

Нам представляется, что, изложенным выше способом, определения осей галактик на Паломарском атласе могут дать обширный материал для детального и полного изучения статистических функций внегалактических туманностей.

Декабрь, 1961.

გარეგალაქტიკურ ნისლეულთა სტატისტიკური ფუნქციების შესახებ

ჯ. ხავთასი

(რეზიუმე)

აღწერილია გარეგალაქტიკურ ნისლეულთა ღერძების პალომარის ატლასის რუკებზე გაზომვის ხერხი. შესწავლილია ექსპოზიციის უკმარობის ეფექტის გავლენა გაზომვით შედეგებზე; შეფასებულია გაზომვითა ცდომილებები და აგებულია გალაქტიკათა და მათი გულების ღერძების ჰისტოგრამები ვერონიკას თმების თანავარსკვლავედის გალაქტიკათა გროვისათვის. აღწერილია გალაქტიკათა ხილული და ჰერმარტი მახასიათებლები, მათი განაწილების სიმკვრივეები და მათ შორის ურთიერთდამოკიდებულება ვარსკვლავთ სტატისტიკის ინტეგრალურ განტოლებათა სახით.

#### ON THE STATISTICAL FUNCTIONS FOR THE EXTRAGALACTIC NEBULAE

J. Sh. KHAVTASSI

(Summary)

The method of measurement of the axes of extragalactic nebulae on the maps of the Palomar atlas is described. The influence of exposition lack effect on the results of measurements is studied. The errors of measurements are estimated and the histograms of the galactic axes and their nuclei for the Coma Berenices cluster of galaxies are drawn. The apparent and real characteristics of galaxies, distribution densities and their interrelation in the form of integral equations of stellar statistics are described.

#### კოორდინატთა საზომი ხელსაწყოს КИМ-3-ის გამოკვლევა

ბ. სალუკვაძე და ა. ხატინოვი

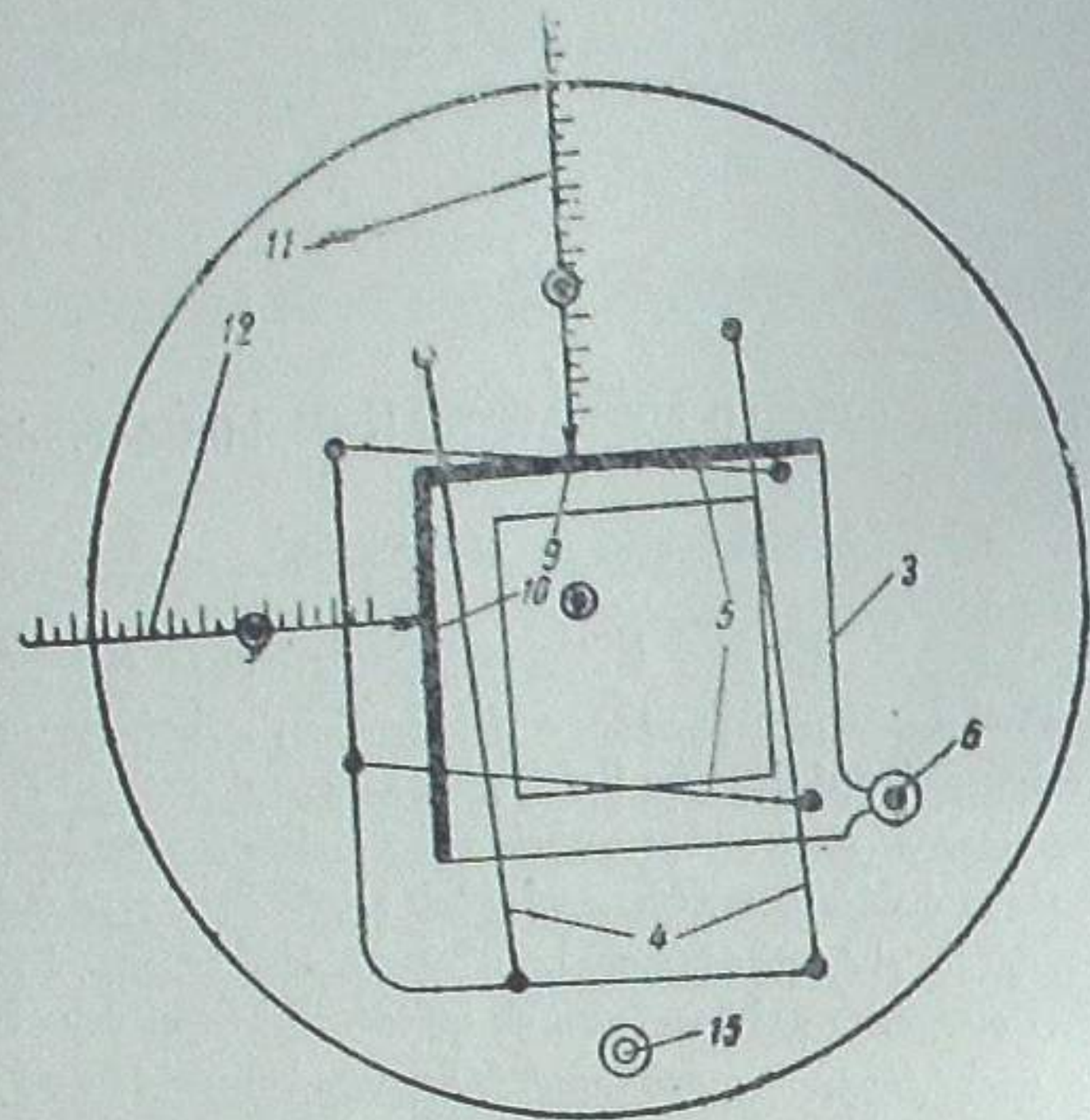
§ 1. შესავალი. КИМ-3 (Координатно-измерительная машина) — სისტემის საზომი ხელსაწყოები, რომლებსაც სერიულად უშვებს ლენინგრადის ოპტიკურ-მექანიკური წარმოება, განკუთვნილია ფოტოგრაფიულ უირფიტაზე მიღებული ციური სხეულების გამონახვითა ზუსტი სწორკუთხონი კოორდინატებისა და პოზიციური კუთხეების გასაზომად. უკანასკნელ წლებში, ფოტოგრაფიული ასტრომეტრიის სამუშაოთა პრაქტიკაში, КИМ-3 სულ უფრო და უფრო ფართოდ გამოიყენება. ეს განპირობებულია მისი მოხერხებული მექანიკური კონსტრუქციით, დამზადების მაღალი სიზუსტითა და იმ გარემოებით, რომ ის საშუალებას იძლევა ორივე კოორდინატი გაზომილ იქნას ერთდროულად, რაც არ ახასიათებდა ადრე არსებულ ბევრ საზომ ხელსაწყოს (რეპსოლდისეულს, ბამბერგისეულსა და სხვ.) КИМ-3 მიეკუთვნება სკალეების საზომი ხელსაწყოების ტიპს, და არა ხრახნიანებისას.

ავტორების მიერ 1962 წლის აპრილ-სექტემბერში შესრულებულ იქნა აბასთუმნის ასტროფიზიკურ ობსერვატორიაში არსებული შემოსენებული სისტემის საზომი ხელსაწყო (КИМ-3 № 550001) ყოველმხრივი გამოკვლევა. ხელსაწყოს მოკლე აღწერის, გამოკვლევის მეთოდისა და მისი შედეგების გადმოცემა შეადგენს წინამდებარე წერილის მიზანს.

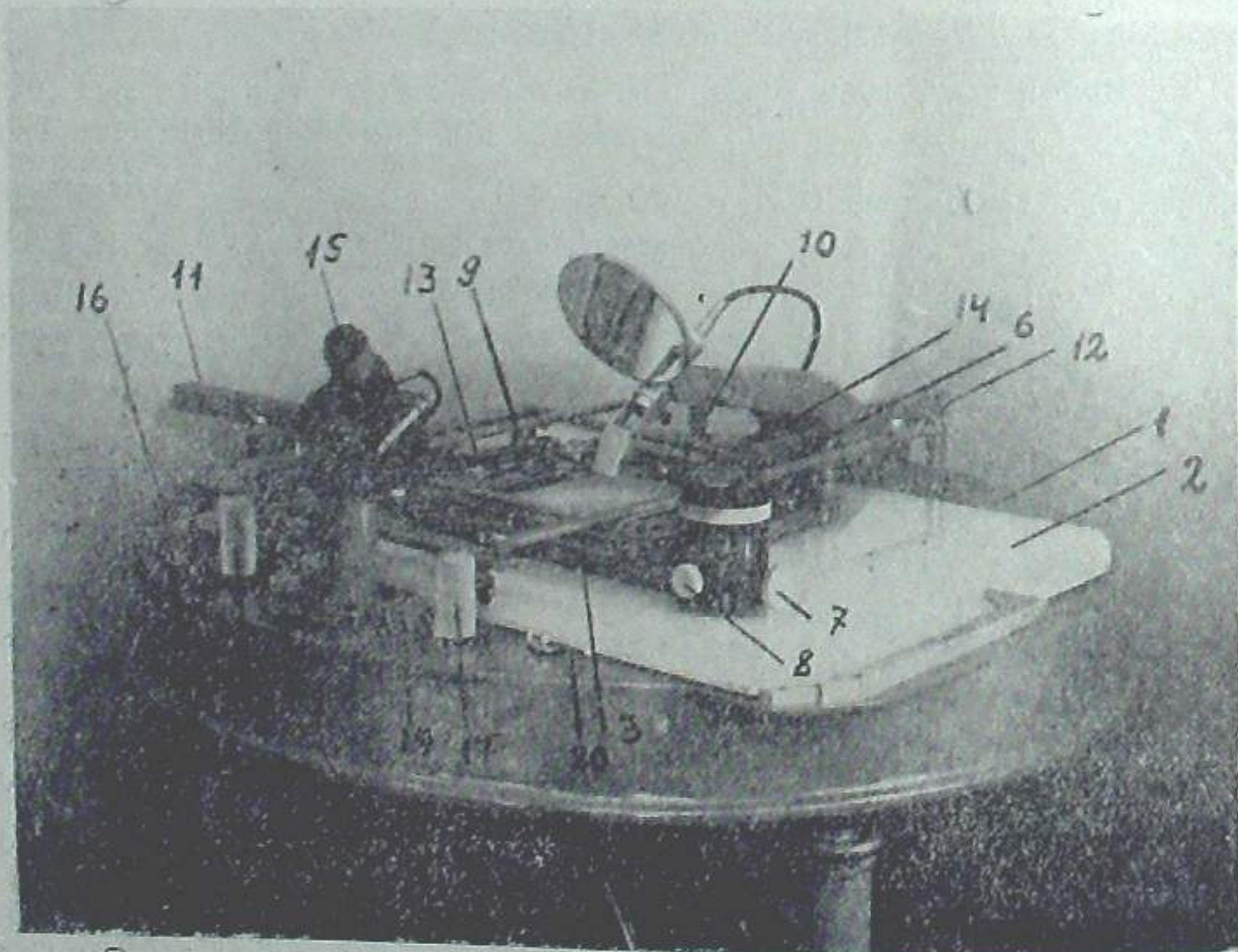
§ 2. ხელსაწყო აღწერა. ხელსაწყოს ზოგადი სქემა მოცემულია 1 ნახაზზე, საერთო ხედი კი—I ფოტოზე.

ხელსაწყოს ფუძეზე 1 (ფოტო I) დამაგრებულია ბრტყელი მინა 2, რომელზედაც გორგოლაქებით მოძრაობს სასაგნე მაგიდის ურიკა 3 მასში ჩადგმული გასაზომი ნეგატივითურთ. სახსროვან პარალელოგრამთა სისტემის 4 და 5 მეშვეობით ურიკა, ასტრონეგატივთან ერთად, გადაადგილებისას ასრულებს გადატანით მოძრაობას. ურიკის უხეშად სამოძრაველად მასზე მიმაგრებულია სახელური 6, რომელიც თავისი სიმძიმით თავისუფლად დგას მინაზე 2. მიკრომეტრული გადაადგილებებისათვის სახელური აღჭურვილია ხრახნებით 7 და 8; გადაადგილება მოითხოვს სახელურის თავის 6 წინასწარ მობრუნებას საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით (ამ დროს წარმოიშობა საკმარისი შეჭიდულობა სახელურის „ფეხებსა“ და მინას შორის).

