებით აღინიშნება (ნახ. 15). ადგილის მერიდიანის მდებარეობა ამ წრეზე აღნიშნული იქნება წრის დიამეტრით, რომელიც 0° -სა და 180° -ზე გაივლის.

ქარის სიჩქარის გაგება აღნიშნულ



ნახ. 15. ბირთვ-პილოტის ტრაექტორიის ნაწილ P_6, P_8 წერტილებს შორის.



ნახ. 16. წრეზე ქარის სიჩქარის მონახვის სქემა.

ფენაში, რომელსაც H_6 და H_8 სიმაღლეები შეესაბამება, შეიძლება შემდეგნაირად: მოვატრიალებთ მოძრავ წრეს ისე, რომ $\overline{P_6 P_8}$ ხაზი დაემთხვეს უძრავი დისკოს კვადრატებად დაყოფილ რომელიმე ხაზს (ნახ. 16), მაშინ მანძილი $\overline{P_6 P_8}$, ათვლილი ქსელის უჯრედთა რიცხვით, მოგვცემს ქარის სიჩქარეს მ/წმ-ობით.

მე-16 ნახაზზე მოცემულია მოძრავი დისკო მოტრიალების შემდეგ. აქ $\overline{P_6 P_8}$ ხაზი შეიცავს 6 უჯრედს, ამიტომ ქარის სიჩქარე არის 6 მ/წმ.

განესაზღვროთ ახლა ქარის მიმართულება.

მე-16 ნახაზიდან ჩანს, რომ ქარის მიმართულება განისაზღვრება

AP_5P_6 კუთხით, სადაც AP_6 არის P_6 წერტილის მერიდიანი. AP_5P_6 კუთხე ტოლია NOB კუთხისა, სადაც OB გავლებულია $\overline{P_5P_6}$ -ის პარალელურად. დისკოს მოტრიალების შემდეგ OB ხაზმა დაიკავა მერიდიანის ძველი მდებარეობა, ამიტომ B წერტილის პირდაპირ დისკოს დანაყოფის ათვლა მოგვცემს ქარის მიმართულებას, გამოხატულს გრადუსებით. B წერტილი მდებარეობს მოძრავი დისკოს დიამეტრზე, ამიტომ გრადუსთა რიცხვის ათვლა ხდება დიამეტრის იმ ბოლოს გასწვრივ, რომელზეც ბირთვ-პილოტის წინა (P_5) მდებარეობას შეესაბამება (საიდანაც წარმოებს მოძრაობა).

ზოგიერთ შემთხვევაში მოლჩანოვის წრით სარგებლობის დროს საჭირო ხდება მასშტაბის შეცვლა. ამ მიზნით, ჩვეულებრივად, აირჩევენ ახალ მასშტაბს ნორმალურ მასშტაბთან შედარებით რამდენჯერმე მეტს ან ნაკლებს მთელი რიცხვის ჯერადობით.

წარმოვიდგინოთ, რომ საჭირო შეიქნა მასშტაბის შემცირება 2-ჯერ. ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ბირთვ-პილოტის ხილვის სხივის პროექცია ორჯერ უნდა შემცირდეს ნორმალურ მასშტაბთან შედარებით. ამისათვის კვლავ მივმართავთ ჰორიზონტალური მანძილის ფორმულას: $L = H \operatorname{ctg} \delta$. თუ ამ ფორმულის H სიმაღლეს ორზე გავყოფთ, მაშინ ორზე უნდა გაიყოს აგრეთვე L მანძილიც. პირიქით, როცა გვიხდება მასშტაბის გადიდება, მაშინ L მრავლდება იმდენჯერვე, რამდენჯერაც H იყო გამრავლებული.

ყოველი უქანასკნელი წერტილი, რომლის წინ ესარგებლობდით გარკვეული სიდიდის მასშტაბით, უნდა იყოს აღნიშნული წარწერით (1/2), (1), (2) ან სხვა რიცხვებით. ამ წარწერების დანიშნულება ის არის, რომ ვიცოდეთ შეცვლილი მასშტაბის მოქმედების გავრცელება ნორმალურ მასშტაბთან შედარებით.

მასშტაბის შეცვლის შედეგად საჭირო ხდება კვადრატთა ქსელზე ათვლილი რიცხვი გამრავლდეს ან გაიყოს იმდენჯერვე, რამდენჯერაც შემცირდა ან გადიდდა შეცვლილი მასშტაბი ნორმალურთან შედარებით.

ქარის სიჩქარისა და მიმართულების განსაზღვრა მოლჩანოვის წრის დახმარებით. ზემოთ აღწერილი წესითა და მოლჩანოვის წრეზე დახაზული პროექციების შენეწობით ხდება ქარის სიჩქარისა და მიმართულების განსაზღვრა; მხოლოდ უნდა გვახსოვდეს, რომ წრეზე დატანის დროს საჭიროა ყურადღება მიექცეს თეოდოლიტის მილის გადავლას ზენიტზე. ამ შემთხვევაში ათვლილი ვერტიკალური კუთხის მაგიერ აიღება მისი დამატება 180° -მდე, ხოლო ჰორიზონტალური კუთხეს ემატება 180° , თუ ჰორიზონტალური კუთხის ანათვალი ნაკლებია 180° -ზე ან აკლდება 180° , როცა იგი 180° -ს აღემატება.

მაგალითი.

დაკვირვების მომენტები (წუთები)

ანათვლები

	α	δ
4	107°,3	163°,4
5	109°,7	187°,0
6	115°,2	172°,0

შესწორებული კუთხეები მოძრავ წრეზე დასატანად

α	δ
180°—107,3=72°,8	163,4+180=343°
180—109,7=70°,3	187,0—180=7°,0
180—115,2=64°,8	172,0+180=352°,0

ქვემოთ მოგვყავს ბირთვ-პილოტის სივრცით მდებარეობაზე ასეთი გზით შესწორებულ დაკვირვებათა ერთი სერია (ცხრ. 13). ზემოაღნიშნულის დასამახსოვრებლად საჭიროა ამ რიცხვების დატანა მოძრავ წრეზე და ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის განსაზღვრა ყველა მომენტისათვის.

გავეცნოთ ამ ცხრილს. დასაწყისიდან პირველი 8 წუთის განმავლობაში მასშტაბი გადიდებულია 2-ჯერ იმის გამო, რომ წრეზე წერტილები არ ყოფილიყო ძალიან ახლოს ერთმანეთთან. ამის შედეგად 0,5 წუთზე სიმაღლე აღებულია 200 და არა 100 მ, რომელიც სიმაღლეთა სვეტში წერია; ასეა მე-8 წუთამდე. მე-8 წუთზე 1600-ის მაგიერ აღებულია 3200 მ. 8—14 წუთებში აღებულია ნორმალური მასშტაბი, მხოლოდ აქ მე-8 წუთის შესაბამისი წერტილი მეორდება. რადგან წრეზე ეს წერტილები არ ეტევა, ამიტომ საჭირო გახდა მასშტაბის შეემცირება 2-ჯერ, ე. ი. გამრავლება 1/2-ზე. მე-14 წუთის შესაბამისი წერტილი კვლავ გამეორებულია.

როცა ყველა წერტილის დატანა მოთავებულია (ტუშით), შევუდგებით ქარის სიჩქარისა და მიმართულების განსაზღვრას. ქარის სიჩქარის ათვლის დროს არ უნდა დაგვავიწყდეს გამოყენებული მასშტაბი 2,1 ან 1/2, ე. ი. მიღებულ სიჩქარეს, რომელიც ნომოგრამის უჯრედთა რიცხვით გამოიხატება, ვყოფთ ან ვამრავლებთ ორზე; მაგალითად, ქვემოთ მოცემული ცხრილის პირველი 0,5 წუთისათვის გვექნება 7 უჯრედი; ეს რიცხვი უნდა გამრავლდეს 2-ზე, რადგან წერტილი დატანილია 0,5 წუთის შემდეგ, და იმავე დროს გაიყოს ორზე; რადგან მასშტაბი ამ ადგილას იყო გაორკეცებული, ე. ი. გვექნება $7 \cdot 2 \cdot 1/2 = 7$ მ/წმ.

ამ პასუხის მისაღებად, როგორც უკვე ნათქვამი გვქონდა, საჭიროა 0—0,5 ხაზის დაყენება კვადრატთა ქსელის რომელიმე ხაზის პარალელურად. ამ შემთხვევაში ეს ხაზი წრის ცენტრზე გაივლის.

დაკვირვებათა ხანობუშო სერია

წლები	კუთხეები		სიმაღლე დედამიწიდან	მწმ/მ	სიმაღლე		ქარი	
	α	δ					მიმართულება	სიჩქარე მწმ/მ
	გასწორებული	ანათვალის			დედამიწიდან	ზღვის დონიდან		
0,5	314,1	27,4	100	200	50	260	131	7
0,0	315,0	22,6	200	—	150	260	136	9
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	321,0	22,9	400	—	300	510	146	8
2,5	321,1	23,4	500	—	450	660	142	7
3,0	323,2	23,9	600	—	550	750	155	7
4,0	320,4	24,9	800	—	700	910	131	6
5,0	318,7	26,3	1000	—	900	1110	129	5
6,0	319,2	27,0	1200	—	1100	1310	141	5
7,0	დაიწერა First-ით			—	Fr st		—	—
8,0	323,0	29,5	1600	—	1400	1610	161	5
9,0	325,4	29,0	1800	—	1700	1910	163	7
10,0	327,5	28,2	2000	—	1900	2110	161	9
11,0	329,1	27,1	—	—	—	—	—	—
12,0	330,6	26,0	2400	—	2200	2410	161	10
13,0	333,3	25,1	—	—	—	—	—	—
14,0	336,8	24,2	2800	—	2600	2810	177	12
15,0	339,1	23,4	—	—	—	—	—	—
16,0	342,1	22,7	3200	—	—	—	—	—
17,0	344,4	22,1	—	—	—	—	—	—
18,0	347,0	21,6	3600	—	3400	3610	191	14
19,0	348,0	21,0	—	—	—	—	—	—
20,0	350,8	20,5	4000	—	3800	4010	190	15
21,0	19 წთ და 48 წმ-ზე დაინისლა			—	Acu		—	—
22,0	20 წთ და 05 წმ-ზე დაიშალა			—	—	—	—	—

ასეთივე გზით პირველ და მეორე წუთებს შორის სიჩქარე აღმოჩნდება $16 \cdot \frac{1}{2} = 8$ მ/წმ და 2-ზე გამრავლება არ არის საჭირო, რად-

გან წერტილები დატანილია პირველი წუთის შემდეგ.

ქარის მიმართულება 0,5 წუთზე იქნება 134° , რომელიც ამოიკითხება მოძრავი წრიდან უძრავი წრის იმ დიამეტრზე, საიდანაც უბერავს ქარი.

ასევე, 1—2 წუთზე მიმართულება აღმოჩნდება 136° და 146° შესაბამისად.

შენიშვნა. პირველი წერტილის დატანის სისწორე უნდა შემოწმდეს. ამისათვის სათანადო ანათვალს წრეზე აკლდება ან ემატება 180° . თუ დატანა სწორია, მაშინ მიმართულების გრადუსთა რაოდენობა უდრის აღნიშნულ სხვაობას ან ჯამს.

ამოცანა 88. აგეთ და დაამზადეთ მოლჩანოვის წრე, ამისათვის ისარგებლეთ შემდეგი მითითებებით:

1. აიღეთ სახაზავი ქაღალდი (ვატმანის), გადაჭიმეთ ის მკვერვად სახაზავ დაფაზე (ზომით 60×60 სმ).

2. გაავლეთ მართი სწორხაზოვანი კოორდინატა ღერძები დაფის გვერდების პარალელურად. კოორდინატთა სათავედ აიღეთ დაფის დიაგონალების ურთიერთგადაკვეთის წერტილი.

3. კოორდინატთა სათავიდან გაავლეთ ერთმანეთისაგან 20° -ით დაშორებული სხივები. თუ პირველ ასეთ სხივად ჩავთვლით OY ღერძის მიმართულებას, მაშინ შემდეგი სხივები იქნება δ ვერტიკალური კუთხის მიხედვით დანომრილი, ე. ი. $\delta = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ და 90° .

4. თითოეული სხივის განტოლება იქნება:

$$L = H \operatorname{ctg} \delta :$$

თუ δ მივცემთ ზემოაღნიშნულ კუთხეთა მნიშვნელობებს, მაშინ მივიღებთ H -სა და L -ს შორის წრფივ დამოკიდებულებას, ე. ი. თითოეულისათვის გვექნება შემდეგი სახის განტოლებები:

$$L_{10} = H \operatorname{ctg} 10^\circ, \quad L_{50} = H \operatorname{ctg} 50^\circ,$$

$$L_{20} = H \operatorname{ctg} 20^\circ, \quad L_{60} = H \operatorname{ctg} 60^\circ,$$

$$L_{30} = H \operatorname{ctg} 30^\circ, \quad L_{70} = H \operatorname{ctg} 70^\circ,$$

$$L_{40} = H \operatorname{ctg} 40^\circ, \quad L_{80} = H \operatorname{ctg} 80^\circ.$$

5. ამოიკითხეთ ცხრილებიდან ctg -ის ან $\operatorname{tg}(90^\circ - \delta)$ -ის რიცხვითი მნიშვნელობები და დაწერეთ აღნიშნული სხივების განტოლებები:

$$L_{10} = 5,671 \cdot H, \quad L_{30} = 0,8391 H,$$

$$L_{20} = 2,747 \cdot H, \quad L_{60} = 0,5774 H,$$

$$L_{30} = 1,732 H, \quad L_{70} = 0,3640 H,$$

$$L_{40} = 1,1918 H, \quad L_{80} = 0,1763 H.$$

6. აიღეთ ყველა სხივისათვის O წერტილიდან L მანძილის მოსაზომად ერთი და იგივე მასშტაბი.

ჩვეულებრივად ეს მასშტაბი აიღება ისეთი, რომ 1 მმ გამოხატავდეს 30 მ-ს, ე. ი. 30 მ/მმ.

7. რადგან სხივთა განტოლებები H -სა და L -ს აკავშირებს ხაზოვნურად, ამიტომ საკმარისია მოინახოს ერთი რომელიმე H -სათვის სათანადო წერტილები; მაგალითად, თუ ავიღებთ $H = 1000$ მ, მაშინ

აღნიშნული მასშტაბის მიხედვით ეს წერტილი იქნება დაშორებული O წერტილიდან (წრის ცენტრიდან)

$$L_{10} = \frac{5,671}{30} \cdot 1000 = 189,0 \text{ მმ} = 18,9 \text{ სმ}$$

მანძილით. O წერტილიდან მოიზომება მანძილი $18,9 \text{ სმ}$ $H=1000 \text{ მ}$ შესაბამისად ან მანძილი $9,45 \text{ სმ}$ $H=500 \text{ მ}$ შესაბამისად. რადგან ეს წერტილი უკვე მოძებნილია, $H=100; 200; 300$ და 400 -სათვის მანძილი O წერტილიდან დაიყოფა თანატოლ ნაწილებად. ასეთი 100 მ-იანი მონაკვეთების აღნიშვნა შეიძლება გაგრძელდეს მოძებნილი წერტილის მარჯვნივაც.

ამ წესით, მაგალითად, მოძებნოთ იმავე $H=1000$ მ-სათვის

$$L_{20} = \frac{2,747}{300} \cdot 1000 \text{ სმ} = 9,16 \text{ სმ}.$$

8. რადგან H -ის ზრდასთან ერთად L_H წერტილის მდებარეობა სათანადო სხივზე უფრო და უფრო უახლოვდება O წერტილს, უმჯობესია სანიშნო წერტილად აღებულ იქნეს უფრო დიდი რიცხვი; მაგალითად,

$$\text{გვაქვს } L_{\infty} = \frac{0,1763}{300} \cdot 2000 = 1,175 \text{ სმ}.$$

9. როდესაც სანიშნო წერტილებს ყველა სხივზე მოძებნით, შემდეგ მოვზომავთ თანატოლ მანძილებს და წავაწერთ ფანქრით სათანადო რიცხვებს.

10. სხივების დაყოფისა და წარწერის გაკეთების შემდეგ გავაყვლებთ (ხელით და სახაზავით ერთნაირი რიცხვებით აღნიშნულ წერტილებზე) მრუდს.

მრუდთა სიხშირე უნდა იყოს ისეთი, როგორც ეს ნაჩვენები გვექნადა მოლჩანოვის წრის აღწერის დროს. ამის შემდეგ საჭიროა მოძრავი წრის დაყოფა გრადუსებად და სახაზავის გამზადება.

§ 14. პირთი პუნქტიდან წარმოიშულ ბირთვ-პილოტურ დაპირებათა დამუშავების ანალიზური მეთოდი

წინა პარაგრაფის დასაწყისში ჩვენ გავაცანით მიხელის წესს, რომლის შემწეობით შეიძლება დამუშავდეს ერთი პუნქტიდან წარმოებულ ბირთვ-პილოტური დაკვირვებები. როგორც დავინახეთ, ეს წესი უმთავრესად გამოთვლითია.

ახლა გავცნოთ საერთო გამოთვლის, ანუ ანალიზურ წესს, რომლის ცოდნა აუცილებელია ზოგიერთი საკითხის გადაჭრის დროს.

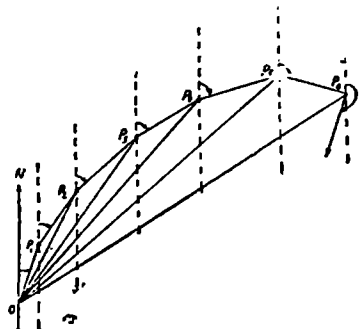
წარმოვიდგინოთ O წერტილი, საიდანაც აშვებულია ბირთვ-პილოტი. ვთქვათ, $P_1, P_2, P_3, \dots, P_8$ არის მისი სივრცითი მდებარეობის

პროექციები თითო წუთის შემდეგ, ხოლო $t=0$ —საწყისი მომენტი. თუ l აღნიშნავს ბირთვ-პილოტის მიერ ორ მეზობელ პროექციას შორის გავლილ მანძილს, მაშინ ქარის სიჩქარეა

$$v = -\frac{l}{60t} \text{ მ/წმ,}$$

სადაც t არის განვლილი წუთების რიცხვი (ამ შემთხვევაში ჩვენ ყველგან ვგულისხმობთ $t=1$ წთ-ს).

ცნობილია, რომ ქარის მიმართულების გასაგებად უნდა ამოვიკითხოთ გრადუსებით გამოხატული კუთხე, მოზომილი საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით N (ჩრდილოეთის) ხაზიდან. მე-17 ნახაზის ზემოაღნიშნულ $P_1, P_2, \dots$ წერტილებზე გავლებულია N -ის პარალელური წყვეტილი ხაზები და ასათვლელი კუთხეებიც ისრებიდანაა ნაჩვენები. ამ კუთხეებით განსაზღვრულ ქარს, აეროლოგიურ ქარს უწოდებენ. მისი შემწეობით განისაზღვრება გარკვეული სისქის ჰაერის ფენის გადანაცვლება. ფლიუგერითა და ანემომეტრებით განსაზღვრული სიჩქარე კი მხოლოდ ერთი წერტილისათვის არის დამახასიათებელი, სადაც ის არის აღმართული.



ნახ. 17. $P_1, P_2, \dots, P_6$ წერტილები სიბრტყეზე.

ავიღოთ ორი რომელიმე მეზობელი წერტილი, რომლებიც მე-18 ნახაზზეა მოცემული. ვთქვათ, ეს წერტილები არის P_{i-1} და P_i ($i=1, 2, 3, \dots$). P_{i-1} წერტილს შეესაბამება H_{i-1} სიმაღლე, ხოლო P_i წერტილს — H_i სიმაღლე. ამიტომ, საერთოდ, L_i მანძილებისათვის გვექნება იგივე ძირითადი დამოკიდებულება:

$$L_i = H_i \operatorname{ctg} \delta_i, \quad (2.11)$$

რომელიც ჩვენთვის უკვე ცნობილია.

განვიხილოთ $\triangle OP_{i-1}P_i$, სადაც $\overline{OP_{i-1}} = L_{i-1}$, $\overline{OP_i} = L_i$ და $\overline{P_{i-1}P_i} = l_i$. ცნობილია ამ სამკუთხედის ორი გვერდი L_{i-1} და L_i და კუთხე მათ შორის, რომელიც უდრის აზიმუტების სხვაობას, ე. ი.

$$\omega_i = \alpha_i - \alpha_{i-1}.$$

ამ სამკუთხედის დანარჩენი ორი კუთხეა

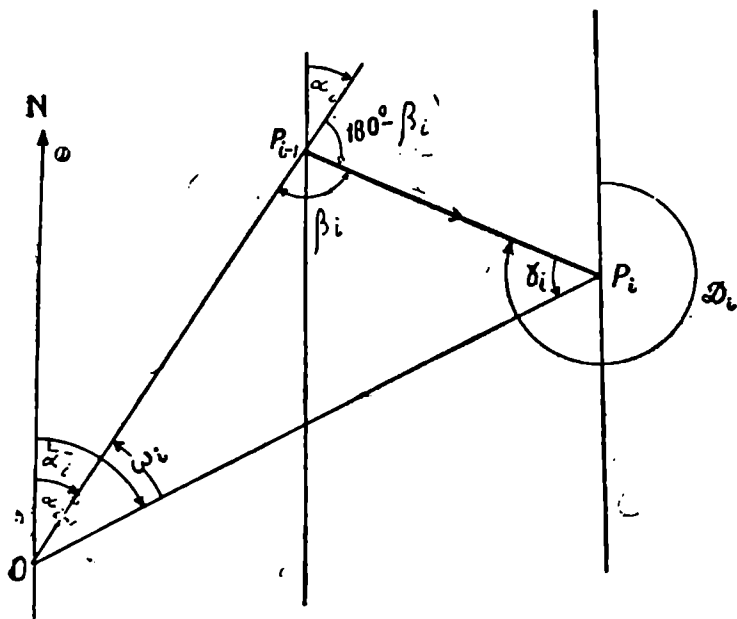
$$\angle OP_{i-1}P_i = \beta_i \text{ და } \angle OP_iP_{i-1} = \gamma_i.$$

$\triangle OP_{i-1}P_i$ -სათვის გამოვიყენოთ ტრიგონომეტრიიდან ცნობილი ფორმულა:

$$\frac{a-b}{a+b} = \frac{\operatorname{tg} \frac{A-B}{2}}{\operatorname{tg} \frac{A+B}{2}},$$

მივიღებთ:

$$\frac{L_i - L_{i-1}}{L_i + L_{i-1}} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta_i - \gamma_i}{2}}{\operatorname{ctg} \frac{\omega_i}{2}}. \quad (2.12)$$



ნახ. 18. ბირთვ-პილოტის ჰორიზონტალური პროექცია $P_{i-1}P_i$.

რადგან სამკუთხედის სამივე კუთხის ჯამი უდრის 180° , აღნიშნული ტოლობიდან მივიღებთ:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_i - \gamma_i}{2} = \frac{L_i - L_{i-1}}{L_i + L_{i-1}} \operatorname{ctg} \frac{\omega_i}{2}. \quad (2.13)$$

ამ ტოლობის მარჯვენა მხარეზე მდგომი ყველა ელემენტი ცნობილია, ამიტომ შეგვიძლია გავიგოთ კუთხე $\frac{\beta_i - \gamma_i}{2}$. ამავე დროს ჩვენ ვიცით, რომ

$$\frac{\beta_i + \gamma_i}{2} = 90^\circ - \frac{\omega_i}{2}.$$

რადგან ჯამი და სხვაობა ცნობილია, შეგვიძლია განვსაზღვროთ ჩვენთვის საჭირო სიდიდე β_i

$$\beta_i = 90^\circ - \frac{\omega_i}{2} + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{L_i - L_{i-1}}{L_i + L_{i-1}} \operatorname{ctg} \frac{\omega_i}{2} \right). \quad (2.14)$$

როცა ეს კუთხე გვეცოდინება, მაშინ გავიგებთ $\overline{P_{i-1}P_i} = l_i$ გვერდის სიგრძესაც. ამისათვის ვისარგებლებთ სინუსების შეფარდებით:

$$\frac{l_i}{\sin \omega_i} = \frac{L_i}{\sin \beta_i},$$

აქედან

$$l_i = L_i \frac{\sin \omega_i}{\sin \beta_i}. \quad (2.15)$$

ახლა უკვე შეგვიძლია გავიგოთ იმ ფენის დამახასიათებელი აეროლოგიური ქარის სიჩქარე, რომლის სიმაღლეებს აქვს პროექციები P_{i-1} და P_i . ეს სიჩქარე, თანახმად (2.11) განტოლებისა, იქნება:

$$v_i = \frac{l_i}{60 \cdot t}.$$

და ეს სიჩქარე მიეკუთვნება აღნიშნული ფენის საშუალო სიმაღლეს

$$H_i^* = \frac{H_{i-1} + H_i}{2}$$

აეროლოგიური ქარის მიმართულების გასაგებად უნდა ავიღოთ კუთხე:

$$\angle NP_{i-1}P_i = \alpha_{i-1} + (180^\circ - \beta_i).$$

ეს კუთხე მოგვცემს ქარის მიმართულებას „საითენ“; ჩვენ კი გვინდა ვიცოდეთ ქარის მიმართულება „საიდან“. ამიტომ აღნიშნულ კუთხეს

გამოაკლდება ან მიემატება 180° . აქ მაშასადამე, ორი შემთხვევა წარმოგიდგება:

1) როცა $\alpha_i > \alpha_{i-1}$, მაშინ

$$D_i = \alpha_{i-1} + (180^\circ - \beta_i) - 180^\circ = \alpha_{i-1} - \beta_i,$$

2) როცა $\alpha_i < \alpha_{i-1}$, მაშინ

$$D_i = \alpha_{i-1} - (180^\circ - \beta_i) + 180^\circ = \alpha_{i-1} + \beta_i.$$

ამგვარად, აეროლოგიური ქარის მიმართულების გასაგებად გვაქვს ორი წესი:

$$\text{როცა } \alpha_{i-1} > \alpha_i, \text{ მაშინ } D_i = \alpha_{i-1} - \beta_i. \quad (2.16)$$

$$\text{როცა } \alpha_{i-1} < \alpha_i, \text{ მაშინ } D_i = \alpha_{i-1} + \beta_i,$$

მაგალითები 1. მოცემულია $W=180$ მ/წთ. გამოთვალეთ ანალოგიური მეთოდით აეროლოგიური ქარის სიჩქარე და გაიგეთ მისი მიმართულება შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

წუთი	α_i	δ_i
$i=4$	$147^\circ, 3$	$38^\circ, 6$
$i=5$	$156^\circ, 3$	$27^\circ, 1$

ბირთვ-ბილოტის შესაბამისი სიმაღლეები იქნება:

$$H_4 = 4 \cdot W = 720 \text{ მ},$$

$$H_5 = 5 \cdot W = 900 \text{ მ}.$$

შემდეგ ვპოულობთ L_4 , L_5 მანძილებს, მათ სხვაობასა და ჯამს:

$$L_4 = H_4 \operatorname{ctg} \delta_4 = 720 \cdot \operatorname{ctg} 28^\circ, 6 = 1320, 6,$$

$$L_5 = H_5 \operatorname{ctg} \delta_5 = 900 \cdot \operatorname{ctg} 27^\circ, 1 = 1758, 7,$$

$$L_5 - L_4 = 438, 1,$$

$$L_5 + L_4 = 3079, 3.$$

ახლა საჭიროა მივმართოთ (2.13) ფორმულას; ამისათვის გამოვთვლით კუთხეს $\alpha_5 - \alpha_4 = \alpha_5 = 9^\circ, 0$; მაშასადამე,

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_5 - \gamma_5}{2} = \frac{438, 1}{3079, 3} \operatorname{ctg} 4^\circ, 5,$$

აქედან გვექნება

$$\frac{\beta_5 - \gamma_5}{2} = 61^\circ.$$

დაცირებება და მუშავების სანიმუშო ცხრილი ($W=180$ მ/წთ)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
i	α	δ	H	$\lg H$	$\lg \operatorname{ctg} \delta$	$\lg L$	L	$L_{i-1}+L_i$	$L_{i-1}-L_i$	ω_i	$\frac{1}{2}\omega_i$	$\lg \operatorname{ctg} \frac{\omega_i}{2}$	$\lg (9)$
1	116,2	36,3	180	2,25527	0,13397	2,38924	245,1	—	321,5	5,2	2,6	—	—
2	121,4	32,4	360	2,55630	0,19749	2,75379	566,6	811,7	365	14,4	7,2	1,35991	2,90940
3	135,8	30,1	540	2,73238	0,23681	2,96920	931,6	1498,2	389	11,5	5,7	0,89850	3,17557
4	147,3	28,6	720	2,85733	0,26343	3,12076	1321	2253	438	9,0	4,5	0,90321	3,35276
5	156,3	27,1	900	2,95424	0,29096	3,24520	1759	3080	919	7,5	3,8	1,10402	3,48855
7	148,8	25,2	1260	3,10037	0,32738	3,42775	2678	4437	1365	12,5	6,3	1,17770	3,64709
10	136,3	24,0	1800	3,25527	0,35142	3,60669	4043	6721	1555	8,4	4,2	0,95703	3,82743
12	127,9	21,1	2160	3,33445	0,41356	3,74801	5598	9641	—	—	—	8,13409	3,98412

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$\lg (10)$	$\lg \operatorname{tg} \frac{\beta_i - \gamma_i}{2}$	$\frac{\beta_i - \gamma_i}{2}$	$\frac{\beta_i + \gamma_i}{2}$	β_i	$\lg \sin \beta_i$	$\lg \sin \omega_i$	$\lg l_i$	l_i	v	D	H^*
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,50718	0,95769	83,7	87,4	171,1	1,18952	2,95728	2,52155	332,3	4,09	296,2	90
2,56229	0,28522	62,6	82,8	145,4	1,75423	2,39566	2,61063	408,0	5,54	305,1	270
2,58995	0,23040	59,5	84,2	143,7	1,77223	2,29966	2,64809	444,7	6,80	336,1	450
2,64147	0,25694	61,0	85,5	146,5	1,74189	2,19433	2,69764	498,5	7,41	352,1	630
2,96332	0,49393	72,2	86,2	158,4	1,56599	2,11570	2,97746	949,4	8,31	360,8	810
3,13513	0,26473	61,5	83,7	145,2	1,75642	2,33534	3,18561	1534,3	7,91	314,7	1080
3,19173	0,34170	65,5	85,8	151,3	1,68114	2,16160	3,23147	1704,0	8,52	194,0	1530
									14,2	287,6	1980

იმევე დროს მათი ჯამი

$$\frac{\beta_5 + \gamma_5}{2} = 146^{\circ},5;$$

გაშასაღამე, $\beta_5 = 146^{\circ},5$.

ახლა (2.15) ფორმულიდან გვექნება

$$l_5 = L_5 \frac{\sin \omega_5}{\sin \beta_5} = 498,5 \text{ მ};$$

მაშასაღამე, აეროლოგიური ქარის სიჩქარე

$$v = \frac{498,5}{60,1} = 8,31 \text{ მ/წმ},$$

ხოლო მიპართულება კი, რადგან $\alpha_5 > \alpha_4$, იქნება

$$D_5 = \alpha_4 - \alpha_5 = 147^{\circ},3 - 146^{\circ},5 = 0^{\circ},8.$$

ამგვარად, ჩვენ მივიღეთ ქარის მიმართულება და სიჩქარე, რომლებითაც ხა-სიათდება ჯაერის ფენის მოძრაობა მე-4 და მე-5 წუთებს შორის.

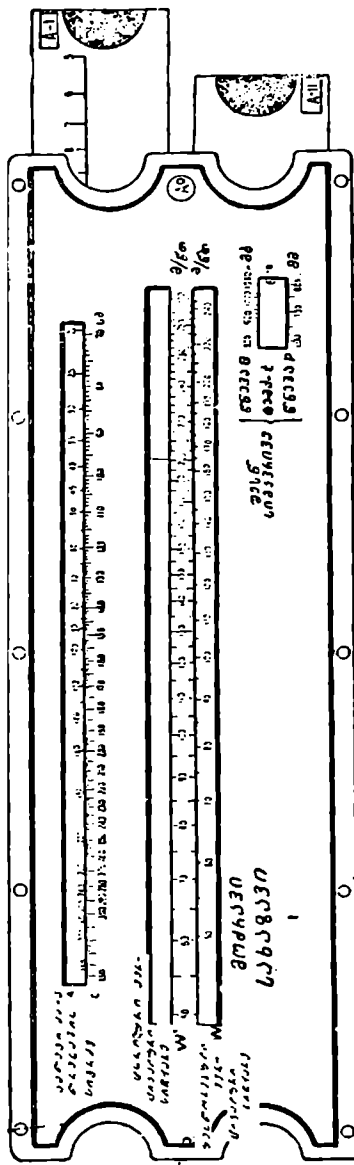
ეს ცნობები მიეკუთვნება ამ ფენის საშუალო სიმაღლეს

$$H_5^* = \frac{720 + 900}{2} = 810 \text{ მ}.$$

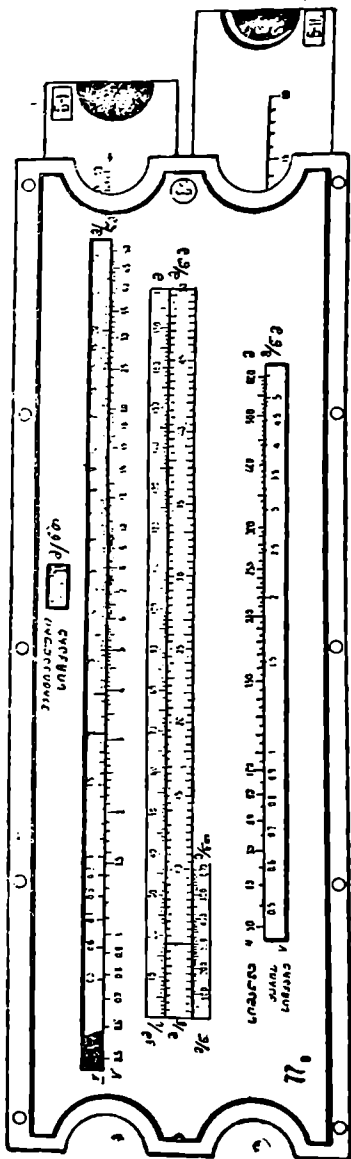
ზემოთ მოყვანილი მაგალითის ყველა გამოთვლილი ოპერაციის თანამიმდევრობით საწარმოებლად საჭიროა სათანადო ცხრილის სახით მათი წარმოდგენა. ამ მიზნით ნიმუშად სხვა მაგალითი მოგვყავს.

2. ზემოთ მოყვანილ მე-14 ცხრილში მოცემულია დაკვირვებები, სადაც იგუ-ლისხმება $W = 180$ მ/წთ. საჭიროა ყველა ნაჩვენები მოქმედების შესრულება, რომ-ლებიც დანოშრილია 1-დან 26-მდე; აქედან მხოლოდ 1-ლი, მე-2 და მე-3 სვეტები შევსებულია უშუალო დაკვირვებების მიხედვით. დანარჩენი სვეტები უნდა გამოი-თვალოს ლოგარითმული ცხრილების დახმარებით.

ა) აეროლოგიური სახაზავი. ბირთვ-პილოტის ვერტიკალურ სიჩქა-რეთა გამოსათვლელად იხმარება სპეციალური აეროლოგიური სახაზა-ვი. ამ სახაზავის წინა გვერდი მოცემულია მე-19 ნახაზზე. ზემო-ქრილში ორი სკალა უპირისპირდება ერთმანეთს: ზედა (მოძრავი), თავისუფალი ამწევი ძალისათვის (A), და ქვედა (უძრავი) დიდი წრე-ხაზის სიგრძისათვის C (70 სმ-დან 350 სმ-მდე). A სკალას აქვს ინდექ-სი, რომელიც ქვედა ჭრილში ვერტიკალურ სიჩქარეთა სკალის გასწვ-რივ გადაინაცვლებს. სკალის სასურველ დანაყოფს დაუპირისპირებენ უძრავად მყოფ C სკალის დანაყოფს, მაშინ ინდექსი უჩვენებს W_T სა-თანადო დანაყოფს. ამის შემდეგ ზედა მოძრავ სკალას ისე წასწევენ, რომ სასურველი წნევის პირდაპირ დადგეს ტემპერატურის მოცემუ-ლი დანაყოფი. ამით W_T სკალაზე ინდექსით მოძებნილი დანაყოფის



ნახ. 19. პერსონალური საზომი (1 მეტრი).



ნახ. 20. პერსონალური საზომი (2 მეტრი).

ქვეშ ამოვიკითხავთ W გასწორებულ რიცხვით მნიშვნელობას, რადგან მისი დანაყოფები ქვედა მოძრავ სახაზეზეა დატანილი.

მაგალითები: 1. მოცემულია: $C=170$ სმ, $A=60$ გ, $t=0^{\circ}$ და $p=750$ მმ Hg.

ვაყენებთ ჭერ ზედა მოძრავი სკალის $A=60$ გ დანაყოფს C სკალის 170 დანაყოფის პირისპირ. მაშინ ამ სკალის ინდექსი მოგვცემს $W_T=142$ მ/წთ. ამის შემდეგ დავაყენებთ ქვედა მოძრავ სკალას ისე, რომ $t=0^{\circ}C$ დანაყოფი აღმოჩნდეს წნევის $p=750$ მმ Hg დანაყოფის პირისპირ (ან მილიბარების სკალის სათანადო დანაყოფის—1000 მმ წინ) და ამოვიკითხავთ პასუხს $W=137$ მ/წთ, რომელიც აღმოჩნდება ზედა უძრავ სკალაზე მოძებნილ $W_T=142$ მ/წთ-ის დანაყოფის პირისპირ.

2. მოცემულია: $C=200$ სმ, $A=70$ გ, $t=10^{\circ}C$ და $p=600$ მმ Hg.

აღნიშნული წნეის გაორყენებით ელმულობით ჭერ $W_T=130$ მ/წთი და შემდეგ შესწორებულ სიდიდეს:

$$W=188 \text{ მ/წთ.}$$

3. მოცემულია: $C=150$ სმ, $A=80$ გ, $t=0^{\circ}C$ და $p=900$ მმ Hg. მივიღებთ $W_T=187$ მ/წთ და $W=189$ მ/წთ.

ბირთვ-პილოტის ნამდვილი ვერტიკალური სიჩქარის მიხედვით ქარის სიჩქარის მისაღებად სახაზავის უკანა მხარის (B) ზედა ნაწილში (ნახ. 20) მოცემულია კრილი გაანგარიშებული სტანდარტულ-ვერტიკალური სიჩქარის 200 მ/წთ-ის მიხედვით. მისი გამოყენება შემდეგნაირად ხდება:

1. გასწვევენ ზედა სახაზავს, ისე, რომ ზედა მცირე ფანჯარაში სანიშნო ხაზის წინ გამოჩნდეს ბირთვ-პილოტის მოძებნილი ვერტიკალური სიჩქარე.

2. ამოკრილი გრძელი სკალის ქვედა კიდეზე (სკალაზე წარწერით v') მონახავენ იმ დანაყოფს, რომელიც კარტოგრაფით მოძებნილ ქარის სიჩქარეს შეესაბამება.

3. მოსაძებნი რიცხვი ამოვიკითხება იმავე მოძრავ „ v “ სკალაზე მოპოვებული დანაყოფის პირისპირ.

მაგალითი. ვთქვათ, მოძებნილი ვერტიკალური სიჩქარე არის $W=100$ მ/წთ, ხოლო კარტოგრაფით გაზომილი სიჩქარე კი $v'=20$ მ/წმ; მაშინ აღნიშნული წნეების გამოყენებით „ v “ სკალაზე ამოვიკითხავთ ქარის ნამდვილ სიჩქარეს $V=10$ მ/წმ.

სახაზავის ახვევ გავრღზე, შუაში, მოცემულია უძრავი ორგვარი დანაყოფი ერთმანეთის პირისპირ: მ/წმ-ისა და კმ/სთ-ის ურთიერთგადასაყვანად; მაგალითად, თუ გვაქვს $V=20$ მ/წმ-ობით, მაშინ იგივე სიჩქარე მეორე სკალაზე გადაითვლება 72 კმ/სთ-ობით.

სახაზავის ქვედა ნაწილში მოცემულია მოძრავი სკალა, რომლის შემწეობით მოინახება ფენის შუა სიმაღლის ქარის სიჩქარე (მ/წმ-

ობით), თუ ცნობილია ასეთივე სიჩქარეები ფენის ქვედა და ზედა სიმაღლეებზე. ამისათვის საჭიროა:

1. მოინახოს სიმაღლეთა სხვაობა $H_i - H_{i-1}$, სათანადო სიმაღლეებზე ცნობილია ქარის სიჩქარე V_i და V_{i-1} ;

2. „ H “ სკალაზე ავიღოთ ის დანაყოფი, რომელიც წინა პუნქტით მოძებნილ სიმაღლეთა სხვაობას შეესაბამება;

3. ავიღოთ ქარის სიჩქარეთა სხვაობა $V_i - V_{i-1}$;

4. დავაყენოთ მოძრავი სახაზავი ისე, რომ „ V “ სკალის მე-3 პუნქტში მოძებნილი დანაყოფი დაეუპირისპიროთ პირველ პუნქტში მოძებნილ სიმაღლეთა სხვაობის დანაყოფს;

5. ავიღოთ სხვაობა საჭირო სიმაღლესა და მოცემულ უმცირეს სიმაღლეს შორის;

6. „ H “ სკალის პირდაპირ მე-5 პუნქტით მოძებნილი სხვაობის აღმნიშვნელი დანაყოფის წინ „ V “ სკალაზე ამოვიკითხოთ ქარის სიჩქარე;

7. მოძებნილ სიჩქარეს წავუმატოთ უმცირესი სიმაღლის ქარის სიჩქარე. მათი ჯამი იქნება სწორედ საძიებელი სიჩქარე.

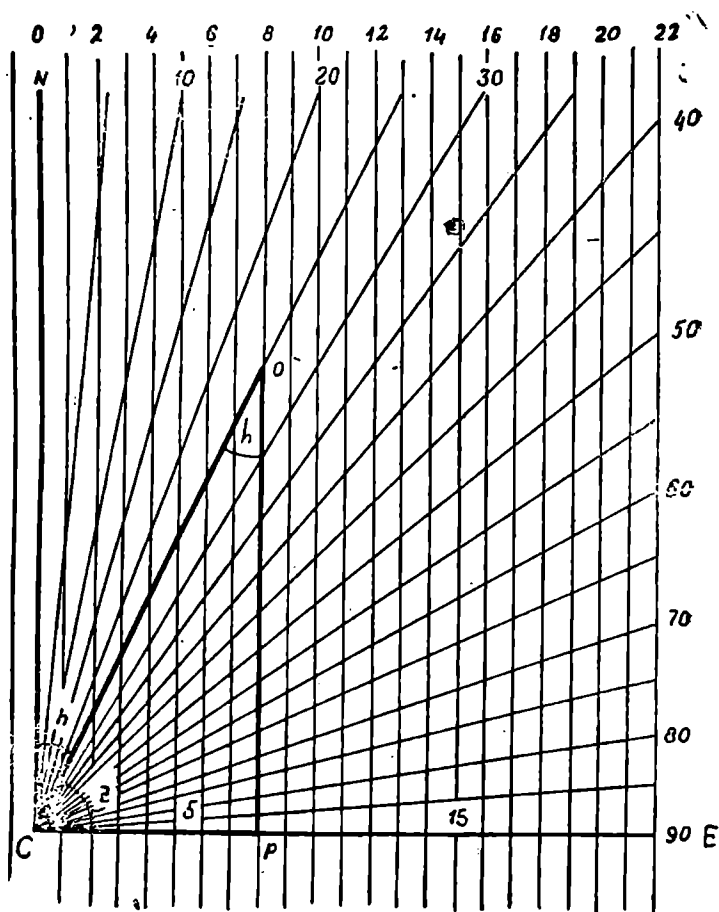
ამაგალითი. მოცემულია: 900 მ სიმაღლეზე ქარის სიჩქარე 11 მ/წმ და 1200 მ სიმაღლეზე—17 მ/წმ.

მოინახოთ ქარის სიჩქარე აღნიშნულ სიმაღლეთა შორის—1000 მ სიმაღლეზე: 1. სიმაღლეთა სხვაობა $= 1200 - 900 = 300$ მ; 2. სიჩქარეთა სხვაობა $= 17 - 11 = 6$ მ/წმ; 3. სხვაობა მოცემულ (1000) და უმცირეს (900) სიმაღლეთა შორის $= 1000 - 900 = 100$ მ; 4. „ V “ სკალის დანაყოფს 6 და „ H “ სკალის დანაყოფს 300 მ დაეუპირისპირობთ ერთმანეთს, მაშინ 5. „100“ დანაყოფის წინ ამოვიკითხოთ სიჩქარეს 2 მ/წმ, ე. ი. სულ გვექნება $11 + 2 = 13$ მ/წმ, რომელიც მიეუთვნება საძიებელ სიმაღლეს—1000 მ.

ბ) რადიანტების ქსელი და მისი გამოყენება. რადიანტების ქსელი, ანუ, როგორც მას ხშირად უწოდებენ, კარტოგრაფია, წარმოადგენს 40×40 სმ² ზომის ფურცელს, რომელზედაც განსხვავებული ფერებით დატანილია სწორი ხაზების ორი წყება. ერთი წყება ამ ხაზებისა გატარებულია ცენტრალური წერტილიდან ერთმანეთისაგან 1° -იანი კუთხური დაშორებით. ამ ხაზებს, რომელთაც ჩვეულებრივ მიხაკისფრად ბეჭდავენ, აქვს წარწერა ფურცლის ნაპირებთან ყოველ მე- 10° -ზე.

21-ე ნახაზზე მოცემულია ასეთი რადიანტების ქსელის ზემო მარჯვენა კუთხის ერთი კვადრანტი. მეორე წყება ხაზებისა წარმოადგენს ურთიერთპარალელურ, თანატოლად დაშორებულ სწორ ხაზებს, რომლებიც ლურჯი ფერით იბეჭდება. ეს ხაზები დაკვირვების ადგილის მერიდიანის პარალელურია და აქვთ წარწერა N -დან E -კენ ყოველ

ლუწ რიგზე. ეს პარალელური სწორი ხაზები დაშორებულია ერთმანეთისაგან ოთხ-ოთხი მილიმეტრით, მათ მარჯვენა ქვემო კვადრანტზე წარწერილი აქვთ რიგითი რიცხვები: 5, 15, 25, 35 და 45.



ნახ. 21. რადიანტების ქსელზე ბირთვ-პილოტური სამკუთხედის აგება.

თუ ჩავთვლით რადიანტების ქსელის ცენტრს დაკვირვების ადგილად, მაშინ სწორი ხაზების პირველი წყება საშუალებას გვაძლევს ადვილად მივიღოთ ბირთვ-პილოტის ხილული მიმართულების პროექციებზე ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე.

თუ დავაკვირდებით რადიანტების ქსელს, დავინახავთ, რომ ცენტრთან (C) თავმოყრილია მართკუთხა სამკუთხედთა მთელი წყება, რომელთა ერთი კათეტი 90° -იან სხივს ეყრდნობა, ხოლო მეორე კათეტი გადის რომელიმე პარალელზე, რომელიც სათანადო წერტილის მერიდიანად განიხილება.

21-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ერთი ასეთი ბირთვ-პილოტური მართკუთხა სამკუთხედი *OPC*.

რადიალური ქსელის გამოყენება ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის გამოსათვლელად შემდეგნაირად ხდება:

ა) შეარჩევენ გარკვეულ მასშტაბს და ააგებენ ბირთვ-პილოტის სივრცითი მოძრაობის ჰორიზონტალური პროექციის გრაფიკს.

ბ) მიღებულ ტრაექტორიაზე (ტეხილ წირზე) ხდება უკვე ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის ამოკითხვა.

დაკვირვებით ცნობილია ყოველი წუთისათვის ბირთვ-პილოტის სივრცითი მდებარეობის აზიმუტი α და ეერტაკალური კუთხე δ . აზიმუტის კუთხე მოიზომება *NS*, ანუ 0° — 180° შესაბამისი ხაზიდან აღმოსავლეთისაკენ (*E*), ხოლო პროექციის წერტილის მისაღებად საჭიროა სხივზე აზიმუტის მიმართულებით გარკვეული მასშტაბით მოიზომოს ბირთვ-პილოტის ჰორიზონტალურა დაშორება. თუ მანძილს პარალელურ სწორ ხაზებს შორის ჩავვლით ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარის პროპორციულად, შეგვიძლია ყოველი *n*-წუთის გავლის შემდეგ მოვზომოთ მონაკვეთი $\overline{OP}$, რომელიც აერთებს დიაგრამის ცენტრს სათანადო პარალელთან. მაშინ მეორე კათეტი *PC* გამოხატავს ბირთვ-პილოტის ჰორიზონტალურ დაშორებას. მისი მოძებნა ასე ხდება: ფარგლის ერთ წვერს დააბჯენენ მოძებნილ *P* წერტილს და მის მეორე ფეხს გაშლიან მანამდე, სანამ იგი არ გადაკვეთს აზიმუტით მოძებნილ რადიალურ სხივს. ფარგლის გაშლილობა შეარჩეული მასშტაბის მიხედვით გამოხატავს ბირთვ-პილოტის ჰორიზონტალურ დაშორებას. ეს დაშორება უნდა მოიზომოს ცენტრიდან თეოდოლიტის თარაზულ ლიმბზე მიღებული ანათვლის შესაბამისი სხივის გასწვრივ და ქალაღზე აღინიშნოს წერტილით. ვთქვათ, ეს წერტილი იყოს C_1 (ნახ. 13). შემდეგ წუთებში დაკვირვებების მიხედვით ასევე მოინახება წერტილები $C_2, C_3, \dots, C_n$. შემდეგ ეს წერტილები უნდა შეერთდეს და მიიღება ბირთვ-პილოტის სივრცითი მოძრაობის ჰორიზონტალური პროექცია. ჩვეულებრივ სამუშაო ბლანკებზე აღნიშნულ წერტილებს წაეწერება ბირთვ-პილოტის გაშვებიდან განვლილი წუთების გამომსახველი რიცხვები.

რადიალური ქსელის გამოყენების დროსაც საჭირო ხდება მასშტა-

ბის შეცვლა. ხშირად ეს საჭიროა დასაწყისშივე, რადგან C წერტილები ახლოს ლაგდება ერთმანეთთან. ამიტომ, საჭიროა მასშტაბის გადიდება 2—4-ჯერ. ხანგრძლივი დაკვირვებების დროს კი შეიძლება წერტილები აღარ დაეტიოს ბლანკზე, მაშინ პირიქით, საჭირო ხდება, მასშტაბის შემცირება.

როცა აღნიშნული ტეხილი მრუდი აგებულია, შეგვიძლია ამოვიკითხოთ ქარის სიჩქარე და მიმართულება.

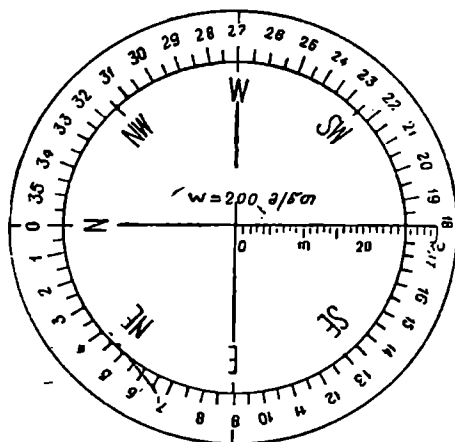
როგორც უკვე ვიცით, ბირთვ-პილოტის სიმაღლე პროპორციულია მისი ვერტიკალური სიჩქარისა [იხ. ფორმულა (2.04)] და რადგან კარტოგრაფაზე გავლებული პარალელების O წერტილიდან დაშორება ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეების პროპორციულია, ამიტომ, თუ n -ით აღვნიშნავთ განვლილი წუთების რიცხვს (ამუების მომენტიდან), მაშინ $\overline{OP}$ მანძილი მოგვცემს მის სიმაღლეს n წუთის შემდეგ, ე. ი. $H = W \cdot n$. რადგან აღნიშნულ პარალელებს შორის მანძილი 4 მმ უდრის, ამიტომ საჭირო ხდება ე. წ. ნორმალური მასშტაბის შემოტანა (m). მასშტაბი ითვლება ნორმალურად, თუ ყოველი 1 მმ მანძილი (პარალელებს შორის) შეადგენს $\frac{W}{4}$ მმ, ე. ი. $m = \frac{W}{4}$. ასეთი

მასშტაბის შერჩევის შედეგად 4 მმ-იანი მონაკვეთი ზუსტად W მ მოგვცემს. ამისდა მიხედვით 90° -ის რადიალური სხივის გასწვრივ O წერტილიდან მარჯვნივ მიმდევრობით ამოვიკითხავთ $W, 2W, 3W, \dots$ (მანძილი მეტრობით). ამგვარად, თუ ბირთვ-პილოტის მოძრაობის ათვლა თეოდოლითი ყოველ წუთში ერთხელ ხდება, მაშინ ფარგლის ერთი წვერი ეყრდნობა O წერტილიდან 4, 8, 12 მმ დაშორებულ წერტილებს, რომლებზედაც გაივლის სათანადოდ დანომრილი პარალელები. ახლა უკვე შეგვიძლია განვსაზღვროთ ქარის სიჩქარე და მიმართულება; ამისათვის იყენებენ ე. წ. მეტრწამიან სახაზავს (ნახ. 22). ამ სახაზავს აქვს წრიული დანაყოფები (შებრუნებული მიმართულებით) და საკუთრივ მეტრწამიანი სახაზავი სკალით, გაანგარიშებული $m=50$ მ/მმ-ით, ე. ი. ამ სკალის ყოველი 4 მმ გამოხატავს 200 მ. ასეთ სახაზავს აგებენ, ჩვეულებრივ, $W=200$ მ/წთ-ისათვის.

მეტრწამიან სახაზავს დებენ ბირთვ-პილოტის მოძრაობის სივრცითი გზის პროექციაზე ისე, რომ მისი ცენტრი დაემთხვეს ამ მონაკვეთის დასაწყისს და თვით მეტრწამიანი სკალა კი მიმართული იყოს ამ მონაკვეთის გასწვრივ. მონაკვეთის მეორე ბოლოზე მოთავსებულ მეტრწამიან სკალაზე ამოვიკითხება ქარის სიჩქარე, მ/წმ-ობით. ხოლო ქარის მიმართულება ამოვიკითხება წრეზე იმ ადგილას, სადაც სკალა გადაი-

კვეთება მოცემული გზის (პროექციის) დასაწყისზე გამავალი მერიდიანის ჩრდილოეთი ბოლოს მიერ. 23-ე ნახაზზე ნაჩვენებია მეტრწამიანი სახაზავის შემწეობით მე-2 და მე-3 წუთებს შორის გავლილი გზის (პროექციის) მიხედვით მიღებული ანათვლები: სიჩქარე $v=24$ მ/წმ და ქარის მიმართულება უდრის 232° .

როცა გასაზომი გზა (პროექცია) გრძელია და სკალაზე არ ეტევება, საჭიროა ნაწილ-ნაწილ გაზომვა და შეკრება. მიღებული ანათვლები



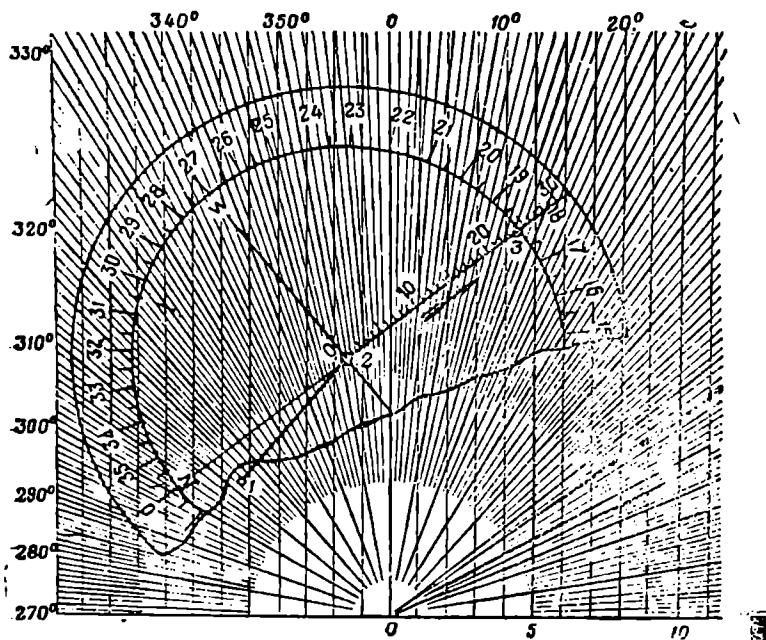
ნახ. 22. მეტრწამიანი სახაზავი $W=200/წმ$ -სათვის.

შეფუერება სინამდვილეს, თუ: 1. ათვლა წარმოებდა ნორმალური სკალით, 2. ასათვლელი გზის სიგრძე ზუსტად თითო წუთიანია და 3. როცა ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე ნამდვილად უდრის მეტრწამიანი სახაზავით გაანგარიშებულ 200 მ/წმ სიჩქარეს.

ზოგიერთი დაკვირვების დატანის დროს საჭირო ხდება მასშტაბის შეცვლა. ეს საჭიროა მაშინ, როცა კარტოგრაფაზე დატანილი წერტილები ერთმანეთთან ახლოსაა და ისიც O წერტილთან. ცხადია, რომ ამას ადგილი ექნება, როცა ბირთვ-პილოტს დიდი კუთხური სიმაღლეები აღმოაჩნდება. ასეთ შემთხვევაში საჭირო ხდება მასშტაბის გადიდება. პირიქით, თუ წერტილები სამუშაო ბლანკის ნაპირზე გადის, ე. ი. როცა კუთხური სიმაღლეები მცირეა, საჭირო ხდება მასშტაბის შემცირება. მაგალითად, თუ მასშტაბი გადიდებულია 2-ჯერ ან 3-ჯერ, მაშინ 90° სხივზე n მერიდიანის მაგიერ აიღება $2n$ ან $3n$ მერიდიანი. პირიქით, თუ მოხდა მასშტაბის შემცირება 2-ჯერ ან 3-ჯერ, მაშინ

n-ური პერიოდის მაგიერ აღება $\frac{n}{2}$ ან $\frac{n}{3}$ რიგის პერიოდის.

როგორც მოლჩაოვის წრეზე, ისე კარტოგრაფიზაც შეცვლილი მასშტაბით მოძებნილი წერტილის წინ უნდა იყოს აღნიშნული წინა მასშტაბის წერტილიც. ყოველგვარი გაუგებრობის თავიდან ასაცილებლად მოცემული მასშტაბის უკანასკნელ წერტილს უნდა მიეწეროს თავისი მასშტაბის მაჩვენებელი რიცხვი ნორმალურთან შედარებით. მაგალი-



ხაზ. 23. მეტრწამიანი სახაზავის გამოყენება.

