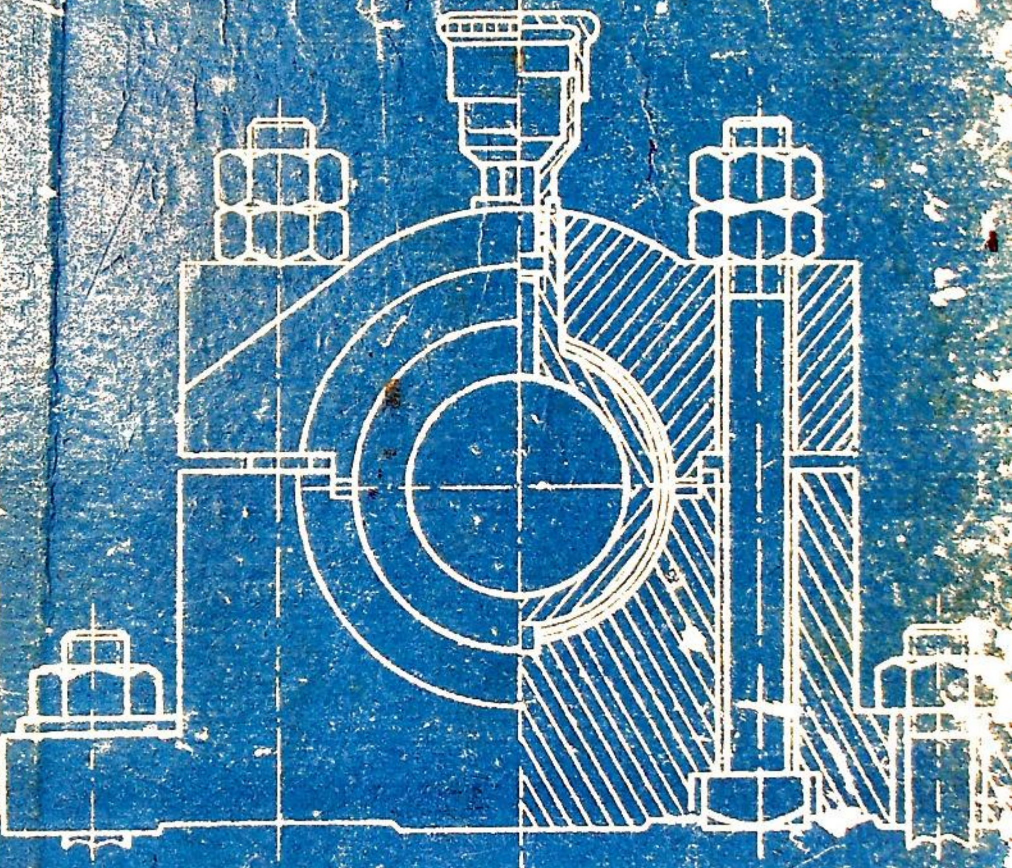
ზ. ბურჯულაძე



ხაზვის კურსი

ს. გურჯულაძე

ხაზვის კურსი

მესამე გამოცემა

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო სპეციალური
განათლების სამინისტროს მიერ დამტკიცებულია სახელ-
მძღვანელოდ უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებლებისათვის

გამომცემლობა „განათლება“
თბილისი — 1971

Бурчуладзе Сергей Дмитриевич

Курс черчения

(на грузинском языке)

რედაქტორები: მ. ბასიშვილი, ი. სემიკინა
გარეკანის მხატვარი ა. ებრალიძე
მხატვრული რედაქტორი მ. ასათიანი
ტექრედაქტორი გ. ჯოხაძე
კორექტორი ლ. შარაშენიძე

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 3/II-71 წ. ანაწყობის ზომა 7×11.
ქაღალდის ზომა 70×108. ნაბეჭდი თაბახი 21.
სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 24,91.
უე 00237 ტირაჟი 5000. შეკვ. № 278.
ფასი 1 მან. 26 კაპ.

გამომცემლობა „განათლება", თბილისი, კამოს ქ. № 18.
Издательство «Ганатлеба», Тбилиси ул. Камо № 18.
1971

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს ბეჭდვითი სიტყვის სახელმწიფო კომიტეტის მთავარპოლიგრაფმრეწველობის სტამბა № 1, თბილისი, ორჯონიკიძის ქ. № 50.

Типография № 1 Главполиграфпрома Госкомитета Совета Министров Груз. ССР по печати. Тбилиси ул. Орджоникидзе № 50.

$\frac{3-1-3}{193-71}$

ავტორისაგან

ხაზვას საერთაშორისო ტექნიკურ ენას ეძახიან, რადგანაც საერთო სტანდარტების საფუძველზე აღნიშვნით შესაძლებელი ხდება ხაზვის მცოდნისათვის საერთო ენის გამონახვა ტექნიკაში. ხაზვის უცოდნელად ტექნიკური განვითარება წარმოუდგენელია.

თანამედროვე ინდუსტრიის სწრაფი ტემპით განვითარება მოითხოვს კვალიფიციურ ინჟინერ-ტექნიკოსთა და მუშათა კადრებს, რომელთაც უნარი ექნებათ მეცნიერებისა და ტექნიკის წინ წაწევის, ტექნიკასა და წარმოებაში ახალი სრულყოფილი მეთოდების დანერგვის, წარმოების ტექნოლოგიის გაუმჯობესებისა და ახალი, რთული მანქანების შექმნისა. ასეთი კადრების მომზადების დონის ამაღლების ერთ-ერთ მთავარ ფაქტორს, სხვა სასწავლო დისციპლინებთან ერთად, წარმოადგენს ხაზვის კურსის საფუძვლიანად შესწავლა.

მუშათა კვალიფიკაციის ასამაღლებელ სასწავლებლებში, რომლებიც უშუალოდ არიან დაკავშირებულნი მანქანათსაშენ ქარხნებთან, ქარხნის ტექნიკურ წრეებსა და სხვადასხვა ტექნიკურ სასწავლებელში ხაზვა ერთ-ერთ ძირითად საგნად უნდა ჩაითვალოს. კვალიფიციური ტექნიკური ცოდნით შეიარაღებული მუშის მომზადება გრაფიკული გამოსახვის, ანუ ხაზვის ძირითადი მეთოდების საფუძვლიანად შესწავლის გარეშე შეუძლებელია.

რადგან ხაზვის კურსში განიხილება სამუშაო ნახაზების სწრაფად, სწორად წაკითხვისა და გაგების მეთოდები, სამუშაო ესკიზებისა და ნახაზებზე სხვადასხვა მანქანის ნაწილებისა და მექანიზმების ტექნიკურად სწორად გამოხაზვის წესები, ამიტომ მის შესწავლას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს მუშა-გამომგონებელთათვისაც. ხაზვის ძირითადი (ელემენტარული) ცოდნის შეძენით მათ საშუალება ეძლევათ ქაღალდზე გამოსახონ თავიანთი გამოგონებები, გაუმჯობესებები და რაციონალიზატორული წინადადებები.

თუ ზემოაღნიშნულ პირთათვის ხაზვას ასე დიდი მნიშვნელობა აქვს, ის მით უფრო აუცილებელია უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებლების სტუდენტებისათვის. ხაზვის კურსის ცოდნის გარეშე შეუძლებელია სათანადო სპეციალისტ-ინჟინრისა და ტექნიკოსის მომზადება. ამავე კურსზეა დამყარებული ისეთი სპეციალური საგნების შესწავლა, როგორიცაა: მანქანათა ნაწილები, ამწე მანქანები, სამთო მექანიკა, სამშენებლო საქმე და ყველა სხვა ტექნიკური ხასიათის სპეციალური საგანი.

ხაზვის კურსის საფუძვლიანი შესწავლა განსაზღვრავს შემდეგში გრაფიკული სამუშაოების შესრულების ხარისხს საკურსო და სადიპლომო გეგმარებში.

პრაქტიკაში წარმოუდგენელია ისეთი ინჟინერი ან ტექნიკოსი, რომელიც ვერ შეძლებს ნახაზის შედგენა-წაკითხვასა და გაგებას. ამის გამო ხაზვას მნიშვნელოვანი ყურადღება უნდა მიექცეს და ზუსტად იქნეს შესწავლილი

ყველა ის მასალა, რომლებიც სტუდენტთათვისაა გათვალისწინებული არსებული ხაზვის პროგრამებით. ხაზვის მთელი კურსი გაყოფილია ოთხ ძირითად ნაწილად.

პირველი ნაწილი შეიცავს გეომეტრიულ ხაზვას. მისი საშუალებით სტუდენტი ეჩვევა ნახაზებზე სხვადასხვა გეომეტრიული გამოსახულების სწრაფად და სწორად აგებას, სახაზავი იარაღების სწორად ხმარებას და სიბრტყეზე სხვადასხვა ნაკვთის სწორ გამოსახვას.

მეორე ნაწილში განხილულია გეგმილური (პროექციული) ხაზვა, რომლის საშუალებით სტუდენტს უვითარდება ნახაზებიდან სივრცეში საგნების წარმოდგენის უნარი; სწავლობს თუ როგორ უნდა გამოისახოს და განლაგდეს ნახაზზე საგნების სხვადასხვა ხედი (გეგმილი); მხაზველობითი გეომეტრიის საფუძველზე სხვადასხვა გეგმილს შორის ამყარებს გეგმილურ კავშირს და განსაზღვრავს გეგმილების საჭირო რაოდენობას. ამავე ნაწილში შედის საგნების აქსონომეტრიული გამოსახულება, რომელსაც უფრო სურათის სახე აქვს, ვიდრე ნახაზისა, რის გამოც ის ნახაზზე გამოსახულ საგანს უფრო თვალსაჩინოს ხდის.

მესამე ნაწილში განხილულია ტექნიკური ხაზვა. აქ ფართოდაა გაშუქებული ხაზვაში მიღებული სტანდარტები, ზოგიერთი მანქანის ნაწილების გამოხაზვის წესები და ყოველგვარი სამუშაო ნახაზების შედგენის ხერხები.

მეოთხე ნაწილში მოცემულია სამშენებლო ხაზვის ელემენტები, რომლებიც პროგრამით გათვალისწინებულია ყველა სპეციალობის სტუდენტებისათვის, გარდა მშენებლებისა.

სახელმძღვანელოს ყოველ თავში ჯერ მასალის თეორიული ახსნა-განმარტებაა მოცემული და შემდეგ შესრულებულია რამდენიმე ამოცანა. ასეთი ტიპური ამოცანების ამოხსნის შემდეგ კი მოცემულია სავარჯიშო ამოცანები, რომლებიც შეძლებისდაგვარად ისეთნაირადაა შერჩეული, რომ საინტერესო იყოს როგორც პედაგოგიური თვალსაზრისით, ისე პრაქტიკული მნიშვნელობითაც.

სახელმძღვანელოს შესახებ ყოველგვარი მართებული მითითებანი ავტორის მიერ მადლობით იქნება მიღებული.

უმთავრესი ლიტერატურა, რომლითაც ვსარგებლობდით სახელმძღვანელოს შედგენისას, შემდეგია:

1 В. А. Федоренко, А. И. Шошин, Справочник по машиностроительному черчению, 1961.

2. Е. И. Годик, Л. К. Бирюкович, С. К. Япушевский, Справочное руководство по черчению, 1959.

3. Н. Н. Иванов, Руководство по машиностроительному черчению и выполнению контрольных работ, 1961.

4. В. С. Левицкий. Машиностроительное черчение, 1961.

5. И. М. Могильный, Техническое черчение, 1954.

6. С. К. Боголюбов, Задачник по черчению, 1961.

7. В. Г. Звягин, Строительное черчение, 1951.

8. პროფ. ა. გულისაშვილი, მხაზველობითი გეომეტრიის კურსი, 1959.

9. მ. მიქელაძე, ტექნიკური ხაზვა, 1954.

10. М. Д. Микеладзе, Шрифты, 1960.

11. დ. ჭელიძე, ს. ბურჭულაძე, ხაზვის კურსი, 1960.

შესავალი

ყოველი საგანი, რომელიც ჩვენს გარშემოა და მხედველობის ორგანოს საშუალებით შეგვიძლია მათი ფორმის აღქმა, მაგ.: მანქანები, შენობები, დანადგარები ან მათი ნაწილები, შეიძლება ნახატის ან სურათის საშუალებით გამოვსახოთ ისე, როგორც მას ვხედავთ, მაგრამ ასეთი გამოსახვით საგნის ზომები დამახინჯდება. ამიტომ ტექნიკაში გამოყენებულია უფრო ზუსტი გამოსახულება ნახაზის სახით, რომელიც სახაზავი ხელსაწყო-იარაღებით ზუსტად არის შესრულებული.

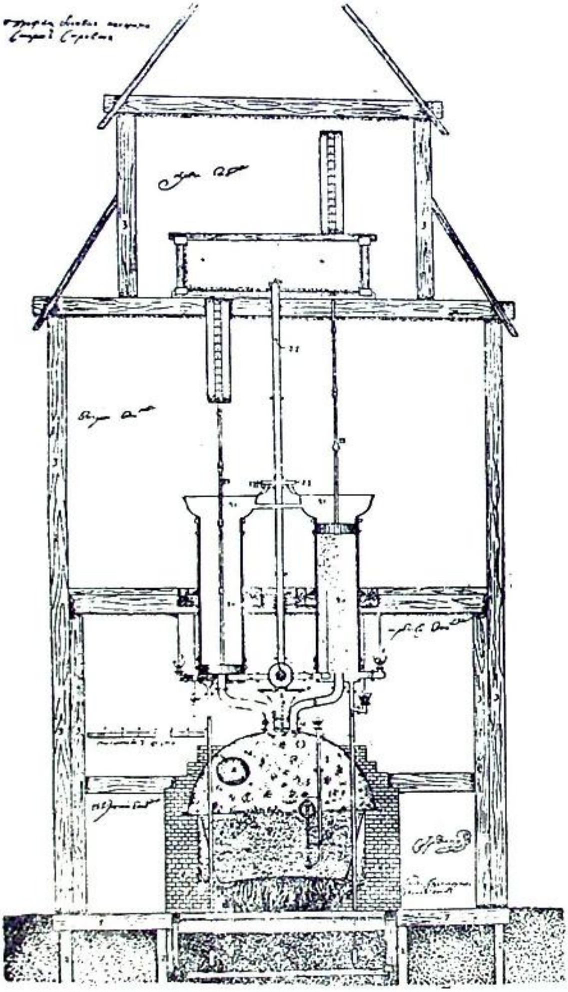
სიბრტყეზე საგნების გამოსახვის მეთოდებს ადამიანი ძველი დროიდანვე ეძებდა. ამას მოწმობს ჩვენამდე მოღწეული ძველი კულტურის ძეგლები. ძველად სიბრტყეზე ან რაიმე ზედაპირზე საგნები სურათის სახით გამოისახებოდა. შემდეგში სურათი თანდათანობით იღებს ნახაზის სახეს. უძველესი ძეგლების შესწავლა გვიჩვენებს, თუ თანდათანობით როგორ უმჯობესდება გამოსახვის მეთოდები.

რუსული ტექნიკის ისტორიას მოეპოვება XVI—XVIII საუკუნეების ნახაზები, როგორიცაა: ქალაქ ფსკოვის პერსპექტიული გამოსახულება (1581 წ.); ქ. მოსკოვის კრემლის გამოსახულება (1600 წ.); ქალაქ მოსკოვის გეგმა (1616 წ.) და სხვ.

პეტრე პირველის მეფობის დროს თითქმის მთელი XVIII საუკუნის განმავლობაში აღინიშნება გრაფიკის განვითარების დიდი აღმავლობა (ეს ის პერიოდია, როცა რუსეთის მრეწველობა სწრაფად ვითარდება). 1701 წელს ს. რემეზოვის მიერ შედგენილ იქნა ატლასი („ციმბირის მიწების და ქალაქების ნახაზების წიგნი"). პეტრე პირველის მითითებით დამუშავდა სხვადასხვა ციხე-სიმაგრისა და სამხედრო-თავდაცვითი მნიშვნელობის გეგმა-ნახაზები 1708, 1709, 1711, 1726 წლებში. ამავე პერიოდში თვითონ პეტრე პირველის მიერ შედგენილია გეგმის ასაგები ნახაზი.

ნიჭიერმა რუსმა გამომგონებელმა ივანე ივანეს-ძე პოლზუნოვმა 1763 წელს გამოიგონა მსოფლიოში პირველი საქარხნო „ცეცხლით მოქმედი მანქანა", რომლის ნახაზები (ნახ. 1) გადასცა ალტაის ქარხნის უფროსს ა. პორშინს.

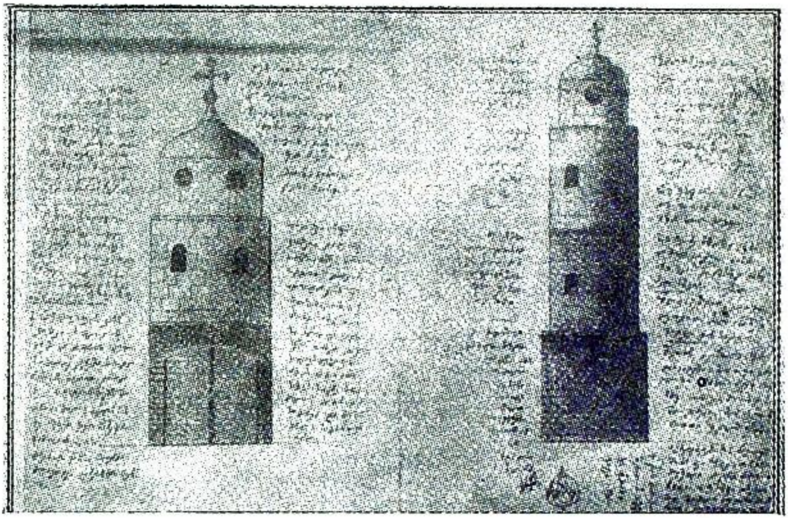
ი. პოლზუნოვის მიერ წარმოდგენილი ცეცხლით მოქმედი ორთქლის მანქანის პროექტის მიხედვით იყო აგებული მსოფლიოში პირველი ორთქლის მანქანა (1764—1765 წწ.). დიდმა რუსმა ნოვატორმა ი. პოლზუნოვმა 20 წლით ადრე, ვიდრე ინგლისელმა ჯემს უატმა, კაცობრიობას მისცა მანქანა, რომლის დანიშნულება იყო ფაბრიკა-ქარხნების მექანიზმების მოძრაობაში მოყვანა. ი. კულიბინმა შეადგინა ნახაზები: კვერცხისებური ფორმის საათის (1764—1765 წწ.); მდინარე ნევაზე ხის ხიდის პროექტი (1776 წ.); „წყალმავლის" პროექტი (1782—1804 წწ.) და სხვ. მამა-შვილმა ე. და მ. ჩერე-



ნახ. 1. ი. ი. პოლზუნოვის ცეცხლით მოქმედი ორთქლის მანქანის ნახაზი (1763 წ.).

პანოვებმა დაამუშავეს ორთქლმავლის ნახაზები, რომელთა მიხედვით მათ ააგეს პირველი ორთქლმავალი რუსეთში.

სამშენებლო საქმესა და არქიტექტურაში, პროექტების სახით და ამ პროექტების მიხედვით ნაგებობათა სახით, შესანიშნავი მემკვიდრეობა დაგვიტოვეს რუსმა არქიტექტორებმა: მ. ზემცოვმა (1688—1743 წწ.), ი. ალექსეევმა



ნახ. 2. დავით გარეჯის მონასტრის კოშკების პროექტი (1720 წ.).

(1726—1781 წწ.), ფ. ლ. არგუნოვმა (1716—1768 წწ.), ვ. ბაჟენოვმა (1737—1799 წწ.), მ. კაზაკოვმა (1738—1812 წწ.) და სხვებმა.

საქართველო, როგორც კულტურის ერთ-ერთი უძველესი კერა, განსაკუთრებით მდიდარია შესანიშნავი არქიტექტურული ძეგლებით.

რომ არ ვილაპარაკოთ ისეთი მონუმენტური ნაგებობის შესახებ, როგორიცაა ბაგინეთის კომპლექსი, რომელიც მიეკუთვნება ძველი წელთაღრიცხვის პირველი ათასწლეულის მეორე ნახევარს, საკმარისია დავასახელოთ ქართული ხუროთმოძღვრული ხელოვნების ბრწყინვალე ნიმუშები: მცხეთის ჯვარი (VI საუკუნის მიწურული), ბაგრატის კათედრალი, სვეტი-ცხოველი. გელათი (XI საუკუნე), რომელთა აგება, ცხადია წინასწარ შედგენილი გეგმა-ნახაზის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა.

მრავალმა ბარბაროსულმა შემოსევამ საქართველოში გაანადგურა ასეთი გეგმა-ნახაზები. იმდროინდელი ნახაზებიდან დღემდე შემონახულია მხოლოდ უადრესი გეგმები, დათარიღებული XVIII საუკუნით, და წარმოადგენს დავით გარეჯის მონასტრის კოშკების საკმაოდ დეტალურად შესრულებულ ნახაზებს (1720 წ.).

ეს ნახაზი შედგენილია ვახუშტი აბაშიძის მიერ (ნახ. 2).

ამ ნახაზების გამომცემლის სიტყვით „კოშკთა მოწყობილობაში, ცხადია, კარგად ცნობილი ელემენტები და მოტივებიცაა გამოყენებული: სათოფურეები, ბუხრები, საპირფარეშოები, კამაროვან გადახურვათა გვერდით ხის სართულშორისი გადახურვაც (ეს ტექსტშია მითითებული), მაგრამ ყველაფერი ეს შენობათა გარეგნული სახისათვის ნაკლებ მნიშვნელოვანია და ამგვარი დანიშნულების ნაგებობაში ყველგან შეიძლება შეგვხვდეს“.

პროექტის განმარტება ზოგჯერ არ ზღუდავს მშენებელს: „ფანჯრები კიდე როგორც ამჯობინოთ, ისე დაატანეთ. აგრეთვე სათოფურები ძირს, ზემოთ, სალოდეებიც როგორც ეჭირებოდესო“.

ეს სიტყვიერი განმარტებები დასჭირდათ იმიტომ, რომ იმდროინდელი პროექტი ხშირად მხოლოდ ერთ გეგმილში კეთდებოდა და ისიც ხელით — უიარაღოდ, რომელზედაც ზომების დასმა უძნელდებოდათ.

გრაფიკულ გამოსახულებათა მეთოდებზე რუს მეცნიერთა მიერ დაწერილი და გამოქვეყნებულია სერიოზული შრომები, მაგ., პროფესორ ი. სევასტიანოვის — 1818—1831 წწ., პროფ. პ. გალაქტიონოვის 1841 წ., აკადემიკოს ი. სომოვის — 1862 წ., პროფ. ნ. მაკაროვის — 1870 წ., პროფ. ვ. კურდუმოვის — 1853—1904 წწ. და სხვ.

ოქტომბრის რევოლუციის შემდეგ სსრ კავშირში გრაფიკულ გამოსახულებათა მეთოდებზე მუშაობენ მეცნიერები: ა. დობრიაკოვი, დ. კარგინი, ნ. ჩეტვერუხინი, ვ. გორდონი, ვ. კამენევი, ს. კულიკოვი, ნ. პოპოვი, გ. ნიკოლაძე, ა. გულისაშვილი და სხვები.

როგორც ცნობილია, საქართველოში გრაფიკულ გამოსახულებათა თეორიის — მხაზველობითი გეომეტრიის ფუძემდებლად ითვლება მრავალი სპეციალობის მქონე პროფესორი გიორგი ნიკოლოზის-ძე ნიკოლაძე (1888—1931), რომელმაც ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ მიიღო ინჟინერ-მეტალურგის სპეციალობა და დონბასში საპროექტო ბიუროში უბრალო მხაზველის თანამდებობაზე დაიწყო მუშაობა, სადაც გამოიბრძმედა იგი 1913—18 წლებში ერთ-ერთ საუკეთესო მეტალურგად მთელი რუსეთის მასშტაბით. 1918 წელს გ. ნიკოლაძე ბრუნდება საქართველოში და მის ძირითად პროფესიად, მეტალურგიის ნაცვლად, მისთვის საყვარელ თვითშესწავლილ მათემატიკას აღიარებს. დაუღალავი მეცნიერული მუშაობით იგი ხდება გამოჩენილი მათემატიკოსი; 1921—1923 წლებში მან ჩააბარა სადოქტორო გამოცდები და მოგვევლინა ერთ-ერთ ძლიერ მათემატიკოსად. გ. ნიკოლაძე თბილისის უნივერსიტეტში პოლიტექნიკურ ფაკულტეტზე (რომლის ერთ-ერთ ფუძემდებლად თვითონ ითვლება) კითხულობდა როგორც წმინდა მათემატიკურ საგნებს, ისე წმინდა საინჟინრო კურსს (მეტალურგიას) და მოსაზღვრე ხასიათის დისციპლინებს — მხაზველობით გეომეტრიას და ნომოგრაფიას.