ურიკაზე ხისტად არის დამაგრებული საგულდაგულოდ დამუშავებული ორი ურთიერთპერპენდიკულარული მიმართული შიმშა 9, 10, რომლებსაც ებჯინება საზომი სკალეების ბუდეები 11, 12. ეს უკანასკნელი კი, ურიკის მოძრაობი-



ნახ. 1

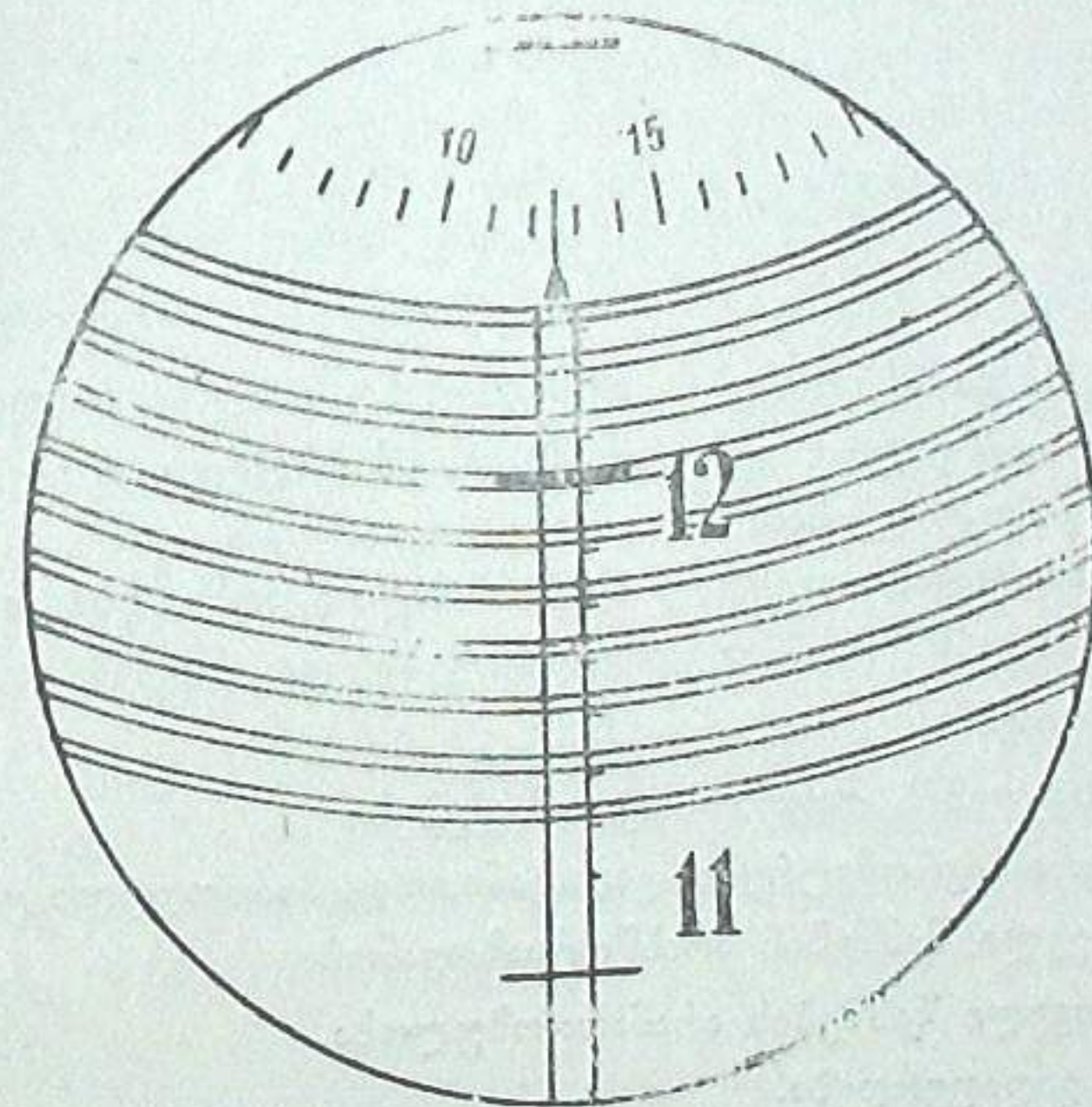


ფოტო 1

სას, მცოცების 13 და 14 დახმარებით სრიალებენ მიმართველი შიშვების გასწვრივ ამ დროს სკალები კოორდინატა სათანადო ღერძების პარალელურად გადაადგილდება.

ხელსაწყოთა ოპტიკური სქემა შედგება სამი სისტემისაგან: ერთი — ასტრონეგატივზე გასაზომ გადოსახულებაზე დასაყენებელი და ორიც — შესაბამისი სკალების ასათვლელი. ყველა ისინი განლაგებულია ფუძის 1 კორპუსის შიგნით. გარეთ გამოყვანილია მხოლოდ ერთი საერთო ოკულარი 15, რომელშიც თავს იყრის ყველა სისტემის გამოსასვლელი ხვრელი. ტუმბულების 16 საშუალებით რიგრიგობით ჩაირთვება სათანადო სანათი, რის შედეგადაც ოკულარში გამოჩნდება ან ერთ-ერთი სკალა მისი ასათვლელი სპირალური მიკრომეტრითურთ ან საზომი ბადე და ასტრონეგატივის ნაწილი.

ოკულარის ახლოს განლაგებულია სახელურები, რომლებიც განკუთვნილია მიკრომეტრების საბრუნებლად 17 და 18, ასტრონეგატივის დასაფოკუსებლად 19, რევერსიული პრიზმის მოსაბრუნებლად 20 და ოკულარის გამადიდებლობის შესაცვლელად 21.



ნახ. 2

სკალის ერთმილიმეტრიანი ინტერვალის ნაწილების გასაზომად ხელსაწყო აღჭურვილია ე. წ. სპირალური მიკრომეტრებით, რომლებიც განლაგებულია შესაბამისი სკალების ქვეშ ფუძის კორპუსის შიგნით. სპირალური მიკრომეტრის მოქმედების პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს (ნახ. 2).

მინის მრგვალ მბრუნავ ფირფიტაზე დატანილი სკალა წარმოადგენს 100 ტოლ ნაწილად დაყოფილ წრესა და ათი ორმაგი ხეისაგან შემდგარ არქიმედისეულ სპირალს პოლუსით ამავე წრის ცენტრში. მიკროსკოპების გამადიდებლობა იხეიანია შერჩეული, რომ ათი ორმაგი ხეია ზუსტად თავსდება სკალის 1 მმ ინ-

ტერვალში, როდესაც ეს უკანასკნელი საზომი მიკროსკოპის ობიექტივის მეშვე-  
ობით გვემჩვენება სკალიანი მინის სიბრტყეში.

ამგვარად სპირალის ბიჯი შეესაბამება 0,1მმ-ს, ხოლო მისი შემობრუნება  
წრიული სკალის ერთი დანაყოფით—0,001 მმ-ს.

მას შემდეგ რაც ვასაზომი ობიექტი მოყვანილია საზომი ბადის რომელიმე  
კვადრატის ცენტრში, ანათვალის ასაღებად სახელურს (17 ან 18, იმის მიხედ-  
ვით თუ რომელი სკალის ანათვალს იღებენ) აბრუნებენ იქამდე, ვიდრე სკალის  
შტრიხი, რომელიც ხვდება შორის მოჩანს, ჩადგება ერთ-ერთი წყვილი ხვიის  
შუაში მე-2 ნახაზზე. ამის შემდეგ ხდება ათვლა: შტრიხის ნომერი წარმოადგენს  
მთელ მილიმეტრებს, მეათედ მილიმეტრებს გვიჩვენებს სპირალის ხვიების რა-  
დიალური მიმართულებით დახაზული სწორი სკალა. შეასწავებს და შეათასე-  
ლებს გვაძლევს წრიული სკალა. შესაძლებელია აგრეთვე მიკრონის მეათედების  
შეფასება თვალთ. ნახაზზე მოცემული ანათვალის იქნება 12,2725.

ცალკეულ ობიექტებს შორის კუთხეების ვასაზომად КИМ-3 აღჭურვილია  
მბრუნავი მაგიდით, რომელიც ურიკაზე მაგრდება ასტრონეგატივის მსგავსად.  
მობრუნების კუთხის ვაზომვა შესაძლებელია ± 5' სიზუსტით ორი, ურთიერთ  
დიამეტრულად განლაგებული ნონიუსის მეშვეობით.

გარდა მბრუნავი მაგიდისა ხელსაწყოს თან ერთვის სხვადასხვა ზომის ფირ-  
ფიტების შესაბამისი რამდენიმე ჩარჩო. ფირფიტის მაქსიმალური ზომა, რო-  
მელიც შეიძლება მოთავსდეს ურიკაში, არის 30×30 სმ.

§ 3. ხელსაწყოს გამოკვლევა. КИМ-3-ის და მისი მსგავსი  
ხელსაწყობისათვის დამახასიათებელი ცდომილებების თეორია დაწვრილებით  
გადმოცემულია [1] და [2] შრომებში. აქ მოვიყვანთ მხოლოდ საბოლოო ფორმუ-  
ლებს, რომლებიც უშუალოდ გამოიყენება და იმ პრაქტიკულ გზებს, რომლებ-  
საც მივმართეთ გამოკვლევისას.

წინასწარ ჩამოვთვალთ ყველა ის ძირითადი ცდომილება, რომლებიც არ-  
სებით გავლენას ახდენს ვაზომილ კოორდინატებზე და, ამიტომ, აუცილებელ გა-  
მოკვლევას საჭიროებს:

- ა) საზომი სკალების დაყოფის ცდომილებები,
- ბ) სპირალური მიკრომეტრების გადატანითი და პერიოდული ცდომილებები,
- გ) მიმმართველი შიშვების არასწორხაზოვანობა,
- დ) მიმმართველი შიშვების არამართობა,
- ე) ურიკის გადაფერდება,
- ვ) ე. წ. რენი მთელი სკალის გასწვრივ,
- ზ) საზომი ბადის კვადრატთა ცენტრების არათანამთხვევა.

აქვე შევნიშნავთ, რომ ყველა კვანძის გამოკვლევა შესრულდა ამ წერილის  
ორივე ავტორის მიერ ურთიერთისაგან დამოუკიდებლად, ე. ი. როგორც ამბო-  
ბენ, „ორი ხელით“. საბოლოო შედეგები გამოყვანილია მონაცემების საშუა-  
ლობით. გამოკვლევა წარმოებდა თითქმის მუდმივ ტემპერატურის ქვეშ  
( $t=17^{\circ},5\pm 0^{\circ},5$ ).

ა) სკალების დაყოფის ცდომილებები. სკალების დაყო-  
ფის ცდომილებების გამოსაკვლევად შეგჩერდით მეთოდზე, რომელიც გამოყე-  
ნებული იყო პულკოვოს ობსერვატორიაში ამავე სისტემის ხელსაწყობის გა-

მოსაკვლევად [3]. ეს მეთოდი უნდა ჩაითვალოს ყველაზე რაციონალურად ისეთი  
გრძელი სკალების გამოსაკვლევად, როგორებიცაა აღჭურვილია КИМ-3 (თი-  
თოეული მათგანის სიგრძე 240 მმ-ია) და მისი მსგავსი საზომი ხელსაწყობები.

ყოველ სკალაზე გამოკვლევული იყო შტრიხები 8-დან 232-ის ჩათვლით.