თად, $1/5$, $1/2$; (1), (2), (5) ნიშნავს მასშტაბის შემცირებას 5-ჯერ, 2-ჯერ და გადიდებას 2-ჯერ, 5-ჯერ ნორმალურთან (1) შედარებით. გარდა ამისა, ყოველ წერტილს მიეწერება ატრეტევე სათანადო წუთების რიცხვიც. თუ აღებულ წერტილთა შორის განვლილი დრო არ არის პუდამ 1 წუთი, არამედ მეტია, საჭიროა ისე მოვიქცეთ, როგორც, ეს მოლჩაოვის წრის გამოყენების დროს გვქონდა აღნიშნული (იხ. § 12).

წარმოვიდგინოთ ახლა, რომ სტანდარტული სიჩქარისაგან განირჩე-

ვა ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე, რომლისთვისაც აგებულია მეტრწამიანი სახაზავი. აღენიშნოთ ეს სიჩქარე W_P -ით.

მეტრწამიანი სახაზავის ერთი დანაყოფი უდრის $\frac{60}{m}$, ამიტომ რაღ-

გან $m = \frac{W_P}{4}$, გვექნება

$$q^* = \frac{60}{m} = 60 : \frac{W_P}{4} = \frac{240}{W_P}.$$

ვთქვათ, q მმ არის გასაზომი გზის პროექციის სიგრძე, მაშინ ქარის სიჩქარე, რომელიც აითვლება W_P -ით გაანგარიშებულ მეტრწამიან სახაზავზე, იქნება

$$v_1 = \frac{qW_P}{240}.$$

როცა გვაქვს W -ს მიხედვით გამოთვლილი მეტრწამიანი სახაზავი, მაშინ ქარის სიჩქარე

$$v = \frac{qW}{240}. \quad (2.17)$$

ორი უკანასკნელი შეფარდებიდან მივიღებთ

$$v = v_1 \frac{W}{W_P},$$

საიდანაც გამოდინარეობს, რომ ქარის ნამდვილი (შესწორებული) სიჩქარის მისაღებად საჭიროა მიღებული სიჩქარე (v_1) გამრავლდეს $\frac{W}{W_P}$ შეფარდებაზე. უკანასკნელ ოპერაციას ვაწარმოებთ უკვე აერო-

ლოგიური სახაზავით (§ 13 ა).

გ) მეტრწამიანი სკალა. ზემოთ ჩვენ გავეცანით ქარის სიჩქარისა და მიმართულების განსაზღვრის ორ მეთოდს—მოლჩანოვის წრეს და ანალიზურ მეთოდს. ამავე მიზნისათვის არსებობს კიდევ ერთი გრაფიკული მეთოდიც, რომელსაც რადიანტების მეთოდი ეწოდება. ამ მეთოდის შინაარსს ჩვენ გავეცნობით შემდეგ პარაგრაფში, მანამდე საჭიროა გავეცნოთ ე. წ. მეტრწამიან სკალას და მის დანიშნულებას.

წარმოვიდგინოთ, რომ $t=1$ წთ-ს; მოენახოთ ბირთვ-პილოტის გზის პროექციის მონაკვეთის ისეთი სიგრძე, რომ მოცემული m მასშტაბით მისი სიჩქარე v შეადგენდეს სწორედ 1 მ/წმ-ს. ამისათვის მივმართოთ 24-ე ნახაზს. გვაველოთ O წერტილზე (დაკვირვების ადგილას)

მერიდიანი მოცემული აზიმუტების მიხედვით, მოვზომოთ კუთხეები A_1 და A_2 . ამ კუთხეების გასწვრივ გავლებულ სხივებზე მოვზომოთ ბირთვ-პილოტის ზილელი მონაკვეთები $\overline{OP_1}=d_1$ და $\overline{OP_2}=d_2$. თუ

$\overline{P_1P_2}=p$ არის გზის პროექციის სიგრძე მეტრობით, მაშინ ამ მონაკვეთზე ქარის სიჩქარე

$$v = \frac{p}{60 t} \text{ მ/წმ}$$

(t არის წუთების რიცხვი).

თუ m არის მასშტაბი, მაშინ იგივე ფორმულა იქნება ასეთი სახის:

$$v = \frac{q \cdot m}{60 \cdot t}, \quad (2.17)$$

რადგან $q = \frac{p}{m}$ არის მილიმეტრობით

m მასშტაბით გამოსახული $\overline{P_1P_2}$ მონაკვეთის სიგრძე.

ნახ. 24. ბირთვ-პილოტის მიერ P_1P_2

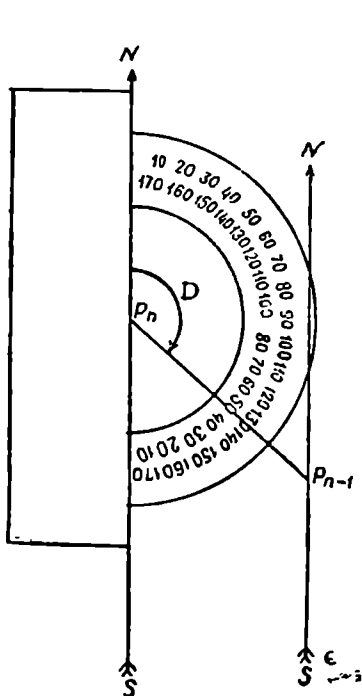
მანძილის გავლა და A_1, A_2 აზიმუტები. ქარის მიმართ უღებად კითვლება გზის პროექციის

მონაკვეთის დასაწყისის აზიმუტი, აღებული ამ მონაკვეთის ბოლოზე. მისი ათვლა ხდება ტრანსპორტირის შემწეობით. ტრანსპორტირი დაიდება ბირთვ-პილოტის გზის პროექციის მონაკვეთზე ისე, რომ მისი ცენტრი ემთხვეოდეს პროექციის მონაკვეთის ბოლოს და დიამეტრი ($0^\circ-180^\circ$ ხაზი) დაემთხვეს მონაკვეთის ბოლოს მერიდიანს ისე, რომ დიამეტრის 0° -იანი მხარე უნდა მოთავსდეს მერიდიანის ჩრდილოეთით, 180° -იანი მხარე კი—სამხრეთით (იხ. ნახ. 25 და ნახ. 26).

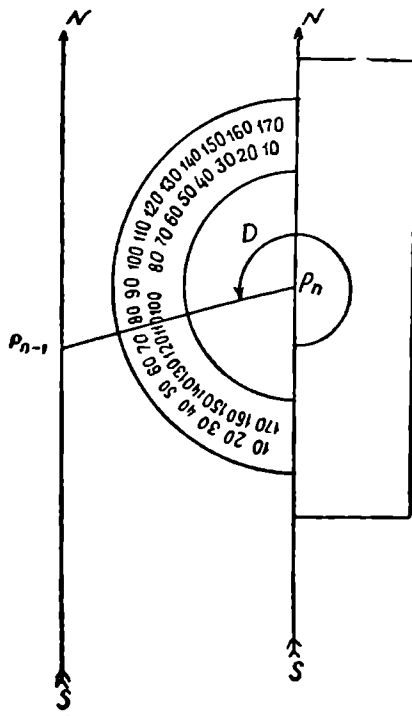
განვიხილოთ ეს ნახაზები. ორივე ნახაზზე აღებულია გზის პროექციის მონაკვეთი $\overline{P_{n-1}P_n}$. ორივე შემთხვევაში ტრანსპორტირის ცენტრი დაედება მონაკვეთის ბოლოს (P_n წერტილს), შემდეგ დაეკიდება D კუთხის სიდიდეს, რომელსაც $P_{n-1}P_n$ შეადგენს P_n წერტილზე გავლებულ მერიდიანთან. ამ კუთხის ათვლა ხდება შემდეგი ორი წესის მიხედვით: 1: D კუთხე ითვლება P_n წერტილზე გამავალი მერიდიანიდან საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით $\overline{P_{n-1}P_n}$ მონაკვეთამდე. 25-ე ნახაზზე ეს კუთხე $< 180^\circ$ და უდრის 132° ; 2. D კუთხის ათვლა ხდება საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ P_n წერტილზე გამავალი მერიდიანიდან P_{n-1} წერტილისაკენ შემოვლით

$P_{n-1}P_n$ მონაკვეთამდე და წამატება მას 180° , ე. ი. 26-ე ნახაზზე გვაქვს $D=180^\circ+105^\circ=285^\circ$.

ამ წესების სწორად გამოყენებისათვის საჭიროა დავაკვირდეთ $\overline{P_{n-1}P_n}$ მონაკვეთს თუ P_{n-1} წერტილი უფრო დაბლაა P_n -ის მარჯვ-



ნახ. 25. $P_{n-1}P_n$ პროექცია და ტრანსპორტირით D კუთხის გაზომვა.



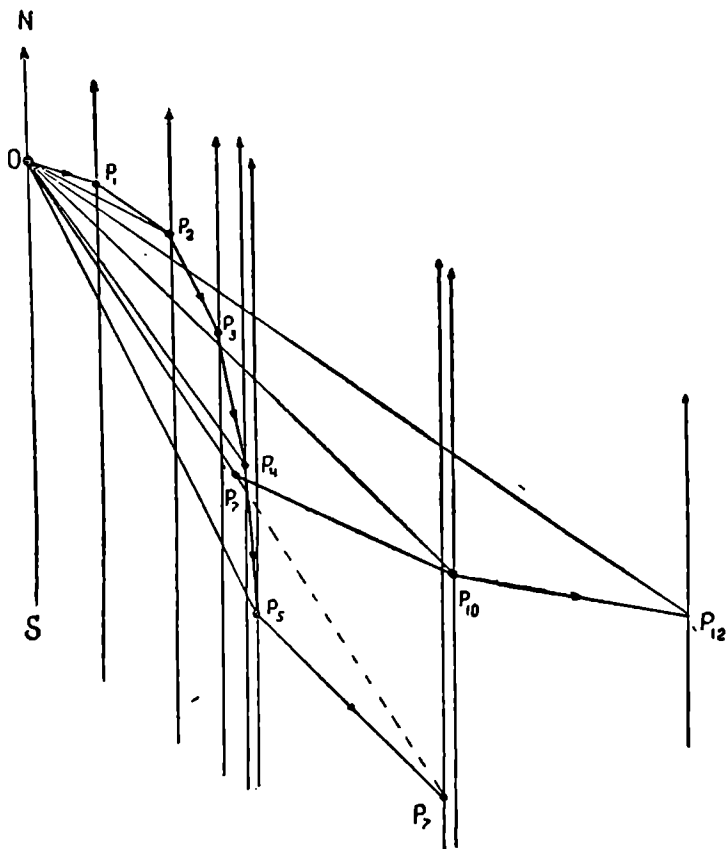
ნახ. 26. $P_{n-1}P_n$ წერტილების სხვა მდებარეობა და D კუთხის გაზომვა.

ნივ, მაშინ იხმარება პირველი წესი, ხოლო როცა P_{n-1} წერტილი უფრო დაბლაა P_n -ის მარცხნივ, მაშინ მეორე წესს ეხმარებით.

მაგალითად აღწერილი მეთოდის მიზნით ავიღოთ იგივე რიცხვითი მასალა, რომელიც გამოყენებულა გეგმონდა ანალიზური მეთოდის გაცნობის დროს (იხ. § 14) 1—4 სვეტი რჩება იგივე. გამოვიყენოთ მე-5 სვეტში ჩასაწერ რიცხვებს შემდეგი ფორმულათ:

$$H^* = \frac{H_{n-1} + H_n}{2}.$$

მე-6 სვეტში უნდა შევიტანოთ ბირთვ-პილოტის გზის პროექციის სიგრძეები მილო-
მეტრობით, რომლებსაც კარტოგრაფმაზე ამოვიკითხავთ წერტილების დატანის შემდეგ.
მე-7 და მე-8 სვეტებში ჩაიწერება ზემოაღწერილი გზით მოძებნილი ქარის სიჩქარე



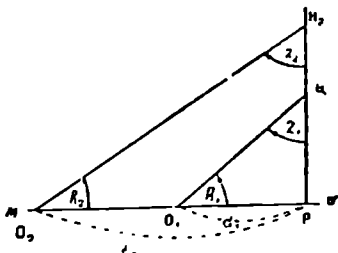
ნახ. 27. ქაღალდის სუფთა ფურცელზე ბირთვ-პილოტის დაკვირვებათა
დამუშავების ერთი ნიმუში.

და მიმართულებები. მე-9 სვეტი დათმობილია მასშტაბისათვის, რომელიც მე-10
წუთზე 2-ჯერ იქნა გაზიდებული. 27-ე ნახაზზე წარმოდგენილია აღნიშნულ დაკვირ-
ვებათა დაჯანა ქაღალდის სუფთა ფურცელზე, როგორც ნიმუში.

შენიშვნა 1. ამგვარი გრაფიკული წარმოდგენა, როგორც ვხედავთ,
ეყრდნობა ბირთვ-პილოტის სივრცითი მიმართულებების პროექციის მო-
ძებნას ჰორიზონტალურ სიბრტყეში გარკვეული მასშტაბით; მაშას-

დამე, პირველ რიგში სუფთა ფურცელზე ან სამუშაო ბლანკზე, რომელსაც რადიალური ქსელი ეწოდება, დატანილი უნდა იქნეს ბირთვ-პილოტის მდებარეობის წერტილები; შემდეგ კი მათი შეერთება მოგვეცნს მისი მოძრაობის გზას.

რადგან ბირთვ-პილოტის კუთხური h სიმაღლე და ხაზოვანი H სიმაღლე ცნობილია, უნდა მოინახოს მხოლოდ ბირთვ-პილოტის ხილული მიმართულების სხივების d პროექცია. ამისათვის ავირჩევთ ხაზოვან მასშტაბს m , რომლის თითოეული მილიმეტრი გამოსახავს მეტრების რიცხვს. რომ გამოვსახოთ H სიმაღლე აღებული მასშტაბით, საჭიროა მისი გაყოფა m -ზე; რომელიმე q მმ მონაკვეთის ნამდვილი სიგრძის მისაღებად საჭიროა მისი გამრავლება m -ზე.



ნახ. 28. O_1NH_1 სამკუთხედის აგება.

შენიშვნა 2. ხილული მიმართუ-

ლების პროექციის d მონაკვეთი წარმოადგენს კათეტს, რომელიც განისაზღვრება მართკუთხა OP_nH_m სამკუთხედით.

მის გასაგებად ავიღებთ როგორიმე MN სწორ ხაზს (ნახ. 28 და 29) და მისი P წერტილიდან აღვმართოთ პერპენდიკულარს: მოვზომავთ მასზე H_1 -ის სიგრძეს, აღებული m მასშტაბით, რისთვისაც უნდა ავიღოთ $\frac{H_1}{m}$ შეფარდება. მიღებულ მილიმეტრთა რიცხვს მოვზომავთ P

წერტილიდან აღნიშნულ პერპენდიკულარზე. ეს იქნება სწორედ H -ის სიგრძე მოცემული მასშტაბით.

ახლა ავიღებთ შესაბამის ზენიტურ მანძილს $z=90^\circ-h$ და მოვზომავთ z_1 კუთხეს. თუ გავაგრძელებთ ამ კუთხის გვერდს $\overline{MP}$ სწორი ხაზის გადაკვეთამდე, მივიღებთ O_1 წერტილს, რომელიც იქნება დაკვირვების ადგილის მდებარეობა t_1 მომენტისათვის.

მოძებნილი O_1 წერტილი რომ ნამდვილად ამ მომენტისათვის დაკვირვების ადგილს შეესაბამება, ამაში შეგვიძლია ადვილად დავრწმუნდეთ. მართლაც, $\triangle O_1PH_1$ ბირთვ-პილოტის სამკუთხედს წარმოადგენს, მასში კუთხური სიმაღლე არის $90^\circ-z_1=h_1$, ხოლო $\overline{H_1P}$ მანძილი აღებული მასშტაბის მიხედვით გამოსახავს ბირთვ-პილოტის H_1 სიმაღლეს. აქედან გამომდინარეობს, რომ O_1P მონაკვეთი აღებული მასშტაბით წარმოადგენს ხილული დაშორების პროექციის d_2 სიგრძეს. იმავე წესით შეგვიძლია ავაგოთ ბირთვ-პილოტის შემდგომი $\triangle O_2PH_2$

დაკვირვებათა დამუშავების ნიმუში*

n	A	h	H	H^*	q	v	D	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	116,2	36,3	180	90	14,0	4,2	296	18
2.	121,4	32,4	360	270	18,0	5,4	308	18
3.	135,8	30,1	540	450	22,5	6,8	337	18
4.	147,3	28,6	720	630	26,0	7,8	351	18
5.	156,3	27,1	900	810	27,0	8,1	358	18
7.	148,8	25,2	1260	1080	53,0	7,9	318	18
10.	136,3	24,0	1800	1530	45,0	9,0	296	36
12.	127,9	21,1	2160	1918	44,5	13,4	286	36

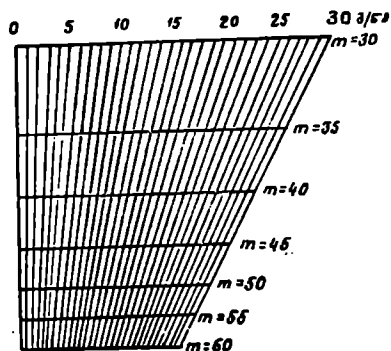
* $W=180$ მ/წთ.

სოკოლოვის სკალა კომბინირებულია. მის ზედა ნაწილზე აღნიშნულია $m=30$, ხოლო ქვედა ნაწილზე $m=60$, შუაში გველბებულია სხვა პარალელური სწორი ხაზებიც 30—60 შორის. ქარის სიჩქარის ათელის დროს ხმარობენ სწორედ იმ ხაზს, რომელიც მოცემულ მასშტაბს შეესაბამება და ადვილად აითვლება ზემო ნაპირზე დაწერილი რიცხვების შემწეობით.

შენიშვნა 5. სოკოლოვის მეტრწამიანი სკალის აგებისათვის განვიხილოთ ორი მსგავსი მართკუთხა სამკუთხედი: $\triangle KAB$ და $\triangle KDC$ (ნახ. 31). ვთქვათ, AB გვერდისათვის აღებულია m_1 , ხოლო CD -თვის კი m_2 მასშტაბი. მივიღოთ, $m_2 > m_1$, ე. ი. ვთქვათ, რომ

მილიმეტრის თითო მონაკვეთი გამოხატავს CD სწორ ხაზზე მეტ რიცხვს, ვიდრე AB სწორ ხაზზე. რადგან ქარის სიჩქარე v მთლიანად (2.17') ფორმულით, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ $\overline{AB}$ და $\overline{CD}$ მონაკვეთების სიგრძე შესაბამისად არის

$$\frac{v \cdot 60}{m_1} \quad \text{და} \quad \frac{v \cdot 60}{m_2}.$$



ნახ. 30. სოკოლოვის სკალა.

მანძილი $\overline{DC}$ და $\overline{AB}$ წრფეებს შორის აღენიშნოთ a -თი. ჩვენ გვსურს გავიგოთ x დაშორება EF სკალისა, რომელსაც ექნება, ვთქვათ, რომელიმე m მასშტაბი, რომლისათვისაც $m_1 < m < m_2$.

აღებული მსგავსი სამკუთხედებისათვის შეგვიძლია დავწეროთ.

პროპორცია

$$\frac{\overline{CD}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{DK}}{\overline{AK}},$$

რომლიდანაც შეგვიძლია ასეთი წარმოებული პროპორცია შევადგინოთ:

$$1 - \frac{\overline{CD}}{\overline{AB}} = 1 - \frac{\overline{DK}}{\overline{AK}},$$

ანუ

$$\frac{\overline{AB} - \overline{CD}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{AK} - \overline{DK}}{\overline{AK}} = \frac{\overline{AD}}{\overline{AK}}.$$

ამ ფორმულაში შევიტანოთ $\overline{AB}$, $\overline{CD}$ და $\overline{AD}$ სათანადო სიდიდეები

$$\frac{\frac{60v}{m_1} - \frac{60v}{m_2}}{\frac{60v}{m_1}} = \frac{a}{\overline{AK}},$$

საიდანაც

$$\frac{m_2 - m_1}{m_2} = \frac{a}{\overline{AK}},$$

ე. ი.

$$\overline{AK} = \frac{a \cdot m_2}{m_2 - m_1}.$$

ახლა ავიღოთ მსგავსი სამკუთხედები: $\triangle KDC$ და $\triangle KEF$. მათთვის მივიღებთ პროპორციას

$$\frac{\overline{EF}}{\overline{CD}} = \frac{\overline{EK}}{\overline{DK}}$$

და

$$\frac{\overline{EF}}{\overline{CD}} - 1 = \frac{\overline{EK}}{\overline{DK}} - 1,$$

ანუ

$$\frac{\overline{EF} - \overline{CD}}{\overline{CD}} = \frac{\overline{ED}}{\overline{DK}}.$$

აქ სათანადო ცნობილი სიდიდეების შეტანა მოგვცემს

$$\frac{\frac{60v}{m} - \frac{60v}{m_2}}{\frac{60v}{m_2}} = \frac{x}{\overline{AK} - a},$$

$\overline{AK}$ უკვე ვიცით, შევიტანთ მის მნიშვნელობას და მივიღებთ

$$\frac{m_2 - m_1}{m} = \frac{x}{\frac{am_2}{m_2 - m_1} - a},$$

საიდანაც

$$x = \frac{am_1}{m} \cdot \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m}. \quad (2.18)$$

ეს ფორმულა საშუალებას გვაძლევს ვიცოდეთ m მასშტაბიანი სკალის დაშორება m_2 მასშტაბიანი სკალიდან. კერძოდ, თუ $m_1 = 15$ მ/მ და $m_2 = 80$ მ/მ, მაშინ მივიღებთ:

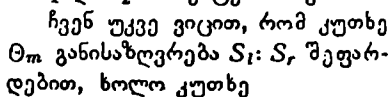
$$x = 15 \cdot \frac{80 - m}{m}. \quad (2.19)$$

§ 15. ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა დაფუძავება ანალიზური მეთოდის გამოყენებით

როგორც უკვე ვიცით (§ 12), მოლჩანოვის წრის შემწეობით ხდება ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის გამოთვლა სხვადასხვა სიმაღლის ჰაერის ფენებისათვის. ეს წრე იძლევა დაკვირვებათა სწრაფი დამუშავების საშუალებას, როდესაც არ გვჭირდება შედეგების (სიჩქარისა და მიმართულების) დიდი სიზუსტე. მაგრამ ზოგჯერ საჭირო ხდება ამ ელემენტების უფრო მეტი სიზუსტით განსაზღვრა. ამ შემთხვევაში მიმართავენ ე. წ. ანალიზურ მეთოდს, რომლის შესახებ გაკერით აღნიშნული გვეყონდა მე-13 პარაგრაფში. ამ მეთოდის დიდი მნიშვნელობის გამო ჩვენ უნდა გავეცნოთ მას უფრო დაწვრილებით.

მივმართოთ 32-ე ნახაზს, რომელზედაც Q_1 და Q_2 არის ბირთვ-პილოტის ჰორიზონტალური პროექციები და $S = \overline{Q_1 Q_2}$ არის მის მიერ

სიდიდე გამოვსახოთ გზომის ელემენტებით, ე. ი. გამოვსახოთ როგორც ფუნქცია α_1, α_2 აზიმუტებისა, δ_1, δ_2 ვერტიკალური კუთხეებისა და H_1, H_2 სიმაღლისა t_1 და t_2 მომენტებისათვის.



$$\Theta_k = \arctg \left(\frac{\overline{Q_{1k}}}{\overline{Q_{2k}}} \right). \quad (2.20)$$

ნახ. 32. $\Theta_A \Theta_m$ ქუთხეებს შორის
კავშირი.

Q_1 და Q_2 წერტილების მდებარეობა სიბრტყეზე დამოკიდებულია როგორც აზიმუტების ცვლილებაზე, ისე S მონაკვეთის მიმარ-

თულებასა და სიგრძეზე. როცა α_1 და α_2 მოცემულია ($\alpha_1 > \alpha_2$ ანდა $\alpha_2 > \alpha_1$), მაშინ S მონაკვეთის სიგრძე და მიმართულება შეიძლება მრავალი სახით იქნეს წარმოდგენილი. ყველა შესაძლო შემთხვევის ამოსაწურად ჯერ განვიხილოთ პირობა $\alpha_1 > \alpha_2$.

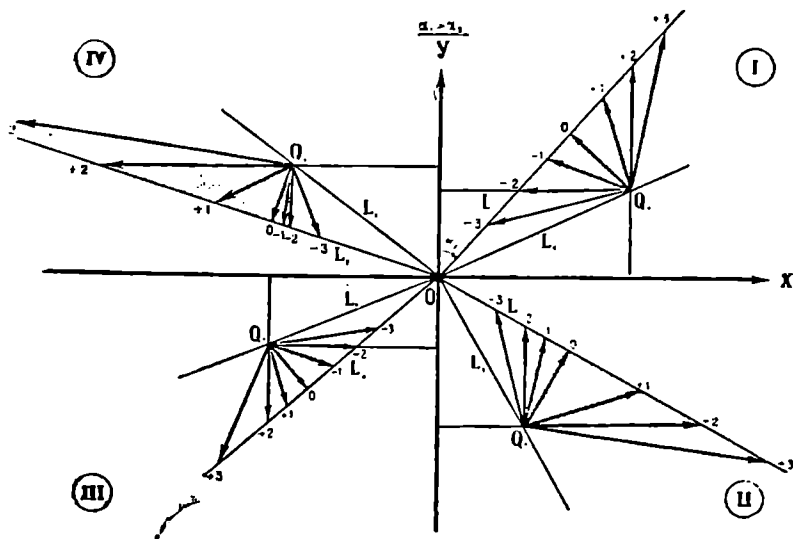
ა) პირობა $\alpha_1 > \alpha_2$. მივმართოთ სათანადო სქემას (ნახ. 33 ა), რომელზედაც წარმოდგენილია პორიზონტალური სიბრტყის ოთხივე კვადრანტი. ამ კვადრანტთა განლაგება საათის ისრის ბრუნვის ემთხვევა, როგორც ეს მიღებულია აეროლოგიაში. ყოველი კვადრანტის ნებისმიერი წერტილი, ეთქვამ, Q_1 , განვიხილოთ როგორც ბირთვ-პილოტის პრაექტა. პორიზონტალურ სიბრტყეზე რომელიმე t_1 მომენტისათვის. მეორე წერტილი Q_2 კი იყოს მისი მდებარეობა t_2 მომენტისათვის*. მაშინ $\overline{OQ_2} = L_2$ სხივი, $\alpha_1 > \alpha_2$ პირობის თანახმად, $\overline{OQ_1} = L_1$ სხივის მარცხნივ აღმოჩნდება.

$S = \overline{Q_1 Q_2}$ მონაკვეთის ყოველი შესაძლო მიმართულების აღსანუსხავად, როცა $\alpha_1 > \alpha_2$, გავვლოთ Q_1 წერტილზე $\overline{OL_2}$ სხივისაკენ სწორი ხაზები, რომლებიც დავნომროთ პირობითი ინდექსებით: ...—3, —2, —1, 0, 2, 3, ..., რომელთაგან „0“-ინდექსიანი სწორი ხაზი

* Q , წერტილად აიღება L_3 სხივზე მდებარე რომელიმე წერტილი.

პერპენდიკულარულია OL_2 სხივისა; დადებითი ინდექსები განლაგებულია ამ პერპენდიკულარისაგან მარჯვნივ, ხოლო უარყოფითები — მარცხნივ.

სწორი ხაზები ინდექსებით ± 2 ემთხვევა OX , OY ღერძებს და შეადგენენ OL_2 სხივის მიმართულებიდან სათანადო ჰიპოთენუზას.



ნახ. 33 ა. ბირთვ-პილოტის ჰორიზონტალური მიმართულების სქემები $\alpha_1 > \alpha_2$ შემთხვევაში.

ბ) პირობა $\alpha_2 > \alpha_1$. სათანადო სქემა ამ შემთხვევისათვის მოცემულია 33 ბ ნახაზზე. ამ სქემის აგება ხდება ისევე როგორც 33 ა ნახაზზე აგებული სქემისა, მხოლოდ აქ დადებითი და უარყოფითი ინდექსები აღნიშნავენ საწინააღმდეგო მიმართულებას, ე.ი. უარყოფითები აღნიშნავენ ბირთვ-პილოტის დაშორებას O წერტილიდან, დადებითები კი — მოახლოებას.

ყოველი ინდექსისა და კვადრანტისათვის შეიძლება მოინახოს Θ_m და Θ_k კუთხეებს შორის კავშირი.

მაგალითისათვის ავიღოთ პირველი კვადრანტი „—3“ ინდექსით $\alpha_1 < \alpha_2$ შემთხვევის მიხედვით. როგორც 33 ბ ნახაზიდან ჩანს $Q_1 Q_2$ მონაკვეთი ძეგს Q_1 წერტილზე გამავალი ჰორიზონტალის მარცხნივ ისე, რომ k და m წერტილები, რომლებიც ერთ წრეხაზზე მდებარე-

Θ_k კუთხისა და φ კარის მიმართულებათა (n°) მნიშვნელობების სპექტრი ($\alpha_1 > \alpha_2$)

Ind.	I	II	III	IV
-3	$\Theta_k = -\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega^*$ $n^\circ = 90^\circ - \Theta_k$	$\Theta_k = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 90^\circ + \Theta_k$	$\Theta_k = 180^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 270^\circ - \Theta_k$	$\Theta_k = -180^\circ + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 270^\circ + \Theta_k$
-2	$\Theta_k = 0^\circ; n^\circ = 90^\circ$	$\Theta_k = 90^\circ; n^\circ = 180^\circ$	$\Theta_k = 0^\circ; n^\circ = 270^\circ$	$\Theta_k = 90^\circ; n^\circ = 360^\circ (0^\circ)$
-1	$\Theta_k = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 90^\circ + \Theta_k$	$\Theta_k = 180^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 270^\circ - \Theta_k$	$\Theta_k = -180^\circ + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 270^\circ + \Theta_k$	$\Theta_k = 360^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 90^\circ - \Theta_k$
+2	$\Theta_k = 90^\circ; n^\circ = 180^\circ$	$\Theta_k = 0^\circ; n^\circ = 270^\circ$	$\Theta_k = 90^\circ; n^\circ = 360^\circ (0^\circ)$	$\Theta_k = 0^\circ; n^\circ = 90^\circ$
+3	$\Theta_k = 180^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 270^\circ - \Theta_k$	$\Theta_k = -180^\circ + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 270^\circ + \Theta_k$	$\Theta_k = 360^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 90^\circ - \Theta_k$	$\Theta_k = -360^\circ + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 90^\circ + \Theta_k$

$$* \Omega = \arctg \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right].$$

Θ_A კუთხისა და φ -ის მიმართულებათა (n°) მნიშვნელობების სპექტრი ($\alpha_1 < \alpha_2$)

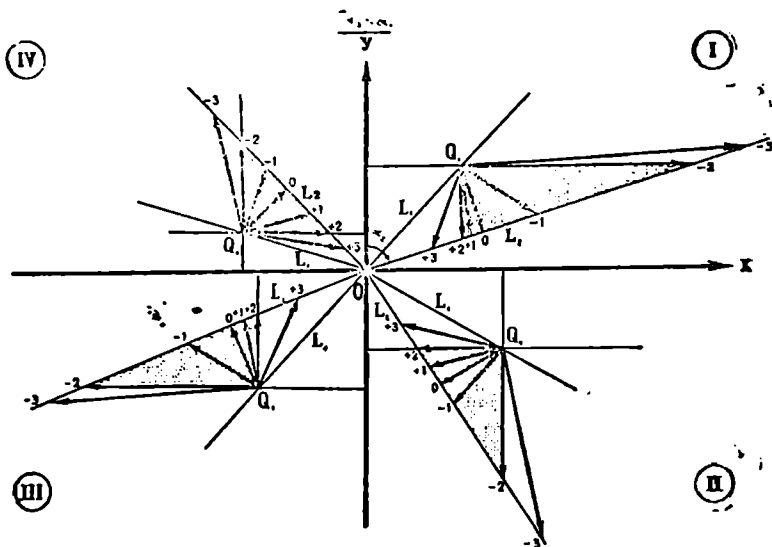
Ind.	I	II	III	IV
-3	$\Theta_A = -\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega^*$ $n^\circ = 270^\circ - \Theta_A$	$\Theta_A = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 270^\circ + \Theta_A$	$\Theta_A = 180^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 90^\circ - \Theta_A$	$\Theta_A = -180^\circ + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 90^\circ + \Theta_A$
-2	$\Theta_A = 0^\circ; n^\circ = 270^\circ$	$\Theta_A = 90^\circ; n^\circ = 0^\circ$	$\Theta_A = 0^\circ; n^\circ = 90^\circ$	$\Theta_A = 90^\circ; n^\circ = 180^\circ$
-1				
0	$\Theta_A = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $\Theta_A = 270^\circ + \Theta_A$	$\Theta_A = 180^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 90^\circ - \Theta_A$	$\Theta_A = -180^\circ + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 90^\circ + \Theta_A$	$\Theta_A = 360^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 270^\circ - \Theta_A$
+1				
+2	$\Theta_A = 90^\circ; n^\circ = 0^\circ$	$\Theta_A = 0^\circ; n^\circ = 90^\circ$	$\Theta_A = 90^\circ; n^\circ = 180^\circ$	$\Theta_A = 0^\circ; n^\circ = 270^\circ$
+3	$\Theta_A = 180^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 90^\circ - \Theta_A$	$\Theta_A = -180^\circ + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 90^\circ + \Theta_A$	$\Theta_A = 360^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \Omega$ $n^\circ = 270^\circ - \Theta_A$	$\Theta_A = -360^\circ + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \Omega$ $n^\circ = 270^\circ + \Theta_A$

* $\Omega = \arctg \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right]$.

რეობენ, ერთმანეთის საწინააღმდეგო მხარეზეა. თუ გავითვალისწინებთ α_2 კუთხეს, ადვილად დავინახავთ, რომ

$$\Theta_m + \Theta_k = 90^\circ - \alpha_2.$$

ასე მოინახება კავშირი აღნიშნულ კუთხეთა შორის ყველა კვადრანტისა და ინდექსისათვის ორივე პირობის შემთხვევაში.



ნახ. 33 ბ. ბირთვ-პილოტის პოარიზონტალური მიმართულების სქემები $\alpha_2 > \alpha_1$ შემთხვევაში.

16-ე და 17-ე ცხრილებში მოცემულია ასეთი გზით მიღებული შედეგები.

ამოცანა 80. შეამოწმეთ 16-ე ცხრილში მოცემული კავშირი Θ_m და Θ_k კუთხეთა შორის $\alpha_1 > \alpha_2$ შემთხვევისათვის.

ამოცანა 40. შეამოწმეთ მე-17 ცხრილში მოცემული კავშირი Θ_m და Θ_k კუთხეთა შორის $\alpha_2 > \alpha_1$ შემთხვევისათვის.

მივმართოთ ახლა ისევ სქემებს (ნახ. 32 და ნახ. 33 ა, ბ). თუ ქარის მიმართულებას აღვნიშნავთ n° -ით, მაშინ მივიღებთ ორ ასეთ ფორმულას:

1) O წერტილიდან ბირთვ-პილოტის დაშორებისათვის.

$$n^\circ = \alpha_2 \pm \Theta_m \pm 180^\circ;$$

2) ბირთვ-პილოტის მიახლოებისათვის O წერტილისაკენ

$$n^\circ = \alpha_2 \pm \Theta_m.$$

Θ_k კუთხის შემწეობით ორივე შემთხვევისათვის ქარის მიმართულება n° ასეთნაირად გამოისახება:

კვადრანტები:	I	II	III	IV
დაშორებისას:	$n^\circ = 270^\circ - \Theta_k$	$n^\circ = 270^\circ + \Theta_k$	$n^\circ = 90^\circ - \Theta_k$	$n^\circ = 90^\circ + \Theta_k$
მოახლოებისას:	$n^\circ = 90^\circ - \Theta_k$	$n^\circ = 90^\circ + \Theta_k$	$n^\circ = 270^\circ - \Theta_k$	$n^\circ = 270^\circ + \Theta_k$

ამოცანა 41. ისარგებლეთ მე-16 და მე-17 ცხრილებით და გამოსახეთ ქარის n° მიმართულება Θ_k კუთხის შემწეობით ყველა ინდექსისათვის, როცა $\alpha_1 > \alpha_2$ და $\alpha_2 > \alpha_1$.

განვსაზღვროთ ახლა Θ_k კუთხე დაკვირვების ელემენტების α , δ და H -ის შემწეობით.

ყოველი $S = \overline{Q_1 Q_2}$ მონაკვეთი (ნახ. 32) წარმოადგენს ბირთვ-პილოტის სივრცითი გადანაცვლების პორაზონტალურ პროექციას, რომლის მდებარეობითა და სიგრძით გაიგება ქარის მიმართულება n° და v სიჩქარე.

ავიღოთ ამ მონაკვეთის პროექციები OX და OY ღერძებზე. თუ ეს ღერძები თავიდანვე აღებული იყო აღმოსავლეთისა (E) და ჩრდილოეთისაკენ (N), მაშინ ამ მონაკვეთის პროექციები იქნება S_N (ჩრდილოეთ-სამხრეთის ხაზზე) და S_W (აღმოსავლეთ-დასავლეთის ხაზზე). ჩვენ უკვე ვიცით, რომ ქარის სიჩქარე ამ პროექციების შემწეობით შემდეგი ფორმულებით გაიგება (იხ. § 13):

$$v = \frac{S_N}{\sin \Theta_k} \frac{1}{t_2 - t_1},$$

როცა $45^\circ < \Theta_k < 90^\circ$, და

$$v = \frac{S_W}{\cos \Theta_k} \frac{1}{t_2 - t_1},$$

როცა $0^\circ < \Theta_k < 45^\circ$.

Θ_k კუთხედ იჯულისხმება $S = \overline{Q_1 Q_2}$ მონაკვეთისა და მისი ორი, ღერძების პარალელურად აღებული, პროექციის შემწეობით შედგენილი მართკუთხა სამკუთხედის ის მახვილკუთხეთაგანი, რომელიც (2.20) ფორმულით განისაზღვრება, ე. ი. განისაზღვრება ჰიპოტენუზითა და იმ კათეტით, რომელიც Q_2 წერტილისაკენ არის მიმართული.

თუ დავეყრდნობით ამ განმარტებას, შეგვიძლია Θ_k კუთხის გამოთვლა დაკვირვების ელემენტების შემწეობით.

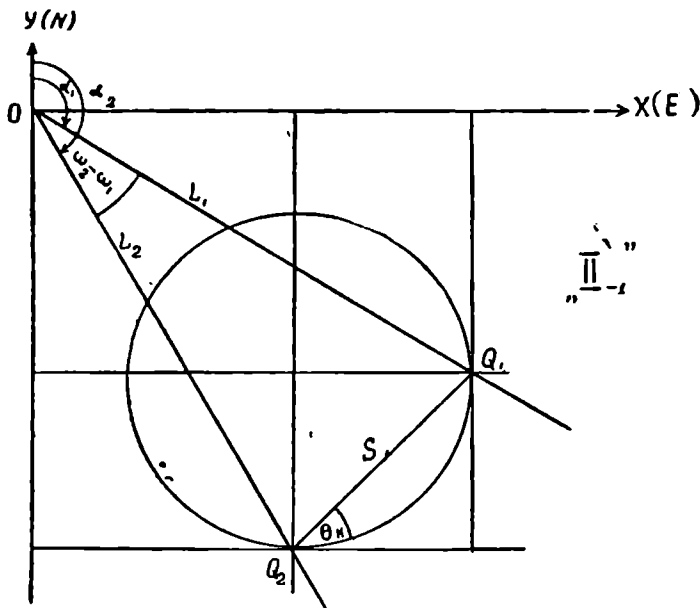
მივმართოთ 34-ე ნახაზს. ამ ნახაზზე წარმოდგენილი Q_1Q_2 მონაკვეთი აღებულია II კვადრანტში და ეკუთვნის ისეთ შემთხვევას, როცა $\alpha_2 > \alpha_1$.

შემოვიტანოთ აღნიშვნა:

$$\omega_1 = \alpha_1 - 90^\circ,$$

$$\omega_2 = \alpha_2 - 90^\circ$$

და განვიხილოთ სამკუთხედი $\triangle OQ_1Q_2$; მოცემულია ამ სამკუთხედის ორი გვერდი $\overline{OQ_1} = L_1$ და $\overline{OQ_2} = L_2$ და მათ შორის მდებარე კუთხე $\angle Q_2OQ_1 = \omega_2 - \omega_1$.



ნახ. 34. $\alpha_1 < \alpha_2$ შემთხვევა მეორე კვადრანტში.

$\overline{Q_1Q_2}$ გვერდთან მდებარე კუთხეების მოსანახად მივმართავეთ ტრიგონომეტრიის ცნობილ ფორმულებს:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{A-B}{2} &= \frac{a-b}{a+b} \operatorname{ctg} \frac{C}{2} \\ \frac{A+B}{2} &= 90^\circ - \frac{C}{2} \end{aligned} \right\} \quad (2.21)$$

ჩვენს შემთხვევაში:

$$a = L_2 = \overline{OQ_2} = H_2 \operatorname{ctg} \delta_2,$$

$$b = L_2 = \overline{OQ_1} = H_1 \operatorname{ctg} \delta_1;$$

კუთხეები:

$$\left. \begin{aligned} A &= \angle OQ_1Q_2, \\ B &= \angle OQ_2Q_1, \\ C &= \omega_2 - \omega_1 = \alpha_2 - \alpha_1 \end{aligned} \right\}. \quad (2.21')$$

(2.21) ფორმულების გამოყენებით ვღებულობთ

$$\operatorname{tg} \frac{\angle OQ_1Q_2 - \angle OQ_2Q_1}{2} = \frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\omega_2 - \omega_1}{2},$$

$$\frac{\angle OQ_1Q_2 + \angle OQ_2Q_1}{2} = 90^\circ - \frac{\omega_2 - \omega_1}{2}.$$

აქედან ერთ-ერთი საძიებელი კუთხეთაგანი იქნება:

$$\angle OQ_2Q_1 = 90^\circ - \frac{\omega_2 - \omega_1}{2} - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\omega_2 - \omega_1}{2} \right].$$

აღნიშნულ სამკუთხედში გვაქვს:

$$180^\circ = (\omega_2 - \omega_1) + \angle OQ_2Q_1 + (\Theta_k + \omega_1),$$

ე. ი.

$$\angle OQ_2Q_1 = 180^\circ - (\omega_2 - \omega_1) - (\Theta_k + \omega_1) = 180^\circ - \omega_2 - \Theta_k,$$

რომლის შედარება წინა ტოლობასთან მოგვცემს:

$$\Theta_k = 180^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right].$$

ამგვარად, აღნიშნული (II) კვადრანტის მიხედვით ჩვენ მივიღეთ ფორმულა, რომელიც შეიცავს დაკვირვების ელემენტებს: α , δ და $H = L$ ჯგ. ასეთი გზით მოინახება Θ_k მნიშვნელობათა მთელი სერია (სპექტრი) ოთხივე კვადრანტის ყველა ინდექსისათვის ($\alpha_1 > \alpha_2$ და $\alpha_2 > \alpha_1$ -სათვის).

ზემოთ მოგვყავს $\alpha_1 > \alpha_2$ -სათვის მე-16 ცხრილი და $\alpha_2 > \alpha_1$ -სათვის მე-17 ცხრილი.

ამოცანა 42. შეამოწმეთ მე-16 ცხრილი ანალოგიური გამოთვლებით ყველა კვადრანტისათვის.

ამოცანა 43. ასევე შეამოწმეთ მე-17 ცხრილი. როცა Θ_k მო-

ძებნილია, ქარის მიმართულება n° გაიგება მე-16 და მე-17 ცხრილების მიხედვით.

მაგალითი. განვიხილოთ ახლა ერთი მაგალითი (ცხრ. 16), რომელშიც მოცემულია ანალიზური მეთოდისათვის ყველა საჭირო გამოთვლა.

მაგალითისათვის ავიღოთ დაკვირვებები 1941 წ. 17 აპრილის დილის 9 სთ და 45 წუთზე სლუცკში (ლენინგრადთან), სადაც აშვებული იყო ბირთვ-პილოტი (№ 125) და წარმოებდა მასზე საბაზო დაკვირვებები (ბაზის მიმართულება ჩრდილოეთის ხაზთან შედგენდა $\alpha_0 = 69^\circ$ -იან კუთხეს).

ცხრილში მოცემულია დაკვირვებათა სერია $t=0,5$ წუთიდან $t=30$ წუთამდე. დასაწყისში დაკვირვება წარმოებდა ყოველ წუთში (მე-10 წუთამდე) და შემდეგ ყოველ ორ-ორ წუთში.

ისარგებლეთ მოყვანილი წესებით და შეამოწმეთ ცხრილში მოცემული ყველა გამოთვლილი სიდიდე.

განმარტება*. მე-10 სვეტში მოთავსებულია $\arctg \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right]$ -ის მნიშვნელობები. რადგან ნიშნები უკვე გათვალისწინებული იყო მე-16 და მე-17 ცხრილებში, ამიტომ ამ სვეტში კუთხეები უკვე მოცემულია უნიშნოდ. მე-11-სვეტში ნაჩვენებია კვადრანტი და ინდექსი, რომლებიც აღმოაჩნდა ბირთვ-პილოტს $t_2 - t_1$ დროის შუალედში. აღნიშნული მაგილითიდან ვხედავთ, რომ პირველი ორი წუთის განმავლობაში ბირთვ-პილოტი მიფრინავს „I-3“ ინდექსით, ხოლო ამის შემდეგ ბოლომდე ინდექსით „I-3“.

ამის გამო პირველი ორი წუთისათვის, თანახმად მე-16 და მე-17 ცხრილებისა, გამოყენებულია ფორმულა $\Theta_k = -\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \arctg \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right]$, შემდეგი დროისათვის კი ფორმულა $\Theta_k = 180^\circ - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \arctg \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right]$.

იმავე ცხრილების მიხედვით ქარის მიმართულება გამოთვლილია $n^\circ = 270^\circ - \Theta_k$ ფორმულით.

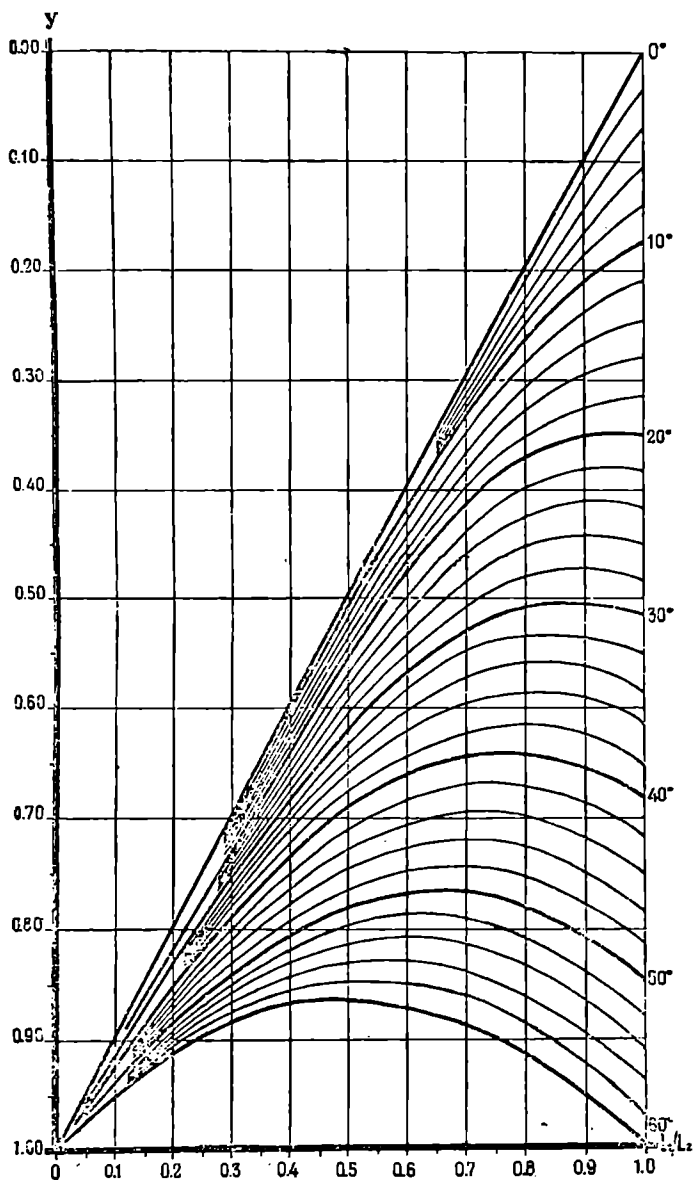
განმარტება. ქარის სიჩქარის გამოთვლა ხდება ნომოგრამით

* ეს განმარტება ეხება მე-18 ცხრილს.

დაკვირვებათა გამოთვლის ნიმუში ანალური მეთოდის მიხედვით

t	H (მ)	δ	α	$\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$	$\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}$	L (მ)	$L_2 - L_1$	$L_1 + L_2$	$\arcsin$	$\frac{1}{2} \arcsin$	θ	$\frac{1}{2} \arcsin$	$\frac{1}{2} \arcsin$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0.5	148	29°31'	56°06'	—	—	262	260	784	85°04'	/	28°00'	311° 0	8.68
1	308	30°30'	58°12'	57°09'	1.05	522	742	1742	88°53'	/	26°26'	312° 6	12.42
2	644	27°00'	66°42'	62°27'	2.43	1264	896	3424	85°15'	/	17°18'	321° 7	14.98
3	983	24°30'	69°12'	67°57'	1.25	2160	935	5245	—85°08'	/	26°37'	312° 4	15.59
4	1309	23°00'	67°18'	68°15'	10.95	3085	905	7075	—83°22'	/	30°11'	308° 8	15.05
5	1644	22°24'	65°36'	66°27'	10.85	3990	782	8762	—77°10'	/	38°53'	300° 1	13.45
6	1948	22°12'	62°18'	63°57'	—1.30	4772	528	10072	—64°13'	/	54°56'	284° 1	9.80
7	2252	23°00'	59°24'	60°51'	—1.45	5300	375	10975	—59°35'	/	62°10'	276° 8	7.51
8	2564	24°18'	57°06'	58°15'	—1.15	5675	375	11725	—66°24'	/	57°18'	281° 7	6.84
9	2876	25°24'	55°30'	56°18'	—0.80	6050	401	12501	—65°12'	/	60°09'	278° 8	7.29
10	3189	26°18'	53°48'	54°39'	—0.85	6451	1104	14006	—72°46'	/	54°50'	184° 2	9.63
12	3753	26°24'	51°00'	52°24'	—1.00	7555	1097	16207	—66°21'	/	64°21'	174° 6	10.08
14	4315	26°30'	47°36'	49°18'	—1.70	8652	903	18207	—67°52'	/	65°41'	173° 3	8.20
16	4850	26°54'	45°18'	46°22'	—1.15	9555	1335	20445	—72°52'	/	62°59'	176° 0	11.70
18	5386	26°18'	43°00'	44°09'	—1.15	10890	1630	23410	—74°36'	/	63°26'	175° 6	14.19
20	5922	25°18'	40°48'	41°58'	—1.10	12520	1730	25770	—71°20'	/	69°07'	169° 9	15.21
22	6460	24°24'	38°18'	39°33'	—1.25	14250	1680	30180	—74°12'	/	68°24'	270° 6	14.54
24	6990	23°42'	36°30'	37°24'	—0.90	15930	1650	33420	—77°04'	/	67°04'	271° 9	13.35
26	7530	23°18'	35°12'	35°51'	—0.65	17490	1430	36410	—75°04'	/	70°20'	268° 7	12.41
28	8065	23°06'	34°00'	34°36'	—0.60	18920	1380	39180	—72°42'	/	74°28'	274° 6	11.70
30	8600	23°00'	32°42'	33°21'	—0.65	20260							

* ჰარის გომართულებაში შეტანილად ბაზის აზიმუტი



(იხ. ნახ. 35), რომელიც შედგენილია შემდეგი ფორმულების მიხედვით:

$$\left. \begin{aligned} S &= L_2 \sqrt{1 + \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^2 - 2 \frac{L_1}{L_2} \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}, \\ \text{როცა } L_2 > L_1, \text{ და} \\ S &= L_1 \sqrt{1 + \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 - 2 \frac{L_2}{L_1} \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}, \end{aligned} \right\} \quad (2.22)$$

როცა $L_1 > L_2$. ეს ნომოგრამა გამოდგება ორივე შემთხვევისათვის.

ა მ ო ც ა ნ ე ბ ი

44. მიუწერეთ 16 ძირითად მიმართულებას ($N, NNE, NE, \dots$) გრადუსების გამოხატვით რიცხვები.

45. P წერტილის აზიმუტი $\alpha = 350^\circ$, Q წერტილის აზიმუტი კი მასზე 73° -ით მეტია. გამოითვალეთ Q წერტილის აზიმუტი (პასუხი: $\alpha = 63^\circ$).

46. P წერტილის აზიმუტი $\alpha = 36^\circ$, ხოლო Q წერტილისა კი მასზე 97° -ით ნაკლებია. გამოითვალეთ Q წერტილის აზიმუტი (პასუხი: $\alpha = 299^\circ$).

შითითება. ორ უკანასკნელ ამოცანაში № 5 ხაზზე გადასვლა ხდება, საიდანაც აზიმუტები აითვლება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით.

47. რას უდრის აეროლოგიური ქარის სიჩქარე, თუ ბირთვ-პილოტის გზის პროექციის მონაკვეთი 240 მ შეადგენს და განვლილი დრო კი 1 წუთია?

ესარგებლობთ (2.17) ფორმულით: $v = \frac{l}{60 t}$, მივიღებთ:

$$v = \frac{240}{600 \cdot 1} = 4 \text{ მ/წმ.}$$

48. მონახეთ აეროლოგიური ქარის სიჩქარე შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) $l = 190$ მ,	$t = 1$ წთ,
ბ) $l = 730$ მ,	$t = 2$ წთ,
გ) $l = 460$ მ,	$t = 0,5$ წთ,
დ) $l = 1380$ მ,	$t = 2,5$ წთ,
ე) $l = 2450$ მ,	$t = 3,5$ წთ.

49. გამოითვალეთ ანალოზური მეთოდით ქარის სიჩქარე და მიმართულება შემდეგი დაკვირვებების მიხედვით:

1) $W=200$ მ/წთ	n	α	δ
	3 4	287°,3 221°,8	23°,9 21°,7
2) $W=200$ მ/წთ	18 20	3°,6 354°,2	17°,5 16°,9
	1 2 3 5 6 7 10	151°,4 147°,6 141°,1 139°,8 130°,4 137°,1 145°,2	28°,4 27°,1 25°,8 24°,2 23°,6 22°,1 19°,5

50. ააგეთ ბირთვ-პილოტის გზის პროექციის მონაკვეთები; მონახეთ ქარის მიმართულება და გამოითვალეთ მისი საჩქარე შემდეგი მონაკვეთების მიხედვით:

1) $W=200$ მ/წთ	n	α	δ
	7 8	37°,3 31°,2	28°,6 26°,1
2) $W=230$ მ/წთ	18 24	173° 182°	14°,7 14°,0
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 12 14 16 20	296°,2 291°,3 286°,7 280°,4 276°,2 273°,3 271°,9 272°,2 273°,8 278°,6 283°,1 287°,5 291°,2 298°,4	41°,6 40°,3 37°,4 36°,0 34°,2 31°,7 29°,8 28°,1 26°,2 24°,9 21°,3 19°,0 186° 173°

51. გაიანგარიშეთ პეტრწამიანი სკალის დანაყოფის ფასი, თუ

ა) $m=20$ მ/მმ,

ბ) $m=75$ მ/მმ,

გ) $m=45$ მ/მმ,

დ) $m=12$ მ/მმ.

52. აგეთ მეტრწამიანი სკალა 25 დანაყოფით, როცა

ა) $m=15$ მ/მმ

ბ) $m=50$ მ/მმ:

53. აგეთ სოკოლოვის სახაზავი, რომლისთვისაც $a=10$ სმ, $m=20$ მ/მმ, $m_2=70$ მ/მმ, თუ დანაყოფთა რიცხვი ყველა სკალაზე უდრის 20.

54. აგეთ მეტრწამიანი სახაზავი, როცა:

ა) $W=150$ მ/წთ,

ბ) $W=200$ მ/წთ,

გ) $W=240$ მ/წთ.

55. აგეთ სოკოლოვის სახაზავი, როცა $a=6$ სმ, $W_1=120$ მ/წთ $W_2=240$ მ/წთ და დანაყოფთა რიცხვი ყველა სკალაზე უდრის 20.

56. მონახეთ ქარის შესწორებული სიჩქარე, თუ მეტრწამიანი სკალით, რომელიც განგარიშებულია $W=200$ მ/წთ-ის მიხედვით, მისი მნიშვნელობა არის 19,6 და 7,3 მ/წმ და ვერტიკალური სიჩქარე $W=180$ მ/წთ.

57. იანგარიშეთ იგივე ამოცანა (56), თუ ვერტიკალური სიჩქარე $W=230$ მ/წთ.

58. დატანეთ მოლჩანოვის წრეზე ბირთვ-პილოტების პროექციები შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) $H=1700$ მ, $\delta=37^{\circ},3$ $\alpha=153^{\circ},5$,

ბ) $H=3700$ მ, $\delta=43^{\circ},0$ $\alpha=274^{\circ},7$,

გ) $t=11$ წთ, $W=180$ მ/წთ, $\delta=29^{\circ},0$,

$\alpha=350^{\circ},3$.

59. გამოითვალეთ მოლჩანოვის წრეზე დატანით ბირთვ-პილოტის დაკვირვებები 46-ე ამოცანის მონაცემების მიხედვით.

60. გამოითვალეთ 59-ე ამოცანა 45-ე ამოცანის მონაცემების მიხედვით.

61. გამოითვალეთ 59-ე ამოცანა 46 ამოცანის მონაცემების მიხედვით.

62.. გამოითვალეთ მოლჩანოვის წრეზე დატანით ქარის მიმართულება და სიჩქარე შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

n	α	δ	n	α	δ
0,5	350°,4	43°,1	6	19°,9	24°,8
1	356°,7	40°,2	7	20°,3	23°,9
1,5	354°,2	38°,8	10	22°,4	19°,2
2	3°,0	36°,7	12	18°,1	17°,3
2,5	5°,6	34°,3	14	11°,9	16°,8
3	7°,4	30°,1	16	0°,3	15°,4
4	11°,2	27°,6	20	352°,6	14°,7
5	14°,8	26°,3	—	—	—

თუ $W=233$ მ/წთ.

აპროლოგიური ქარის სიჩქარისა და მიმართულების გაანგარიშებათა ცდომილებანი

§ 16. აპროლოგიური ქარის სიჩქარის გაზომვლათა ცდომილების ძირითადი ფორმულა

ცდომილებათა თეორიის თანახმად, თუ y არის ფუნქცია $x_1, x_2, \dots, x_n$ ცვლადებისა, რომელთა აბსოლუტური ცდომილებები არის $\pm \Delta x_1, \pm \Delta x_2, \dots, \pm \Delta x_n$, მაშინ მისი აბსოლუტური ცდომილება მიიღება ძირითადი ფორმულიდან:

$$y \pm \Delta y = f(x_1 \pm \Delta x_1, x_2 \pm \Delta x_2, \dots, x_n \pm \Delta x_n),$$

როცა ცნობილია $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ფუნქციის სახე და $\pm \Delta x_i (i=1, 2, \dots, n)$ ცდომილებანი (ცდომილებათა თეორიის პირდაპირი ამოცანა).