მხაზველობითი გეომეტრიის კურსს გ. ნიკოლაძე აღნიშნულ ფაკულტეტზე კითხულობს 1923—26 წლების განმავლობაში. მხაზველობით გეომეტრიაში პირველი სახელმძღვანელო გ. ნიკოლაძის მიერ წაკითხული ლექციებიდან ქართულ ენაზე გამოსცა პოლიტექნიკური ფაკულტეტის სტუდენტთა ტექნიკურმა წრემ 1926 წელს. ამ ვრცელსა და ორიგინალურ კურსში ავტორის ზოგი გამოკვლევაც შევიდა.

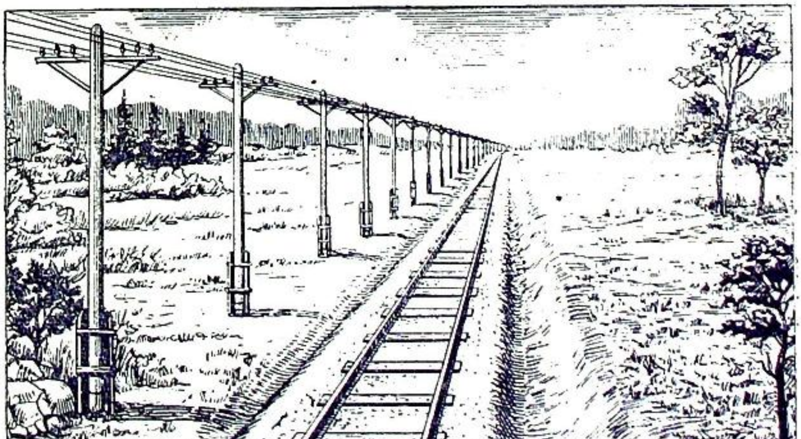
საქართველოში მხაზველობითი გეომეტრიისა და ხაზვის განვითარებაში დიდი ღვაწლი მიუძღვის მეცნიერებისა და ტექნიკის დამსახურებულ მოღვაწეს პროფ. არჩილ ალექსის-ძე გულისაშვილს, რომელიც გ. ნიკოლაძის შემდეგ ჩაუდგა სათავეში ტექნიკისათვის აუცილებელი საგნების — მხაზველობითი გეომეტრიისა და ხაზვის განვითარებას, შექმნა ქართულ ენაზე ორიგინალური სახელმძღვანელო მხაზველობით გეომეტრიაში. ეს სახელმძღვანელო გამოირჩევა საპროგრამო მასალის მეთოდური დალაგებით, ყველასათვის გასაგები,

სხარტი, პოპულარული ენით. პროფესორი ა. გულისაშვილი მრავალი წლის განმავლობაში ხელმძღვანელობს მხაზველობითი გეომეტრიისა და ხაზვის კათედრას, სადაც მისი ხელმძღვანელობით აღიზარდნენ ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატები, დოცენტები: ი. გვარაშვილი, ე. მჭედლიშვილი, ლ. კოჩინაშვილი, კ. ყიფშიძე, გ. ვაჩნაძე, თ. გულისაშვილი, გ. ცეცხლაძე, ი. ჯაფარიძე, მ. ლაფერაშვილი, ვ. ავალიშვილი, გ. გაბაშვილი, ტ. თალაკვაძე, ო. რუსიშვილი, ამ სტრიქონების ავტორი და სხვა მრავალი როგორც საქართველოდან, ისე სხვა მოძმე რესპუბლიკებიდან.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ კათედრის ყოფილმა წევრმა დოც. დ. ჭელიძემ დიდი ნაყოფიერი შრომა ჩაატარა ხაზვის სახელმძღვანელოს შედგენაზე, რომელიც უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებლების პოპულარულ სახელმძღვანელოდ ითვლებოდა ათეული წლების განმავლობაში ქართულ ენაზე და წინამდებარე სახელმძღვანელოს საფუძვლად შეიძლება ჩაითვალოს.

ასევე ითქმის ამჟამად განსვენებულ ინჟინერ მ. მიქელაძეზე, რომელმაც ტექნიკუმებისათვის საუკეთესოდ გაფორმებული სახელმძღვანელო შექმნა ხაზვაში ქართულ ენაზე. დაამუშავა და აგრეთვე შეადგინა ქართულ სტანდარტულ შრიფტებზე სახელმძღვანელო, რომელიც წინამდებარე სახელმძღვანელოში გამოყენებულია უცვლელად.

ხაზვა გრაფიკის სხვა სახეებისაგან იმით განსხვავდება, რომ ის მოითხოვს ხელსაწყო-იარაღებით ზუსტად აგებას, რაც საერთო შეთანხმების საფუძველზე, პირობითი აღნიშვნების მიხედვით სრულდება. ზოგჯერ ნახაზში მოყვანილი რომელიმე ნაწილი ისეა გამოხაზული, რომ თითქოს სრულებით არ ჰგავს იმ საგანს, რომლის ნახაზსაც ის წარმოადგენს, მაგრამ, წინასწარი შეთანხმების საფუძველზე, ხაზვის მცოდნე ადვილად გებულობს მას და ასევე ადვილად



ნახ. 3.

წარმოიდგენს ამ სხეულის ფორმას. ასეთი პირობითობა აადვილებს ნახაზის შედგენას.

გრაფიკის მეორე სახეს წარმოადგენს ხატვა, რომელიც თითქოს წააგავს ხაზვას, მაგრამ მთლიანად არა. დამკვირვებლისათვის ნახატი საგანზე უფრო კარგ წარმოდგენას იძლევა, ვიდრე ნახაზი, რადგან ნახატი შესრულებულია ისე კი არა, როგორც სინამდვილეშია, არამედ როგორც დაინახა მხატვარმა. ადამიანის თვალი ძირითადად, ერთ სისტემაზეა აგებული და ამიტომ ნახატი ყველასათვის თითქმის ერთნაირად ადვილი გასაგებია. ნახატი სრულდება ხელით. უიარაღოდ, მარტო ფანქრით, მიახლოებით ისე, როგორც მას ხედავს მხატვარი (ნახ. 3).

მე-3 ნახ.-ზე გამოსახულია რკინიგზის ლიანდაგი და საჰაერო კავშირგაბმულობის გაყვანილობა თავისი ბოძებით. ეს გამოსახულება გარემოზე წარმოდგენას იძლევა ისე, როგორც მას ხედავს ადამიანის თვალი და მას არავითარი განმარტება არ ესაჭიროება. მაგრამ ჩვენ ვიცით, რომ ბოძები სინადვილეში ყველა ერთისა და იმავე სიმაღლისაა, ბოძებს შორის მანძილი თანატოლია. რკინიგზის რელსები სინამდვილეში პარალელურია. სხვანაირად მასზე მატარებლის მოძრაობა შეუძლებელი იქნებოდა. ამ სურათით თუ ვიმსჯელებთ, ვხედავთ. რომ ბოძები დამკვირვებლიდან დაშორების მიხედვით პატარავდება და მათ შორის მანძილიც პერსპექტივის კანონზომიერებით მცირდება, ასევე. რელსების პარალელობაც. ცხადია, სინამდვილეში ეს ასე არ არის.

ეს არის ნახატი — პერსპექტიული (განჭვრეტითი) გამოსახულება, რომელიც სრულდება გრაფიკის გარკვეული წესების საფუძველზე. ასეთ გამოსახულებაზე ზომების დასმა მოუხერხებელია და ამიტომ ტექნიკაში საგნის გამოსახულების ძირითად სახეს წარმოადგენს ნახაზი, რომელსაც ზოგჯერ თვალსაჩინოებისათვის ნახატიც დაერთვის.

1 ——————

I ნაწილი

გეომეტრიული ხაზვა

პირველი თავი

აუცილებელი სახაზავი იარაღები და მასალები

ქაღალდი

სხვადასხვა სახის ნახაზებს ასრულებენ სპეციალურ სახაზავ ქაღალდზე. სახაზავად გამოიყენება უხაზო ან უჯრედებიანი ქაღალდი. მკვრივი, უხაზო ქაღალდი იხმარება ნახაზის შედგენის დროს, უჯრედებიანი ქაღალდი (მილიმეტრებად დაყოფილი) — უმეტესად ესკიზების შედგენის დროს.

სახაზავ ქაღალდზე შეიძლება ნახაზის შედგენა როგორც ფანქრით, ისე ტუშითაც, ამიტომ კარგ სახაზავ ქაღალდზე ტუში არ უნდა გაიჟღინთოს. თუ საჭირო იქნა ტუშის ამოფხეკა, მაშინ იმ ადგილზე, სადაც ამონაფხეკია, ხელმეორედ ტუშით ხაზის გატარების შემდეგ ქაღალდი არ უნდა გაიჟღინთოს. ასეთი ქაღალდის შემოწმება ხდება ჯერ უბრალოდ სინათლეზე გახედვით (ბეწვები არ უნდა ემჩნეოდეს), შემდეგ კი ტუშით გავავლებთ როგორც წვრილ ისე მსხვილ ხაზებს და დავუკვირდებით, გაიჟღინთება თუ არა ქაღალდი ტუშით. უმეტესად სახაზავ ქაღალდს ერთი მხარე გლუვი აქვს, მეორე კი — ხორკლებიანი. ასეთი ქაღალდის გლუვი მხარე ხაზვის დროს გამოდგება, ხორკლებიანი მხარე კი — ხატვისათვის.

სახაზავი ქაღალდის ხარისხზე ცუდად მოქმედებს სინესტე. განსაკუთრებით ტუშით ხაზვის დროს. თუ ქაღალდი ოდნავადაც სველია, მაშინ ის ტუშს შეიწოვს და ასეთ ქაღალდზე ნახაზის დატუშვა შეუძლებელია.

სახაზავი ქაღალდი მშრალ და ნაკლებად ცვალებადტემპერატურიან ადგილზე უნდა ინახებოდეს, აგრეთვე ვეცადოთ, რომ ხაზვის, ან ტარების დროს ის არ დაიჭმუჭნოს.

ფანქარი

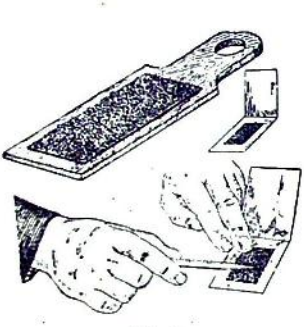
ფანქარი ხაზვის ძირითადი იარაღია. იგი წახნაგოვანი ფორმის უნდა იყოს იმიტომ, რომ სახაზავ დაფაზე დადების შემდეგ არ დაგორდეს. აგრეთვე ხაზვის დროს სასურველი არაა ფანქრის ხელში შეუმჩნევლად შემობრუ-

ნება. სახაზავ ფანქარს (ГОСТ 4067-48) 178±2 მმ სიგრძე აქვს. ფანქრის ერთ-ერთ წახნაგზე მოთავსებულია წარწერა გრაფიტის სირბილის ან სიმაგრის ხარისხის პირობითი ნიშნებით — M (Мягкость) და T (Твердость). ზოგჯერ M ასოს ნაცვლად გვხვდება B, T ასოს ნაცვლად —

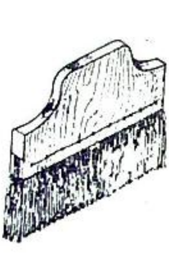
ცხრილი 1

საწერი ღერო	აღნიშვნა
ძალიან რბილი	6 M
	5 M
რბილი	4 M
	3 M
	2 M
	M
საშუალოდ მაგარი	TM
მაგარი	T
	2 T
	3 T
	4 T
ძალიან მაგარი	5 T
	6 T
	7 T

ნახ. 4.



ნახ. 5.



ნახ. 6.

H. ჩვენი ფაბრიკების მიერ გამოშვებული ფანქრები დაყოფილია 1 ცხრილის მიხედვით: ძალიან რბილი, რბილი, საშუალოდ მაგარი, მაგარი და ძალიან მაგარი. მაგარი ფანქარი T ან საშუალოდ მაგარი TM ჩვეულებრივად ნახაზის საწყისი აგებისათვის იხმარება, რბილი ფანქარი კი — მის საბოლოოდ შემოსავლებად. დამხმარე ხაზების გამოხაზვის დროს ფანქრის წვერი ძალიან წვრილად უნდა იყოს წათლილი (ნახ. 4). ნახაზის ზუსტად აგება დიდად არის დამოკიდებული ფანქრის წვერის წათლაზე: სპეციალური პატარა ბასრი დანით ფანქრის ხის ნაწილს კონუსურად წათლიან დაახლოებით 25—30 მმ-ის სიგრძეზე ისე, რომ საწერი გრაფიტის ღერო დარჩეს 8—10 მმ, რომელიც მაგარი ფანქრის დროს დამთავრდება კონუსის ძალიან წვრილი წვერით. გრაფიტის წვერის კონუსის დაზუსტება ხდება ვიწრო ხის ფირფიტაზე დაწებებულ ზუმფარიან ქაღალდზე ხეხვით (ნახ. 5).

ხაზვის პროცესში ფანქრის წვერის გაცვეთასთან დაკავშირებით ხდება ზემოაღნიშნული პროცესის განმეორება ისე, რომ ფანქრის წვერი მუდამ მახვილი და მრგვალი კონუსის ფორმის რჩებოდეს; ხეხვის დროს წარმოშობილ გრაფიტის ფხვნილს აცლიან სპეციალური ჯაგრისით (ნახ. 6). ასეთი ჯაგრისი საშლელის ხმარების შემდეგ ნახაზის გასასუფთავებლადაც იხმარება.

ტუში

ტუში შეიძლება იყოს მყარი ან თხევადი, როცა ტუში მყარია, მაშინ მას ათხევადებენ მცირეოდენ თბილ წყალში თეფშის ფსკერზე ხეხვით. მყარ ტუშს ვხეხავთ მანამ, ვიდრე წყალი მუქ შავ ფერამდე გაშავდებოდეს. ტუშის ხარისხს ვამოწმებთ სახაზავ ქაღალდზე გავლებული ხაზებით: როცა ტუშით გავლებული ხაზის ადგილზე ქაღალდი ტუშით არ გაიჟღინთება, ექნება მუქი შავი ფერი და შედარებით უფრო ადრე გაშრება, შევწყვეტთ მყარი ტუშის ხეხვას. ეს პროცესი მოითხოვს კარგად დახელოვნებას და ამიტომ უფრო ხშირად თხევად ტუშს ხმარობენ.

ტუშის ბოთლებს გარედან აწერია მისი დამზადების თარიღი და ხმარების ვადა. ხმარების ვადის გასვლის შემდეგ ტუში თანდათანობით კარგავს ხარისხს და ეს იწვევს დატუშული ნახაზის უხარისხობას (სხვა ნაკლს გარდა, ასეთი ნახაზის საშლელით გასუფთავების დროს დატუშული ხაზებიც წაიშლება ან ნაწილობრივ დაკარგავს შავ ფერს). თხევადი ტუშის თავღიად დატოვება დაუშვებელია, რადგან ტუში ჩქარა ორთქლდება და ეს კი იწვევს მის შედედებას, რაც ცუდად მოქმედებს ნახაზის ხარისხზე. ამავე დროს, ის სახიფათოა ყოველგვარი შემთხვევითი შეხების, გადაბრუნებისა და ნახაზის ტუშით დასვრისაგან. ამიტომ ტუშის ბოთლი ჩაიდგმება თუნდაც უბრალოდ პაპიროსის კოლოფში. ტუშის ხმარების დროს ბოთლიდან ტუშის ამოღების გასაადვილებლად ბოთლის საცობს უკეთდება ბატის ფრთისაგან გაკეთებული კალამი, რომელსაც საცობის მოხდის დროს ამოჰყვება ტუში და გადაიტანება სატუშე კალამში. საცობი კი იმწამსვე თავის კალმიანად ბოთლს დაეცობა.

შედედებული (აორთქლებისაგან გასქელებული) ტუშის გათხიერება წყლით არ შეიძლება, საჭიროა დავუმატოთ ნიშადურის სპირტი.

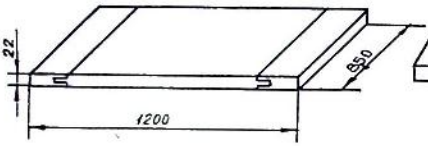
საშლელი

ხაზვაში იხმარება რბილი საშლელი, რომელიც სასურველია ქაღალდის ზედაპირზე გავუსვათ ერთი და იმავე მიმართულებით ისე, რომ საშლელის გადაადგილება ემთხვეოდეს ხაზის მიმართულებას. საერთოდ, უნდა ვეცადოთ, რაც შეიძლება, შევამციროთ საშლელის საჭიროება. იმ დროს, როდესაც ნახაზის შემოვლება ხდება ტუშით, ნახაზი უნდა გავასუფთაოთ ზედმეტი ხაზებისაგან ტუშით შემოვლებისა და მისი კარგად გაშრობის შემდეგ. დატუშვამდე საშლელის ხმარება მიზანშეწონილი არაა, რადგან იმ ადგილზე, სადაც საშლელია ნახმარი, ქაღალდის ზედაპირი ბეწვიანდება და ქაღალდი ტუშით ადვილად იჟღინთება. როდესაც ნახაზის შემოვლება ხდება რბილი ფანქრით, ამ შემთხვევაში ნახაზის გასუფთავება ზედმეტი ხაზებისაგან უნდა მოხდეს რბილი ფანქრით შემოვლებამდე.

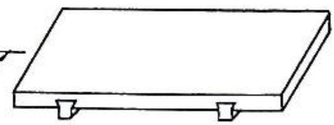
საშლელის დიდი ხნით ჰაერზე ან, მით უმეტეს, მზეზე ყოფნა იწვევს მისი ზედაპირის გამაგრებული ფენით დაფარვას, რაც ხმარების წინ დანით უნდა გადაითალოს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ქაღალდის ზედაპირი გაჭუჭყიანდება.

საჴაზავი დაფა და რეისშინა

საჴაზავი დაფა უმთავრესად ცაცხვის ხისაგან კეთდება; მასალა კარგად გამოშრობის (რამდენიმე წლის) შემდეგ უნდა გასწორდეს, ერთი მხარე ძალიან სწორი და გლუვი უნდა იქნეს, გვერდები სწორხაზოვანი და ურთიერთმართობული. ჩვეულებრივად სახაზავი დაფა უნდა იყოს სიგრძით 1 200 და განით 850-მილიმეტრი (ნახ. 7).



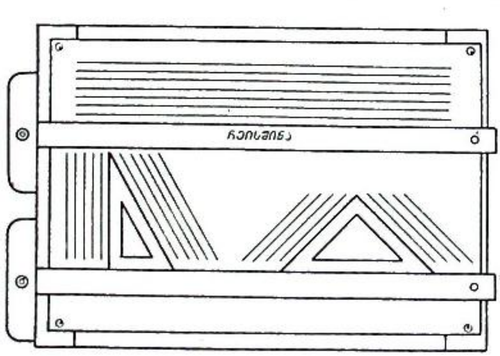
ნახ. 7.


ნახ. 8.

ხაზვის დროს სახაზავი დაფა უკეთ მოსახერხებელი რომ იყოს ქვემოდან უკეთებენ ქანობით დასადგმელს, რომელიც ამავე დროს დაფის ფიცრებსაც ამაგრებს (ნახ. 8).

მე-9 ნახ.-ზე მოცემულია სახაზავი დაფა და მასზე დაფის სახაზავი, რომელსაც რეისშინა ეწოდება. რეისშინა სახაზავ დაფაზე იხმარება, როცა სახაზავი ქაღალდი დაფაზე დამაგრებულია ჭიკარტებით. რეისშინა მხაზველს მარცხენა ხელით უჭირავს და საჭიროების მიხედვით ასრიალებს დაფის მარცხენა ნაპირზე ისე, რომ რეისშინის თავი მუდამ ეყრდნობა დაფის გვერდს. რეისშინით, როგორც წესი, ურთიერთპარალელურ ხაზებს ატარებენ და სამკუთხედის რეისშინაზე დაყრდნობით მართობული ან სხვა რომელიმე კუთხით (რომლის აგება შეიძლება სამკუთხედების საშუალებით) დახრილი ხაზის გავლებაც შეიძლება (ნახ. 9).

საკონსტრუქტორო განყოფილებაში ან სპეციალურ სამხაზველოებში გამოიყენება სათანადო დაფები, რომლებიც მოწყობილია სპეციალურ დგა-

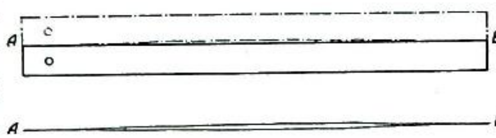


ნახ. 9.

რებზე. მოძრავი მექანიზმების საშუალებით მხაზველს შეუძლია ასეთი დაფები სასურველ სიმაღლეზე დააყენოს და მისცეს მათ სასურველი დახრილობა.

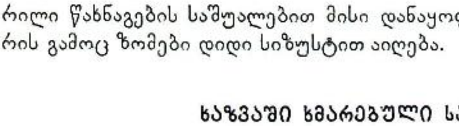
სახაზავი

სახაზავს უმეტესად მსხლის ხისაგან ამზადებენ. სახაზავზე დაჭდეულია მილიმეტრები და სანტიმეტრები. სიგრძე დაახლოებით 15—80 სანტიმეტრამდე აქვს. სახაზავს ხმარობენ ქაღალდზე სწორი ხაზების გასავლებად; ამიტომ სახაზავი უნდა იყოს ბრტყელი და გვერდები უნდა ჰქონდეს ზუსტად სწორხაზოვანი. სახაზავის შემოწმება ხდება ჯერ უბრალოდ, თვალით განჭვრეტით და შემდეგ კი ზუსტად სწორი ხაზების გატარებით (ნახ. 10). დავადებთ სახაზავს ქაღალდზე და შესამოწმებელ გვერდზე გავატარებთ წვრილ ხაზს, ამ ხაზზე აღვნიშნავთ ორ წერტილს A და B ასოებით. შემდეგ გადავაბრუნებთ სახაზავს მეორე მხარეს ისე, რომ A და B წერტილებს იგივე გვერდები დაემთხვეს. ისევ გავავლებთ A და B წერტილებს შორის წვრილ ხაზს, შემდეგ ავიღებთ სახაზავს და შევამოწმებთ, წინათ გავლებული და ახლანდელი ხაზები დაემთხვა თუ არა ერთმანეთს: თუ ორივე გავლებული ხაზი ერთიმეორეს დაემთხვა, მაშინ სახაზავი სწორია. წინააღმდეგ შემთხვევაში სახაზავის გვერდები სწორი არ არის და მას ხაზვაში ვერ გამოვიყენებთ.



ნახ. 10.

ხაზვაში გვხვდება სამასშტაბო სახაზავი, რომელიც უფრო მეტად გასაზომ ან ზომის ასაღებ სამუშაოზე იხმარება. ასეთი სახაზავი ზოგჯერ შეიცავს დანაყოფებს ნახევარი მილიმეტრის სიდიდით (ნახ. 11). ამ სახაზავს ხაზების გასავლებად არ ხმარობენ, რადგან მისი სწორი გვერდი თხელი (მახვილი) ნაპირით მთავრდება და ფანქრის წვერს ჩქარა გააფუჭებს. ასეთი სახაზავის დახრილი წახნაგების საშუალებით მისი დანაყოფები უშუალოდ ეკვრის ქაღალდს, რის გამოც ზომები დიდი სიზუსტით აიღება.



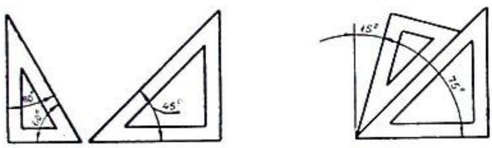
ნახ. 11.

ხაზვაში ხმარებული სამკუთხედები

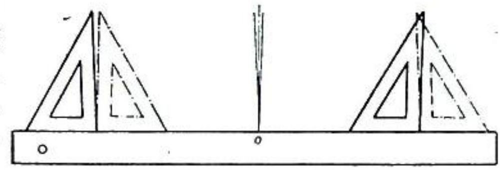
ხაზვაში იხმარება მართკუთხა სამკუთხედები (ნახ. 12), რომლებიც უმეტესად ხისაგან მზადდება. იმ მარკუთხა სამკუთხედს, რომელსაც ორივე კათეტი თანატოლი აქვს, უწოდებენ 45°-იან სამკუთხედს (რადგან ორივე მახვილი კუთხე თანატოლია და თითოეული ცალ-ცალკე 45°-ს უდრის). იმ მართ-

კუთხა სამკუთხედში, რომელსაც კათეტები სხვადასხვა სიგრძის აქვს, მახვილი კუთხიდან ერთი 60° (უმოკლეს კათეტთან) და მეორე 30°-ს (უგრძეს კათეტთან) უდრის.