პირველ ეტაპზე განისაზღვრება X—სკალის შუა (120) შტრიხის შესწო-  
რება  $\Delta_{120}$  (შესწორებებს აღვნიშნავთ  $\Delta$ -თი სათანადო ნიშნაკით), იმ პირო-  
ბით, რომ განაპირა შტრიხების შესწორებები ნულის ტოლია, ე. ი.

$$\Delta_8 = \Delta_{232} = 0. \tag{1}$$

ამისათვის საჭიროა, რომ დამზმარე მონაკვეთი, რომლის სიგრძე  $l_0$  გამო-  
საკვლევს უზნის სიგრძის დაახლოებით ნახევრის ტოლია, გაიზომოს ამ უკა-  
ნასკნელის ორი სხვადასხვა ნაწილით. თუ ანათვლებს, დამზმარე მონაკვეთის  
სკალის ერთი ნაწილით ვაზომვისას, აღვნიშნავთ  $X_8$ -თა და  $X'_{120}$ -ით, ხოლო  
მეორე ნაწილით ვაზომვისას  $X''_{120}$ -ითა და  $X_{232}$ -ით, მაშინ (1)—პირობის  
გათვალისწინებით გვექნება ტოლობები:

$$\Delta_{120} = \frac{1}{2} (X_8 + X_{232}) - \frac{1}{2} (X'_{120} + X''_{20}), \tag{2}$$

$$l_0 = \frac{1}{2} (X_{232} - X_8) - \frac{1}{2} (X'_{120} - X''_{120}). \tag{3}$$

(2)-პირობები განსაზღვრავენ X-სკალის ნულპუნქტსა და მასშტაბს. ამის  
გამო გამოკვლევის შედეგად მიიღება სუსტი სკალა, დაყოფილი 8—232  
შტრიხებს შორის ინტერვალის 1:224 ტოლი ბიჯით.

სასურველია, რომ მეორე Y-სკალისათვის შენარჩუნებული იქნეს იგივე  
მასშტაბი. ამის მისაღწევად Y-სკალისათვის დაწერილი ტოლობები უნდა  
დავუმორჩილოთ შემდეგ პირობებს:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_{120} &= 0, \\ l_0 &= \text{მოცემულია (3) ტოლობით} \end{aligned} \right\} \tag{4}$$

(5)-პირობები Y-სკალის ანიქებს დამოუკიდებელ ნულ-პუნქტს, მაგრამ  
მას თავს ახვევს X-სკალისათვის აღებულ მასშტაბს. მაშინ Y-სკალის განა-  
პირა შტრიხების შესწორებებისათვის გვექნება ტოლობები:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_8 &= (Y'_{120} - Y_8) - l_0, \\ \Delta_{232} &= l_0 - (Y_{232} - Y''_{120}). \end{aligned} \right\} \tag{5}$$

გამოკვლევის შემდგომ ეტაპებზე ორივე სკალისათვის გამოთვლები ერთიმეორის  
ანალოგიურია.

მეორე ეტაპზე განისაზღვრება ორი საყრდენი შტრიხის ცდომილება. ესენია  
8—120 და 120—232 ინტერვალთა შუა შტრიხები (64, 176).

მესამე ეტაპზე განსაზღვრული საყრდენი შტრიხების ნომრები იქნება 36, 92,  
148, 204, რომლებიც წარმოადგენენ 8—64, 64—120, 120—176, 176—232 ინ-  
ტერვალთა შუა შტრიხებს.

მეოთხე საფეხურის შტრიხები (22, 50, 78, 106, 134, 162, 190, 218) მდე-  
ბარებენ წინა სამი ეტაპის საყრდენი შტრიხების შუაში.

ამგვარად, 224 მმ სიგრძის გამოსაკვლევს სკალა იყოფა 16 ტოლ ნაწილად,  
რომლებსთვისაც ცნობილია განაპირა შტრიხების შესწორებები. ეს უკანასკ-  
ნელნი ყოველი ეტაპისათვის განისაზღვრებიან შემდეგი ზოგადი ფორმულით:

$$\Delta_i = \frac{1}{2}(X_{i+224/2j} + X_{i-224/2j}) - \frac{1}{2}(X'_i + X''_i) + \frac{1}{2}(\Delta_{i+224/2j} + \Delta_{i-224/2j}), \quad (6)$$

სადაც  $j=1, 2, 4, 8$  შესაბამის ეტაპებზე. (6) — ფორმულა გამოსადეგია ორივე სკალისათვის სათანადოდ (1) და (4) პირობების გათვალისწინებით.

დამხმარე მონაკვეთებად გამოვიყენეთ მიკროფოტომეტრ Mφ-6-ის ერთ-ერთი საზომი სკალის შესაბამისი ინტერვალები. გაზომვებისათვის ურიკაზე დამკრებული იქნა 30×30 სმ ზომის მინა, მასზე დაწებებული მინისავე მიმმართველი შიმშითურთ. ამ უკანასკნელის გასწვრივ დამხმარე სკალის გადაადგილება ხდებოდა ხელით.

პირველი ეტაპის შტრიხებისათვის ორივე ავტორის მიერ ერთად შესწორებები განსაზღვრული იქნა 40-ჯერ ( $n_1$ ), მეორისათვის — 24-ჯერ ( $n_2$ ), მესამისათვის — 16-ჯერ ( $n_3$ ), მეოთხისათვის — 12-ჯერ ( $n_4$ ).  $i$ -ური საყრდენი შტრიხის შესწორების ერთი განსაზღვრის გამოსათვლელ ფორმულას, მიღებულს (6)-ის საშუალებით, შემდეგი სახე აქვს:

$$\varepsilon_i^2 = \varepsilon_0^2 + \frac{1}{4}(\varepsilon_{i+224/2j}^2 + \varepsilon_{i-224/2j}^2) \quad (7)$$

სადაც  $\varepsilon_0$  არის ერთი გაზომვის საშუალო კვადრატული ცდომილება, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში ტოლია  $\pm 0.22 \mu$ . იმ საყრდენ შტრიხთა ცდომილებები, რომლებიც (1) და (4) ტოლობებით განისაზღვრება, უნდა მიღებული იქნას ნულის ტოლად.

ამგვარად, საყრდენი შტრიხების შესწორებათა საბოლოო განსაზღვრის საშუალო კვადრატული ცდომილების ეტაპების მიხედვით, გამოსათვლელად გვექნება ტოლობები:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{(1)}^2 &= \frac{\varepsilon_0^2}{n_1}, \\ \varepsilon_{(2)}^2 &= \frac{\varepsilon_0^2}{n_2} + \frac{1}{4} \varepsilon_{(1)}^2, \\ \varepsilon_{(3)}^2 &= \frac{\varepsilon_0^2}{n_3} + \frac{1}{4}(\varepsilon_{(1)}^2 + \varepsilon_{(2)}^2), \\ \varepsilon_{(4)}^2 &= \frac{\varepsilon_0^2}{n_4} + \frac{1}{4}(\varepsilon_{(2)}^2 + \varepsilon_{(3)}^2). \end{aligned} \quad (8)$$

$n_1, n_2, n_3, n_4$ -ის ზემოთ ჩამოთვლილი მნიშვნელობების ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{(1)} &= 0.025 \varepsilon_0^2 \\ \varepsilon_{(2)} &= 0.048 \varepsilon_0^2 \\ \varepsilon_{(3)} &= 0.080 \varepsilon_0^2 \\ \varepsilon_{(4)} &= 0.116 \varepsilon_0^2 \end{aligned}$$

როგორც უკანასკნელი ტოლობებიდან ჩანს, ეტაპიდან ეტაპზე გადასვლისას, ცდომილებები იზრდება საკმაოდ სწრაფად. მთელი სკალის გამოკვლევა ამ მეთოდით რომ გაგრძელებულიყო, უკანასკნელ ეტაპზე მივიღებდით  $\varepsilon_{max}^2 \approx 10\varepsilon_0^2$  რაც დაუშვებლად დიდი იქნებოდა.

ამიტომ საყრდენ შტრიხებს შორის დარჩენილი შტრიხების გამოსაკვლევად გამოვიყენეთ რიდბერგის მეთოდი [4]. ყველა 16 ინტერვალი თითოეულ სკალაზე გამოკვლეულ იქნა ცალ-ცალკე. მგზობელ შტრიხებს შორის მანძილი გავზომეთ სპირალური მიკრომეტრით. როგორც ცნობილია, რიდბერგის მეთოდით შესწორებები განისაზღვრება განტოლებათა შემდეგი სისტემით:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= d - (x_1 - x_m) + \Delta_m, \\ \Delta_2 &= d - (x_2 - x_1) + \Delta_1, \\ &\dots \\ \Delta_{n-1} &= d - (x_{n-1} - x_{n-2}) + \Delta_{n-2}. \end{aligned} \quad (10)$$

$$d = \frac{1}{n} \left[ (x_1 - x_m) + \sum_{i=1}^{n-1} (x_i - x_{i-1}) + (x_n - x_{n1}) \right] - \frac{1}{n} (\Delta_n - \Delta_m),$$

სადაც  $\Delta_m$  და  $\Delta_n$  გამოსაკვლევი ინტერვალის საყრდენი შტრიხების უკვე ცნობილი კოორდინატებია,  $d$  — შესაძარებელი მონაკვეთის სიგრძე,  $n$  — შტრიხების რიცხვი ინტერვალში.

ცდომილებები რიდბერგის მეთოდის გამოყენების დროსაც სწრაფად იზრდება განაპირადან შუა შტრიხებისაკენ გადასვლისას.  $K$ -ური შტრიხის შესწორების განსაზღვრის საშუალო კვადრატული ცდომილებისათვის გვაქვს ფორმულა [5]:

$$\varepsilon_K^2 = k \left( 1 - \frac{k}{n} \right) \varepsilon^2 + \left( 1 - \frac{k}{n} \right) \varepsilon_m^2 + \frac{k}{n} \varepsilon_n^2. \quad (11)$$

არის მილიმეტრიანი ინტერვალის გაზომვის ცდომილება. ის წარმოადგენს ორი ანათვლის სხვაობის ცდომილებას, მაგრამ ამ შემთხვევაში ერთი ანათვლის ცდომილება ორჯერ უფრო ნაკლებია ვიდრე დამხმარე მონაკვეთის გაზომვისას, რადგან იქ აღარ შედის დაყენების ცდომილება. ე. ი.  $\varepsilon^2 = 2\varepsilon_1^2 = \varepsilon_0^2$ .

(8) და (11) ფორმულები გვიჩვენებს, რომ  $\varepsilon_K^2$  მაქსიმუმს აღწევს მაშინ, როდესაც  $k = \frac{n}{2}$  და გამოსაკვლევი ინტერვალი შემოფარგლულია მესამე და მეოთხე ეტაპის საყრდენი შტრიხებით, ე. ი.

$$\varepsilon_{max}^2 = \frac{n}{4n_3} \varepsilon_0^2 + \frac{1}{4} (\varepsilon_{(3)}^2 + \varepsilon_{(4)}^2). \quad (12)$$

თუ გავითვალისწინებთ (9) — ტოლობებს და იმ გარემოებას, რომ  $n = 14$  და  $n_3 = 4$ , მაშინ (12)-დან მივიღებთ:

$$\varepsilon_{max}^2 = 0.9 \varepsilon_0^2.$$

ამრიგად, გამოკვლევის გამოყენებული მეთოდიკა და განხორციელებული პროგრამა საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სკალის შტრიხების შესწორებები ისეთი სიზუსტით, რომლის ცდომილება ყველაზე უარეს შემთხვევაშიც კი არ აღემატება ერთი გაზომვის ცდომილებას.