პირიქით, როცა ცნობილია ფუნქციის ცდომილება, თვით ფუნქციის სახე და საჭიროა x_i -ის გაზომვებში მოინახოს დასაშვები ცდომილებების საზღვრები, მაშინ ამოცანა გარკვევით არ არის ჩამოყალიბებული (ცდომილებათა თეორიის შექცეული ამოცანა).

ბოლოს, თუ საჭიროა ყველა x_i ცვლადის ისეთი განსაზღვრა, რომ y ფუნქციამ მიაღწიოს უმცირეს ცდომილებას, ასეთი ამოცანა არ ამოიხსნება (ცდომილებათა თეორიის მესამე ამოცანა). უკანასკნელ შემთხვევაში ამოცანის ამოხსნის შესაძლებლობა დამოკიდებულია თვითონ y ფუნქციის სახეზე.

აღენიშნოთ $(\Delta y)_{\text{სა.}} -$ ით y ფუნქციის აბსოლუტური ცდომილების ისეთი საზღვრითი მნიშვნელობა, როდესაც ყველა x_i ცვლადის აბსოლუტურ ცდომილებებს აღმოაჩნდება ერთნაირი ნიშნები. ასეთი შემთხვევა ყველაზე არახელსაყრელ შემთხვევად ითვლება. მაშინ

$$(\Delta y)_{\text{სა.}} = \pm \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} \Delta x_i \right|. \quad (3.01)$$

ფუნქციის ფარდობითი ცდომილების საზღვრითი მნიშვნელობა, თუ მას $(\delta y) -$ ით აღენიშნავთ, იქნება:

$$(\delta y)_{\text{სა.}} = \pm \frac{1}{f(x_1, x_2, \dots, x_n)} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} \Delta x_i \right|. \quad (3.02)$$

პრაქტიკაში საქმე გვაქვს ამ ორივე სახის ფორმულებთან. ბირთვ-პილოტებზე დაკვირვებათა დამოუკიდებელი x_i ცვლადებია $\alpha_1, \alpha_2,$

δ_1, δ_2 კუთხეები და H_1, H_2 სიმაღლეები შესაბამისად დაკვირვების ორი მომდევნო t_1 და t_2 მომენტისათვის.

ამ ფორმულების მიხედვით შევადგინოთ ჯერ აეროლოგიური ქარის სიჩქარის გამოთვლის ცდომილების ფორმულა. როგორც ვიცით, ქარის სიჩქარე

$$v = \frac{1}{t_2 - t_1} \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)}, \quad (3.03)$$

სადაც $L_1 = H_1 \operatorname{ctg} \delta_1$ და $L_2 = H_2 \operatorname{ctg} \delta_2$ არის ბირთვ-პილოტის ჰორიზონტალური დაშორება აშვების წერტილიდან. ჩვენ შემდეგში ხშირად ვიგულისხმებთ, რომ $t_2 - t_1 = 1$ წუთს; ეს იმას ნიშნავს, რომ v მ/წმ ქარის სიჩქარის მისაღებად საჭირო იქნება 60-ზე გაყოფა.

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას

$$S = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)}, \quad (3.04)$$

რაც, როგორც ვიცით, ბირთვ-პილოტის თანამიმდევნო ჰორიზონტალურ პროექციითა შორის ურთიერთდაშორებას გამოხატავს, მაშინ (3.01) თანახმად, გამოვითვლით კერძო წარმოებულებს ყველა ცვლადის მიხედვით:

$$\frac{\partial v}{\partial \alpha_1} = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{S} H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2 \sin(\alpha_1 - \alpha_2),$$

$$\frac{\partial v}{\partial \alpha_2} = - \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{S} H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2 \sin(\alpha_1 - \alpha_2),$$

$$\frac{\partial v}{\partial \delta_1} = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{S} \left[-H_1^2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_1} + H_1 H_2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_1} \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \right],$$

$$\frac{\partial v}{\partial \delta_2} = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{S} \left[-H_2^2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_2} + H_1 H_2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_2} \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \right],$$

$$\frac{\partial v}{\partial H_1} = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{S} [H_1^2 \operatorname{ctg}^2 \delta_1 - H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \cdot \operatorname{ctg} \delta_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)],$$

$$\frac{\partial v}{\partial H_2} = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{S} [H_2 \operatorname{ctg}^2 \delta_2 - H_1 \operatorname{ctg} \delta_1 \cdot \operatorname{ctg} \delta_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)].$$

(3.03) ფორმულის გამოყენება აეროლოგიური ქარის სიჩქარის გამანგარიშების საზღვრითი ფარდობითი ცდომილებისათვის გვაძლევს ასეთ ფორმულას:

$$\left(\frac{\Delta v}{v} \right)_{\text{სა.}} = \pm \frac{1}{(t_2 - t_1) S^2} [H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2 |\sin(\alpha_1 - \alpha_2)| (\Delta \alpha_1 - \Delta \alpha_2) +$$

$$\begin{aligned}
& + \left| -H_1^2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_1} + H_1 H_2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_1} \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \right| \Delta \delta_1 + \\
& + \left| -H_2^2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_2} + H_1 H_2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_2} \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \right| \Delta \delta_2 + \\
& + |H_1 \operatorname{ctg} \delta_1 - H_2 \operatorname{ctg} \delta_2 \cdot \cos(\alpha_1 - \alpha_2)| \operatorname{ctg} \delta_1 \cdot \Delta H_1 + \\
& + |H_2 \operatorname{ctg} \delta_2 - H_1 \operatorname{ctg} \delta_1 \cdot \cos(\alpha_1 - \alpha_2)| \operatorname{ctg} \delta_2 \cdot \Delta H_2 \}. \quad (3.05)
\end{aligned}$$

თუ $\Delta \alpha_1$ და $\Delta \alpha_2$ ტოლებია და ერთნაირი ნიშნები აქვთ, მაშინ მარჯვენა მხარის პირველი წევრი ისპობა. ასეთი დაშვება $\Delta \alpha$ ცდომილებათა მიმართ სრულიად მისაღებია იმის გამო, რომ ანათვლები თეოდოლიტის პორიზონტალურ ლიბზე $t_2 - t_1$ დროის განმავლობაში ერთნაირი სიზუსტით აითვლება. ამავდროულად მოსაზრებებით შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ $\Delta \delta_1 = \Delta \delta_2 = \Delta \delta$. აქ უკვე მათი ერთნაირნიშნაობა ვერ მოსპობს მარჯვენა მხარის ორ შემდგომ წევრს; მათი მოსპობა შეიძლება მაშინ, თუ ისინი იგივეურად ნულებია. თუ ჩავთვლით, რომ სიმაღლეთა ფარდობითი ცდომილება

$$\frac{\Delta H_1}{H_1} = \frac{\Delta H_2}{H_2} = \lambda, \quad (3.06)$$

სადაც $\lambda = 0,15$, როცა სიმაღლე < 2 კმ და $\lambda = 0,10$. თუ სიმაღლე 2 კმ-ზე მეტია, მაშინ (3.05) ფორმულა ასეთი სახით გადაიწერება:

$$\begin{aligned}
\left(\frac{\Delta v}{v} \right)_{\text{ს.}} = & \pm \frac{1}{(t_2 - t_1) S^2} \left\{ L_1 L_2 |\sin(\alpha_1 - \alpha)| (\Delta \alpha_1 - \Delta \alpha_2) + \right. \\
& + \left| H_1 H_2 \left(\frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_1} + \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_2} \right) \cos(\alpha_1 - \alpha_2) - \right. \\
& \left. - \left(H_1^2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_1} + H_2^2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_2} \right) \right| \Delta \delta + \lambda S^2 \left. \right\}. \quad (3.07)
\end{aligned}$$

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, აქ მარჯვენა მხარის პირველი წევრი შეიძლება ნულის ტოლად ჩაითვალოს. ამასთან ერთად, თუ მივიღებთ აგრეთვე, რომ $\lambda = 0$, მაშინ (3.07) ფორმულა დაიწერება უფრო მოკლედ:

$$\begin{aligned}
\left(\frac{\Delta v}{v} \right)_{\text{ს.}} = & \pm \frac{1}{(t_2 - t_1) S^2} \left| H_1 H_2 \left(\frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_1} + \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_2} \right) \cos(\alpha_1 - \alpha_2) - \right. \\
& \left. - \left(H_1^2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_1} + H_2^2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_2} \right) \right| \Delta \delta. \quad (3.08)
\end{aligned}$$

ძირითადი ფორმულა (3.05) მიღებულია ცდომილებათა თეორიის საფუძველზე. იგივე ფორმულა მიიღება გეომეტრიული გზითაც. ამისათვის დაეწეროთ ჯერ ტოლობა:

$$\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{\text{ს.გ.}} = \left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{\alpha} + \left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{\delta} + \left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{H}, \quad (3.09)$$

რაც, (3.05) ფორმულის მიხედვით, ნიშნავს:

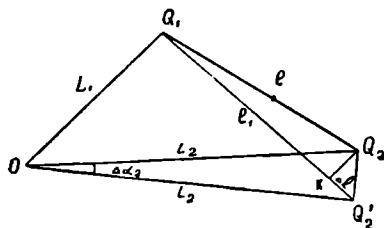
$$\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{\alpha} = \pm \frac{1}{(t_2 - t_1)S^2} L_1 L_2 |\sin(\alpha_1 - \alpha_2)| (\Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_2), \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{\delta} = \pm \frac{1}{(t_2 - t_1)S^2} & \left\{ \left| -H_1^2 \frac{\text{ctg } \delta_1}{\sin^2 \delta_1} + H_1 H_2 \frac{\text{ctg } \delta_2}{\sin^2 \delta_1} \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \right| \Delta\delta_1 + \right. \\ & \left. + \left| -H_1^2 \frac{\text{ctg } \delta_2}{\sin^2 \delta_2} + H_1 H_2 \frac{\text{ctg } \delta_1}{\sin^2 \delta_2} \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \right| \Delta\delta_2 \right\}, \end{aligned} \quad (3.11)$$

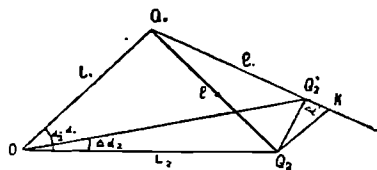
$$\begin{aligned} \left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{H} = \pm \frac{1}{(t_2 - t_1)S^2} & \{ |H_1 \text{ctg}^2 \delta_1 - H_1 \text{ctg } \delta_1 \times \\ & \times \text{ctg } \delta_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)| \Delta H_1 + H_2 \text{ctg}^2 \delta_2 - H_1 \text{ctg } \delta_1 \times \\ & \times \text{ctg } \delta_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)| \Delta H_2 \}. \end{aligned} \quad (3.12)$$

ამ ფორმულათა გეომეტრიული გზით წარმოდგენისათვის საკმარისია $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ და ΔH ცდომილებიდან რომელიმე, ორი ჩაითვალოს ერთდროულად ნულის ტოლად.

ა) აზიმუტის ათვლის ცდომილებათა გავლენა: აქ განიხილება ორი შემთხვევა: 1) გზის პროექციის $Q_1 Q_2 = l$ წაგრძელება, ე. ი. $\Delta l > 0$;



ნახ. 36. აზიმუტის ათვლის ცდომილება ($\Delta l > 0$).



ნახ. 37. აზიმუტის ათვლის ცდომილება ($\Delta l < 0$).

2) გზის პროექციის შემოკლება, ე. ი. $\Delta l < 0$. პირველი მათგანისათვის მოცემულია 36-ე ნახაზი, ხოლო მეორისათვის ვიხილავთ 37-ე ნახაზს. ორივე შემთხვევაში მსჯელობა ერთნაირია, ამიტომ საკმარისია განვიხილოთ შემთხვევა $\Delta l > 0$. მივიღებთ, რომ $\Delta H = 0$ და $\Delta\delta = 0$; მა-

შინ $L_1 = H_1 \operatorname{ctg} \delta_1$ და $L_2 = H_2 \operatorname{ctg} \delta_2$ არ იცვლება. გადავზომოთ l_1 სხივზე $Q_1 k = \overline{Q_1 Q_2}$ მონაკვეთი. ნაშთი

$$kQ'_2 = \Delta l = \overline{Q_1 Q'_2} - \overline{Q_1 Q_2},$$

სადაც

$$\overline{Q_1 Q_2} = l = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1 L_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)},$$

$$\overline{Q_1 Q'_2} = l_1 = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1 L_2 \cos(\alpha_2 + \Delta\alpha_2 - \alpha_1)}.$$

$\Delta l = l_1 - l$ სხვაობა გავამრავლოთ და გავყოთ $l_1 + l$ ჯამზე; მნიშვნელში მცირე $\Delta\alpha_2$ კუთხე $\cos$ -ის ნიშნის ქვეშ იმყოფება, ამიტომ

$$\Delta l = \frac{1}{2l} \cdot 2L_1 L_2 [\cos(\alpha_2 - \alpha_1) - \cos(\alpha_2 + \Delta\alpha_2 - \alpha_1)] =$$

$$= \frac{L_1 L_2}{l} \left[2 \sin\left(\alpha_2 - \alpha_1 + \frac{\Delta\alpha_1}{2}\right) \sin \frac{\Delta\alpha_2}{2} \right].$$

$\sin\left(\frac{\Delta\alpha_2}{2}\right)$ -ის სიმცირის გამო მის მაგიერ შეიძლება თვით კუთხის დაწერა, გვექნება;

$$\Delta l = \frac{L_1 L_2}{l} \sin(\alpha_2 - \alpha_1) \Delta\alpha_2,$$

საიდანაც გვაქვს

$$\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{\alpha_2} = \frac{L_1 L_2}{(l_2 - l_1) l^2} \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \Delta\alpha_2, \quad (3.10')$$

ე. ი. მივიღეთ იგივე (3.10) ფორმულა, რადგან აქ $\Delta\alpha_1 = 0$ და $\alpha_2 > \alpha_1$, რაც თვით ნახაზიდან ჩანს. გარდა ამისა, l და S გამოხატავს ერთსა და იმავე სიგრძეს $\overline{Q_1 Q_2}$.

37-ე ნახაზიდან შეიძლება მივიღოთ ასეთი ფორმულა $\Delta\alpha_1$ -სათვის:

$$\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_{\alpha_1} = \frac{L_1 L_2}{(l_2 - l_1) l^2} \sin(\alpha_2 - \alpha_1) \Delta\alpha_1, \quad (3.10'')$$

რადგან ამ შემთხვევაში $\Delta\alpha < 0$. ორივე ეს ფორმულა, წევრების აბსოლუტური მნიშვნელობათა გათვალისწინებით, მოგვცემს (3.10) ფორმულას.

ბ) ვერტიკალურ კუთხეთა ათვლის ცდომილებათა გავლენა. თუ ვერტიკალურ კუთხეთა ათვლაში დაშვებულია $\Delta\delta_1$ ცდომილება, ეს გავლენას მოახდენს ბირთვ-პილოტის L ჰორიზონტალურ დაშორებაზე. $L = H \operatorname{ctg} \delta$ ფორმულა გვაძლევს მისი ΔL ცდომილების გამოთვლის საშუალებას; ავიღოთ

$$\ln L = \ln H + \ln \operatorname{ctg} \delta$$

და შევადგინოთ ფარდობითი ცდომილება

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta H}{H} - \frac{1}{\operatorname{ctg} \delta} \sin^2 \delta \cdot \Delta \delta. \quad (3.13)$$

თუ $\frac{\Delta H}{H} = 0$, მაშინ

$$\left(\frac{\Delta L}{L} \right)_{\delta} = \pm \frac{2\Delta \delta}{\sin 2\delta}. \quad (3.14)$$

ეს ფორმულა გვიჩვენებს, რომ თუ ვერტიკალურ კუთხეთა ათვლა პორიზონტალურ ხაზთან ახლოს ანდა ზენიტთან ხდება, მაშინ მოცემული $\Delta \delta$ -სათვის ფარდობითი ცდომილება უსაზღვროდ იზრდება.

38-ე ნახაზზე მოცემულია $\left(\frac{\Delta L}{L} \right)_{\delta}$ სიდიდის პროცენტული ცვლილება.

ბა. როცა $\delta \rightarrow \begin{cases} 0^\circ, \\ 90^\circ, \end{cases}$ მაშინ $\left(\frac{\Delta L}{L} \right)_{\delta} \rightarrow \infty$. აქედან ის დასკვნა გამო-

დის, რომ თუ გვსურს $\left(\frac{\Delta L}{L} \right)_{\delta} \leq 1\%$, მაშინ უარი უნდა ეთქვას იმ

ანათვლებზე, რომლებიც მოვახდინეთ $\delta < 10^\circ$ და $\delta > 80^\circ$ პირობებში.

ე. წ. გაწონასწორებული ბირთვ-პილოტების დაკვირვების დროს სწორედ ამგვარ მოვლენასთან გვაქვს საქმე, რადგან δ კუთხეები მცირეა:

უნდა აღინიშნოს აგრეთვე $\frac{\Delta H}{H}$ ფარდობითი ცდომილების

ან მისი ტოლი $\frac{\Delta W}{W}$ სიდიდის

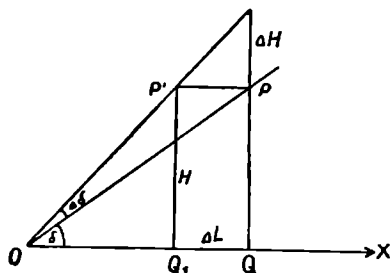
(ვერტიკალური სიჩქარის) გავ-

ლენაც. როგორც ერთუნიჭიანი დაკვირვებიდანაა ცნობილი, მისი სიდიდე აღწევს 10—15%, ამიტომ საბაზო დაკვირვებების უპირატესობა

მდგომარეობს $\frac{\Delta H}{H}$ ცდომილების მკვეთრ შემცირებაში. თუ ერთ-

დროულად მოქმედებს ორივე ცდომილება (ΔH და $\Delta \delta$), მაშინ გამოთვლას ვაწარმოებთ (3.13) ფორმულის მიხედვით:

$$\left(\frac{\Delta L}{L} \right)_{\text{სა.}} = \frac{\Delta H}{H} - \frac{2\Delta \delta}{\sin 2\delta}. \quad (3.13')$$



ნახ. 38. ვერტიკალური კუთხის ათვლის ცდომილება.

38-ე ნახაზიდან ჩანს რომ, როცა $\delta = \text{const}$, მაშინ $\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta H}{H}$; ხოლო როცა $H = \text{const}$, მაშინ

$$L - \Delta L = H \operatorname{ctg}(\delta + H\delta)$$

და

$$L = H \operatorname{ctg} \delta.$$

ფორმულებიდან ვღებულობთ:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\operatorname{ctg} \delta - \operatorname{ctg}(\delta + \Delta\delta)}{\operatorname{ctg} \delta} = 1 - \frac{\operatorname{ctg}(\delta + \Delta\delta)}{\operatorname{ctg} \delta}.$$

მწკრივად დავლით

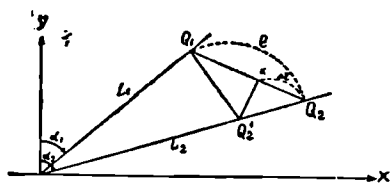
$$\operatorname{ctg}(\delta + \Delta\delta) = \operatorname{ctg} \delta - \frac{\Delta\delta}{\sin^2 \delta} + \dots$$

და მასში მეორე და უმაღლესი რივის მცირეთა უკუგდებათ ვღებულობთ:

$$\frac{\Delta L}{L} = 1 - \left(1 - \frac{2\Delta\delta}{\sin 2\delta} + \dots\right) \approx \frac{2\Delta\delta}{\sin 2\delta}, \quad (3.15)$$

რომლის შემწეობით ვღებულობთ (3.13') ფორმულას, თუ $\Delta H \neq 0$.

განვიხილოთ ახლა 39-ე ნახაზი. აქ ვიგულისხმობთ, რომ $\Delta\delta_1 = 0$



ნახ. 39. $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\delta$ ცდომილება.

და დავადგინოთ $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\delta$ ცდო-

მილება გეომეტრიული გზით, როცა $\Delta\delta_2 \neq 0$.

$\Delta\delta_2$ ცდომილების გამო Q_2 წერტილი სინამდვილეში აღმოჩნდება L_2 სხივის გასწვრივ რომელიმე Q'_2 წერტილში გა-

დატანილი; მაშასადამე, ბირთვ-პილოტის გადანაცვლების გზის მონაკვეთი $l = \overline{Q_1 Q_2}$ მოკლდება $|\Delta L_2| < 0$ ან დიდდება $|\Delta L_2| > 0$ იმისდა მიხედვით, თუ როგორი ნიშანი ექნება ΔL_2 -ს (უარყოფითი ან დადებითი). ვთქვათ, ადგილი აქვს პირველ შემთხვევას*. გვაქვს $\Delta l = l - \overline{Q_1 Q'_2}$, მოვზომოთ $\overline{Q_1 Q_2}$ გზაზე $\overline{Q_1 Q'_2} = \overline{Q_1 Q_2} \cos(\alpha_2 - \alpha_1)$ მონაკვეთი, მაშინ

$$\frac{\Delta l}{l} = 1 - \frac{\overline{Q_1 Q'_2}}{\overline{Q_1 Q_2}} = 1 - \frac{1}{l} \sqrt{L_1^2 + (L_2 - \Delta L_2)^2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}.$$

* მეორე შემთხვევა დაიყვანება პირველზე ΔL_2 ნიშნის შეცვლით.

აქ $L_1 = H_1 \operatorname{ctg} \delta_1$ და $L_2 - \Delta L_2 = H_2 \operatorname{ctg} (\delta_2 - \Delta \delta_2)$, რადგან $\Delta H_1 = \Delta H_2 = 0$ შემდეგ გვექნება:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{l} [\sqrt{H_1^2 \operatorname{ctg}^2 \delta_1 + H_2^2 \operatorname{ctg}^2 \delta_2 - 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)} - \sqrt{H_1^2 \operatorname{ctg}^2 \delta_1 + H_2^2 \operatorname{ctg}^2 (\delta_2 - \Delta \delta_2) - 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \dots} \dots \operatorname{ctg} (\delta_2 - \Delta \delta_2) \cos(\alpha_2 - \alpha_1)].$$

გავამრავლოთ და გავყოთ რადიკალთა სხვაობა მათ ჯამზე; მრიცხველში ზოგიერთი შეკვეცის შემდეგ მივიღებთ ისეთ გამოსახულებას, რომლის მრიცხველი იქნება:

$$\begin{aligned} & H_2^2 \operatorname{ctg}^2 \delta_2 - 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) - H_2^2 \operatorname{ctg}^2 (\delta_2 - \Delta \delta_2) + \\ & + 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} (\delta_2 - \Delta \delta_2) \cos(\alpha_2 - \alpha_1) = H_2^2 [\operatorname{ctg}^2 \delta_2 - \\ & - \operatorname{ctg}^2 (\delta_2 - \Delta \delta_2)] - 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) [\operatorname{ctg} \delta_2 - \operatorname{ctg} (\delta_2 - \Delta \delta_2)] = \\ & = \{H_2^2 [\operatorname{ctg} \delta_2 + \operatorname{ctg} (\delta_2 - \Delta \delta_2)] - 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)\} [\operatorname{ctg} \delta_2 - \\ & - \operatorname{ctg} (\delta_2 - \Delta \delta_2)] = \left\{ H_2^2 \left[\operatorname{ctg} \delta_2 + \frac{\operatorname{ctg} \delta_2 \cdot \operatorname{ctg} \Delta \delta_2 + 1}{\operatorname{ctg} \Delta \delta_2 - \operatorname{ctg} \delta_2} \right] - \right. \\ & \left. - 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \right\} \left[\operatorname{ctg} \delta_2 - \frac{\operatorname{ctg} \delta_2 \cdot \operatorname{ctg} \Delta \delta_2 + 1}{\operatorname{ctg} \Delta \delta_2 - \operatorname{ctg} \delta_2} \right] = \\ & = \left\{ \left[\frac{\operatorname{ctg} \delta_2 \cdot \operatorname{ctg} \Delta \delta_2 - \operatorname{ctg}^2 \delta_2 + \operatorname{ctg} \delta_2 \operatorname{ctg} \Delta \delta_2 + 1}{\operatorname{ctg} \Delta \delta_2 - \operatorname{ctg} \delta_2} \right] - \right. \\ & \left. - 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \right\} \times \\ & \times \left[\frac{\operatorname{ctg} \delta_2 \cdot \operatorname{ctg} \Delta \delta_2 - \operatorname{ctg}^2 \delta_2 - \operatorname{ctg} \delta_2 \cdot \operatorname{ctg} \Delta \delta_2 - 1}{\operatorname{ctg} \Delta \delta_2 - \operatorname{ctg} \delta_2} \right] = \\ & = \left\{ H_2^2 \left[\frac{2\operatorname{ctg} \delta_2 \cdot \operatorname{ctg} \Delta \delta_2 + (1 - \operatorname{ctg}^2 \delta_2)}{\operatorname{ctg} \Delta \delta_2 - \operatorname{ctg} \delta_2} \right] - \right. \\ & \left. - 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \right\} \frac{1 + \operatorname{ctg}^2 \Delta \delta_2}{\operatorname{ctg} \delta_2 - \operatorname{ctg}^2 \Delta \delta_2}. \quad (3.16) \end{aligned}$$

მნიშვნელში კი გვექნება ასეთი გამოსახულება:

$$\begin{aligned} & \sqrt{H_1^2 \operatorname{ctg}^2 \delta_1 + H_2^2 \operatorname{ctg}^2 \delta_2 - 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)} + \\ & + \sqrt{H_1^2 \operatorname{ctg}^2 \delta_1 + H_2^2 \operatorname{ctg}^2 (\delta_2 - \Delta \delta_2) - \dots} \dots \\ & - \dots 2H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} (\delta_2 - \Delta \delta_2) \cos(\alpha_2 - \alpha_1). \end{aligned}$$

უკანასკნელში მეორე რადიკალი პირველესაგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ $\text{ctg } \delta_2$ -ის მაგიერ მასში $\text{ctg}(\delta_2 - \Delta\delta_2)$ სწერია.

რადგან მთელი ეს გამოსახულება შედის $\frac{\Delta l}{l}$ წილადის მნიშვნელობაში, დასაშვებია მივიღოთ, რომ $\text{ctg } \delta_2 \approx \text{ctg}(\delta_2 - \Delta\delta_2)$; ეს მოგვცემს მნიშვნელობაში ორ ერთნაირ რადიკალს, რომელთა ჯამი $2l$ -ს უდრის. ასეთი გზით გვექნება:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{(1 + \text{ctg}^2 \delta_2) \text{ctg } \Delta\delta_2 \left\{ H_2^2 \left[2 \text{ctg } \delta_2 + \frac{1 - \text{ctg}^2 \delta_2}{\text{ctg } \Delta\delta_2} \right] - \right.}{2l^2 (\text{ctg } \Delta\delta_2 - \text{ctg } \delta_2)^2} \\ \left. - 2H_1 H_2 \text{ctg } \delta_1 \left(1 - \frac{\text{ctg } \delta_2}{\text{ctg } \Delta\delta_2} \right) \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \right\}}{2l^2 (\text{ctg } \Delta\delta_2 - \text{ctg } \delta_2)^2}$$

როცა $\Delta l \rightarrow 0$, მაშინ მრიცხველში შემაჯავალი სიდიდეები $\frac{1 - \text{ctg}^2 \delta_2}{\text{ctg } \Delta\delta_2}$

და $\frac{\text{ctg } \delta_2}{\text{ctg } \Delta\delta_2}$ შეიძლება უგულებელვყოთ. დარჩენილი ნაწილი მიიღებს

$\frac{\infty}{\infty}$ განუსაზღვრელობის სახეს, რომელიც ადვილად ამოიხსნება. მართ-

ლაც, თუ მთელ ამ გამოსახულებას ასეთი სახით გადმოვწერთ:

$$\left(\frac{\Delta l}{l} \right)_{\delta_2} \cdot \frac{\text{ctg } \Delta\delta_2}{(\text{ctg } \Delta\delta_2 - \text{ctg } \delta_2)^2} \cdot \frac{1 + \text{ctg}^2 \delta_2}{l^2} [H_2^2 \text{ctg } \delta_2 - \\ - H_1 H_2 \text{ctg } \delta_1 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)]$$

მივიღებთ:

$$\lim_{\Delta\delta_2 \rightarrow 0} \left[\frac{\text{ctg } \Delta\delta_2}{(\text{ctg } \Delta\delta_2 - \text{ctg } \delta_2)^2} \right] = \frac{-\frac{1}{\sin^2 \Delta\delta_2}}{2(\text{ctg } \Delta\delta_2 - \text{ctg } \delta_2) \left(-\frac{1}{\sin^2 \Delta\delta_2} \right)} = \\ = \frac{1}{2 \text{ctg } \Delta\delta_2} \cdot \frac{1}{1 - \text{ctg } \delta_2 / \text{ctg } \Delta\delta_2} \approx \frac{1}{2} \frac{\sin \Delta\delta_2}{\cos \Delta\delta_2}.$$

$\Delta\delta_2$ კუთხის სიმცირის გამო მის სინუსს შევცვლით თვით კუთხით, ხოლო კოსინუსს—ერთით; იმავე მიზეზით $\Delta\delta_2$ -ის მაგივრად შეგვიძლია დავწეროთ $2\Delta\delta_2$, რადგან ამ სიდიდეთა სინუსები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან მხოლოდ მეათასედებში.

$\Delta H_2 \neq 0$ -ის. ორივე ერთად იძლევა $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_H$ ცდომილებას, როცა

$$\Delta H_1 = 0 \text{ და } \Delta H_2 \neq 0.$$

როგორც ნახაზიდან ჩანს, პირობა $\Delta \delta_2 = 0$ იმას ნიშნავს, რომ P'_2 წერტილის პროექცია ზუსტად აღმოჩნდება L_2 ხაზზე Q_2 წერტილის მარჯვნივ ან მარცხნივ ΔH_2 -ის ნიშნის მიხედვით. ნახაზი გამოხატავს შემთხვევას, როცა $\Delta H_2 > 0$. ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე ამის გამო მივიღებთ $Q_2 Q_1 Q_2'$ სამკუთხედს, რომელშიც $\overline{Q_1 Q_2'} > \overline{Q_1 Q_2}$ მონაკვეთზე Δl მონაკვეთით. თუ მოვზომავთ $\overline{Q_1 Q_2}$ მონაკვეთს $\overline{Q_1 Q_2'}$ ხაზზე და აღვნიშნავთ მასზე k წერტილს, მაშინ:

$$\Delta l = \overline{Q_1 Q_2'} - \overline{Q_1 Q_2}, \quad (3.19)$$

სადაც

$$Q_1 Q_2 = l = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1 L_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}.$$

დაწვერთ

$$\begin{aligned} \Delta l = l_1 - l = & \sqrt{L_1^2 + (L_2 + \Delta L_2)^2 - 2L_1(L_2 + \Delta L_2) \cos(\alpha_2 - \alpha_1)} - \\ & - \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1 L_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}. \end{aligned}$$

გავამრავლოთ და გავყოთ ეს გამოსახულება $l + l_1$ ჯამზე: ფრჩხილების გახსნისა და შეკვეცის შემდეგ მივიღებთ:

$$\Delta l = \frac{l_1^2 - l^2}{l_1 + l} = 2L_2 \Delta L_2 + \Delta L_2^2 - 2L_1 \Delta L_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1).$$

მნიშვნელად შეგვიძლია მივიღოთ $l + l_1 \approx 2l$, მაშინ გვექნება:

$$\Delta l = \frac{1}{2l} \{ [2(L_2 + L_1 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)) + \Delta L_2] \Delta L_2 \}. \quad (3.20)$$

თუ Q_1 წერტილიდან დაეუშვებთ შვეულს L_2 წრფეზე, მივიღებთ:

$$L_2 - L_1 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) = \overline{L_2 - ON} = L_2 - (L_2 - \overline{NQ_2}) = \overline{NQ_2} = l \cos(\widehat{Q_1 Q_2 O}).$$

შევიტანთ რა ამ მნიშვნელობას, მივიღებთ:

$$\begin{aligned} \Delta l = & \frac{1}{2l} \{ [2l \cos(\widehat{Q_1 Q_2 O}) + \Delta L_2] \Delta L_2 \} = \\ = & \frac{1}{2l} \{ [2l \cos(\widehat{Q_1 Q_2 O}) + \Delta H_2 \operatorname{ctg} \delta_2] \Delta H_2 \operatorname{ctg} \delta_2 \}. \end{aligned}$$

OQ_1Q_2 სამკუთხედიდან გვექნება:

$$\operatorname{tg} \frac{\angle OQ_1Q_2 + \angle Q_1Q_2O}{2} = \frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2},$$

$$\frac{\angle OQ_1Q_2 + \angle Q_1Q_2O}{2} = 90^\circ - \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2},$$

საიდანაც ვღებულობთ:

$$\angle Q_1Q_2O = 90^\circ - \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right]. \quad (3.21)$$

ამ კუთხის შეტანა Δl -ის გამოსახულებაში გვაძლევს:

$$\Delta l = \frac{1}{2l} \left\{ \left[2l \sin \left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right) \right] + \right. \\ \left. + \Delta H_2 \operatorname{ctg} \delta_2 \right] \Delta H_2 \operatorname{ctg} \delta_2 \left. \right\}. \quad (3.22)$$

ჯამის სინუსის დაშლით და ცნობილი ფორმულების გამოყენებით

$$\sin(\operatorname{arc} \operatorname{tg} x) = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}},$$

$$\cos(\operatorname{arc} \operatorname{tg} x) = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}.$$

ვღებულობთ:

$$\sin \left[\operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right] = \frac{1}{l} \left[(L_2 - L_1) \cos \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right].$$

$$\cos \left[\operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right] = \frac{1}{l} \left[(L_1 + L_2) \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right];$$

მაშასადამე,

$$\sin \left[\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right] = \\ = \frac{2L_1}{l} \sin^2 \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} + \frac{L_2 - L_1}{l} \quad (3.23)$$

და (3.22) ასე გადმოიწერება:

$$\Delta l = \frac{1}{2l^2} \left\{ \left[2l \left(\frac{2L_1}{l} \sin^2 \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} + \frac{L_2 - L_1}{l} \right) + \Delta H_2 \operatorname{ctg} \delta_2 \right] \right\} \Delta H_2 \operatorname{ctg} \delta_2.$$

გადანაცვლების გზის განსაზღვრის ფარდობითი ცდომილება იქნება:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{2l^2} \left\{ \left[2l \left(\frac{2L_1}{l} \sin^2 \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} + \frac{L_2 - L_1}{l} \right) + \Delta H_2 \operatorname{ctg} \delta_2 \right] \right\} \Delta H_2 \operatorname{ctg} \delta_2.$$

აქ შეიძლება უგულებელვყოთ მცირე სიდიდე

$$\frac{\Delta H_2^3}{2l^2} \operatorname{ctg}^2 \delta_2$$

და დავწეროთ:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{l^2} [H_2 \operatorname{ctg}^2 \delta_2 - H_1 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2 \cos (\alpha_2 - \alpha_1)] \Delta H_2;$$

მაშასადამე, აეროლოგიური ქარის სიჩქარის ფარდობითი ცდომილება იქნება:

$$\left(\frac{\Delta v}{v} \right)_{H_2} = \pm \frac{1}{(t_2 - t_1) l^2} [H_2 \operatorname{ctg}^2 \delta_2 - H_1 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2 \cos (\alpha_2 - \alpha_1)] \Delta H_2. \quad (3.24)$$

ასეთივე გზით მიიღება H_1 -ის განსაზღვრის ცდომილება

$$\left(\frac{\Delta v}{v} \right)_{H_1} = \pm \frac{1}{(t_2 - t_1) l^2} [H_1 \operatorname{ctg}^2 \delta_1 - H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2 \cos (\alpha_2 - \alpha_1)] \Delta H_1. \quad (3.25)$$

ΔH_1 -ისა და ΔH_2 -გან დამოკიდებული სრული ცდომილება კი მიიღება მათი ჯამის სახით, ე. ი. მივიღებთ იმავე (3.12) ფორმულას.

§ 18. $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\alpha$ განსაზღვრის ცდომილების გამოვლენილი ინტერპრეტაცია

ზემოთ უკვე აღნიშნული გვექონდა, რომ როცა $\Delta\alpha_1$ და $\Delta\alpha_2$ ცდომილებები ტოლია და სხვადასხვა ნიშანი აქვთ, მაშინ $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\alpha$ -ს სი-

დიდე, (3.10) ფორმულის მიხედვით, ნულს უდრის. გრაფიკულად ეს შეიძლება მივიღოთ რომელი-

ღაც OQ_1Q_2 სამკუთხედის წა-

წევით $OQ'_1Q'_2$ სამკუთხედის

მდგომარეობაში (ნახ. 41). ნა-

ზაზიდან ჩანს რომ $\overline{Q_1Q_2} =$

$=\overline{Q'_1Q'_2}$ და ქარის სიჩქარე არ

იცვლება. მაშინაც კი, როცა

$\Delta\alpha_1 = \Delta\alpha_2$, როგორც ეს (3.10)

ფორმულიდან ჩანს $\alpha_1 = \alpha_2$ -თვის

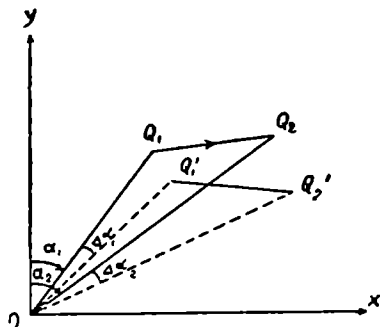
$\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\alpha = 0$. აქედან დავასკვნით,

რომ, თუ ბირთვ-პილოტისწორ-

ხაზოვნად მიემართება აშვების

წერტილიდან ანდა, პირიქით,

მაშინ ქარის სიჩქარის ფარდობითი ცდომილება ნულს უდრის.



ნახ. 41. $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\alpha$ ცდომილება.

როცა $\sin(\alpha_1 - \alpha_2) = \pm 1$, ე. ი. როცა $\alpha_1 - \alpha_2 = \pm \frac{\pi}{2}$ ანდა $\alpha_1 =$

$= \alpha_2 \pm \frac{\pi}{2}$, ფარდობითი ცდომილება $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\alpha$ -სათვის მაქსიმუმს აღ-

წევს.

თუ $\alpha_1 - \alpha_2 = \pm \pi$, მაშინ ცდომილება ნულის ტოლი ხდება, ეს

იმას ნიშნავს, რომ გაშვების O წერტილიდან რადიალური მიმართუ-

ლებით გაფრენისას ქარის სიჩქარის განსაზღვრა ხასიათდება უმცი-

აღნიშნულის მიხედვით დავასკვნით შემდეგს:

1. ბირთვ-პილოტის რადიალური მოძრაობის დროს $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\alpha$ ცდო-

მილება უმცირესია;

2. აშვების წერტილის შემოვლისას (ნახ. 42) ცდომილება აღწევს

მაქსიმუმს

$$\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\alpha = \pm \frac{L_1 L_2}{(l_2 - l_1) l^2} (\Delta \alpha_1 - \Delta \alpha_2), \quad (3.10')$$

რადგან $\sin(\alpha_1 - \alpha_2) = \pm 1$. 42-ე ნახაზზე წარმოდგენილია ერთი ასეთი შემთხვევა, როცა $\alpha_1 = \alpha_2 + \frac{\pi}{2}$.

გვეცნოთ ახლა (3.10') ფორმულის გეომეტრიულ სახეს, როცა $\Delta \alpha_1 = 0$ და $\Delta \alpha_2 \neq 0$.

რადგან სიჩქარის ფარდობითი ცდომილება გამოისახება გადანაცვლების გზის $l = \overline{Q_1 Q_2}$ სიგრძის ფარდობითი ცდომილებით, როცა $\Delta \alpha \neq 0$, ამიტომ შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\Delta l = \overline{Q_2 Q'_2} \cos(Q_2 \widehat{Q'_2} Q_1),$$

სადაც $\Delta l = \overline{r Q'_2}$ არის გზის წაგრძელება აზიმუტის $\Delta \alpha_2 \neq 0$ კუთხით მოტრიალების გამო.

თუ დავუშვებთ $\overline{Q_2 r}$ პერპენდიკულარს $\overline{Q_1 Q'_2}$ ხაზზე, შეიძლება დაახლოებით დავწეროთ $\overline{Q_1 Q_2} = \overline{Q_1 r}$ და

$$\angle Q_2 Q'_2 Q_1 = \angle Q_2 Q'_2 O - \angle Q_1 Q'_2 O,$$

სადაც

$$\angle Q_2 Q'_2 O = 90^\circ - \frac{\Delta \alpha_2}{2} - \arctg \left[\frac{\Delta L_2}{L_1 + L_2 + \Delta L_2} \operatorname{ctg} \frac{\Delta \alpha_2}{2} \right],$$

$$\angle Q_1 Q'_2 O = 90^\circ - \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} - \arctg \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right].^*$$

თუ უგულებელვყოფთ პირველ ტოლობაში მისი მარჯვენა მხარის მესამე წევრს, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\angle Q_2 Q'_2 Q_1 = \frac{\alpha_2 - \alpha_1 - \Delta \alpha_2}{2} + \arctg \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right];$$

მაშასადამე,

$$\begin{aligned} \Delta l &= \overline{Q_2 Q'_2} \cos(Q_2 \widehat{Q'_2} Q_1) = \\ &= \overline{Q_2 Q'_2} \cdot \cos \left[\frac{\alpha_2 - \alpha_1 - \Delta \alpha_2}{2} + \arctg \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right], \end{aligned}$$

სადაც

$$Q_2 Q'_2 = \sqrt{L_2^2 + (L_2 + \Delta L_2)^2 - 2L_2(L_2 + \Delta L_2) \cos \frac{\Delta \alpha_2}{2}}.$$

გადაწვევების გზის სიგრძის განაზღვრის ფარდობითი ცდომილება

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\sqrt{L_2^2 + (L_2 + \Delta L_2)^2 - 2L_2(L_2 + \Delta L_2) \cos \frac{\Delta \alpha_2}{2}}}{\sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1 L_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}} \times \cos \left[\frac{\alpha_2 - \alpha_1 - \Delta \alpha_2}{2} + \arctg \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right], \quad (3.26)$$

რადგან

$$l = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1 L_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}.$$

თუ უგულებელვყოფთ $\frac{\Delta L_2}{L_2}$ მცირე სიდიდეს და მის კვადრატებს,

შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\begin{aligned} \frac{1}{l} \sqrt{L_2^2 + (L_2 + \Delta L_2)^2 - 2L_2(L_2 + \Delta L_2) \cos \frac{\Delta \alpha_2}{2}} &= \\ &= \frac{L_2}{l} \sqrt{1 + \left(1 + \frac{\Delta L_2}{L_2}\right)^2 - 2\left(1 + \frac{\Delta L_2}{L_2}\right) \cos \frac{\Delta \alpha_2}{2}} \approx \\ &\approx \frac{L_2}{l} \sqrt{2 - 2 \cos \frac{\Delta \alpha_2}{2}} = \frac{L_2}{2} \sqrt{2 \left(1 - \cos \frac{\Delta \alpha_2}{2}\right)} = \\ &= \frac{L_2}{l} \sqrt{2 \cdot 2 \sin^2 \frac{\Delta \alpha_2}{2}} = \frac{L_2}{l} \cdot 2 \sin \frac{\Delta \alpha_2}{4}; \end{aligned} \quad (3.27)$$

შემდეგ

$$\begin{aligned} \cos \left[\frac{\alpha_2 - \alpha_1 - \Delta \alpha_2}{2} + \arctg \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right] &= \\ &= \cos \left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1 - \Delta \alpha_2}{2} \right) \cos \left[\arctg \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right] - \\ &- \sin \left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1 - \Delta \alpha_2}{2} \right) \sin \left[\arctg \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right]. \end{aligned} \quad (3.28)$$

ადელი საჩვენებელია, რომ აქ

$$\begin{aligned}\cos \left[\arctg \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right] &= \frac{1}{l} \left[(L_1 + L_2) \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right], \\ \sin \left[\arctg \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right] &= \frac{1}{l} \left[(L_2 - L_1) \cos \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right], \\ \text{აზიტომ} \\ \cos \left[\frac{\alpha_2 - \alpha_1 - \Delta \alpha_2}{2} + \arctg \left(\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right) \right] &= \\ = \frac{L_1}{l} \sin \left(\alpha_2 - \alpha_1 - \frac{\Delta \alpha_2}{2} \right) + \frac{L_2}{l} \sin \frac{\Delta \alpha_2}{2}. &\quad (3.29)\end{aligned}$$

თუ მივიღებთ მხედველობაში (3.27) და (3.29) ფორმულებს, გვექნება:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{2L_2}{l} \sin \frac{\Delta L_2}{4} \left[\frac{L_1}{l} \sin \left(\alpha_2 - \alpha_1 - \frac{\Delta \alpha_1}{2} \right) + \frac{L_2}{l} \sin \frac{\Delta \alpha_2}{2} \right].$$

სინუსის ნიშანში შემავალი $\frac{\Delta \alpha_2}{2}$ მცირე კუთხის უგულებელყოფა შეიძლება; თუ ამასთანავე მივიღებთ, რომ $\sin \frac{\Delta \alpha_2}{4} \approx \sin \frac{\Delta \alpha_2}{2}$, რაც დასაშვებია მეტად მცირე $\Delta \alpha_2$ კუთხეებისათვის, მაშინ $\sin^2 \frac{\Delta \alpha_2}{2}$ სიდიდის უკუგდების შედეგად დავწერთ:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{L_1 L_2}{l^2} \sin(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \Delta \alpha_2,$$

სადაც $\sin \frac{\Delta \alpha_2}{2}$ შეცვლილია მცირე $\frac{\Delta \alpha_2}{2}$ კუთხით. აქედან უკვე ქარის სიჩქარის განსაზღვრის ცდომილებისათვის მივიღებთ:

$$\left(\frac{\Delta v}{v} \right)_\alpha = \pm \frac{L_1 L_2 |\sin(\alpha_2 - \alpha_1)|}{(t_2 - t_1) l^2} \Delta \alpha_2,$$

ე. ი. იმავე (3.10') ფორმულას.

* მაგალითად, თუ $\Delta \alpha_2 = \pm 1$, მაშინ $\sin \frac{\Delta \alpha_2}{4} = \sin 15' = 0,0044$ და $\sin \frac{\Delta \alpha_2}{2} = \sin 30' = 0,0084$ ტოლქლოვანი მცირე სიდიდეებია. მაგრამ პრაქტიკაში $\Delta \alpha_2 = \pm 0,2$ და აღნიშნული ტოლობის დაწერა დასაშვებია.

მაგალითი 1. ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე $W=180$ მ/წთ. მე-3 და მე-4 წუთებზე თეოდოლიტის ანათვლები უდრის

n	α	δ
3	$135^{\circ},8$	$28^{\circ},6$
4	$147^{\circ},3$	$27^{\circ},7$

$$H_1=3.180=540 \text{ მ.}$$

$$H_2=4.180=720 \text{ მ.}$$

$$L_1=540 \operatorname{ctg} 28^{\circ},6=990,4 \text{ მ,}$$

$$L_2=720 \operatorname{ctg} 27^{\circ},7=1368,2 \text{ მ.}$$

სიჩქარე

$$v = \frac{1}{60} \sqrt{990,4^2 + 1368,2^2 - 2 \cdot 990,4 \cdot 1368,2 \cos 11^{\circ},5} =$$

$$= \frac{498,86}{60} = 8,31 \text{ მ/წმ.}$$

თუ დავუშვებთ, რომ $\Delta\alpha = \pm 0^{\circ},2$, $\Delta\delta = \pm 0^{\circ},2$ და $\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta H}{H} = 0,15$ (15%), მაშინ (3.08) ფორმულის მიხედვით გვექნება:

$$H_1 H_2 \left(\frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_1} + \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_2} \right) \cos(\alpha_1 - \alpha_2) = 540 \cdot 720 (8,312 +$$

$$+ 8,488) \cos 11^{\circ},5 = 6\,400\,600;$$

$$H_1 \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_1} + H_2 \frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_2} = 335730;$$

$$\left(\frac{\Delta v}{v} \right)_{\text{ს.წ.}} = \pm \frac{1}{60 \cdot 498,86^2} \left\{ (6400600 - 335730) 0,2 + \right.$$

$$\left. + 0,15 \cdot 498,86^2 \right\} = \frac{1250304}{60 \cdot 498,86^2} = \pm 0,084,$$

ე. ი. სიჩქარის გამოთვლის საზღვრითი ცდომილება იქნება 8,4%.

მაგალითი 2. ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე $W=180$ მ/წთ. მე-9 და მე-10 წუთებზე თეოდოლიტის ანათვლები უდრის:

n	α	δ
9	$126^{\circ},3$	$39^{\circ},7$
10	$127^{\circ},5$	$40^{\circ},2$

გაშორებული იმავე ფორმულით სიჩქარის ფარდობითი ცდომილება, საზღვრითი მნიშვნელობა

(პასუხი. 0,28%).

§ 19. აეროლოგიური ქარის მიმართულების განსაზღვრის ცდომილების ძირითადი ფორმულა

ჩვენ მაღებული გექონდა ქარის მიმართულების Θ_k ფუნქცია ყველა კვადრანტისათვის როგორც $\alpha_1 > \alpha_2$, ისე $\alpha_2 > \alpha_1$ შემთხვევაში (§14). ვისარგებლოთ ახლა რომელიმე ამ ფორმულით ქარის მიმართულების განსაზღვრის ცდომილების ფორმულის გამოსაყენად, რადგან ეს ფუნქციები განსხვავდებიან მხოლოდ მუდმივი კუთხეებითა და ცვალებადი წევრების წინმდგომი ნიშნებით, შეგვიძლია ავიღოთ რომელიმე მათგანი. ავიღოთ ფორმულა

$$\Theta_k = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \arctg \left[\frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right].$$

ჩვენ უკვე ვიცით, რომ Θ_k -სა და ქარის მიმართულება D -ს შორის არსებობს დამოკიდებულება

$$D = D_0 + \Theta_k$$

და ამიტომ დავწერთ:

$$\begin{aligned} \Delta D = \Delta \Theta_k = \pm \left\{ \left| \frac{\partial \Theta_k}{\partial \alpha_1} \Delta \alpha_1 \right| + \left| \frac{\partial \Theta_k}{\partial \alpha_2} \Delta \alpha_2 \right| + \left| \frac{\partial \Theta_k}{\partial \delta_1} \Delta \delta_1 \right| + \right. \\ \left. + \left| \frac{\partial \Theta_k}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 \right| + \left| \frac{\partial \Theta_k}{\partial H_1} \Delta H_1 \right| + \left| \frac{\partial \Theta_k}{\partial H_2} \Delta H_2 \right| \right\}. \end{aligned} \quad (3.30)$$

აქ წარმოებულების მნიშვნელობები იქნება:

$$\frac{\partial \Theta_k}{\partial \alpha_1} = \frac{1}{S^2} [L_1^2 - L_1 L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)],$$

$$\frac{\partial \Theta_k}{\partial \alpha_2} = \frac{1}{S^2} [L_2^2 - L_1 L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)],$$

$$\frac{\partial \Theta_k}{\partial \delta_1} = \frac{1}{S^2} H_1 H_2 \sin(\alpha_1 - \alpha_2) \frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_1},$$

$$\frac{\partial \Theta_k}{\partial \delta_2} = -\frac{1}{S^2} H_1 H_2 \sin(\alpha_1 - \alpha_2) \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_2},$$

$$\frac{\partial \Theta_h}{\partial H_1} = -\frac{1}{S^2} H_2 \sin(\alpha_1 - \alpha_2) \operatorname{ctg} \delta_1 \cdot \operatorname{ctg} \delta_2,$$

$$\frac{\partial \Theta_h}{\partial H_2} = +\frac{1}{S^2} H_1 \sin(\alpha_1 - \alpha_2) \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2.$$

მათი შეტანა (3.30) ფორმულაში მოგვცემს:

$$\begin{aligned} \Delta D = \Delta \Theta_h = & \frac{\pm 1}{S^2} \{ |L_1^2 - L_1 L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)| \Delta \alpha_1 + \\ & + |L_2^2 - L_1 L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)| \Delta \alpha_2 + |\sin(\alpha_1 - \alpha_2)| H_1 H_2 \left[\frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_1} \Delta \delta_1 - \right. \\ & \left. - \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_2} \Delta \delta_2 \right] + |\sin(\alpha_1 - \alpha_2)| \operatorname{ctg} \delta_1 \cdot \operatorname{ctg} \delta_2 [H_1 \Delta H_2 + H_2 \Delta H_1] \}. \end{aligned} \quad (3.31)$$

თუ აღვნიშნავთ:

$$\frac{\Delta H_1}{H_1} = \frac{\Delta H_2}{H_2} = \frac{\Delta H}{H} = \lambda,$$

სადაც $\lambda = 0,10$, როცა $0 < H < 2$ კმ; $\lambda = 0,15$, როცა $H > 2$ კმ, მაშინ (3.31) ფორმულა ასე გადმოიწერება:

$$\begin{aligned} \Delta D = & \frac{\pm 1}{S^2} \{ L_1 |L_1 - L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)| \Delta \alpha_1 + L_2 |L_2 - L_1 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)| \Delta \alpha_2 + \\ & + |\sin(\alpha_1 - \alpha_2)| H_1 H_2 \left[\frac{\operatorname{ctg} \delta_2}{\sin^2 \delta_1} \Delta \delta_1 - \frac{\operatorname{ctg} \delta_1}{\sin^2 \delta_2} \Delta \delta_2 \right] + \\ & + 2\lambda L_1 L_2 |\sin(\alpha_1 - \alpha_2)| \}. \end{aligned} \quad (3.31)$$

გამოვიყენოთ ეს ფორმულა ზემოთ მოყვანილ მაგალითებში ქარის მიმართულების განსაზღვრის ცდომილების გამოსათვლელად.

მაგალითი 1. გამოთვლებით ვლებულობთ:

$$S^2 = L_1^2 + L_2^2 - 2L_1 L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) = 498,86^2,$$

$$|L_1 - L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)| = |990,4 - 1363,2 \cos 11^\circ,5| = 344,2,$$

$$|L_2 - L_1 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)| = |1368,2 - 990,4 \cos 11^\circ,5| = 397,6,$$

$$\sin 11^\circ,5 \cdot 540 \cdot 720 \left[\frac{\operatorname{ctg} 27^\circ,7}{\sin^2 28^\circ,6} - \frac{\operatorname{ctg} 26^\circ,6}{\sin^2 27^\circ,7} \right] 0,2 = -2722,2.$$

თუ $\Delta\delta_1=\Delta\delta_2=0^\circ,2$ და $\lambda=0,15$, მაშინ გვექნება,

$$\Delta D = \frac{-1}{498,86^2} \{ (990,4 \cdot 344,2 + 1368,2 \cdot 397,6) 0,2 - 2722,2 + 31242 \} = \\ = \pm \frac{205007,8}{2513000} = \pm 0^\circ,1.$$

მაგალითი 2. წინა პარაგრაფის მეორე მაგალითის მონაცემების მიხედვით გვექნება:

$$S^2 = L_1^2 + L_2^2 - 2L_1L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) = 2513000;$$

$$2L_1L_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) = 5831600;$$

$$L_1^2 = 3807700 \text{ და } L_2^2 = 4536900.$$

$\Delta\delta$ და λ -სათვის, იმავე დაშვებების შემწეობით, გვექნება:

$$\Delta D = \frac{\pm 1}{2513000} \{ (3807700 - 2965800) \cdot 0,2 + (4536900 - \\ - 2965800) \cdot 0,2 + \sin 0^\circ,2 \cdot 1620 \cdot 1800 \left[\frac{\operatorname{ctg} 40^\circ,2}{\sin^2 39^\circ,7} - \frac{\operatorname{ctg} 39^\circ,7}{\sin^2 40^\circ,2} \right] 0,2 + \\ + 2 \cdot 0,15 \cdot 1951,3 \cdot 2130,0 \sin 0^\circ,2 \} = \frac{487066,4}{2513000} = \pm 0,2.$$

თ ა ვ ი v

ბირთვ-პილოტური საბაზო დაპვირველები

ბირთვ-პილოტებისათვის გამოთვლილი ვერტიკალური სიჩქარეები (იხ. § 7) ძალიან ხშირად არ მართლდება. ამის მიზეზი ის არის, რომ თვითონ ჰაერს, რომელშიც ბირთვ-პილოტი მოძრაობს, აქვს საკუთარი ვერტიკალური სიჩქარე, რომლის ზეგავლენით ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეები ან ძლიერდება, ანდა მცირდება. ცხადია, ეს იწვევს ბირთვ-პილოტის ვერტიკალურ სიჩქარეთა გადახრას იმ სიჩქარიდან, რომელიც უნდა ჰქონოდა მას წყნარ ატმოსფეროში.

ბირთვ-პილოტების ნამდვილ ვერტიკალურ სიჩქარეთა მისაღებად მიმართავენ ე. წ. საბაზო დაკვირვებებს. წინასწარ აირჩევენ ერთიმეორიდან საკმაოდ დაშორებულ ორ A და B წერტილს, თითოეულ წერტილზე დადგამენ აეროლოგიურ თეოდოლიტს, რომელთა შემწეო-

ბით ერთდროულად აკვირდებიან ბირთვ-პილოტის სივრცითს გადა-
ნაცვლებას. ბაზს, რომელიც აერთებს აღნიშნულ ორ წერტილს ($\overline{AB}$),
ბაზა (ბაზისი) ეწოდება.

ბირთვ-პილოტის სივრცითი ტრაექტორია შეიძლება აღმოჩნდეს
ახლოს ან შორს იმ ვერტიკალური სიბრტყიდან, რომელიც $\overline{AB}$ ბაზა-
ზე გაივლის.

პირველ შემთხვევაში სარგებლობენ ბირთვ-პილოტის ტრაექტორი-
ის დაპროექტებით (პროექციით) აღნიშნულ ვერტიკალურ სიბრტყეზე,
ხოლო მეორე შემთხვევაში კი ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე დაპროექ-
ტებით.

§ 20. საბაზო დაკვირვებათა ორგანიზაცია

საბაზო დაკვირვებათა ორგანიზაცია გულისხმობს:

1. მთავარი ბაზის მიმართულებისა და სიგრძის განსაზღვრას;
2. დამატებითი ბაზის მიმართულებისა და სიგრძის განსაზღვრას;
3. მთავარი (A) პუნქტის სიმაღლის განსაზღვრას მეორე (B)

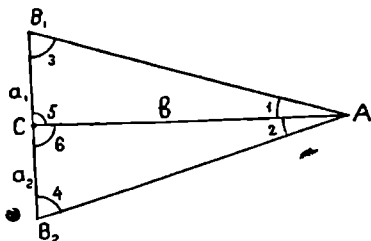
პუნქტთან შედარებით;

4. სატელეფონო კავშირის დამყარებას A და B პუნქტებს შორის.
სათითაოდ გავეცნოთ დაკვირვებათათვის საჭირო ყველა ამ წი-
ნასწარ სამზადისს.