ისე როგორც სახაზავს, სამკუთხედებსაც სჭირდება შემოწმება. სამკუთხედის გვერდების შემოწმება ხდება იმავე ხერხით, როგორც სახაზავის გვერდებისა. მისი სწორი კუთხის შემოწმება კი შემდეგნაირად ხდება: სუფთა ქაღალდზე გავლებულია სწორი ხაზი, რომელზედაც აღებულია ნებისმიერი O წერტილი (ნახ. 13). ამ ხაზს დავამთხვევთ სახაზავს, რომელზედაც ერთ-ერთი კათეტით დავადგამთ სამკუთხედს ისე, რომ მართი კუთხის წვერო აღებულ O წერტილს დაემთხვეს; მეორე კათეტზე გავავლებთ სწორ ხაზს; შემდეგ ავიღებთ სამკუთხედს, გადავაბრუნებთ მეორე მხარეს და დავადებთ სახაზავზე იმავე კათეტით O წერტილზე. ისევ გავავლებთ იმავე კათეტზე სწორ ხაზს. თუ წინათ გავლებული ხაზი დაემთხვა ახლანდელს, მაშინ კუთხე მართი ყოფილა, წინააღმდეგ შემთხვევაში, როცა წინათ და ახლა გავლებულ ხაზებს შორის კუთხე გაჩნდება (ნახ. 13), სამკუთხედის კუთხე 90°-ს არ უდრის (მეტია თუ ნაკლები, სულ ერთია) და ის სახმარებლად არ გამოდგება.



ნახ. 12.

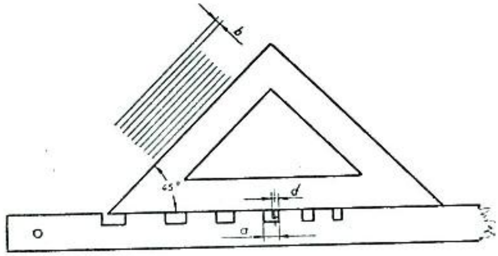


ნახ. 13.

თანატოლი მანძილით დაშორებული პარალელური ხაზების გასავლებად გამზადებული სამკუთხედი

ხაზვაში ხშირად გვჭირდება გავლება გარკვეული კუთხით დახრილი, ერთიმეორესთან თანაბარი მანძილით დაშორებული პარალელური ხაზებისა, რომელთა თვალზომით შესრულება მოითხოვს დიდ დროს და გარკვეულ მომზადებას. აქ მოგვყავს ყველაზე მარტივი და ადვილად გამოსაყენებელი მოწყობილობა, რომლის გამზადება ყოველ სტუდენტს შეუძლია. აღებულია თანატოლკათეტიანი, ე. ი. 45°-კუთხიანი სამკუთხედი. ამ სამკუთხედის ჰიპოტენუზის დაახლოებით შუაზე ჩარჭობილია d-დიამეტრიანი წვრილი ლითონის ღერო (შეიძლება ქინძისთავის გადანაჭერი), გარეთ დარჩენილი ღეროს სიმაღლე დაახლოებით 2 მილიმეტრი იყოს.

ავიღოთ ჩვეულებრივი სახაზავი და მის ერთ-ერთ გვერდზე ამოვჭრათ სხვადასხვა სიგანის მართკუთხედები (ნახ. 14), რომელთა სიმაღლე დაახლო-



ნახ. 14.

ებით 3 მილიმეტრი იქნება. ამ მართკუთხედის სიგანეზეა დამოკიდებული პარალელურ ხაზებს შორის მანძილი. ამიტომ ჩვენ შეგვიძლია წინასწარი ანგარიშით განვსაზღვროთ მართკუთხედის სიგანე ისე, რომ პარალელურ ხაზებს შორის გარკვეული მანძილი მივიღოთ.

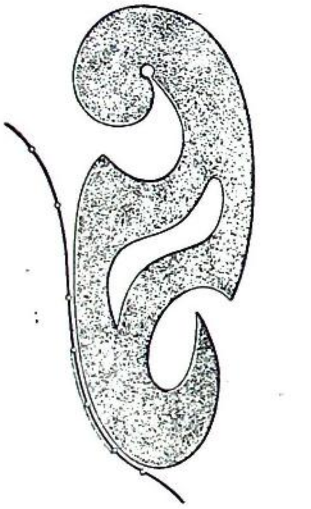
სახაზავზე ამოჭრილი თითოეული მართკუთხედის სიგანის განსაზღვრა შეგვიძლია შემდეგი წესით: თუ პარალელურ ხაზებს შორის მანძილს აღვნიშნავთ b ასოთი და ამოჭრილი მართკუთხედის სიგანეს a ასოთი, მაშინ $b=(a-d)$ 0,7 (სადაც 0,7 არის მართკუთხა სამკუთხედის კათეტის შეფარდება ჰიპოტენუზასთან, როცა კათეტები თანატოლია, ე. ი. როცა მართკუთხა სამკუთხედის მახვილი კუთხეები თანატოლია — თითოეული მათგანი $=45°$-ს). ამ ფორმულით შეიძლება ამოჭრილი მართკუთხედის სიგანე ავიღოთ ისეთი, რომ პარალელური ხაზების დაშორება b სასურველი სიდიდისა მივიღოთ, მაგ., გვინდა პარალელურ ხაზებს შორის მანძილი მივიღოთ 1,4 მილიმეტრი, ე. ი. $b=1{,}4$ მმ. ღეროს დიამეტრი ერთისა და იმავე ხელსაწყოსათვის უცვლელია, შეგვიძლია წინასწარ ავიღოთ $d=1$ მმ. აღნიშნულ ფორმულაში $b=(a-d)\cdot 0{,}7$ ჩავსვათ ცნობილი რიცხვები და მივიღებთ $1{,}4=0{,}7a-0{,}7$. აქედან $0{,}7a=$ $=1{,}4+0{,}7=2{,}1$, ე. ი. $a=3$ მმ. როცა სახაზავზე ამოჭრილი მართკუთხედის სიგანე 3 მილიმეტრს უდრის, მაშინ პარალელურ ხაზებს შორის მანძილი იქნება 1,4 მილიმეტრი.

ხაზვის დროს ეს იარაღი მარტივად იხმარება: სამკუთხედის ერთ-ერთ კათეტს, იმისდა მიხედვით, თუ საით გვინდა დაიხაროს ხაზები, დავამთხვევთ იმ ზედაპირის საწყის წერტილებს, რომელზედაც უნდა გაივლოს პარალელური ხაზები. ამ დროს სახაზავი დამთხვეულია იმ სწორ ხაზზე ან მის პარალელურად, რომლის მიმართაც დახრილობა უნდა განისაზღვროს. დავუშვათ, რომ პირველი ხაზის გავლების დროს ღერო მართკუთხედის მარცხენა მხარეს ებჯინება, ხაზის გავლებისას ორივე ნაწილი (სამკუთხედი და სახაზავი) დამაგრებული გვაქვს მარცხენა ხელით. სამკუთხედს გავათავისუფლებთ და დავასრიალებთ სახაზავზე იმ მხარეს, საითაც უნდა წავხაზოთ. ლითონის ღეროს მართკუთხედის მეორე გვერდზე მიბჯენის შემდეგ დავამაგრებთ სამკუთხედსაც სახაზავთან მარცხენა ხელით და გავავლებთ სწორ ხაზს. გავათავისუფლებთ სახაზავს და გავასრიალებთ მას სამკუთხედზე ლითონის ღეროს შეხებამდე, დავამაგრებთ სახაზავს და გავასრიალებთ სამკუთხედს ლითონის ღეროს მართ-

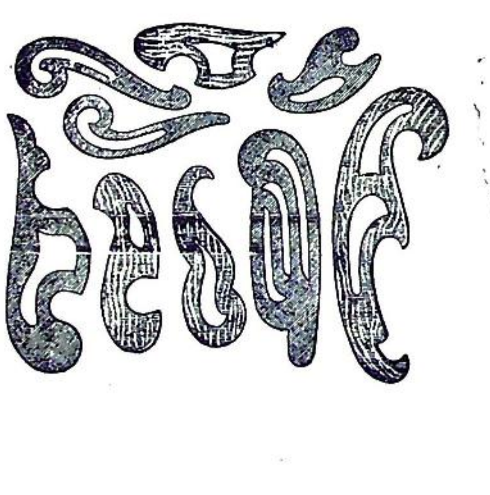
კუთხედის მეორე გვერდზე მიბრჯენამდე, დავამაგრებთ სამკუთხედსაც მარცხენა ხელით და გავავლებთ სწორ ხაზს იმავე კათეტზე. მივიღებთ პარალელურ ხაზებს. რომლებიც ერთიმეორისაგან წინასწარ შერჩეული მანძილებით არიან დაშორებული.

მრუდსახაზი (მრუდთარგა, „ლეკალო“)

მრუდსახაზი, როგორც სახელწოდებიდან ჩანს, იხმარება მრუდე ხაზების შემოსავლებად. მისი გვერდები შეიცავს სხვადასხვა სიმრუდის მქონე მრუდების ერთიმეორესთან ისე შეერთებას, რომ გადასვლის წერტილი (შეერთების წერტილი) შეუმჩნეველი იყოს (ნახ. 15), ე. ი. სხვადასხვა მრუდი ერთიმეორესთან შეერთებულია მდოვრე გადასვლით. მრუდსახაზის საშუალებით შეიძლება სიბრტყეზე მოცემული, ერთ სწორ ხაზზე არამდებარე, რამდენიმე წერტილის შეერთება ისე, როგორც მე-17 ნახ.-ზეა ნაჩვენები.

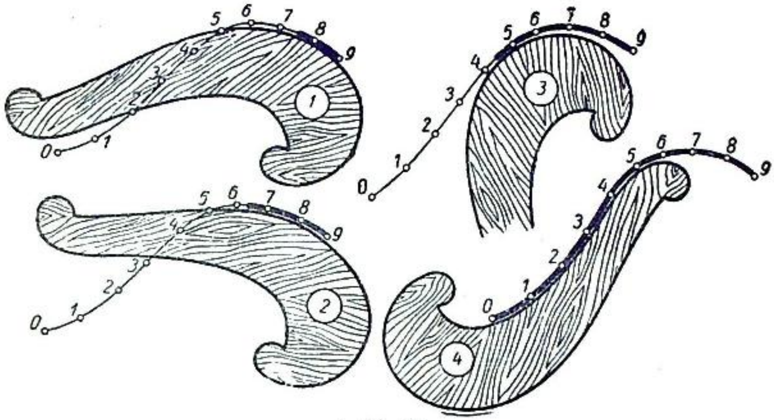


ნახ. 15.



ნახ. 16.

მრუდსახაზები მრავალი სახის მრუდებს შეიცავენ. ამიტომ მათი მორგება ხდება თანდათანობით. ასეთი მორგების მაგალითი მოცემულია მე-17 ნახაზზე. აქ განხილულია ოთხი ეტაპი: პირველი, როცა ორი წერტილია შეერთებული და მესამე წერტილისაკენ ნაწილზეა მრუდი გაგრძელებული. მეორე ეტაპზე მრუდი ცოტათია გაგრძელებული, მაგრამ ყოველი წერტილის მრუდთან შეერთების დროს წინა წერტილებიც ან მრუდის ნაწილიც უნდა დაემთხვეს მრუდსახაზის გვერდს; მესამე ეტაპზე ნაჩვენებია მრუდსახაზის უფრო მრუდი ნაწილის შერჩევით რამდენიმე წერტილის მრუდთან შეერ-



ნახ. 17.

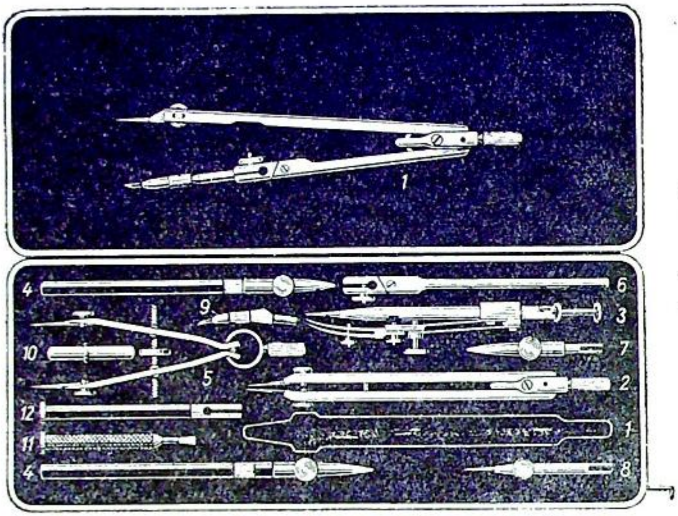
თება; მეოთხე ეტაპზე მრუდსახაზზე შერჩეულია ისეთი გვერდი, რომელიც ძველი ორი წერტილის ჩათვლით ყველა დანარჩენ წერტილს აერთებს მდოვრედ. მრუდსახაზის ხმარებისათვის საჭიროა გარკვეული ვარჯიში.

საფარგლე („გოტოვალნია“)

საფარგლე არის განსაკუთრებული ბუდე, რაშიც მოთავსებულია ძირითადი სახაზავი ნაწილები და ამიტომ მას ძირითად სახაზავ იარაღს უწოდებენ. საფარგლე მზადდება სხვადასხვა სიდიდის, რაც დამოკიდებულია მასში მოთავსებული ნაწილების რაოდენობაზე. მე-18 ნახ.-ზე გამოსახულია საფარგლე, რომელიც შეიცავს შემდეგ ნაწილებს: ფარგალი (1), საზომი ფარგალი (2), მოძრავცენტრიანი პატარა წრეხაზის შემოსახაზავი — მიკროფარგალი (3), სწორი ხაზკალამი — „რეისფედერი“ (4), მიკრომეტრული საზომი ფარგალი (5), დიდრადიუსიანი წრეხაზის შემოსახაზავი დამატებითი მუხლა (6), ტუშით სახაზავი წრიული ხაზკალამი (7), სათადარიგო ნემსა წვერიან ფარგალში ჩასადები (8), მიკროფარგალში ჩასადები ფანქრიანი ბოლო (9), ფანქრის გულებისა და ნემსების შესანახი ბუდე (10), ხრახნების მოსაბრუნებელი (11), ხაზკალამის სათადარიგო სახელური (12).

მე-19 ნახ.-ზე გამოსახულია ფარგალი თავისი ნაწილებით და ნაჩვენებია ფარგლის ფეხების დაყენების დროს სახსროვანი შეერთების გამოყენება. ამ ნახაზზე მოცემულია ყველა ის ნაწილი, რაც ფარგალს უერთდება ხაზვის სხვადასხვა შემთხვევის დროს.

ფარგლის ხმარების სწორი წესი მდგომარეობს იმაში, რომ სხვადასხვარადიუსიანი წრეხაზების შემოხაზვის დროს ფარგლის როგორც ნემსა წვერი, ისე მეორე ფეხის ბოლო სახაზავ ზედაპირზე დაახლოებით მართობული და შემოხაზვის მიმართულებისაკენ ოდნავ დახრილი უნდა იყოს. წინააღმდეგ შემ-



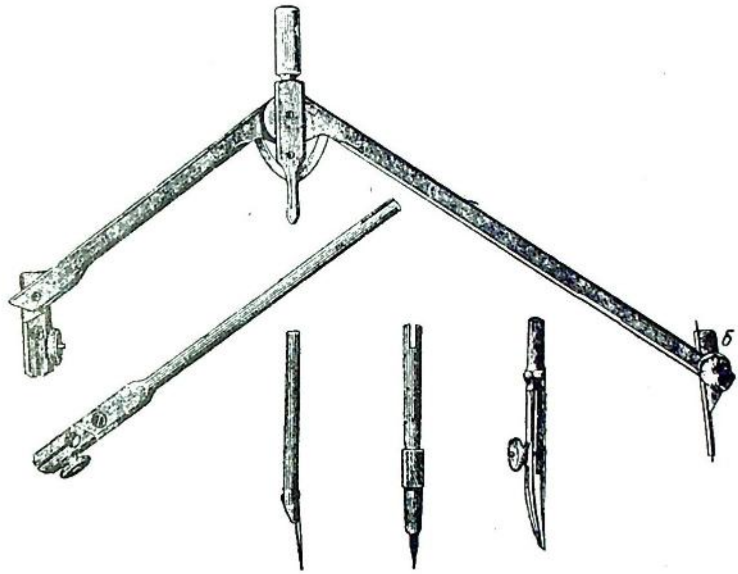
ნახ 18.

თხვევაში, საცენტრე ბოლო ქაღალდს ცენტრის ადგილზე დააზიანებს და ნახვრეტს გააგანივრებს. ფარგლის მეორე ფეხის რადიუსის მიხედვით მოუხრელობა ფანქრით ხაზვის დროს გამოიწვევს რადიუსის თანდათანობით გაზრდას და წრეხაზის ნაცვლად მივიღებთ სხვა მრუდს; როცა ფარგალს ტუშით ხაზვის დროს არ დავაყენებთ სახაზავი ზედაპირის მართობულ სიბრტყეში, წრიული ხაზკალამი სხვადასხვა სისქის ხაზებს შემოხაზავს, რაც ნაკლად ითვლება.

მე-20 ნახ.-ზე გამოსახულია ფარგლის ხმარების წესი, როცა შემოსახაზავი წრეხაზის რადიუსი მცირეა და ფარგლის ფეხები მოხრას არ მოითხოვს. ამ შემთხვევაში საგულისხმოა ფარგლის ხმარების დროს, თუ როგორ უნდა მოვკიდოთ ხელი ფარგალს.

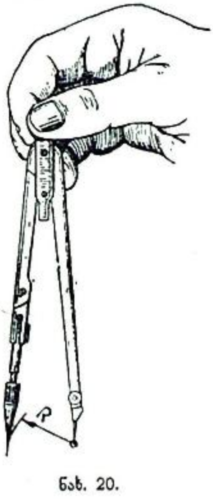
21-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ფარგლის ხმარება, როცა შემოსახაზავი წრეხაზის რადიუსი იმდენად დიდია, რომ ფარგლის ფეხს დამატებული აქვს დამაგრძელებელი მუხლა ღერო, რომელიც მოხრილია ბოლო სახსარში ისე, რომ ფანქრიანი ბოლო დაახლოებით სახაზავი ზედაპირის მართობულია, ამავე დროს ფარგლის ფეხის, რომელიც ნემსა წვერით ბოლოვდება, საცენტრე ბოლოც მოხრილია ისე, რომ დაახლოებით საცენტრე ბოლოც სახაზავი ზედაპირის მართობულია. ამ შემთხვევაში დასაშვებია მეორე ხელის დახმარებით დიდი წრეხაზების შემოხაზვა.

22-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია საზომი ფარგლის ხმარების წესი, რომლითაც შეიძლება სწორი ხაზის მონაკვეთი რიცხობრივი სიდიდით გამოვსახოთ, ან

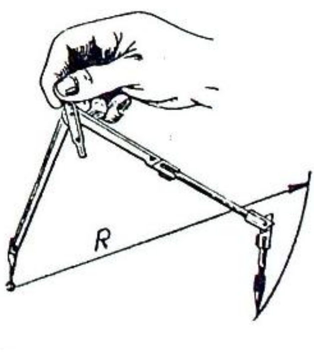


ნახ. 19.

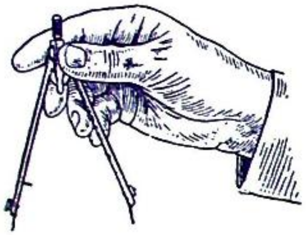
გარკვეული რიცხობრივი სიდიდე სწორ ხაზზე გადავზომოთ. საზომი ფარგალი ისევეა მოწყობილი, როგორც სახაზავი ფარგალი, იმ განსხვავებით, რომ საზომ ფარგალს ორივე ფეხი მუდმივი აქვს, ე. ი. მას არა აქვს ჩასადგმელ-გამოსაცვლელი ნაწილები და ფეხის მოსახრელი სახსარი.



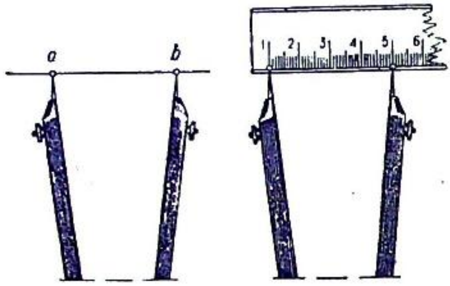
ნახ. 20.



ნახ. 21.



ნახ. 22.

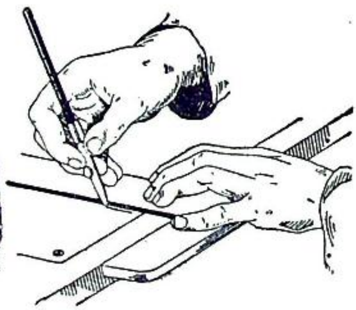


ნახ. 23.

23-ე ნახ.-ზე გამოსახულია საზომი ფარგლის საშუალებით სწორი ხაზის ab მონაკვეთის გაზომვის მაგალითი. როგორც ნახაზიდან ჩანს, $ab=40$ მილიმეტრს.

24-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია სატუშე კალამში — ხაზკალამში ტუშის ჩასხმა. განხილულია ისეთი შემთხვევა. როდესაც ტუშის პატარა ბოთლს საცობში ჩარჭობილი აქვს ბატის ფრთისაგან გაკეთებული ტუშის ამოსაღები სპეციალური კალამი. ასეთი მოწყობილობა ყოველ მხაზველს შეუძლია გაამზადოს იმ შემთხვევაში, თუ ტუშის ბოთლს საცობში არ ექნება წინასწარ გამზადებული აღნიშნული მოწყობილობა.

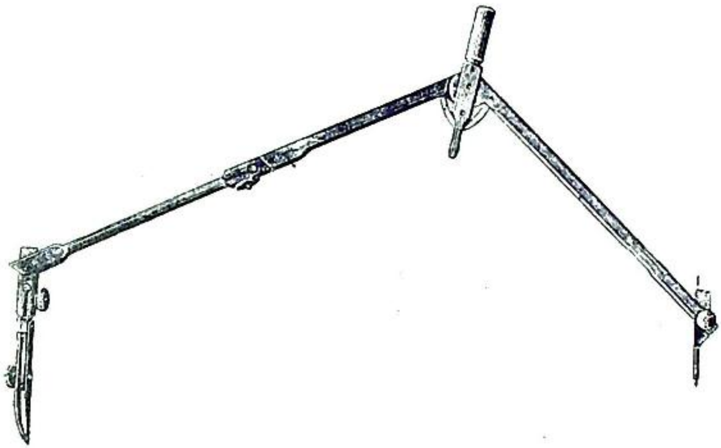
ნახ. 24.



ნახ. 25.

25-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ხაზკალმის ტუშით ხმარების წესი, სადაც ნათლად ჩანს, რომ ტუშით ხაზვის დროს ხაზკალამი მარცხნიდან მარჯვნივ გატარდება ისე, რომ ის დახრილი არის დაახლოებით 70—75°-ით მოძრაობის მიმართულებით და მისი მოძრაობა ხდება აუცილებლად სახაზავი ზედაპირის მართობულ სიბრტყეში.

26-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სახაზავი ზედაპირის მიმართ ფარგლის წესიერად დაყენების შემთხვევა. როცა შემოსახაზავი წრეხაზის რადიუსი იმდენად დიდია. რომ საჭიროა ფარგლის ფეხს დავუმატოთ დამაგრძელებელი მუხლა ღერო და მოვხაროთ ის ბოლო სახსარში ისე. რომ წრიული ხაზკალამი



ნახ. 26.