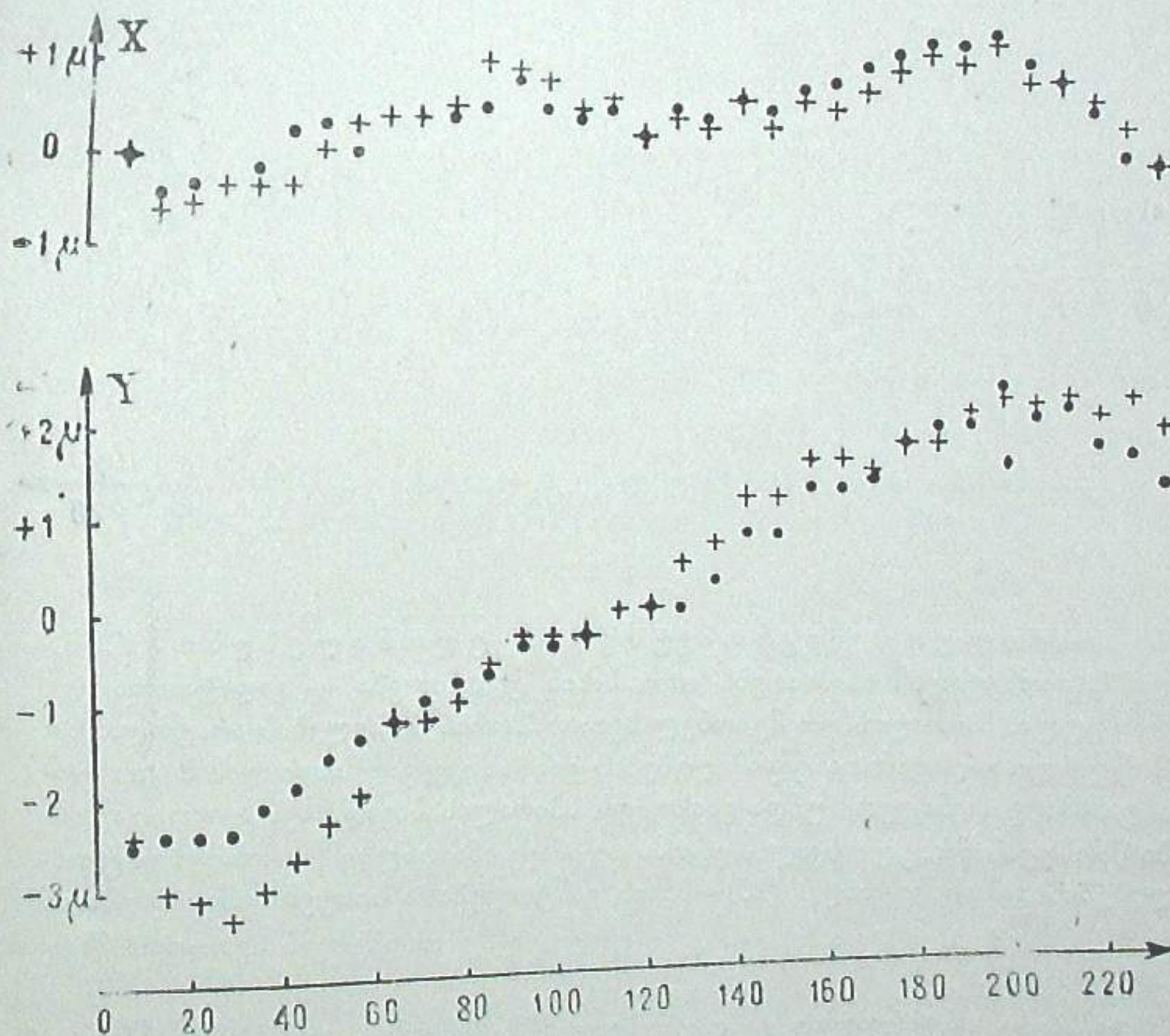
გამოკვლევის საბოლოო შედეგები ცალკეული სკალებისათვის თავმოყრილია 1 ცხრილში. პირველ სვეტში მოცემულია შტრიხის ნომერი, მეორეში და მესამეში მათი შესწორებები 0,0001 მ ერთეულებში. ის ფაქტი, რომ  $Y$ -სკალის შესწორებები გამოხატულია დიდი რიცხვებით, გამოწვეულია მით, რომ  $Y$ -სკალის მასშტაბი მიყვანილია  $X$ -სკალის მასშტაბზე.

ცხრილი 1

ანათვლი სკალაზე	შესწორებები		ანათვლი სკალაზე	შესწორებები		ანათვლი სკალაზე	შესწორებები	
	x	y		x	y		x	y
8	0	-24	67	+6	-13	126	+3	+2
9	0	-24	68	+6	-14	127	+6	+2
10	+1	-25	69	+7	-14	128	+3	+4
11	0	-26	70	+6	-14	129	+4	+3
12	0	-27	71	+4	-11	130	+3	+4
13	-1	-27	72	+4	-10	131	+5	+4
14	-2	-27	73	+4	-12	132	+4	+4
15	-5	-27	74	+4	-10	133	+6	+4
16	-6	-29	75	+5	-10	134	+4	+5
17	-6	-30	76	+4	-9	135	+6	+4
18	-5	-30	77	+6	-10	136	+5	+6
19	-8	-29	78	+6	-9	137	+7	+6
20	-8	-29	79	+6	-10	138	+4	+6
21	-7	-30	80	+7	-10	139	+5	+6
22	-6	-31	81	+6	-12	140	+3	+6
23	-4	-32	82	+6	-11	141	+7	+10
24	-2	-31	83	+6	-11	142	+4	+12
25	-2	-31	84	+8	-10	143	+6	+10
26	-1	-31	85	+8	-7	144	+4	+11
27	-1	-31	86	+9	-7	145	+7	+10
28	-2	-31	87	+9	-7	146	+6	+10
29	-4	-33	88	+9	-5	147	+5	+10
30	-3	-33	89	+8	-5	148	+5	+10
31	-4	-34	90	+7	-5	149	+6	+10
32	-6	-34	91	+6	-5	150	+6	+10
33	-6	-35	92	+10	-4	151	+6	+10
34	-6	-34	93	+8	-3	152	+6	+10
35	-6	-34	94	+8	-3	153	+8	+9
36	-2	-30	95	+10	-4	154	+8	+9
37	-2	-26	96	+10	-3	155	+8	+14
38	-3	-28	97	+12	-4	156	+7	+15
39	-4	-26	98	+11	-4	157	+9	+15
40	-3	-25	99	+8	-4	158	+6	+15
41	-2	-24	100	+8	-4	159	+6	+12
42	-2	-24	101	+9	-4	160	+4	+14
43	0	-24	102	+8	-3	161	+6	+14
44	0	-22	103	+9	-2	162	+8	+14
45	+2	-21	104	+7	-2	163	+9	+14
46	+1	-20	105	+8	-2	164	+6	+14
47	+2	-20	106	+6	-3	165	+8	+13
48	0	-20	107	+6	-2	166	+8	+14
49	0	-21	108	+6	-2	167	+8	+12
50	+2	-20	109	+8	-2	168	+11	+13
51	+2	-18	110	+8	-2	169	+9	+14
52	+1	-20	111	+9	-2	170	+8	+16
53	+2	-21	112	+7	-2	171	+8	+15
54	+2	-20	113	+6	0	172	+7	+16
55	+1	-20	114	+4	0	173	+9	+15
56	+2	-18	115	+4	0	174	+9	+15
57	+2	-17	116	+4	+2	175	+11	+15
58	+4	-16	117	+5	+2	176	+11	+17
59	+2	-16	118	+5	0	177	+12	+16
60	+5	-16	119	+6	+1	178	+11	+15
61	+4	-16	120	+3	0	179	+11	+14
62	+5	-15	121	+4	+1	180	+10	+15
63	+6	-16	122	+4	0	181	+10	+15
64	+6	-12	123	+4	+1	182	+8	+16
65	+6	-14	124	+4	+1	183	+12	+19
66	+6	-12	125	+4	+2	184	+10	+20

ცხრილი 1-ის გაგრძელება

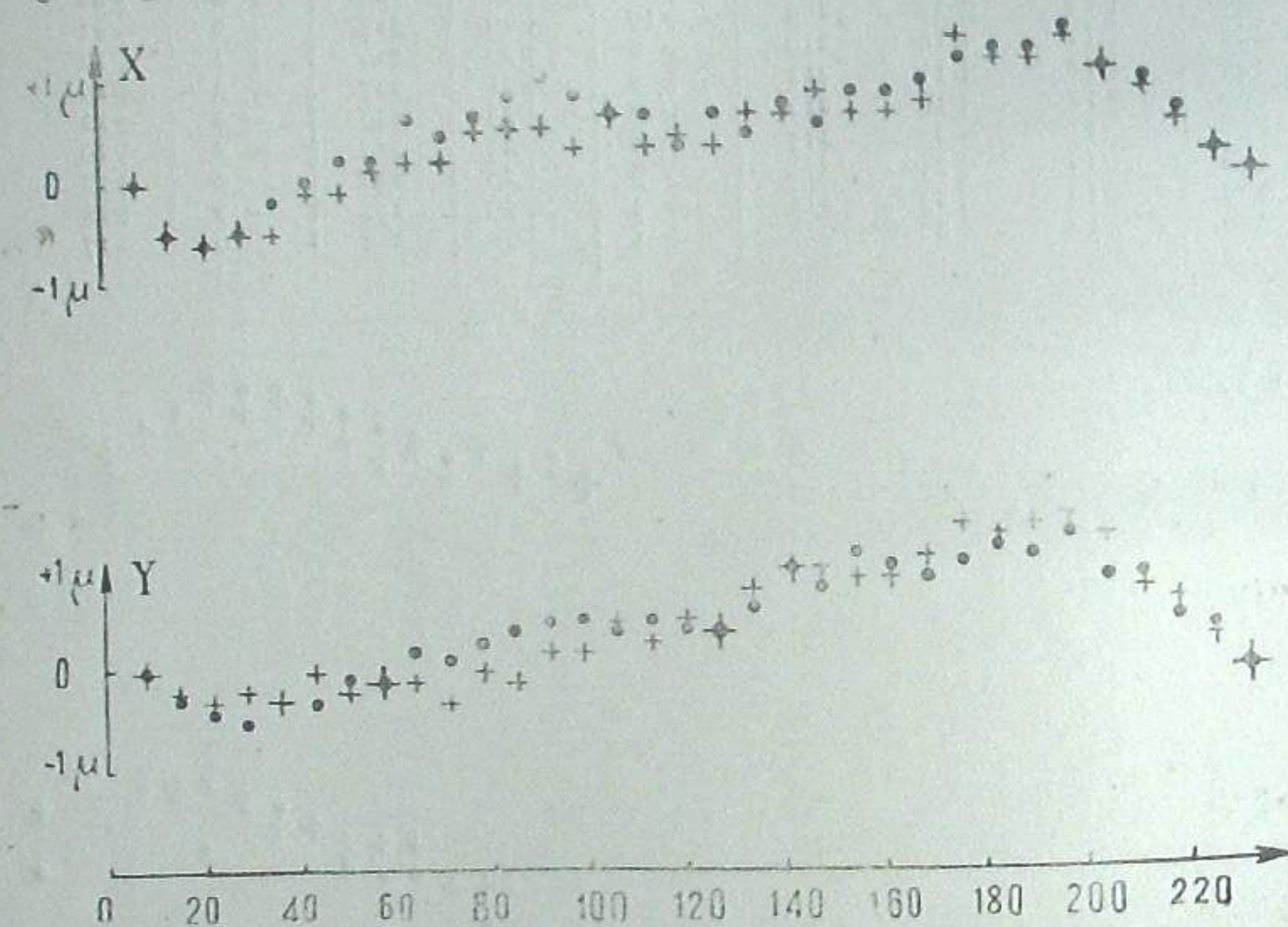
ანათვლი სკალაზე	შესწორებები		ანათვლი სკალაზე	შესწორებები		ანათვლი სკალაზე	შესწორებები	
	x	y		x	y		x	y
185	+12	+18	201	+12	+26	217	+5	+28
186	+11	+18	202	+10	+27	218	+6	+20
187	+12	+18	203	+12	+27	219	+6	+18
188	+12	+19	204	+10	+21	220	+6	+18
189	+14	+19	205	+10	+21	221	+6	+19
190	+12	+20	206	+12	+22	222	+2	+21
191	+14	+17	207	+12	+20	223	+4	+22
192	+12	+17	208	+10	+20	224	+2	+22
193	+12	+15	209	+10	+20	225	+2	+21
194	+12	+16	210	+8	+20	226	+1	+22
195	+12	+15	211	+9	+21	227	+2	+20
196	+12	+16	212	+8	+25	228	-2	+22
197	+14	+23	213	+8	+25	229	-2	+20
198	+12	+25	214	+8	+26	230	-2	+22
199	+16	+27	215	+5	+28	231	-2	+22
200	+10	+28	216	+5	+28	232	0	+17



ნახ. 3

საყრდენი შტრიხებისათვის ცალკეული ავტორის მიერ მიღებული შესწორებები გრაფიკული სახით წარმოდგენილია მე-3 ნახაზზე (ჯვრები აღნიშნავენ გ. სალუქვაძის შედეგებს, წერტილები—ა. ხატისოვისას, ჯვრები წერტილებით—ურთიერთდამთხვეულთ).