ა) ბაზის სიგრძისა და მდებარეობის განსაზღვრა. საბაზო დაკვირვე-
ბების მოსაწყობად პირველ რიგში საჭიროა ბაზის შერჩევა, მისი სიგრძი-
სა და მდებარეობის ზუსტი განსაზღვრა. ბაზის მიმართულება აირჩევა
დაკვირვებათა ადგილის მიხედვით. არჩეული ბაზა ქარის პერპენდი-
კულარული უნდა იყოს. ჩვენს განედებში გამეფებულ ქარად ითვ-
ლება ჩრდილოეთ-დასავლეთისა და დასავლეთის მიმართულების ქარი;
შაგალითად, თბილისში, ობსერვატორიის მიდამოებისათვის, ასეთი ქა-
რია სწორედ ჩრდილოეთ-დასავლეთის ქარი. როცა დაკვირვებების წარ-
მოება მუდმივად ხდება, საჭიროა ორი ბაზის შერჩევა: გრძელი
(1200—2000 მ) ბაზისა და მოკლე (400—600 მ) ბაზისა. ორივე ბაზის
მიმართულება შეიძლება ერთნაირი იყოს. გრძელი ბაზა გამოიყენება
უღრუბლო ნათელ დღეებში, ხოლო მოკლე—დაბალი ღრუბლიანობის
დროს.

როდესაც ბაზის მიმართულებას აირჩევენ, ე. ი. დანიშნავენ მისი
ბოლოების წერტილებს, საჭიროა ამ ბოლოებს შორის მოქცეული მან-
ძილის გაზომვა მეტრობით. ბაზა ან იქნება ჰორიზონტალური, ან
ჰორიზონტთან რაიმე ε კუთხით დახრილი.

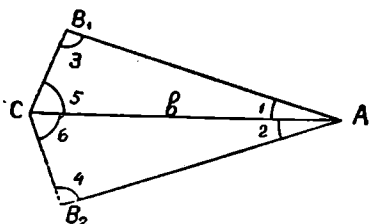
ჩვეულებრივ იშვიათია, რომ ბაზა ზუსტად ჰორიზონტალური იყოს, ამიტომ თითქმის მუდამ საჭიროა ε კუთხის განსაზღვრა.



ნახ. 43. ბაზის განსაზღვრისათვის მართკუთხა სამკუთხედების განლაგება.

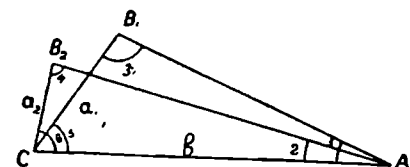
ორივე მხარეს. მანძილები $\overline{CB_1}$ და $\overline{CB_2}$ გაიზომება უშუალოდ ლარტყის გაქიმვით. ამ მონაკვეთების სიგრძე უნდა იყოს ისეთი, რომ B_1 და B_2 წერტილების შეერთება A წერტილთან შეადგენდეს კუთხეს არანაკლებ 6° -ისა.

თუ ადგილის პირობების მიხედვით არ ხერხდება ვერტიკალურ მიმართულებაზე საკმაო სიგრძის მონაკვეთების მოზომვა, შეიძლება ირიბი სამკუთხედების აღება (ნახ. 44). აქაც $\angle 1$ და $\angle 2$ არ უნდა იყოს 6° -ზე ნაკლები. აღებული B_1



ნახ. 44. ბაზის განსაზღვრისათვის ირიბკუთხა სამკუთხედების განლაგება.

და B_2 წერტილებიდან უნდა ჩანდეს ბაზის ბოლო A და C წერტილები, საჭირო შემთხვევაში დამხმარე სამკუთხედების აღება შეიძლება ბაზის ერთ მხარესაც (ნახ. 45).



ნახ. 45. ბაზის განსაზღვრა მის ერთ მხარეს მოქცეული ირიბკუთხა სამკუთხედებით.

A , C და B_1 , B_2 წერტილებზე დააყენებენ ნიშნებს (ლარტყებს) და გეოდეზიური თეოლოლით გაზომავენ $1, 2, 3, 4, 5$ და 6 კუთხეებს. გაზომვას ხდება $1'$ -ის სიზუსტით. გაზომვის შედეგად უნდა მივიღოთ: $\angle 1 + \angle 3 + \angle 5 = 180^\circ$ და $\angle 2 +$

$+\angle 4 + \angle 6 = 180^\circ$. თუ გაზომვების შედეგად მივიღეთ განსხვავება 180° -დან, ეს განსხვავება (ქარბი ან დანაკლისი) განაწილება სამივე კუთხეზე თანატოლად.

ბაზის b სიგრძე მიიღება:

ა) მართკუთხა სამკუთხედებიდან მიღებული (ნახ. 43) ფორმულებით:

$$b = a_1 \operatorname{ctg}(\angle 1) \quad \text{და} \quad b = a_2 \operatorname{ctg}(\angle 2);$$

ბ) ირიბკუთხა სამკუთხედებიდან მიღებული (ნახ. 44 და 45) ფორმულებით:

$$b = a_1 \frac{\sin(\angle 3)}{\sin(\angle 1)} \quad \text{და} \quad b = a_2 \frac{\sin(\angle 4)}{\sin(\angle 2)}.$$

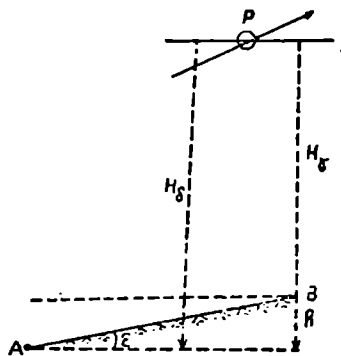
ბაზის ნამდვილ სიგრძედ ჩაითვლება მათი საშუალო არითმეტიკული (± 1 მ სიზუსტით). თუ ორივე სამკუთხედის მეშვეობით მიღებული ბაზის სიგრძე აღმოჩნდა მათ საშუალო არითმეტიკულზე $0,5\%$ -ით მეტი, მაშინ მოახდენენ კუთხეების ხელახალ გაზომვას და ყველა გამოთვლის შემოწმებას.

ბ) მთავარი პუნქტის სიმაღლის განსაზღვრა. როცა ბაზა დახრილია პორიზონტთან რაიმე ε კუთხით (ნახ. 46 და 46ა), მაშინ სიმაღლეთა სხვაობა h გაიგება ფორმულით

$$h = b \operatorname{tg} \varepsilon.$$

აქ საჭირო ხდება ε კუთხის გაგება. ამ კუთხის გაზომვა შეიძლება მოხდეს იმავე გეოდეზიური თეოდოლიტის შემწეობით; ამისათვის დააყენებენ ბაზის მეორე ბოლოში გრძელ ლარტყას (4—5 მ სიგრძის) და გაზომავენ კუთხეს, შედგენილს პორიზონტის სიბრტყისა და ლარტყის გადაკვეთის წერტილიდან ლარტყის მიწისპირა ბოლომდე. თუ h სიმაღლე გაზომილია ნიველირით, მაშინ ε კუთხე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{h}{b}.$$

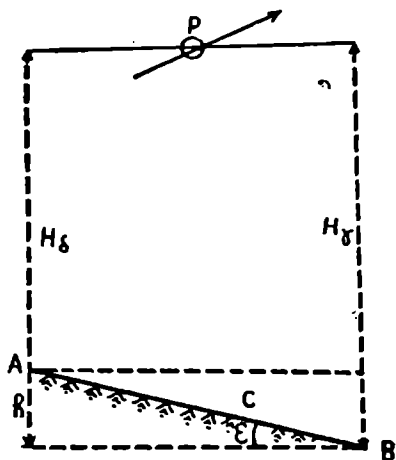


ნახ. 46. შემთხვევა $h_A < h_B$.

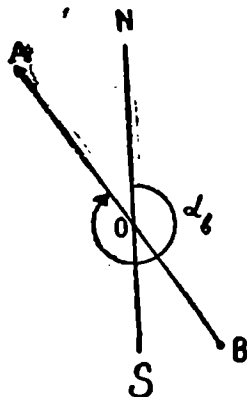
დახრილი ბაზის (c) სიგრძე უკვე ამის შემდეგ გაიგება, ფორმულით:

$$c = \sqrt{h^2 + b^2}.$$

გ) ბაზის აზიმუტის განსაზღვრა. ბაზის სიგრძის გაგების შემდეგ, საზღვრავენ მის α_b აზიმუტს. ეს არის კუთხე, რომელსაც ბაზის მი-



ნახ. 46ა. შემთხვევა $h_A > h_B$.



ნახ. 47. ბაზის აზიმუტის განსაზღვრა.

მართულება შეადგენს მერიდიანის მიმართულებასთან. 47-ე ნახაზზე ნაჩვენებია მერიდიანის (NS) ხაზის მიმართულება, რომელიც გადის ბაზის რომელიმე O წერტილზე და ქმნის ბაზის მიმართულებასთან α_b -თი აღნიშნულ კუთხეს.

ამ კუთხის მოზომვა ჩვეულებრივ ხდება საათის ისრის ბრუნვის მიხედვით 0° -დან 360° -მდე.

იმ ადგილზე, სადაც დაკვირვებები მუდმივად იწარმოებს, ბაზის აზიმუტის გაგება ხდება პოლარული ვარსკვლავის დამზერის შემწეობით; ამისათვის, ნათელ, უღრუბლო ღამეში მეორე პუნქტზე დაკიდებენ ფარანს, პირველ წერტილზე კი დადგამენ თეოდოლიტს.

თუ ხმარობენ კუზნეცოვის თეოდოლიტს, მაშინ მის მილს დაუმოხზებენ პოლარულ ვარსკვლავს ძაფ-ჯვარედინის გადაკვეთაზე, მოუშვებენ საჩერებელ ქანჩს, დაუპირისპირებენ პორიზონტალური წრის 0° -ს ნონიუსის ნულოვან დანაყოფს და ისევე დაამაგრებენ საჩერებელ ქანჩს, ამის შემდეგ მილს დაუმოხზებენ ბაზის მეორე წერტილს და

ათველიან ჰორიზონტალურ კუთხეს. ეს იქნება სწორედ ბაზის აზიმუტი $\alpha_{\text{ბ}}$.

აბ და ბბ თეოდოლიტებით სარგებლობის დროს ჰორიზონტალური წრის 0° -ს წინასწარ მიუყენებენ ინდექსს, რომლითაც ჰორიზონტალური კუთხეები აითვლება, მოუშვებენ საჩერებელს და მიმართავენ მილს ბაზის მეორე თეოდოლიტისაკენ. ამ შემთხვევაშიც ჰორიზონტალური ლიშბის ანათვალის იძლევა ბაზის აზიმუტს $\alpha_{\text{ბ}}$ -ს. ამის შემდეგ გასაგები გერჩება ბაზის პირველი წერტილის სიმაღლე ზღვის დონიდან. თუ მეტეოროლოგიური სადგური ახლოს მდებარეობს, მაშინ მისი ბარომეტრის ნულოვანი წერტილის მოცემული სიმაღლით ესარგებლობთ. ჩვეულებრივი ნიველირებით ვგებულობთ ბაზის პირველი წერტილის სიმაღლესაც ზღვის დონიდან. თუ მეტეოროლოგიური სადგური ახლოს არ არის, მიმართავენ ბარომეტრულ ნიველირებას.

თუ დაკვირვებები მხოლოდ დროებით ეწყობა, ბაზის აზიმუტის გაგება შეიძლება მაგნიტური ისრის მიმართულებითაც.

ჰ და ზ სიდიდეთა ზუსტად განსაზღვრისათვის უნდა ვიცოდეთ ვერტიკალური წრის ანათვალთა შესწორება. ვთქვათ, ეს შესწორება $\Delta\delta = -0^{\circ},8$. მაშინ გვექნება:

მ ა გ ა ლ ი თ ი 1. თუ ვერტიკალური წრის ანათვალ იყო $2^{\circ},4$, მაშინ მისი შესაბამისი მნიშვნელობა იქნება:

$$\varepsilon = 2^{\circ},4 - 0^{\circ},8 = 1^{\circ},6; h = b \operatorname{tg} \varepsilon = 750 \cdot \operatorname{tg} 1^{\circ},6 = 21 \text{ მ},$$

ე. ი. მეორე პუნქტის სიმაღლე პირველისას 21 მ-ით აღემატება;

მ ა გ ა ლ ი თ ი 2. თუ ვერტიკალური წრის ანათვალ იყო $359^{\circ},4$ მისი შესწორებულში მნიშვნელობა იქნება:

$$\delta = 359^{\circ},4 - 0^{\circ},8 = 358,6; \quad \varepsilon = 386^{\circ},6 - 360^{\circ} = -1^{\circ},4;$$

$$h = b \operatorname{tg} \varepsilon = 750 \cdot \operatorname{tg} (-1^{\circ},4) = -750 \operatorname{tg} 1^{\circ},4 = -18 \text{ მ},$$

ე. ი. მეორე პუნქტი პირველზე დაბალია 18 მ-ით.

ზემოთ ჩვენ აღვნიშნეთ ბირთვ-პილოტის სიმაღლეს განსაზღვრის ორი მეთოდი—დაპროექტება ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეებზე (იხ. აგრეთვე § 21 და § 22).

ვიღრე ამ მეთოდებს გავეცნობოდეთ და დაკვირვებათა დამუშავებას შევეუდგებოდეთ, საჭიროა ჩერ განვსაზღვროთ კუთხეები, რათა წინასწარ ვიცოდეთ, რომელ სიბრტყეს უნდა მივმართოთ.

ვერტიკალურ სიბრტყეზე დაპროექტება ხდება მაშინ, როცა: 1. α ან β ჰორიზონტალური კუთხეები 0° და 180° -გან განსხვავდება 2° -ზე ნაკლები სიდიდით. ე. ი, როცა $358^{\circ} < \alpha$ ან $\beta < 2^{\circ}$; 2. $178^{\circ} < \alpha$ ან $\beta < 182^{\circ}$; 3. $176^{\circ} < \alpha - \beta < 4^{\circ}$; 4. ვერტიკალური კუთხეები δ ან γ აღემატება 88° .

თუ δ ან $\gamma < 2^{\circ}$, $\alpha - \beta$ სხვაობა და $\delta' + \gamma'$ არ აღემატება 4° -ს, მაშინ ყველა ფორმულა გამოუსადეგარი ხდება.

თუ აღნიშნულ საზღვრებს სცილდება რომელიმე მათგანი, ეს იწვევს სიმაღლის გამოთვლაში დიდ ცდომილებას, ზომილიც 5% -ს აღემატება. მაგრამ, თუ ერთი რომელიმე კუთხეთაგანი უახლოვდება თავის საზღვრის მნიშვნელობას, ხოლო და-

ნარჩენი კი დიდადაა დაშორებული თავისი საზღვრით მნიშვნელობიდან (განსაკუთრებით $\alpha-\beta$ სხვაობა), შეიძლება ვისარგებლოთ პორიზონტალურ სიბრტყეზე დაპროექტების ფორმულით.

მაგალითი 1. მოცემულია: $\alpha=50^\circ$, $\beta=177^\circ$, $\delta=51^\circ$, $\gamma=5^\circ$ და $\alpha-\beta=127^\circ$.

ამ მონაცემებიდან მხოლოდ კუთხე β უახლოვდება თავის საზღვრის მნიშვნელობას, ამიტომ აქ შეიძლება გამოვიყენოთ პორიზონტალური დაპროექტება.

მაგალითი 2. მოცემულია: $\alpha=169^\circ$, $\beta=175^\circ$, $\gamma=67^\circ$ და $\alpha-\beta=6^\circ$,

აქ საში სიდიდე α , β და მათი $\alpha-\beta$ სხვაობა ახლოსაა მათ საზღვრის მნიშვნელობებთან, ამიტომ უნდა ვისარგებლოთ ვერტიკალური დაპროექტებით.

§ 21. საბაზო ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა ჩაწერის წესები

ვიდრე გავეცნობოდეთ საბაზო დაკვირვებათა თეორიულ საფუძვლებს, საჭიროა წინასწარ გავეცნოთ დაკვირვებათა ჩაწერის წესებს სპეციალურად ამისათვის განკუთვნილ წიგნაკში და შემდეგ ცხრილში.

ჩვეულებრივ, ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა წიგნაკი (KAΘ—1) რამდენიმე ერთნაირი ფურცლისაგან შედგება, რომლის ერთ მხარეზე იწერება ყველა ის ცნობა, რომლებიც აუცილებლად საჭიროა ბირთვ-პილოტის აშვების წინ.

დანართში ნიშნულად მოცემულია ასეთი წიგნაკის ორი გვერდი: 1. აღნიშნული ცნობებისათვის, 2. ანათვლებისათვის.

ყველა ცნობა, რომლითაც უნდა შეივსოს პირველი გვერდი, აუცილებლად უნდა ჩაიწეროს ბირთვ-პილოტის წყალბადით გავსებისა და მისი, აშვებისთანავე. იმავე გვერდზე, მარჯვენა მხარეს, დამუშავების შემდეგ ჩაიწერება ქარის მიმართულება და სიჩქარე სტანდარტული სიმაღლეებისათვის.

განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა დაკვირვებათა ერთდროულობას, ანუ სინქრონულობას, საბაზო დაკვირვებების წარმოების დროს. ბაზის ორივე ბოლოში წარმოებული დაკვირვებები უნდა უზრუნველყოფილ იქნეს ზუსტი, წამების აღმნიშვნელი ისრების მქონე საათით. დაკვირვების დაწყებამდე საათებს აღარებენ ერთმანეთს და აყენებენ ერთნაირ ჩვენებაზე*. იგივე ცნობები, რომლებიც ჩაწერილია წიგნაკში, გადაიწერება სპეციალური ბლანკის ცალკე ფურცელზე (იხ. ცხრილი 19 და 20).

ერთი გვერდი ამ ფურცლისა განკუთვნილია საბაზო დაკვირვებათა დასამუშავებლად პორიზონტალური დაპროექტების დროს, ხოლო მეო-

* დაკვირვებისათვის საჭიროა ისეთი საათები, რომელთა ჩვენებებს შორის განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს $1/2$ წუთს დღე-ღამის განმავლობაში.

დაპროექტება პორიზონტალურ სიბრტყეზე. წელი: 1941, თვე: აპრილი,
რიცხვი: 10, საათი: 5, წუთი: 82.

1	წუთები	0,5	1	2	3	4	5	14
2	α	113,7	128,7	148,5	157,8	168,0		203,2
3	β	176,5	175,4	175,1	175,0	176,7		194,6
4	$ \alpha - \beta $	62,8	46,7	26,6	17,2	8,7		8,6
5	δ	46,8	50,8	52,2	50,5	49,9		44,2
6	γ	5,1	8,0	12,7	16,4	19,5		32,3
7	$\lg \operatorname{tg} \delta$	0,0273	0,0885	0,1103	0,0839	0,0746	პ რ ი ზ ონ ტ ალ ურ ს ი ბ რ ტ ყ ე ზე	9,9879
8	$\lg \sin \beta$	8,7857	8,9042	8,9315	8,9403	8,7602		9,4015
9	$\lg b$	3,2266	3,2266	3,2266	3,2266	3,2266		3,2266
10	დამ. $\lg \sin$ ($\alpha - \beta$)	0,0509	0,1380	0,3490	0,5291	0,8203		0,8253
11	$\lg \lg \gamma$	8,9506	9,1428	9,3529	9,4688	9,5492		9,8008
12	$\lg \sin \alpha$	9,9617	9,8923	9,7181	9,5773	9,3179		9,5954
13	$\lg H_{\alpha}$	2,0905	2,3573	2,6174	2,7799	2,8817		3,4413
14	$\lg H_{\gamma}$	2,1898	2,4047	2,6456	2,8018	2,9140		3,4481
15	H_{δ}	12,4	228	416	602	761		2762
16	H_{γ}	154	254	444	634	820		2806
17	$H_{\gamma} \pm h$	126	226	416	606	792		2772
18	H_{α}	125	227	416	604	792		2770
19	W_{δ}	250	204	189	188	188	194	
20	$\Delta W = W_{\delta} = W$	56	10	-5	-6	-6	0	

დაამუშავა _____

რეზე გამოითვლება ვერტიკალური დაპროექტების შედეგები. რად-
გან ორივე ამ სიბრტყისათვის განსხვავებული ფორმულები იხმარება
(იხ. § 21 და § 22), ამიტომ მარცხენა მხარეზე გამოწერილია გამო-

ცხრილი 20

დაპროექტება ვერტიკალურ სიბრტყეზე. წელი: 1941, თვე: აპრილი,
რიცხვი: 10, ხაზი: 5, წუთი: 82.

1	წუთი	5	7	10	14	20	18	28
2	α	176,6	183,3	190,6			190,5	182,7
3	δ	47,8	46,0	47,1			37,2	30,3
4	$\Delta\delta$	0,0	0,0	0,5			0,5	0,0
5	δ'	47,8	46,0	47,6	გვატანილა პორიზონტალურზე		37,7	30,0
6	β	179,0	181,6	185,6		დაცირება უვარგისა	187,8	182,4
7	γ	21,5	25,2	29,8			29,5	25,6
8	$\Delta\gamma$	0,0	0,0	0,1			0,2	0,3
9	γ'	21,5	25,2	29,9			29,7	25,6
10	$\delta' \pm \gamma'$	26,3	20,8	17,7			8,0	4,7
11	$\lg c$	3,2266	3,2266	3,2266			3,2266	3,2266
12	$\lg \sin \delta$	1,8697	1,8569	1,8683			9,7864	9,7029
13	$\lg \sin(\gamma' \pm \Sigma)$	1,5443	1,6127	1,6842			9,6814	9,6194
14	დამ. $\lg \sin$ ($\delta' \pm \gamma'$)	0,3535	0,4496	0,5171			0,8564	1,0865
15	$\lg H$	2,9941	3,1458	3,2962			3,5508	3,6354
16	H	986	1399	1978			3555	4319
17	W_b	194	206	193	198		196	191
18	$\Delta W = W_b = W$	0	12	-1	-4		2	-3.

დამუშავა

$b=1685$ მ; $h=28$ მ (მეორე პუნქტი დაბლა $e=57' \approx 1^\circ$; $c=1685$ მ.

თელათა ის მიმდევრობა, რომელიც შეეფარდება თითოეულს შესაბამისად.

გავეცნოთ ამ ბლანკის შევსებისა და მოხმარების წესებს.

ა) პორიზონტალურ სიბრტყეზე დაპროექტების შემთხვევა. ბლანკზე უნდა აღინიშნოს ბირთვ-პილოტის აშვების დრო (წელი, თვე, რიცხვი და საათი წუთებით) და მისი რიგითი ნომერი.

სამუშაო ბლანკის იმ მხარეზე, რომელიც განკუთვნილია პორი-ზონტალური დაპროექტებისათვის, პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს ის სიმაღლეები, რომელთა დამუშავება ამ სიბრტყეზე ხდება (ამ საკითხის გარკვევა წინა პარაგრაფში აღნიშნულ კუთხეთა საზღვრითი მნიშვნელობებით ხდება).

რადგან ბირთვ-პილოტის გაფრენის დროს მასზე დაკვირვება ბაზის ორივე ბოლოდან ერთდროულად ხდება, ამიტომ აღნიშნული ბლანკის მე-2, მე-5 და მე-3, მე-6 სტრიქონებში უნდა შევიტანოთ ანათვლები, მიღებული პირველ (ძირითად) და მეორე პუნქტზე.

კუთხეების შეტანა ხდება მხოლოდ მას შემდეგ, როცა მათ ანათვლებში შეტანილია ყველა შესწორება.

მე-4 სტრიქონში ჩაიწერება α და β კუთხეების სხვაობის აბსოლუტური მნიშვნელობა, ე. ი. $|\alpha - \beta|$.

მე-7 და მე-14 სტრიქონებში უნდა ჩაიწეროს ყველა საჭირო ლოგარითმი (ოთხი ნიშნით). ამის შემდეგ ხდება მათი შეჯამება. ჯერ შეჯამდება ის სტრიქონები, რომლებიც შეიცავენ ლოგარითმებს ასეთი მიმდევრობით:

$$\lg \operatorname{tg} \delta + \lg \sin \beta + \lg b + \text{დამ. } \lg \sin |\alpha - \beta|$$

და შემდეგ კი — ისეთი სტრიქონები, რომლებიც შეიცავენ ლოგარითმებს შემდეგი მიმდევრობით:

$$\lg b + \text{დამ. } \lg \sin |\alpha - \beta| - \lg \operatorname{tg} \gamma + \lg \sin \alpha.$$

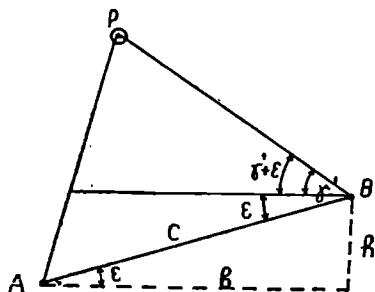
შედეგებს (ჯამებს) შეიტანენ მე-13 და მე-14 სტრიქონების უჯრედებში შესაბამისად. ამის შემდეგ მე-15 და მე-16 სტრიქონებში ჩაიწერება მონახული ანტილოგარითმები, რომლებიც ბირთვ-პილოტის საძიებელ სიმაღლეებს გამოხატავენ მეტრობით (სათანადო თეოდოლიტის ადგილმდებარეობის მიხედვით).

შენიშვნა. მუშაობის გადვილების მიზნით წინასწარ გამოითვლიან ფუნქციის $\lg \sin |\alpha - \beta|$ მნიშვნელობათა ცხრილს* 4°-დან 90°-მდე.

H_α და H_γ სიმაღლეთა გამოთვლის შემდეგ საჭიროა ბირთვ-პილოტის სიმაღლე დავიყვანოთ პირველ (A) პუნქტის სიმაღლის დონეზე. არის შემთხვევა, როცა A პუნქტი უფრო დაბლაა, ვიდრე B პუნქტი (ნახ. 48), მაშინ მე-16 სტრიქონში მოცემულ ყველა რიცხვს უნდა წაემატოს მათი სიმაღლეთა სხვაობა და ჩაიწეროს მე-17 სტრიქონის უჯრედებში, ანდა თუ A პუნქტი უფრო მაღლაა, ვიდრე B პუნქტი (ნახ. 48ა), მაშინ მე-16 სტრიქონში მოცემულ ყველა რიცხვს უნდა გამოაკლდეს სიმაღლეთა სხვაობა h და ჩაიწეროს მე-17 სტრიქონის უჯრედში.

* ასეთი ცხრილი არსებობს.

მე-17 სტრიქონს ამ ორი შემთხვევისათვის აქვს წარწერა $H_{\gamma} \pm h$. შემდეგ მე-18 სტრიქონში ჩაიწერება მე-15 და მე-16 სტრიქონებში



ნახ. 48. დახრილი ბაზა.

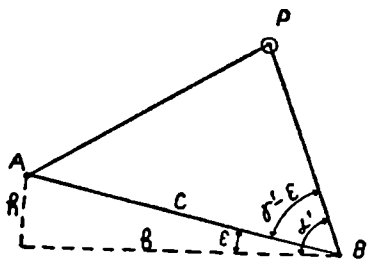
ჩაწერილ რიცხვთა საშუალო — $H_{\text{სა}}$. უკანასკნელი სტრიქონის რიცხვები გამოითვლება პირველი (A) პუნქტის მიმართ.

მე-19 სტრიქონში ჩაიწერება ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე W_b , გამოთვლილი თითოეული მომენტისათვის; გამოთვლა წარმოებს ასე: აიღებენ მეზობელ სიმაღლეთა სხვაობას და ყოფენ მათ შორის განვლილ დროზე; მაგალითად, დაკვირვებათა მოცემული ნი-

მუშის მიხედვით (ცხრ. 19—20), ბირთვ-პილოტის გაშვების მომენტიდან 0,5 წუთის გავლამდე ვერტიკალური სიჩქარე იქნება $125:0,5 = 250$ მ/წთ; 0,5 წუთიდან 1 წუთის გავლამდე იქნება $(227-125):0,5 = 204$ მ/წთ და ა. შ.

მე-20 სტრიქონში ჩაიწერება განსხვავება $\Delta W = W_b - W$, სადაც W არის თეორიული გზით გამოთვლილი ვერტიკალური სიჩქარე (იხ. ცხრილი I).

ბ) ვერტიკალურ სიბრტყეზე დაგეგმვის შემთხვევა. ზემოაღწერილი ბლანკების ის სვეტები, რომელთა დამუშავება მიზანშეწონილად არ იქნა ცნობილი, ჰორიზონტალურ სიბრ-



ნახ. 48ა. დახრილი ბაზა γ' — ϵ შემთხვევისათვის.

ტყეზე მუშავდება ვერტიკალური სიბრტყის მონაცემებით. აღნიშნული ბლანკის მე-5 სვეტს მთელ სიგრძეზე უკეთებენ წარწერას — „მუშავდება ვერტიკალურ სიბრტყეზე“. ბლანკის მეორე გვერდზე ასეთი სვეტებია ამოწერილი, ხოლო დამუშავება ხდება არა იმავე ფორმულთ (4.03), არამედ (4.07) ფორმულით, რომლის მიხედვით ამ ბლანკს უკეთდება სათანადო წარწერები (იხ. ცხრ. 20)*. ამ ბლანკის სვეტების შეესება-დამუშავება შემდეგი წესის მიხედვით ხდება:

* ამ ფორმულების გამოყენა იხილე ქვემოთ (§ 21 და § 22),

ჯერ ჩაწერენ იმ წუთებს, რომლებიც ვერტიკალურ სიბრტყეზე უნდა იქნეს დამუშავებული.

მე-2 და მე-3 სტრიქონებში ჩაიწერება α , და δ , ხოლო მე-6 და მე-7 სტრიქონებში β , γ კუთხეების შესწორებული სიდიდეები. მე-4 და მე-8 სტრიქონებში (წარწერით $\Delta\delta$ და $\Delta\gamma$) იწერება პირველ (A) და მეორე (B) პუნქტებზე მიღებულ ვერტიკალურ კუთხეთა შესწორებები, ამოწერილი სპეციალურად ამისათვის შედგენილი ცხრილიდან*.

გვეცნოთ ამ ცხრილს. მას ზემოდან და ქვემოდან აწერია პორიზონტალურ კუთხეთა (α , β) მნიშვნელობანი თითო გრადუსის გამოტოვებით და ზოგიერთ გვერდზე მეთოდებიც (0-დან 9-მდე); მარცხნივ აქვს წარწერა ვერტიკალური δ და γ კუთხეებისათვის, აქაც თითო გრადუსის გამოტოვებით (მეთოდების გარეშე).

ვთქვათ, მოცემულია ანათვლები: $\alpha=11^{\circ},1$; $\delta=72^{\circ},4$; $\beta=173^{\circ},4$ და $\gamma=9^{\circ},8$. ამ მონაცემების მიხედვით ვპოულობთ $\Delta\delta=0^{\circ},3$ და $\Delta\gamma=0^{\circ},1$.

მე-5 და მე-9 სტრიქონებში შეაქვთ δ და γ ვერტიკალურ კუთხეთა პროექციები ვერტიკალურ სიბრტყეზე, ე. ი. δ' და γ' . მათ მისაღებად საჭიროა მე-3, მე-4, მე-7 და მე-8 სტრიქონებში მოცემული რიცხვების შეკრება.

შენიშვნა. ზოგ შემთხვევაში აღნიშნულ ცხრილში ვერ მოინახება α და β კუთხეთა საჭირო მნიშვნელობათა პასუხი. მაშინ გამოთვლას უშუალოდ აწარმოებენ ფორმულებიდან:

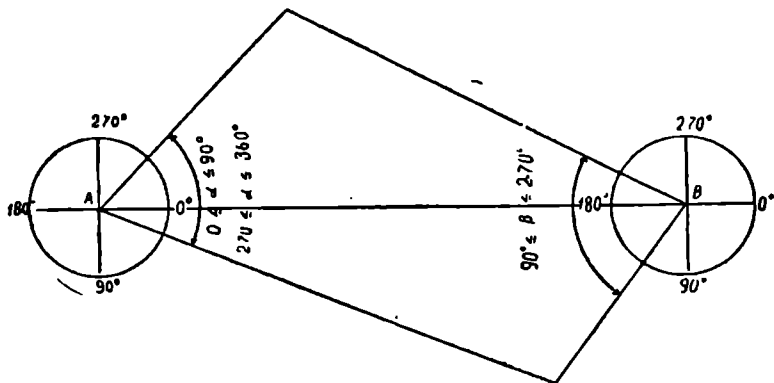
$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \delta' &= \operatorname{tg} \delta \cdot \sec \alpha, \\ \operatorname{tg} \gamma' &= \operatorname{tg} \gamma \cdot \sec \beta. \end{aligned} \right\} \quad (4.00)$$

α და β პორიზონტალურ კუთხეთა შორის, როცა A და B წერტილებიდან ვუმზერთ ბირთვ-პილოტს თეოდოლიტებით, გარკვეული თანაფარდობა მყარდება. როგორც 49-ე ნახაზიდან ჩანს, თუ თეოდოლიტებს დავდგამთ უკვე ცნობილი წესით, ე. ი. როცა ბირთვ-პილოტი მდებარეობს A და B წერტილებზე გამავალ ვერტიკალურ სიბრტყეთა შორის, მაშინ

$$\text{ცვლილებას } \left\{ \begin{aligned} 0^{\circ} \leq \alpha \leq 90^{\circ} \\ 270^{\circ} \leq \alpha \leq 360^{\circ} \end{aligned} \right\} \left\{ \begin{aligned} \text{შეესაბამება} \\ \text{ცვლილების} \\ \text{საზღვრები} \end{aligned} \right\} \left\{ \begin{aligned} 90^{\circ} \leq \beta \leq 270^{\circ} \end{aligned} \right.$$

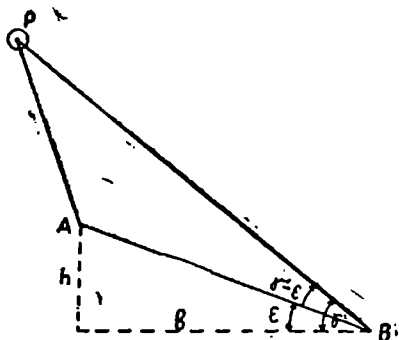
* ეს ცხრილები წინამდებარე წიგნში არაა მოცემული, მკითხველმა უნდა ისარგებლოს აღნიშნულ „ღარიგებით“ ანდა δ' და γ' მისაღები ფორმულებით.

თუ ბირთვ-პილოტი იმყოფება A წერტილზე გამავალი ბაზის ხაზისადმი ვერტიკალური სიბრტყის მარცხნივ 50° -ე ნახაზის მიხედვით, მაშინ α -ს მნიშვნელობებს $90^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 270^\circ$ შეესაბამება β -ს მნიშვნელობები $90^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 270^\circ$.



ნახ. 49. ბაზაზე თეოლოიტების განლაგების სქემა.

პირიქით, თუ იგი აღმოჩნდა B წერტილზე გამავალი ბაზის ხაზისადმი ვერტიკალური სიბრტყის მარჯვნივ, მაშინ β -ს მნიშვნელობებს $270^\circ \rightarrow 0^\circ \rightarrow 90^\circ$ შეესაბამება α -ს მნიშვნელობები $270^\circ \rightarrow 0^\circ \rightarrow 90^\circ$.



ნახ. 50. დახრილი ბაზა $\gamma' + \epsilon$ შემთხვევისათვის ($h_A > h_B$).

მე-10 სტრიქონში ჩაიწერება $\delta' \pm \gamma'$. $\delta' + \gamma'$ ჯამი აიღება მხოლოდ ისეთი შემთხვევისათვის, როცა ბირთვ-პილოტი A და B წერტილებზე ბაზისადმი შვეულად აღმართულ სიბრტყეთა შორის აღმოჩნდება (ნახ. 49). ყველა დანარჩენ შემთხვევაში აიღება $\delta' - \gamma'$ სხვაობა ე. ი. დიდ კუთხეს გამოაკლდება მცირე კუთხე.

მე-11 სტრიქონში ჩაიწერება ერთი და იგივე რიცხვი l_{gc} , სადაც c არის მანძილი (მეტრებით) A და B პუნქტებს შორის (ე. წ. დახრილი ბაზა).

მე-12 სტრიქონში იწერება მე-5 სტრიქონში გამოწერილი კუთხეების (δ') სინუსების ლოგარითმები.

მე-14 სტრიქონში ჩაიწერება მე-10 სტრიქონში ჩაწერილ კუთხეთა სინუსების დამატებითი ლოგარითმები.

მე-13 სტრიქონში კი იწერება $\lg \sin(\gamma' \pm \epsilon)$. აქ რამდენიმე შემთხვევას აქვს აღვლილი:

შემთხვევა 1. ბირთვ-პილოტი იმყოფება A და B წერტილებზე ბაზისადმი შევეულად აღმართულ სიბრტყეთა შორის.

ა) A წერტილი მდებარეობს B წერტილზე მაღლა ($h > 0$). მაშინ, როგორც 48-ე ნახაზი გვიჩვენებს, საქმე გვაქვს $\gamma' - \epsilon$ სხვაობასთან.

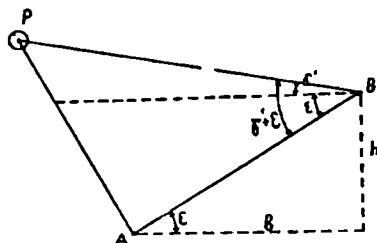
ბ) A წერტილი მდებარეობს B წერტილზე დაბლა ($h < 0$). 48-ე ნახაზიდან ვხედავთ, რომ საქმე გვაქვს $(\gamma' + \epsilon)$ ჯამთან.

შემთხვევა 2. ბირთვ-პილოტი იმყოფება A ან B წერტილებზე ბაზისადმი შევეულად აღმართულ სიბრტყეთა შორის მოქცეული არის გარეთ:

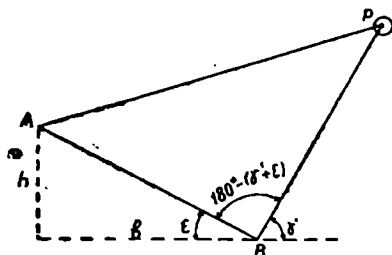
ა) A წერტილის მხარეს, როცა ეს წერტილი B წერტილზე მაღლა მდებარეობს (ნახ. 51), საქმე გვაქვს $\gamma' + \epsilon$ ჯამთან.

ბ) B წერტილის მხარეს, როცა A წერტილი მაღლაა B -ზე, (ნახ. 52), საქმე გვაქვს სხვაობასთან $180^\circ - (\gamma' + \epsilon)$.

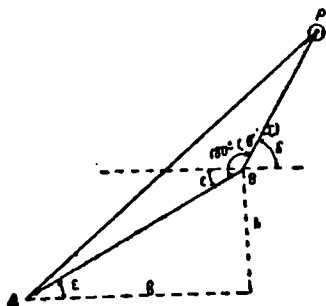
გ) A წერტილის მხარეს, როცა A წერტილი B -ზე დაბლაა ($h < 0$) (ნახ. 51). ამ შემთხვევაში საქმე გვექნება $\gamma' + \epsilon$ კუთხესთან.



ნახ. 51. დახრილი ბაზა $\gamma' + \epsilon$ შემთხვევისათვის ($h_A < h_B$).



ნახ. 52. დახრილი ბაზა $180^\circ - (\gamma' + \epsilon)$ შემთხვევისათვის.



ნახ. 53. დახრილი ბაზა $180^\circ - (\gamma' - \epsilon)$ შემთხვევისათვის.

დ) B წერტილის მხარეს, რომელიც A წერტილზე მაღლაა ($h < 0$) (ნახ. 53) საქმე გვექნება $180^\circ - (\gamma' - \varepsilon)$ კუთხესთან.

მე-11, მე-12, მე-13 და მე-14 სტრიქონებში ჩაწერილი რიცხვების ჩამი იწერება მე-15 სტრიქონში ($lg H$). მე-16 სტრიქონში მოინახება H სიმაღლეები.

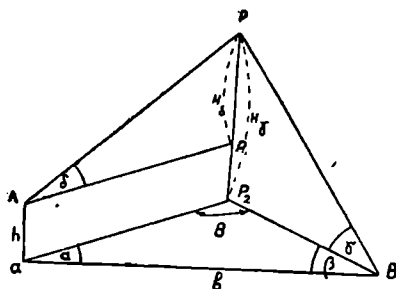
მე-17 და მე-18 სტრიქონების შევსება ხდება ისევე, როგორც წინა შემთხვევაში.

§ 22. ბირთვ-პილოტის სიმაღლის გაზომვალა მისი მდებარეობის დაპროექტებით პორიზონტალურ სიბრტყეზე

ვთქვათ, A და B წერტილების (არჩეული ბაზის თავსა და ბოლოში) სიმაღლეები განსხვავდება ერთმანეთისაგან h მეტრით. მივიღოთ, რომ A წერტილი B წერტილზე უფრო მაღლაა $\overline{Aa} = h$ ვერტიკალური მანძილით (ნახ. 54).

გავავლოთ ქვემო B წერტილზე პორიზონტალური სიბრტყე და აღვნიშნოთ მასზე a წერტილი, რომელიც A წერტილის პროექციას წარმოადგენს ამ სიბრტყეზე.

ვთქვათ, P არის ჩვენი ბირთვ-პილოტის მდებარეობა სივრცეში რომელიმე მომენტისათვის. P წერტილიდან აღნიშნულ პორიზონ-



ნახ. 54. პორიზონტალური დაპროექტების სქემა.

ტალურ სიბრტყეზე დავუშვათ პერპენდიკულარი, რომელიც გადაკვეთს მას P_2 წერტილში. A და a წერტილებიდან აღნიშნულ PP_2 ხაზზე დავუშვათ AP_1 და aP_2 პერპენდიკულარები. შევაერთოთ A და B წერტილები P წერტილთან, სადაც აღნიშნულ მომენტში ბირთვ-პილოტი იმყოფება. აღვნიშნოთ შემდეგი კუთხეები:

1. პორიზონტალურ სიბრტყეზე:

$$\alpha = \angle P_2aB, \quad \beta = \angle P_2Ba, \quad \gamma = \angle aP_2B;$$

2. ვერტიკალურ სიბრტყეზე:

$$\gamma = \angle PBP_2 \text{ და } \delta = \angle PAP_1.$$

* როცა $h=0$, მაშინ $\overline{aB}=b$ ეწოდება სწორი ბაზა.

აღენიშნოთ აგრეთვე P წერტილის სიმაღლე A წერტილზე გამავალ პორიზონტალურ სიბრტყეზე H_2 -თი, ხოლო იმავე წერტილის სიმაღლე B წერტილზე გამავალ სიბრტყეზე კი H_1 -თი, ე. ი. $H_2 = \overline{PP_1}$ და $H_1 = \overline{BP_2} \cdot aP_2B$ სამკუთხედის $\angle B = 180^\circ - (\alpha + \beta)$. მივმართოთ ახლა ორ სამკუთხედს: $\triangle AP_1P$ და $\triangle BP_2P$, რომლებიც აგების თანახმად მართ სამკუთხედებს წარმოადგენენ. ამ სამკუთხედებიდან ვღებულობთ:

$$H_2 = \overline{AP_1} \operatorname{tg} \delta \text{ და } H_1 = \overline{BP_2} \operatorname{tg} \gamma. \quad (4.01)$$

aP_2B სამკუთხედიდან შეგვიძლია შევადგინოთ ასეთი შეფარდებანი:

$$\frac{\overline{AP_1}}{b} = \frac{\sin \beta}{\sin B}; \quad \frac{\overline{BP_2}}{b} = \frac{\sin \alpha}{\sin B}. \quad (4.02)$$

ამ შეფარდებებში $\overline{AP_1}$ და $\overline{BP_2}$ მნიშვნელობანი შევცვალოთ მათი მნიშვნელობებით (4.01) ფორმულებიდან, მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} H_2 &= b \frac{\sin \beta \operatorname{tg} \delta}{\sin B}, \\ H_1 &= b \frac{\sin \alpha \operatorname{tg} \gamma}{\sin B}. \end{aligned} \right\} \quad (4.03)$$

თუ α , β და δ , γ კუთხეების განსაზღვრის დროს დაკვირვებები სწორად იყო ჩატარებული, მაშინ უნდა მივიღოთ

$$H_1 - H_2 = h.$$

§ 23. ბირთვ-პილოტის სიმაღლის გამოთვლა მისი მდებარეობის დაპროექტებით ვერტიკალურ სიბრტყეზე

განვიხილოთ ახლა ბირთვ-პილოტის მდებარეობის ვერტიკალურ სიბრტყეზე დაპროექციების საკითხი. ჩვენ უკვე ვთქვით, რომ ასეთი დაპროექტება საპირო ხდება მაშინ, როდესაც პორიზონტალურ სიბრტყეზე P წერტილის პროექცია მდებარეობს ბაზასთან ან მის გარძელებასთან ახლოს ანდა მეტად დაშორებით. ამ შემთხვევაში (4.03) ფორმულებში შემავალი სიდიდეები: $\sin B$, $\sin \alpha$ და $\sin \beta$ ძალზე მცირე ხდება და ამიტომ ეს გარემოება იწვევს შეფარდებითი ცდომილების სწრაფ ზრდას H_2 -სა და H_1 -ს განსაზღვრაში.

55-ე ნახაზზე წინა შემთხვევის მსგავსად წარმოდგენილია, $\overline{AB} = b$

შეგვეცის შემდეგ მივიღებთ

$$\operatorname{tg} \delta' = \operatorname{tg} \delta \cdot \sec \alpha. \quad (4.05)$$

PP_2B , $P'P'_2B$ და P'_2P_2B სამკუთხედებიდან ანალოგიურად ვღებულობთ

$$\operatorname{tg} \gamma' = \operatorname{tg} \gamma \cdot \sec \beta. \quad (4.06)$$

ბოლოს. $\overline{AB}_1$ მანძილი, რომელიც (4.04) ფორმულაში შედის, განსხვავდება $\overline{AB}$ ბაზის სიგრძისაგან რომელიმე Δ სიდიდით, რომელიც უდრის

$$\Delta = \pm h \operatorname{ctg} \gamma', \quad (4.07)$$

რაც ადვილი წარმოსადგენია, თუ B წერტილიდან აღემატათვე პერპენდიკულარს $\overline{Ab}_1$ სწორი ხაზის გაგრძელების გადაკვეთამდე (ნახ. 56). ამ შემთხვევაში მივიღებთ მართკუთხა სამკუთხედს, რომლის ერთი კათეტი (სიგრძით h) და მისი მოპირდაპირე მხებილი კუთხე ცნობილია (ტოლია γ' კუთხისა). რაც შეეხება ნიშნებს, რომლებიც (4.07) ფორმულას მარჯვენა მხარეზე უწერია, მათი გარჩევა ხდება იმისდამხედვეთ, თუ ბაზის რომელი ბოლოა უფრო მაღალი.

მიღებული (4.07) ფორმულა მართებულია მაშინაც, როცა ბირთვპილოტი P იმყოფება ბაზაზე გამავალი შვეული სიბრტყის მარჯვენა ან მარცხენა მხარეზე.

უშუალო გამოთვლებისათვის (4.04) ფორმულა შეგვიძლია უფრო გავამარტივოთ. ამისათვის განვიხილოთ 56-ე ნახაზი; იგი წარმოადგენს 55-ე ნახაზის იმ ნაწილს, რომელიც შვეულ სიბრტყეს გამოსახავს.

ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ $\overline{Ab}_1 = b - \Delta = \overline{AB} \cos \varepsilon \pm h \operatorname{ctg} \gamma'$, სადაც ε არის შვეული კუთხე, რომლითაც A წერტილი მოჩანს B წერტილიდან. რადგან $h = \overline{AB} \sin \varepsilon$, ამიტომ

$$\begin{aligned} \overline{AB}_1 &= \overline{AB} \cos \varepsilon \pm \overline{AB} \sin \varepsilon \cdot \operatorname{ctg} \gamma' = \\ &= \overline{AB} \frac{\sin \gamma' \cos \varepsilon \pm \cos \gamma' \sin \varepsilon}{\sin \gamma'} = \overline{AB} \frac{\sin(\gamma' \pm \varepsilon)}{\sin \gamma'}. \end{aligned}$$

ამ უკანასკნელის შეტანა (4.04) ფორმულაში მოგვცემს

$$H_v = \overline{AB} \frac{\sin \delta' \cdot \sin(\gamma' \pm \varepsilon)}{\sin B'}, \quad (4.08)$$

სადაც $\overline{AB} = b \cos \varepsilon$ და ε ცნობილი სიდიდეებია.

გამოთვლა მეკეთრად არ შეიცვალა, მაშინ ანათვლებსა და გამოთვლებში შეცდომა არ გვექონია.

იმ შემთხვევაში, როცა ქარის სიჩქარეები და იმავე დროს ბირთვ-პილოტების ვერტიკალური სიჩქარეებიც, მიღებული გამოთვლებით, დიდი, მაშინ შეცდომა უსათუოდ ანათვლებში უნდა ვეძიოთ; ყოველ შემთხვევაში, მათი ერთდროული დიდი ცვლილებები უსათუოდ ამის მაჩვენებელია.

ზოგ შემთხვევაში მიღებული სიმაღლეები ცალმხრივ გადახრას იძლევა, ე. ი. ერთი მათგანი მეორეს მუდამ რალაც სიდიდით სჭარბობს. ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ორ პუნქტზე დაკვირვებათა ერთდროულობას არ აქვს ადგილი. ასეთი შემთხვევები უფრო მაშინ ხდება როცა ბირთვ-პილოტი ღრუბელს ეფარება და მისი გამოჩენა ერთდროულად არ იყო აღნიშნული ორივე პუნქტის მიერ,

მაშინ საჭიროა შევამოწმოთ ორივე პუნქტის ანათვალთა სინქრონულობა, ანუ თანხედენილობა.

დაკვირვებათა სინქრონულობის შესამოწმებლად უნდა მივმართოთ ან H_x და $H_y \pm h$ სიმაღლეებს, ან (4.03) ფორმულას.

დაკვირვებათა სინქრონულობის შემთხვევაში H_x და $H_y \pm h$ დაახლოებით ერთმანეთის ტოლია; (4.03) ფორმულის პრიცხველებიც დაახლოებით ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს, ე. ი.

$$\operatorname{tg} \delta \cdot \sin \beta \approx \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \alpha,$$

ანუ, რაც იგივეა,

$$\operatorname{ctg} \delta \cdot \sin \alpha \approx \operatorname{ctg} \gamma \cdot \sin \beta. \quad (4.09)$$

როცა დაპროექტება ხდება პორიზონტალურ სიბრტყეზე, მაშინ ეს ფორმულა კარგად არკვევს დაკვირვებათა სინქრონულობას ან მათი დარღვევის საკითხს.

მაგალითი. შეამოწმეთ დაკვირვებათა სინქრონულობა ქვემოთ მოცემულ (იხ. ცხრ. 21) დაკვირვებათა ერთი ნიმუშისათვის მე-3, მე-4, მე-5 და მე-6 წუთზე.

A პუნქტის რიცხვთა ჯამის შედარება B პუნქტების რიცხვთა ჯამთან გვარწმუნებს, რომ აქ საქმე გვაქვს სინქრონულობის დარღვევასთან. მართლაც, A პუნქტის მე-3 წუთს შეესაბამება B პუნქტის მე-4 წუთი და ა. შ.

თუ გამოვივლით ამის მიხედვით H_x და H_y სიმაღლეებს, მივიღებთ:

წუთები:	მე-3	მე-4	მე-5	მე-6
$\lg H_x$:	2,054	2,245	2,477	2,742
$\lg H_y$:	1,855	2,024	2,243	2,460

ამ რიცხვების განხილვასაც იმავე დასკვნამდე მივყავართ. საჭიროა

გავიგოთ ამის მიზეზი: შეიძლება A პუნქტზე გამოტოვებულია ანათვალ ან B პუნქტზე მოხდა ანათვალთა წაწევა?

ცხრილი 21
დაკვირვებათა სინქრონულობის შემოწმების მაგალითი

	წუთები			
	მე-3	მე-4	მე-5	მე-6
პირველი პუნქტი (A)				
$\lg \sin \alpha$	1,9562	1,9780	1,9910	1,9955
$\lg \operatorname{ctg} \delta$	0,3576	0,3721	0,4046	0,4437
Σ	0,3138	0,3501	0,3956	0,4392
მეორე პუნქტი (B)				
$\lg \sin \beta$	1,6730	1,7607	1,8457	1,9006
$\lg \operatorname{ctg} \gamma$	0,5936	0,5454	0,5039	0,4908
Σ	0,2666	0,3061	0,3496	0,3914

თუ პირველს დავუშვებთ, ე. ი. თუ ვიგულისხმებთ, რომ ადგილი ჰქონდა ანათვლის გამოტოვებას A პუნქტზე, მაშინ ამის მიხედვით ასეთი ვერტიკალური სიჩქარეები მიიღება: $W=144, 62, 122$ და 139 მ/წთ, რაც სრულიად არაბუნებრივია; მაშასადამე, ადგილი ჰქონია B პუნქტზე ანათვლების წაწევას.

საბაზო დაკვირვებების წარმოების დროს, როდესაც შეუძლებელია ბირთვ-პილოტის ვერტიკალურ სიჩქარეთა და მათ სიმაღლეთა განსაზღვრა, საჭიროა გვახსოვდეს შემდეგი ორი გარემოება:

- დაკვირვებების დამთავრების არაერთდროულობა და
- ზოგიერთი ისეთი ანათვლის მიღება, რომელთათვისც ცდომილება დიდია სიმაღლის განსაზღვრისას.

ამიტომ საბაზო დაკვირვებათა მეთოდით სარგებლობა მხოლოდ ერთდროული დაკვირვებების დროს შეიძლება;

თუ საბაზო დაკვირვებებით 300 მ-ზე მაღლა ვერ ვსარგებლობთ, მაშინ უნდა ვისარგებლოთ უკანასკნელი წუთის ვერტიკალური სიჩქარით 800 მ სიმაღლემდე. ამის შემდეგ კი მივმართავთ თეორიული გზით მიღებულ ვერტიკალურ სიჩქარეს.

ასევე, თუ საბაზო დაკვირვებათა გამოთვლა შესაძლებელია 1500 მ მიღწევამდე, მაშინ ამ სიმაღლემდე სარგებლობენ იმ ვერტიკალური სიჩქარით, რომელიც აღნიშნულ შუალედში უფრო ადრე იყო მიღებული; 1500 მ-ზე ზევით უნდა კვლავ თეორიული გზით გამოთვლილ სიჩქარეებს მივმართოთ.

თუ დაკვირვების საბაზო მეთოდით 1500 მ-ზე მაღლა ველარ ესარგებლობთ, მაშინ მიემართათ თეორიულ ვერტიკალურ სიჩქარეებს.

**§ 25. ქარის სიჩქარისა და მიმართულების განსაზღვრა საბაზო
დაკვირვებების შედეგებით**

ჩვენ გავეცანით ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის განსაზღვრას მოლჩანოვის წრის გამოყენებით, როცა დაკვირვებები ერთი პუნქტიდან გვქონდა.

საბაზო დაკვირვებების დროს ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის განსაზღვრა იმავე წესით ხდება, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ წრეზე მოძებნილ ქარის მიმართულებას უნდა წაემატოს ბაზის α აზიმუტი, რომელიც წინასწარ იზომება.

მაგალითად, თუ ბაზის აზიმუტი $\alpha_b = 69^\circ$ და მოლჩანოვის წრეზე მიღებული ანათვლები იყო

$t = 0,5$ წუთზე	$.291^\circ,$
2 „	$.342^\circ,$
10 „	$77^\circ,$

მაშინ ქარის ნამდვილი მიმართულება სათანადოდ იქნება: $291^\circ + 69^\circ = 360^\circ$, $342^\circ + 69^\circ = 51^\circ$ (360-ის ჩამოცილების შემდეგ), $77^\circ + 69^\circ = 146^\circ$.

მაგალითი: განსაზღვრეთ ქარის მიმართულება, თუ მოლჩანოვის წრეზე მიღებული იყო ასეთი ანათვლები: 272° , 325° , 15° და 46° (ბაზის აზიმუტი $\alpha_b = 254^\circ$).

ასეთი შესწორების შეტანა შეიძლება თვით წრეზევე, მაგრამ სჯობია ამას ვერიდოთ, რადგან მოსალოდნელია დაგვაიწყდეს წრეზე საჭირო ნიშნების აღება და უნებლიე შეცდომა დაეუშვათ.

შენიშვნა. თუ დაკვირვებები პირველ პუნქტზე (A) უფრო ადრე შეწყდა, ვიდრე მეორეზე (B), მაშინ დამუშავება გრძელდება მეორე (B) პუნქტის ანათვლების შემწეობით, როგორც არასაბაზო.

იმ შემთხვევაშიც, როცა პირველ პუნქტზე (A) დაკვირვებები ხშირად გამოტოვებულია, ესარგებლობთ მეორე (B) პუნქტის ანათვლებით.

ორივე შემთხვევაში ბირთვ-პილოტის სიმაღლე აიღება მეორე პუნქტის თეოდოლიტიდან. ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება საჭირო გახდეს ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის გაგება არა მოლჩანოვის წრით, არამედ უფრო ზუსტი ანალიზური მეთოდით.

ამ მეთოდის თეორიული საფუძველი და გამოყენების წესები მოცემულია მე-14 პარაგრაფში.

§ 26. სტანდარტული სიმაღლეებისათვის ქარის სიჩქარისა და მიმართულების გამოთვლა

ამინდის პროგნოზისათვის საჭიროა ქარის სიჩქარისა და მიმართულების გამოთვლა ე. წ. სტანდარტული სიმაღლეებისათვის. ასეთ სიმაღლეებად ითვლება: 200, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 და ამის შემდეგ თითო კილომეტრის მომატებით.

დაკვირვებების მონაცემები საერთოდ არ ემთხვევა ამ სიმაღლეებს.

წარმოვიდგინოთ, რომ H არის რომელიმე სტანდარტული სიმაღლე, ამ სიმაღლეზე ქარის მიმართულება აღვნიშნოთ D -თი, ხოლო სიჩქარე— v მ/წმ-ით

H სიმაღლის ქვემოთ და ზემოთ ავიღოთ ორი, უშუალოდ დაკვირვებებიდან მიღებული, სიმაღლე: H_1 და H_2 , ე. ი. $H_1 < H < H_2$. ვთქვათ, რომ ამ სიმაღლეებზე სათანადოდ გვაქვს v_1 , D_1 და v_2 , D_2 მონაცემები ქარის სიჩქარისა და მიმართულებისათვის, მაშინ H სიმაღლეზე ქარის იმავე ელემენტებისათვის გვექნება მსგავსი ფორმულები:

$$v = v_1 + \frac{v_2 - v_1}{H_2 - H_1} (H - H_1), \quad (4.10)$$

$$D = D_1 + \frac{D_2 - D_1}{H_2 - H_1} (H - H_1). \quad (4.11)$$

მაგალითი. დაკვირვებებით ცნობილია v და D ორი მეზობელი სიმაღლისათვის:

425 მ	1,3	4°
500 მ	v	D
595 მ	11,9	151°

საჭიროა გამოვითვალოთ ქარის სიჩქარე და მიმართულება $H=500$ მ სიმაღლისათვის.