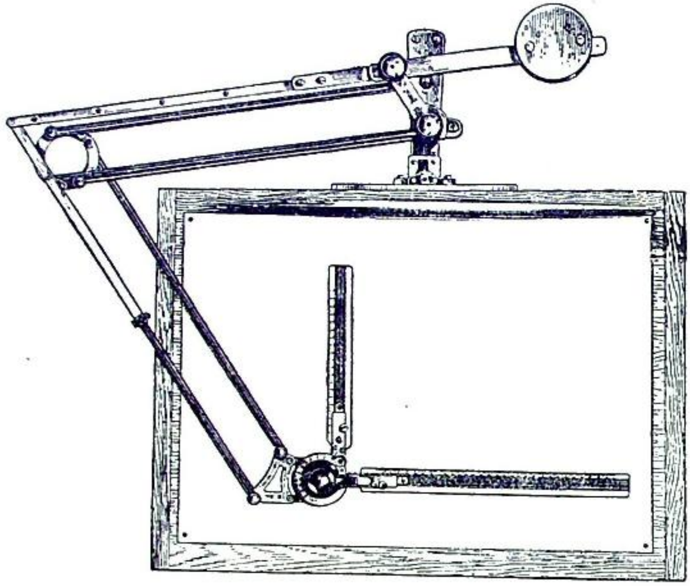
დადგეს სახაზავი ზედაპირის მართობულად; საცენტრე ბოლოც მოხრილია ისე, რომ ის სახაზავი ზედაპირის მართობულია. ამ შემთხვევაში მეორე ხელის დახმარება შემოხაზვის დროს აუცილებელია.

სამუშაო ადგილის მექანიზაცია

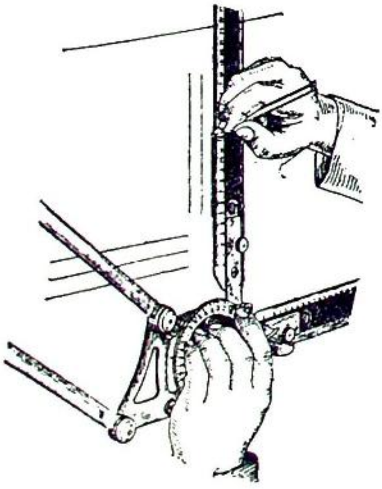
სამხაზველოებში, განსაკუთრებით საკონსტრუქტორო განყოფილებებში, უმეტესად სამუშაო ადგილები მექანიზებულია, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ სახაზავ დაფაზე დამაგრებულია ისეთი მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფს ურთიერთმართობული სწორი ხაზების გავლებას (ნახ. 27). ზოგჯერ ეს მექანიზმი, სახაზავ დაფასთან ერთად, დამაგრებულია სპეციალურ დაზგაზე, რომლის საშუალებით შესაძლებელი ხდება სახაზავი დაფის ნებისმიერ სიმაღლეზე დამაგრება გარკვეული დახრილობით. ეს უკანასკნელი საშუალებას იძლევა ყოველმა მხაზველმა, თავისი სიმაღლის მიხედვით, მოირგოს სახაზავი დაფა. ასეთი მექანიზმები და დაზგები მრავალგვარია. რაც შეეხება ამ მექანიზმის სახაზავ მოწყობილობას, თითქმის ერთსა და იმავე პრინციპზეა აგებული. სპეციალურ ტრანსპორტირს სახსროვანად უერთდება ორი ურთიერთმართობული სახაზავი, რომლებზედაც დაჭდეულია მილიმეტრებიანი დანაყოფები. ეს სახაზავები შეიძლება გარკვეული კუთხით მოვაბრუნოთ და სპეციალური სამუხრუჭე მოწყობილობით დავამაგროთ სახაზავი დაფის ზედაპირზე. სადაც უნდა გადავიტანოთ ეს სახაზავები, ისინი პირვანდელი მდგომარეობის პარალელურად გადაადგილდებიან, ე. ი. ახლად გავლებული ხაზები მუდამ ურთიერთპარალელური იქნებიან.

28-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ურთიერთმართობული და ურთიერთპარალელური სწორი ხაზების გავლების მაგალითი, აგრეთვე ნაჩვენებია ხელსაწყოს ხმარების წესი, როცა სახაზავი ჰორიზონტალურადაა დაყენებული.

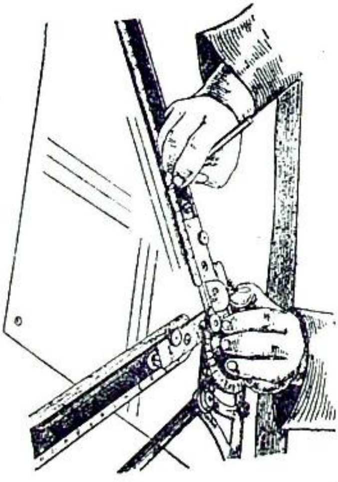
29-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სახაზავი მანქანის ხმარების წესი, როცა სახა-



ნახ. 27.

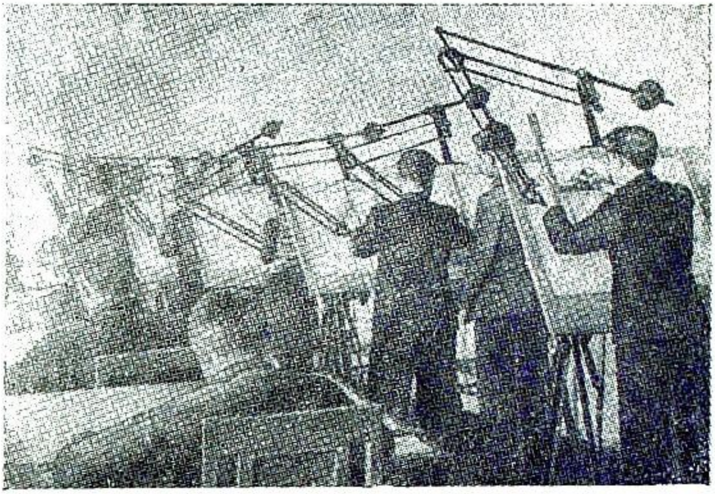


ნახ. 28.



ნახ. 29.

ზავები მობრუნებულია გარკვეული კუთხით. ამ შემთხვევაშიც სახაზავები ურთიერთმართობული და მათი გადაადგილების შემთხვევაში პირვანდელი მდგომარეობის პარალელური დარჩებიან.



ნახ. 30.

30-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სამხაზველო კაბინეტის ერთი ნაწილი, სადაც სახაზავი მანქანების გვერდით ნაჩვენებია უბრალო სახაზავი დაფები, რომლებზედაც შეიძლება ესკიზების შესრულება, ან ფანქრით შესრულებული ნახაზის საბოლოო გაფორმება — ზომების დაწერა ანდა, თუ საჭიროა, გამჭვირვალე ქაღალდზე ტუშით ასლის გადაღება და სხვ. ასეთი მექანიზაცია სამხაზველო კაბინეტისათვის ამ უკანასკნელ დროს ძალიან გავრცელებულია და ის დიდად უწყობს ხელს საკონსტრუქტორო განყოფილებების შრომის ნაყოფიერების გაზრდას.

მეორე თავი

სტანდარტები

ნახაზების ფორმატები

საბჭოთა კავშირში (აგრეთვე სხვა სახელმწიფოებში) არსებობს სპეციალური სტანდარტიზაციის კომიტეტი, სადაც მუშაობენ საუკეთესო სპეციალისტები, რომლებიც ამტკიცებენ ყოველგვარ ნაკეთობათა ზომა-წონისა და ფორმის სტანდარტებს, აგრეთვე ადგენენ ამ ნაკეთობათა ნახაზების პირობით აღნიშვნებს, რაც ყველა ფაბრიკა-ქარხნისა და ამ დარგში მომუშავეთათვის სავალდებულოა. აღნიშნული სტანდარტების დამრღვევნი კანონით ისჯებიან.

ძველი სტანდარტები, რომლებიც ჯერ კიდევაა შემორჩენილი. შემოკლებით ასე აღინიშნება: ოსტ — საერთო საკავშირო სტანდარტი. თანამედროვე სტანდარტების შემოკლებითი აღნიშვნაა გოსტ — სახელმწიფო საერთო საკავშირო სტანდარტი (ГОСТ — Государственный Обще-союзный Стандарт).

სახაზავ ქაღალდს, გოსტ-3450-60-ის (1960 წელს დამტკიცებული სტანდარტი) მიერ დადგენილი ზომებით გამოჭრილს, ნახაზის ფორმატი ეწოდება. ნახაზის ფორმატის ზომები გამომდინარეობს სახაზავი ქაღალდის ფურცლის ზომებისაგან. აქ მოგვყავს ცხრილი, სადაც, ახალ სტანდარტებთან ერთად, მოცემულია ძველი აღნიშვნებიც.

ცხრილი 2

ფორმატის აღნიშვნები	11	12	22	24	44
ფურცლის გვერდების ზომები (შემოჭრის შემდეგ) მილიმეტრობით, გოსტ 3450-60	297×210	297×420	594×420	594×841	1189×841
ფორმატის ძველი აღნიშვნა	A4	A3	A2	A1	A0

შენიშვნა: ნებადართულია გამოკიყენოთ ფორმატი—½, 1, რომლის ზომებია 148×210, ძველი აღნიშვნა A 5.

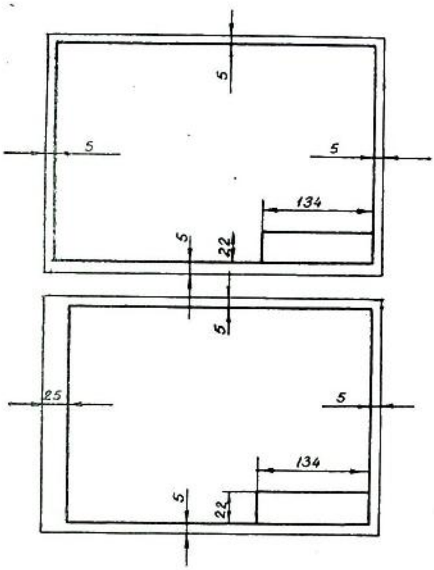
როგორც ვხედავთ, ერთეულ ფორმატად მიღებულია 11—297×210. დამატებითი ფორმატები შეიძლება ავიღოთ ქვემოთ მოყვანილი ცხრილით.

ცხრილი 2ა

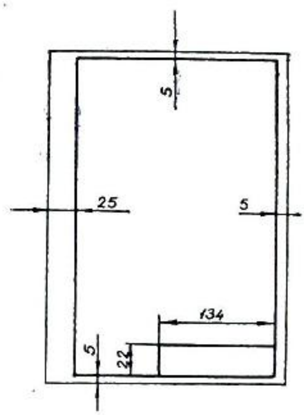
ფორმატების აღნიშვნა	ფურცლის გვერდების ზომა, მმ	ფორმატების აღნიშვნა	ფურცლების გვერდების ზომა, მმ	ფორმატების აღნიშვნა	ფურცლების გვერდების ზომა, მმ
13	297× 631	52	1486× 420	29	594×1892
14	297× 841	62	1783× 420	54	1486× 841
15	297×1051	72	2081× 420	64	1783× 841
16	297×1261	25	594×1051	74	2081× 841
17	297×1472	26	594×1261	84	2378× 841
32	892× 420	27	594×1472	94	2675× 841
42	1189× 420	28	594×1682		

ფორმატების აღნიშვნა მოცემულია ორი ციფრით, სადაც პირველი ციფრი გვიჩვენებს ერთი გვერდის ჯერადობას 297 (ანგარიშისათვის აღებულია 297.25) სიდიდეზე, მეორე ციფრი — მეორე გვერდის ჯერადობას 210 (ანგარიშისათვის აღებულია 210.25) სიდიდეზე. მაგალითისათვის განვიხილოთ ფორმატის აღნიშვნა 24 — ზომები იქნება $297.25\times2=594.50=594$; მეორე გვერდის ზომა კი $210.25\times4=841$. როგორც აღვნიშნეთ, ერთეულ ფორმატად აღიარებულია 11 (297×210). მაშინ ფორმატ 24-ში ერთეული ფორმატი მოთავსდება $2\times4=8$-ჯერ, ე. ი. აღნიშნული ფორმატი (24) შედგება 8 ერთეული ფორმატისაგან.

არის სპეციალური ფორმატები 2.10—594×2102 და 10.4—2972×841,



ნახ. 31.



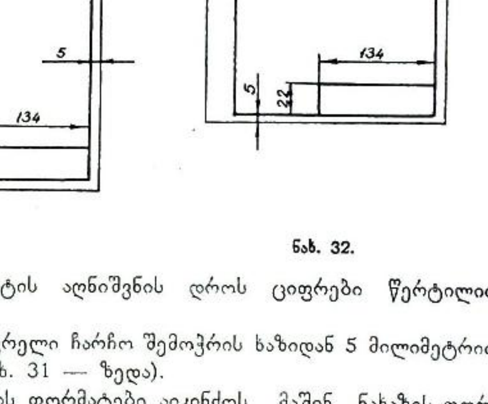
ნახ. 32.

სადაც სამი ციფრით ფორმატის აღნიშვნის დროს ციფრები წერტილით გამოიყოფა.

ნახაზის ველის განმსაზღვრელი ჩარჩო შემოჭრის ხაზიდან 5 მილიმეტრით უნდა იყოს დაშორებული (ნახ. 31 — ზედა).

თუ საჭიროა, რომ ნახაზის ფორმატები აიკინძოს, მაშინ ნახაზის ფორმატის მარცხენა მხარეს, შემოჭრის ხაზსა და ჩარჩოს ხაზს შორის მანძილი 25 მილიმეტრს უდრის (ნახ. 31 — ქვედა).

ნახაზის ძირითადი წარწერისათვის შტამპს მარჯვენა ქვედა კუთხეში გამოვხაზავთ. ნახაზის ფორმატის უდიდესი გვერდის ჰორიზონტალურად (ნახ. 31) ან შვეულად (ნახ. 32) დაყენება დამოკიდებულია გამოსახაზავი საგნების ფორმაზე. მიუხედავად ამისა, ნახაზის ძირითადი წარწერის შტამპი მარჯვენა ქვედა კუთხეში კეთდება.



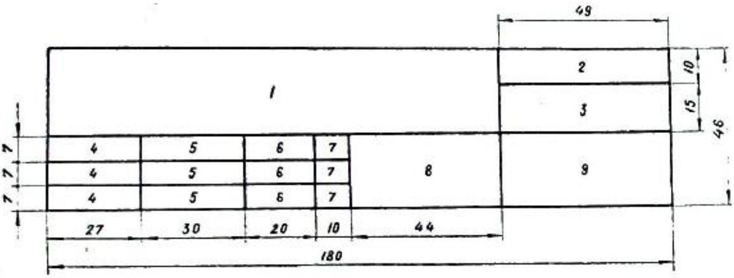
ნახ. 33.

33-ე ნახ.-ზე გამოსახულია დიდი ზომის ფორმატი-

საგან უგრძესი გვერდის შუაზე გაყოფით შემდეგი ზომის ფორმატის მიღების მაგალითი. ამ შემთხვევაში აღებულია ფორმატი 24 და უგრძესი გვერდის შუაზე გაყოფით მიღებული ფორმატი 22, შემდეგ ფორმატი 22 გაყოფილია უგრძესი გვერდით შუაზე. მიღებულია ფორმატი 12 და ასე შემდეგ.

ნახაზზე ძირითადი წარწერები (ნახაზის შტამპი)

არსებობს ნახაზზე ძირითადი წარწერის შტამპის სხვადასხვა ფორმა და ზომა. ჩვენ აქ მოგვყავს მარტივი და უფრო გავრცელებული ფორმის, უმთავრესად არასაწარმოო ხასიათის შტამპები.

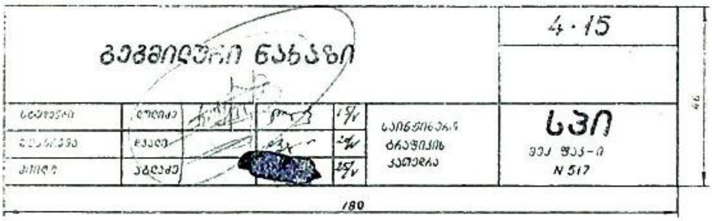


ნახ. 34.

34-ე ნახ.-ზე გამოხაზულია ძირითადი წარწერისათვის ისეთი შტამპი, რომლის ზომებია 46×180 მილიმეტრი. ეს შტამპი შემდეგნაირადაა დაყოფილი (გოსტ -5293-60) : 1. სასწავლო გეგმის მიხედვით ფურცლის დასახელება ან პროექტის დასახელება; 2. ფურცლის აღნიშვნა, მაგ., 4.15, სადაც 4 სასწავლო გეგმის მიხედვით ფურცლის რიგითი ნომერია, და 15 — სტუდენტის ინდივიდუალური დავალების ნომერი; 3. თადარიგის გრაფა, რომელიც კათედრის გადაწყვეტილებით შეივსება, მაგ.: ნახაზის შეფასება, ფურცლების რაოდენობა და მათი ნომერი, საგნის დასახელება, სასწავლო ჯგუფის ნომერი, დაუსწრებელი სწავლების სტუდენტის შიფრი; 4. ნახაზზე პასუხისმგებელი პირის ჩვენება, მაგ.: „დახაზა", „შეამოწმა", „მიიღო", ან „სტუდენტი", „მასწავლებელი", „კათედრის გამგე", „კონსულტანტი", „ხელმძღვანელი" და ა. შ. 5. იმავე პირების გვარები (სრულდება სტანდარტული შრიფტით); 6. იმავე პირთა პირადი ხელმოწერა; 7. დამთავრების, შემოწმებისა და ნახაზის ჩაბარების თარიღები; 8. კათედრის დასახელება ან დაუსწრებელი განყოფილების სტუდენტის შიფრი; 9. ფაკულტეტის და უმაღლესი სასწავლებლის შემოკლებითი აღნიშვნა. ამ ნახაზზე მოცემულია ყოველი გრაფის ზომები, რომლებშიც სტანდარტული შრიფტით (გარდა მე-6 და მე-7 გრაფისა) ჩაიწერება ზემოაღნიშნული განმარტებები.

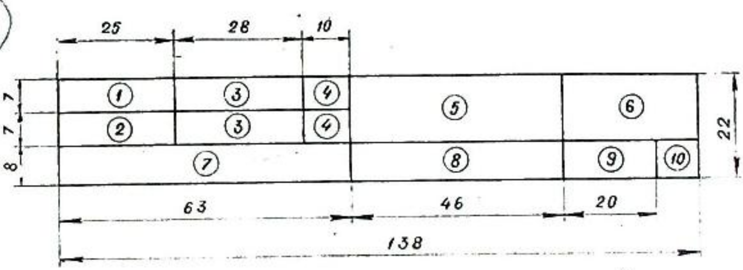
35-ე ნახ.-ზე გამოხაზულია ნახაზის ძირითადი წარწერის შტამპის შევსების მაგალითი, სადაც კერძო შემთხვევაა განხილული, რომელიც გოსტ-5293-60-ის მიხედვითაა შედგენილი.

ფურცლის და უმაღლესი სასწავლებლის შემოკლებით დასახელება 5 ან 7 ნომერი შრიფტით უნდა დაიწეროს, დანარჩენი წარწერები კი 3, 5 ნომერი შრიფტით.



ნახ. 35.

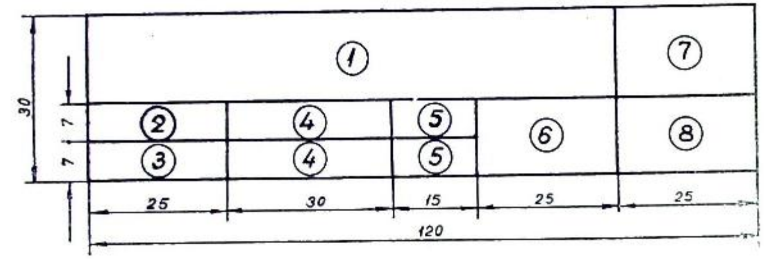
გარდა ზემოაღნიშნული შტამპისა, გამოყენებულია უფრო პატარა ზომის შტამპებიც (უმეტესად სასწავლო ნახაზებისათვის). ასეთი შტამპი მოცემულია 36-ე ნახ.-ზე, რომლის ზომებია 22×138 მილიმეტრი.



ნახ. 36.

ეს შტამპი შეიცავს სულ 12 დანაყოფს, რომლებშიც ჩაიწერება შემდეგი მონაცემები:

1— „დახაზა", 2— „შეამოწმა"; 3— სათანადო პირების ხელმოწერა; 4 — დამთავრებისა და შემოწმების თარიღი; 5— ფორმატზე გამოსახული საგნის დასახელება; 6— „აღნიშვნა" დეტალის ან რაიმე გამოსახულების, მაგალითად: 3. 15. 04, სადაც 3 არის სასწავლო გეგმით გათვალისწინებული ფურცლის რიგითი ნომერი, 15 ნიშნავს კვანძის ან ინდივიდუალური მოცემულობის ნომერს, 04 კი დეტალის ან რაიმე გამოსახულების აღნიშვნას, 7 — ჯგუფის ნომერი, ფაკულტეტის დასახელება ან დაუსწრებელი სწავლების ფაკულტეტის

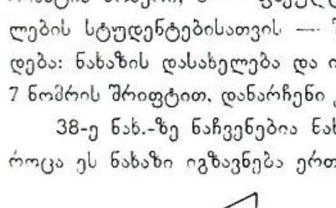


ნახ. 37.

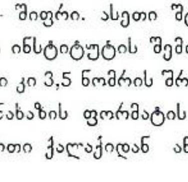
სტუდენტის შიფრი; 8 — დეტალების ნახაზებზე უჩვენებენ მასალას (დასახელებას და მარკას); 9 — აღინიშნება მასშტაბი (ზომსადარი); 10 — ნახაზის ფორმატის რიგითი ნომერი.

37-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სასწავლო ხასიათის პატარა ზომის შტამპი, რომელიც შეიცავს 10 დანაყოფს; ამ დანაყოფებში შემდეგი შინაარსის წარწერებია: 1 — ნახაზის დასახელება; 2 — „დახაზა“; 3 — „შეამოწმა“; 4 — სათანადო პირების ხელმოწერა; 5 — დამთავრებისა და შემოწმების თარიღი; 6 — ინსტიტუტის შემოკლებითი დასახელება; 7 — ფურცლის, თემის ან ვარიანტის ნომერი; 8 — ფაკულტეტის, ჯგუფის ნომერი; დაუსწრებელი სწავლების სტუდენტებისათვის — შიფრი. ასეთი შტამპების წარწერები სრულდება: ნახაზის დასახელება და ინსტიტუტის შემოკლებითი აღნიშვნა — 5 ან 7 ნომრის შრიფტით, დანარჩენი კი 3,5 ნომრის შრიფტით.

38-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ნახაზის ფორმატის დაკეცვის თანამიმდევრობა. როცა ეს ნახაზი იგზავნება ერთი ქალაქიდან ან რაიონიდან სხვა ქალაქში, ფორმატის დაკეცვა ისე უნდა მოხდეს, რომ ძირითადი წარწერა დარჩეს გარეთა პირზე. გოსტ 3450-52 საფუძველზე უნდა აღინიშნოს, რომ ფორმატის ასეთი დაკეცვა ეხება მხოლოდ ნახაზის ასლებს და არა ორიგინალებს.



ნახ. 38.



ნახ. 39.

39-ე ნახ.-ზე მოცემულია ნახაზის ფორმატის დაკეცილი სახე, როცა ის დაყვანილია 11 ფორმატის ზომაზე, სადაც ნახაზის ძირითადი წარწერა, როგორც წესი, გარედან არის მოთავსებული.

ნახაზებზე ხმარებული ძირითადი ხაზების ტიპები

როგორც აღვნიშნეთ, ხაზვა საერთაშორისო ტექნიკური ენაა, რადგან ნახაზის წაკითხვა (გაგება) შეუძლია ყოველ ტექნიკურად განვითარებულ პირს, რომელმაც კარგად იცის ხაზვა, მიუხედავად იმისა, იცის თუ არა დამხაზველის ენა ნახაზის წამკითხველმა.

ზემოაღნიშნული შესაძლებელი გახადა ხაზვაში ყოველგვარი გამოსახულების სტანდარტულობამ, რაც დადგენილია სტანდარტიზაციის კომიტეტის მიერ და ყველა მხაზველი ვალდებულია ხაზოს ისე, როგორც მოცემულია სტანდარტით. ნახაზისათვის მკაფიო და გასაგები სახის მისაცემად სამანქანათმშენებლო ხაზვაში ძირითადად იხმარება 7 სხვადასხვა ტიპის ხაზი. ГОСТ-3456-59-ით მოცემულია ამ ხაზების ფორმა და მათი გამოყენების ზოგიერთი მითითება. გეომეტრიულ ხაზვაში სტანდარტით მოცემული ხაზების გამოყენება პირობითია და ყოველ დამხმარე ხაზს (გარდა ღერძის და ცენტრის ხაზებისა) მთლიანი წვრილი ხაზით გამოვხაზავთ. ტექნიკურ ხაზვაში კი ძირითადად არსებობს ორი ხაზი: ხილვადი და უხილავი კონტურის ხაზი. წახნაგებით ან რაიმე ზედაპირების ურთიერთკვეთით მიღებულ წიბოებს და ბრუნვითი სხეულების განმსაზღვრელ ხაზებს კონტურის ხაზს უწოდებენ. ეს კონტურის ხაზები თუ ხილვადია, მთლიანი მსხვილი ხაზით გამოიხაზება და მისი სისქე პირობით b ასოთია აღნიშნული, სტანდარტის მიხედვით $b=0{,}6+1{,}5$ მმ, რაც იმას ნიშნავს, რომ ნახაზის სირთულისა და გამოსახულების სიდიდის შესაბამისად ხილვადი კონტურის ხაზის სისქე აიღება 0,6 მილიმეტრიდან 1,5 მილიმეტრამდე. ამ რიცხვების მიხედვით შერჩეული სისქის კონტური რომელიმე ფორმატზე აუცილებლად ერთისა და იმავე სისქის უნდა იხაზებოდეს. ნახაზის ჩარჩო, ნახაზზე ძირითადი წარწერებისათვის შტამპი და სპეციფიკაცია უნდა იხაზებოდეს მთლიანი ხაზებით, რომელთა სისქე აიღება b-დან $b/3$-მდე.