გრაფიკულადაა აგრეთვე წარმოდგენილი ავტორების მიერ განსაზღვრული და სკალათა პასპორტებში მოცემული შესწორებები (ნახ. 4). აქ, რა თქმა უნდა, გათვალისწინებულია ნულ-პუნქტსა და მასშტაბებს შორის განსხვავება. (ნახ. 4-ზე ჯვრები აღნიშნავს ქარხნის მონაცემებს, წერტილები—ავტორთა შედეგებს, ჯვრები წერტილებით—განსაზღვრებს, რომლებიც ერთიმეორეს დაემთხვა). როგორც გრაფიკები გვიჩვენებს, შედეგები ორივე შემთხვევაში საკმაოდ კარგად ეთანხმება ერთმანეთს.



ნახ. 4

ბ) სპირალური მიკრომეტრების ცდომილებები. სპირალურ მიკრომეტრებს ახასიათებს ორი სახის ცდომილება — გადატანითი და პერიოდული. სპირალის ორ მეზობელ ხეათა შორის მანძილების არატოლობით გამოწვეული გადატანითი ცდომილებების გამოსარკვევად სპირალის ბიჯის ტოლი დამხმარე მონაკვეთი უნდა გაიზომოს სპირალის სხვადასხვა ხეით. გაზომვები წარმოებს წრიული სკალის ერთსა და იმავე ანათვალზე (პერიოდული ცდომილებების გამოსარიცხად). (10)—სახის განტოლებათა სისტემა ამოიხსნება იმ პირობით, რომ  $\Delta_1 = 0$  და  $\Delta_{10} = 0$  (გამოკვლევა აქაც რიდბერგის მეთოდით წარმოებს).

დამხმარე ინტერვალად გამოყენებულ იქნა საზომი ლუბის მინის სკალა, რომლის ერთი დანაყოფის ფასი ტოლია 0,1 მმ. დამხმარე სკალის გადაადგილე-

ბა ურიკის მიმართ ხდებოდა სპეციალურად გაკეთებული მოწყობილობის დახმარებით.

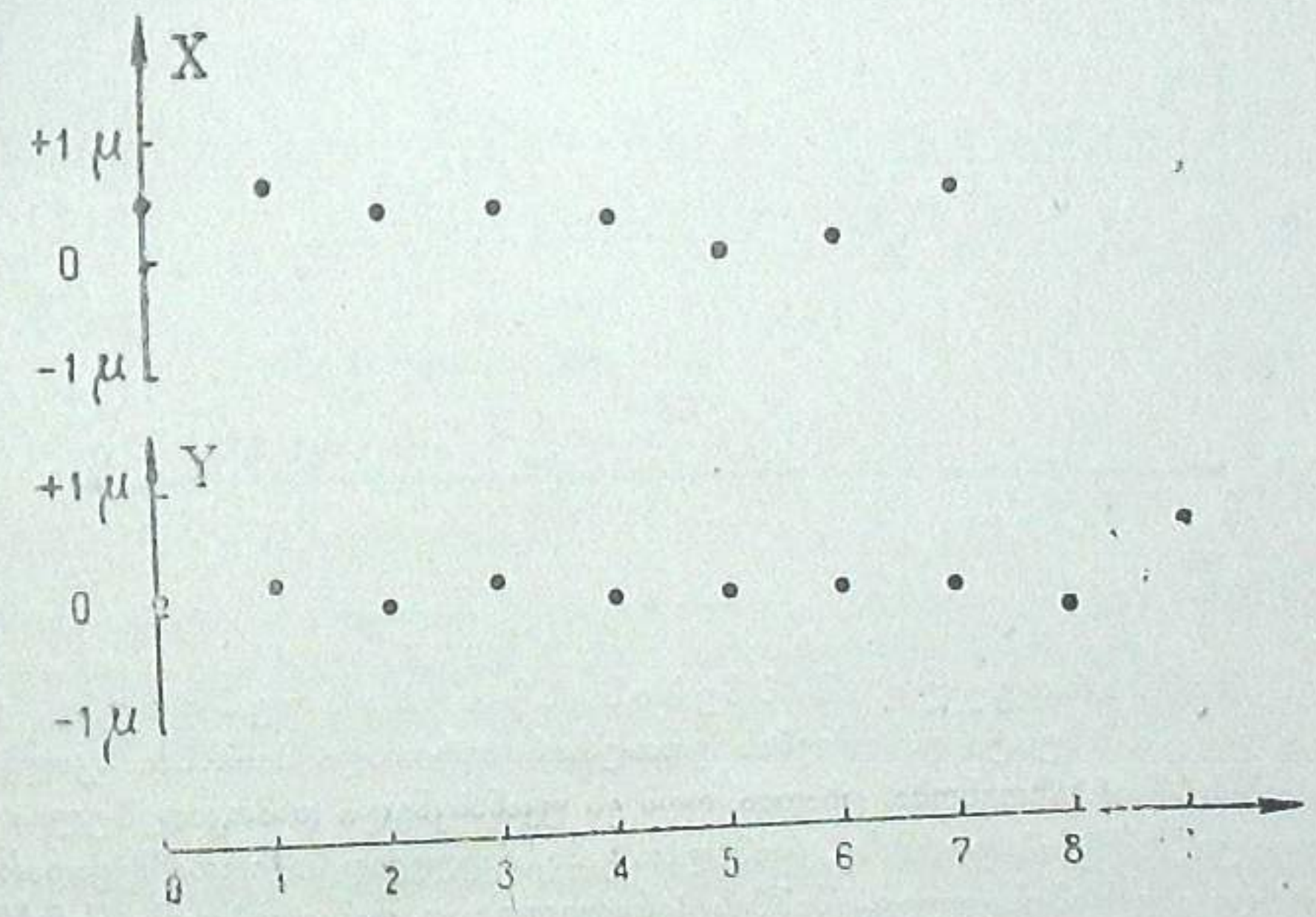
თითოეული მიკრომეტრისათვის ჩატარდა გაზომვათა ხუთ-ხუთი სერია. შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილსა და მე-5 ნახაზზე.

ცხრილი 2

სპირალური მიკრომეტრების გადატანითი ცდომილებები (0,0001 მმ-ში)

ანათვალის სკალაზე	X	Y	ანათვალის სკალაზე	X	Y
0.0	0	0	0.5	+3	+1
0.1	+2	+1	0.6	+4	0
0.2	+2	+2	0.7	+2	-1
0.3	+3	+2	0.8	+1	-2
0.4	+3	+3	0.9	0	-2

პერიოდული ცდომილებები გამოწვეულია წრიული სკალის ცენტრისა და ბრუნვის წერტილის არაიგივურობით. ისინი მეორდება სპირალის ყოველი შემობრუნების შემდეგ.



ნახ. 5

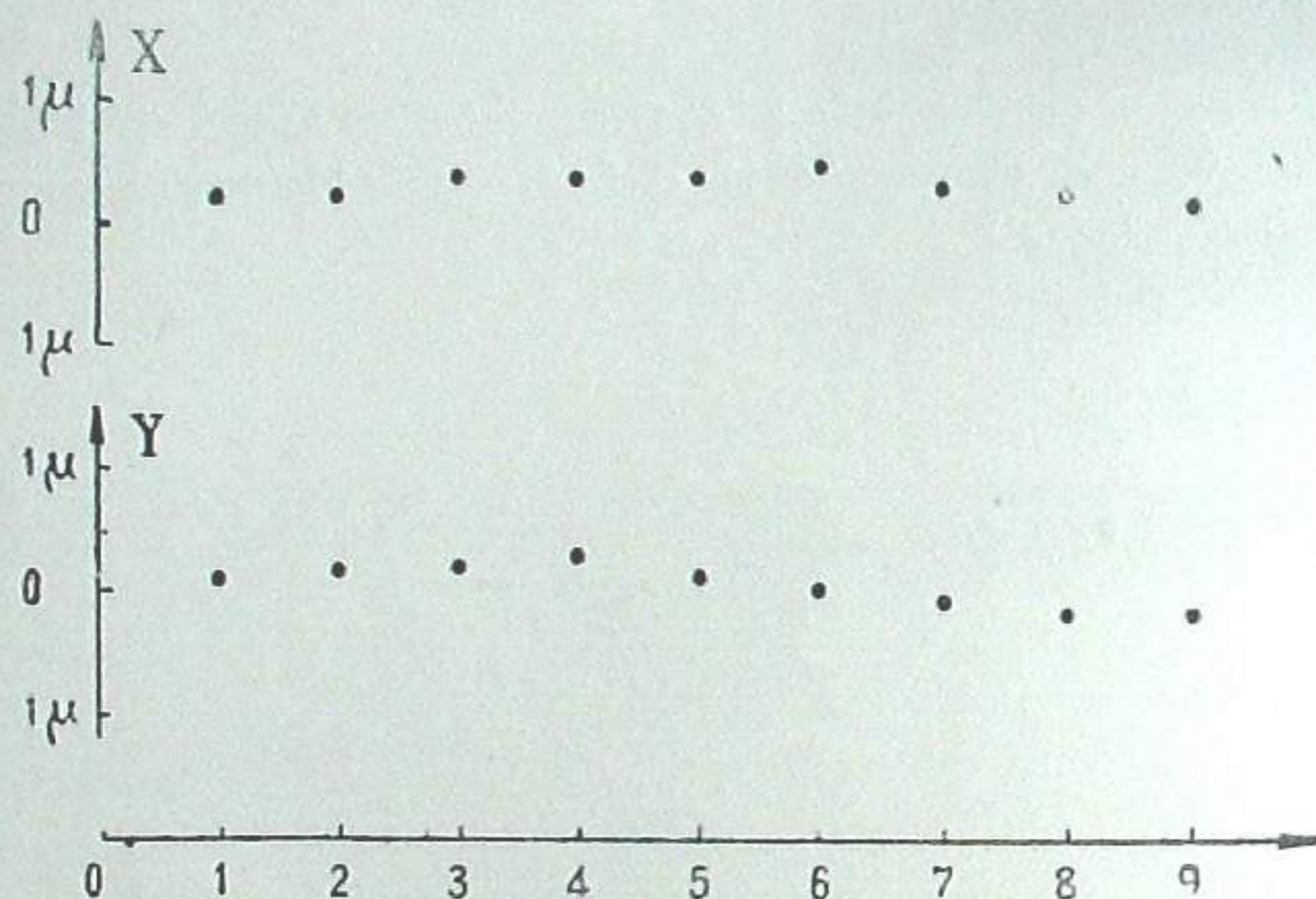
დამხმარე სკალაზე, რომლითაც ვსარგებლობდით გადატანითი ცდომილებების გამოსაკვლევად, ორ მეზობელ შტრიხს შორის გაჭიმულ იქნა ობობას ქსელის ძაფი, ისე, რომ მანძილი ობობას ქსელის ძაფსა და ერთერთ შტრიხს შორის ყოფილიყო სპირალის ერთი შემობრუნების 2/5-ის ტოლი, ე. ი. 0,04 მმ. ამ ინტერვალს ვზომავდით წრიული სკალის სხვადასხვა ნაწილით ორ-ორი შემობრუნების ფარგლებში.