გვაქვს

$$v = 7,3 + \frac{11,9 - 7,3}{595 - 425} (500 - 425) = 9,3 \text{ მ/წმ};$$

$$D = 364 + \frac{351 - 364}{595 - 425} \cdot (500 - 425) = 358°.$$

იმავე მიზნისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ აეროლოგიური სახაზავიც.

ბირთვ-პილოტის სივრცითი გადანაცვლების სპატორული
სიჩქარეები და მათი გამოყენება

§ 27. ბირთვ-პილოტის სპატორული სიჩქარეები

ჩვენ უკვე გავეცანით საბაზო დაკვირვებების თეორიასა და პრაქტიკას. დავინახეთ, რომ ბირთვ-პილოტის H_z და H_y სიმაღლეთა განსაზღვრა არ ხდება უნაკლოდ, ამ სიმაღლეთა შორის ხშირად განსხვავებას ვხედავთ. იმის გამო, რომ არ ვიცით, თუ რომელ მათგანს უნდა მიეცეს უპირატესობა, საჭირო ხდება საშუალო არითმეტიკულის გამოთვლა

$$H = \frac{1}{2} (H_z + H_y)$$

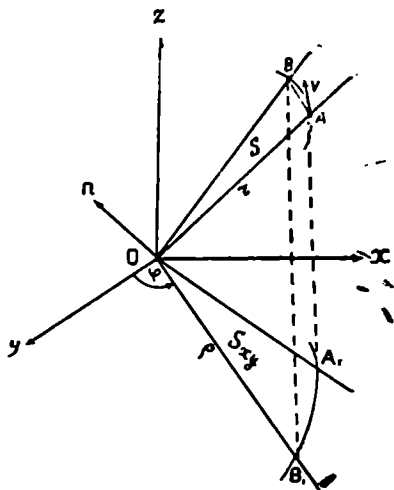
ამ საკითხის გარკვევის მიზნით გავეცნოთ ბირთვ-პილოტის სიმაღლეთა განსაზღვრას მათი ე. წ. სექტორული სიჩქარეების გამოყენებით.

წარმოვიდგინოთ სივრცეში A წერტილი, რომელიც Δt დროის განმავლობაში შემოსწერს სივრცით მრუდს და აღმოჩნდება B წერტილში (ნახ. 57). კოორდინატთა სთავესთან შეიქმნება

სივრცითი სამკუთხედი OAB , რომლის ფართობი უდრის

$$\frac{1}{2} |[r, \Delta r]|, \text{ სადა } r \text{ არის წერტილის რადიუს-ვექტორი, ხოლო } \Delta r = \overline{AB}. \text{ ვექტორული ნამრავლის } \frac{1}{2} [r, \Delta r] \text{ სიდიდე არის}$$

ვექტორი, რომელიც წარმოგვიდგენს აღნიშნული სამკუთხედის ორიენტირებულ ფართობს. ზღვარს, რომლისკენაც მიისწრაფვის ამ ორიენტირებული ფართობის შეფარდება Δt დროსთან, როცა უკანასკნელი უსასრულოდ მცირდება, აღებული წერტილის სექტორული სიჩქარე (S) ეწოდება, ე. ი.



ნახ. 57. სექტორული სიჩქარე S და მისი პროექციები.

წერტილის სექტორული სიჩქარე (S) ეწოდება, ე. ი.

$$S = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [r, \Delta r]}{\Delta t} \right\}, \quad (5.01)$$

ანუ

$$S = \frac{1}{2} [r, v], \quad (5.02)$$

სადაც

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta r}{\Delta t} \right) \quad (5.03)$$

არის წერტილის ხაზოვანი სიჩქარე:

(5.02) ფორმულიდან ვხედავთ, რომ გაორკეცებული სექტორული სიჩქარე წერტილის სიჩქარის მომენტის ტოლია.

სექტორულ სიჩქარეს კოორდინატთა ღერძების მიმართ აქვს პროექციები:

$$\left. \begin{aligned} S_x &= \frac{1}{2} (yz - zy), \\ S_y &= \frac{1}{2} (zx - xz), \\ S_z &= \frac{1}{2} (xy - yx), \end{aligned} \right\} \quad (5.04)$$

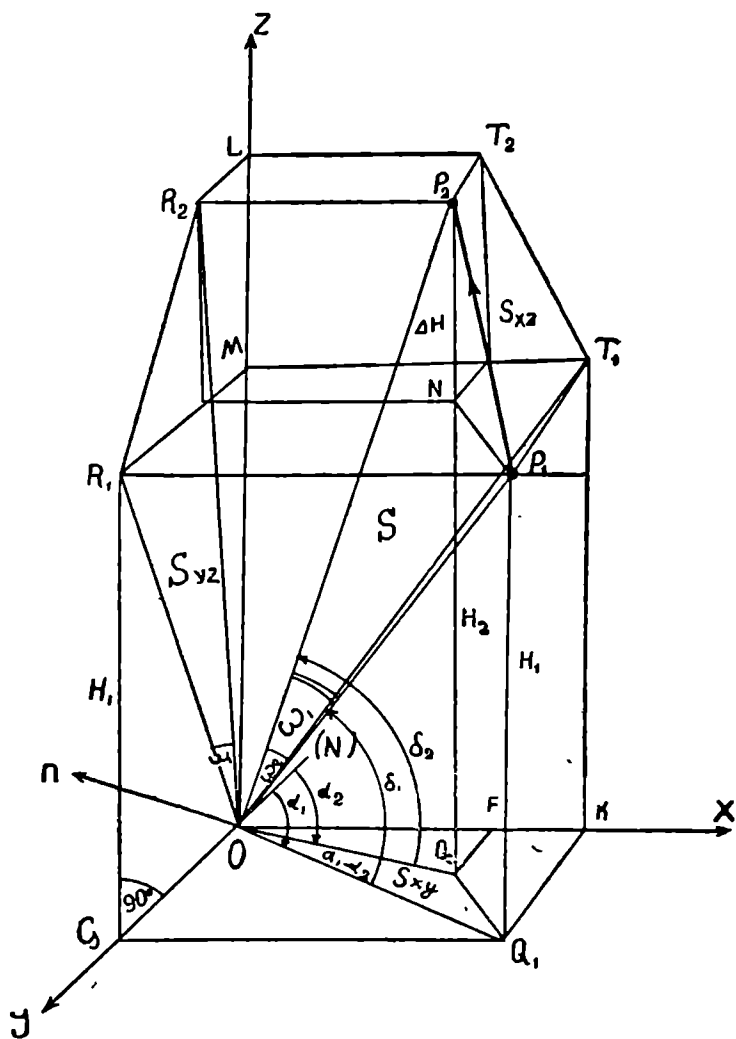
სადაც $\dot{x}=u$, $\dot{y}=v$ და $\dot{z}=w$ წარმოადგენენ ხაზოვანი სიჩქარის (5.03) კომპონენტებს იმავე ღერძებზე.

სექტორული სიჩქარის განზომილება არის [სმ²/წთ].

§ 28. სპატორული სიჩქარისა (S) და მისი პროექციების
(S_x, S_y, S_z) განსაზღვრა დაკვირვების ელემენტების მიხედვით

ვთქვათ, P_1 და P_2 წერტილები (ნახ. 58) წარმოადგენენ ორი მიმდევრო t_1 და t_2 მომენტისათვის ბირთვ-პილოტის სივრცით მდებარეობებს, რომელთაც ვაკვირდებით O წერტილზე დადგმული და ჩრდილოეთისაკენ ორიენტირებული თეოდოლიტის შემწეობით.

ყოველ $t_i (i=1, 2, \dots, n)$ მომენტში სივრცეში P_i წერტილის მდებარეობის განსაზღვრისათვის საჭიროა ვიცოდეთ α_i აზიმუტები (N -დან S -კენ აღმოსავლეთის ხაზზე გავლით), δ_i ვერტიკალური კუთხეები და H_i სიმაღლეები. დასაწყისში H_i სიმაღლეებს ჩვენ ვთვლით ცნობილად, თუმცა მათი განსაზღვრა არის ჩვენი ძირითადი მიზანი.



ნახ. 58. სექტორული სიჩქარეები კოორდინატო სიბრტყეებზე.

ორი თანამდევნო t_1 და t_2 მომენტისათვის გვაქვს სივრცითი სამკუთხედი OP_1P_2 , რომლის S ფართობს კოორდინატთა სიბრტყეებზე აქვს S_{xy} , S_{yz} და S_{zx} პროექციები. თუ n აღნიშნავს ნორმალის მიმართულებას P_1OP_2 სამკუთხედის ფართობისადმი, აღმართულს O წერტილზე, მაშინ აღნიშნული პროექციებისათვის გვექნება:

$$\left. \begin{aligned} S_{xy} &= S \cos(\widehat{n, z}), \\ S_{yz} &= S \cos(\widehat{n, x}), \\ S_{zx} &= S \cos(\widehat{n, y}). \end{aligned} \right\} \quad (5.05)$$

თუ გავამრავლებთ მათ მიმდევრობით $\cos(\widehat{n, z})$, $\cos(\widehat{n, x})$, $\cos(\widehat{n, y})$ -ზე და შევკრებთ წევრ-წევრად, მივიღებთ:

$$S = S_{xy} \cos(\widehat{n, z}) + S_{yz} \cos(\widehat{n, x}) + S_{zx} \cos(\widehat{n, y}), \quad (5.06)$$

რადგან

$$\cos^2(\widehat{n, x}) + \cos^2(\widehat{n, y}) + \cos^2(\widehat{n, z}) = 1.$$

მეორე მხრივ, (5.05) ტოლობათა კვადრატში აყვანა და შეკრება მოგვცემს

$$S^2 = S_{xy}^2 + S_{yz}^2 + S_{zx}^2. \quad (5.07)$$

გადავიდეთ ახლა სექტორული S სიჩქარისა და მისი პროექციების განსაზღვრაზე დაკვირვებათა ელემენტების მიხედვით.

OP_1P_2 სამკუთხედის (ნახ. 58) ფართობი, ანუ სექტორული სიჩქარე S , ადვილად გაიგება $\overline{OP_1}$ და $\overline{OP_2}$ ვექტორთა პროექციების შემწეობით კოორდინატთა ღერძებზე, ე. ი. თუ გვაქვს $\overline{OP_1}(x_1, y_1, z_1)$ და $\overline{OP_2}(x_2, y_2, z_2)$, მაშინ

$$S = \frac{1}{2} \sqrt{(y_1 z_2 - z_1 y_2)^2 + (x_1 y_2 - y_1 x_2)^2 + (z_1 x_2 - x_1 z_2)^2}. \quad (5.08)$$

$\overline{OP_1}$ ვექტორისათვის აღნიშნული მდგენლები არის:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= H_1 \sin \alpha_1 \operatorname{ctg} \delta_1, \\ y_1 &= -H_1 \cos \alpha_1 \operatorname{ctg} \delta_1, \\ z_1 &= H_1. \end{aligned} \right\} \quad (5.09)$$

ხოლო $\overline{OP_2}$ ვექტორისათვის ანალოგიურად გვექნება:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= H_2 \sin \alpha_2 \operatorname{ctg} \delta_2, \\ y_2 &= -H_2 \cos \alpha_2 \operatorname{ctg} \delta_2, \\ z_2 &= H_2. \end{aligned} \right\} \quad (5.10)$$

(5.09) და (5.10) მნიშვნელობათა შეტანა (5.08) ფორმულაში გარდაქმნების შემდეგ მოგვცემს:

$$S = \frac{1}{2} H_1 H_2 \sqrt{\cos^2 \delta_1 \cdot \cos^2 \delta_2 - [1 + \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2]^2}. \quad (5.11)$$

ახლა, თუ ვისარგებლებთ (5.04) ფორმულებით და შევიტანთ მათში (5.09) და (5.10) მნიშვნელობებს, მივიღებთ:

1. XOY სიბრტყისათვის

$$S_{xy} = \frac{1}{2} H_1 H_2 \sin(\alpha_1 - \alpha_2) \operatorname{ctg} \delta_1 \operatorname{ctg} \delta_2, \quad (5.12)$$

2. YOZ სიბრტყისათვის

$$S_{yz} = \frac{1}{2} H_1 H_2 (\cos \alpha_2 \operatorname{ctg} \delta_2 - \cos \alpha_1 \operatorname{ctg} \delta_1), \quad (5.13)$$

3. XOZ სიბრტყისათვის

$$S_{zx} = \frac{1}{2} H_1 H_2 (\sin \alpha_1 \operatorname{ctg} \delta_1 - \sin \alpha_2 \operatorname{ctg} \delta_2). \quad (5.14)$$

ამგვარად, სამივე მდგენლისათვის ჩვენ მივიღეთ სათანადო ფორმულები დაკვირვების ელემენტების (α , δ , H) მიხედვით. აღსანიშნავია, რომ ყველა ამ ფორმულაში H იგულისხმება ცნობილად*. შემდეგში ჩვენ მიზნად დავისახავეთ სიმაღლეების განსაზღვრას სექტორული სიჩქარეების დახმარებით.

აღნიშნული ამოცანის ამოხსნას ჩვენ ორ შემთხვევას ვუყავშირებთ:

1. როცა დაკვირვებებისათვის გვაქვს ჰორიზონტალური ბაზა და თვით S_{xy} პროექცია მდებარეობს ჰორიზონტალურ სიბრტყეში და 2. როცა დაკვირვებებისათვის გვაქვს დახრილი ბაზა.

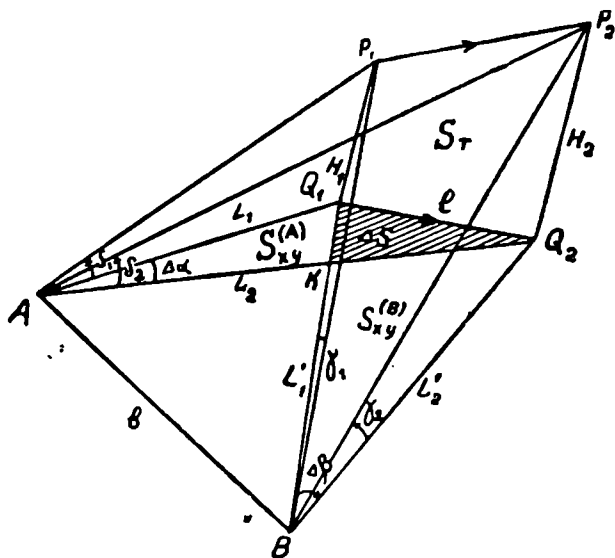
§ 20. ბირთვ-პილოტაჟის სპატორული სიჩქარეების გამოყენება მათი სიმაღლის განსაზღვრისათვის

ბირთვ-პილოტების სიმაღლეების გამოსათვლელად გამოვიყენოთ მიღებული ფორმულები — (5.13), (5.14), (5.15), (5.11).

ყველა ეს ფორმულა დაწერილია O წერტილის მიმართ. თუ OY ღერძის გასწვრივ ვიგულისხმებთ ბაზას, რომლის სიგრძე $b = \overline{AB}$, მა-

* მაგალითად, ამ მიზნით შეგვიძლია ვისარგებლოთ ფორმულით $H = Wt$, სადაც W არის ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე, რომელიც გაიგება თეორიული გზით.

შინ იგივე ფორმულები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს B წერტილის მიმართაც. რადგან აღნიშნული ფორმულები გამოყვანილი იყო კოორდინატთა O სათავისათვის, რომელშიც ახლა ვგულისხმობთ ბაზის ერთ-ერთ ბოლოს (A), ამიტომ ქვემოთ O წერტილის მაგიერ ყველგან იქნება დაწერილი A ასო.



ნახ. 59. $S_{xy}^{(A)}$ და $S_{xy}^{(B)}$ პროექციები.

ამგვარად, (5.13) ფორმულა A და B წერტილებისათვის (ნახ. 59) შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\left. \begin{aligned} S_{xy}^{(A)} &= -\frac{1}{2} H_1 H_2 \operatorname{ctg} \delta_1 \cdot \operatorname{ctg} \delta_2 \cdot \sin \Delta \alpha, \\ S_{xy}^{(B)} &= -\frac{1}{2} H_1 H_2 \operatorname{ctg} \gamma_1 \cdot \operatorname{ctg} \gamma_2 \cdot \sin \Delta \beta, \end{aligned} \right\} \quad (5.15)$$

სადაც

$$\Delta \alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \text{ და } \Delta \beta = \beta_2 - \beta_1$$

არის ბირთვ-პილოტის მდებარეობის პორიზონტალური პროექციის აზიმუტთა სხვაობა t_1 და t_2 მომენტებში (ათვლილი A და B წერტი-

ლებიდან შესაბამისად), ხოლო δ_1, δ_2 და γ_1, γ_2 არის ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური კუთხეები (ათვლილი A და B წერტილზე დადგმული თეოდოლიტებიდან იმავე მომენტებში).

ცხადია, ბირთვ-პილოტის H_1 და H_2 სიმაღლეები ორივე წერტილიდან (A და B) დაკვირვების დროს ერთი და იგივე უნდა იყოს. ამის გამო (5.16) ფორმულებიდან მივიღებთ

A წერტილისათვის

$$H_1 H_2 = - \frac{2S_{xy}^{(A)}}{\sin \Delta \alpha} \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_2,$$

B წერტილისათვის

$$H_1 H_2 = - \frac{2S_{xy}^{(B)}}{\sin \Delta \beta} \operatorname{tg} \gamma_1 \operatorname{tg} \gamma_2$$

ანდა

$$H_1 H_2 = - \left[\frac{S_{xy}^{(A)}}{\sin \Delta \alpha} \operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{tg} \delta_2 + \frac{S_{xy}^{(B)}}{\sin \Delta \beta} \operatorname{tg} \gamma_1 \operatorname{tg} \gamma_2 \right]. \quad (5.16)$$

აქ შეიძლება წარმოგვიდგეს ისეთი შემთხვევა, როდესაც $\Delta \alpha$ ან $\Delta \beta$ ნულია. თუ $\Delta \alpha = 0$, მაშინ ამ ფორმულის მარჯვენა მხარის პირველი წევრი ლებულობს $\frac{0}{0}$ განუსაზღვრელობის სახეს, რომლის გახსნა-

ლოპიტალის წესის მიხედვით მოგვცემს $\frac{0}{1}$, ე. ი. ამ წევრისათვის ნულოვან მნიშვნელობას. რადგან ამასთან ერთდროულად $\Delta \beta \neq 0$, ამიტომ სიმაღლეთა $H_1 H_2$ ნამრავლისათვის გვექნება გარკვეული რიცხვითი მნიშვნელობა.

მივმართოთ კვლავ ნახაზს (ნახ. 59). ამ ნახაზზე ნაჩვენებია ბაზის $\overline{AB} = b$ ნებისმიერი მიმართულება პორიზონტალურ სიბრტყეზე, ე. ი. როდესაც A და B წერტილები აღებულია ტოლ სიმაღლეებზე*. Q_1 და Q_2 იმავე სიბრტყის ის წერტილებია, სადაც ბირთვ-პილოტის პროექტირება ხდება, და $l = \overline{Q_1 Q_2}$ არის ის მანძილი, რომელიც მან გაიარა $t_2 - t_1$ დროის შუალედში. Q_1 და Q_2 წერტილებიდან (ბაზის თავი და ბოლო) A და B წერტილებზე დამზერით მივიღებთ სამკუთხედებს: AQ_1Q_2 და BQ_1Q_2 , რომლებიც წარმოადგენენ ბირთვ-პილოტის სექტორულ სიჩქარეებს A და B წერტილების მიმართ.

* მათი განსხვავებული სიმაღლეების შემთხვევას განვიხილავთ ქვემოთ (§ 29).

წარმოვიდგინოთ ახლა Q_1 და Q_2 წერტილებიდან აღმართული პერპენდიკულარები $\overline{P_1Q_1}$ და $\overline{P_2Q_2}$, რომლებიც ტოლია t_1 და t_2 მომენტებში ბირთვ-პილოტის H_1 და H_2 სიმაღლეების შესაბამისად. მათი შენწყობით, ტრაპეციის სახით S_T ფართობი წარმოიქმნება, რომლის სიმაღლე იქნება $l = \overline{Q_1Q_2}$. ამ ტრაპეციის ფართობი

$$S_T = \frac{1}{2} (H_1 + H_2) l. \quad (5.17)$$

ამგვარად, ჩვენ გვაქვს ორი ფორმულა — (5.17) და (5.16), რომლებშიც H_1 და H_2 სიმაღლეები შედის ნამრავლისა და ჯამის სახით. ეს გარემოება საშუალებას გვაძლევს ვთქვათ, რომ არსებობს ისეთი კვადრატული განტოლება, რომლის ფესვებია სწორედ H_1 და H_2 სიმაღლეები. ამ კვადრატული განტოლების კოეფიციენტები, თანახმად მისი ფესვების ცნობილი თვისებებისა, არის

$$p = -\frac{2S_T}{l},$$

$$q = -\left[\frac{S_{xy}^{(A)}}{\sin \Delta \alpha} \operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{tg} \delta_2 + \frac{S_{xy}^{(B)}}{\sin \Delta \beta} \operatorname{tg} \gamma_1 \operatorname{tg} \gamma_2 \right] \quad (5.18)$$

და თვითონ განტოლება იქნება:

$$x^2 + px + q = 0.$$

ტრაპეციის ფართობი S_T ავიღოთ საშუალო არითმეტიკულის სახით, ე. ი.

$$\begin{aligned} S_T &= \frac{1}{2} [S_T^{(A)} + S_T^{(B)}] = \\ &= \frac{l}{4} [L_1 \operatorname{tg} \delta_1 + L_2 \operatorname{tg} \delta_2 + L'_1 \operatorname{tg} \gamma_1 + L'_2 \operatorname{tg} \gamma_2], \end{aligned} \quad (5.19)$$

სადაც L_1 , L_2 და L'_1 , L'_2 არის პროექციათა დაშორებები A და B წერტილებიდან t_1 და t_2 მომენტებში. გამოვსახოთ ეს დაშორებანი უშუალოდ გაზომილი სიდიდეების შემწყობით. ამისათვის მივმართოთ სექტორულ სამკუთხედებს S_{xy} . სინუსების თეორემის ძალით, გვექნება:

$$\frac{L_1}{\sin \beta} = \frac{L'_1}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin [180^\circ - (\alpha + \beta)]} = \frac{b}{\sin (\alpha + \beta)}.$$

აქედან ეპოულობთ

$$\left. \begin{aligned} L_1 &= b \frac{\sin \beta_1}{\sin (\alpha_1 + \beta_1)}, & L_2 &= b \frac{\sin \beta_2}{\sin (\alpha_2 + \beta_2)}, \\ L'_1 &= b \frac{\sin \alpha_1}{\sin (\alpha_1 + \beta_1)}, & L'_2 &= b \frac{\sin \alpha_2}{\sin (\alpha_2 + \beta_2)}. \end{aligned} \right\} \quad (5.20)$$

შევიტანოთ ეს მნიშვნელობები (5.20) ფორმულაში, მაშინ S_T -სათვის გვექნება:

$$\frac{S_T}{l} = \frac{b}{4} \left[\frac{\sin \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma_1 + \sin \beta_1 \operatorname{tg} \delta_1}{\sin (\alpha_1 + \beta_1)} + \frac{\sin \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2 + \sin \beta_2 \operatorname{tg} \delta_2}{\sin (\alpha_2 + \beta_2)} \right]. \quad (5.21)$$

(5.13) ფორმულის S_{xy} -ის გამოსახულებაშიც შედის L_1 და L_2 ნამრავლის $H_1 \operatorname{ctg} \delta_1$ და $H_2 \operatorname{ctg} \delta_2$ სახით. თუ ვისარგებლებთ აქაც (5.21) ფორმულებით, მივიღებთ:

$$\begin{aligned} & \frac{S_{xy}^{(A)}}{\sin \Delta \alpha} \operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{tg} \delta_2 + \frac{S_{xy}^{(B)}}{\sin \Delta \beta} \operatorname{tg} \gamma_1 \operatorname{tg} \gamma_2 = \\ &= \frac{b^2}{2} \frac{\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma_1 \cdot \sin \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2 + \sin \beta_1 \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \beta_2 \operatorname{tg} \delta_2}{\sin (\alpha_1 + \beta_1) \sin (\alpha_2 + \beta_2)}. \end{aligned}$$

მაშასადამე, (5.19) ფორმულის მაგიერ გვექნება:

$$\left. \begin{aligned} p &= -\frac{b}{2} \left[\frac{\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma_1 + \sin \beta_1 \operatorname{tg} \delta_1}{\sin (\alpha_1 + \beta_1)} + \frac{\sin \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2 + \sin \beta_2 \operatorname{tg} \delta_2}{\sin (\alpha_2 + \beta_2)} \right], \\ q &= \frac{b_2}{4} \left[\frac{\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma_1 \cdot \sin \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2 + \sin \beta_1 \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \beta_2 \operatorname{tg} \delta_2}{\sin (\alpha_1 + \beta_1) \sin (\alpha_2 + \beta_2)} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (5.18a)$$

ამგვარად, მიღებული კვადრატული განტოლების კოეფიციენტები გამოისახება მხოლოდ ბაზის სიგრძისა და t_1 და t_2 მომენტებში გაზომილი კუთხეების შემწეობით.

აღვნიშნოთ შემდეგი დეტერმინანტები:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \sin \alpha_1 & -\operatorname{tg} \delta_1 \\ \sin \beta_1 & \operatorname{tg} \gamma_1 \end{vmatrix}, \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} \sin \alpha_2 & -\operatorname{tg} \delta_2 \\ \sin \beta_2 & \operatorname{tg} \gamma_2 \end{vmatrix}, \quad (5.22)$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} \sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2 & -\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_2 \\ \sin \beta_1 \cdot \sin \beta_2 & \operatorname{tg} \gamma_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma_2 \end{vmatrix}.$$

მაშინ (5.18ა) ფორმულები ასე დაიწერება:

$$\left. \begin{aligned} p &= -\frac{b}{2} \left[\frac{\Delta_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} + \frac{\Delta_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \right], \\ q &= +\frac{b^2}{2} \cdot \frac{\Delta_3}{\sin(\alpha_1 + \beta_1) \sin(\alpha_2 + \beta_2)}. \end{aligned} \right\} \quad (5.18\delta)$$

მაგალითი 1. მოცემულია: $\alpha_1=52^\circ, 0$; $\beta_1=44^\circ, 0$; $\alpha_2=43^\circ, 0$; $\beta_2=61^\circ, 0$; $\delta_1=67^\circ 28'$, $\delta_2=63^\circ 51'$ და $\gamma_1=64^\circ 36'$, $\gamma_2=69^\circ 34'$ ($b=1200$ მ).

(5.22) ფორმულების მიხედვით ვღებულობთ:

$$\Delta_1 = \left| \begin{array}{cc} \sin 52^\circ & -\operatorname{tg} 67^\circ 28' \\ \sin 44^\circ & \operatorname{tg} 64^\circ 36' \end{array} \right| = 3,334,$$

$$\Delta_2 = \left| \begin{array}{cc} \sin 43^\circ & -\operatorname{tg} 63^\circ 51' \\ \sin 61^\circ & \operatorname{tg} 69^\circ 34' \end{array} \right| = 3,612,$$

$$\Delta_3 = \left| \begin{array}{cc} \sin 52^\circ \cdot \sin 43^\circ & -\operatorname{tg} 67^\circ 28' \cdot \operatorname{tg} 63^\circ 51' \\ \sin 44^\circ \cdot \sin 61^\circ & \operatorname{tg} 64^\circ 36' \cdot \operatorname{tg} 69^\circ 34' \end{array} \right| = 6,020,$$

$$\sin(\alpha_1 + \beta_1) = \sin(52^\circ + 44^\circ) = \sin 96^\circ = 0,9945,$$

$$\sin(\alpha_2 + \beta_2) = \sin(43^\circ + 61^\circ) = \sin 104^\circ = 0,9703.$$

მაშასადამე, (5.18ა) ფორმულები მოგვცემს:

$$p = -\frac{1200}{2} \left[\frac{3,334}{0,9945} + \frac{3,612}{0,9703} \right] = -4245,6;$$

$$q = +\frac{1200^2}{2} \cdot \frac{6,020}{0,9945 \cdot 0,9703} = +4492000,$$

რომელთა მიხედვით კვადრატული განტოლება იქნება

$$x^2 - 4245,6x + 4492000 = 0$$

და აქედან კი ფესვები

$$x_{1,2} = 2122,2 \pm \sqrt{2122,8^2 - 4492000}$$

მოგვცემს საძიებელ სიმაღლეებს:

$$H_1 = x_1 = 2017,6 \text{ მ},$$

$$H_2 = x_2 = 2228,0 \text{ მ}.$$

როგორც ვხედავთ, p და q კოეფიციენტები მუდამ დიდი რიცხვებია, ამიტომ სიმაღლეების მოსაძებნად უმჯობესია მივმართოთ ქვემოთორმულას — (5.25).

მაგალითი 2. მოცემულია: $\alpha_1=42^\circ 12'$; $\beta_1=42^\circ 12'$; $\alpha_2=53^\circ 58'$; $\beta_2=53^\circ 58'$, $\delta_1=40^\circ 50'$, $\delta_2=41^\circ 25'$ და $\gamma_1=40^\circ 50'$, $\gamma_2=41^\circ 25'$ (ბაზის სიგრძე $b=1200$ მ).

ამ შემთხვევაში ბირთვ-პილოტი მოძრაობს ბაზის შუა წერტილის მიმართ შეუულად. გვექნება:

$$\sin(\alpha_1 + \beta_1) = \sin 84^\circ 24' = 0,99525,$$

$$\sin(\alpha_2 + \beta_2) = \sin 107^\circ 56' = 0,95145,$$

$$\Delta_1 = \left| \frac{\sin \alpha_1 - \operatorname{tg} \delta_1}{\sin \beta_1 \quad \operatorname{tg} \gamma_1} \right| = 2 \sin 42^\circ 12' \cdot \operatorname{tg} 40^\circ 50' = 1,1610,$$

$$\Delta_2 = \left| \frac{\sin \alpha_2 - \operatorname{tg} \delta_2}{\sin \beta_2 \quad \operatorname{tg} \gamma_2} \right| = 2 \sin 53^\circ 58' \cdot \operatorname{tg} 41^\circ 25' = 1,4268,$$

$$\Delta_3 = \left| \frac{\sin 42^\circ 12' \cdot \sin 53^\circ 58' - \operatorname{tg} 40^\circ 58' \cdot \operatorname{tg} 41^\circ 25'}{\sin 42^\circ 12' \cdot \sin 53^\circ 58' \quad \operatorname{tg} 40^\circ 58' \cdot \operatorname{tg} 41^\circ 25'} \right| = 0,8282,$$

$$p = -\frac{1200}{2} \left[\frac{1,1610}{0,99525} + \frac{1,4268}{0,95145} \right] = -1599,6;$$

$$q = +\frac{1200^2}{2} \cdot \frac{0,8282}{0,99525 \cdot 0,95145} = +629640,$$

$$x^2 - 1599,6 x + 629640 = 0.$$

აქედან ვღებულობთ

$$x_{1,2} = 799,8 \pm \sqrt{799,8^2 - 629640} = 799,8 \pm 102,2,$$

ე. ი. სიმაღლეები იქნება:

$$H_1 = x_1 = 799,8 - 102,2 = 697,6 \text{ მ};$$

$$H_2 = x_2 = 799,8 + 102,2 = 902,0 \text{ მ}.$$

მაგალითი 3. მოცემულია: $\alpha_1=\alpha_2=90^\circ$; $\beta_1=23^\circ$, $\beta_2=31^\circ$ და $\delta_1=68^\circ 12'$, $\delta_2=61^\circ 21'$, $\gamma_1=40^\circ 14'$, $\gamma_2=42^\circ 53'$ (ბაზის სიგრძე $b=1200$ მ).

ამ შემთხვევაში ბირთვ-ბილოტი მოძრაობს ბაზის A წერტილის მიმართ და ვლუბულობთ

$$\Delta_1 = \left| \frac{\sin \alpha_1 - \operatorname{tg} \delta_1}{\sin \beta_1 \operatorname{tg} \gamma_1} \right| = \left| \frac{1 - \operatorname{tg} 68^\circ 12'}{\sin 23^\circ \operatorname{tg} 40^\circ 14'} \right| = 1,8230,$$

$$\Delta_2 = \left| \frac{\sin \alpha_2 - \operatorname{tg} \delta_2}{\sin \beta_2 \operatorname{tg} \gamma_2} \right| = \left| \frac{1 - \operatorname{tg} 61^\circ 21'}{\sin 31^\circ - \operatorname{tg} 42^\circ 53'} \right| = 1,8713,$$

$$\Delta_3 = \left| \frac{1 - \operatorname{tg} 68^\circ 12' \cdot \operatorname{tg} 61^\circ 21'}{\sin 23^\circ 31' \operatorname{tg} 40^\circ 14' \cdot \operatorname{tg} 42^\circ 53'} \right| = 1,7066,$$

$$p = -\frac{1200}{2} \left[\frac{1,823}{0,9205} + \frac{1,8714}{0,35717} \right] = 2497,8,$$

$$q = -\frac{1200^2}{2} \cdot \frac{1,7066}{0,9205 \cdot 0,85717} = 1552000.$$

განტოლება იქნება

$$x^2 - 2497,8x + 1552000 = 0,$$

რომლის ფესვებია

$$\begin{aligned} x_{1,2} &= 1248,8 \pm \sqrt{1560000 - 1552000} = 1248,8 \pm \sqrt{8000} = \\ &= 1248,8 \pm 89,44, \end{aligned}$$

ე. ი.

$$H_1 = x_1 = 1159,4 \text{ მ და } H_2 = x_2 = 1338,2 \text{ მ.}$$

(5.18ა) ფორმულები, შედგენილი p და q კოეფიციენტებისათვის, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კვადრატული განტოლების შესადგენად, მაშინ ამ განტოლების ამონახსნის სახე იქნება

$$H_{1,2} = \frac{b}{4} [A \pm \sqrt{A^2 - 8B}], \quad (5.23)$$

სადაც

$$A = \frac{\Delta_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} + \frac{\Delta_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)},$$

$$B = \frac{\Delta_3}{\sin(\alpha_1 + \beta_1) \sin(\alpha_2 + \beta_2)},$$

რომლებშიც Δ_1 , Δ_2 და Δ_3 მოცემული იყო (5.22) ფორმულებით. (5.23) ფორმულა შემდეგი სახითაც შეიძლება იქნეს წარმოდგენილი:

$$2H_{1,2} = \frac{H_{\delta_1} + H_{\gamma_1}}{2} + \frac{H_{\delta_2} + H_{\gamma_2}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{H_{\delta_1} + H_{\gamma_1}}{2}\right)^2 + \left(\frac{H_{\delta_2} + H_{\gamma_2}}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}(H_{\delta_1} - H_{\gamma_1})(H_{\delta_2} - H_{\gamma_2}) - (H_{\delta_1}H_{\delta_2} + H_{\gamma_1}H_{\gamma_2})}. \quad (5.24)$$

აქედან შეიძლება დავასკვნათ: ბირთვ-პილოტის საბაზო დაკვირვებებით მიღებული H_1 და H_2 სიმაღლეები წარმოადგენს H_δ და H_γ სიმაღლეთა ფუნქციებს. ამ დასკვნის მიხედვით ადვილად გასაგები ხდება, თუ რატომ ვიღებთ საშუალო არითმეტიკულს $H = \frac{1}{2}(H_\delta + H_\gamma)$, როცა ნამ-

დვილი სიმაღლე უცნობია და გვსურს დავეყარდნოთ მხოლოდ H_δ და H_γ გაზომვებს. როდესაც H_δ და H_γ სიმაღლეთა შორის განსხვავება არ აღემატება 6%, მაშინ (5.25) ფორმულა თითქმის იმავე შედეგს იძლევა, რასაც გვაძლევს ფორმულები H_δ -სა და H_γ -სათვის მათი საშუალო არითმეტიკულის აღების დროს.

მაგალითი 4. ისარგებლეთ ქვემოთ მოყვანილი მონაცემებით და გამოითვალეთ (5.25) ფორმულით სიმაღლეები $H_{1,2}$, თუ საბაზო დაკვირვებებით ცნობილია:

ა)		ბ)		გ)	
1	2	1	2	1	2
$H_\delta = 1988,7$	2200	545,6	800,0	3885,4	4348,3
$H_\gamma = 1965,6$	2200	602,7	802,4	3942,4	4378,0

(აქ 1 და 2 რიცხვები ნიშნავს თანამიმდევრო პირველ და მეორე წუთზე მოხდენილ ანთვალს).

მაგალითი 5. ზემოთ მოცემული ა), ბ), გ) შემთხვევები გამოიყენეთ სიმაღლეთა გამოსათვლელად (5.24) ფორმულის შემწეობით. შეადარეთ მიღებული შედეგები.

შენიშვნა. გამოთვლების გაადვილების მიზნით (5.25) ფორმულა შეიძლება გამარტივდეს. ამისათვის შემოვიტანოთ აღნიშვნა:

$$H_{\delta_1} = H_{\gamma_1} + h_1 \text{ და } H_{\delta_2} = H_{\gamma_2} + h_2.$$

მაშინ (5.25) ფორმულის რადიკალის ქვეშ პირველი ორი წევრისათვის გვექნება

$$\frac{H_{\delta_1} + H_{\gamma_1}}{2} = H_{\gamma_1} \left(1 + \frac{h_1}{2H_{\gamma_1}} \right),$$

$$\frac{H_{\delta_2} + H_{\gamma_2}}{2} = H_{\gamma_2} \left(1 + \frac{h_2}{2H_{\gamma_2}} \right),$$

ხოლო ორი უკანასკნელი წევრისათვის კი გვექნება ასეთი გარდაქმნები:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} H_{\delta_2} H_{\gamma_2} \left(\frac{H_{\delta_1}}{H_{\delta_2}} + \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2}} \right) - \frac{3}{2} H_{\delta_2} H_{\gamma_2} \left(\frac{H_{\delta_1}}{H_{\gamma_2}} + \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\delta_2}} \right) = \\ & = H_{\delta_2} H_{\gamma_2} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{H_{\delta_1}}{H_{\delta_2}} + \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2}} \right) - \frac{3}{2} \left(\frac{H_{\delta_1}}{H_{\gamma_2}} + \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\delta_2}} \right) \right]. \end{aligned}$$

კვადრატულ ფრჩხილებში მოთავსებული ორი წევრისათვის გვაქვს:

$$\begin{aligned} 1) \frac{1}{2} \left(\frac{H_{\delta_1}}{H_{\delta_2}} + \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2}} \right) &= \frac{1}{2} \left(\frac{H_{\gamma_1} + h_1}{H_{\gamma_2} + h_2} + \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2}} \right) = \\ &= \frac{1}{2} \left[\frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2}} \left(\frac{1 + \frac{h_1}{H_{\gamma_1}}}{1 + \frac{h_2}{H_{\gamma_2}}} + 1 \right) \right] \approx \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2}} \left(1 + \frac{\varepsilon}{2} \right) \end{aligned}$$

და

$$\begin{aligned} 2) -\frac{3}{2} \left(\frac{H_{\delta_1}}{H_{\gamma_2}} + \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\delta_2}} \right) &= -\frac{3}{2} \left(\frac{H_{\gamma_1} + h_1}{H_{\gamma_2}} + \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2} + h_2} \right) = \\ &= -\frac{3}{2} \left[\frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2}} \left(1 + \frac{h_1}{H_{\gamma_1}} \right) + \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2}} \frac{1}{1 + \frac{h_2}{H_{\gamma_2}}} \right] \approx -3 \frac{H_{\gamma_1}}{H_{\gamma_2}} \left(1 + \frac{\varepsilon}{2} \right) \end{aligned}$$

სადაც

$$\varepsilon = \frac{h_1}{H_{\gamma_1}} - \frac{h_2}{H_{\gamma_2}}.$$

მაშასადამე, (5.24) ფორმულა ასეთი სახით დაიწერება:

$$2H_{1,2} = H_{\gamma_1} \left(1 + \frac{h_1}{2H_{\gamma_1}}\right) + H_{\gamma_2} \left(1 + \frac{h_2}{2H_{\gamma_2}}\right) \pm \sqrt{H_{\gamma_1}^2 \left(1 + \frac{h_1}{2H_{\gamma_1}}\right)^2 + H_{\gamma_2}^2 \left(1 + \frac{h_2}{2H_{\gamma_2}}\right)^2 - 2H_{\gamma_1} H_{\gamma_2} \left(1 + \frac{h_2}{H_{\gamma_2}}\right) \left(1 + \frac{\varepsilon}{2}\right)}. \quad (5.25)$$

როგორც ვხედავთ, აქ გამოსათვლელია მხოლოდ $\frac{h}{H}$ სახის შეფარდება; დანარჩენი ოპერაციები სრულდება კვადრატებისა და კვადრატული ფესვების ამოსაღები ცხრილების შემწეობით.*

ა მ ო ც ა მ მ. ვთქვათ, ბირთვ-ბილოტის ვერტიკალური სიჩქარე $W=200$ მ/წთ უცვლელი რჩება. $t_1=10$ და $t_2=11$ წუთისათვის ამის მიხედვით გვექნება სიმაღლეები $H_1=2000$ მ და $H_2=2200$ მ.

მივიღოთ $h_1=-100$ მ და $h_2=+100$ მ, მაშინ თუ $H_{\gamma_1}=2050$ მ და $H_{\gamma_2}=2150$ მ, გვექნება $H_{\delta_1}=1950$ მ და $H_{\delta_2}=2250$ მ.

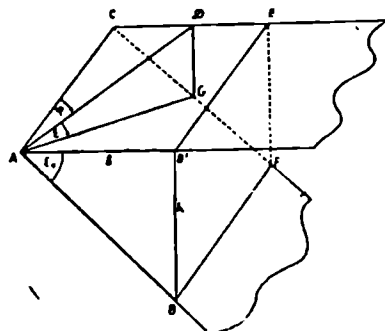
ისარგებლოთ (5.24) და (5.25) ფორმულებით და შეადარეთ მიღებული შედეგები.

§ 80. დახრილი ბაზა

წარმოვიდგინოთ ახლა, რომ ბაზა დახრილია, ე. ი. მისი ერთი ბოლო მეორეზე რამდენადმე მაღლა ან უფრო დაბლა მდებარეობს. განვიხილოთ აქ ორი შემთხვევა.

ა) A წერტილი B წერტილთან შედარებით h მეტრით უფრო მაღლაა (ნახ. 60).

A წერტილზე გაველოთ ჰორიზონტალური სიბრტყე Π და აღვმართოთ მასზე B წერტილიდან შვეული $\overline{BB'}=h$. დახრილ $\overline{AB}$ ბაზას შეესაბამება ჰორიზონტალური ბაზა $\overline{AB'}=b$. კუთხე მათ შორის აღვნიშნოთ ε_0 -ით. ცხადია, რომ



ნახ. 60. დახრილი ბაზა ε_0 კუთხით.

$$\overline{AB'} = b = \overline{AB} \cos \varepsilon_0.$$

* ამისათვის კარგია ბ ა რ ლ ო უ ს ცხრილები.

B' წერტილზე გავავლოთ $\overline{AB'}$ -სადმი შვეული და სიგრძით მისი ტოლი $B'E$ სწორი ხაზი. მისი E ბოლოდან დავუშვათ პერპენდიკულარი $EF = B'B = h$. $\overline{BF}$ სწორ ხაზზე და A წერტილზე გავავლოთ დახრილი სიბრტყე Π' , რომელიც გადაკვეთს Π პარიზონტალურ სიბრტყეს $B'E$ ხაზის პარალელურ $\overline{AC}$ ხაზზე. თანახმად პირობისა

$$\overline{B'E} = \overline{AB'} = \overline{AC} = b = \overline{AB} \cos \varepsilon_0.$$

A წერტილზე გავავლოთ ვერტიკალური სიბრტყე, რომელიც Π და Π' სიბრტყეთა შორის მართკუთხა ADG სამკუთხედს ქმნის. ვთქვათ, ამ სამკუთხედის კათეტი $\overline{AD}$ შეადგენს $\overline{AC}$ მონაკვეთთან რომელიღაც კუთხეს $\varphi = \angle CAD$. თუ აღვნიშნავთ $\varepsilon = \angle DAG$, დავინახავთ, რომ, როცა φ კუთხე იზრდება 0° -დან $\frac{\pi}{2}$ -მდე, მაშინ ε კუთხე იცვლება 0° -დან ε_0 -მდე. გამოვსახოთ ε კუთხე $\overline{AD}$ სწორი ხაზის მობრუნების φ კუთხის და ბაზის დახრილობის კუთხის შემწეობით. მაშინ დავწეროთ

$$\overline{DG} = \overline{AD} \operatorname{tg} \varepsilon = \frac{b}{\cos \varphi} \operatorname{tg} \varepsilon.$$

რადგან $\overline{AC} = b = \overline{AD} \cos \varphi$. აქედან ვღებულობთ

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\cos \varphi}{b} \overline{DG} = \frac{\cos \varphi}{b} h \operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{b} \sin \varphi.$$

ანუ, რადგან $h = b \operatorname{tg} \varepsilon_0$,

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_0. \quad (5.26)$$

აქედან ვხედავთ, რომ, როცა $\varphi = 0$, მაშინ $\varepsilon = 0$ და როცა $\varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}$, მაშინ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon_0$. ეს საშუალებას გვაძლევს ბაზის დახრილობის კუთხე ε_0 განვიხილოთ როგორც ε კუთხის კერძო მნიშვნელობა, რომელსაც იგი ღებულობს გამკვეთი სიბრტყის $\frac{\pi}{2}$ კუთხით მოტრიალებისას Π და Π' სიბრტყეთა ურთიერთგადაკვეთის ხაზიდან.

როგორც ქვემოთ დავინახავთ, ε კუთხის მნიშვნელობა მკიდროდ არის დაკავშირებული გამკვეთი სიბრტყის გადანაცვლებასთან წერტილის მიმართ. (5.26) ფორმულა საშუალებას გვაძლევს, თუ წინასწარ ცნობილია ε_0 და φ კუთხეები, გამოვითვალოთ ε კუთხის მნიშვნელობა ყოველი მომენტისათვის t_i ($i = 1, 2, \dots$).

ADG მართკუთხა სამკუთხედლიდან

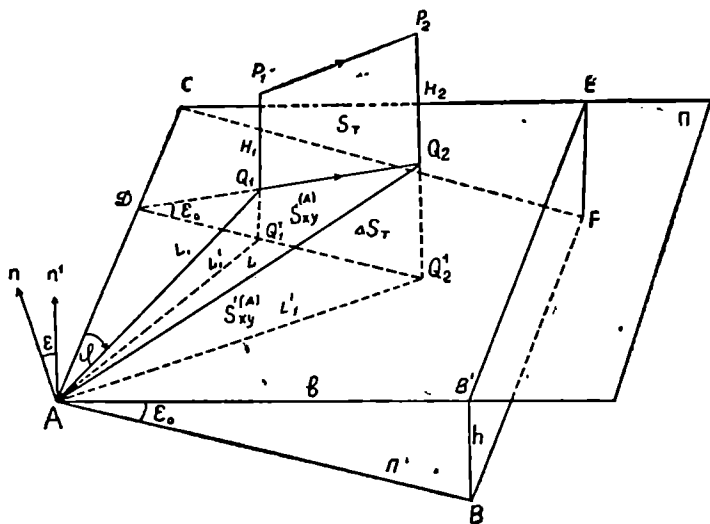
$$\overline{AG} = \sqrt{\overline{DG}^2 + \overline{AD}^2} = \frac{b}{\cos \varphi} \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varepsilon_0 \cdot \sin^2 \varphi} = \frac{b}{\cos \varphi} \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varepsilon}. \quad (5.27)$$

გარდა ამისა, GDC და FEC მსგავსი სამკუთხედების მიხედვით გვექნება

$$\frac{h}{\overline{DG}} = \frac{\overline{CE}}{\overline{CD}} = \frac{b}{b \operatorname{tg} \varphi} = \operatorname{ctg} \varphi.$$

აქედან კი

$$\overline{DG} = b \operatorname{tg} \varepsilon_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (5.28)$$



ნახ. 61. დახრილი ბაზა და S_T ტრაპეცია ($h_A > h_B$).

მიემართოთ ახლა 61-ე ნახაზს, რომელზედაც წარმოდგენილია ბირთვ-პილოტის გადანაცვლების $\overline{Q_1 Q_2}$ პროექცია Π სიბრტყეზე და სივრცითი ტრაპეცია $P_1 P_2 Q_1 Q_2$. აქ ტრაპეციის ფართობი $S_T = P_1 P_2 Q_2 Q_1$, Π' სიბრტყის ε_0 კუთხით დახრილობის გამო, ღებულობს რაღაც ნაზრდს

$$\Delta S_T = \frac{1}{2} (\overline{Q_1 Q'_1} + \overline{Q_2 Q'_2}) l,$$

სადაც, (5.28) ფორმულის თანახმად, გვაქვს

$$\overline{Q_1 Q'_1} = h \operatorname{tg} \varphi \text{ და } \overline{Q_2 Q'_2} = h \operatorname{tg} \varphi_2.$$

ამიტომ

$$\Delta S_T = \frac{\overline{AB} \cdot l}{2} (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2) \sin \varepsilon_0. \quad (5.29)$$

აქ $\overline{AB}$ არის დახრილი ბაზის სიგრძე და ამიტომ ცნობილია გაზომვებიდან, ხოლო φ_1 და φ_2 კუთხეები შეგვიძლია შევცვალოთ α_1 და α_2 კუთხეებით იმიტომ, რომ უკანასკნელი აითვლება ბაზის ხაზიდან ($\overline{AB}$), ახალი φ კუთხეები — მისდამი შვეული $\overline{AC}$ ხაზიდან, ე. ი.

$$\varphi_1 = 90^\circ - \alpha_1,$$

$$\varphi_2 = 90^\circ - \alpha_2.$$

ეს მოგვცემს

$$\Delta S_T = \frac{\overline{AB} \cdot l}{2} \frac{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2} \sin \varepsilon_0. \quad (5.30)$$

ფართობის ეს ნაზრდი, გამოწვეული ბაზის $\overline{AB}$ ხაზის დახრილობით, უნდა გამოაკლდეს ტრაპეციის S_T ფართობს, რომელიც მოცემული იყო (5.20) ფორმულით. ეს მოგვცემს

$$S_T - \Delta S_T = \frac{l}{4} [L_1 \operatorname{tg} \delta_1 + L_2 \operatorname{tg} \delta_2 + L'_1 \operatorname{tg} \gamma_1 + L'_2 \operatorname{tg} \gamma_2] -$$

$$- \frac{\overline{AB}}{2} l \frac{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2},$$

საიდანაც, (5.20) ფორმულების შემწეობით, ვღებულობთ

$$\frac{S_T - \Delta S_T}{l} = \frac{b}{4} \left[\frac{\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma_1 + \sin \beta_1 \operatorname{tg} \delta_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} + \frac{\sin \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2 + \sin \beta_2 \operatorname{tg} \delta_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \right] -$$

$$- \frac{\overline{AB}}{2} \frac{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2}.$$

(5.19) თანახმად, p კოეფიციენტის მნიშვნელობა იქნება

$$p = -\frac{\overline{AB}}{2} \left\{ \cos \varepsilon_0 \left[\frac{\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma_1 + \sin \beta_1 \operatorname{tg} \delta_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} + \frac{\sin \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2 + \sin \beta_2 \operatorname{tg} \delta_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \right] + \right.$$

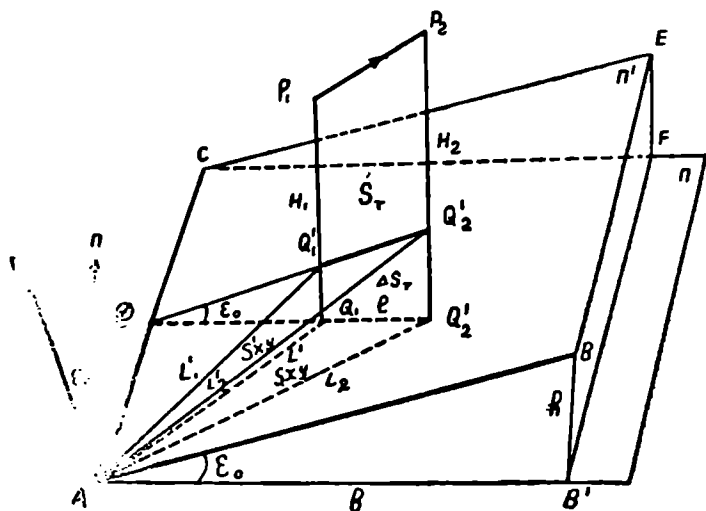
$$\left. + 2 \frac{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2} \sin \varepsilon_0 \right\}, \quad (5.31)$$

ხოლო q კოეფიციენტის მნიშვნელობის მისაღებად უნდა მივმართოთ (5.19) ფორმულას. მასში შედის $S_{xy}^{(A)}$ და $S_{xy}^{(B)}$ ფართობები, რომელთა გამრავლება $\cos \epsilon_0$ -ზე მოვეცემ q -ს საჭირო მნიშვნელობას იმ შემთხვევისათვის, როცა A წერტილი უფრო მაღლაა B -ზე h მეტრით.

$$q = + \frac{b^2}{2} \cos \epsilon_0 \left[\frac{\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma_1 \cdot \sin \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2 + \sin \beta_1 \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \beta_2 \operatorname{tg} \delta_2}{\sin (\alpha_1 + \beta_1) \sin (\alpha_2 + \beta_2)} \right]. \quad (5.32)$$

ამგვარად, (5.31) და (5.32) ფორმულები გამოიყენება აღნიშნულ შემთხვევაში.

ბ) B წერტილი უფრო მაღლაა A წერტილზე h მეტრით (ნახ. 62).



ნახ. 62. დახრილი ბაზა და S_T ტრაპეცია $h_A > h_B$.

ამ შემთხვევაში სრულად ანალოგიური მსჯელობით ვღებულობთ ფორმულებს (მცირე ტრაპეციის მომატებით):

$$\begin{aligned} p &= - \frac{AB}{2} \left\{ \cos \epsilon_0 \left[\frac{\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma_1 + \sin \beta_1 \operatorname{tg} \delta_1}{\sin (\alpha_1 + \beta_1)} + \right. \right. \\ &= \left. \frac{\sin \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2 + \sin \beta_2 \operatorname{tg} \delta_2}{\sin (\alpha_2 + \beta_2)} \right] - 2 \frac{\sin (\beta_1 + \beta_2)}{\sin \beta_1 \cdot \sin \beta_2} \sin \epsilon_0 \left. \right\}, \quad (5.33) \\ q &= + \frac{b^2}{2} \cos \epsilon_0 \left[\frac{\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma_1 \cdot \sin \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2 + \sin \beta_1 \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \beta_2 \operatorname{tg} \delta_2}{\sin (\alpha_1 + \beta_1) \sin (\alpha_2 + \beta_2)} \right] \end{aligned}$$

ამ შემთხვევაში ფორმულებში განსხვავება (ρ მიმართ) გამოწვეულია იმით, რომ წარმოიშვება ტრაპეციის ზედმეტი ფართობი ΔS_T , რომელიც უნდა გამოაყლდეს ტრაპეციის S_T ფართობს.

მაგალითი. დაკვირვებთ $l_1=2$ წუთზე და $l_2=3$ წუთზე მიღებულია $\alpha_1=148^\circ,5$, $\beta_1=175^\circ,1$ ($4^\circ,9$), $\delta_1=52^\circ,2$, $\gamma_1=12^\circ,7$, $\alpha_2=157^\circ,8$, $\beta_2=175^\circ,0$ ($5^\circ,0$), $\delta_2=50^\circ,5$, $\gamma_2=16^\circ,4$.

A წერტილას სიმაღლე აღემატება B წერტილის სიმაღლეს $h=28$ მეტრით, $\varepsilon=57'$ ($\approx 1^\circ,0$). დახრილი ბაზის სიგრძე $\overline{AB}=1685$ მ.

$$\sin(\alpha_1+\beta_1)=\sin 153^\circ,4=0,43204,$$

$$\sin(\alpha_2+\beta_2)=\sin 162^\circ,8=0,29571,$$

$$\Delta_1=\left|\begin{array}{cc}\sin \alpha_1 & -\operatorname{tg} \delta_1 \\ \sin \beta_1 & \operatorname{tg} \gamma_1\end{array}\right|=\left|\begin{array}{cc}\cos 58^\circ,5 & -\operatorname{tg} 52^\circ,2 \\ \sin 4^\circ,9 & \operatorname{tg} 12^\circ,7\end{array}\right|=0,2287,$$

$$\Delta_2=\left|\begin{array}{cc}\sin \alpha_2 & -\operatorname{tg} \delta_2 \\ \sin \beta_2 & \operatorname{tg} \gamma_2\end{array}\right|=\left|\begin{array}{cc}\sin 22^\circ,2 & -\operatorname{tg} 50^\circ,5 \\ \sin 5^\circ,0 & \operatorname{tg} 16^\circ,4\end{array}\right|=0,2170,$$

$$\Delta_3=\left|\begin{array}{cc}\cos 58^\circ,5 \cdot \sin 22^\circ,2 & -\operatorname{tg} 52^\circ,2 \cdot \operatorname{tg} 50^\circ,5 \\ \sin 4^\circ,9 \cdot \sin 5^\circ & \operatorname{tg} 12^\circ,7 \cdot \operatorname{tg} 16^\circ,4\end{array}\right|=0,02473,$$

$$p=-1058 \text{ და } q=274400.$$

ჟღერატული განტოლება და ფესვები არის

$$x^2-1058x+274400=0.$$

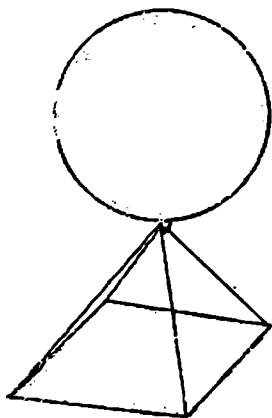
$$x_1=H_1=455,2 \text{ მ და } x_2=H_2=602,8 \text{ მ.}$$

§ 81. გეოდეზიური ბირთვ-პილოტი

ზოგიერთ შემთხვევაში საჭირო ხდება ბირთვ-პილოტების გამოყენება არა უშუალოდ ქარის საჩქარეთა გასაზომად, არამედ ჰაერის დენადობის გამოსარკვევად. თუ ბირთვ-პილოტს ისე დავტვირთავთ, რომ მისი თავისუფალი ამწევი ძალა რომელიმე სიმაღლეზე ნულის ტოლი გახდება, მაშინ ასეთ ბირთვს გაიტაცება ჰაერის ღინება იქითკენ, საითკენაც იგი მიემართება. რადგან $A=0$, ბირთვს უკვე არ შეეძლება თავისით გაარღვიოს მაღალი ფენები, იგი ტუტავს დაიწყებს ჰაერში და ნაკადს გაჰყვება. ასეთ შემთხვევაში ბირთვი მიჰყვება არა მარტო ჰორიზონტალურ ღინებას, არამედ ვერტიკალურ ნაკადებსაც (ნახ. 63).

საბაზო დაკვირვებათა შემწეობით შეგვიძლია ყოველ მომენტში ვიცოდეთ გაწონასწორებული ბირთვ-პილოტის სივრცითი გადანაცვლება, ე. ი. მისი ტრაექტორია.