თუ კონტურის ხაზი უხილავია (მას საგნის რომელიმე ნაწილი ეფარება), მაშინ ის გამოიხაზება წყვეტილი ხაზით, რომლის სისქე, სტანდარტის მიხედვით, განსაზღვრულია $b/2$-დან $b/3$-მდე. მონაკვეთების სიგრძე ნახაზის სიდიდის მიხედვით 2—8 მმ აიღება (უმეტესად 5 მმ სიგრძის იხაზება), მონაკვეთებს შორის მანძილი კი — მონაკვეთის სიგრძის დაახლოებით 2—4-ჯერ ნაკლები. ეს ორი ხილვადი და უხილავი კონტურის ხაზი ნამდვილი ხაზებია, დანარჩენი კი დამხმარე, ღერძისა და ცენტრის ხაზები წვრილი წყვეტილწერტილოვანი ხაზებია, სადაც მონაკვეთის სიგრძე დაახლოებით 20 მმ უდრის და მონაკვეთებს შორის მანძილი (შუა წერტილით) 2-დან 3 მმ-მდეა.

ჭრილებისა და კვეთების ხაზები გაწყვეტილი ხაზებია, რომლებიც 8-დან 20 მმ-მდე სიგრძის მონაკვეთებია, რომელთა სისქე აიღება b-დან 1,5 b-მდე. გამსხვილებული წყვეტილწერტილოვანი ხაზის მონაკვეთების სიგრძე აიღება 2-დან 8 მმ-მდე, მონაკვეთებს შორის მანძილი კი 2-დან 3 მმ-მდე. როგორც აღვნიშნეთ, ერთსა და იმავე ფორმატზე ერთისა და იმავე ტიპის ხაზები ზუსტად ერთგვარი უნდა იყოს როგორც მონაკვეთების სიგრძით, ისე სისქითაც.

ცხრილი 3

№ რიგზე	სახელწოდება	ხაზების დახაზულობა	სისქეთა ფარდობა	დანიშნულება
1	მთლიანი ძირითადი		b	ხილვადი კონტურის ხაზები; გადასვლის ხილვადი ხაზები; გამოტანილი კვეთის კონტური; ჭრილის შემადგენლობაში შემავალი კვეთის კონტური
2	მთლიანი წვრილი		$\frac{b}{3}$ და ნაკლები	ზედნადები კვეთის კონტური; ზომისა და გამოსატანი ხაზები; წახაზვის ხაზები; გამოტანის ხაზები; სასაზღვრო დეტალების გამოსახვის ხაზები; გეგმილთღერძები, სიბრტყეთა კვლები და მახასიათებელი წერტილების ასაგები ხაზები
3	მთლიანი ტალღისებური		$\frac{b}{2}$ და ნაკლები	ამოგლეჯის ხაზები (გარდა ხის ამოგლეჯის ხაზისა) ხედისა და ჭრილის განმაცალკევებელი ხაზები
4	წყვეტილი		$\frac{b}{2}-\frac{b}{3}$	უხილავი კონტურის ხაზები; გადასვლის უხილავი ხაზები
5	გაწყვეტილი		$b-1,5\ b$	ჭრილებისა და კვეთების ხაზები
6	წყვეტილ-წერტილოვანი წვრილი		$\frac{b}{3}$ და ნაკლები	ღერძისა და ცენტრის ხაზები: ზედნადები ან გამოტანილი კვეთების სიმეტრიის ღერძების ხაზები
7	წყვეტილ-წერტილოვანი გამსხვილებული		$\frac{b}{2}-\frac{b}{3}$	მკვეთი სიბრტყის წინმდებარე ელემენტების გამოსახულების ხაზები (ზედნადები კვეთები;) მექანიზმის ან მის ცალკეული ნაწილის ნაპირა ან შუალედური მდებარეობის გამომსახველი ხაზები: ხედთან შეთავსებული განფენის გამომსახველი ხაზები; სხვადასხვა სახის თერმული დამუშავების ან გამოყვანის ზონათა ზედაპირების საზღვრები

ნახაზებზე წასაწერი შრიფტი

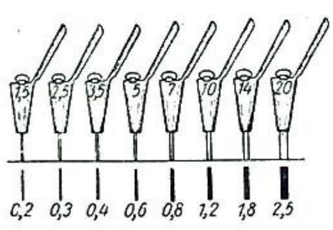
ნახაზებზე წარწერა სტანდარტული შრიფტით უნდა ხდებოდეს, ამიტომ გოსტ-3454-59-ის მიხედვით შრიფტის ზომები უნდა იქნეს ზუსტად დაცული. სწორი და სტანდარტული წარწერები ნახაზის ხარისხს დიდად აუმჯობესებს. ქართული სტანდარტული შრიფტის დადგენაზე დიდი ღვაწლი მიუძღვის აწ განსვენებულ ინჟინერ მ. მიქელაძეს, რომელმაც ნახაზებზე წარწერისათვის რამდენიმე სახის ასოების ფორმა და ზომები დააზუსტა. ქვევით მოგვყავს მის მიერ მოცემული შრიფტის ნიმუშები.

სტანდარტული ასოებისათვის შედგენილია ცხრილი, რომელშიც რიცხვები იგულისხმება მილიმეტრობით.

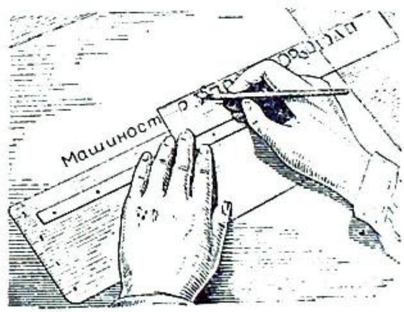
ცხრილი 4

ზომები (მმ)	20	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5
ასოების სიმაღლე (h)	20	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5
ასოების განი (გარდა დ, ზ, თ, ლ, ო, [illegible], ფ, რ, ღ)	14	10	7	5	3,5	2,5	1,7	1
ასოების განი დ, ზ, თ, ღ, ო, ტ, [illegible], ფ, რ, ღ	20	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5
ასოებს შორის მანძილი	7	5	3	2	2	1,5	1	0,5
ასოებისა და ციფრების შემოსავლები ხაზის სისქე	2,5	2	1,5	1	0,7	0,5	0,3	0,2
სიტყვებს შორის მანძილი (არანაკლები ერთი ასოს განზე)	14	10	7	5	3,5	2,5	1,7	1
სტრიქონებს შორის მანძილი	28	20	15	12	10	7	5	3

ამ ცხრილში (4) მოცემული რიცხვები, ასოების სიმაღლის მიხედვით, შემდეგნაირად იანგარიშება: ასოს სიგანე დაახლოებით $=\frac{2}{3}h$ (სადაც h ასოს სიმაღლეა); ასოებს შორის მანძილი $\approx\frac{1}{3}h$; ასოებისა და ციფრების შემოსავლები ხაზის სისქე $\approx\frac{1}{8}h$; სტრიქონებს შორის მანძილი $\approx\frac{1}{4}h$.



ნახ. 40.



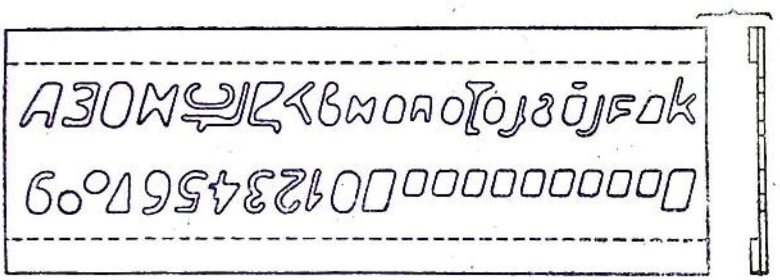
ნახ. 41.

მე-40 ნახ.-ზე გამოსახულია ასოებისა და ციფრების დასაწერი ძაბრისებური კალმები, რომლებიც თითოეული ზომის ასოებისათვისაა განკუთვნილი ისე, რომ შრიფტის ზომების მიხედვით მივიღებთ ასოებისა და ციფრების შემოსავლები ხაზების სისქეს. იქვე, 41-ე ნახ.-ზე, ნაჩვენებია ასოების დაწერის

მაგალითი. წარწერების სწრაფად შესასრულებლად და მუშაობის შესამსუბუქებლად არსებობს სპეციალური თარგები (ტრაფარეტები) სხვადასხვა სახის კალმებით, რომელთა საშუალებით ნახაზებზე სწრაფად კეთდება სტანდარტული ლამაზი წარწერები.

ტრაფარეტი წარმოადგენს ცელულოიდის მართკუთხა ფორმის ფირფიტას (ნახ. 42). მასზე ამოჭრილია პარალელოგრამი და ასოების ფორმის ნახვრეტები, რომელშიც სპეციალური კალმით ხდება ასოებისა და ციფრების წარწერა.

ასოებისათვის ფანქრით მკრთალად გამოიხაზება ისეთი პარალელოგრამები, რომელთა ზომები შრიფტის ზომების მიხედვითაა შერჩეული, ე. ი. ყოველი ტრაფარეტი გარკვეული ნომრის შრიფტისათვის გამოდგება.



ნახ. 42.

ციფრებისათვის. რუსული და ლათინური ასოებისათვის ნორმოგრაფზე ამოჭრილია მათი ფორმის ნახვრეტები, რითაც მეტად გაადვილებულია ასოებისა და რიცხვების წერა.

43-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ქართული ასოების ფორმა და სიმაღლესთან დაკავშირებული სხვა ზომები. ქვემოთ მოცემულია განიერი ასოების ნორმალური ზომით გამოხაზვის მაგალითი.

44-ე ნახ.-ზე მოცემულია ქართული ასოების სპეციალური კალმით შემოხაზვის თანამიმდევრობა. აქაც, ქვემოთ ნაჩვენებია განიერი ასოების ნორმალური ზომით გამოხაზვის თანამიმდევრობა.

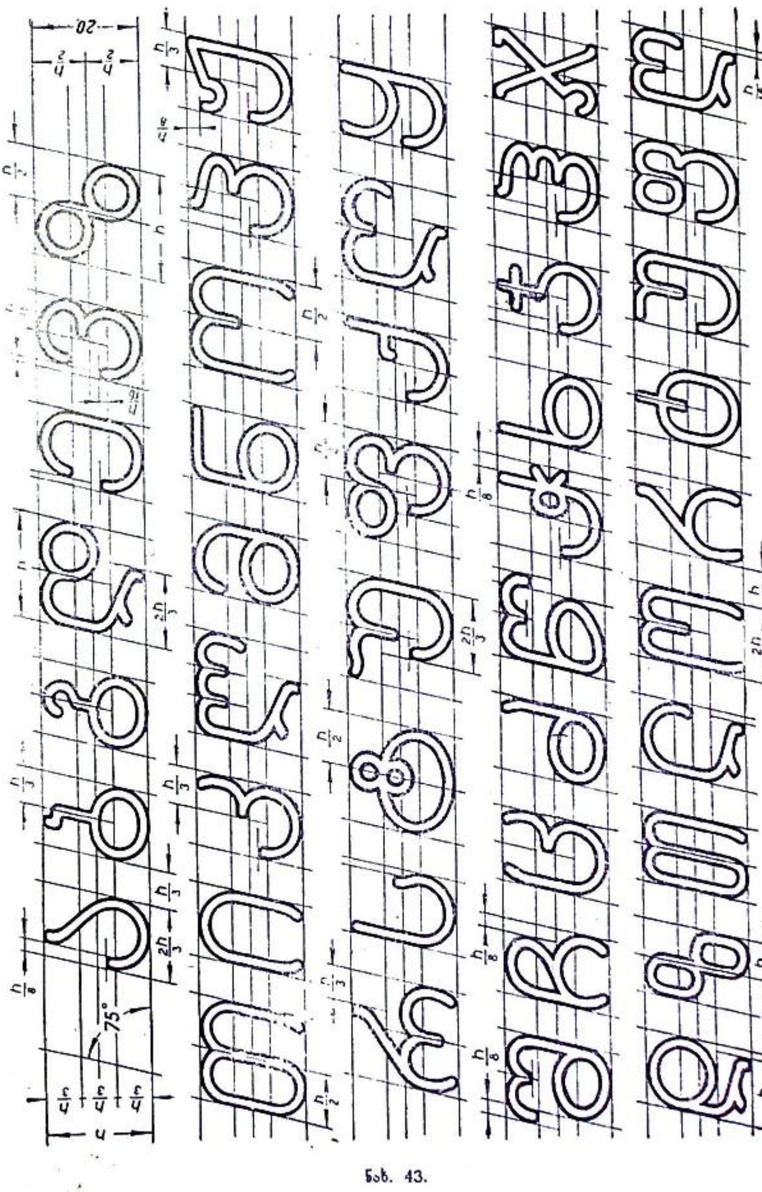
45-ე ნახ.-ზე მოცემულია სამი სხვადასხვა ზომის ასოების საბოლოო ფორმა. ზემოთ განხილულია ქართული მრგვალი ასოების გამოხაზვის წესები.

46-ე ნახ.-ზე მოცემულია ნაწილობრივად (კუთხეებში) მომრგვალებული ასოების ზომები და ფორმა წინასწარ გამზადებულ ბადეში.

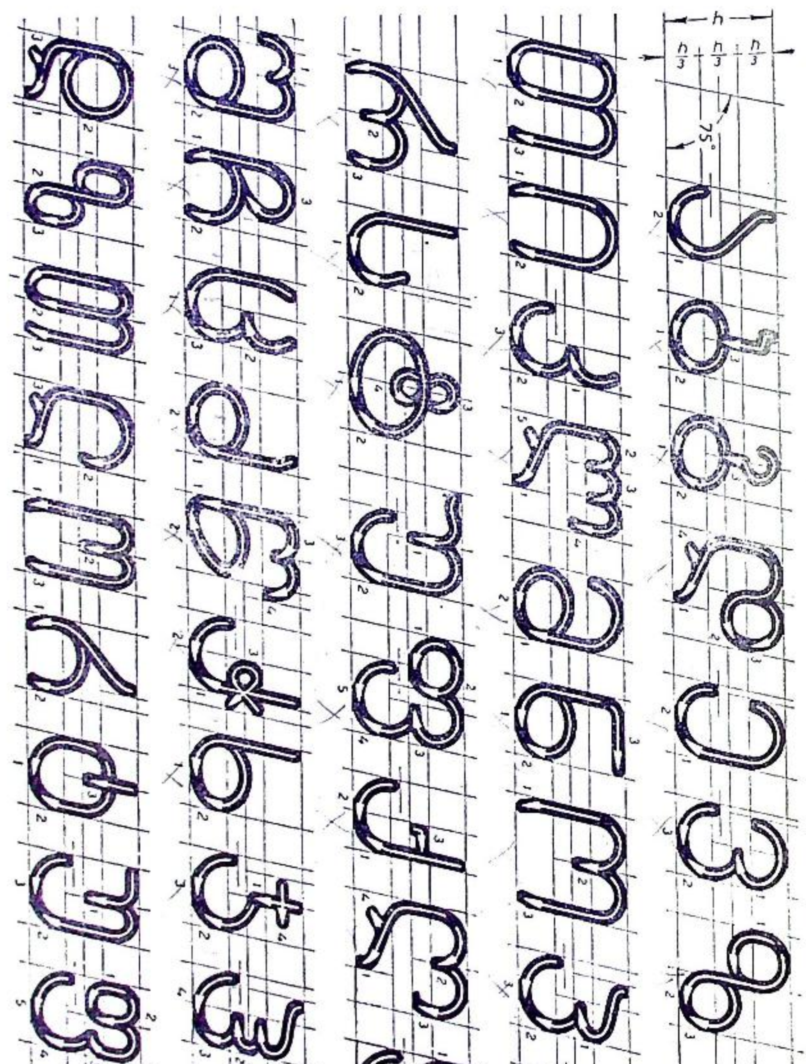
47-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია იმავე ნაწილობრივ მომრგვალებული ასოების გამოხაზვის თანამიმდევრობა და შემოვლის ხაზის მიმართულება.

48-ე ნახ.-ზე მოცემულია ნაწილობრივ მომრგვალებული ქართული ასოების საბოლოო ფორმა სამი სხვადასხვა ზომის შრიფტისათვის.

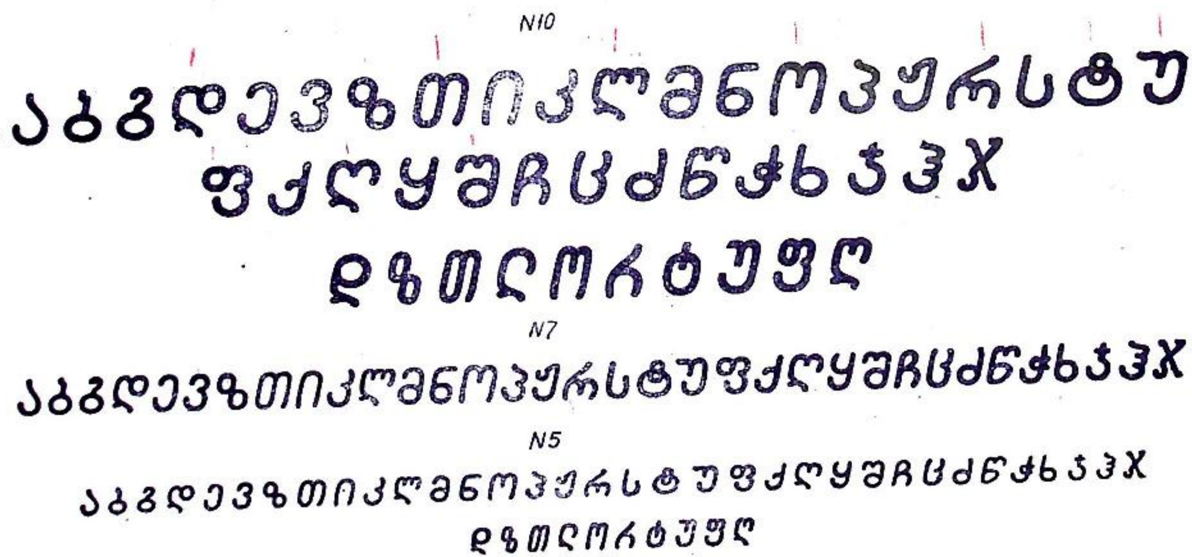
49-ე ნახ.-ზე მოცემულია რუსული ასოების გამოხაზვისათვის საჭირო ზომები და სპეციალური ბადე, რომლის საშუალებით ასოების ზუსტი ფორმის მიღება გაადვილებულია.



ნახ. 43.

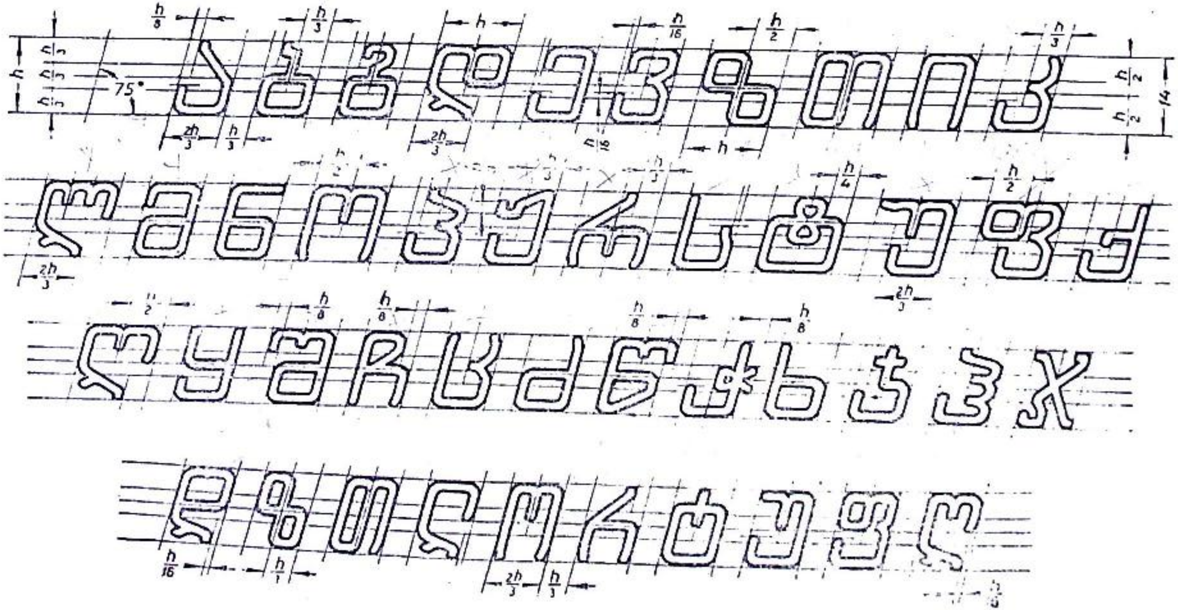


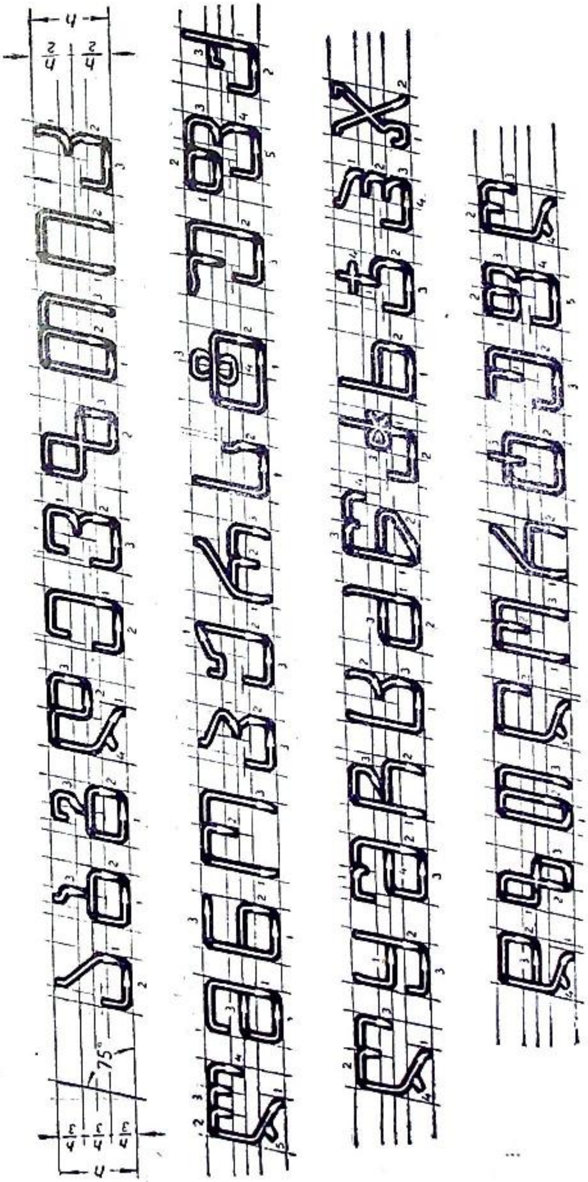
ნახ. 44.