სულ თითოეული მიკრომეტრისათვის ჩატარდა გაზომვათა ხუთ-ხუთი სერია. შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილსა და მე-6 ნახაზზე.

ცხრილი 3

სპირალური მიკრომეტრების პერიოდული ცდომილებები (0.0001 მმ-ში)					
შემობრუნების ნაწილები	X	Y	შემობრუნების ნაწილები	X	Y
0.0	+5	+1	0.5	0	0
0.1	+6	+2	0.6	+1	0
0.2	+4	0	0.7	+5	0
0.3	+4	+2	0.8	+3	-2
0.4	+3	0	0.9	+6	+5

როგორც მე-2 და მე-3 ცხრილებიდან ჩანს, სპირალური მიკრომეტრების გადატანითი და პერიოდული ცდომილებები იმდენად მცირეა, რომ შესაძლებელია მათი უგულებელყოფა ზუსტი ასტროფოტოგრაფიული გაზომვებითაც კი.



ნახ. 6

გ) მიმმართველი შიმშების სწორხაზოვნობის გამოკვლევა. ზუსტი გაზომვების ერთ-ერთი ძირითადი პირობაა სკალის მოძრაობის სწორხაზოვნობა. ცხადია, რომ ეს უკანასკნელი დამოკიდებულია მიმმართველი შიმშების ფორმაზე, რომელთა გამოსაკვლევად საჭიროა შევადაროთ ისინი ურიკაზე გამოსაკვლევი შიმშის პარალელურად დამაგრებულს, წინასწარ აღებულ სწორ ხაზს.

მიმმართველი შიმშების სწორხაზოვნობის გამოსაკვლევად და მათი პერიოდულად შემოწმების მიზნით, ხელსაწყოს თან ახლავს სპეციალური მოწყობილობა. ის წარმოადგენს ჩარჩოს, რომელშიც გაჭიმულია ლითონის წვრილი მავთული (დიამეტრით 0,05 მმ). შესაძლებელია მისი შემობრუნება თავის ღერძის გარშემო 180°-ით.

შრომებში [2, 6, 7] აღნიშნულია, რომ ტემპერატურის ცვლილებისას მეტალური ძაფი ვერ ინარჩუნებს თავის ფორმას და ამასთანავე იგი საგრძნობლად განსხვავდება სწორი ხაზისგან. ამის გამო აღნიშნული მავთული წინასწარ შევ-

ცვალეთ ობობას ქსელის ძაფით. გაზომვები ხდებოდა ყოველი 10 მმ-ის დაცილებით, რის შემდეგ ძაფი ბრუნდებოდა 180°-ით და გაზომვები მეორდებოდა. გაზომვების ამ ორი რიგისაგან ხდება საშუალოს აღება, რაც იძლევა საშუალებას გამოირიცხოს ძაფის არასწორხაზოვნობა. გაზომვები ხდებოდა ერთსა და იმავე დღეს 1,5—2 საათის განმავლობაში. ძაფის თითოეულ მდებარეობაში ანათვალის აღება ხდებოდა 4-ჯერ. თითოეული მიმმართველი შიმშის ფორმის გამოსაკვლევად ჩატარებული იქნა გაზომვათა ექვს-ექვსი სერია.

მიმმართველი შიმშების სიმრუდზე  $\Delta l$  შესწორებები, გამოითვლება შემდეგნაირად. ანათვალის  $X_1$ , რომელიც უშუალოდ მიიღება X-ღერძზე მოცემულ ძაფსწორზე დაყენებისას, შეიცავს შესწორებებს, რომლებიც გამოწვეულია ძაფის Y-ღერძთან არაპარალელობით, მიმმართველი შიმშებისა და შესადარებელი ძაფის სიმრუდით და გაზომვის შემთხვევითი ცდომილებებით, ე. ი.

$$X_1 = x_0 + ay + \Delta l + \Delta \pi, \tag{14}$$

სადაც  $\Delta l$  მიმმართველი შიმშების სიმრუდზე შესწორებებია და  $\Delta \pi$  კი შესწორებებია ძაფის სიმრუდზე (ვგულისხმობთ, რომ გაზომვის შემთხვევითი ცდომილებები ნულის ტოლია).

180°-ით მობრუნების შემდეგ,

$$X_2 = X'_0 + a'y + \Delta l - \Delta \pi, \tag{15}$$

(14) და (15) გამოსახულებების შეკრების შედეგად ვღებულობთ:

$$\Delta l = \frac{X_1 + X_2}{2} - \frac{X_0 + X'_0}{2} - \frac{a + a'}{2} Y$$

ანუ

$$\Delta l = X_{სა} - (a + bY). \tag{16}$$

ამოცხსნით რა განტოლებათა სისტემას

$$X_{სა} = a + bY.$$

უმცირეს კვადრატთა ხერხით, ვიპოვიოთ  $a$  და  $b$  კოეფიციენტებს, შემდეგ კი (16) ტოლობიდან მიმმართველი შიმშის სიმრუდზე შესწორებებს.

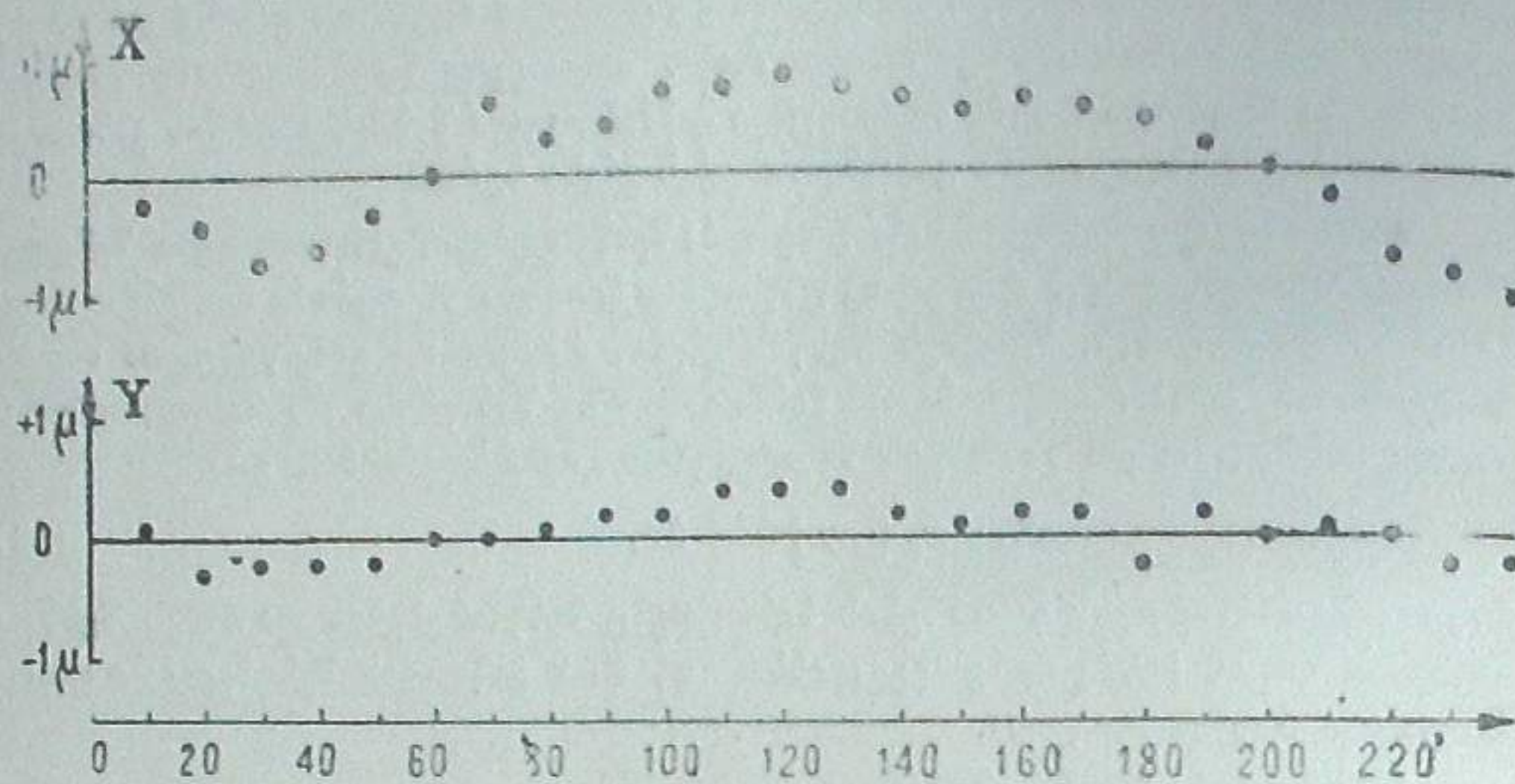
გამოკვლევის შედეგები მოცემულია მე-4 ცხრილსა და მე-7 ნახაზზე.

ცხრილი 4

მიმმართველი შიმშების სიმრუდზე შესწორებები (0.0001 მმ ერთეულებში)								
ანათვალის სკალაზე	X	Y	ანათვალის სკალაზე	X	Y	ანათვალის სკალაზე	X	Y
10	-2	+1	90	+4	+2	170	+5	+2
20	-4	-2	100	+7	+2	180	+4	-2
30	-7	-2	110	+7	+4	190	+2	+2
40	-6	-2	120	+8	+4	200	0	0
50	-3	-2	130	+7	+4	210	-2	+1
60	0	0	140	+6	+2	220	-7	0
70	+6	0	150	+5	+1	230	-8	-2
80	+3	+1	160	+6	+2	240	-10	-2

როგორც ცხრილიდან ჩანს, შესწორებები ერთ მიკრონს არ აღემატება.

დ) მიმართველი შიმშების არამართობულობა. ა. კენიგმა (A. König) უჩვენა, რომ თუ ვასაზომი ობიექტის ზუსტ კოორდინატებს აღვ-



ნახ. 7

ნიშნავთ X და Y-ით, გაზომილებს კი x და y-ით, მაშინ საკმაოდ დიდი სიზუსტით [1]:

$$\begin{cases} X = x - kx, \\ Y = y - ix, \end{cases} \quad (17)$$

სადაც k არის სკალათა მასშტაბებს შორის სხვაობა, ხოლო i რადიანებში გამოსახული კუთხე x-ღერძის პერპენდიკულარსა და რეალურ y-ღერძს შორის. k და i-ს საპოვნელად უმჯობეს კვადრატთა ხერხით უნდა ამოიხსნას პირობით განტოლებათა შემდეგი სისტემები:

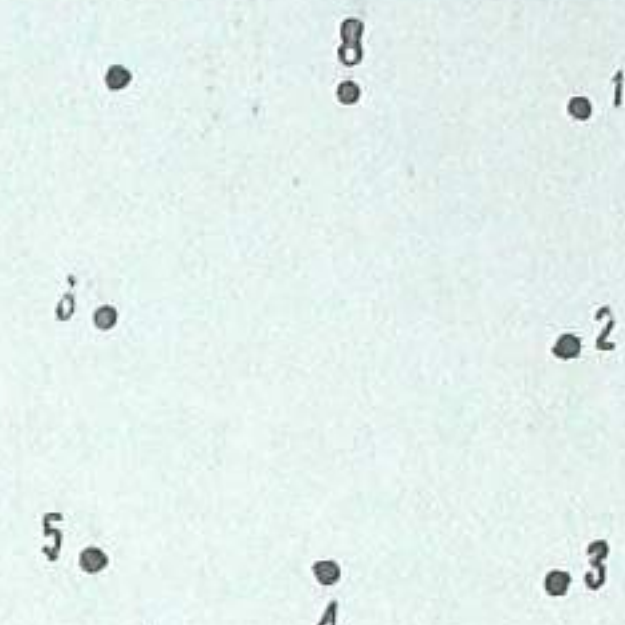
$$\begin{cases} x_0 f + g x_{90} + p = x_0 - y_{90}, \\ x_0 h + f x_{90} + q = x_{90} + y_0, \end{cases}$$

სადაც  $x_0, y_0$  და  $x_{90}, y_{90}$  არის ვასაზომი წერტილის კოორდინატები ფირფიტის ორი ერთმეორისაგან  $90^\circ + \epsilon$  კუთხით განსხვავებულ მდებარეობაში. უცნობი კოეფიციენტები f, g, h, p, q საძებნ სიდიდეებთან დაკავშირებულია შემდეგი ტოლობებით:

$$\begin{cases} i = \frac{1}{2}(h-g), \\ k = f + \frac{1}{2}\epsilon^2 & p = u + \frac{1}{2}u\epsilon^2 \\ \epsilon = -\frac{1}{2}(h+g) & q = v + u\epsilon. \end{cases} \quad (20)$$

u და v არის კოორდინატთა სათავის კოორდინატები ფირფიტის მეორე მდებარეობაში პირველი მდებარეობის სისტემაში. f ყოველი სისტემიდან ამოიხსნება ცალ-ცალკე, ე. ი. k-სათვის მიიღება ორი მნიშვნელობა.