თუ ბირთვ-პილოტს ასეთი მოძრაობების დროს უხდება აგრეთვე მალა ასვლა ან ძირს დაშვება, ეს ნიშნავს იმას, რომ ის მონაწილეობს ჰაერის ვერტიკალურ მოძრაობაშიც, სწორედ ამით სარგებლობენ ჰაერის ვერტიკალურ სიჩქარეთა გამოსათვლელად. ამ მიზნით, ბირთვ-პილოტის ტრაექტორიას ბაზაზე გამავალ ვერტიკალურ სიბრტყეზე დააპროექტებენ. ამ მეთოდს აქვს თავისი ნაკლი, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ მზის რადიაციის მოქმედებით ბირთვ-პილოტში მოთავსებული წყალბადის ტემპერატურა აღმატება ჰაერის ტემპერატურას; ამით ბირთვ-პილოტს ვერტიკალური სიჩქარე ეძლევა და ნაკადის მიმართულებიდან გამოდის.



ნახ. 63. გაწონასწორებული ბირთვ-პილოტი.

ბირთვ-პილოტის გასაწონასწორებლად და გადამეტხურების მოსასპობად მას უკეთებენ სადემპფერო სიბრტყეს, რომლის ფართობი (50×50 სმ²) საამისოდ საკმარისია. ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით 90×90 სმ² ფართობი თითქმის სამჯერ ამცირებს გადამეტხურების ეფექტს. მაგრამ, თავის მხრივ, დიდი დემპფერების გაკეთება ტექნიკურად უფრო ძნელია, სიბრტყე იგრძნობა.

ვთქვათ, რომელიმე მომენტში ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალა ნულის ტოლია, ე. ი.

$$A = U\rho - m = 0,$$

სადაც U არის ბირთვის მოცულობა, ρ — სიმკვრივე 1 მ³ ჰაერისა და m — წყალბადით გავსებული გარსის წონა. თუ γ გამოხატავს 1 მ³ წყალბადის სიმკვრივეს, მაშინ U მოცულობაში მისი წონა

$$m' = U\gamma,$$

აქედან $U = \frac{m'}{\gamma}$. ეს მნიშვნელობა შევიტანოთ წინა ფორმულაში, მივიღებთ:

$$A = \frac{\rho}{\gamma} m' - m.$$

აქ გვაქვს ჰაერის და წყალბადის სიმკვრივეების შეფარდება და შეგვიძლია ვისარგებლოთ კლავირონის განტოლებით.

ვთქვათ, დასაწყისში გარემო ჰაერისა და წყალბადის ტემპერატურები ტოლი იყო, ე. ი. $T_0 = T'_0$, ხოლო რომელიმე სიმალლეზე კი — აღმოჩნდა განსხვავებული, ე. ი. $T \neq T'$. მაშინ კლავირონის განტოლების გამოყენებით დაიწერება

$$A = \frac{\rho_0}{\gamma_0} \frac{T'}{T} m' - m.$$

უკანასკნელ ტოლობის გაწარმოება და სასრული სხვაობების გამოყენება მოგვცემს

$$\Delta A = \frac{\rho_0}{\gamma_0} m' \left(\frac{\Delta T'}{T} - \frac{T' \Delta T}{T^2} \right).$$

ღენიშნათ $\Delta_1 T = \Delta T' - \Delta T$; მაშინ, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ $T'/T \approx 1$, შეგვიძლია დავწეროთ

$$\Delta A = \frac{\rho_0}{\gamma_0} m' \frac{\Delta_1 T}{T}.$$

მაგრამ $m' = U\gamma$ და $U\gamma = U_0\gamma_0$, ამიტომ გვექნება

$$\Delta A = U_0\rho_0 \frac{\Delta_1 T}{T}.$$

აქედან ასეთი დასკვნა გამომდინარეობს: ჰაერისა და წყალბადის ტემპერატურათა ცვლილებების სხვაობის შედეგად წარმოშობილი თავისუფალი ამწევი ძალის ნაზრდი პირდაპირპროპორციულია ჰაერის იმ წონისა, რომელიც ჰქონდა მას დასაწყისში, და უკუპროპორციულია ჰაერის (აბსოლუტური) ტემპერატურისა. თავისუფალი ამწევი ძალის ნაზრდის მოსასპობად ბირთვ-პილოტს უკეთდება ზემოთ აღწერილი სადემპფერო სიბრტყე, ზომით 50×50 სმ²-დან 90×90 სმ²-მდე.

თუ $U_0\rho_0$ მივცემთ სხვადასხვა რიცხვით მნიშვნელობას ($72 - 250$ გ/საზღვრებში) და $\Delta_1 T$ ვცვლით 2° -დან 30° -მდე, მაშინ ჰაერის გარკვეული ტემპერატურისათვის (T) შეიძლება მივიღოთ ასეთი ცხრილი (იხ. ცხრ. 22). ამ ცხრილის განხილვა გვიჩვენებს, რომ ერთისა და იმავე ΔT -სათვის ΔA მცირდება $U_0\rho_0$ -ის შემცირებასთან ერთად. აქედან

დან ვხედავთ, რომ მცირე ზომის გარსებს (№ 10 და № 15) მეტი უპირატესობა აქვთ აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტის დროს.

პ. ა. მოლჩანოვის წინადადებით, ქალაქის სადგამფერო ფურცლების გაკეთება ხელს უწყობს ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალის ნაზრდის მოსაზრებას. მართლაც, როგორც პ. ა. ვორონცოვის ცდებმა გვიჩვენა*, გაწონასწორებული ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარეები საკმაოდ მცირეა, რაც ქვემოთ მოყვანილი 24-ე ცხრილიდან ჩანს.

ცხრილი 22

წყალბადისა და გარემო ჰაერის ტემპერატურათა ცვლილების სხვაობებისაგან გამოწვეული ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალის ნაზრდი

Δt / $U_{\text{ფრ}}$	250	225	200	175	150	125	100	75
2	1,7	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,5
4	3,3	3,2	2,8	2,5	2,1	1,6	1,4	1,0
5	5,0	4,7	4,2	3,7	3,1	2,5	2,1	1,5
6	6,6	6,4	5,6	4,9	4,2	3,3	2,8	2,1
10	8,8	7,9	7,0	6,1	5,3	4,4	3,5	2,6
12	10,5	9,5	8,4	7,4	6,3	5,2	4,2	3,6
14	12,3	11,0	9,8	8,6	7,3	6,1	4,9	3,6
16	14,0	12,6	11,2	9,8	8,4	7,0	6,6	4,2
18	15,8	14,2	12,6	11,1	9,5	7,9	6,3	4,7
20	17,6	15,8	14,0	12,3	10,5	8,8	7,0	5,7
22	19,3	17,4	15,4	13,5	11,6	9,6	7,7	5,8
24	21,0	19,0	16,8	14,7	12,6	10,5	8,4	6,3
26	22,8	20,5	18,2	16,0	13,7	11,4	9,1	6,8
28	24,6	22,1	19,6	17,2	14,8	12,3	9,8	7,4
30	26,4	23,7	21,0	18,4	15,8	13,2	10,5	7,9

ცხრილი 23

გაწონასწორებული ბირთვ-პილოტების ვერტიკალური ამწევი ძალის მოკმეღება**

ამწევი ძალა (A)	უღმერთო ბირთვ-პილოტი	სხვადასხვა ზომის ქალაქის დგამფერებში (სმ²)				
		60×60	70×70	80×80	90×90	100×100
10	*0,55	*0,24	*0,19	0,16	0,00	0,00
15	0,66	0,34	*0,29	*0,25	*0,21	*0,15
20	0,83	*0,45	*0,41	*0,36	0,31	0,26
25	0,91	0,58	0,46	0,42	0,36	*0,32
50	0,44	0,84	0,74	0,64	0,57	*0,49

* ეს ცდები მის მიერ ჩატარებულ ი. ი. ლენინგრადში, ყოფილ ისაიის ტაძრის შენობაში, რომლის თალი 29,6 მ აღწევს.

** ცხრილში მოცემული ზოგადი რიცხვით აღნიშნულია ეარსკვლავით, რაც იმას ნიშნავს, რომ ისინი ინტერპოლაციით არის მიღებული.

როგორც ვხედავთ, რაც უფრო დიდი ზომისაა დემპფერი, მით უფრო მცირეა ვერტიკალური სიჩქარე. უდემპფეროდ ბირთვ-პილოტის სიჩქარეები კი თითქმის ორჯერ მეტია; ეს ნიშნავს იმას, რომ დემპფერი აქრობს მზის სხივებით გამოწვეულ ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალის გაზრდილ სიჩქარეებს და უნარჩუნებს მას გაწონასწორებულ მდგომარეობას. ზოგიერთ შემთხვევაში, როცა ბირთვ-პილოტი აღმოჩნდება აღმავალ დინებაში, მას არ აქვს საკუთარი ვერტიკალური სიჩქარე. ის გაწონასწორებული მისდევს აღმავალ ჰაერს.

გაწონასწორებულ ბირთვ-პილოტებზე დაკვირვებათა დამუშავება ხდება ჩვეულებრივი ფარმულებით. რადგან ამ შემთხვევაში ვერტიკალური კუთხეები მცირეა, ბირთვ-პილოტების სიმაღლეთა გამოთვლაში ფარდობითი ცდომილება $\frac{\Delta H}{H}$ მატულობს δ კუთხის $1'$ -იანი ცდომილებით ათვლის მიხედვით. ამას ნათელყოფს 23-ე ცხრილი.

ცხრილი 24

ვერტიკალურ კუთხეთა (δ) $1'$ -იანი ცდომილებით ათვლის გავლენა $\frac{\Delta H}{H}$ ფარდობით ცდომილებაზე მცირე კუთხური სიმაღლეების დროს

δ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{\Delta H}{H}$	9,94	4,97	3,31	1,50	2,00	1,67	1,44	1,33	1,13

δ	10	12	14	16	18	20	25	30	40
$\frac{\Delta H}{H}$	1,02	0,86	0,74	0,66	0,58	0,54	0,45	0,40	0,35

ეს ცხრილი ნათლად გვიჩვენებს, რომ გაწონასწორებულ ბირთვ-პილოტებზე დაკვირვებათა წარმოება უნდა ხდებოდეს დიდი სიზუსტით, როცა ბირთვი დაბლა მიემართება და ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე დაბლაც ეშვება (დაკვირვებები მაღლობებზე).

ჰაერის ვერტიკალური დენადობის (სიჩქარეების) შესასწავლად საჭიროა გაწონასწორებული ბირთვ-პილოტის ატანა რომელიმე სიმაღლეზე. ამ მიზნისათვის სარგებლობენ მეორე ბირთვ-პილოტით, რომელსაც „ამწევი“ ეწოდება.

ძაფს, რომელიც აერთებს გაწონასწორებულ და „ამწევ“ ბირთვ-პილოტებს, შუაზე მოაბამენ საარტილერიო კანათს, გაშვების წინ მას

წაუთოდებენ ცეცხლს იმ ვარაუდით, რომ კანაფი დაიწვას ორივე ბირთვების მოშორებით ისე, რომ არ გამოიწვიოს წყალბადის აფეთქება და წინასწარ გათვალისწინებული დროის შემდეგ ბირთვ-პილოტები ცალ-ცალკე დაიწყებენ მოძრაობას.

უმთავრესი ყურადღება ექცევა თვითონ გაწონასწორების პროცესს. როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, აღნიშნული მიზნებისათვის ყველაზე მეტად ხელსაყრელია მცირე ზომის გარსების ხმარება (№ 10 ან № 15). გარსებს ავსებენ იმ ზომამდე, რომ ბირთვ-პილოტმა ასწიოს ქაღალდის მოზმული სიბრტყე და კიდევ ჰქონდეს სათადარიგო 7—10 გ თავისუფალი ამწევი ძალა.

გათანაბრება ხდება ორჯერ: 1) დახურულ შენობაში და 2) ღია ჰაერზე. თუ ცაზე ღრუბლიანობა ცვალებადია, მაშინ ღია ჰაერზე გაწონასწორებას ორჯერ ახდენენ — მზეზე და ღრუბლებს ჩრდილში. უკანასკნელ შემთხვევაში ბირთვ-პილოტს მიეცემა მცირედი თავისუფალი ამწევი ძალა — დაახლოებით იმის ნახევარი, რაც ექნებოდა მას მზეზე გადამეტებულების შემთხვევაში.

ღია ცის ქვეშ გაწონასწორებისას უნდა შეირჩეს მზიანი და ქარის ბიძგებისაგან დაცული ადგილი.

რადგან ქარის მიმართულებასაც ამგვარი დაკვირვებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს, თვით დაკვირვებათა ბაზა აირჩევა არა ერთი, არამედ რამდენიმე იმ ვარაუდით, რომ თავდაპირველ მომენტებში ბირთვ-პილოტი გაეზარტოს არჩეული ბაზისადმი შეეული მიმართულებით; მაშასადამე, ბაზები (რაცხვით 2 ან 3) ერთმანეთთან უნდა შეადგენდეს სხვადასხვა კუთხეს.

ჯერ აკვირდებიან ქარის მიმართულებას დედამიწის ზედაპირზე და საშუალო და დაბალი ღრუბლების მიმართულებას, შემდეგ აღნიშნული ბაზებიდან შეარჩევენ ერთს, რომლის მიმართულება იქნება ქარის მიმართულებისადმი შეეული, და ამ ბაზიდან აწარმოებენ დაკვირვებებს, ბაზების სიგრძესაც აქვს მნიშვნელობა; ჩვეულებრივ, აირჩევენ ბაზებს სიგრძით არა ნაკლებს 400 — 500 მ-დან 1000 მ-მდე.

როცა ბაზის სიგრძე 500 მეტრია, მაშინ ბირთვ-პილოტის დაშორება შეიძლება 5 კმ-მდე იქნეს შესწავლილი. დაკვირვებათა დამუშავების უზრუნველსაყოფად საჭიროა ყველა იმ ცნობის მოყვანა, რომლებიც სამუშაო ბლანკზეა აღნიშნული (იხ. ქვემოთ სანიმუშო ბლანკის ფორმა).

გ ა წ ო ნ ა ს წ ო რ ე ბ უ ლ ი ბ ი რ თ ე - პ ი ლ ო ტ ი № _____

დაკვირვების ადგილი _____

წელი, თვე და რიცხვი _____

გარსი № _____, მისი წონა _____ გ

ბირთვ-პილოტების მონაცემები:

ა) თავისუფალი ამწევი ძალა _____ გ

ბ) დიდი წრეხაზის სიგრძე _____ სმ

ქაღალდის სადემპფერო სიბრტყე:

ა) ფორმა _____, ბ) ზომა _____ სმ², წონა _____ გ

„ამწევი“ ბირთვის მონაცემები:

ა) გარსი № _____, ბ) წონა _____ გ

ბ) თავისუფალი ამწევი ძალა _____ სმ

გ) შემაერთებელი კანათის სიგრძე _____ სმ

წყალბადი; ა) ბალონიდან _____

ბ) ადგილზე გაზგენერატორიდან _____

ჰაერის წვევა _____, ჰაერის ტემპერატურა და სინოტივე ასმანით:

ა) შენობაში, სადაც ხდებოდა გაწონასწორება _____

ბ) ლა ჰაერზე _____

ღრუბლიანობა (ბირთვის გაწონასწორებისას) _____

ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალის ცვლილება მისი გამოტანის დროს ლა ჰაერზე: _____

ა) ჩრდილში _____ გ

ბ) მზეზე _____ გ

ბირთვი გაშვებული იყო თავისუფალი ამწევი ძალით _____ გ,

გამოყენებულ ბაზის მონაცემები:

ა) სიგრძე _____ მ

ბ) აზიმუტი _____ გრად.

მე-2 პუნქტის სიმაღლის განსხვავება პირველ პუნქტთან მ

პირველი პუნქტის სიმაღლე ზღვის დონიდან _____ მ

ღრუბლიანობა (ბირთვის გაშვების დროს) _____

ჰარის მიმართულება და სიჩქარე _____

გაშვების დროს ბირთვ-პილოტი იმყოფებოდა მზეზე თუ ღრუბლის ჩრდილში _____

შენიშვნა _____

ბირთვ-პილოტური დაპირკვევისათვის საპირო ხელსაწყოები და მასალები

§ 32. აეროლოგიური თეოდოლიტების ზოგადი დახასიათება

აეროლოგიური თეოდოლიტი არის ოპტიკური ხელსაწყო, რომლითაც აითვლება ბირთვ-პილოტის აზიმუტი (ჰორიზონტალურ ab ლიმბზე) და ვერტიკალური კუთხე (ვერტიკალურ cd ლიმბზე, ნახ. 64).

64-ე ნახაზზე OX ღერძი მიმართულია თეოდოლიტის ოპტიკური ღერძის გასწვრივ დაკვირვების O წერტილიდან ობიექტისაკენ (ბირთვ-პილოტისაკენ).

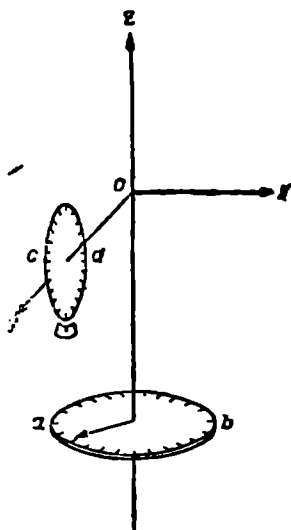
თეოდოლიტის ვერტიკალური OZ ღერძი უძრავია და მუდამ მიმართულია ზენიტისაკენ.

OY ღერძს, რომელიც მიმართულია OZ -ის პერპენდიკულარულად და ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე მდებარეობს, თეოდოლიტის ჰორიზონტალური ღერძი ეწოდება. OY ღერძი შეიძლება მოვატრიოლოთ ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე და მუდამ შეეუღლი იყოს OZ ღერძისადმი. ასევე შესაძლებელია ოპტიკური OX ღერძისათვის ნებისმიერი მიმართულების მიცემა.

თუ გვსურს რომელიმე M წერტილის დამზერა, საჭიროა ჯერ მოვატრიოლოთ ჰორიზონტალური OY ღერძი OZ ღერძის ირგვლივ ისე, რომ ოპტიკური OX ღერძი აღმოჩნდეს M წერტილის ვერტიკალურ სიბრტყეში და შემდეგ მოვაბრუნოთ იგი ჰორიზონტალური OY ღერძის ირგვლივ M წერტილზე დამთხვევამდე.

ჰორიზონტალურ ლიმბზე აითვლება α აზიმუტი, ხოლო ვერტიკალურ სიმბაზე γ —ვერტიკალური δ კუთხე. ამ მიზნით, ორივე ლიმბი (წრე) დაყოფილია გრადუსებად.

აეროლოგიურ თეოდოლიტებში ჰორიზონტალური ლიმბი მოძრავია, კუთხეები მასზე აითვლება ინდექსით, რომელიც მიმაგრებულია



ნახ. 64. თეოდოლიტის კოორდინატა ღერძები და ლიმბები.

მოძრავ ჰორიზონტალურ OY ღერძთან. ჰორიზონტალური ლიმბის ანათვალი, რომ შეესაბამებოდეს რ.პტიკური ღერძის აზიმუტს, საჭიროა ჰორიზონტალური ლიმბის წესიერი დაყენება.

ჰორიზონტალური OX ღერძის მოტრიალების დროს მასთან ერთად მოტრიალდება რ.პტიკური ღერძი ვერტიკალური ლიმბით.

ვერტიკალური კუთხეების ასათვლელად იხმარება ინდექსი. ვერტიკალურ ლიმბზე ათვლილი კუთხე, რომ შეესაბამებოდეს სამზერი წერტილის კუთხურ δ სიმაღლეს, საჭიროა ინდექსი სათანადო აღვილას უძრავად იყოს დამაგრებული.

ძირითადი პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს თეოდოლიტის სამივე OX , OY და OZ ღერძი, შემდეგია:

1. რ.პტიკური ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს ჰორიზონტალური ღერძისადმი;

2. ჰორიზონტალური ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს ვერტიკალური ღერძისადმი;

3. სამივე ღერძი უნდა იკვეთებოდეს ერთ O წერტილზე;

4. ვერტიკალური ღერძის მიმართულება უნდა იყოს ზუსტად შვეული.

5. ჰორიზონტალური OY ღერძი ზუსტად უნდა გადიოდეს ვერტიკალური ლიმბის ცენტრზე.

6. ვერტიკალური ღერძი OZ ზუსტად უნდა გადიოდეს ჰორიზონტალური ლიმბის ცენტრზე;

7. ვერტიკალური ლიმბის სიბრტყე უნდა იყოს ჰორიზონტალური ღერძისადმი შვეული;

8. ჰორიზონტალური ლიმბის სიბრტყე უნდა იყოს ვერტიკალური ღერძისადმი შვეული;

9. ჰორიზონტალური ლიმბი თავიდანვე ზუსტად უნდა იყოს დაყენებული.

10. ვერტიკალური ლიმბის ინდექსი უნდა იყოს ზუსტად დაყენებული;

11. ლიმბის დანაყოფები უნდა იყოს ზუსტად დატანილი.

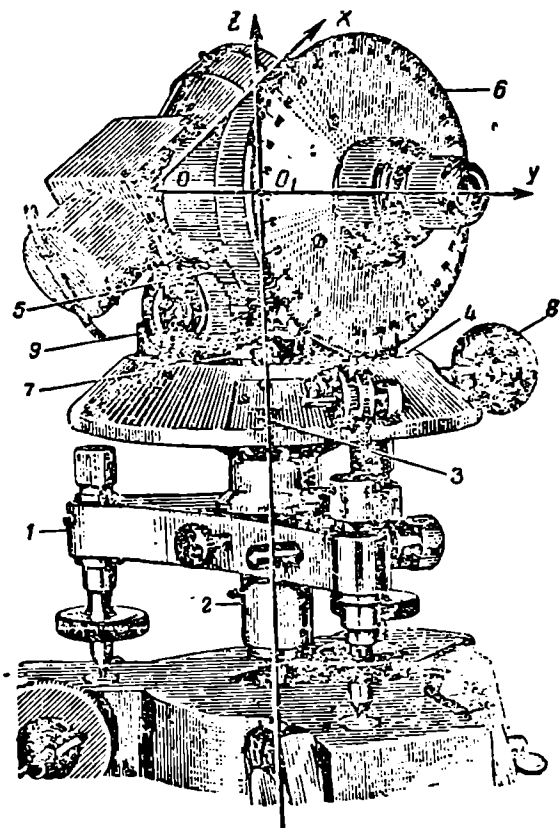
ამ მოთხოვნილებათა ზუსტად დაკმაყოფილება თუმცა აუცილებელია, მაგრამ თეოდოლიტის დამზადებაზე ბევრად არის დამოკიდებული მის ჩვენებათა სიზუსტე, ე.ი. ლიმბებზე ათვლილი კუთხეების შესაბამისობა სამზერი წერტილის α აზიმუტთან და δ კუთხურ სიმაღლესთან.

აეროლოგიური თეოდოლიტები, რომლებიც პრაქტიკაში გამოიყენება, სამ ჯგუფად იყოფა: ათ (AT) — აეროლოგიური თეოდოლიტი

(ნახ. 65); 2. კუზნეცოვის თეოდოლიტი (ნახ. 66) და 3. ათ (AT) — ბირთვბლოტური თეოდოლიტი (ნახ. 67).

ჩვენ მოვიყვანთ აქ მხოლოდ ათ (AT) თეოდოლიტების ზოგად აღწერას, სხვა სახის თეოდოლიტების შესახებ კი აღენიშნავთ მათგან არსებით განსხვავებებს.

65-ე ნახაზზე წარმოდგენილია ათ (AT) თეოდლიტი; ნაჩვენებია



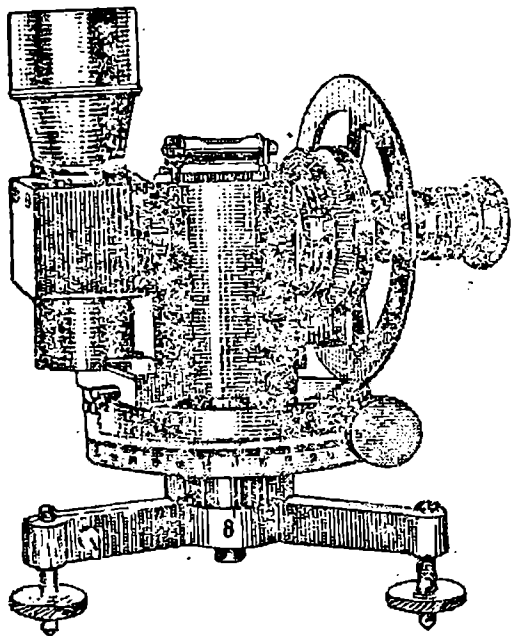
ნახ. 65. აეროლოგიური თეოდოლიტი (AT).

აგრეთვე OX , OY და OZ ღერძები. კოორდინატა სათავე, O წერტილი აღებულია O_1 წერტილის მარცხნივ, რადგან ხელსაწყოს ისეთი-

რად დამზადება, რომ ეს წერტილები ეროვნენ დაემატეს, შეუძლებელია.

ა და ბ კუთხეების ათვლისათვის ასეთ გადაადგილებას არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს. ასე რომ, ზემოთ ჩამოთვლილ მე-2 მოთხოვნა ისევე ძალაში რჩება.

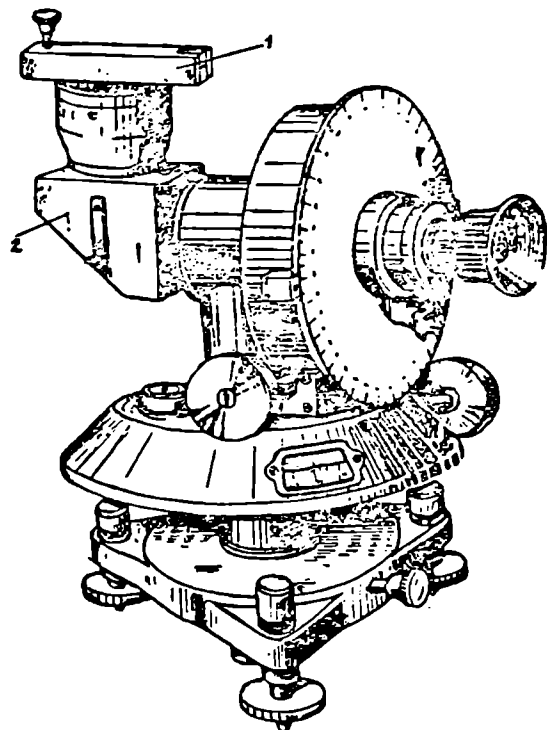
თეოდოლიტის შტატივზე დამაგრებულია სამფეხა ზედადგარი (1), რომელსაც იგი ეყრდნობა. ზედადგარის შუაში გადის ცილინდრი, რომელიც



ნახ. 66. კუზნეცოვის თეოდოლიტი.

მელსაც ქვემოდან აქვს ხრახნი (რომელზედაც მიიხრახნება ზედადგარის შტატივზე დამაგრებული ქანჩი). თარაზოს შემწეობით ზედადგარის

სამფეხთა რეგულირებით შეიძლება თეოდოლიტის შვეულად დაყენება. ზედადგარზე დამაგრებულია ჰორიზონტალური ლიმიტი, რომელიც ლითონის ბუდეშია ჩასმული. ჰორიზონტალური ლიმიტის ბუდე მიმაგრებულია ალიდადაზე (4), რომლის ღერძი ზუსტად უნდა ემთხვეოდეს ვერტიკალურ ღერძს. ალიდადას შუაში დამაგრებული აქვს სვეტი (5), რომლის ირგვლივ ბრუნავს სამზერი ჰორიზონტალური ლიმიტით (6). ალიდადაზე მიმაგრებულია თარაზი (7) და ბუსოლი, რომელიც სურათზე არ მოჩანს. ალიდადას უკავშირდება მიკრომეტ-

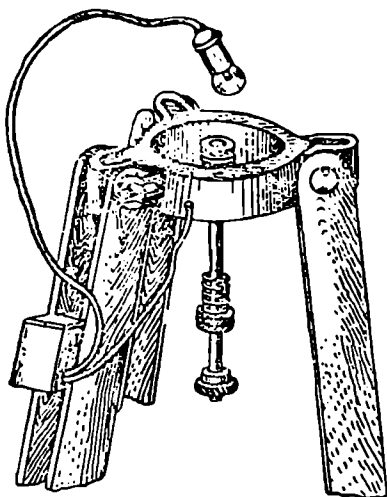


ნახ. 67. ბირთვ-ჰილოტური თეოდოლიტი III T.

რული სახელური (8), რომლითაც ალიდადას ნელა ამოძრავებენ. ალიდადას ბუდე დიამეტრალურად ამოჭრილია ორ ადგილას, რომლებიდანაც მოჩანს ჰორიზონტალური წრის დანაყოფები (3). ამონაჭრებს გადაკრული აქვს გამჭვირვალე ცელულოიდი, რომელსაც ინდექსები

ქვეს გავლებული პორიზონტალური კუთხეების ასათვლელად. ამონაჭრების გვერდით ბუდეში ჩასმულია კრონშტეინები, რომლებშიც ჩახრახნილია ელექტრონათურას პატრონები ინდექსებისა და ლიშბის გასანათებლად ლამის დაკვირვებების დროს (ნახ. 68).

თეოლოლიტის მთავარი ნაწილების



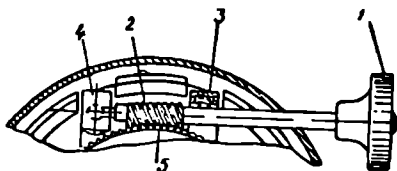
ნახ. 68. შტატოვ ელექტრონათურათ.

ურთიერთქმედება შემდეგნაირად ხდება: OX ოპტიკური ღერძის დასაყენებლად სამზერი წერტილის შვეულ სიბრტყეზე საჭიროა ჯერ ალიდადას მოტრიალება. მისი მოტრიალება შეიძლება როგორც ხელით, ისე მიკრომეტრული სახელურით.

69-ე ნახაზზე ნაჩვენებია მიკრომეტრული სახელურის კავშირი ალიდადასთან. მიკრომეტრული სახელური შედგება თავისაგან (1), ღერძისაგან, ირიბი ხრახნისა (2) და საბჯენისაგან (3). მიკრომეტრული სახელურის ბოლო შედის ბუდეში (4). ირიბი ხრახნი ატრიალებს წრიულ კბილანას (5), მათ

მკიდრო თანაშეხებას ახორციელებს საბჯენი (3).

პორიზონტალური ლიშბი წარმოადგენს დისკოს, წათლილი ზემო წიბოთი, რომელთა გასწვრივ დატანილია გრადუსთა დანაყოფები პორიზონტალური კუთხეების ასათვლელად. პორიზონტალური ლიშბი ქვემოთა დაზაგრებულია ცილინდრულ ღერძსა და მასზე ჩამოცმულ კოჭზე. კოჭი შედის ცილინდრში. კოჭი და ალიდადას ღერძი ერთმანეთს კარგად უნდა ეხებოდეს. პორიზონტალური ლიშბის ზემოთ მოთავსებულია რგოლისებრი ნაწილი, რომელსაც ე. წ. ფრიქციული რგოლი ერტყმის, კბილანა დისკოს შემწეობით. 70-ე ნახაზზე ნაჩვენებია სპილენძის ორი. ნახევარრგოლისაგან (2), ტყავის საფენისაგან, რეგულაციის ხრახ-



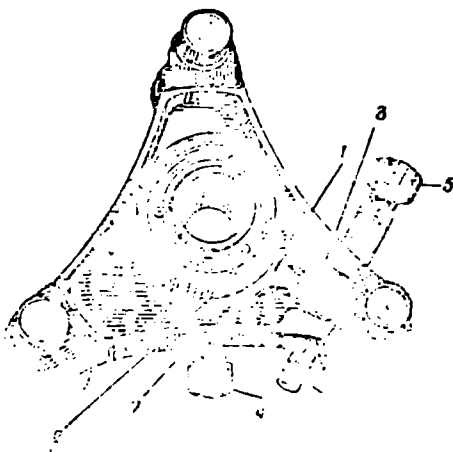
ნახ. 69. მიკრომეტრული სახელური.

ნახევარრგოლისაგან (2), ტყავის საფენისაგან, რეგულაციის ხრახ-

ნებისა (3) და მათი ზამბარაკებისაგან (4) შედგენილი ფრიქციული რგოლი. მარეგულირებელი ხრახნის შემწეობით შეიძლება გადიდება ან შემცირება მისი ხახუნისა ლიმბის რგოლისებრ ნაწილთან. ალიდადა ზემოთ დაფარულია ლითონის ბუდით, რომელიც მას იცავს მტერისა და დაზიანებისაგან.

ალიდადას ხელით მოტრიალების დროს მასთან ერთად გაღიანაცვლებს ფრიქციული წრეც ვერტიკალური ღერძის ირგვლივ. მიკრომეტრული სახელურის ერთი შემოტრიალების დროს ალიდადა დაახლოებით 1 გრადუსით წაიწევს.

მიკრომეტრულ სახელურის წესიერი მუშაობისათვის საჭიროა, რომ ფრიქციული რგოლის ხახუნი ლიმბის რგოლისებრ ნაწილზე უფრო მეტი იყოს, ვიდრე ალიდადას ღერძის ხახუნი ლიმბის ღერძში. წინააღმდეგ შემთხვევაში მიკრომეტრული სახელურის ბრუნვის



ნახ. 70. ფრიქციული რგოლი.

შედევად მოტრიალდება მხოლოდ ფრიქციული რგოლი. ტყავის სარჩულები დროთა განმავლობაში თხელდება, ამიტომ გასაგებია ფრიქციული რგოლის მარეგულირებელი ხრახნის დანიშნულება. ფრიქციული რგოლის ხშირი მოჭერა არ შეიძლება, რადგან ამის შედეგად ალიდადას მოტრიალება ხელით ძნელდება.

დაკვირვების დაწყებამდე საჭიროა პირიზონტალური ლიმბის ორიენტირება ანუ, როგორც იტყვიან, თეოდოლიტის ორიენტირება. როდესაც პირიზონტალური ლიმბი ზუსტად არის ორიენტირებული, მაშინ ის უნდა დამაგრდეს უძრავად. მაშასადამე, წესიერი ორიენტირების შემდეგ პირიზონტალური ლიმბის დასამაგრებლად უნდა მოეჭიროს საჩერი (4) (ნახ. 70); თუ საჩერი მოშვებულია, მაშინ პირიზონტალური ლიმბის მოტრიალება შეიძლება ალიდადასთან ერთად, მისგან განსაკუთრებულად ათ (AT) თეოდოლიტის პირიზონტალური ლიმბი არ მოტრიალდება. ორიენტირების დროს საჭიროა პირიზონტალური ლიმბის მიკრომეტრული სახელურის მოტრიალება (5). მიკ-

რომეტრული სახელურის ბოლო ემიჯნება (6) ცილინდრში მოთავსებულ ზამბარაკს, რომელიც სახელურთან ერთად აძლევს ჰორიზონტალურ ლიმბს ამა თუ იმ მხარეს მოტრიალების საშუალებას.

გავეცნოთ ახლა ათ (AT) თეოდოლიტის სამზერაი მილის მოწყობილობას. მილი მუხლაა (1), რაც აეროლოგიური თეოდოლიტების ძირითადი დანიშნულებით არის გამოწვეული. სამზერაი მილის იმ ნაწილს, რომელიც მიმართულია დასაკვირვებელი საგნისაკენ, საობიექტო ნაწილი ეწოდება. 64-ე ნახაზზე ნაჩვენებია OX ღერძი, რომელსაც ოპტიკური ღერძი ვუწოდეთ, გადის საობიექტო ნაწილის შიგნით. მილის იმ ნაწილს, საიდანაც დამკვირვებელი უყურებს ბირთვ-პილტს, ოკულარული ნაწილი ეწოდება. ნახაზზე ნაჩვენებია OY ჰორიზონტალური ღერძი გადის მის შიგნით. სამზერაი ნაწილის ოკულარული და საობიექტო ნაწილები ერთდებიან მილის მუხლში, რომელსაც კუბის ფორმა აქვს.

ობიექტივის უკან მოთავსებულია გამაწონასწორებელი კბილანა და მისი საჭერი. ოკულარულ მილთან მიმაგრებულია ვერტიკალური ლიმბი (6) თავისი უძრავი ინდექსით ვერტიკალური კუთხეების ასათვლელად. ალიდადაზე დამაგრებულია ვერტიკალური ლიმბის მიკრომეტრული სახელური (5), რომლის მოწყობილობა ისეთივეა, როგორიც ალიდადას მიკრომეტრული სახელური.

ვერტიკალური ლიმბის მოტრიალება შეიძლება ხელითაც სამზერაი მუხლის შემწვობით. ასეთი მოტრიალების დროს მიკრომეტრული სახელური (5) უძრავი რჩება.

საველე პირობებში თეოდოლიტი იდგმება სპეციალურ სამფეხზე (ნახ. 71). სამფეხას დაყენება ხდება დამკვირვებლის სიმაღლის მიხედვით. სამფეხზე თეოდოლიტის დასამაგრებლად მას ქვევიდან უკეთდება საქანჩი მოწყობილობა (5). მუშაობის დამთავრების შემდეგ თეოდოლიტი იხსნება და თავსდება სპეციალურ ყუთში, რომელშიც თავსდება აგრეთვე ზოგიერთი საჭირო იარაღი.

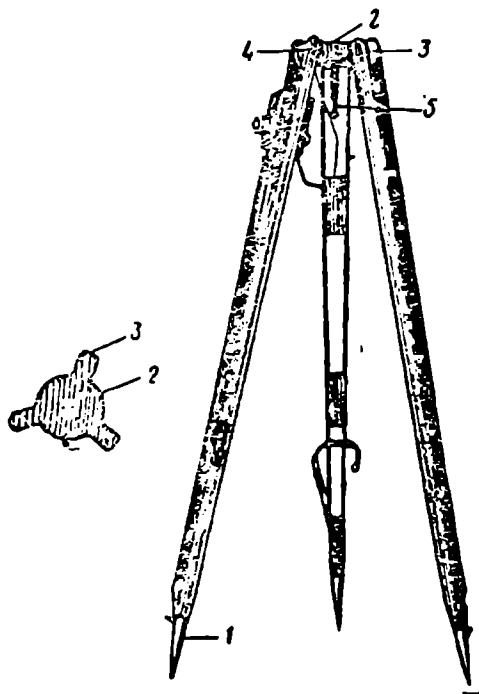
თეოდოლიტის ორიენტირება. თეოდოლიტის ორიენტირება მდგომარეობს იმაში, რომ, როცა მისი მილის ობიექტივი მიმართულია ჩრდილოეთისაკენ, მაშინ ანათვალ ჰორიზონტალურ წრეზე უნდა იყოს ზუსტად 0° . ამ შემთხვევაში მილის მოტრიალებით ჰორიზონტის აღმოსავლეთის მხარე უნდა აღინიშნოს 90° -ით, სამხრეთი— 180° -ით და დასავლეთი— 270° -ით.

თეოდოლიტის ორიენტირება ხდება ან მაგნიტური ისრის შემწვობით, ან ე. წ. მირაზე დაყენებით. უკეთესია მირაზე დაყენება, მხოლოდ ეს ხერხდება მუდმივი დაკვირვების პუნქტზე, როდესაც თეოდოლიტი მიწაში ჩასმულ ბოძზე მაგრდება.

მირად გამოდგება შორეულ მანძილზე მდებარე ყოველი გარკვეული ნიშანი რაიმე საგნისა, მაგალითად: გუმბათის წვერო, ანძის ბოლო და სხვ. არჩეული საგნის გარკვეული წერტილის აზიმუტი წინასწარ გაიგება.

როცა თეოდოლიტი ხშირ მოძრაობაშია, მაშინ უმჯობესია მისი ორიენტირებისათვის მაგნიტური ისრის ხმარება.

კუზნეცოვის თეოდოლიტის ორიენტირება მაგნიტური ისრის შემწეობით ასე ხდება: ჯერ მოატრიალებენ სახელურს და გაათავისუფლებენ მაგნიტურ ისარს. თეოდოლიტის მოტრიალებით ვერტიკალური



ნახ. 71. სამეფა ქანჩი.

ღერძის ირგვლივ დაამაგრებენ მას ისე, რომ მაგნიტის ისარი ემთხვეოდეს მის კოლოფზე გავლებულ სანიშნო ხაზს. ამისათვის ფრთხილად მოატრიალებენ ჰორიზონტალური წრის მიკრომეტრულ სახელურს მანამდე, სანამ მაგნიტის კოლოფის სანიშნო ხაზი არ დაემთხ-

გვეა ისრის მიმართულებას, შემდეგ მოუქერენ საჩერს და ისარს უს-
პობენ თავისუფალი რხევის საშუალებას. ამის შემდეგ ოდნავ მოუშ-
ვებენ საჩერს, ათავისუფლებენ ჰორიზონტალურ წრეს და მიუყენებენ
ნონიუსის ნულს საჭირო დანაყოფზე მაგნიტური მიხრილობის გათვა-
ლისწინებით. თუ მაგნიტური მიხრილობა 0° -ია, მაშინ ნონიუსს მიუ-
ყენებენ კუზნეცოვის თეოდოლიტის მე- 180° დანაყოფს.

თუ მაგნიტური მიხრილობა აღმოსავლეთისაა (ე. ი. დადებითა),
მაგალითად $+4^\circ$, მაშინ ნონიუსს მიუყენებენ 184° -ზე. თუ მიხრილობა
დასავლეთისაა, მაგალითად -3° (ე. ი. უარყოფითი), მაშინ მიუ-
ყენებენ მას 177° -ზე დანაყოფს. ნონიუსის ამორჩევის დროს უნდა გა-
ვითვალისწინოთ მხოლოდ ის ხაზი, რომლის მიხედვითაც ხდება ანათე-
ლების აღება თვით დამკვირვებლის მიერ. თუ ანათელებს იღებს მისი
თანამემწე, მაშინ საწინააღმდეგო ნონიუსს აიღებენ.

თუ ანათელებს იღებს თვითონ დამკვირვებელი, მაშინ წრის საჭირო
დანაყოფს მიუყენებენ ნონიუსს ოკულარის ქვეშ, ხოლო თუ ანათე-
ლებს იღებს თანამემწე, მაშინ წრის დანაყოფი უნდა მივეყენოთ მო-
პირდაპირე მხარის ნონიუსს.

ათ (AT) თეოდოლიტის ორიენტირება მაგნიტური ისრით შემდეგ-
ნაირად ხდება:

1. თეოდოლიტის მიღს მოატრიალებენ ვერტიკალური ღერძის
ირგვლივ მანამდე, სანამ ოკულარის მხარეს ნულოვანი დანაყოფის ახ-
ლოს დადგებოდეს ალიდადას ინდექსი, რომელიც ჰორიზონტალური
წრის ციფრთა ზემო მწკრივში იმყოფება, და მაგნიტური მიხრილობ-
ის გათვალისწინებით ამაგრებენ მას. ზუსტი დაყენებისათვის მიმარ-
თავენ ალიდადას მიკრომეტრს;

2. ათავისუფლებენ მაგნიტურ ისარს არეტირის მოშვებით;

3. ნანევრად მოტრიალებით მოუშვებენ საჩერს;

4. მოატრიალებენ ალიდადას ჰორიზონტალურ წრესთან ერთად ისე,
რომ ბუსოლის კოლოფის ფანჯარა სამხრეთისაკენ იქნეს მიმართული.

5. როცა ისარი რხევას შეწყვეტს შემდგომი მოტრიალებით ბუ-
სოლის კოლოფის ფანჯრის ვერტიკალურ ნიშანს მიუყენებენ მაგნი-
ტური ისრის ბოლოს, მაშინ სამსერი მილი მიმართული იქნება ჩრდი-
ლოეთისაკენ;

6. დაამაგრებენ საჩერს;

7. ჰორიზონტული წრის მიკრომეტრის შემწეობით აზუსტებენ და-
ყენებულ ნიშანს ბუსოლის კოლოფის ფანჯარაზე, მაგნიტური ისრის
პირდაპირ.

ბთ (MT) თეოდოლიტის ორიენტირება შემდეგნაირად ხდება:

1. მილის მოტრიალებით ჰორიზონტალური ღერძის ირგვლივ მი-

მართავენ ობიექტივის ზენიტასაკენ ისე, რომ ანათვალ ვერტიკალურ წრეზე აღმოჩნდეს 90°;

2. მილის მოტრიალებით ვერტიკალური ღერძის ირგვლივ მიუყენებენ ჰორიზონტალური წრის ასათვლელ ინდექსს ნულოვან დანაყოფს მაგნიტური მიხრილობის გათვალისწინებით;

3. ჩამოაცვამენ ობიექტივზე სახურავს, რომელზედაც მოთავსებულია მაგნიტური ისარი; მილის თეთრი ხაზი და ობიექტივის სახურავის ხაზი ერთმანეთს უნდა უპირისპირდებოდნენ. ამის შემოწმების შემდეგ ახსნიან მაგნიტურ ისარს. მაგნიტური ისრის კოლოფი უნდა იყოს მილის ჰორიზონტალური ბრუნვის ღერძის პერპენდიკულარული;

4. საჩერის მოშვებით ათავისუფლებენ ჰორიზონტალურ წრეს;

5. მილზე ზელის მოვლებით მოატრიალებენ თეოდოლიტს ვერტიკალური ღერძის ირგვლივ მანამდე, სანამ მაგნიტური ისრის ბოლო დაემთხვეოდეს კოლოფზე გავლებულ წითელ ხაზს;

6. დაამაგრებენ საჩერს.

მირას აზიმუტის განსაზღვრა. მირას აზიმუტი განისაზღვრება როგორც თეოდოლიტის მაგნიტური ისრის შემწეობით, ისე პოლარულ ვარსკვლავზე დიკვირებითაც. პირველ შემთხვევაში ცნობილი უნდა იქნეს მაგნიტური მიხრილობის მნიშვნელობა მოცემული ადგილის მიხედვით.

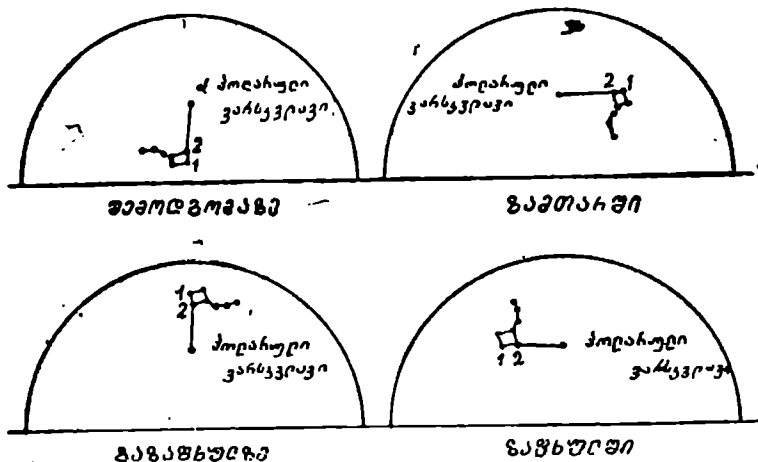
ყველა ზემოთ აღნიშნული წესის დაცვით თეოდოლიტის მილს დაუმიზნებენ მირას ისე, რომ მისი გამოსახულება დაემთხვეს სამზერი მილის ძაფ-ჯვარედინს; მაშინ ჰორიზონტალური წრის ათვლა მოგვეცემს მირას აზიმუტს.

ჩვეულებრივ, მეტი სიზუსტისათვის საჭიროა თეოდოლიტის დაყენება მოხდეს სამჯერ. სამი ანათვლის საშუალო მიიღება როგორც უფრო საიმედო აზიმუტი.

პოლარული ვარსკვლავის შემწეობით მირას აზიმუტის განსაზღვრა ასე ხდება: პოლარული ვარსკვლავი მდებარეობს ჩრდილოეთის პოლუსის ახლოს და დღე-ღამეში მის ირგვლივ სრულ წრეხაზს შემოწერს. თუ მას ავითვლით თეოდოლიტით სხვადასხვა დროს, ორჯერ, მაშინ მივიღებთ ჩრდილოეთის მიმართულების ხაზს. პოლარული ვარსკვლავის მარტო ერთი ათვლით შესაძლებელია მივიღოთ ცდომილება მერიდიანისაგან 1°-ით. თუ ღამის განმავლობაში რამდენიმე ანათვალს ავიღებთ დროის ხანგრძლივ შუალედებში, მაშინ ანათვალთა საშუალო მოგვეცემს ჩრდილოეთის მიმართულებას. 72-ე ნახაზზე ნაჩვენებია მოწმენდილი ცის დროის პოლარული ვარსკვლავის მდებარეობა, რომელიც ადვილად მოიძებნება დიდი ძუ დათვის ვარსკვლავთა ჯგუფის მეშვეობით.

აღნიშნულ ნახაზზე პოლარული ვარსკვლავი აღნიშნულია α -თი. იგი მდებარეობს აღნიშნული ჯგუფის მე-6 და მე-7 ვარსკვლავებზე გამავალი ხაზის გაგრძელებაზე; შუა განედებში დიდი ძუ დათვის ვარსკვლავები მოჩანს წლის ყოველ დროში. ღამის 22 საათისათვის ეს ვარსკვლავები მდებარეობს წლის დროის მიხედვით ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 72-ე ნახაზზე.

ჩრდილოეთის ხაზის მოსანახად დაკვირვება შემდეგნაირად წარმოებს: თეოდოლიტის მილს მიმართავენ პოლარული ვარსკვლავისაკენ ისე, რომ მისი გამოსახულება აღმოჩნდეს დაფ-ჯვარედინზე, მაშინ



ნახ. 72. პოლარული ვარსკვლავი.

თეოდოლიტის მიმართულება მცირე ცდომილებით ასცდება ჩრდილოეთის ხაზს. ამის შემდეგ პორიზონტალური წრის 0° -ს მიიყვანენ ნონიუსის ნულოვან დანაყოფზე, შემდეგ დაფ-ჯვარედინზე მიუყენებენ მირას და მიიღებენ მის აზიმუტს.

კუზნეცოვის თეოდოლიტის ორიენტირება მირას შემწეობით ასე ხდება: დაყენებენ თეოდოლიტს, მიმართავენ მის მილს ისე, რომ მირა დაემთხვეს დაფ-ჯვარედინს; მოუშვებენ პორიზონტალური წრის საჩერს და დაყენებენ მის ნონიუსს 0° -ის ქვეშ იმ კუთხით, რომელიც მიღებული იყო მირასათვის; ამის შემდეგ დაამატებენ საჩერს და კვლავ შეამოწმებენ დაფ-ჯვარედინის მდებარეობას მირაზე.

ათ (AT) და ბთ (MT) თეოდოლიტების ორიენტირება მირაზე შემდეგნაირად ხდება: აბრუნებენ მილს ვერტიკალური ღერძის ირგ-

ვლივ მანამდე, სანამ ჰორიზონტალური წრის ინდექსი, რომლითაც კუთხეები აითვლება, არ მოექცევა იმ დანაყოფზე, რომელიც მირას აზიმუტს უდრის; მოუშვებენ საჩერს, მიუშვერენ მილს ზუსტად მირაზე და კვლავ დაამაგრებენ მას. ამის შემდეგ საჭიროა შემოწმდეს, ხომ არ წაიწია ალიდადას ინდექსმა იმ დანაყოფიდან, სადაც ის იყო მიმაგრებული.

თეოდოლიტის შემოწმება. თეოდოლიტის შემოწმება უნდა ხდებოდეს ყოველი ათი დღის დასაწყისში და უფრო ხშირად მაშინ, როცა ის მოძრაობაშია. უნდა შემოწმდეს ვერტიკალური წრის წაწევა (კოლიმაციის კუთხე). თარაზოს სიზუსტე და მაგნიტური ისრის გრძნობიერება.

მაგნიტური ისარი გრძნობიერებას კარგავს იმ შემთხვევაში, როცა თეოდოლიტის გადატანის დროს ისარი არ არის დამაგრებული არეტირით. ასეთ შემთხვევაში თეოდოლიტის ბუსოლი ხელახლა უნდა დამაგნიტდეს.

კოლიმაციის კუთხის განსაზღვრას შეეცხებით ქვემოთ.

§ 33. პაროლოგიური თეოდოლიტების ინსტრუქციული ცდომილებანი

თეოდოლიტი, როგორც ყოველი ფიზიკური ხელსაწყო, დამზადების დროს მუდამ შეიცავს რაიმე ცდომილებას, რომელსაც ინსტრუმენტული ცდომილება ეწოდება. ერთმანეთისაგან უნდა გავარჩიოთ ინსტრუმენტული ცდომილებანი სხვა სახის ცდომილებისაგან, რომლებსაც დამკვირვებელი ზოგჯერ დაუშვებს ობიექტის არაზუსტი დაყენებით ძაფ-ჯვარედინზე, თვალდათვალ გრადუსის შეათედების ათვლაში, კუთხური სიმაღლეების ათვლაში რეფრაქციის შედეგად და სხვ. ინსტრუმენტული ცდომილებები ყველა ხელსაწყოს აქვს. α და δ კუთხეების ათვლაში შეიძლება დაშვებულ იქნეს რაიმე ცდომილება. აქ საჭიროა ორი შემდეგი განმარტება: ა) სხვაობას ანათვალსა და ნამდვილ სიდიდეს შორის ცდომილება ეწოდება; ბ) შესწორება ეწოდება ცდომილების რაოდენობას, აღებულს შებრუნებული ნიშნით.

შესწორებას ჩვეულებრივ Δ ასოთი აღნიშნავენ იმ ელემენტის მიმართ, რომელსაც ის ეკუთვნის; მაგალითად, $\Delta\alpha$ -თი ჩვენ აღნიშნული გვექნება ჰორიზონტალური ლიშბის შესწორება ექსცენტრისიტეტზე.

ცდომილებები ორ ჯგუფად იყოფა: დამოუკიდებელი და დამოკიდებული ცდომილებები; მაგალითად, α კუთხეების ათვლა არ არის დამოკიდებული δ კუთხის ათვლის სიზუსტეზე და პირიქით.

დამოუკიდებელ ცდომილებათა მიზეზები ჩვენ აღნიშნული გვექონდა თეოდოლიტების ზოგადი აღწერის დროს (§ 32).

ეს ფორმულა საშუალებას გვაძლევს, თუ ვიცით δ კუთხე, ლიმბის მცდარი β ანათვლით გამოვთვალოთ მისი ზუსტი ჩვენება α . თუ ვიცით დახრილი ლიმბის β და δ კუთხეები, (6,01) ფორმულის შემწეობით მივიღებთ α კუთხის ნამდვილ მნიშვნელობას. ეს ფორმულა გვიჩვენებს, რომ $\omega = \alpha - \beta$ სხვაობის უდიდესი მნიშვნელობა არ აღემატება იმ სიდიდეს, რომელიც მოიცემა

$$\lg \omega_{\max} = \frac{1 - \cos \delta}{2 \sqrt{\cos \delta}} \quad (6.02)$$

ფორმულით. 25-ე ცხრილიდან ვხედავთ, რომ ერთსა და იმავე $\delta = \delta_0$ მნიშვნელობისათვის $\omega_{\max}$ ძალიან მცირე კუთხეს შეადგენს. ასე რომ, ის შეგვიძლია უგულებელვყოთ.

როგორც 25-ე ცხრილიდან ვხედავთ, როდესაც $\delta_0 = 1^\circ$ მაშინაც კი $\omega_{\max}$ არ აღემატება $16''$. ასეთი გადახრები კი სინამდვილეში ჰორიზონტალურ ლიმბს არ აქვს.

სრულიად ანალოგიური მსჯელობით შეგვიძლია დავრწმუნდეთ, რომ ვერტიკალური ლიმბის დახრილობის დროსაც თავისი ღერძის მიმართ ასეთი გადახრა შეგვიძლია უგულებელვყოთ.

3. ლი მ ბ ის ე ქ ს ც ე ნ ტ რ ის ი ტ ე ტ ი. წარმოვიდგინოთ ახლა (ნახ. 74), რომ ალიდადას ცენტრზე გამავალი ვერტიკალური ღერძი არ გადის ჰორიზონტალური ლიმბის ცენტრზე, ე. ი. მათი ცენტრები არ ემთხვევა ერთმანეთს; ამ მოვლენას ჰორიზონტალური ლიმბისა და ალიდადას ექსცენტრისიტეტი ეწოდება.

ვთქვათ, O და O_1 არის შესაბამისად ჰორიზონტალური ლიმბისა და ალიდადას ცენტრები; ისინი არ ემთხვევიან ერთმანეთს (ნახ. 74). N_1 და N_2 ინდექსები ალიდადაზე უერთდება ერთმანეთს სწორი ზაზით. ამავე ასოებით აღვნიშნოთ ამ წერტილებში მიღებული ანათვლები. წარმოვიდგინოთ ახლა ალიდადას მეორე მდგომარეობა, როდესაც $N_1 N_2$ ზაზმა დაიკავა ახალი მდებარეობა $N'_1 N'_2$. პირველი ინდექსების ჩვენებათა განსხვავება არის $N_1 - N'_1$; სათანადო კუთხით მოტრიალდება ალიდადა. მაგრამ ნახაზიდან ჩანს, რომ ალიდადას მოტრიალების კუთხე არის $N_1 O_1 N'_1$, ხოლო $N_1 N'_1$ რკალი გამოხატავს $N_1 O N'_1$ კუთხეს, რომელიც არ უდრის ალიდადას მოტრიალების კუ-

ც ხ რ ი ლ ი 25
ჰორიზონტალური ლიმბის დახრილობის
გავლენა

δ_0	$6'$	$30'$	1°
β	$45^\circ 00' 00'' .08$	$45^\circ 00' 02''$	$45^\circ 00' 08''$
$\omega_{\max}$	$0'' .16$	$3'' .9$	$16''$

თხეს. აქედან ჩანს, რომ ექსცენტრისიტეტის არსებობის დროს ჰორიზონტალური ლიშბის ანათვალთა სხვაობა არ გამოხატავს ალიდადას მოტრიალების კუთხეს. სწორედ ამაში მდგომარეობს ექსცენტრისიტეტის გავლენა ლიშბისა და ალიდადას ანათვლებზე.

გამოვივალთ ახლა ნამდვილი ანათვლები პირველი და მეორე ინდექსებით იმ შემთხვევაში, როცა $N_1 N_2$ ხაზი გაივლიდა ლიშბის ცენტრზე. აღვნიშნოთ N_1 -ით ჰორიზონტალური ლიშბის ანათვალი, ხოლო α -თი—ანათვალი მიღებული უექსცენტრისიტეტო მდგომარეობაში. ვთქვათ, მათ შორის განსხვავება არის $\Delta\alpha_e$ ე. ი.

$$\alpha = N_1 + \Delta\alpha_e. \quad (6.03)$$

ნახ. 74. ვერტიკალური ლერძის აცდენა ჰორიზონტალური ლიშბის ცენტრიდან.