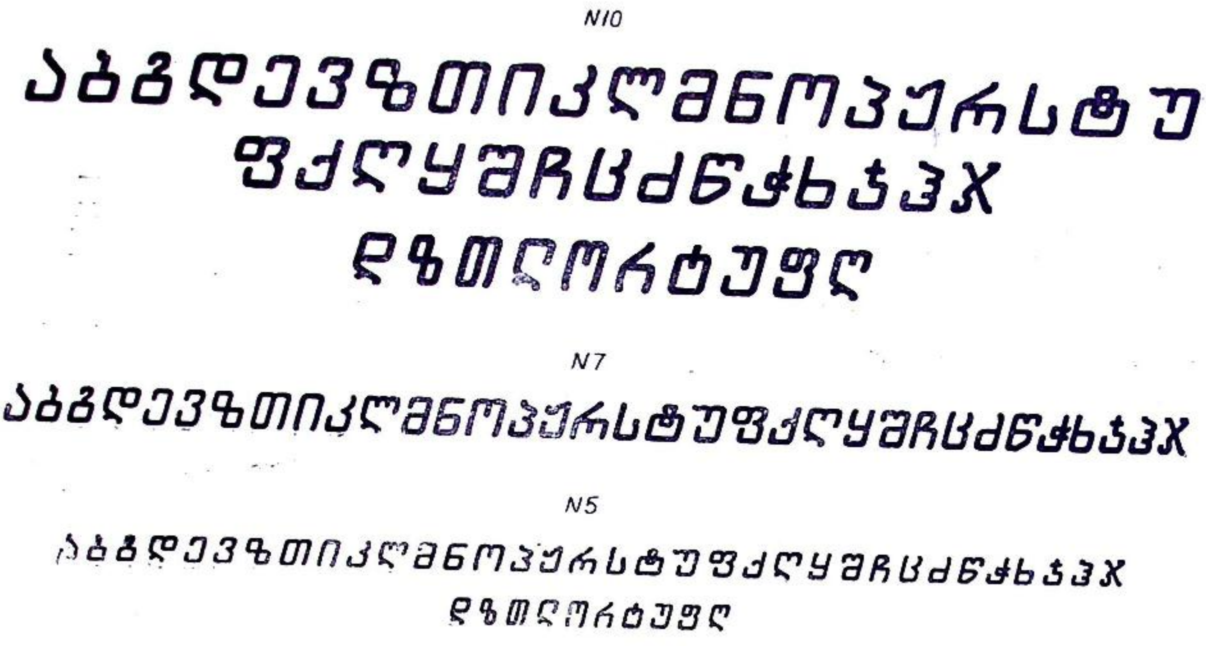
ნახ. 45.

ნახ. 46.

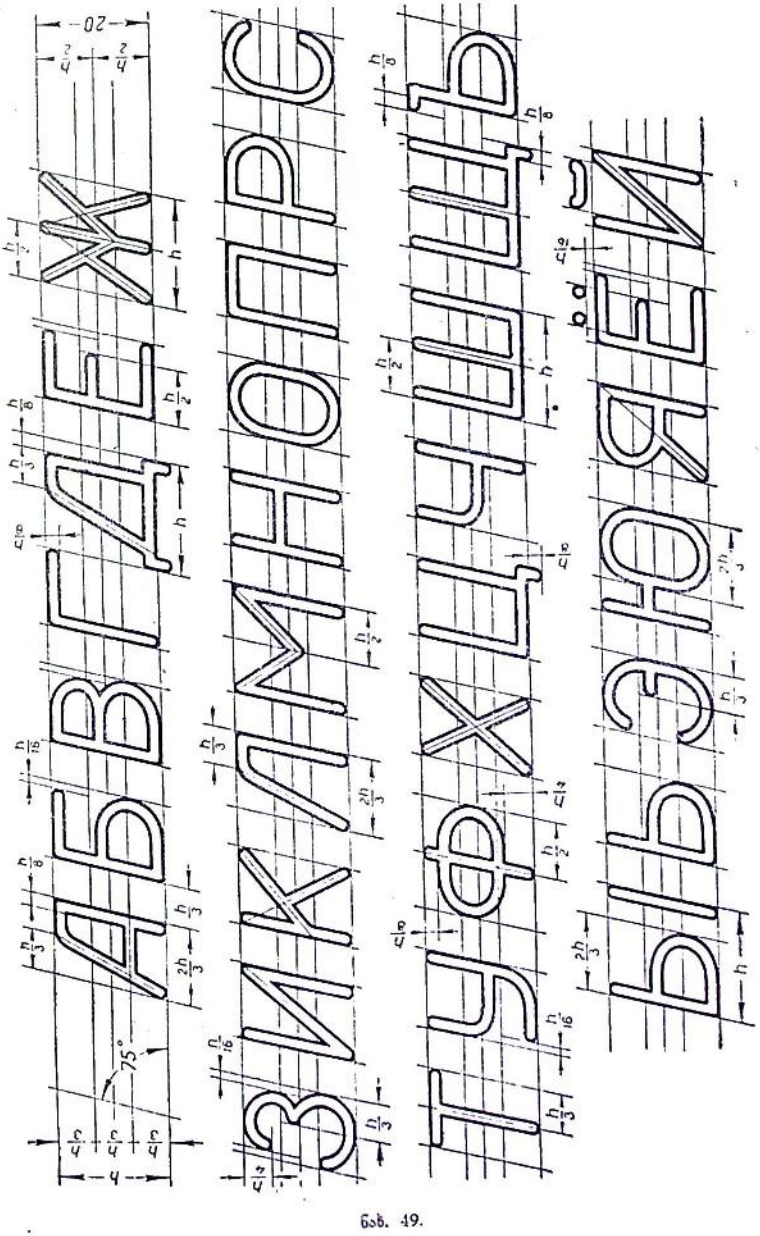




ნახ. 47.

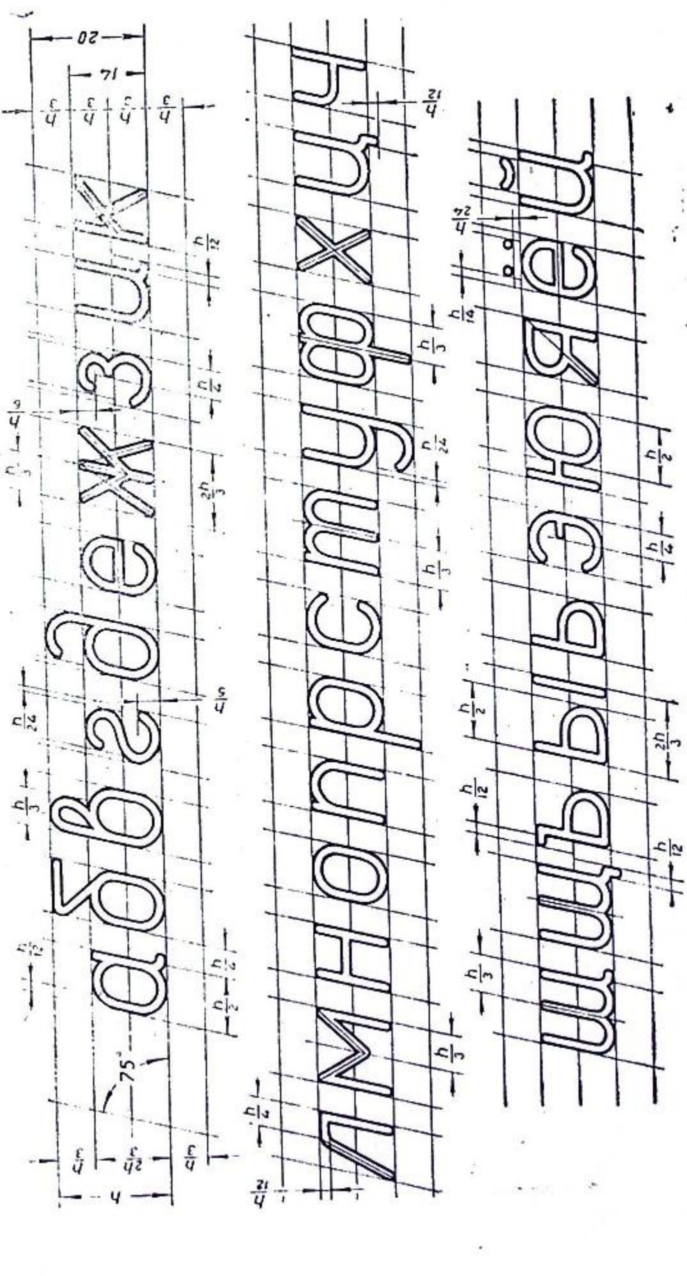


ნახ. 48.



ნახ. 49.

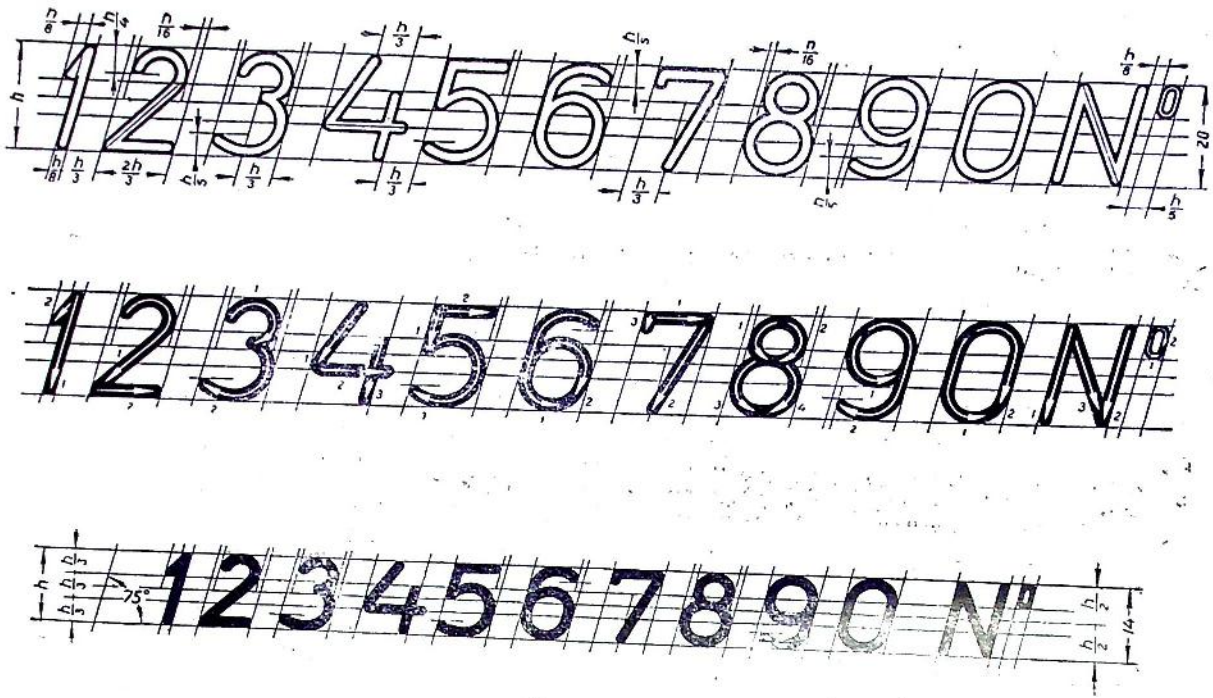
Сл. 50



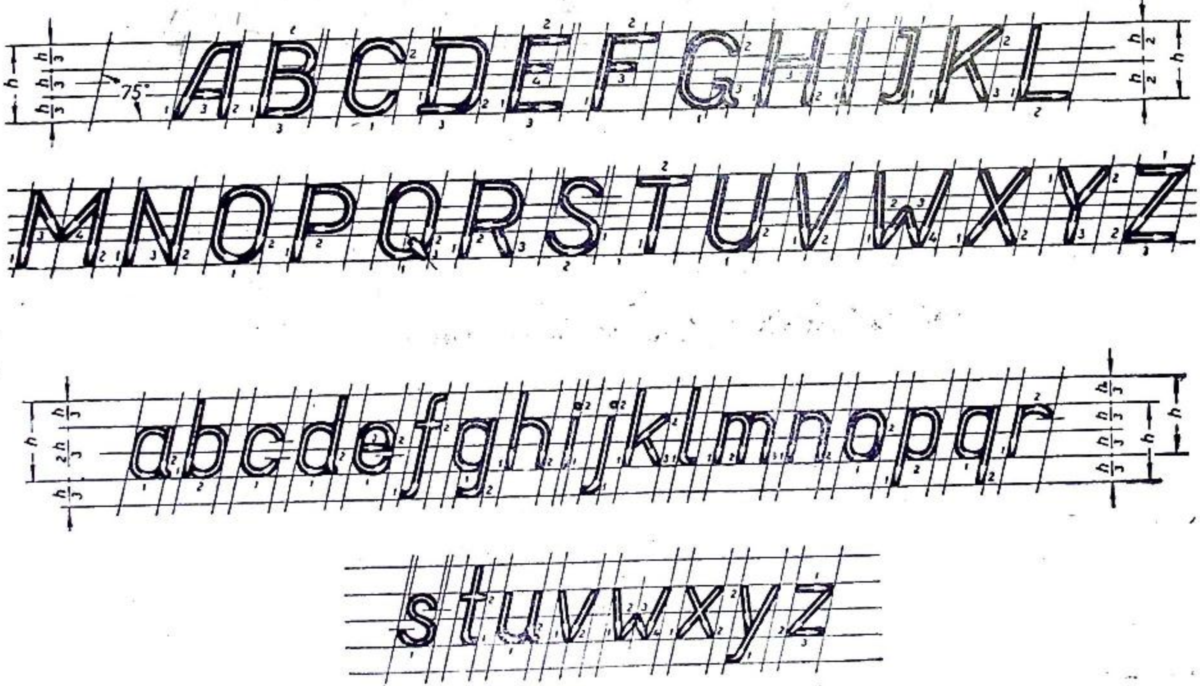
Бәб. 51.

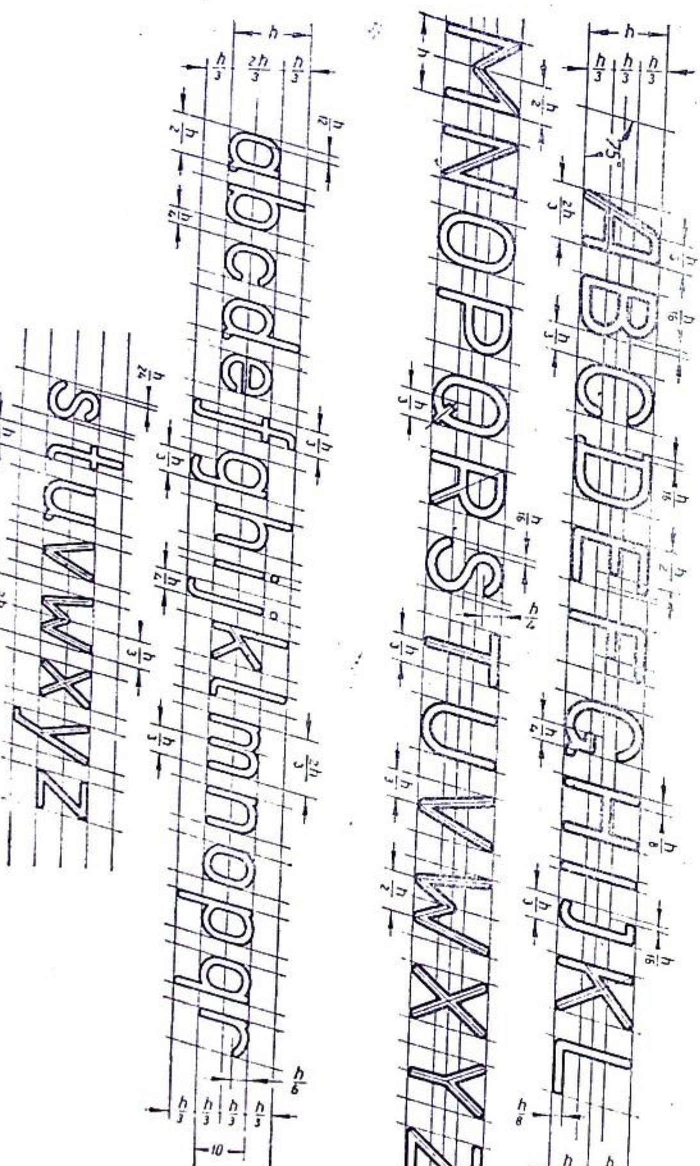

h
h/3 2h/3 h/3
75°
а б в г д е ж з и к
л м н о п р с т у ф х ц ч
ш щ ъ ы ь э ю я ё й
h/3 h/3 h/3 h/3
h
h

Боб. 53.



ნახ. 54.


ABCDEFGHIJKL
MNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqr
stuvwxyz
75°


ABCDEFGHIJKL
MNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqr
stuvwxyz

50-ე ნახ.-ზე რუსული ასოების გამოხაზვის თანამიმდევრობა და ასოების შემოვლების ხაზის მიმართულებაა ნაჩვენები.

51-ე ნახ.-ზე მოცემულია რუსული ნუსხური ასოების ზომები, რომლებიც მთავრული ასოების სიმაღლის მიხედვით არის განსაზღვრული.

52-ე ნახ.-ზე რუსული ნუსხური ასოების შემოვლების ხაზების თანამიმდევრობისა და მიმართულების მაგალითებია მოცემული.

53-ე ნახ.-ზე გამოსახულია რუსული როგორც მთავრული, ისე ნუსხური ასოების საბოლოო სახე.

54-ე ნახ.-ზე მოცემულია ციფრების სტანდარტული შრიფტით დაწერის მაგალითები. ამ ნახაზზე მოცემულია ციფრების ზომები, შემოვლის ხაზების თანამიმდევრობა და მიმართულება. აგრეთვე ციფრების სტანდარტით გათვალისწინებული საბოლოო სახე, სადაც ციფრების გამოსახაზავად აგებული ბადეცაა დატოვებული.

55-ე ნახ.-ზე მოცემულია ლათინური ასოების სტანდარტული შრიფტის ზომების დამოკიდებულება ასოების სიმაღლესთან. აქაც h ასოთია აღნიშნული ლათინური მთავრული ასოების სიმაღლე. ასოების სხვა ზომების დამოკიდებულება h სიმაღლესთან ნახაზიდან ნათლად ჩანს. იმავე ნახაზზე გამოსახულია ლათინური ნუსხური ასოების ფორმა და ზომები.

56-ე ნახ.-ზე მოცემულია ლათინური მთავრული და ნუსხური ასოების შემოვლის ხაზების თანამიმდევრობა და მიმართულება.

57-ე ნახ.-ზე გამოსახულია თვითნაკეთი თარგი, რომელიც წარმოადგენს ქაღალდის ნაჭერს, რომელსაც ერთი გვერდი სწორხაზოვანი აქვს. ასეთ ქაღალდზე გამოხაზულია სტანდარტული შრიფტის ასოს ყველა ზომა, გარდა სიმაღლისა: ასოს განი, ასოს შემოსავლები ხაზის სისქე და ასოებს შორის მანძილი, სულ ხუთი ხაზი. როდესაც ტრაფარეტი არა გვაქვს და საჭიროა ასოს ზომების მიხედვით გავამზადოთ შრიფტისათვის ბადე, ამ შემთხვევაში ჰორიზონტალურ ხაზებს გავავლებთ გამოსახაზავი შრიფტის ზომების მიხედვით. თითოეული ასოსათვის 75°-ით დახრილი პარალელური ხაზების გავლება დიდ დროს მოითხოვს, ამიტომ თვითნაკეთი ქაღალდის თარგი უნდა გამოვიყენოთ შემდეგნაირად: აღნიშნულ თარგზე დაწერილია შრიფტის ნომერი (ყოველი ზომის შრიფტისათვის აღნიშნული თარგი ცალ-ცალკე მზადდება), რომლის მიხედვით დაიყოფა შრიფტისათვის ბადე: პარალელური ხაზების ქვედა ხაზს დავამთხვევთ ქაღალდის დანაყოფებიან გვერდს, დავნიშნავთ ხუთივე წერტილს: შემდეგ ამ თარგს გადავაადგილებთ ისე, რომ თარგის პირველი წერტილი დაემთხვეს დანაყოფის მეხუთე წერტილს; აღვნიშნავთ დანარჩენ ოთხ წერტილს და ასე გავაგრძელებთ, სანამ არ შეგვხვდება განიერი ასოები, რომლისთვისაც იქვე მარჯვნივ გამოხაზულ დანაყოფებს გამოვიყენებთ, შემდეგ დანარჩენი ასოებისთვისაც გამოვიყენებთ პირველ დანაყოფს. მიღებული წერტილებიდან გავავლებთ 75°-ით დახრილ პარალელურ ხაზებს და მივიღებთ შრიფტისათვის გამზადებულ ბადეს.

58-ე ნახ.-ზე მოცემულია ნახაზზე ზომის მაჩვენებელი რიცხვებისა და ზოგიერთი წარწერისათვის გამზადებული თარგი. ზომის ხაზზე დავამთხვევთ სამ

პატარა პარალელოგრამის მსგავს ქაღალდზე ამონაჭერს, რომლის გვერდები 75°-ით დახრილია. ფანქრით შემოვხაზავთ იმდენ პარალელოგრამს, რამდენი ციფრიც შედის დასაწერ ზომაში. მცირე ზომის წარწერებისათვის მოგრძო ზოლს გამოვიყენებთ.

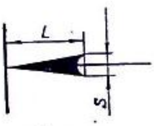
ნახ. 57.

ნახ. 58.

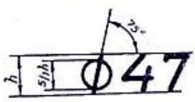
ნახაზზე ზომების დაწერა და ზოგიერთი სტანდარტული აღნიშვნა

ნახაზზე ზომების წესიერ დაწერას ნახაზის წაკითხვისა და მისი პრაქტიკული გამოყენებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს. არასწორად დაწერილ ზომას შეუძლია მთელი ნახაზის დამახინჯება ან, თუ ის დროულად არ იქნა შემჩნეული, გამოიწვევს ანგარიშის შემოწმების აუცილებლობას. თუ ნახაზი შედგენილია ნატურიდან, უნდა შემოწმდეს მანქანის ნაწილების ზომებიც.

ნახაზზე ზომების გამოტანა, ზომის მაჩვენებელი ისრების გამოხაზვა და ზომის აღმნიშვნელი რიცხვების დაწერა ხდება გოსტ-3458-59-ის მიხედვით. ეს სტანდარტი, როგორც აღნიშვნიდან ჩანს, გამოქვეყნებულია 1959 წელს და მისი ზუსტად დაცვა ყველა ტექნიკურ დარგში მომუშავისათვის სავალდებულოა.



ნახ. 59.

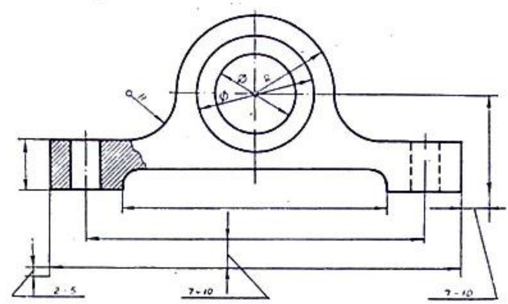


ნახ. 60.

ნახ. 61.

მანქანათმშენებლობის ნახაზებზე დაწერილი რიცხვები იგულისხმება მილიმეტრობით. თუ რაიმე მიზეზის გამო საჭირო გახდა ზომის დაწერა სიგრძის სხვა ერთეულებით, მაშინ რიცხვს მიეწერება საზომი ერთეულის სახელწოდება. 59-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ზომის მაჩვენებელი ისარი, რომლის ზომები განსაზღვრულია სტანდარტით. ისრის განიერი ნაწილი აიღება დაახლოებით (1,2—1,3) b, ე. ი. იმ კონტურის ხაზის სისქის მიხედვით, რომელიც ნახაზზეა გამოყენებული; ისრის სიგრძე კი დაახლოებით (5÷6) b. მე-60 ნახ.-ზე მოცემულია დიამეტრის მაჩვენებელი ნიშანი, რომლის დიამეტრი აიღება ციფრის სიმაღლის $^5/_7$ და გაიკვეთება ცენტრზე გამავალი სწორი ხაზით, რომლის დახრილობა დაახლოებით იგივეა, რაც ციფრებისა და ასოების დახრა, ე. ი. 75°. სტანდარტით მითითებულია, რომ როგორც წრეხაზისათვის ყოველგვარ გეგმილში საჭიროა დიამეტრის მაჩვენებელი რიცხვის წინ დიამეტრის ნიშნის დაწერა, ასევე ყოველი რადიუსის მაჩვენებელ რიცხვს წინ უნდა დაეწეროს რადიუსის ნიშანი R, რომლის სიმაღლე ციფრის სიმაღლის ტოლია. ასეთი ნიშანი გამოსახულია 61-ე ნახ.-ზე. კვადრატის ნიშანი (კვადრატული ხვრელის ჩათვლით) შეიძლება ვუჩვენოთ 15×15, სადაც 15 კვადრატის გვერდის ნომინალური ზომაა, ან ზომის მაჩვენებელი რიცხვის წინ გამოიხაზება კვადრატი „□“, რომლის გვერდის სიგრძე დაახლოებით ციფრის სიმაღლის $^5/_7$-ის ტოლია.