ვასაზომ წერტილებად აღებულ იქნა  $20 \times 20$  ზომის მინაზე დატანილი 5 მმ ზადის 8 გადაკვეთის წერტილი, რომლებიც განლაგებულია  $150 \times 150$  მმ კვადრატის გვერდებზე ცენტრის სიმეტრიულად (ნახ. 8). ყველა 8 წერტილი ვასაზომი იქნა 4-ს, ერთმანეთისაგან  $90^\circ$ -ით განსხვავებულ მდებარეობაში. შემდეგ  $180^\circ$ -ით განსხვავებული ანათვლების საშუალო მიღებულ იქნა ერთ მდებარეობად.



ნახ. 8

(18) და (19) განტოლებათა სისტემების ამოხსნისა და (20) ტოლობების დახმარებით მივიღებთ:

$$\begin{aligned} i &= 2.566 \cdot 10^{-5} \text{ რად.} = 5''.29 \\ k_1 &= 9.11 \cdot 10^{-6}, \\ k_2 &= 4.67 \cdot 10^{-6}, \\ \epsilon &= 1.033 \cdot 10^{-5} \text{ რად.} = 2''.13 \end{aligned}$$

ამრიგად აღმოჩნდა, რომ მიმართველი შიმშები საკმაოდ მაღალი სიზუსტითაა ურთიერთმართობული.  $k_1$  და  $k_2$ -სათვის მიღებული მნიშვნელობები კი გვიჩვენებს, რომ სკალების გამოკვლევით მიღებული შესწორებების შეტანას ვასაზომი კოორდინატებში ძალიან კარგად მიყავს სკალები ერთ საერთო მასშტაბზე.

ე) ურჩის გადაფერდება. ურჩის გადაფერდება გამოწვეულია პარალელოგრამთა შემქმნელი ღეროების უტოლობითა და არაპარალელურობით. ფირფიტა ურჩისთან ერთად გადატანითად მხოლოდ იმ შემთხვევაში გადაადგილდება, თუ აღნიშნული ღეროები წყვილ-წყვილ ტოლი და ზუსტად პარალელური იქნება. თუ ეს პირობა არ იქნება შესრულებული, მაშინ ფირფიტას გადაადგილებისას ბრუნვითი მოძრაობაც ექნება.

შრომაში [2] ჩატარებული ანალიზიდან ჩანს, რომ თუ ღეროების სიგრძეთა შორის განსხვავება არის 0,1 მმ, მაშინ მობრუნების კუთხე უფრო გრძელი ღეროების წყვილისათვის იცვლება  $22''.0$ -ით, ხოლო მეორე წყვილისათვის —  $39''.6$ -ით. ცდომილება, რომელიც მოქმედებს ვასაზომი კოორდინატებზე, გამოწვეულია ორივე წყვილი ღეროების ცდომილებათა ერთობლივი მოქმედებით.

თუ არსებობს ურჩის გადაფერდება, მაშინ მიმართველი შიმშების ცდომილებები სხვადასხვა იქნება დამხმარე ძაფის სხვადასხვა მდებარეობაში გა-



ზომვისას. ამასთანავე  $i$ -ს მნიშვნელობა დამოკიდებული უნდა იყოს გაზომილი წერტილების განლაგებაზე.

[2]-ში მიმართველი შიშვების მართობულობის გამოსაკვლევად გამოყენებულია ორი, დაახლოებით ურთიერთპერპენდიკულარული მონაკვეთის ბოლოებზე მდებარე 4 წერტილი, რომლებიც იზომება ორ ერთმანეთისაგან  $90^\circ$ -ით განსხვავებულ მდებარეობაში. ამ შემთხვევაში

$$i = \frac{1}{2} (\varphi_1 - \psi_1 + \varphi_2 - \psi_2) \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_1 &= \frac{y_{31} - y_{11}}{x_{31} - x_{11}}, & \operatorname{tg} \psi &= \frac{x_{41} - x_{21}}{y_{41} - y_{21}}, \\ \operatorname{tg} \varphi_2 &= \frac{y_{22} - y_{42}}{x_{22} - x_{42}}, & \operatorname{tg} \psi &= \frac{x_{32} - x_{12}}{y_{32} - y_{12}} \end{aligned} \quad (22)$$

სადაც  $x$  და  $y$ -ის ნიშნაკებიდან პირველი უჩვენებს წერტილის ნომერს მეორე—ფირფიტის მდებარეობას,  $\varphi_1$  არის კუთხე 1,3 წერტილების შემაერთებელ სწორსა და  $X$ -ღერძს შორის ფირფიტის პირველ მდებარეობაში,  $\psi_1$  კუთხე 2,4 წერტილების შემაერთებელ სწორსა და  $Y$ -ღერძს შორის კუთხე ფირფიტის ამავე მდებარეობაში.  $\varphi_2$ -კუთხე 1,3 წერტილების შემაერთებელ სწორსა და  $x$ -ღერძს შორის ფირფიტის მეორე მდებარეობაში,  $\psi_2$ -კუთხე 4,2 წყვილის შემაერთებელ სწორსა და  $y$ -ღერძს შორის ფირფიტის მეორე მდებარეობაში.

გამოკვლევისათვის გამოყენებულ იქნა წინა პარაგრაფისათვის მიღებული გაზომვები. კუთხე  $i$  განსაზღვრულ იქნა წერტილების 9 სხვადასხვა კომბინაციით. შედეგები მოცემულია მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 5

	წერტილების განლაგება (ნახ. 8)	$i$	$i - \bar{i}$
1	4-8; 6-2	+ 2.27	- 0.74
2	5-2; 6-2	- 0.34	- 3.35
3	4-8; 7-1	+ 7.98	+ 4.97
4	3-1; 6-2	- 0.80	- 3.081
5	4-8; 5-3	- 3.00	- 6.01
6	5-7; 7-1	+ 6.18	+ 3.17
7	3-1; 7-1	+ 15.60	+ 12.59
8	3-1; 5-3	+ 3.99	+ 0.98
9	5-7; 5-3	- 4.79	- 7.80
		+ 3.01	

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს,  $i$ -ს მნიშვნელობების გაზნევა არ აღწევს იმ სიდიდეებს, რომლებიც შეესაბამება ღეროების სიგრძეებს შორის 0,1 მმ განსხვავებას, ე. ი. გამოსაკვლევი ხელსაწყოების პარალელოგრამების შემქმნელი ღეროების სიგრძეებს შორის განსხვავება, თუ ის არსებობს, არ აღწევს 0,1 მმ-ს.

როგორც ვხედავთ, კუთხე  $i$  განსაზღვრულ იქნა ორი სხვადასხვა მეთოდით. მიღებული მნიშვნელობები საკმაოდ კარგად ემთხვევა ერთმანეთს. საბოლოოდ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ

$$i = 4'1.2,$$

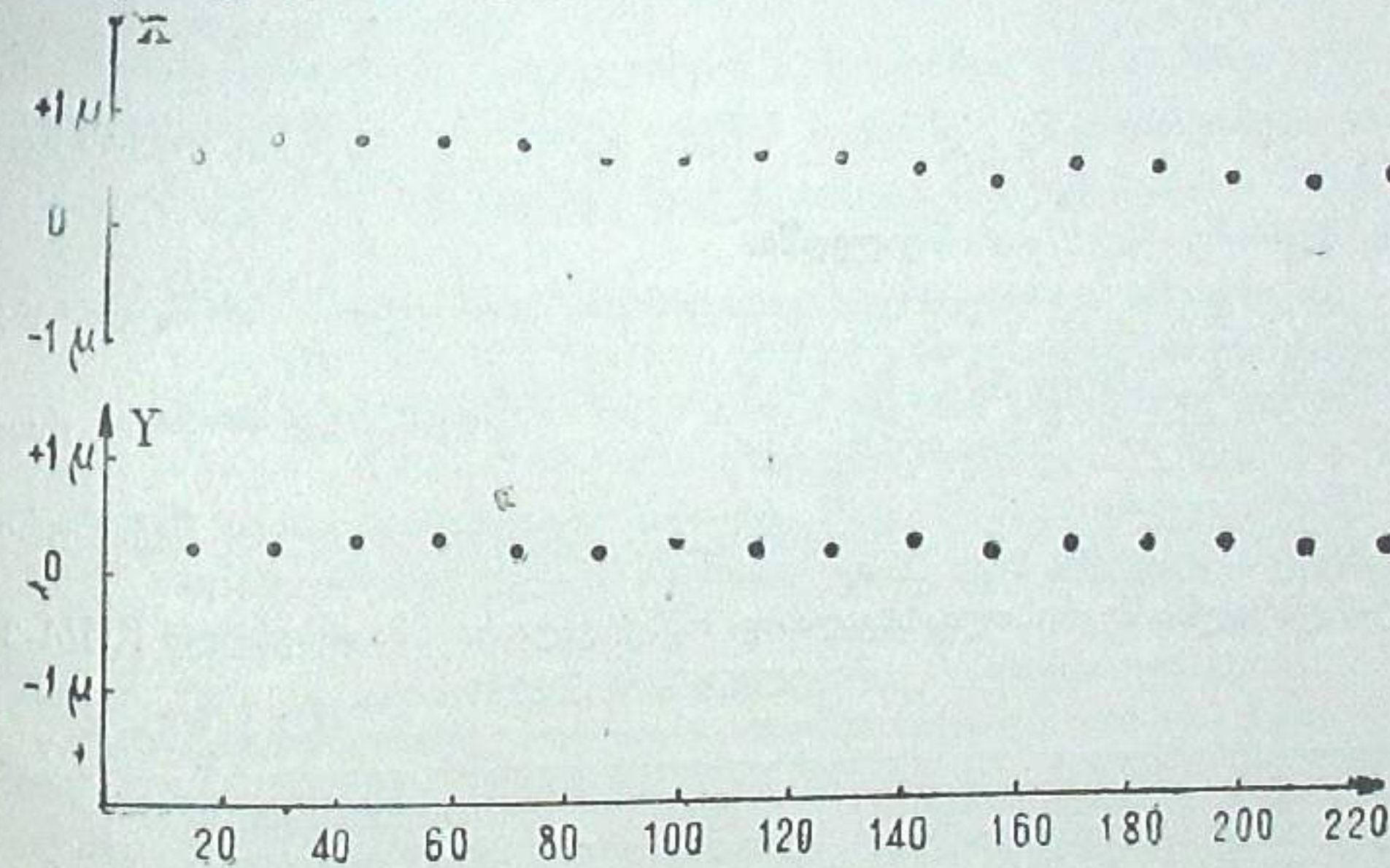
ვ) რენი მთელი სკალის გასწვრივ. რენის ცდომილების გამოსაკვლევად ვისარგებლეთ თითოეული სკალის 16 ინტერვალის საშუალოდ შტრიხების გაზომვებით. რენის მნიშვნელობა ცალკეული ინტერვალისათვის მოცემულია მე-6 ცხრილში.