74-ე ნახაზიდან ჩანს, რომ $\Delta\alpha_e$ გამოიხატება $N_1 \tilde{D}_1$ ან

$N_2 \tilde{D}_2$ რკალით: ამის გამო ანათვალი მეორე N_2 ინდექსით იქნება $180^\circ + 2\Delta\alpha_e + N_1$, ანუ

$$N_2 = 180^\circ + N_1 + 2\Delta\alpha_e. \quad (6.04)$$

აქედან ვპოულობთ

$$\Delta\alpha_e = \frac{N_2 - N_1 - 180^\circ}{2}. \quad (6.05)$$

აეროლოგიის პრაქტიკაში ანათვლების აღება თეოდოლიტებზე გვიხდება მხოლოდ მისი ერთი N_1 წერტილიდან, ამიტომ ჰორიზონტალური ლიშბის გასწორება ექსცენტრისიტეტზე ხდება დაკვირვების დამთავრების შემდეგ, რიხთვისაც საჭიროა სათანადო შესწორებათა ცხრილი. ასეთი ცხრილის შესადგენად საკმარისია თეოდოლიტი გვედგას მაგიდაზე. თანამიმდევრობით გადავწევთ ალიდადას მისი მიკრომეტრით ჰორიზონტალური ლიშბის 0° -ის პირისპირ ათ-ათი გრადუსით და ავიღებთ ანათვლებს N_2 ინდექსით. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილის სახით (იხ. ცხრ. 26), რომლითაც გამოითვლება $\Delta\alpha_e$ შესწორებები ექსცენტრისიტეტზე. მიღებული ცხრილის მონაცემებით, რომ ავაგოთ გრაფიკი ($N, \Delta\alpha_e$), სინუსოიდას მივიღებთ.

მართლაც, აღნიშნოთ $e=OO_1$, რაც გამოსახავს მანძილს ალიდადასა და ჰორიზონტალური ლიშების ცენტრებს შორის. ამ მანძილს ხაზოვანი ექსცენტრიტეტი ეწოდება. აღნიშნოთ α_0 -ით ხაზოვანი ექსცენტრიტეტის მიმართულება. დაუშვათ, O_1 წერტილიდან პერპენდიკულარი O_1k ჰორიზონტალური ლიშების დიამეტრზე (ნახ. 74). დაახლოებით შეგვიძლია მივიღოთ, რომ OO_1k სამკუთხედის $\overline{O_1k}$ კთეტი უდრის $N_1\overline{D_1}$, ე. ი. $\Delta\alpha_e$ -ს. OO_1k სამკუთხედიდან ვღებულობთ:

$$\overline{O_1k} = \overline{OO_1} \cdot \sin(k\widehat{OQ_1}).$$

ადვილად შევამჩნევთ, რომ კუთხე kOO_1 უდრის α და e -ს ანთვალთა სხვაობას და ამიტომ $\overline{O_1k} = e \sin(\alpha - \alpha_0)$. თუ ჰორიზონტალური ლიშების რადიუსი არის r , მაშინ აღნიშნული ფორმულის მაგვირად გვექნება

$$\Delta\alpha_e = \frac{e}{r} \sin(\alpha - \alpha_0) 3437', 7, \quad (6.06)$$

ცხრილი 26

შესწორებათა ცხრილი ექსცენტრისიტეტზე (თეოდოლიტი ან (AT) სხ...)

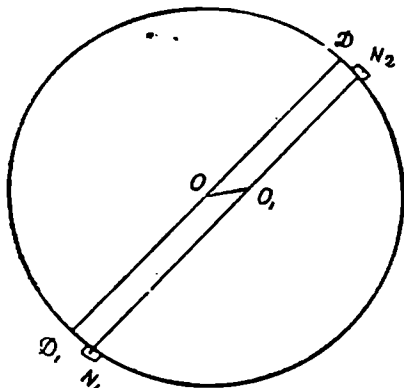
N_1°	N_2°	$(N_2 - N_1)^\circ$	$\Delta\alpha^\circ$	N_1°	N_2°	$(N_2 - N_1)^\circ$	$\Delta\alpha^\circ$
0	179,6	179,6	-0,20	180	0,4	180,4	0,20
10	189,6	179,6	-0,20	190	10,4	180,4	0,20
20	199,7	179,7	-0,15	200	20,3	180,3	0,15
30	209,8	179,8	-0,10	210	30,2	180,2	0,10
40	219,9	179,9	-0,05	220	40,1	180,1	0,05
50	230,0	180,0	0,00	230	50,0	180,0	0,00
60	240,1	180,1	0,05	240	59,9	179,9	-0,05
70	250,2	180,2	0,10	250	69,8	179,8	-0,10
80	260,3	180,3	0,15	260	79,7	179,7	-0,15
90	270,4	180,4	0,20	270	89,6	179,6	-0,20
100	280,4	180,4	0,20	280	99,6	179,6	-0,20
110	290,5	180,5	0,25	290	109,5	179,5	-0,25
120	300,6	180,6	0,30	300	119,4	179,4	-0,30
130	310,6	180,6	0,30	310	129,4	179,4	-0,30
140	320,6	180,6	0,30	320	139,4	179,4	-0,30
150	330,6	180,6	0,30	330	149,4	179,4	-0,30
160	340,6	180,6	0,30	340	159,4	179,4	-0,30
170	350,5	180,5	0,25	350	169,5	179,5	-0,25

სადაც მიწერილი რიცხვი ერთი რადიანია, გამოხატული წუთობით. ამ ფორმულის შემწეობით შეიძლება ხაზოვანი ექსცენტრისიტეტის გამოთვლა.

ამოცანა 70. ისარგებლეთ 26-ე ცხრილში მოცემული რიცხვებით და შეადგინეთ შესწორებათა გრაფიკი ექსცენტრისიტეტზე.

ამოცანა 71. ისარგებლეთ რომელიმე თეოდოლიტით და შეადგინეთ 26-ე ცხრილის ანალოგიური ცხრილი და მისივე გრაფიკი.

4. ვერტიკალური ლიშბის ექსცენტრისიტეტი: ეს ისეთი შემთხვევაა, როცა პორიზონტალური ღერძი არ გადის მის ცენტრზე. 75-ე ნახაზზე O წერტილით აღნიშნულია ლიშბის ცენტრი, N_1 არის ინდექსი, რომლითაც წარმოებს ვერტიკალური ლიშბის ათვლა, ხოლო N_2 —მისი საწინააღმდეგო ინდექსი. ამ ინდექსებით მიღებული ანათვლები ამავე ასოებით აღვნიშნოთ, ხოლო შესწორება ექსცენტრისიტეტზე აღვნიშნოთ $\Delta\delta_e$ -თი, ე. ი.



ნახ. 75. O და O_1 წერტილების მდებარეობა ვერტიკალურ ლიშბზე.

ფილიყო, ლიშბისა და პორიზონტალურ ღერძს კი გაველო ლიშბის ცენტრზე, მაშინ, როგორც ნახაზიდან ეხედავთ (ნახ. 75) N_1D_1 წარმოადგენს $\Delta\delta_e$ -ს და $N_2 - N_1 = 180^\circ + 2\Delta\delta_e$, საიდანაც

$$\Delta\delta_e = \frac{N_2 - N_1 - 180^\circ}{2} \quad (6.07)$$

ამგვარად, ჩვენ აქაც მივიღეთ (6.05) ფორმულის ანალოგიური ფორმულა.

აეროლოგიურ თეოდოლიტებში $\Delta\delta_e$ შესწორება ჩვეულებრივ არ აღემატება $0^\circ, 2$. ყოველი თეოდოლიტი დაკვირვების წინ შესწავლილი უნდა იქნეს ამ ექსცენტრისიტეტის შესწორების მიხედვით. განსაკუთრებით ეს საჭიროა საბაზო დაკვირვების დროს.

5. ვერტიკალურ ლიშბზე ინდექსი არასწორად არის მდებარე ულ. ვთქვათ, OX არის (ნახ. 76) ოპტიკური ღერძის მიმართულება, ხოლო N —ვერტიკალური ლიშბის ინდექსი, სამზერი ობიექტის კუთხური სიმაღლე კი არის h . კუთხური სიმაღლის h ანათვლის სიდიდე დამოკიდებულია N ინდექსის მდებარეობაზე. თუ იგი სწორად

არ არის მიმაგრებული, მაშინ δ ანათვალის არ იქნება სწორი და ამის გამო ვერ იქნება h კუთხის ტოლი, ე. ი.

$$h = \delta + \Delta\delta. \quad (6.08)$$

დავამტკიცოთ, რომ ორი ოპტიკით, რომელსაც თეოდოლიტის სამზერი მილის „მიყენება“ და „გადაყენება“ ეწოდება, ადვილად შეიძლება მოინახოს $\Delta\delta$ შესწორება (ნახ. 76).

ვთქვათ, OX არის ოპტიკური ღერძის მდებარეობა მილის „გადაყენების“ დროს; მაშინ, თუ HH არის ჰორიზონტის ხაზი, კუთხე XOX უდრის $180^\circ - 2h$.

თუ მილის მიყენების დროს ანათვალი იყო δ , მისი გადაწევიტ „გადაყენებამდე“ ნახაზზე აღნიშნული ისრის მიხედვით, ინდექსის

ქვეშ დადგება $\bar{\delta}$ დანაყოფი, რომელიც მეტია δ -ზე XOX კუთხით, ე. ი. $180^\circ - 2h$ სიდიდით, რადგან მილთან ერთად ვერტიკალური ლიმბიც მოტრიალდება.

მაშასადამე,

$$\bar{\delta} - \delta = 180^\circ - 2h,$$

საიდანაც

$$h = \frac{180^\circ - (\bar{\delta} - \delta)}{2}. \quad (6.09)$$

მაშასადამე, თუ უძრავ ობიექტს ვაკვირდებით, მისი კუთხური სიმაღლის გაგება შეიძლება $\Delta\delta$ შესწორების შეტანის გარეშეც. ამისათვის საჭიროა მხოლოდ აღნიშნულ საგანს დაუმიზნოთ მილი ჯერ „მიყენების“ და შემდეგ „გადაყენების“ მდგომარეობაში ერთდროულად ვერტიკალურ ლიმბზე ათვლით. (6.08) და (6.09) ტოლობათა მიხედვით მივიღებთ:

$$\Delta\delta = \frac{180^\circ - (\delta + \bar{\delta})}{2}. \quad (6.10)$$

ეს შესწორება მოცემული თეოდოლიტისათვის მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს და უნდა შევიტანოთ ყოველ ანათვალში, თუ მისი აბსოლუტური სიდიდე აღემატება $0^\circ, 2$.

მაგალითები. 1. ვთქვათ, უძრავი ობიექტის დამზერით მოცემულია, $\delta=3^{\circ},6$ $\bar{\delta}=177^{\circ}$, მაშინ (8.10) ფორმულის თანახმად

$$\Delta\delta = \frac{180^{\circ} - (3^{\circ},6 + 177^{\circ})}{2} = -0^{\circ},3;$$

მაშასადამე, მისი კუთხური სიმაღლე

$$h = 3^{\circ},6 - 0^{\circ},3 = 3^{\circ},3.$$

2. პირველ პუნქტზე „მიყენებით“ მიღებულია $1^{\circ},8$, ხოლო „გადაყენებით“ $179^{\circ},8$; მაშინ შესწორება

$$\Delta\delta = \frac{180^{\circ} - (1^{\circ},8 + 179^{\circ},8)}{2} = -0^{\circ},8.$$

3. მეორე პუნქტზე ანათვალა „მიყენებითა“ და „გადაყენებით“ მიღებულია $\delta=359^{\circ},1$ და $\bar{\delta}=180^{\circ},1$. აქ კუთხეთა ჯამი აღემატება 360° . ამ შემთხვევაში (6.10) ფორმულის მარჯვენა მხარის მრიცხველს წაემატება 360° :

$$\Delta\delta = \frac{(180^{\circ} + 360^{\circ}) - (359^{\circ},1 + 180^{\circ},1)}{2} = 0^{\circ},4.$$

შენიშვნა. თუ $\Delta\delta$ შესწორება საგრძნობლად დიდია, შეიძლება ინდექსის დაყენება ახალ მდებარეობაში ისე, რომ მოხდეს მისი შემცირება.

6. თუ ჰორიზონტალური ლიმბი უძრავია; მისი დაყენება სწორ მდგომარეობაში ხდება მისი ერთი რომელიმე ჩვენების დამთხვევით ოპტიკური ღერძის აზიმუტზე. ამ ოპერაციას თეოდოლიტის ორიენტირებას, ანუ ჰორიზონტალური ლიმბის ორიენტირებას უწოდებენ.

ვთქვათ, რომ ორიენტირება არ იყო ზუსტი ანდა სულ არ მოგვიხდენია. აღვნიშნოთ $\Delta\alpha$ -თი კუთხე, რომელიც შეადგენს სხვაობას A აზიმუტებსა და α ანათვლელს შორის. ე.ი.

$$A = \alpha + \Delta\alpha. \quad (6.11)$$

$\Delta\alpha$ -ს სიზუსტისათვის საკმარისია ზუსტად ვიცოდეთ ოპტიკური ღერძის თუნდაც ერთი აზიმუტი. თუ ამ აზიმუტზე დავაყენებთ ოპტიკურ ღერძს და ავითვლათ წინასწარ დანიშნული ინდექსით α კუთხეს, მივალბთ $\Delta\alpha$, როგორც $A - \alpha$ სხვაობას.

მაგალითი. ვთქვათ, რადიოანძის წვერის აზიმუტი ცნობილია და

შეაღგენს $174^{\circ},6$ კუთხეს; ამავე წერტილზე ოპტიკური ღერძის დამიზნებით აეცთვალეთ α კუთხე, რომელიც $=31^{\circ},2$, მაშინ

$$\Delta\alpha = A - \alpha = 174^{\circ},6 - 31^{\circ},2 = 143^{\circ},4.$$

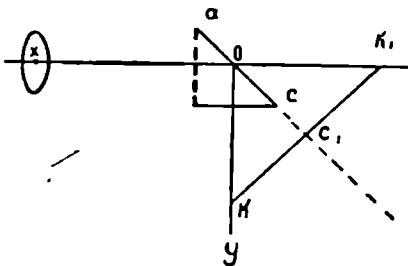
ახლა, თუ მიღს რომელიმე სხვა წერტილს დიფუზიზნებთ და ავით-
ვლით $302^{\circ}, 1$, მაშინ, თანახმად (6.11) ფორმულისა მისი აზიმუტი

$$A = \alpha + \Delta\alpha = 302^\circ,1 + 143^\circ,4 = 445^\circ,5,$$

г. о. $445^{\circ},5 - 360^{\circ} = 85^{\circ},5$.

== ზენიშენა. საჭიროა გვახსოვდეს, რომ სანიშნო წერტილებად აღემა შორეული წერტილები პირიზონტთან ახლოს; მისი კუთხური სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს $10^{\circ} - 15^{\circ}$

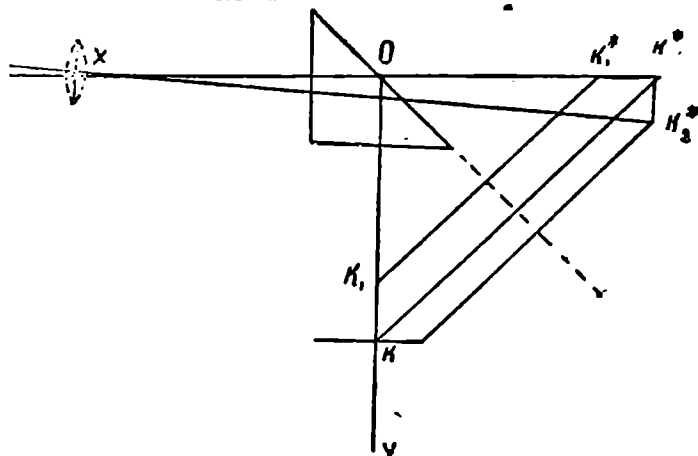
7. თეოდოლიტის მილის ოპტიკური ღერძი უსათუოდ პერპენდიკულარული უნდა იყოს პორიზონტალური ღერძისადმი. ამ პირობის შეესრულებლობა შეიძლება მოხდეს როგორც სრული შინაგანი ამრეკლი პრიზმის მდებარეობის დარღვევით, ისე ოკულარის მილში მოთავსებული დაფ-ჯვარედინის წერტილის წაწევით პორიზონტალური ღერძის მიმართ. 77-ე ნახაზზე მოცემულია ოპტიკური ღერძის მიმართულება სამზერ მილში. როგორც ცნობილია, ოპტიკური ღერძი ეწოდება ისეთ სწორ ხაზს, რომელიც გაივლის პრიზმის ac წახნაგში ობიექტი-



ნახ. 77. სხივის მსგელობა
ოპტიკურ ღერძზე.

ვის ოპტიკურ ღერძზე და ძაფ-ჯვარედინის სარკეულ ანარეკლზე. განვიხილოთ 78-ე ნახაზი. ვთქვათ OY არის ჰორიზონტალური ღერძი, K და X წერტილები შესაბამისად ძაფ-ჯვარედინის წერტილი და ობიექტივის ოპტიკური ღერძი, ხოლო mm — ამრეკლი პრიზმის წესიერი მდებარეობა, მაშინ K^* წერტილი იქნება პრიზმის წახნაგზე ძაფ-ჯვარედინის სარკეული ანარეკლი, და K^*X სწორი ხაზი — ოპტიკური ღერძის მიმართულება. mm სწორი ხაზი შეადგენს 35° -იან კუთხეს როგორც ოპტიკურ, ისე ჰორიზონტალურ ღერძთან. პრიზმა; თუ მოტრიალებული აღმოჩნდა ამ მდგომარეობაში რაიმე Θ კუთხით ისე, რომ მისი ამრეკლი წახნაგის m_1m_2 მიმართულება შეად-

ფორმულით გაიგება კოლიმაციის სიდიდე და პრიზმის მოტრიალების მკუთხე*. ათ და ზთ თეოდოლიტებისათვის დაახლოებით უდრის 0,5. ზოგიერთი თეოდოლიტისათვის (მაგალითად, ბამბერგის) μ უდრის 6,5 და 7, ზოგისათვის (მაგალითად, უატსის) $\mu=0,2$. ყველაზე უკეთესად უნდა ჩაითვალოს ის თეოდოლიტი, რომლისთვისაც უდიდესი მნიშვნელობის მქონეა, ე. ი. ისეთები, რომლებშიც ჰოგრის გადატების მუხლი უფრო მეტად იქნება დაშორებული ობიექტივისაგან.



ნახ. 79. ძაფ-ჯვარედინის გადანაცვლების გავლენა კოლიმაციის კუთხეზე.

8. ძაფ-ჯვარედინის წერტილის გადანაცვლება ჰორიზონტალური ღერძის მიმართ.

განვიხილოთ 79-ე ნახაზი.

თუ ძაფ-ჯვარედინი k გადაინაცვლებს OY ჰორიზონტალური ღერძის გასწვრივ, ეს გარემოება არ გამოიწვევს კოლიმაციას. მართლაც. თუ K წერტილი გადაწეულია K_1 წერტილზე, ამით K_1^*X ოპტიკური ღერძის დამთხვევა არ ირღვევა K^*X ღერძთან. მაგრამ, თუ K წერტილი ასცდა OY ღერძს და მდებარეობს მის რომელიმე მხარეს, მაგალითად, K_2 წერტილზე, მაშინ K_2^*X ოპტიკური ღერძი ჰორიზონ-

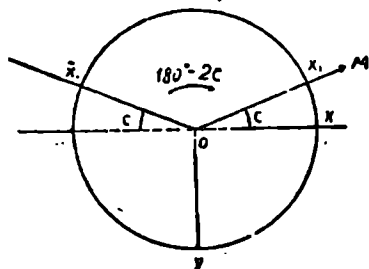
* არსებობს უფრო ზუსტი ფორმულა c -ს გამოსათვლელად, მაგალითად, $\lg c = \frac{\sin 2\theta \cdot \cos^2 \psi}{\mu + \cos 2\theta}$, სადაც ψ არის კუთხე, რომლითაც პრიზმა მოტრიალებულია

ჰორიზონტალური ღერძის მიმართ, თუ $\psi=0$ და θ ძალიან მცირე კუთხეა, მაშინ ამ ფორმულიდან მიიღება (6.12) ფორმულა.

ტალურ ღერძთან შეადგენს რომელიღაც კუთხეს $90^\circ + c$. თუ ძაფების გადაკვეთის მარჯვნივ წაწევას დადებითად ჩავთვლით, როგორც ეს ნახაზზეა ნაჩვენები, მაშინ

$$c = \frac{d}{f} \cdot 3437', 7 \quad (6.13)$$

ფორმულით გამოითვლება კოლიმაციის კუთხის მნიშვნელობა. ამ ფორმულაში f არის ობიექტივის კუთხური მანძილი მმ-ობით და d — გადაკვეთის წერტილის წაწევის მანძილი.



ნახ. 80. c კუთხის გამოთვლის სქემა.

ამ და ბო თეოდოლიტებში, რომელთა $f=180$ მმ, ძაფთა წაწევა $d=1$ მმ-ით წარმოშობს კოლიმაციის $19', 1$ კუთხეს.

კოლიმაციის ამ კუთხის „ჩაქრობა“ შესაძლებელია, მხოლოდ ამ ოპერაციის შესრულება შეუძლია გამოცდილ მუშაკს.

კოლიმაციის კუთხის არსებობის დადგენა და მისი სიდიდის განსაზღვრა პრაქტიკულად არ არის ძნელი.

ამისათვის მივმართოთ მე-80 ნახაზს. ვთქვათ, OY არის პორიზონტალური ღერძი, OX — მისადმი პერპენდიკულარი პორიზონტალურ სიბრტყეზე, ხოლო OX_1 — ოპტიკური ღერძი, რომელიც შეადგენს OX ღერძთან კოლიმაციის c კუთხეს. მე-80 ნახაზი წარმოადგენს პორიზონტალური სიბრტყის რომელიმე M ობიექტის დასაზერ მილს „მიყენების“ მდებარეობიდან „გადაყენების“ მდებარეობაში; ამ შემთხვევაში ოპტიკური ღერძი OX მდებარეობაში აღმოჩნდება. მაშინ იმავე M ობიექტის დასაზერად საჭირო იქნება ალიდადას მოტრიალება $180^\circ - 2c$ კუთხით, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახაზზე. ამ მოტრიალების დროს ინდექსი გადაინაცვლებს პორიზონტალური ლიშბის გასწვრივ დანაყოფთა მზარდი ჩვენებებისაკენ $180^\circ - 2c$ კუთხით და, თუ პორიზონტალურ ლიშბზე პირველი ანათვალი იყო α , შემდეგი ანათვალი იქნება $\alpha + 180^\circ - 2c$, ე. ი.

$$\bar{\alpha} = \alpha + 180^\circ - 2c,$$

საიდანაც

$$c = \frac{180^\circ - (\bar{\alpha} - \alpha)}{2} \quad (6.14)$$

ამგვარად, ერთისა და იმავე ობიექტის დამზერით ოპტიკური ღერ-

ძის „მიყენების“ და „გადაყენების“ მდებარეობაში მიღებული (6.14) ფორმულით შეგვიძლია გავიგოთ კოლიმაციის კუთხის სიდიდე.

მაგალითი. $\alpha = 137^{\circ},3$; $\bar{\alpha} = 317^{\circ},7$, მაშინ

$$c = \frac{180^{\circ} - (317^{\circ},7 - 137^{\circ},3)}{2} = 0^{\circ},2.$$

თუ აღნიშნული გზით ჰორიზონტალურ სიბრტყეში არჩეული ობიექტის მაგივრად ვაკვირდებით ისეთ საგანს, რომელიც მაღლაა φ კუთხით, მივიღებთ არა კოლიმაციის c კუთხეს, არამედ რომელიღაც $K\varphi$ სიდიდეს:

$$K\varphi = \frac{180^{\circ} - (\bar{\alpha} - \alpha)}{2},$$

რომელიც, როცა $\varphi = 0^{\circ}$, იმავე c კუთხეს იძლევა, რასაც (6.14) ფორმულა.

კოლიმაციის კუთხის განსაზღვრის კ. ნ. სპირნოვის მეთოდი. კოლიმაციის კუთხის განსაზღვრას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, ამიტომ მისი მეტი სიზუსტით ცოდნა უსათუოდ დიდად სასარგებლოა.

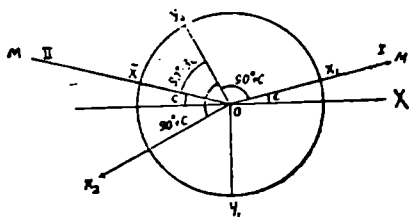
მიემართოთ 80ა ნახაზს.

ნახაზზე OX_1 არის ოპტიკური ღერძის მდებარეობა მისი „მიყენების“ დროს რომელიმე M ობიექტზე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში. გადაეწიოთ მილი „გადაყენების“ მდგომარეობაში $O\bar{X}_1$

და შევეცადოთ დავინახოთ $\bar{M}$ საგანი, რომელიც ძაფ-

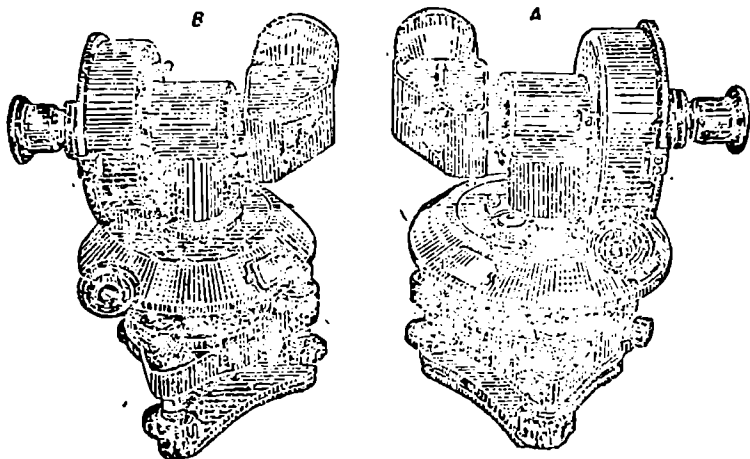
ჯვარედინს ემთხვევა. თუ ამ მდებარეობაში არავითარი ობიექტი არ აღმოჩნდა, კვლავ დავაყენოთ მილი „გადაყენებაზე“ და დავინახოთ $\bar{M}$ საგანი. ხშირად შესაძლებელი ხდება ორი ასეთი „მოპირდაპირე“ ობიექტის (M და $\bar{M}$) მონახვა. დავიხსოვოთ $\bar{M}$ ობიექტის მდებარეობა, მილი დავტოვოთ „გადაყენებულ“ მდგომარეობაში და ოპტიკური ღერძი კვლავ ობიექტისაკენ მიემართოთ, მაშინ ჰორიზონტალური ღერძი დაიკავებს OY_2 მდებარეობას. $\angle Y_2 O Y_1 = 180^{\circ} - 2c$, ხოლო $\angle Y_2 O X_1 = \angle Y_2 O Y_1 - \angle X_1 O Y_1$, ე. ი.

$$180^{\circ} - 2c + (90^{\circ} - c) = 90^{\circ} - 3c.$$



ნახ. 80 ა. კოლიმაციის კუთხის განსაზღვრა სპირნოვის მეთოდით.

გადავიყვანოთ მილი კვლავ „მიყენებაზე“. მაშინ ოპტიკური მილი აღმოჩნდება OX_2 ხაზზე. დაფ-ჯვარედინზე $\overline{M}$ ობიექტს უკვე ვერ დავინახავთ. ავითვალოთ მილის ამ მდებარეობაში ჰორიზონტალური ლიზმი α_1 დანაყოფზე; ფრახილად ვატრიალოთ ალიდადა მანამდე, სანამ დაფ-ჯვარედინზე არ გამოჩნდება $\overline{M}$ ობიექტი და ვაწარმოოთ მეორედ



ნახ. 80ბ. თეოდოლიტების „გადაყენება“.

ათვლა (აჟ). ნახაზიდან ჩანს, რომ ამისათვის საჭიროა ალიდადას მოტრიალება $\angle X_1OX_2 = \angle Y_2OX_2 - \angle YOX_1$ კუთხით. კუთხე

$$(90^\circ - 3c) - (90^\circ + c) = -4c.$$

ამგვარად, ანათვალთა სხვაობა $\alpha_2 - \alpha_1$ უნდა უდრიდეს $-4c$; აქედან გვექნება

$$c = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{4} \quad (6.15)$$

ეს ფორმულა ბევრად ზუსტია (6.14) ფორმულაზე.

მაგალითები: 1. პირველ პუნქტზე ანათვალი „მიყენებაზე“ იყო $0^\circ, 0$, ხოლო „გადაყენებაზე“ — $179^\circ, 3$. მაშინ, თანახმად (6,14) ფორმულისა

$$c = \frac{180 - (179^\circ, 3 - 0^\circ, 0)}{2} = 0^\circ, 4.$$

2. ანათვალე მეორე პუნქტზე „მიყენებაზე“ იყო 180° , ხოლო „გადაყენებაზე“ — 0° , 4. იმავე ფორმულით

$$c = \frac{180^\circ - (180^\circ - 0^\circ, 4)}{2} = 0^\circ, 2.$$

შენიშვნა 1. დაკვირვებათა ერთი სერიის მოთაქსების შემდეგ „მიყენებისა“ და „გადაყენების“ გზით კვლავ უნდა განისაზღვროს კოლიმაციის კუთხის სიდიდე. განსხვავება $\pm 0^\circ, 1$ ფარგლებში დასაშვებია. თუ განსხვავება მეტი აღმოჩნდა, ეს იმას ნიშნავს, რომ დაკვირვების დროს თეოდოლიტი წაწეულია ადგილიდან, ამის გამო ასეთი დაკვირვებები უეარგისად ითულება.

2. ჩვენ გაეცანიტ ხუთ შემთხვევას. ხუთივე შემთხვევაში თეოდოლიტის ანათვლები უნდა იყოს შესწორებული. ყველა ეს შესწორება უშუალო შემდეგია თეოდოლიტების დამზადებისას დაშვებული ნაკლოვანებისა. მაგრამ არის კიდეე ერთი გარემოება, რომელიც თუმცა თვითონ თეოდოლიტის ნაკლოვანებას არ ეხება, მაგრამ შესწორების შეტანა მისი მოქმედების გამო მაინც აუცილებელ ხდება.

9. შესწორება რეფრაქციის გამო. ოპტიკიდან ცნობილია, რომ როცა სინათლის სხივი სივარიელიდან რაიმე გარემოში გადადის, მაშინ იგი გარდატყდება; ამ შემთხვევაში გარდატყბის კოეფიციენტი აბსოლუტურს უწოდებენ. ჰაერისათვის, როცა $t = 0^\circ C$ და $p = 760$ მმ Hg, ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა 1,000294 შეადგენს. ორი გარემოს გარდატყბის ფარდობითი კოეფიციენტი უდრის ამ გარემოთა გარდატყბის აბსოლუტური კოეფიციენტების შეფარდებას. ძირითადი კანონი, რომელსაც ექვემდებარება სხივის სვლა არაერთგვაროვან გარემოში, იმაში მდგომარეობს, რომ დაცემის კუთხის სინუსის შეფარდება გარდატყბის კუთხის სინუსთან ორივე გარემოსათვის მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს.

წარმოვიდგინოთ დედამიწის ატმოსფერო დაყოფილი თანაბარი სისქის ფენებად; მიკილოთ, რომ თითოეულ მათგანში სიმკვრივე მუდმივია და იცვლება მხოლოდ ფენიდან ფენაში გადასვლისას; სინათლის სხივი, შემოჭრილი ატმოსფეროს ზედა საზღვარზე, ეცემა მის რომელიმე M წერტილს და პირველ (ზემოდან) ფენაში გადასვლისას განიცდის გარდატყბას. აღენიშნოთ i_1 -ით კუთხე, რომელსაც დაცემული სხივი M წერტილში ფენის ზედაპირისადმი აღმართულ ფერპენდიკულართან შეადგენს, ხოლო r_1 -ით — კუთხე, რომელსაც ფენაში შემოჭრილი და მასში გარდატყბილი სხივის მიმართულება შეადგენს იმავე პერპენდიკულართან (ნახ. 81). ასევე, პირველი ფენიდან მეორეში გადასვლისას გვექნება i_2 და r_2 კუთხეები და ა. შ. ზემოთ აღნიშნული კანონის თანახმად

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n,$$

სადაც n არის გარემოს გადატყბის კოეფიციენტი.

27-ე ცხრილში გამოთვლილია რეფრაქციის მნიშვნელობა 20 კმ სიმაღლემდე. როგორც ვხედავთ, რეფრაქცია მცირე სიდიდეს წარმოადგენს და მისი გათვალისწინება საჭიროა მხოლოდ მაშინ, როცა კუთხეები 1' სიზუსტით აითვლება.

ზუსტი კუთხური სიდიდეების მისაღებად საჭიროა ცხრილით მოძებნილი რეფრაქციის სიდიდე გამოაკლდეს ყველა სხვა სახის შესწორებებით მიღებულ კუთხურ ანათვლებს.

§ 34. ბირთვ-პილოტური დაკვირვებადი ლამით

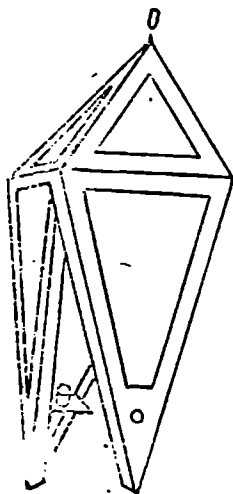
ღამე ბირთვ-პილოტური დაკვირვებებით ანათვლების ასაღებად საჭირო ხდება ძაფ-ჯვარედინისა და ლიბების განათება. ამ მიზნით აეროლოგიურ თეოდოლიტებს ერთვის თავისი ელექტროგამაშუქებელი არმატურა, რომელიც აკუმულატორებით ან მშრალი ბატარეით იკვებება. გარდა ამისა, დამკვირვებელს უნდა ჰქონდეს ჯიბის ელექტროფარნებიც და ნათის ფარანიც.

ღამით დაკვირვებების დაწყებამდე საჭიროა შემოწმდეს: 1. ძაფ-ჯვარედინების გაშუქება, 2. ფარნის წესიერი მდგომარეობა ლიბებისა და დაკვირვებათა წიგნაყის გასანათებლად და 3. თეოდოლიტის ფოკუსირება დღის სინათლეზე.

68-ე ნახაზზე წარმოდგენილია თეოდოლიტის შტატივი გამზადებული ღამით დაკვირვებებისათვის, 82-ე ნახაზზე კი—სპეციალური ქალაღისაგან დაზადებული ნათურა სანთლით. ფარნის კარკასი (ჩონჩხი) მზადდება მკვრივი ქალაღისაგან, ხოლო წახნაგები პაპიროსის ქალაღისაგან. ფარანს უკეთდება 1—1,5 მ სიგრძის მაგარი ძაფი, რომლითაც მას აბამენ ბირთვს აშვების დროს. სანთელს ამაგრებენ ფარნის ფსკერზე.

როცა ფარანი მომზადებულია, ის უნდა აიწონოს სანთლიანად და შედეგი დაიწეროს მეღნით მისი კარების ჩარჩოზე.

სანთელი აინთება ბირთვ-პილოტის გაშვებისთანავე. რადგან წყალბადი ფეთქებადია, სანთლის ანთების დროს წუმწუმას მოშორებით უნდა წავუყოლოთ.



ნახ. 82. ქალაღის ფარანი.

„ათვლა“, ე. ი. როცა ათვლის მომენტს უკლია ხუთი წამი. მასვე ევა-
ლება ფარნის მიშუქება და წიგნაკში მიღებული ანათელების ჩაწერა-
ლამე ბირთვ-პილოტი ადვილად იკარგება მხედველობის არიდან,
ამიტომ პირველი დამკვირვებელი არ უნდა ატოვებდეს მას თვალს
აშვების წამიდანვე. ვარსკელავთან ღამეში მოძრავი ბირთვის სინათლე
ყვითლად მოჩანს.

გათენების ან დაღამების მომენტებში სანთლის შუქი ცუდად მო-
ჩანს ან სულ არ მოჩანს. ამ შემთხვევაში საჭიროა დაკვირვება ვა-
წარმოთ ან $1\frac{1}{2}$ სთ-ით ადრე, ან $1\frac{1}{2}$ სთ-ის დაგვიანებით. ამისდა მი-
ხედვით ვხმარობთ ან არ ვხმარობთ ფარანს.

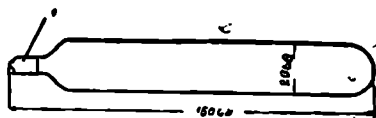
ათ (AT) თეოდოლიტს ღამე გასანათებლად სჭირდება აკუმულა-
ტორი 4 Φ KH, ხოლო ბთ (BT) თეოდოლიტს — აკუმულატორი
2 Φ KH 8.

ეს ორივე აკუმულატორი კადმიუმ-ნიკელისაა და განსხვავდებიან
ერთმანეთისაგან მხოლოდ ელემენტის რიცხვით; პირველი შედგება 4
ელემენტისაგან, ხოლო მეორე — ორისაგან. მათი ნორმალური ძაბვა
არის შესაბამისად 3,8—4 V და 7,6—8 V. ამ აკუმულატორების ტევა-
ლობა 8 A-სათს უდრის, რაც საკმარისია განუწყვეტელი მუშაობისა-
თვის 12—16 სთ-ის განმავლობაში.

83-ე ნახაზზე წარმოდგენილია ათ (AT) თეოდოლიტის ელექტრო-
განათების სქემა.

§ 35. წყალბადის ბალონები

ბირთვ-პილოტური დაკვირვებისათვის ჩვეულებრივ წყალბადს ლე-
ბულობენ სპეციალური ბალონებით. ბალონების შიგა დიამეტრი
20 სმ შეადგენს, კედლების სისქე 10—14 მმ. ბალონებს ამზადებენ
მთლიანი ფოლადის მილებიდან, კედლები უნდა იყოს გამძლე, რად-
გან შეკუმშული წყალბადის წნევა 150 ატმოსფერომდე აღწევს. ბა-
ლონების სიგრძე 140 სმ შეადგენს, მოცულობა — 36—40 ლ. ბალონი

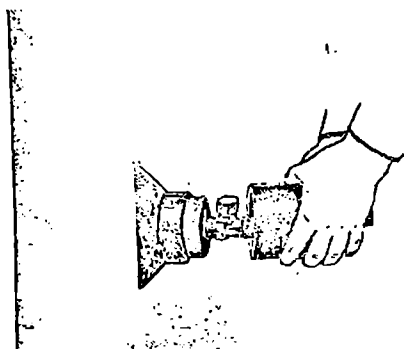


ნახ. 84. წყალბადის ბალონი.

აღნიშნული წნევის პირობებში შეიცავს 5,5—6 მ³ წყალბადს (ნახ. 84).

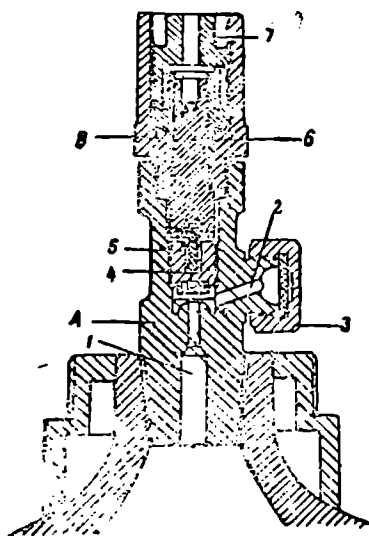
მეტეოროლოგიური დანიშნულების ბალონები, რომლებშიც წყალ-
ბადია მოთავსებული, მწვანედ არის შეღებილი და გაკეთებული აქვს
2—3 წითელი რგოლი. სხვა გაზების ბალონები სხვა ფერით იღებება,
მათი გამოყენება წყალბადისათვის დაუშვებელია. რადგან ბალონების

გადატანა დიდ მანძილზე ხშირად ზღვება, ამიტომ ერთმანეთთან დაჯახების ასაცილებლოდ მათ შავსა და ზოლოში უკეთდებათ მსხვილი თო-



ნახ. 85. ბალონიდან სახურავის მოხსნა.

ვის ან რეზინის რგოლები. ბალონის პირი, საიდანაც წყალბადს უშვებენ, ხრახნიანი ქუდით არის დახურული (ნახ. 85). 86-ე ნახაზზე ნაჩვენებია



ნახ. 86. ბალონის ყელის კრილი.

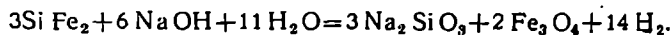
უმბი (NaOH) და წყალი. ფეროსილიკატები მუქი რუხი ფერის ფხვიერი ნივთიერებაა. ეს ქიმიკატი ქარხნებში მზადდება და ეგზავნება მო-

ბალონის ყელის კრილი, რომელიც A და B ნაწილებად იყოფა. A ნაწილი კონუსური ხრახნით ჩამაგრებულია ბალონის ყელში. ამ ნაწილის შიგნით არის მილი (1), რომლის გვერდით მოთავსებულია მეორე მილი (2) გაზის გამოსაშვებად. გაზის გამოსაშვებად საჭიროა ქუდის (3) მოშვება, რომელიც მარცხენა ხრახნით არის დამაგრებული.

§ 38. გაზგანმარბოვები, მათი მოწყობილობა და გამოყენება

ბალონის ფორმის გაზგენერატორი სადღეისოდ ყველაზე ხელსაყრელ საშუალებად ითვლება წყალბადის მისაღებად სავსე პირობებში. საჭირო ქიმიკატებია ფეროსილიციუმი (Si Fe_2), მწვავე ნატრი-

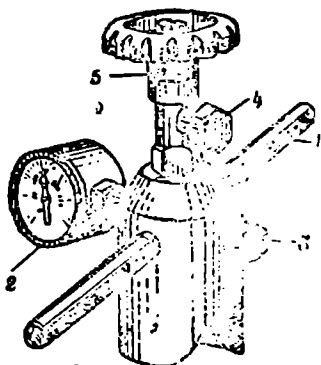
მხმარებლებს 100 და 200 კმ-იანი ხის კურკლით (კასრი). მწვევე ნატრიუმი (Na OH) ანუ კაუსტიკური სოდა, მოყვითალო შაქრის ფერისაა და ტანისამოსს სწვავს, ამიტომ მისი ხმარების დროს რეზინის ხელთათმანებია საჭირო. სოდას აგზავნიან 100—300 კმ-იანი კასრებით. ფეროსილაციუმის, კაუსტიკური სოდასა და წყლის რეაქცია ასეთი განტოლების მიხედვით მიმდინარეობს:



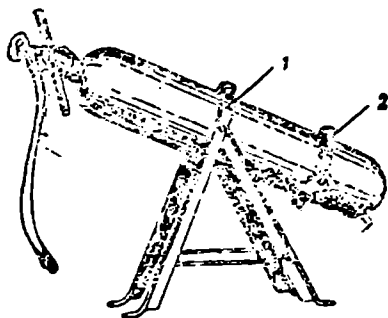
რეაქციის შედეგად, გარდა წყალბადისა, მიიღება აგრეთვე ნატრიუმი-სილიციუმი და რკინის ზეენგი. ორი უკანასკნელის შერევით ჩნდება მკვრივი ნალექი, რომელიც გაზგენერატორის კედელს ეკვრის და აძნელებს მის გამოყენებას განსაკუთრებით წლის ცივ დროში.

რეაქცია ხდება ბალონში და იქვე გამოიყოფა წყალბადი. ერთ ჯერზე, როცა გაზგენერატორი კარგადაა გამორეცხილი, შიგ ჩაიყრება მწვევე ნატრიუმი 0,9 კგ, ფეროსილაციუმი 1,25 კგ და დავსხმება 6 ლ წყალი.

გაზგენერატორი ისეთივე მოწყობილობისაა, როგორც ჩვეულებრივი ბალონი, ოღონდ უფრო გრძელია, ზედაპირიანად იწონის 80 კგ



ნახ. 88. გაზგენერატორი მანომეტრით,



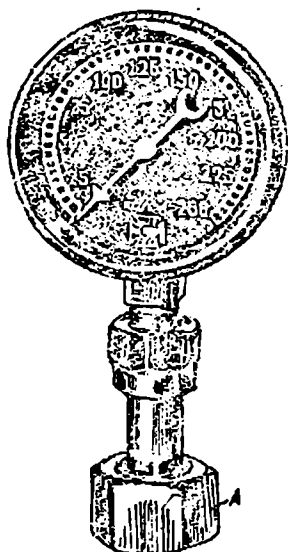
ნახ. 87. გაზგენერატორი ზედადგარზე.

და მოცულობა აქვს 50 ლ. მის დასადგმელად და დასამაგრებლად ხმარობენ რკინის ზედადგარს, რომელსაც ბრტყელი სალტე (1) აქვს გაკეთებული (ნახ. 87). ქვემო სახელურებიანი სალტის (2) შემშვებით ბალონს ასწევენ და დასწევენ ხელით. რეაქციის დროს ბალონი ძალიან ხურდება.

გაზგენერატორის ბალონს გარე ხრახნზე ჩამოცმული აქვს ვენტილ-საცობი (ნახ. 88), რომელსაც აგრეთვე გაყრილი აქვს სახელურები მის სატრიალებლად (1).

ვენტილ-საცობის გვერდით მოთავსებულია მანომეტრი (2) ბალონში დაგროვილი წყალბადის წნევის გასაზომად (ნახ. 89) და მოსაშვები ხრახნი (5). ვენტილ-საცობს მანომეტრის საწინააღმდეგო მხარეს გაკეთებული აქვს დამცველი სარქველი (3), რომელიც დაფარულია ვერცხლის ფირფიტით. ფირფიტა ებჯინება სარქვლის მილს; როცა ბალონში წნევა აღემატება 75—90 ატმოსფეროს, იგი სკდება და გაზი იწყებს დენას დამცველი სარქვიდან*.

გაზგენერატორის მოწყობა შემდეგი სათადარიგო ნაწილები: 1. საცობ-ვენტილის საფენები (მანომეტრისა და დამცველი სარქვლის და-



ნახ. 89. მანომეტრი.

სამაგრებლად), 2. 10 ცალი ვერცხლის ფირფიტა, 3. დამცველი სათვალეები, 4. რეზინის ხელთათმანები, 5. ძაბრი, 6. ტოლჩა, 7. მე-

* ვერცხლის ფირფიტის შეცვლა ღჭუშებელია, ამას შეიძლება ბალონის აფეთქებაც მოჰყვეს.

ტალური საწმენდი (ბალონის ყელის გასასუფთავებლად), 8. გასაღები, 9. ორი ხის ჯოხი (საჩხრეკი), ერთი მათგანი მეტალური წვერით და 10. რგოლი, რომელსაც ჩამოაცვამენ ბალონს. გადატანის დროს მისი ყელის დასაცავად.

კასრის გახსნის შემდეგ, სადაც მოთავსებულია მწვავე ნატრიუმი, აიღებენ რკინის მოგრძო სოლს და ჩაქუჩით დაუწყებენ მწვავე ნატრიუმს მცირე ნაქრებად ამოტეხას. ეს ოპერაცია უნდა ხდებოდეს სპეციალური დამცველი სათვალეების, ხელთათმანებისა და სპეციალური ტანსაცმლის გამოყენებით.

ყოველ შემთხვევისათვის სამუშაო ადგილას უნდა ინახებოდეს 2—3%-იანი მარილმჟავა ანდა ძმრის სუსტი ხსნარი. თუ მწვავე ნატრიუმი სხეულის რომელიმე ნაწილს მოხვდა, ის უნდა მოირეცხოს რომელიმე ამ სითხით.

მწვავე ნატრიუმი უნდა დამზადდეს 2,5 კგ რაოდენობით. ღია ჰერზე ეს ქიმიკატი იხსნება, ამიტომ საჭიროა მისი შენახვა დახურულ კურკელში; ამ მხრივ, გახსნილი კასრის შენახვა სიძნელეს წარმოადგენს, უკეთესია გამოვიყენოთ ცალკე კურკელი კონსერვის ყუთების მსგავსად. სუფთა წყალი უნდა მომზადდეს 6—7 ლ. ზამთარში საჭიროა მისი გათბობა 20—30°-მდე, რეაქციის ასაჩქარებლად. უფრო ცხელი ან მდულარე წყლის ჩასხმა აკრძალულია. ფეროსილიციუმის 1,25 კგ-თან ერთად მთელი ეს მასალა წარმოადგენს გაზგენერატორის ერთ დატვირთვას. რეაქციის შედეგად ბალონში გამოიყოფა წყალბადი 1,5—1,7 მ³ რაოდენობით, რომლის წნევა 75 ატმ აღწევს.

გაზგენერატორის ყოველი ახალი დატვირთვის წინ საჭიროა ჯერ მისი სრული გამოსუფთავება ნალექებისაგან. ამისათვის მოხსნიან ვენტილ-საცობს, შიგ ჩაასხამენ ცხელ წყალს და მეტალური წვერის მქონე ჯოხით (საჩხრეკით) შეეცდებიან მოაშორონ მიკრული ქერქი ძირამდე. ეს ოპერაცია საკმაოდ ძნელია, ამიტომ, თუ ქიმიკატების მარაგი დიდია, ცოტას ჩაყრიან შიგ რეაქტივისათვის საჭირო ნივთიერებებს, გამოიწვევენ რეაქციას და ცხელი წყლით ადვილად მოაცილიან მიკრულ ქერქს.

ზოგჯერ, გაწმენდის გაადვილების მიზნით. ბალონში ჩაყრიან ფეროსილიციუმს გორაკეებული რაოდენობით (2,5 კგ) და იმავე რაოდენობის მწვავე ნატრიუმს. რეაქციის დროს წყალბადი იმავე რაოდენობით გამოიყოფა, მხოლოდ დარჩენილი ნალექი ფეროსილიციუმის მეტ რაოდენობას შეიცავს და ისე აღარ ეკვრის ბალონის კედლებს, ცხელი წყლით ადვილად ირეცხება.

გაზგენერატორიდან წყალბადით ეტვირთავთ ბალონებს. უფრო ხელსაყრელია ბალონების გავსების ისეთი პროცესი, როცა ერთდრო-

ულად 3 ბალონი იტვირთება გამოხდილა წყალბადით. ამისათვის აიღებენ 3 ცარიელ ბალონს. გაზგენერატორს დატვირთავენ სრულად, დააციან ჯაცივებას და შემდეგ მეტალური შლანგით, რომელიც უძლებს 90 ატმ-მდე წნევას, შეუერთებენ ბალონს; ბალონში წნევა ავა 40 ატმ-მდე, შემდეგ დაკეტავენ ონკანს, მოხსნიან ბალონს და შეუერთებენ მეორე ბალონს. ამ ბალონში წნევა გახდება 20 ატმ. კიდევ დაკეტავენ ონკანს, მოხსნიან მეორეს და გაუკეთებენ უკვე მესამე ბალონს, ამაში კი წნევა მხოლოდ 10 ატმ ავა. თუ ამ ოპერაციას 2-ჯერ გაიმეორებენ, მაშინ სამივე ბალონში საბოლოოდ წყალბადის რაოდენობა დადგება 40 ატმ დონეზე.

ცხრილი 28

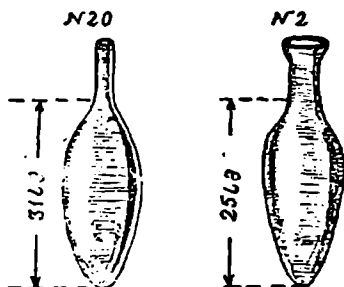
გარსების ზომები

გარსების №	გაუმტარი გარსის ღამეტრი (სმ)	გარსის წინა (გ)	მაქსიმალურად გაბერვის ნორმა		ბირთვ-პილო- ტის კერტიკა- ლური სიიქარის (წმ) საზღვრები	საზღვრითი და- მეტრი
			წრებაზის სიგრძე (სმ)	თავისუფალი ამწვევი ძალა (გ)		
10	10	10—15	140	35—40	130—140	50
20	20	30—40	150	100—230	200—220	100
30	30	75—90	280	300—350	230—240	150

§ 37. ბირთვ-პილოტის გარსები

ბირთვ-პილოტის გარსები უნდა იყოს: 1. ელასტიკური, 2. გაზის მცირედ მადიფუზირებელი, 3. სფერული ფორმისა და მსუბუქი. გარდა ამისა, ისანი დიდი ხნით დაუზიანებლად უნდა ინახებოდეს.

გარსების დამზადება ყველა აღნიშნული მოთხოვნის დაცვით ძალიან რთული აღმოჩნდა.



ნახ. 90. ბირთვ-პილოტის გარსები.

ყოველ გარსს აქვს წაგრძელებული ყელი, ანუ აპენდიქსი, საიდანაც ის ივსება წყალბადით; გარსები ზომით სხვადასხვაა, განსხვავდებიან ნომრებით. 90-ე ნახაზზე ნაჩვენებია გაუმტარი ორი გარსი.

ერთპუნქტიანი დაკვირვებებისათვის გამოყენება შემდეგი ზომის გარსები (იხ. ცხრილი 28).

დაკვირვების დაწყებამდე უნდა

შეირჩეს გარსის ზომა ქარისა და ღრუბლიანობის მიხედვით. № 10 ზომის გარსები იხმარება სუსტი ქარისა და დაბალი ღრუბლიანობის დროს. საშუალო სიმაღლის ღრუბლების დროს ძლიერ ქარში აიშვე-
ბა № 20 გარსები. № 30 გარსებით კი სარგებლობენ მოწმენდილ
ამინდში, როცა საჭიროა დიდი სიმაღლეების გამოკვლევა.

გარსების შენახვა: ა) გარსები ინახება ქარხნისავე ყუთებში, თალკ-
წყარელი შიგნიდან და გარედან;

ბ) მშრალ ადგილებში, სადაც სინოტივე 70%-ზე ნაკლებია, გარ-
სების შენახვა აკრძალულია;

გ) შენობაში, სადაც გარსები ინახება, ტემპერატურა არ უნდა
იყოს 15°-ზე მეტი ან 0°-ზე ნაკლები;

დ) გარსებთან ერთად არ უნდა ინახებოდეს ნავთი, ზეთი და სხვა,
რომელთა წაცხება აზიანებს მათ;

ე) გარსებთან ერთად ყუთში არ უნდა ჩაიდოს დამკაწრავი საგნე-
ბი და ფხვიერი მასალა;

ვ) დროთა განმავლობაში საჭიროა გარსების ამოღება და ახალ
მდგომარეობაში კვლავ ჩადება ყუთში, რომ არ დანაოკდეს.

დიდი ხნის შენახული გარსები ხმება, საჭიროა მათი ელასტიუ-
რობის აღდგენა. ამისათვის აპენდიქსებს მოაბამენ კანაფს და ჩაუშვე-
ბენ 5—10 წუთით წყალში, რომელსაც 70—95°C ტემპერატურა
აქვს.

უქანასკნელ პერიოდში მიღებულია გარსების ახალი ნუმერაცია;
შემოღებულია სულ 3 ნომერი (1, 2, 3). ეს გარსები მზადდება პლა-
კირებული მეთოდით, სისქე აქვთ 0,7 მმ, აპენდიქსების სიგრძე—
10—15 სმ და შიგა დიამეტრი კი—4 სმ.

ხშირად საჭიროა ვიციოდეთ, რამდენი ბირთვ-პილოტის აშვებისა-
თვის გვეყოფა ბალონში მოთავსებული წყალბადი. ამისათვის ვიყენებთ
ფორმულას

$$N = \frac{0,036p}{0,017 C^3} = 2,12 \frac{p}{C^3},$$

სადაც p არის წყალბადის წნევა ბალონში და C —გარსის დიდი წრეხაზის
სიგრძე ნორმალური გავსების დროს.

მაგალითი. № 2 გარსის ბირთვ-პილოტთა რიცხვი, რომელიც შეიძლება
გაივსოს ბალონიდან, რომლის $p=100$ ატ, არის

$$N = 2,12 \frac{100}{2,05^3} = 24.$$

ამოცანა 70. გაიკეთ წყალბადის საჭირო რაოდენობა ყოველდღიური და-
კვირეებისათვის 2 თვის განმავლობაში, თუ დღიურად ეუშვებთ № 2 გარსს
ორჯერ.

გარსების მინიმალური რიცხვი არის 120, მაგრამ გასკდომის გამო უნდა ვივა-
რაუდოთ 10% წუნი, ე. ი. სულ 132 გარსი, მაშინ საკირო წყალბადის რაოდენობა
ქნება

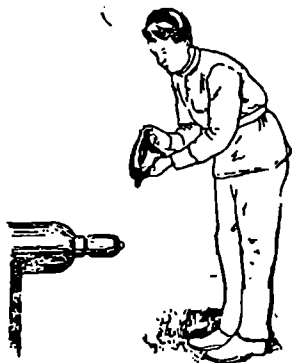
$$132 \cdot 0,017 \cdot 2,05^2 = 19,3^2,$$

ე. ი. საკიროა 4 საესე ბალონი; თუ გაზგენერატორი გვაქვს, მაშინ ამისათვის და-
გვირდება სულ 30 კგ მწვავე ნატრიუმი და 15 კგ ფეროსილიციუმი.

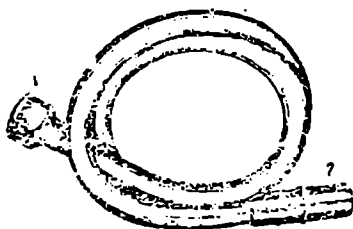
§ 87. გირთვ-პილოტების გავსება და გაზომვა

გარსების გავსებამდე ჯერ გამობერტყავენ თალქს (ნახ. 91) და
დაახვევენ აპენდიქსამდე ჰაერის გამოსადენად; აპენდიქსს ჩამოაცვამენ
შლანგზე (ნახ. 92), რომელიც შეერთებულია ბალონთან, ვიწროყე-
ლიანი გარსები თვითონ მაგრდებიან შლანგზე, განიერყელიანს კი
სკირდება ძაფის წაქერა.

გარსის გავსების წინ ბალონს მოხსნიან ჩახრახნილ ქუდს (ნახ. 93)
და გამოსასვლელ საცობს, შემდეგ შეუერთებენ მას შლანგს და ჩამო-
აცვამენ მეორე ბალონზე აპენდიქსს; თუ ბალონს აქვს ონკანი, რო-
მელიც გასაღებით ღიხსნება, აპენდიქსს
ამაგრებენ ონკანზე გარსის გავსების
დამთავრებამდე. გარსის გავსებისას გა-
საღების ფრთხილი მოტრიალებით ან



ნახ. 91. გარსის გამობერტყვა.



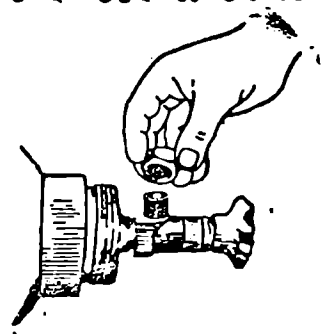
ნახ. 92. შლანგი.

ვენტილ-როზეტის შემწვობით გაზს ბალონიდან ნელა გამოუშვებენ;
სწრაფი მოტრიალებით შეიძლება გაზმა გაზეთქოს გარსი. თუ ბალონი
არ იხსნება ან ძალიან ძნელად იხსნება, ის უკანვე იგზავნება ქარხანა-
ში. თუ გარსი გავსების დროს არ ღებულობს სფერულ ფორმას, მი-
სი ხელით გასწორება არ შეიძლება, რადგან ამან შეიძლება აფეთქება
გამოიწვიოს. თუ გარსი აფეთქდა, ბალონი იმწამსვე უნდა დიაკეტოს.
ამის გამო მას გასაღები გარსის გავსების დამთავრებამდე ზედვე უნდა
ჰქონდეს.