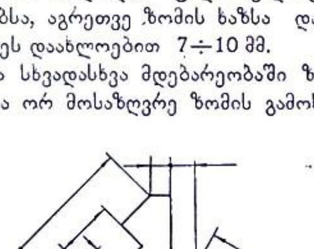
62-ე ნახ.-ზე გამოსახულია დეტალზე ზომის მაჩვენებელი ისრებისა და



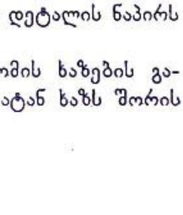
ნახ. 62.

ზომის გამოსატანი ხაზების გამოხაზვის წესი, სადაც ნათლად ჩანს, რომ ზომის გამოსატანი ხაზები ისრის ბოლოდან უნდა გადასცილდეს დაახლოებით 2—5 მმ-ით. ზომის ხაზებსა, აგრეთვე ზომის ხაზსა და დეტალის ნაპირს შორის მანძილი უნდა უდრიდეს დაახლოებით 7÷10 მმ.

63-ე ნახ.-ზე მოცემულია სხვადასხვა მდებარეობაში ზომის ხაზების გავლების წესი. აქვე ნაჩვენებია ორ მოსაზღვრე ზომის გამოსატან ხაზს შორის (როცა მანძილის სიმცირით ისრის ჩვენება მოუხერხებელია) დასმული წერტილი. 64-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია რამდენიმე ზომის ხაზს შორის, ისრის ნაცვლად, შტრიხით ჩვენება.



ნახ. 63.



ნახ. 64.

65-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ზომის მაჩვენებელი რიცხვების დაწერის მაგალითები. მანქანათა ნაწილებზე ზომის მაჩვენებელი ისრები შეიძლება იყოს 360°-ის ფარგლებში ყველა მიმართულებით და ყოველ მიმართულებას რიცხვის დაწერის განსაკუთრებული წესი აქვს. ამ ნახაზზე განხილულია ზომის მაჩვენებელი ისრების სხვადასხვა მიმართულების დროს რიცხვების დაწერის წესები. წახაზულ სექტორში ისრების მიმართულებას ერიდებიან.

66-ე ნახ.-ზე მოცემულია კუთხის სიდიდის აღმნიშვნელი რიცხვების დაწერის მაგალითები, რომლებიც ყველა მიმართულების კუთხისათვის სხვადასხვაა. აქვე ნაჩვენებია წახაზვაში კუთხის სიდიდის მაჩვენებელი რიცხვის დაწერის მაგალითები.

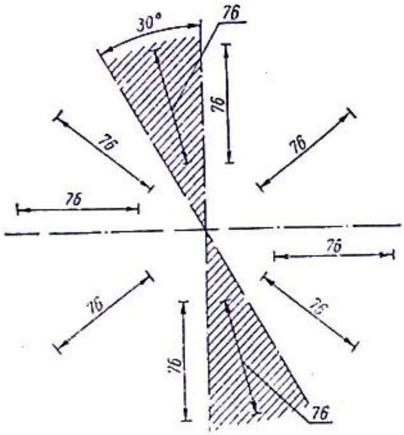
67-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია საერთო ბაზიდან დეტალზე როგორც სწორხაზობრივ, ისე რკალებზე ზომის დაწერის მაგალითები.

68-ე ნახ.-ზე მოცემულია დეტალზე ზომის დაწერის მაგალითები ნუ-

ლიდან აღნიშვნის შემთხვევაში როგორც სწორხაზობრივად, ისე რკალების შემთხვევაში.

69-ე ნახ.-ზე მოცემულია კოორდინატებით ზომების დაწერის მაგალითი, რომელსაც იქვე უნდა მიეწეროს კოორდინატთა ცხრილი.

70-ე ნახ.-ზე მოცემულია ზომების მაჩვენებელი რიცხვების დაწერის სხვადასხვა მაგალითი, როცა ზომის მაჩვენებელი ისრები ზომის ხაზებს გარეთაა გამოტანილი. ექვსივე შემთხვევა ნებადართულია და გამოიყენება მანქანის ნაწილის მდებარეობის სხვადასხვა პირობებში.



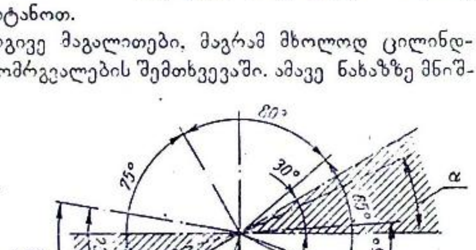
ნახ. 65.

71-ე ნახ.-ზე მოცემულია წრეხაზების დიამეტრების ზომების მაჩვენებელი ისრებისა და რიცხვების დაწერის მაგალითები, რომლებიც გამოიყენება სხვადასხვა პირობებში, როცა წრეხაზის დიამეტრი იმდენად მცირეა, რომ წრეხაზში არ ჩაიწერება არც ისრები და, ცხადია, არც ზომის მაჩვენებელი რიცხვები.

72-ე ნახ.-ზე მოცემულია რადიუსის სიგრძის მაჩვენებელი ისრებისა და რიცხვების დაწერის მაგალითები. აქ ნაჩვენებია ისეთი შემთხვევაც, რომ რადიუსის სიმცირის გამო იძულებული ვართ რადიუსის მაჩვენებელი როგორც ისარი, ისე რიცხვი გარეთ გამოვიტანოთ.

73-ე ნახ.-ზე მოცემულია იგივე მაგალითები, მაგრამ მხოლოდ ცილინდრული სხეულების ბოლოების მომრგვალების შემთხვევაში. ამავე ნახაზზე მნიშვნელოვანია გრძელი ღეროების სიგრძის შემცირების პირობითი ნიშანი, რომელიც ხელით სრულდება. მცირე დიამეტრის შემთხვევაში შემოკლების პირობითი ნიშანიც იგივეა, რაც დიდდიამეტრიანი ღეროებისათვის.

74-ე ნახ.-ზე განხილულია ორი მაგალითი, როდესაც რადიუსის ცენტრი ნახაზის ფარგლებში არ თავსდება და საჭიროა რადიუსის ზომის ჩვენება.

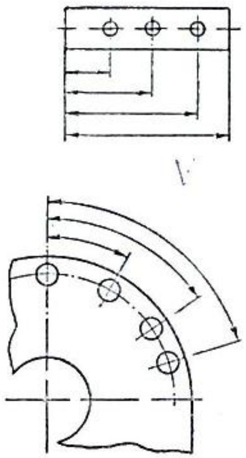


ნახ. 66.

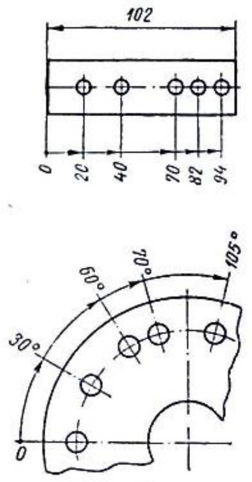
75-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია შემთხვევები, როცა ცილინდრული ნახვრეტები ნაზოლია კონუსური ზედაპირით, სადაც აღნიშვნა 2×45° ნიშნავს, რომ კონუსური ზედაპირის სიმაღლე (ნაზოლის სიმაღლე) უდრის 2 მმ და დახ-

რა 45°-ს. აქვეა მოცემული ღეროს ბოლოს ნაწიბურების კონუსურად შემოჩარხვის ზომების ჩვენების მაგალითები.

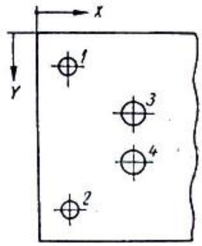
ზედა მაგალითზე ნაჩვენებია ორი ხერხი, ქვედაზე კი — მესამე. ასეთი წესით შეიძლება როგორც დახრის კუთხის, ისე კონუსური ზედაპირის სიმაღლის მაჩვენებელი ზომების დაწერა. ზომების დაწერის ასეთი წესი მარტივია და სრულ წარმოდგენას იძლევა დეტალის დასამზადებლად. ზოგჯერ აღნიშნულ ზომებს ნახაზზე არ აწერენ და საჭირო ზომებს ცხრილების სა-



ნახ. 67.



ნახ. 68.

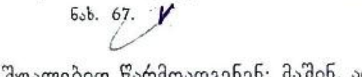


N°	1	2	3	4
X	20	20	60	60
Y	20	110	50	80
ø	10	10	12	12

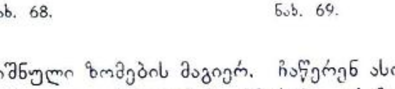
ნახ. 69.

შუალებით წარმოადგენენ; მაშინ, აღნიშნული ზომების მაგიერ, ჩაწერენ ასოებს, რომელთა საშუალებით გაადვილებულია ცხრილების ხმარება. აქ მოყვანილი მაგალითები სტანდარტით არის დამტკიცებული და დამოკიდებულია დეტალის დიამეტრზე.

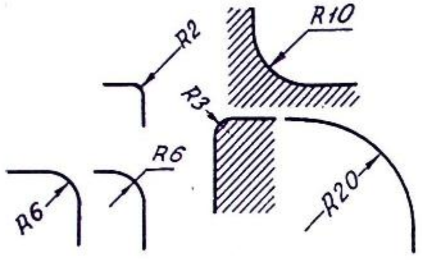
76-ე ნახ.-ზე მოცემულია ზომის მაჩვენებელი რიცხვების დაწერის მაგალითები სიმეტრიის ღერძის მიმართ მარცხნივ ან მარჯვნივ და, თუ შესაძლებელია, არა ღერძის ხაზზე. თუ სხვა საშუალება არ არის და რიცხვის



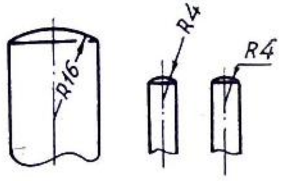
ნახ. 70.



ნახ. 71.



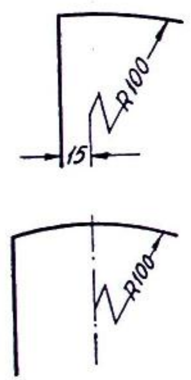
ნახ. 72.



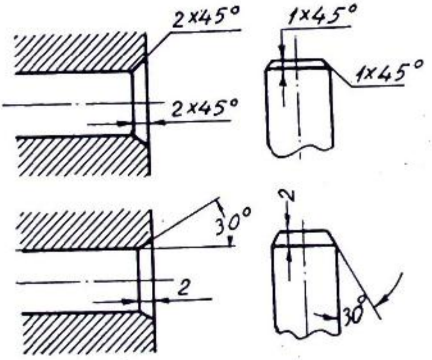
ნახ. 73.

დაწერა გვიხდება ღერძის ან ცენტრის ხაზებზე, მაშინ ეს ხაზები რიცხვის წარწერის ადგილზე უნდა ამოიჭრას.

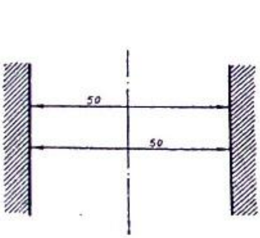
77-ე ნახ.-ზე მოცემულია რიცხვის დაწერის მაგალითი ზომის მაჩვენებელ ისრებზე, როდესაც ისრები და რიცხვები მოქცეულია მანქანის ნაწილის ნაგულისხმევი ჭრის მაჩვენებელ წახაზვაში. როგორც ნახაზიდან ჩანს, რიცხვის ჩასაწერი ადგილი წაუხაზავადაა დატოვებული. საერთოდ, უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთ შემთხვევას ძალიან ერიდებიან.



ნახ. 74.



ნახ. 75.



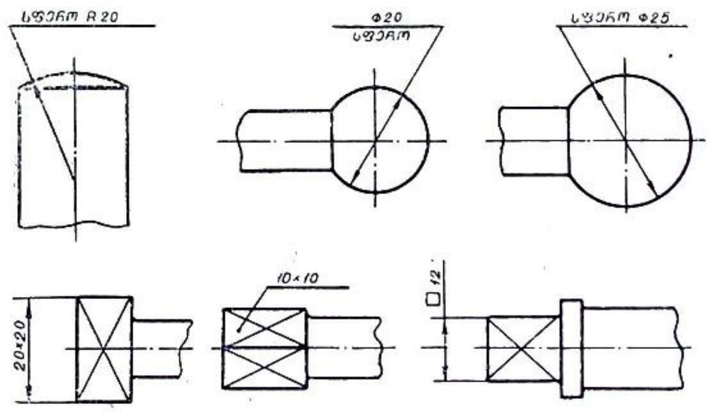
ნახ. 76.

ნახ. 77.

78-ე ნახ.-ზე მოცემულია სფერული საგნების რადიუსის ან დიამეტრის აღნიშვნის მაგალითები, როცა დეტალი ბოლოვდება ნახევარ სფეროზე ნაკლები ნაწილით, მაშინ დაეწერება „სფერო“ და რადიუსის ნიშანს მიეწერება სფეროს რადიუსის ზომის მაჩვენებელი რიცხვი. როდესაც დეტალი ბოლოვდება ან შეიცავს ნახევარზე მეტ სფეროს ნაწილს, მაშინ დაეწერება „სფერო“ და დიამეტრის ნიშანს მიეწერება სფეროს დიამეტრის მაჩვენებელი რიცხვი. წარწერა „სფერო“ შეიძლება თაროს ხაზის როგორც ზევით, ისე ქვევით.

79-ე ნახ.-ზე მოცემულია კვადრატული ფორმის დეტალების აღნიშვნის მაგალითები, სადაც ცილინდრული ფორმიდან წახნაგოვან სხეულებზე გადასვლის დროს დიაგონალებით (წვრილი დამხმარე ხაზებით) აღინიშნება წახნაგები.

მე-80 ნახ.-ზე მოცემულია დეტალის ზომის დაწერის სხვადასხვა მაგალითი. დიამეტრებისა და დეტალის თითოეული ნაწილის სიდიდისა და ზომის წარწერის მიმართულება სტანდარტით არის დადგენილი და ყველასთვის სავალდებულოა. ჩვენ განვიხილეთ ასეთი დეტალების ფორმისა და ზო-

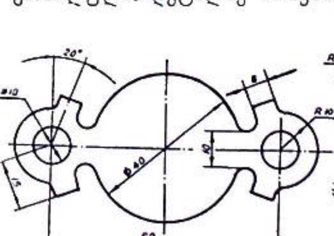


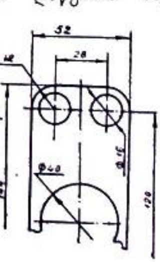
ნახ. 78.

ნახ. 79.

მის მიხედვით ზომის მაჩვენებელი რიცხვების წარწერის სხვადასხვა ვარიანტი, რომლებიც მხაზველს შეუძლია შეარჩიოს თავისი მაგალითის შესაბამისად.

81-ე ნახ.-ზე განხილულია დეტალზე ზომების დაწერის მაგალითები. აქ





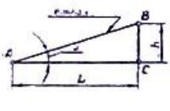
ნახ. 80.

ნახ. 81.

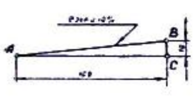
ნათლად არის გამოსახული ზომის მაჩვენებელი რიცხვების, 28-ისა და 52-ის განლაგება. რიცხვი 28 დეტალთან ახლოს (არანაკლები 5 მმ) და ღერძის გასწვრივაა (საშუალება არ იყო ღერძის ხაზისათვის აგვეცდინა), ამიტომ რიცხვთან ღერძის ხაზი ამოკვეთილია. რიცხვი 52 კი დაწერილია უფრო მარცხნივ (ერთ სწორ ხაზზე არ იწერება) და დაშორებულია წინა ზომის მაჩვენებელი ისრის ხაზიდან არანაკლებ 5 მმ-ით (რეკომენდებულია 7÷10 მმ). ამავე ნახაზზე განხილულია შემთხვევა, როცა დეტალის სიგრძის გამო მისი მეორე (სიმეტრიული) ნახევარი ამოჭრილია, მაგრამ როგორც დიამეტრის, ისე სიგრძის მაჩვენებელი ზომები მთლიანი ზომით არის დაწერილი.

დახრილობა და კონუსურობა

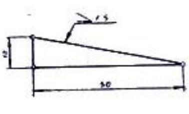
დახრილობა (ქანობი). ნახაზზე ხშირად გვიხდება რაიმე კუთხით დახრილი ხაზის აგება. ასეთი დახრილი ხაზები ხშირად გვხვდება ტექნიკური ხასიათის



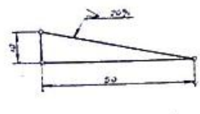
ნახ. 82.



ნახ. 83.



ნახ. 84.



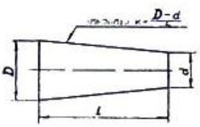
ნახ. 85.

ნაწილების ხაზვისას. ვთქვათ, მოცემული გვაქვს α კუთხით დახრილი AB სწორი ხაზი (ნახ. 82), დახრილობას თუ აღვნიშნავთ i ასოთი, მივიღებთ $i = \frac{BC}{AC} = \frac{h}{L} = tg\alpha$. განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითი: ვთქვათ, მოცემული გვაქვს AC სწორი ხაზი (ნახ. 83), რომლის მიმართ AB სწორი ხაზი დახრილია რაღაც კუთხით, ისე რომ მონაკვეთი $AC=100$ (რაიმე საზომ ერთეულს) და $BC=10$ (იმავე საზომ ერთეულს). მაშინ, თუ გამოვიყენებთ წინა ფორმულას, მივიღებთ $i = \frac{BC}{AC} = \frac{10}{100} = 10\%$, ე. ი. დახრილობა უდრის 10%.

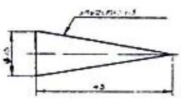
84-ე ნახ.-ზე გამოხაზულია შემთხვევა, როცა დახრილობა ნაჩვენებია კუთხის მაჩვენებელი ნიშნით „∠", როცა კუთხის წვერი მიმართული უნდა იყოს ქანობის მიხედვით და ფარდობა $\frac{10}{50}$ გამოსახულია რიცხობრივად 1 : 5.

85-ე ნახ.-ზე გამოსახულია იგივე მაგალითი პროცენტობით, შეფარდება $\frac{10}{50} = 20\%$.

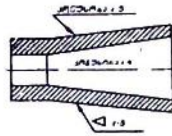
კონუსურობა. კონუსურობა არის კონუსის ნებისმიერ ადგილებზე ორი განივკვეთის დიამეტრების სხვაობის შეფარდება ამ კვეთებს შორის მანძილზე. კონუსურობა აღვნიშნოთ K ასოთი (ნახ. 86), დიდი დიამეტრი D ასოთი, მცირე დიამეტრი კი d ასოთი, მანძილი ამ დიამეტრებს შორის L ასოთი, მაშინ კონუსურობა $K = \frac{D-d}{L} = 2tg\alpha$. სრული კონუსისათვის (ნახ. 87) კონუსურობა ფუ-



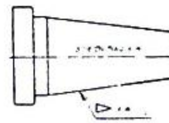
ნახ. 86.



ნახ. 87.



ნახ. 88.



ნახ. 89.

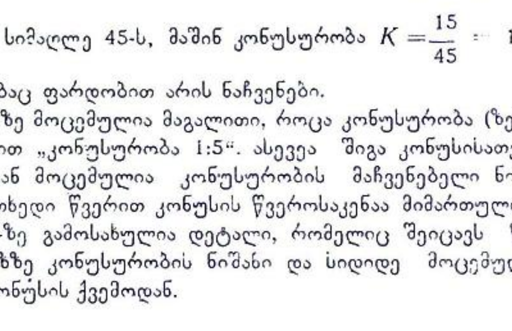
ძის დიამეტრისა და კონუსის სიმაღლის შეფარდება იქნება. ამიტომ დახრილობა წარმოადგენს კონუსურობის ნახევარს, ე. ი. $i = \frac{K}{2}$.

86-ე ნახ.-ზე მოცემულია წაკვეთილი კონუსი, რომლის დიდი ფუძის დიამეტრი D ასოთია აღნიშნული, პატარა ფუძის დიამეტრი — d ასოთი და მანძილი მათ შორის — L ასოთი.

87-ე ნახ.-ზე გამოხაზულია სრული კონუსი, რომლის ფუძის დიამეტრი უდრის 15 და სიმაღლე 45-ს, მაშინ კონუსურობა $K = \frac{15}{45} = 1:3$. ამ ნახ.-ზე კონუსურობაც ფარდობით არის ნაჩვენები.

88-ე ნახ.-ზე მოცემულია მაგალითი, როცა კონუსურობა (ზემოდან) ნაჩვენებია წარწერით „კონუსურობა 1:5“. ასევეა შიგა კონუსისათვისაც. ამ ნახაზზე ქვემოდან მოცემულია კონუსურობის მაჩვენებელი ნიშანი „◁“ — პატარა სამკუთხედი წვერით კონუსის წვეროსაკენაა მიმართული.

89-ე ნახ.-ზე გამოსახულია დეტალი, რომელიც შეიცავს წაკვეთილ კონუსს; ამ ნახაზზე კონუსურობის ნიშანი და სიდიდე მოცემულია როგორც ღერძზე, ისე კონუსის ქვემოდან.



ნახ. 90.

90-ე ნახ.-ზე მოცემულია დეტალი (პოჭოჭიკი), რომელიც შეიცავს კონუსურობას, კონუსურ ფოსოს (ნაზოლს) და კვადრატული კვეთის მქონე ნაწილს. ამ ნახაზზე, ზომების ნაცვლად, მოცემულია ასოები, რომელთა მიხედვით, ვარიანტთა ცხრილის (5) საშუალებით და ზემოაღნიშნული კონუსურობის ანგარიშით გამოიხაზება გარკვეული სიდიდის პოჭოჭიკი.

ცხრილი 5

ვარიანტის ნომერი	ზომები მმ							
	H	h_1	D	h	a×a	კონუსურობა	კონუსური ფოსო: სიმაღლე	კონუსური ფოსო: კუთხე
0	260	50	25	15	10×10	1 : 5	2	45°
1	200	50	30	18	12×12	1 : 8	3	30°
2	220	60	35	20	15×15	1 : 5	3	45°
3	180	60	30	25	15×15	10%	3	60°
4	160	60	25	15	10×10	15%	2	30°
5	150	50	30	25	15×15	10%	2	45°
6	240	60	35	12	20×20	1 : 5	3	60°
7	120	70	40	15	25×25	1 : 5	2	30°

მასშტაბები (ზომსადარები)

ხაზვაში ხშირად ისეთი საგნების გამოხაზვა გვიხდება (მანქანები, შენობები, აპარატები), რომ მათი ნამდვილი სიდიდით გადატანა ქაღალდზე შეუძლებელია. ამიტომ საჭიროა მათი გამოსახვა შემცირებული სახით. ასე, მაგალითად, შეიძლება ნახაზებზე გამოსახული საგნები შემცირებული შეგვხვდეს მათ ნამდვილ სიდიდესთან შედარებით 2-ჯერ, 5-ჯერ, 10-ჯერ და ა. შ. მცირე სხეულების გამოსახაზავად კი, პირიქით, მეტი თვალსაჩინოებისათვის ნახაზზე უნდა გავადიდოთ მათი ნამდვილი სიდიდე.

შემცირების სიდიდეს ანუ, სხვანაირად, ნახაზზე აღნიშნული მონაკვეთის სიგრძის შეფარდებას ამ მონაკვეთის ნამდვილ სიგრძესთან რიცხობრივ მასშტაბს უწოდებენ. მაგ., თუ სინამდვილეში მონაკვეთის სიგრძე არის 20 სანტიმეტრი და ჩვენ ნახაზზე ის აღვნიშნეთ 2 სანტიმეტრის სიგრძის მონაკვეთით, მაშინ რიცხობრივი მასშტაბი იქნება 1 : 10.

ტექნიკურ ხაზვაში, გОСТ 3451-59-ის მიხედვით, შემცირებისათვის მიღებულია შემდეგი მასშტაბები: 1:2; (1:2,5); (1:4); 1:5; 1:10; (1:15); 1:20; (1:25); 1:50; (1:75); 1:100 და ა. შ.

გადიდებისათვის 2:1; (2,5:1); 5:1; 10:1 და ა. შ. ფრჩხილებში ჩაწერილი მასშტაბების ხმარება არაა სასურველი. როცა ნახაზს გამოვსახავთ 5-ჯერ შემცირებულს, იმ შემთხვევაში ნახაზზე აღვნიშნავთ მ 1 : 5 (ან ზ 1 : 5). ასო მ (ან ზ) აღნიშნავს სიტყვა მასშტაბს (ზომსადარს).