ცხრილი 6

შესწორებები რენზე სპირალის ერთი შემობრუნებისათვის  $0,01\mu$  ერთეულებში

ინტერვალი	$x$	$y$	ინტერვალი	$x$	$y$
8-22	+6	+2	120-134	+8	+2
22-36	+8	+2	134-148	+7	+3
36-50	+8	+3	148-162	+6	+2
50-64	+8	+3	162-176	+8	+3
64-78	+8	+2	176-190	+8	+3
78-92	+7	+3	190-204	+8	+3
92-106	+7	+2	204-218	+7	+2
106-120	+8	+2	218-232	+8	+2

რენის ცვალებადობა სკალების გასწვრივ მოცემულია მე-9 ნახაზზე.



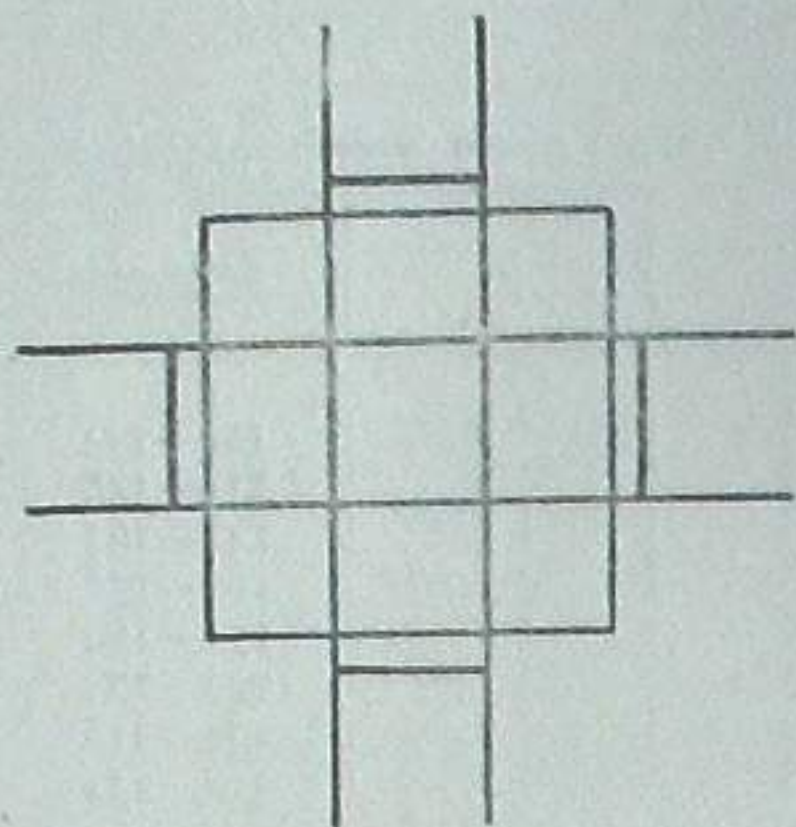
ნახ. 9

8) საზომი ბადის კვადრატთა ცენტრების არათანმთხვევა. КИМ-3-ის საზომი ბადე წარმოადგენს კვადრატს დამატებითი ხაზებით (ნახ. 10).

გასაზომი ობიექტი, სიდიდის მიხედვით, თავსდება მცირე—ცენტრალური ან დიდი კვადრატის შუაში. ამიტომ სხვადასხვა სიდიდის ობიექტების გაზომილ კოორდინატებს შორის სისტემატური განსხვავება რომ არ იყოს, საჭიროა აღნიშნულ კვადრატთა ცენტრები ერთმანეთს ემთხვეოდეს. ამ გარემოების გამოკვლევის მეთოდი მეტად ტრივიალურია და ამიტომ აღწერას არ საჭიროებს.

გამოკვლევამ დაგვანახა, რომ მცირე კვადრატის ცენტრი დიდი კვადრატის ცენტრის მიმართ გადაადგილებულია  $0,8 \mu$ -ით, ამიტომ სხვადასხვა სიკაშკაშის

ვარსკვლავების გაზომვისას საჭიროა ფირფიტის ორ ერთმანეთისაგან 180°-ით განსხვავებულ მდებარეობაში გაზომა. (რევერსიული პრიზმით მობრუნება არ არის საკმარისი).



ნახ. 10

§ 4 დასკვნა. შესრულებული გამოკვლევის შედეგები გვიჩვენებს, (ისინი თავმოყრილია მე-7 ცხრილის პირველ სტრიქონში), რომ ხელსაწყოთა სკალეებზე შტრიხების დატანის ცდომილება არ აღემატება 1.5 μ-ს და, როგორც წესი, მდებარეობს 1.0 μ-ის შუალედში.

სპირალური მიკრომეტრების გადატანითი ცდომილებები არ აღემატება ±0.4 μ-ს, პერიოდული კი — ±0.6 μ-ს.

რენის ცდომილება სპირალის ერთ შემობრუნებაზე X-ღერძისათვის ტოლია +0.08 μ, Y-სათვის კი +0.02 μ.

მიმმართველი შიშვები დამზადებულია მაღალხარისხოვნად; მაქსიმური ცდომილება შეადგენს 1.0 μ X-სკალისათვის, Y-სკალისათვის — 0.4 μ.

მე-7 ცხრილში შეკრებილია სხვადასხვა ობსერვატორიებში არსებული კიმ-3 ტიპის საზომი ხელსაწყოების გამოკვლევათა შედეგები.

ცხრილი 7

№ სახელწოდება	სკალის შტრიხების შესწორების	სპირალური მიკრომეტრების შესწორებები		რენი სპირალის ერთ შემობრუნებაზე		მიმმართველი შიშვების სწორება		i	ლიტერატურა
		გადატანითი	პერიოდული	x	y	x	y		
550001	1.5	0.4	0.6	0.08	0.02	1.0	0.4	4.20	[2] [3] [4] [6] [7]
?	2.0	0.8	0.8	0.06	0.01	3.8	4.7	4.31	
520001	1.0	—	0.4	—	—	1.2	0.5	—	
530001	1.6	0.0	0.2	—	—	0.0	2.6	0.65	
550002	1.7	1.9	0.9	0.02	0.25	0.8	1.0	22.8	
510002	0.8	0.4	0.3	0.20	0.03	3.8	2.3	—	

ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კიმ-3-ის ჩვენ მიერ გამოკვლეული ეგზემპლარი (№ 550001) წარმოადგენს ერთობ მაღალხარისხოვნად დამზადე-

ბულსა და ზუსტ კოორდინატ-საზომ ხელსაწყოთა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს პრეციზიული ასტრომეტრიის მიზნებისათვის გაზომვების შესასრულებლად.

დეკემბერი, 1962.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ КИМ-3

Г. Н. САЛУКВАДЗЕ и А. Ш. ХАТИСОВ

(Резюме)

В статье приводятся результаты исследования координатно-измерительной машины КИМ-3 № 550001, установленной в Абастуманской астрофизической обсерватории.

Были исследованы все основные ошибки указанного прибора:

- а) Ошибки штрихов шкал,
- б) Периодические и поступательные ошибки спиральных микрометров,
- в) Непрямолинейность направляющих линейек,
- г) Неперпендикулярность направляющих линейек,
- д) Перекос платформы,
- е) Рэн,
- ж) Несовпадение центров измерительных квадратов.

Исследование выполнено «в две руки» — обоими авторами, независимо друг от друга. Окончательный же результат является средним из двух.

Исследование проведено по методу, изложенному в работе Х. И. Поттера и О. Н. Чудовичевой [3]. Этот метод представляется наиболее рациональным при исследовании таких длинных шкал, какие имеются при КИМ-3, (длина каждой шкалы 240 мм).

Ошибки нанесения штрихов на измерительных шкалах лежат, как правило, в пределах одного микрона и в редких случаях достигают 1.5 μ (таблица 1).

Поступательные ошибки спиральных микрометров не превосходят 0.4 μ (таблица 2, рис. 5), а периодические — 0.6 микрона (таблица 3, рис. 6).

Рэн на один оборот спирали для шкалы X составляет +0.08 μ, для шкалы Y — 0.02 μ (таблица 6, рис. 9).

Направляющие линейки прибора изготовлены с большой точностью. Поправки направляющей параллельной оси X не превосходят 10 μ, а поправки за кривизну направляющей параллельной оси Y, меньше 0.5 микрона (таблица 4, рис. 7).

Направляющие линейки перпендикулярны с большой точностью (i = 4''·20).

Результаты проведенного исследования подтверждают, что прибор КИМ-3 является весьма точным прибором и им можно успешно пользоваться при точных астрофотографических измерениях.

## AN INVESTIGATION OF THE MEASURING MACHINE KIM-3

G. N. SALUKVADZE and A. Sh. KHATISOV

დავით აღმაშენებლის ინსტიტუტის მიერ

1. König A. Über einen Zeißischen Koordinatenmeßapparat. AN. 1932, 246, 5893 237—252.
2. Бугославская Е. Я. Измерительный прибор КИМ-3. Труды Гос. астрон. инст. им. Штернберга. 1961, 30, 164—180.
3. Поттер Х. И., Чудовичева О. Н. Исследование координатно-измерительной машины КИМ-3. Изв. Гл. Астрон. (Пулковской) обс. АН СССР. 1957, 20, № 157, 121—132.
4. Блажко С. Н. Курс практической астрономии. 1951, М.—Л.,
5. Зверев М. С. Фундаментальная астрометрия. Успехи астрон. наук. 1954, 6, 3—143.
6. Канаев И. И. Вань Лай. Результаты исследования прибора КИМ-3 № 550002. Изв. Гл. астрон. (Пулковской) обс. 1960, 22, 166, 180—183.
7. Середа Е. М. Результаты исследования координатно-измерительной машины КИМ-3. Изв. Гл. астрон. обс. АН УССР. 1962, 4, 2, 16—23.
8. Артюхина Н. М., Каримова Д. К. Исследование измерительного прибора КИМ-3. Сообщ. Гос. астрон. инст. им. Штернберга: 1961, № 104, 21—38.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЩЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОГО ИНФРАКРАСНОГО СПЕКТРОФОТОМЕТРА И ВНЕЗАТМЕННОГО КОРОНОГРАФА

Э. И. ТЕТРУАШВИЛИ и Д. С. ХЕЦУРИАНИ

Целью нашей работы было исследование щелей инфракрасного спектрофотометра Абастуманской обсерватории [1] и внезатмненного коронографа, собираемого в обсерватории. Щели коронографа изготовлены в механической мастерской Пулковской обсерватории Д. С. Усановым (описание подобных щелей дано в работе [2]).

Исследование состояло из следующих этапов.

1. Определение нуль-пунктов шкалы головок щелей.
2. Проверка соотношения между отсчетами по шкале и шириной раскрытия щелей.
3. Определение клиновидности щелей.
4. Определение качества рабочих краев щек.
5. Исследование радиусов и положений центров кривизны щек кривой щели.

Для решения четырех из перечисленных задач мы пользовались дифракционным методом Ю. Н. Липского [3, 4], а пятая в основном выполнена на универсальном измерительном микроскопе (УИМ-21).

Метод Липского основан на наблюдении дифракционной картины, получаемой от исследуемой щели. Согласно теории дифракции разность фаз  $\varphi$  для лучей, идущих от разных щек щели, выражается формулой:

$$\varphi = \frac{\pi}{\lambda} d \sin \alpha,$$

где  $\lambda$ —длина волны падающего света,  $d$ —ширина щели,  $\alpha$ —угловое расстояние точек дифракционной картины от центра. Минимумам яркости соответствуют:

$$\varphi = \pi, 2\pi, 3\pi, \dots$$

а максимумам —

$$\varphi = 0, 1.43\pi, 2.46\pi, 3.47\pi, \dots$$

Зная расстояние щели от фотопластики, на которой фотографируется дифракционная картина, и измерив расстояние между максимумами или минимумами, можно получить значение  $\alpha$  и определить из вышеприведенной формулы ширину щели:  $d = \frac{\lambda}{\sin \alpha}$  для первого миниму-