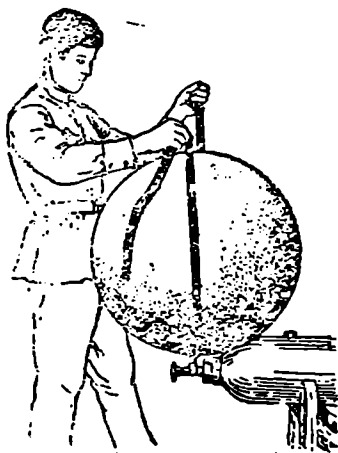
თუ გარსის გავსების დროს წყალბადი გამოდის, ბალონი იმწამსვე უნდა დავკეტოთ და რეზინს წებო წაუუსვათ ნაჩხვლეთ ადგილას. ამისათვის გამზადებული უნდა იქნეს წებოწასმული „საკერებლები“.

გავსების შემდეგ ონკანს კეტავენ, აპენდიქსს ძირშივე წაუჭერენ წვრილ ძაფს და გაზომავენ მისი დიდი წრეხაზის სიგრძეს ორმეტრია-ნი ლენტით, რომელიც დაყოფილია სანტიმეტრებოდ (ნახ. 94). წრე-

ხაზის სიგრძის გაზომვა ხდება 2—3 სხვადასხვა სიბრტყეში, შემდეგ აიღებენ მათს საშუალოს. გაზომვა ხდება 1 სმ სიზუსტით; თუ ბირთვ-პილოტს უშვებენ სტანდარტული ვერტიკალური სი-

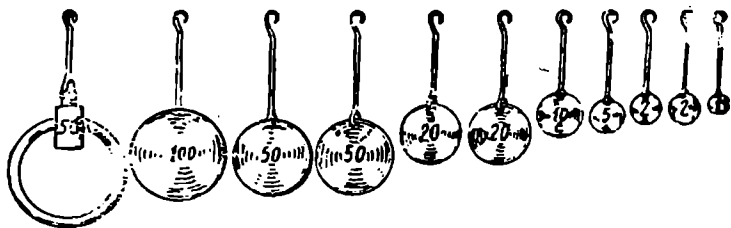


ნახ. 93. ქულის მოშვება.



ნახ. 94. დიდი წრეხაზის სიგრძის გაზომვა.

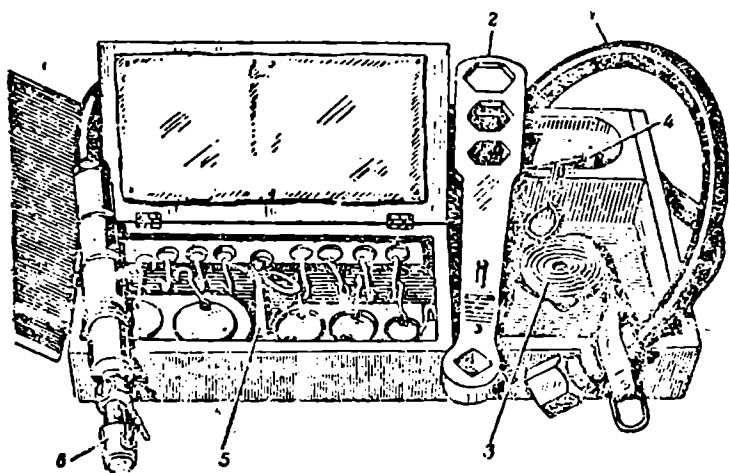
ჩქარით, მაშინ გავსების დროსვე შემოახვევენ ლენტს და უტდიან მომენტს, როდესაც გაბერილი გარსი შეივსება სასურველ დანაყოფამდე. გარსი უნდა იყოს აწონილი გავსებამდე. გავსების შემდეგ გარსს მო-



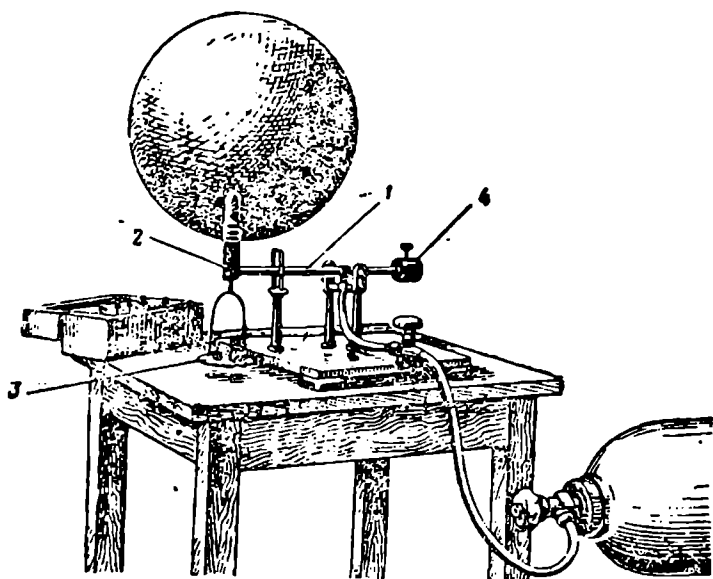
ნახ. 95. ჩანგლიანი საწონები.

ხსნიან შლანგიდან და ზომავენ მის თავისუფალ ამწევ ძალას გრამობით, ბალონს კი დავკეტავენ და ჩამოაცვამენ თავის ქულს.

თავისუფალი ამწევი ძალის გაზომვა ხდება აპენდიქსის ძაფზე.



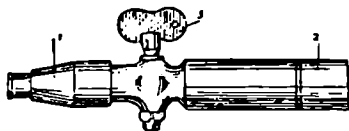
ნახ. 96. საკომპლექტო ყუთი.



ნახ. 97. ავტომატური სასწორი.

ტვირთის დაკიდების გზით. ტვირთი თავისი ჩანგლით (ნახ. 95) მოთავსებულია ბირთვ-პილოტებისათვის განკუთვნილ საკომპლექტო ყუთში (ნახ. 96). საწონებზე აღნიშნულია გრამების რიცხვი, რომელშიც ჩანგლების წონაც შედის. თავისუფალი ამწევი ძალის გაზომვა ხდება 1 ზ-ის სიზუსტით. დიდი წრეხაზის სიგრძის (C) და თავისუფალი ამწევი ძალის (A) სიდიდე ჩაიწერება წიგნაკში; მათი შემწეობით გამოითვლება ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე.

96-ე ნახაზზე ნაჩვენებია სრული კომპლექტი, რომლითაც დაკვირვების წერტი ადრევე უნდა იყოს მომარაგებული. თუ გარსების ავსება გათვალისწინებულია დანიშნულ თავისუფალ ამწევ ძალამდე, მაშინ მის ასავსებად იხმარება ავტომატური სასწორი (ნახ. 97).



ნახ. 98. ონკან-საწონი.

98-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ე. წ. ონკან-საწონი, რომელიც შედგება აპენდიქსის ჩამოსაცმელი მილისაგან (2) და წაწვეტებული პირისაგან (1) შლანგთან შესაერთებლად. ასეთი ონკან-საწონი იხმარება გარსების გასასვებად დანიშნულ ზომამდე.

გარსის დიდი წრეხაზის სიგრძის გაზომვისთანავე უნდა აითვალოს პერის ტემპერატურა (I) და ატმოსფერული წნევა (P).

ა მ ო ც ა ნ ე ბ ი

71. ბირთვ-პილოტს მობმული აქვს $l=30$ მ სიგრძის ძაფი, რომელიც შევეულად დაკიმულია დაკიდებული მცირე ტვირთით*. ავილოთ ანათვლები ერთი პუნქტიდან ბირთვის ცენტრისა და მობმული ტვირთის ვერტიკალური კუთხეებისა. გამოიყვანეთ ფორმულა ბირთვ-პილოტის სიმაღლისათვის (სიგრძე l მოცემულია).

პასუხი:

$$H = l \frac{\sin \Theta}{\sin \delta} \cos(\Theta - \delta),$$

სადაც Θ არის ბირთვის ცენტრის ვერტიკალური კუთხე, ხოლო δ კუთხე, რომლითაც მოჩანს დაკიდებული l სიგრძის ძაფი.

72. გამოითვალეთ H_δ და H_γ სიმაღლეები შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

$$1. \alpha = 52^\circ 48', \quad \beta = 39^\circ 54', \quad \delta = 68^\circ 54', \quad \gamma = 64^\circ 26'.$$

$$46^\circ 25', \quad 56^\circ 35', \quad 64^\circ 57', \quad 67^\circ 56';$$

* სინამდვილეში კანაფი გადაიხრება შევეული მდგომარეობიდან, მაგრამ ამოცანაში ეს გარემოება უგულებელყოფილია.

$$2. \alpha=111^{\circ}35'50'', \quad \beta=24^{\circ}08'50'', \quad \delta=70^{\circ}42'40'', \quad \gamma=51^{\circ}27'50''$$

$$101^{\circ}13'20'' \quad 35^{\circ}07'10'', \quad 65^{\circ}33'20'', \quad 52^{\circ}13'30'';$$

$$3. \alpha=18^{\circ}20'10'', \quad \beta=110^{\circ}24'40'', \quad 54^{\circ}12'30'', \quad 75^{\circ}23'50''.$$

$$28^{\circ}42'20'', \quad 101^{\circ}10'10'', \quad 55^{\circ}06'40'', \quad 71^{\circ}09'10'';$$

$$4. \alpha=21^{\circ}39'50'', \quad 113^{\circ}50'10'', \quad 51^{\circ}56'20'', \quad 72^{\circ}27'50'';$$

$$29^{\circ}27'30'', \quad 105^{\circ}39'30'', \quad 53^{\circ}20'50'', \quad 69^{\circ}11'30'';$$

$$5. \alpha=2^{\circ}36'30'', \quad \beta=173^{\circ}45'30'', \quad \delta=44^{\circ}10'50'', \quad \gamma=66^{\circ}42'30'',$$

$$2^{\circ}23'50'', \quad 171^{\circ}43'30'', \quad 45^{\circ}00'00'', \quad 65^{\circ}32'00'',$$

თუ ბაზის სიგრძე $b=1200$ მ.

$$6. \alpha=150^{\circ}00', \quad \beta=18^{\circ}00', \quad \delta=69^{\circ}04'0'', \quad \gamma=58^{\circ}37'0''.$$

$$140^{\circ}00', \quad 25^{\circ}30', \quad 68^{\circ}25',5, \quad 59^{\circ}36',8,$$

თუ ბაზის სიგრძე $b=1000$ მ.

$$7. \alpha=118^{\circ}36', \quad \beta=370^{\circ}12', \quad \delta=80^{\circ}17',8, \quad \gamma=75^{\circ}51',3,$$

$$108^{\circ}30', \quad 42^{\circ}12', \quad 78^{\circ}28',7 \quad 75^{\circ}14',5,$$

თუ ბაზის სიგრძე $b=600$ მ.

$$8. \alpha=170^{\circ}43'20'', \quad \beta=7^{\circ}49'50'', \quad \delta=42^{\circ}50'40'', \quad \gamma=38^{\circ}05'10'',$$

$$172^{\circ}10'40'', \quad 6^{\circ}42'20'', \quad 47^{\circ}19'50'' \quad 42^{\circ}36'30'',$$

თუ ბაზის სიგრძე $b=1000$ მ.

73. ააგეთ წინა 8 მაგალითის მიხედვით ბირთვ-პილოტის გადანაცვლების გზები I და მონახეთ სათანადო ინდექსები კვადრანტების მიხედვით.

74. მონახეთ სიმრუდის რადიუსები R ყველა წინა 8 მაგალითის მიხედვით.

75. ისარგებლეთ აღნიშნული 8 მაგალითის მიხედვით მოძებნილი H_B და H_C სიმაღლეებით და გამოთვალეთ (5.39) ფორმულის მიხედვით H_{1-2} სიმაღლეები.

76. მოცემულია:

$$l_1=25 \text{ წუთისათვის } \alpha_1=9^{\circ}16'40'', \quad \delta_1=42^{\circ}50'40'',$$

$$l_2=30 \text{ წუთისათვის } \alpha_2=7^{\circ}49'20'', \quad \delta_2=47^{\circ}19'50''$$

და ბირთვ-პილოტის გამოთვლითი ევრიკალური სიჩქარე $W=250$ მ/წთ.

გამოითვალეთ სიმაღლეები აღნიშნული მომენტებისათვის, თუ ბირთვ-პილოტს აღმოაჩნდა ნამდვილი სიჩქარე $W=180$ მ/წთ.

ისარგებლეთ Θ_A კუთხის ფორმულებით (6.08).

დაწაკთი

მხარეები

ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარის W-ს განსაზღვრა დიდი

C A	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
2	63	59	55	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	70	66	61	58	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	77	72	67	63	60	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.5	83	78	73	69	65	61	58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	89	83	78	73	69	65	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.5	—	88	83	78	73	69	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	93	87	82	78	74	70	63	58	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	102	95	90	85	80	76	69	63	59	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	110	103	97	92	87	82	75	68	63	59	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	110	103	98	93	88	80	73	68	63	59	—	—	—	—	—	—
9	—	—	117	110	104	99	93	85	78	72	67	62	58	—	—	—	—	—
10	—	—	123	116	109	104	98	89	82	76	70	66	61	58	—	—	—	—
15	—	—	—	142	134	127	121	110	100	93	86	80	75	71	67	63	60	—
20	—	—	—	—	155	146	139	126	116	107	99	93	87	82	77	73	70	66
25	—	—	—	—	173	164	156	141	130	120	111	104	97	91	86	82	78	74
30	—	—	—	—	189	179	170	155	142	131	122	114	106	100	95	90	85	81
35	—	—	—	—	—	—	184	167	153	142	131	123	115	108	102	97	92	88
40	—	—	—	—	—	—	197	178	164	151	141	131	123	116	109	104	98	94
45	—	—	—	—	—	—	207	190	174	160	149	139	130	123	116	110	104	99
50	—	—	—	—	—	—	220	200	183	169	157	147	137	129	122	116	110	105
55	—	—	—	—	—	—	231	210	192	177	165	154	144	136	128	121	115	110
60	—	—	—	—	—	—	—	—	201	185	172	161	151	142	134	127	120	115
65	—	—	—	—	—	—	—	—	209	193	179	167	157	147	139	132	125	119
70	—	—	—	—	—	—	—	—	217	200	186	174	163	153	145	137	130	124
75	—	—	—	—	—	—	—	—	224	207	192	180	168	158	150	142	135	128
80	—	—	—	—	—	—	—	—	232	214	199	185	174	164	155	146	139	132
85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	191	179	169	159	151	143	137
90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	197	184	174	164	155	148	140
95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	202	189	178	168	160	152	144
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	207	194	183	173	164	156	148
105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	212	199	187	177	168	159	152
110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	192	181	171	163	155
115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	196	185	176	167	159
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	189	179	170	162
125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	205	193	183	174	165
130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	209	197	186	177	169
135	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	201	190	181	172
140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	203	194	184	175
145	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	208	198	188	178
150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	213	202	192	182
155	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	216	206	196	186

წრებაზის C (სმ) და თავისუფალი ამწევი ძალის A (კ) მიხედვით

										C											
220	230	240	250	260	270	280	290	300		A		220	230	240	250	260	270	280	290	300	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	160		182	174	167	160	154	148	143	138	133	133	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	165		186	178	171	164	158	152	146	141	136	136	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	170		191	183	175	168	162	156	150	145	140	140	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	175		196	188	180	173	166	160	154	149	144	144	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	180		202	193	185	178	171	165	159	153	148	148	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	185		207	198	190	183	176	169	164	157	152	152	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	190		214	204	196	188	181	174	168	162	157	157	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	195		219	210	201	193	186	179	173	167	161	161	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	200		225	215	206	198	191	184	177	171	165	165	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	205		230	220	210	202	195	188	180	174	168	168	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	210		235	225	215	207	198	191	184	178	172	172	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	210		239	229	219	210	202	195	188	182	176	176	
63	60	58	—	—	—	—	—	—	220		244	233	224	215	206	199	192	185	176	176	
71	68	65	62	60	58	56	54	52	225		248	237	227	218	209	202	195	186	182	182	
77	74	71	63	66	63	61	59	57	230		251	240	230	221	212	204	197	190	184	184	
84	80	77	74	71	69	66	63	61	235	—	243	233	224	215	207	200	192	186	186	186	
89	86	82	79	76	73	70	68	66	240	—	246	235	227	218	210	202	195	189	189	189	
95	91	87	83	80	77	74	72	70	245	—	249	238	229	220	212	204	197	191	191	191	
100	95	92	88	85	81	78	76	73	250	—	251	241	231	222	214	206	199	193	193	193	
105	100	96	92	89	85	82	80	77	255	—	254	243	233	224	216	208	201	195	195	195	
110	105	100	96	93	89	86	83	80	260	—	—	246	235	227	218	210	203	197	197	197	
114	109	104	100	96	93	90	86	84	265	—	—	248	237	229	220	212	205	199	199	199	
118	113	108	104	100	96	93	90	87	270	—	—	250	240	231	222	214	207	200	200	200	
122	117	112	108	104	100	96	93	90	275	—	—	252	242	233	224	216	209	202	202	202	
126	121	116	111	107	103	99	96	93	280	—	—	254	245	235	226	218	211	204	204	204	
130	125	119	115	110	106	102	99	96	285	—	—	257	247	238	228	220	213	206	206	206	
134	128	123	118	113	109	105	102	98	290	—	—	259	249	240	231	222	215	207	207	207	
138	132	126	121	117	112	108	105	101	295	—	—	262	251	242	232	224	217	209	209	209	
141	135	130	124	120	115	111	107	104	300	—	—	261	253	244	234	225	219	211	211	211	
145	139	133	127	123	118	114	110	106	305	—	—	266	255	246	237	228	220	213	213	213	
149	142	135	130	125	121	116	112	109	310	—	—	—	—	—	249	233	230	222	215	215	
152	145	137	133	128	123	119	115	111	320	—	—	—	—	—	252	242	234	225	218	218	
155	148	142	135	131	126	122	117	114	330	—	—	—	—	—	255	246	237	229	221	221	
158	151	145	139	133	129	125	120	116	340	—	—	—	—	—	259	250	241	233	225	225	
161	154	148	142	135	131	127	122	118	350	—	—	—	—	—	263	253	244	235	228	228	
164	157	150	144	139	134	129	125	120	370	—	—	—	—	—	—	251	243	235	225	225	
167	160	153	147	141	135	131	127	123	390	—	—	—	—	—	—	253	245	237	227	227	
170	163	155	150	144	139	134	130	126	410	—	—	—	—	—	—	—	255	247	239	239	
174	166	160	153	147	142	137	132	128	430	—	—	—	—	—	—	—	261	252	241	241	
178	170	163	156	150	145	140	135	130	450	—	—	—	—	—	—	—	267	259	247	247	

შემასწორებელი γ N მაშრავლის მნიშვნელობანი

γ	800	790	780	770	760	750	740	730	720	710	700	690	680	670	660	650	640	630	620	610	600
-50	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89	0.90	0.91	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97
-45	0.86	0.87	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90	0.90	0.91	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98
-40	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90	0.90	0.91	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	1.00
-35	0.88	0.89	0.89	0.90	0.91	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02
-30	0.89	0.90	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03
-25	0.90	0.91	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.04
-20	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05
-15	0.92	0.92	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.07	1.07
-10	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08
-5	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09	1.09
0	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09	1.09
5	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10	1.10
10	0.96	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11
15	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.12
20	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.13
25	0.98	0.99	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14
30	0.99	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.15
35	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.17
40	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.18
45	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19
50	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.20

ცხრილი III

$W = W_{TV} \sqrt{N}$ ვერტიკალურ სიჩქარეთა გამოსათვლელი ცხრილი

$\frac{V}{W_T} \sqrt{N}$	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20
70	63	64	66	67	69	70	71	73	74	76	77	78	80	81	83	84
72	65	66	68	69	71	72	73	75	76	78	79	81	82	84	85	86
74	67	68	70	71	73	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87	89
76	68	70	71	73	74	76	78	79	81	82	84	85	87	88	90	91
78	70	72	73	75	76	78	80	81	83	84	86	87	89	90	92	94
80	72	74	75	77	78	80	89	83	85	86	88	90	91	93	94	95
82	74	75	77	79	80	82	84	85	87	89	90	92	93	95	97	98
84	76	77	79	81	82	84	86	87	89	91	92	94	96	97	99	101
86	77	79	81	83	84	86	88	89	91	93	95	96	98	100	101	103
88	79	81	83	84	86	88	90	91	93	95	97	99	100	102	104	106
90	81	83	85	86	88	90	92	94	95	97	99	101	103	104	106	108
92	83	85	86	88	90	92	94	95	98	99	101	103	105	107	109	110
94	85	85	88	90	92	94	96	98	100	102	103	105	107	109	111	113
96	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	109	111	113	115
98	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118
100	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120
102	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122
104	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	119	121	123	125
106	95	98	100	102	104	106	108	110	112	114	117	119	121	123	125	127
108	97	99	102	104	106	108	110	112	114	117	119	121	123	125	127	130
110	99	101	103	106	108	110	112	114	117	119	121	123	125	128	130	132
112	101	103	105	108	110	112	114	116	119	121	123	125	128	130	132	134
114	103	105	107	109	112	114	116	119	121	123	125	128	130	132	135	137
116	104	107	109	111	114	116	118	121	123	125	128	130	132	135	137	139
118	106	109	111	113	116	118	120	123	125	127	130	132	135	137	139	142
120	108	110	113	115	118	120	122	125	127	130	132	134	137	139	142	144
122	110	112	115	118	120	122	124	127	129	132	134	137	139	142	144	146
124	112	114	117	119	122	124	126	129	131	134	136	139	141	144	146	149
126	113	116	118	121	123	126	129	131	134	136	139	141	144	146	149	151
128	115	118	120	123	125	128	131	133	136	138	141	143	146	148	151	154
130	117	120	122	125	127	130	133	135	138	140	143	146	148	151	153	156
132	119	121	124	127	129	132	135	137	140	143	145	148	150	153	156	158
134	121	123	126	129	131	134	137	139	142	145	147	150	153	155	158	161
136	122	125	128	131	133	136	139	141	144	147	150	152	155	158	160	163
138	124	127	130	132	135	138	141	144	146	149	152	155	157	160	163	166
140	126	129	132	134	137	140	143	146	148	151	154	157	160	162	165	168
142	128	131	133	136	139	142	145	148	151	153	156	159	162	165	168	170
144	130	132	135	138	141	144	147	150	153	156	158	161	164	167	170	173
146	131	134	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	166	169	172	175
148	133	136	139	142	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178
150	135	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180
152	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182
154	139	142	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	176	179	182	185
156	140	144	147	150	153	156	159	162	165	168	172	175	178	181	184	187
158	142	145	149	152	155	158	161	164	167	171	174	177	180	183	186	190

$\frac{V\bar{N}}{W_T}$	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20
160	144	147	150	153	157	160	163	166	170	173	176	179	182	186	189	192
162	146	149	152	156	159	162	165	168	172	175	178	181	185	188	191	194
164	148	151	154	157	161	164	167	171	174	177	180	184	187	190	194	197
166	149	153	156	159	163	165	169	173	176	179	183	186	189	193	195	199
168	151	155	158	161	165	168	171	175	178	181	185	188	192	195	198	202
170	153	156	160	163	167	170	173	177	180	184	187	190	194	197	201	204
172	155	158	162	165	169	172	175	179	182	185	189	193	196	200	203	206
174	157	160	164	167	171	174	177	181	184	188	191	195	198	202	205	209
176	158	162	165	169	172	176	180	183	187	190	194	197	201	204	208	211
178	160	164	167	171	174	178	182	185	189	192	196	199	203	206	210	214
180	162	166	169	173	176	180	184	187	191	194	198	202	205	209	212	216
182	164	167	171	175	178	182	186	189	193	197	200	204	207	211	215	218
184	166	169	173	177	180	184	188	191	195	199	202	206	210	213	217	221
186	167	171	175	179	182	186	190	193	197	201	205	208	212	216	219	223
188	169	173	177	180	184	188	192	195	199	203	207	211	214	218	222	226
190	171	175	179	182	186	190	194	198	201	205	209	213	217	220	224	228
192	173	177	180	184	188	192	196	200	204	207	211	215	219	223	227	230
194	175	178	182	185	189	194	198	202	205	210	213	217	221	225	229	233
196	176	180	184	188	191	195	200	204	208	212	216	220	223	227	231	235
198	178	182	186	190	194	198	202	206	210	214	218	222	225	230	234	238
200	180	184	188	192	195	200	204	208	212	216	220	224	228	232	235	240
202	182	186	190	194	198	202	206	210	214	218	222	226	230	234	238	242
204	184	188	192	196	200	204	208	212	216	220	224	228	233	237	241	245
206	185	190	194	198	202	206	210	214	218	222	226	231	235	239	243	247
208	187	191	196	200	204	208	212	216	220	225	229	233	237	241	245	250
210	189	193	197	202	205	210	214	218	223	227	231	235	239	244	248	252
212	191	195	199	204	208	212	216	220	225	229	233	237	242	246	250	254
214	193	197	201	205	210	214	218	223	227	231	235	240	244	248	253	257
216	194	199	203	207	212	216	221	225	229	233	238	242	246	251	255	259
218	196	201	205	209	214	218	222	227	231	235	240	244	249	253	257	262
220	198	202	207	211	216	220	224	229	233	238	242	246	251	255	259	264
222	200	204	209	213	218	222	226	231	235	240	244	249	253	258	262	266
224	202	206	211	215	220	224	228	233	237	242	246	251	255	260	264	269
226	203	208	212	217	221	225	231	235	240	244	249	253	258	262	267	271
228	205	210	214	219	223	228	233	237	242	246	251	255	260	264	269	274
230	207	212	216	221	225	230	235	239	244	248	253	258	262	267	271	276
232	209	213	218	223	227	232	237	241	246	251	255	260	264	269	273	278
234	211	215	220	225	229	234	239	243	248	253	257	262	266	271	275	280
236	212	217	222	227	231	236	241	245	251	255	260	264	269	273	278	283
238	214	219	224	228	233	238	243	248	253	257	262	267	271	276	281	286
240	216	221	226	231	235	240	245	250	255	259	264	269	273	278	283	288
242	218	223	227	232	237	242	247	252	257	261	266	271	276	281	286	290
244	220	224	229	234	239	244	249	254	259	264	268	273	278	283	288	293
246	221	226	231	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295
248	223	228	233	238	243	248	253	258	263	268	273	278	283	288	293	298

$\frac{q}{A}$	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
5	89	86	83	81	79	76	74	71																						
6	94	91	88	86	84	82	80	76																						
7	98	95	93	90	88	86	85	81	78																					
8	102	100	97	94	92	90	89	86	83	80																				
9	106	103	100	98	96	94	92	90	87	83																				
10	109	106	103	101	99	97	96	93	90	88	86																			
12	113	111	109	107	105	103	102	99	96	94	92	90	86																	
14	118	116	114	112	110	108	107	104	102	99	97	95	91	87																
16	121	119	118	116	115	113	111	108	106	104	102	100	96	92	91															
18	124	122	121	119	118	117	115	112	110	108	106	104	100	96	93	90														
20	127	126	124	122	121	119	118	115	113	111	110	108	104	100	97	94	92	90												
25	132	130	129	128	126	125	123	121	119	117	116	112	108	105	102	100	98	96												
30	138	136	135	134	133	131	129	127	125	123	122	118	115	112	109	107	105	103	101											
35	141	140	139	138	137	135	133	131	129	128	124	121	118	116	114	111	109	107	105											
40	145	144	143	142	141	139	138	136	134	133	129	126	123	120	118	116	114	113	111	109										
45	148	147	146	145	143	141	140	138	137	133	130	127	124	122	120	118	117	115	113											
50	151	150	150	149	147	145	144	142	141	138	135	132	129	127	125	123	121	119	117	116	115									
55	154	153	152	151	150	148	147	146	145	142	139	136	133	131	129	127	125	123	121	120	119									
60	157	156	155	154	153	151	150	149	148	145	142	139	137	135	133	130	129	127	125	123	122									
65																														
70																														
75																														
80																														
85																														
90																														

$\frac{q}{\lambda}$	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	
95												165	163	161	159	157	155	153	151	148	146	145	143	142							
100												167	165	163	161	159	157	155	153	152	149	146	145	143							
105												168	166	164	162	161	159	157	156	154	152	150	148	146							
110												170	168	166	164	162	160	159	158	157	155	153	151	150							
115												168	166	164	162	160	159	158	156	155	153	152									
120												170	168	167	165	163	161	160	159	158	156	154									
125												171	169	168	166	164	163	162	160	159	157	156									
130												172	171	169	168	167	165	164	163	161	159	158									
135												173	172	171	169	168	166	165	164	162	161	160									
140												174	173	172	170	169	167	166	165	163	162	161									
145																173	171	170	169	167	166	165	164	163	161	160					
150																175	173	172	171	169	168	166	165	164	163	162	161	160			
155																177	175	174	173	171	170	168	167	166	165	164	163	162			
160																180	178	177	176	174	172	171	170	169	168	167	166	165			
165																183	181	180	179	177	176	175	174	172	171	170	169	167			
170																187	185	184	183	181	180	179	178	176	175	174	173	172			
175																190	188	187	186	184	183	182	181	179	178	177	176	175			
180																194	192	191	190	188	187	185	184	193	192	181	180	179			
185																198	196	195	194	192	191	190	188	187	186	185	184	183			
190																202	201	200	198	197	196	195	193	192	191	190	189	188			
195																205	204	203	202	201	199	198	196	195	194	193	192	191			
200																209	207	206	205	204	203	202	201	200	199	197	196	195	194	193	
205																210	209	208	207	206	205	204	203	202	201	200	199	198	197		
210																213	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201	200	199	198	197
215																215	214	213	212	211	209	208	207	206	205	204	203	202	201	200	199

$\frac{q}{A}$	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
220																	218	217	215	214	213	211	210	208	207	206	205	204	203	
230																	223	221	220	218	217	216	215	214	213	211	210	209	208	207
240																	227	226	225	223	222	220	219	218	217	216	215	214	213	212
250																	229	228	227	225	224	222	221	220	219	218	217	216	215	214
260																	231	230	229	228	227	225	224	223	222	221	220	219	218	217
270																	232	231	230	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219
280																	234	233	232	231	230	229	228	227	226	225	224	223	222	221
290																	236	235	234	233	232	231	230	229	228	227	226	225	224	223
300																	238	237	236	235	234	233	232	231	230	229	228	227	226	225
310																	240	239	238	237	236	235	234	233	232	231	230	229	228	227

ცხრილი V

n და $\frac{1}{n}$ მნიშვნელობანი, გამოთვლილი ტექნიკური წყალბადის სიმკვრივის მიხედვით

$\gamma_0, 760$	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
$\rho_0, 760$	1183	1173	1163	1153	1143	1133	1123	1113	1103	1093	1083	1073	1063	1053	1043
n	1,006	1,008	1,000	0,991	0,982	0,974	0,066	0,957	0,949	0,940	0,931	0,922	0,914	0,906	0,898
$\frac{1}{n}$	1,006	1,000	1,000	0,997	0,994	0,991	0,998	0,985	0,983	0,980	0,976	0,973	0,970	0,968	0,965

ცხრილი VI

$\frac{1}{N}$ მაშვალის მნიშვნელობათა ცხრილი

$\frac{1}{N}$	—50°	—40°	—30°	—20°	—10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°
800	0,947	0,952	0,957	0,963	0,972	0,980	0,986	0,992	0,997	1,003	1,008
780	0,951	0,957	0,971	0,974	0,978	0,984	0,990	0,996	1,001	1,007	1,012
760	0,955	0,962	0,969	0,976	0,982	0,988	0,994	1,000	1,006	1,011	1,016
740	0,960	0,967	0,974	0,981	0,987	0,993	0,999	1,004	1,010	1,016	1,021
720	0,964	0,971	0,978	0,984	0,990	0,997	1,002	1,009	1,015	1,021	1,024
700	0,969	0,976	0,981	0,985	0,994	1,000	1,008	1,014	1,020	1,024	1,026

$\sqrt{n} \sqrt{N}$ მაშრა ავლის მნიშვნელობანი

	0,940	0,945	0,950	0,955	0,960	0,965	0,970	0,975	0,980	0,985	0,990
0,940	0,884	0,888	0,893	0,898	0,902	0,907	0,912	0,917	0,921	0,926	0,931
0,945	0,888	0,893	0,898	0,902	0,907	0,912	0,917	0,921	0,926	0,931	0,936
0,950	0,893	0,898	0,903	0,907	0,912	0,917	0,921	0,926	0,931	0,936	0,941
0,955	0,898	0,902	0,907	0,912	0,917	0,922	0,926	0,931	0,936	0,941	0,946
0,960	0,902	0,907	0,912	0,917	0,922	0,926	0,931	0,936	0,941	0,946	0,950
0,965	0,907	0,912	0,917	0,922	0,926	0,931	0,936	0,941	0,946	0,950	0,955
0,970	0,912	0,917	0,922	0,926	0,931	0,936	0,941	0,945	0,950	0,955	0,960
0,975	0,917	0,921	0,926	0,931	0,936	0,941	0,945	0,950	0,955	0,960	0,965
0,980	0,921	0,926	0,931	0,936	0,941	0,945	0,950	0,955	0,960	0,965	0,969
0,985	0,926	0,931	0,936	0,941	0,945	0,950	0,955	0,960	0,965	0,969	0,974
0,990	0,931	0,936	0,941	0,945	0,950	0,955	0,960	0,965	0,969	0,974	0,979
0,995	0,935	0,940	0,945	0,950	0,955	0,960	0,965	0,969	0,974	0,979	0,985
1,000	0,940	0,945	0,950	0,955	0,960	0,965	0,970	0,975	0,980	0,985	0,990
1,005	0,945	0,949	0,955	0,960	0,965	0,970	0,975	0,980	0,985	0,990	0,995
1,010	0,949	0,954	0,960	0,965	0,970	0,975	0,980	0,985	0,990	0,995	1,000
1,015	0,954	0,960	0,965	0,970	0,975	0,980	0,985	0,990	0,995	1,000	1,005
1,020	0,959	0,965	0,970	0,975	0,980	0,985	0,990	0,995	0,999	1,004	1,010
1,025	0,965	0,970	0,974	0,979	0,985	0,989	0,995	0,999	1,004	1,009	1,015
1,030	0,968	0,975	0,979	0,984	0,989	0,994	0,999	1,004	1,009	1,015	1,020
1,035	0,973	0,978	0,983	0,988	0,994	0,999	1,004	1,009	1,015	1,020	1,024
1,040	0,978	0,983	0,988	0,993	0,998	1,004	1,009	1,014	1,019	1,024	1,030
1,045	0,983	0,988	0,993	0,998	1,004	1,009	1,014	1,019	1,024	1,029	1,035
1,050	0,987	0,992	0,998	1,003	1,008	1,013	1,019	1,024	1,029	1,034	1,040
1,055	0,992	0,997	1,002	1,008	1,012	1,018	1,024	1,029	1,034	1,040	1,045
1,060	0,996	1,001	1,007	1,012	1,018	1,023	1,028	1,034	1,039	1,044	1,049
	0,940	0,945	0,950	0,955	0,960	0,965	0,970	0,975	0,980	0,985	0,990

0,995	1,000	1,005	1,010	1,015	1,020	1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060
0,935	0,940	0,945	0,949	0,954	0,959	0,954	0,968	0,973	0,978	0,983	0,987	0,992	0,996
0,940	0,945	0,949	0,954	0,959	0,964	0,969	0,973	0,978	0,983	0,988	0,992	0,997	1,002
0,945	0,950	0,955	0,960	0,965	0,969	0,974	0,979	0,984	0,989	0,993	0,998	1,003	1,007
0,950	0,955	0,960	0,965	0,969	0,974	0,979	0,984	0,988	0,993	0,998	1,003	1,007	1,012
0,955	0,960	0,965	0,969	0,974	0,979	0,984	0,988	0,993	0,998	1,003	1,007	1,012	1,017
0,960	0,965	0,969	0,974	0,979	0,984	0,988	0,993	0,998	1,004	1,007	1,013	1,018	1,022
0,965	0,969	0,974	0,979	0,984	0,988	0,993	0,998	1,004	1,008	1,013	1,018	1,023	1,029
0,969	0,974	0,979	0,984	0,988	0,993	0,998	1,004	1,009	1,014	1,019	1,024	1,029	1,034
0,974	0,979	0,984	0,988	0,993	0,998	1,004	1,009	1,014	1,019	1,024	1,029	1,034	1,039
0,979	0,984	0,988	0,993	0,999	1,004	1,009	1,014	1,019	1,024	1,029	1,034	1,039	1,044
0,984	0,988	0,993	0,999	1,004	1,009	1,014	1,019	1,024	1,029	1,034	1,039	1,044	1,049
0,989	0,995	0,999	1,005	1,010	1,015	1,020	1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055
0,995	1,000	1,005	1,010	1,015	1,020	1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060
1,000	1,005	1,010	1,015	1,020	1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060	1,065
1,005	1,010	1,015	1,020	1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060	1,065	1,070
1,010	1,015	1,020	1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060	1,065	1,070	1,075
1,015	1,020	1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060	1,065	1,070	1,075	1,080
1,020	1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060	1,065	1,070	1,075	1,080	1,085
1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060	1,065	1,070	1,075	1,080	1,085	1,090
1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060	1,065	1,070	1,075	1,080	1,085	1,090	1,095
1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060	1,065	1,070	1,075	1,080	1,085	1,090	1,095	1,100
1,040	1,045	1,050	1,055	1,060	1,065	1,070	1,075	1,080	1,085	1,090	1,095	1,100	1,105
1,045	1,050	1,055	1,060	1,065	1,070	1,075	1,080	1,085	1,090	1,095	1,100	1,105	1,110
1,050	1,055	1,060	1,065	1,070	1,075	1,080	1,085	1,090	1,095	1,100	1,105	1,110	1,115
1,055	1,060	1,065	1,070	1,075	1,080	1,085	1,090	1,095	1,100	1,105	1,110	1,115	1,120

0,995 1,000 1,005 1,010 1,015 1,020 1,025 1,030 1,035 1,040 1,045 1,050 1,055 1,060

p	h	p	h	p	h	p	h	p	h	p	h	p	h	p	h
800	—411	750	106	700	659	650	1251	600	1896	550	2594	500	3359	450	4205
799	—401	749	117	699	671	649	1266	599	1909	549	2609	499	3375	449	4222
798	—391	744	128	698	682	648	1279	598	1923	548	2623	498	3391	448	4240
797	—391	747	138	697	694	647	1291	597	1936	547	2636	497	3407	447	4258
796	—371	746	149	696	705	646	1303	596	1950	546	2653	496	3423	446	4276
795	—351	745	160	695	717	645	1316	595	1963	545	2667	495	3440	445	4294
794	—351	744	171	694	729	644	1328	594	1977	544	2682	494	3456	444	4312
793	—341	743	181	693	740	643	1341	593	1990	543	2697	493	3472	443	4330
792	—331	742	192	692	752	642	1353	592	2004	542	2711	492	3488	442	4349
791	—320	741	203	691	763	641	1365	591	2017	541	2723	491	3505	441	4367
790	—310	740	214	690	775	640	1378	590	2031	540	2741	490	3521	440	4385
789	—300	739	225	689	787	639	1391	589	2044	539	2756	489	3537	439	4403
788	—290	739	236	688	798	638	1403	588	2058	538	2771	488	3554	438	4422
787	—250	737	246	687	810	637	1416	587	2072	537	2786	487	3570	437	4440
786	—269	736	257	686	821	636	1428	586	2085	536	2801	486	3587	436	4458
785	—259	735	268	685	833	635	1441	585	2099	535	2816	485	3603	435	4477
784	—249	734	279	684	845	634	1454	584	2113	534	2831	484	3620	434	4495
783	—239	733	290	683	857	633	1466	583	2126	533	2846	483	3636	433	4514
782	—229	732	301	682	868	632	1479	582	2140	532	2861	482	3653	432	4532
781	—218	731	311	681	880	631	1492	581	2154	531	2876	481	3670	431	4551
780	—208	731	323	680	892	630	1504	580	2168	530	2891	480	3687	430	4570
779	—198	729	334	679	904	629	1517	579	2182	529	2906	479	3703	429	4588
778	—188	728	345	678	916	628	153	578	2196	528	2922	478	3720	428	4607
777	—177	727	356	677	927	627	1543	577	2209	527	2937	477	3737	427	4626
776	—167	726	367	676	939	626	1556	576	2223	526	2952	476	3754	426	4645
775	—157	725	378	675	951	625	1568	575	2237	525	2967	475	3771	425	4663
774	—146	724	389	674	963	624	1581	574	2251	524	2983	474	3787	424	4682
773	—136	723	400	673	975	623	1594	573	2265	523	2998	473	3804	423	4701
772	—126	722	411	672	987	622	1607	572	2279	522	3013	472	3821	422	4720
771	—115	721	422	671	999	621	162	571	2293	521	3029	471	3838	421	4739
770	—105	721	434	670	1011	620	1533	570	2307	520	3044	470	3855	420	4759
769	—94	719	445	669	1023	619	1646	569	2321	519	3060	469	3873	419	4778
768	—84	718	456	668	1035	618	1659	568	2335	518	3075	468	3890	418	4797
767	—73	717	467	667	1047	617	1672	567	2350	517	3091	467	3907	417	4816
766	—63	716	478	666	1059	616	1685	566	2364	516	3106	466	3924	416	4835
765	—53	715	489	665	1071	615	1698	565	2378	515	3122	465	3941	415	4855
764	—42	714	501	664	1083	614	1711	564	2392	514	3137	464	3959	414	4874
763	—32	713	511	663	1095	613	1724	563	2407	513	3153	463	3976	413	4893
762	—21	712	523	662	1107	612	1737	562	2421	512	3169	462	3993	412	4913
761	—11	711	534	661	1119	611	1750	561	2435	511	3184	461	4011	411	4932
760	0	710	545	660	1131	610	1763	560	2449	510	3200	460	4028	410	4952
759	11	709	557	659	1144	609	1776	559	2464	509	3216	459	4046	409	4970
758	21	708	568	658	1156	608	1790	558	2478	508	3231	458	4063	408	4991
757	32	707	580	657	1168	607	1803	557	2493	507	3247	457	4081	407	5011
756	42	706	591	656	1180	606	1816	556	2507	506	3263	456	4098	406	5031
755	53	705	602	655	1192	605	1829	555	2521	505	3279	455	4116	405	5051
754	64	704	614	654	1205	604	1843	554	2536	504	3295	454	4134	404	5070
753	74	703	625	653	1217	603	1856	553	2550	503	3311	453	4151	403	5090
752	85	702	637	652	1229	602	1869	552	2565	502	3327	452	4169	402	5110
751	96	701	648	651	1242	601	1883	551	2579	501	3346	451	4187	401	5130

ბირთვ-პილოტის დიდი წრებაზის სიგრძე (C) ვერტიკალური სიჩქარის
 $W = 200$ მ/წთ მისაღებად გარსის წონის (q) და ჰაერისა და წყალბადის
 სიმკვრივისაგან დამოკიდებულებით

n	$\sqrt{N}$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1,02	1,10	231	234	237	240	242	244	247	249	251	254	256	258	260
	1,05	226	228	231	233	236	238	241	243	245	247	249	251	253
	1,00	220	222	235	227	230	232	234	236	238	240	242	244	246
	0,95	214	216	219	221	223	225	228	230	232	233	235	237	239
	0,90	209	210	213	215	217	218	221	223	225	226	228	230	232
	0,85	202	204	206	208	210	212	214	216	218	219	221	223	225
	0,80	195	197	199	201	203	205	207	209	211	213	215	217	219
1,00	1,10	233	236	239	242	244	247	249	252	254	256	258	260	
	1,05	228	231	233	236	238	240	242	245	247	250	252	254	
	1,00	222	225	227	229	232	234	236	238	241	243	245	247	
	0,95	216	219	221	223	226	228	230	232	234	236	238	239	
	0,90	210	213	215	217	219	221	223	225	227	228	230	232	
	0,85	204	206	208	210	212	214	216	218	220	222	224	226	
	0,80	197	199	201	204	206	208	210	212	214	216	218	220	
0,98	1,10	235	238	241	244	247	249	251	254	256	258	260	263	265
	1,05	230	233	235	238	240	243	245	247	249	251	254	256	
	1,00	224	227	229	232	234	236	238	240	242	245	247	249	
	0,95	218	221	223	225	227	229	232	234	236	238	239	241	243
	0,90	212	214	217	219	221	223	225	227	229	231	232	234	236
	0,85	205	208	210	212	214	216	218	220	222	224	226	227	
	0,80	199	201	203	205	207	209	212	213	215	218	220		
0,96	1,10	238	241	243	246	249	251	254	265	258	262	263	265	
	1,05	233	235	238	240	242	245	247	249	251	254	256	258	260
	1,00	226	229	231	234	236	238	241	243	245	247	249	251	253
	0,95	220	223	225	227	230	232	234	236	238	240	242	244	245
	0,90	214	216	219	221	223	225	227	229	231	233	235	237	239
	0,85	208	210	212	214	216	218	220	222	224	226	228	231	233
	0,80	201	203	205	207	210	212	214	216	218	221	223		
0,94	1,10	240	243	246	249	251	254	256	258	261	263	265	268	270
	1,05	234	237	240	242	245	247	249	252	254	256	258	260	262
	1,00	228	231	234	236	238	241	243	245	247	249	251	253	255
	0,95	222	225	227	230	232	234	236	238	240	241	243	245	246
	0,90	216	219	221	223	225	227	229	231	233	235	237	239	241
	0,85	210	212	214	216	218	220	222	225	227	229	231	233	
	0,80	203	205	207	209	212	214	216	219	221				

ა და ბ პორიზონტალურ კუთხეთა სიდიდის მიხედვით ბირთვ-პილოტების
სიმაღლეთა განსაზღვრის ფარდობითი ცდომილებანი, როცა თეოდოლიტი
ათვლება 0°, 1-ის სიზუსტით

ა ან ბ			ა ან ბ			ა ან ბ		
%			%			%		
1°	179°	9,97	31°	149°	0,29	61°	119°	0,10
2	178	4,98	32	148	0,28	62	118	0,09
3	177	3,32	33	147	0,27	63	117	0,09
4	176	2,49	34	146	0,26	64	116	0,08
5	175	1,99	35	145	0,25	65	115	0,08
6	174	1,66	36	144	0,24	66	114	0,08
7	173	1,42	37	143	0,23	67	113	0,07
8	172	1,24	38	142	0,22	68	112	0,07
9	171	1,10	39	141	0,21	69	111	0,07
10	170	0,99	40	140	0,21	70	110	0,06
11	169	0,90	41	139	0,20	71	109	0,06
12	168	0,82	42	138	0,19	72	108	0,06
13	167	0,75	43	137	0,19	73	107	0,05
14	166	0,70	44	136	0,18	74	106	0,05
15	165	0,65	45	135	0,17	75	105	0,05
16	164	0,61	46	134	0,17	76	104	0,04
17	163	0,57	47	133	0,16	77	103	0,04
18	162	0,54	48	132	0,16	78	102	0,04
19	161	0,51	49	131	0,15	79	101	0,03
20	160	0,48	50	130	0,15	80	100	0,03
21	159	0,45	51	129	0,14	81	99	0,03
22	158	0,43	52	128	0,14	82	98	0,02
23	157	0,41	53	127	0,13	83	97	0,02
24	156	0,39	54	126	0,13	84	96	0,02
25	155	0,37	55	125	0,12	85	95	0,02
26	154	0,36	56	124	0,12	86	94	0,01
27	153	0,34	57	123	0,11	87	93	0,01
28	152	0,33	58	122	0,11	88	92	0,01
29	151	0,31	59	121	0,10	89	91	0,00
30	150	0,30	60	120	0,10	90	90	0,00

ბ და γ ვერტიკალურ კუთხეთა სიდიდის მიხედვით ბირთვ-პილოტების
სიმაღლეთა განსაზღვრის ფარდობითი ცდომილებანი, როცა თეოდოლიტი
ათვლება 0°, 1-ის სიზუსტით ზღედა

ბ ან γ %			ბ ან γ %			ბ ან γ %		
89°	1°	9,94	74°	16°	0,66	59°	31°	0,40
88	2	4,97	73	17	0,62	58	32	0,39
87	3	3,31	72	18	0,58	57	33	0,38
86	4	2,50	71	19	0,56	56	34	0,37
85	5	2,00	70	20	0,54	55	35	0,37

ბ ა ნ ო %			ბ ა ნ ო %			ბ ა ნ ო %		
84	6	1,67	69	21	0,52	54	36	0,37
83	7	1,44	68	22	0,50	53	47	0,36
82	8	1,33	67	23	0,48	52	38	0,36
81	9	1,13	66	24	0,47	51	39	0,36
80	10	1,02	65	25	0,45	50	40	0,35
79	11	0,93	64	26	0,44	49	41	0,35
78	12	0,86	63	27	0,43	48	42	0,35
77	13	0,79	62	28	0,42	47	43	0,35
76	14	0,74	61	29	0,41	46	44	0,35
75	15	0,70	60	30	0,40	45	45	0,35

ტ ბ რ ი ლ ი XII

α-β და δ' ± γ' სხვაობათა შიხედვით ბირთვ-პილოტების სიმაღლეთა განსაზღვრის ფარდობითი ცდომილებანი, როცა თეოდოლიტი 0°,1-ის სიზუსტით აითვლება

(α-β) ან (δ' ± γ')		%	(α-β) ან (δ' ± γ')		%	(α-β) ან (δ' ± γ')		%
1°	179°	19,94	31°	149°	0,58	61°	119°	0,19
2	178	9,97	32	148	0,56	62	118	0,19
3	177	6,64	33	147	0,54	63	117	0,18
4	176	4,98	34	146	0,52	64	116	0,17
5	175	3,98	35	145	0,50	65	115	0,16
6	174	3,31	36	144	0,48	66	114	0,15
7	173	2,83	37	143	0,46	67	113	0,15
8	172	2,48	38	142	0,44	68	112	0,14
9	171	2,20	39	141	0,43	69	111	0,13
10°	170°	1,97	40°	140°	0,41	70°	110°	0,13
11	169	1,79	41	139	0,40	71	109	0,12
12	168	1,64	42	138	0,39	72	108	0,11
13	167	1,51	43	137	0,37	73	107	0,11
14	166	1,40	44	136	0,36	74	106	0,10
15	165	1,30	45	135	0,35	75	105	0,09
16	164	1,21	46	134	0,34	76	104	0,09
17	163	1,14	47	133	0,32	77	103	0,08
18	162	1,07	48	132	0,31	78	102	0,07
19	161	1,01	49	131	0,30	79	101	0,07
20	160	0,96	50	130	0,29	80	100	0,06
21	159	0,91	51	129	0,28	81	99	0,05
22	158	0,86	52	128	0,27	82	98	0,05
23	157	0,82	53	127	0,26	83	97	0,04
24	156	0,78	54	126	0,25	84	96	0,04
25	155	0,75	55	125	0,24	85	95	0,03
26	154	0,71	56	124	0,23	86	94	0,02
27	153	0,68	57	123	0,23	87	93	0,02
28	152	0,65	58	122	0,22	88	92	0,01
29	151	0,63	59	121	0,21	89	91	0,01
30	150	0,60	60	120	0,20	90	90	0,00

აშვების თარიღი: წელი თვე დღე საათი წუთი
(სამუშაო ადგილობრივი დროით)

გარსი № .

ქარი სტანდარტულ სიმაღლეზე

თავისუფალი ამწევი ძალა $A =$. . . გ.წარხაზის სიგრძე $C =$. . . სმ,გარსის წონა $q =$. . . გ.ფარის წონა $=$. . . გ.

ბირთვ-პილოტის ვერტიკალურა სიჩქარე

w . მ/წთ,

შემასწორებელი მამრავლი . . . შესწორე-

ბული სიმკვრივეზე . . . მ/წთ,

ბ ა ზ ა № . . . პუნქტი №

ჰაერის წნევა $p =$. . . მმ,ჰაერის ტემპერატურა $t =$. . . (მშრალი). $t_1 =$. . . (სველი).შეფარდე ბითი სინორევე $r =$. . . %

კუთხე	აშვებამდე	აშვების შემდეგ
პორიზონტალური		
ვერტიკალური		

	ღრუბლიანობა და მისი სახე	ჰარის მიმართულება და სიჩქარე
აშვებამდე		
აშვების შემდეგ		

დაკვირვების შეწყვეტის მიზეზი

ბირთვ-პილოტი მიიმაღა მხარეს
ღრუბელთა ფორმა და სიმაღლე, სადაც ბირთვი შევიდა:

1) დედამიწიდან

2) ზღვის დონიდან

დამკვირვებელი (გვარი)

შეამოწმა გამოთვლები

(გვარი, თარიღი)

დედამიწის პირას:

კმ	მიმართულება	სიჩქარე
0,1		
0,2		
0,3		
0,5		
0,6		
0,9		

ზღვის დონიდან

კმ	მიმართულება	სიჩქარე
0,5		
1,0		
1,5		
2,0		
3,0		
4,0		
5,0		
6,0		
7,0		
8,0		
9,0		
10		
12		
14		
16		
18		
20		
22		
24		
26		

აღნიშვნა	კუთხე		წმინდა ფაქტობრივი ფაქტობრივი	მ საქმიანობის საქმიანობის	ფენის ფენის ტილის სიმაღლე		ქარი	
	პირი- ბილი	ფენის ფენის			ფენის ფენის	ფენის ფენის	ფენის ფენის	ფენის ფენის
ანათვალის								
0,5								
1,0								
1,5								
2,0								
2,5								
3,0								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								

- А. Б. Калиновский, Н. З. Пинус, Аэрология, Л., 1961.
- П. А. Молчанов, Методы исследования свободной атмосферы, 1941.
- В. А. Белинский, В. А. Пробах, Аэрология, Л., 1962.
- П. Я. Танатар, Аэрология, М., 1948.
- В. М. Михель, Аналитический метод обработки шаропилотных наблюдений. Труды НИУ ГУГМС.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 4, ч. I и II.
- И. Г. Курдиани; К вопросу о погрешности результатов шаропилотных наблюдений. Труды Института геофизики АН СССР, т. XVII, 1958.
- ი. კუ რ დ ი ა ნ ი, ბირთვ-პილოტების სივრცითი გადამკვლევების სექტორული სიჩქარეების შესახებ. საქ. მეცნ. აკადემიის შრომებ, ტ. XIX, № 6, 1957.
- К. П. Яковлев, Математическая обработка результатов измерений, М.—Л., 1950.
- J. Kurdiani, Eine neue Methode zur Ermittlung der Höhen von Pilotbalonen, Gerlands Beiträge zur Geophysik, v. 69. H. 1, 1959.



შ ი ნ ა ა რ ს ი

წინასიტყვაობა

3

თ ა ვ ი I. ბირთვ-პილოტური დაკვირვებები ერთი პუნქტიდან

§ 1. პერისა და წყალბადის სიმკვრივე	5
§ 2. ბირთვ-პილოტის მოცულობა	7
§ 3. ბირთვ-პილოტის სრული და თავისუფალი ამწევი ძალა	11
§ 4. ბირთვ-პილოტის თავისუფალი ამწევი ძალის ცვლილებანი სიმაღლის მიხედვით	14
§ 5. პერის წინააღმდეგობა და მისი ცვლილება სიმაღლის მიხედვით	16
§ 6. პერის წინააღმდეგობის ძალა და რეინოლდსის რიცხვი	19
§ 7. ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარე	24
§ 8. პერის სიმკვრივისა და ტემპერატურის გავლენა ბირთვ-პილოტის ვერტიკალურ სიჩქარეზე	27
§ 9. ბირთვ-პილოტების სტანდარტული ვერტიკალური სიჩქარე	33
§ 10. ბირთვ-პილოტის არასტანდარტული ვერტიკალური სიჩქარე	45
§ 11. W ₂₀₀ -და W ₂₀₀ - ნომოგრამების გამოყენების წესები	53

თ ა ვ ი II. ერთი პუნქტიდან წარმოებულ ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა - პირველადი დამუშავება

§ 12. ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა საფუძვლები	70
§ 13. ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა დამუშავების წესები. მოლჩანოვის წრე	73
§ 14. ერთი პუნქტიდან წარმოებულ ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა დამუშავების ანალიზური მეთოდი	82
§ 15. ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა დამუშავება ანალიზური მეთოდის გამოყენებით	105

თ ა ვ ი III. აეროლოგიური ქარის სიჩქარისა და მიმართულების წარმოებულ ბირთვ-პილოტურ გაანგარიშებათა ცდომილებანი

§ 16. აეროლოგიური ქარის, სიჩქარის გამოთვლათა ცდომილების ძირითადი ფორმულა	120
§ 17. ბირთვ-პილოტის ვერტიკალური სიჩქარის განსაზღვრის ცდომილების გავლენა ქარის სიჩქარის ფარდობით ცდომილებაზე	129
§ 18. $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)_\alpha$ განსაზღვრის ცდომილების გეომეტრიული ინტერპრეტაცია	133
§ 19. აეროლოგიური ქარის მიმართულების განსაზღვრის ცდომილების ძირითადი ფორმულა	138

თ ა ვ ი IV. ბირთვ-პილოტური საბაზო დაკვირვებები

§ 20. საბაზო დაკვირვებათა ორგანიზაცია	141
§ 21. საბაზო ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა ჩაწერის წესები	146
§ 22. ბირთვ-პილოტის სიმაღლის გამოთვლა მისი მდებარეობის დაპროექტებით პორიზონტალურ სიბრტყეზე	154
§ 23. ბირთვ-პილოტის სიმაღლის გამოთვლა მისი მდებარეობის დაპროექტებით ვერტიკალურ სიბრტყეზე	155
§ 24. დაკვირვებათა ანალიზი	158
§ 25. ქარის სიჩქარისა და მიმართულების განსაზღვრა საბაზო დაკვირვებების შემწეობით	161
§ 26. სტანდარტული სიმაღლეებისათვის ქარის სიჩქარისა და მიმართულების გამოთვლა	162

თ ა ვ ი V. ბირთვ-პილოტის სივრცითი გადანაცვლების სექტორული სიჩქარეები და მათი გამოყენება

§ 27. ბირთვ-პილოტის სექტორული სიჩქარეები	163
§ 28. სექტორული სიჩქარისა (S) და მისი პროექციების (S_x , S_y , S_z) განსაზღვრა დაკვირვების ელემენტების მიხედვით	164
§ 29. ბირთვ-პილოტების სექტორული სიჩქარეების გამოყენება მათი სიმაღლის განსაზღვრისათვის	167
§ 30. დახრილი ბაზა	177
§ 31. გაწონასწორებული ბირთვ-პილოტი	182

თ ა ვ ი VI. ბირთვ-პილოტური დაკვირვებისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

§ 32. აეროლოგიური თეოდოლიტების ზოგადი დახასიათება	189
§ 33. აეროლოგიური თეოდოლიტების ინსტრუმენტული ცდომილებანი	201
§ 34. ბირთვ-პილოტური დაკვირვებები ღამით	217
§ 35. წყალბადის ბალონები	219
§ 36. გაზგენერატორები, მათი მოწყობილობა და გამოყენება	220
§ 37. ბირთვ-პილოტის გარსები	224
§ 38. ბირთვ-პილოტების გაყვება და გაზომვა	225
დანართი	231
გამოყენებული ლიტერატურა	249