ნახაზზე მოცემული მონაკვეთების გასაზომად და თვით მონაკვეთების აღსანიშნავად სარგებლობენ ე. წ. *ხაზობრივი* მასშტაბით. ხაზობრივი მასშტაბი ორნაირია: *მარტივი* და *განივი*.

ხაზობრივი, ანუ მარტივი მასშტაბი

მარტივი მასშტაბი წარმოადგენს სწორ ხაზს, რომელზეც რამდენჯერმე გადაზომილი განსაზღვრული სიგრძე, ე. წ. ფუძე მასშტაბისა, რომელიც შეესაბამება სინამდვილეში სიგრძის განსაზღვრულ რიცხვებს. მაგ., თუ სინამდვილეში მონაკვეთის სიგრძე 200 მილიმეტრია და გვინდა ეს სიდიდე ქაღალდზე გამოვსახოთ 10-ჯერ შემცირებული, ე. ი. მასშტაბი ავიღოთ 1:10, მაშინ მას-

ტაბის ფუძის სიგრძე იქნება 200:10=20 მილიმეტრი. ახლა კი შეგვიძლია ავაგოთ შესაბამისი მარტივი ხაზობრივი მასშტაბი. სწორ ხაზზე ავიღოთ წერტილი და დავაწეროთ ნული (ნახ. 91). გადავზომოთ აღებული წერტილიდან მარცხნივ 20 მილიმეტრი და დავაწეროთ 1, მარჯვნივ კი გადავზომოთ ამავე სიგრძის (20 მილიმეტრი) მონაკვეთები ნებისმიერი რაოდენობით და დავაწეროთ რიცხვები 1, 2, 3 და ა. შ.

0-დან მარცხნივ გადაზომილი მასშტაბის ფუძე დავყოთ 10 თანატოლ ნაწილად. აგებული მასშტაბის თითოეული დანაყოფი შეესაბამება 200 მილიმეტრს,

ნახ. 91.

პატარა დანაყოფი კი — 200:10=20 მილიმეტრს. ნულიდან მარჯვნივ აითვლება ყოველ დანაყოფზე 200 მილიმეტრი, ნულიდან მარცხნივ კი — ყოველ მცირე დანაყოფზე 20 მილიმეტრი. ასეთი მასშტაბიდან 20 მილიმეტრზე მცირე დანაყოფის ზუსტად ათვლა არ შეგვიძლია, ამიტომ ამ შემთხვევაში მასშტაბის სიზუსტე იქნება 20 მილიმეტრი. ვთქვათ, ასეთი მასშტაბით გვინდა ავიღოთ მანძილი 480 მილიმეტრი, მაშინ საზომი ფარგლის ერთი ფეხი მოთავსდება მასშტაბის 2 დანაყოფზე ნულიდან მარჯვნივ, მეორე ფეხი კი ნულიდან მარცხნივ მასშტაბის მცირე დანაყოფის 4 წერტილზე; ნახაზზე აღებული მონაკვეთის ნამდვილი სიგრძის გასაგებად საზომ ფარგალს გავშლით ამ მონაკვეთის სიგრძეზე. ჯერ მასშტაბის ნულზე დავაბჯენთ ფარგლის ერთ ფეხს, მეორე ფეხს კი გადავიტანთ ნულის მარჯვნივ და გავსინჯავთ, ხვდება თუ არა მასშტაბის დანაყოფის რომელიმე წერტილს. თუ დაემთხვა რომელიმე წერტილს, მაშინ ამ წერტილის აღმნიშვნელ რიცხვზე გადავამრავლებთ მასშტაბის ფუძის რიცხვს და ეს იქნება გასაზომი მონაკვეთის სიგრძე. თუ საზომი ფარგლის მეორე ფეხი არ მოხვდა ზუსტად დანაყოფების წერტილზე, მაშინ საზომ ფარგალს ავიღებთ ნულიდან და მარჯვენა ფეხს გადმოვაადგილებთ ნულისაკენ უახლოეს დანაყოფზე. ცხადია, ამ შემთხვევაში ფარგლის მარცხენა ფეხი მოთავსდება ნულიდან მარცხნივ პატარა დანაყოფზე. ჯერ ამოვწერთ ნულიდან მარჯვენა რიცხვს და დავწერთ როგორც მთელს, ნულის მარცხენა რიცხვს კი მივუწერთ როგორც მეათედს. მიღებულ რიცხვს გადავამრავლებთ მასშტაბის ფუძეზე და მივიღებთ მონაკვეთის ნამდვილ სიგრძეს, გამოსახულს რიცხვებში.

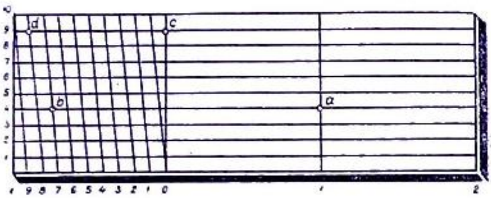
განივი, ანუ ათწილადი მასშტაბი

მასშტაბის სიზუსტის გასადიდებლად იხმარება განივი მასშტაბი. განივი მასშტაბის აგება ისეთივე ხერხით იწყება, როგორც ხაზოვანისა.

ვთქვათ, საჭიროა ავაგოთ განივი მასშტაბი 1:5. თუ ადგილზე მონაკვეთის სიგრძე არის 200 მილიმეტრი, მაშინ ნახაზზე მასშტაბის ფუძე იქნება 200 : 5=40 მილიმეტრი. სწორ ხაზზე ავიღოთ წერტილი და დავაწეროთ ნული (ნახ. 92).

გადავზომოთ ნულიდან მარჯვნივ აღნიშნული მასშტაბის ფუძე (40 მმ) ნებისმიერი რაოდენობით და დავაწეროთ რიცხვები 1, 2, 3 და ა. შ. მარცხნივ კი გადავზომოთ მასშტაბის ერთი ფუძე და დავაწეროთ 1. ნულიდან მარცხნივ მასშტაბის ფუძე დავყოთ 10 თანატოლ ნაწილად და დავაწეროთ რიცხვები

მ 1:5



ნახ. 92.

1. 2. 3 და ა. შ. მასშტაბის დანაყოფების ყველა წერტილიდან ავმართოთ მართობები. დანაყოფების მარცხენა და მარჯვენა ბოლო მართობებზე გადავზომოთ ზემოთ ნებისმიერი სიგრძის 10 თანატოლი მონაკვეთი, შევაერთოთ მიღებული წერტილები ფუძის პარალელური ხაზებით. მარცხენა ბოლო მართობზე ქვევიდან ზევით დავაწეროთ 1, 2, 3,..., 10. ბოლო წერიტილი (10) შევაერთოთ ფუძის წერტილთან 9. ფუძის დანარჩენი დაყოფის წერტილებიდან კი გავავლოთ 10—9 მონაკვეთის პარალელური ხაზები და მივიღებთ განივი მასშტაბის ნახაზს.

განივი მასშტაბის გამოყენება ხდება შემდეგი წესით:

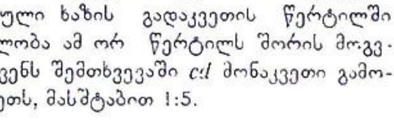
1) როცა გვინდა მონაკვეთის სიგრძის გამოსახვა მილიმეტრებით და ეს მონაკვეთი აღებულია ისეთ ხაზზე, რომლის მასშტაბი არის 1:5, ამ შემთხვევაში მონაკვეთის სიგრძეზე გავშლით საზომი ფარგლის ფეხებს. ჯერ ვასინჯავთ მთელ დანაყოფებს (მასშტაბის ფუძის მიხედვით). თუ ნულიდან მარჯვნივ ფარგლის ფეხი მოთავსდება მთელ დანაყოფზე, მაშინ მიღებულ რიცხვს გადავამრავლებთ მასშტაბის ფუძეზე და მივიღებთ მონაკვეთის სიგრძეს. 92-ე ნახ.-ზე განხილულია შემთხვევა, როცა საზომი ფარგლის მარცხენა ფეხი მოვათავსეთ 0-ზე, მარჯვენა ფეხი მოთავსდა 1-სა და 2-ს შორის. ამიტომ მარჯვენა ფეხს ავაყოლებთ 1-ზე გავლებულ შვეულ ხაზზე და მარცხენა ფეხს ვაკვირდებით. როდის ვადაკვეთს 0-დან მარცხნივ 1-მდე დანაყოფებზე გავლებულ დახრილ ხაზს ჩვენს შემთხვევაში, როცა ფარგლის მარჯვენა ფეხი დავამთხვიეთ 0-ის მარჯვნივ 1-ზე. ფარგლის მარცხენა ფეხი მოთავსდა 0-დან მარცხნივ ათწილად დანაყოფებს 7 და 8-ს შორის. ამიტომ ფარგლის ორივე ფეხი პარალელურად გადავაადგილეთ ზევით ისე, რომ ფარგლის მარჯვენა ფეხი 1-ზე გამავალ შვეულ ხაზს გაჰყოლოდა, ფარგლის მარცხენა ფეხმა გადაკვეთა ათწილადი რიცხვების 7-ზე გამავალი დახრილი ხაზი იქ, სადაც მარცხენა 1-ზე ზემოთ მცირე დანაყოფების (მეასედების) 4 წერტილზე გამავალი ჰორიზონტალური ხაზი კვეთს ათწილადის 7-ზე გამავალ მარცხნივ დახრილ ხაზს (ეს მონაკვეთი აღნიშნულია *ab*-თი).

ამავე ჰორიზონტალურ ხაზზე შევაჩერეთ ფარგლის მარჯვენა ფეხი (წერტილი *a*). ამოვწეროთ რიცხვები: 0-დან მარჯვნივ — 1 მთელი, 0-დან მარცხნივ —7, ზემოთ ის მოთავსდა 4 დანაყოფზე; ამგვარად, მივიღეთ რიცხვი 1,74. რადგან მასშტაბის ფუძე 200 მმ-ია, ამიტომ ეს რიცხვი უნდა გავამრავლოთ 200-ზე. მივიღებთ: აღებული *ab* მონაკვეთის სიგრძე=348 მილიმეტრს.

2) როცა საჭიროა რომელიმე რიცხვის გამომხატველი მონაკვეთი ავიღოთ ნახაზზე. ჩვენს შემთხვევაში განხილულია 178 მილიმეტრის სიგრძის მონაკვეთი, რომლის აღებას ვაწარმოებთ შემდეგნაირად: გავყოთ 178 მმ მასშტაბის ფუძეზე, ე. ი. იმ რიცხვზე, რომელიც განივი მასშტაბის ფუძეს — ერთ დანაყოფს ეთანადება (მასშტაბის ფუძის ერთი დანაყოფი, რომლის სიგრძეა 40 მმ, სინამდვილეში 200 მმ ეთანადება), ეს რიცხვი არის 200. მივიღებთ 178 : 200 = 0,89. მაშასადამე, ასეთ მასშტაბზე უნდა ავიღოთ 0,89. რადგან ეს რიცხვი ერთზე ნაკლებია, ის მთლიანად მოთავსდება ნულოვანი დანაყოფიდან მარცხნივ. ავიღოთ ამ მხარეს განაყოფი 8, ავყვეთ მაღლა დახრილ ხაზს მარცხენა მართობის მე-9 განაყოფზე გავლებული ფუძის პარალელური ხაზის გადაკვეთამდე. მივიღებთ d წერტილს. ამ წერტილში მოთავსდება ფარგლის მარცხენა ფეხი. ფარგლის მარჯვენა ფეხი კი მოთავსდება ამავე ჰორიზონტალური ხაზისა და C წერტილზე გამავალი შვეული ხაზის გადაკვეთის წერტილში (c წერტილი); საზომი ფარგლის გაშლილობა ამ ორ წერტილს შორის მოგვცემს საძიებელი მონაკვეთის სიგრძეს. ჩვენს შემთხვევაში cd მონაკვეთი გამოხატავს 178 მილიმეტრის სიგრძის მონაკვეთს, მასშტაბით 1:5.

პროპორციული, ანუ კუთხური მასშტაბი

როდესაც საჭიროა ნახაზის სხვა მასშტაბით გადახაზვა, ე. ი. საჭიროა შემცირება ან გადიდება, იხმარება პროპორციული მასშტაბი. ვთქვათ, ნახაზი შედგენილია მასშტაბით 1:2 და საჭიროა ამ ნახაზის გადახაზვა ისე, რომ მასშტაბი იყოს 1:10, ე. ი. ნახაზი კიდევ უნდა შემცირდეს 5-ჯერ. ამისათვის ცალკე ქაღალდზე ავაგებთ პროპორციულ მასშტაბს შემდეგნაირად: სწორ ხაზზე ავიღებთ A წერტილს (ნახ. 93), ამ წერტილიდან აღნიშნულ ხაზზე გადავზომავთ ნებისმიერი სიგრძის მონაკვეთს 5-ჯერ, მიღებულ ბოლო



ნახ. 93.

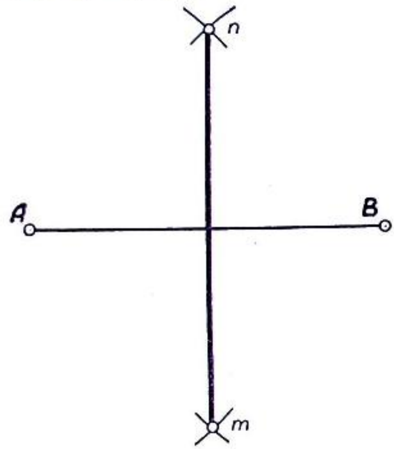
წერტილს აღვნიშნავთ B ასოთი. A წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, AB რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალს. B წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, ერთი მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით შემოვხაზავთ რკალს. ამ რკალების გადაკვეთის წერტილს აღვნიშნავთ C ასოთი. A წერტილს C წერტილთან შევაერთებთ სწორი ხაზით. მივიღებთ პროპორციულ მასშტაბს. განვიხილოთ ზოგიერთი მაგალითი. დავუშვათ, რომ მოცემული AD მონაკვეთის სიგრძე უნდა გადავიტანოთ 5-ჯერ შემცირებული. გავშალოთ ფარგალი AD მონაკვეთის სიგრძის ტოლად და A წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ რკალი, რომელიც პროპორციული მასშტაბის გვერდებს გადაკვეთს E და D წერტილებში. მაშინ DE მონაკვეთი იქნება AD მონაკვეთზე 5-ჯერ ნაკლები. ასევეა მეორე შემთხვევაშიც, როცა მონაკვეთი AM საჭიროა გადავიტანოთ 5-ჯერ შემცირებული. AM რადიუსით A წერტილიდან შემოვხაზავთ რკალს, რომელიც პროპორციული მასშტაბის გვერდებს გადაკვეთს M და N წერტილებში, $MN = AM:5$. თუ ყოველი მონაკვეთის სიგრძის ნაცვლად გადავიტანთ მის სიგრძეს, შემცირებულს 5-ჯერ, მივიღებთ ახალ ნახაზს, მასშტაბით 1:10.

მესამე თავი

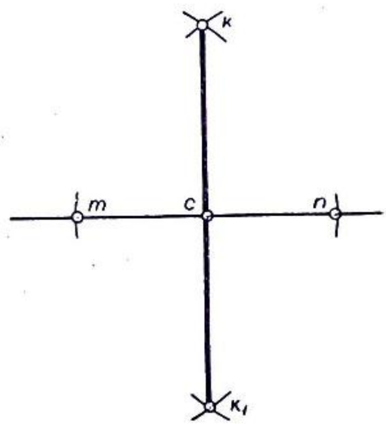
გეომეტრიული აგებანი

ურთიერთმართობული სწორი ხაზების გავლება

ურთიერთმართობული სწორი ხაზების გავლება ორი სამკუთხედით, ან სახაზავითა და სამკუთხედით, მეტად მოხერხებულია. მისი სიზუსტე დამოკიდებულია სამკუთხედის სიზუსტეზე. ჩვენ აქ განვიხილავთ ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით ურთიერთმართობული სწორი ხაზების გავლებას, რომელიც საკმაოდ ზუსტია.



ნახ. 94.



ნახ. 95.

მოცემული მონაკვეთის შუა წერტილზე მართობის გავლება

ეს მაგალითი შეიძლება შესრულდეს სამკუთხედების საშუალებითაც, მაგრამ ჩვენ განვიხილოთ ფარგლის საშუალებით.

მოცემულია AB მონაკვეთი და მის შუა წერტილზე უნდა გავავლოთ მართობი (ეს იგივეა, რაც მონაკვეთის ორ ტოლ ნაწილად გაყოფა). A და B წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალები (მონაკვეთის ნახევარზე მეტი სიგრძის რადიუსით) მოცემული მონაკვეთის ორივე მხარეს ურთიერთგადაკვეთამდე (ნახ. 94). გადაკვეთის ეს წერტილები აღვნიშნოთ m და n ასოებით, რომელთა შეერთება სწორი ხაზით მოგვცემს AB მონაკვეთის შუა წერტილზე გამავალ და მის მართობულ სწორ ხაზს.

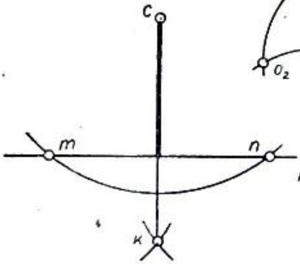
მოცემული სწორი ხაზის ნებისმიერ წერტილზე მართობული სწორი ხაზის გავლება

მოცემულ სწორ ხაზზე მდებარე ნებისმიერ C წერტილზე მართობის გავლებისათვის ვიქცევით შემდეგნაირად: C წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, ნებისმიერი სიგრძის რადიუსით ამ წერტილის ორივე მხარეს მოვზომავთ თანა-

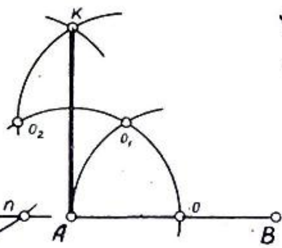
ტოლ მანძილებს. მიღებული m და n წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, შემოვხაზავთ მოცემული სწორი ხაზის ორივე მხარეს (შეიძლება მარტო ერთ მხარესაც, მაგრამ უფრო არაზუსტია) წრეხაზის რკალებს (ნახ. 95), რომელთა ურთიერთგადაკვეთის K და K_1 წერტილების სწორი ხაზით შეერთება მოგვცემს მოცემული სწორი ხაზის ნებისმიერ C წერტილზე გამავალი ხაზის მართობულ სწორ ხაზს.

მოცემული წერტილიდან მოცემულ სწორ ხაზზე მართობის დაშვება და მონაკვეთის ბოლო წერტილიდან მართობის ამართვა

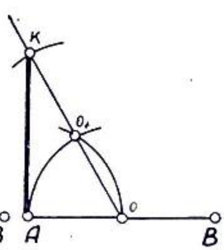
მოცემულია სწორი ხაზი და მის გარეშე მდებარე C წერტილი. ამ წერტილიდან მოცემულ სწორ ხაზზე მართობის დაშვება მრავალი ხერხით შეიძლება. ჩვენ განვიხილავთ ფარგლის საშუალებით მართობის დაშვების მარტივ ხერხს.



ნახ. 96.



ნახ. 97.



ნახ. 98.

მოცემული C წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, ნებისმიერი რადიუსით (ისე, რომ ამ რადიუსის სიგრძე მეტი იყოს წერტილიდან ხაზამდე მანძილის) შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი მოცემული სწორი ხაზის ორ წერტილზე გადაკვეთამდე. ეს წერტილები აღვნიშნოთ m და n ასოებით; ამ წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, შემოვხაზოთ ნებისმიერი სიგრძის თანატოლრადიუსიანი რკალები მოცემული ხაზის მეორე მხარეს K წერტილზე გადაკვეთამდე (ნახ. 96); მიღებული K წერტილის მოცემულ წერტილთან სწორი ხაზით შეერთება მოგვცემს C წერტილიდან მოცემულ სწორ ხაზზე დაშვებულ მართობს.

97-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მოცემული მონაკვეთის ბოლო წერტილზე მართობის ამართვის ერთ-ერთი მარტივი ხერხი. მოცემული მონაკვეთის ბოლო A წერტილზე, როგორც ცენტრზე, ნებისმიერი რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალი მოცემული მონაკვეთის O წერტილზე გადაკვეთამდე; მიღებულ O წერტილზე, როგორც ცენტრზე, იმავე რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალი, პირველი რკალის O_1 წერტილზე გადაკვეთამდე; O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოხაზულია იმავერადიუსიანი რკალი პირველი რკალის O_2 წერტილზე გადაკვეთამდე; O_2 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, იმავე რადიუსით შემოხაზულია რკალი მესამე რკალის K წერტილზე გადაკვეთამდე;

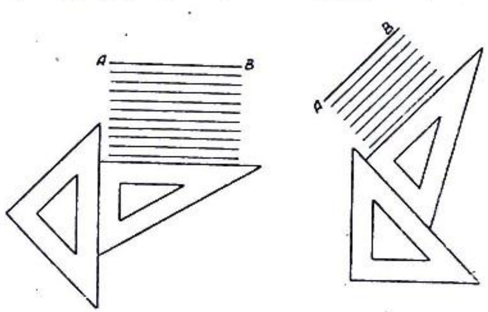
მიღებული K წერტილი სწორი ხაზით შეერთებულია A წერტილთან, რომელიც AB მონაკვეთის მართობულია.

98-ე ნახ.-ზე გამოსახულია AB სწორი ხაზის მონაკვეთის ბოლო წერტილზე მართობის ამართვის მეორე უფრო მარტივი ხერხი: A წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, ნებისმიერი რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალი მოცემული AB მონაკვეთის O წერტილზე გადაკვეთამდე; O წერტილზე, როგორც ცენტრზე, იმავე რადიუსით შემოხაზულია რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე, გადაკვეთის ეს წერტილი აღნიშნულია O_1 ასოთი; O და O_1 წერტილებზე გავლებულია სწორი ხაზი და O_1 წერტილიდან იმავე რადიუსით შემოხაზულია რკალი გავლებული სწორი ხაზის K წერტილზე გადაკვეთამდე; K წერტილი სწორი ხაზით შეერთებულია A წერტილთან. ეს სწორი ხაზი AB მონაკვეთის მართობულია.

პარალელური ხაზების გავლება

ურთიერთპარალელურ სწორ ხაზებს ადვილად გავავლებთ ორი სამკუთხედით ან სახაზავითა და სამკუთხედით. ეს წესი პრაქტიკაში ხშირადაა გამოყენებული, რომელიც მოითხოვს მხაზველის დახელოვნებას.

99-ზე ნახ.-ზე მოცემულია ურთიერთპარალელური სწორი ხაზების გავლე-



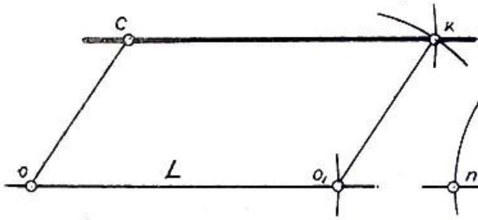
ნახ. 99.

ბის ორი მაგალითი: როცა AB სწორი ხაზი ჰორიზონტალურია და საჭიროა მის პარალელურად რამდენიმე ხაზის გავლება; მეორე მაგალითზე ნაჩვენებია შემთხვევა, როცა AB სწორი ხაზი ნებისმიერად დახრილია და ამ სწორი ხაზის პარალელურად უნდა გავავლოთ რამდენიმე სწორი ხაზი. ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ ერთი სამკუთხედის ერთ კათეტს AB ხაზს დავამთხვევთ, მეორე კათეტზე მეორე სამკუთხედს (ან სახაზავს) ერთ-ერთი გვერდით მჭიდროდ მივადებთ და მარცხენა ხელით სახაზავ დაფაზე უძრავად დავამაგრებთ, შემდეგ კი პირველ სამკუთხედს ვასრიალებთ უძრავი მეორე სამკუთხედის (ან სახაზავის) გვერდზე ზემოთ ან ქვემოთ, იმისდა მიხედვით, თუ საც უნდა გავავლოთ პარალელური ხაზები.

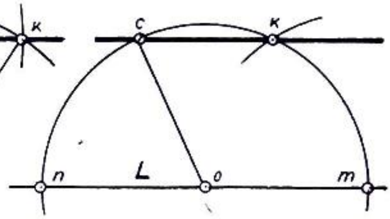
მოცემულ წერტილზე მოცემული სწორი ხაზის პარალელური სწორი ხაზის გავლება

ამ ამოცანის გადაწყვეტა შეიძლება რამდენიმე ხერხით:

პარალელოგრამის აგების საშუალებით. მოცემულია L სწორი ხაზი და C წერტილი (ნახ. 100). C წერტილზე გავავლოთ მოცემული L სწორი ხაზისადმი ნებისმიერი კუთხით დახრილი სწორი ხაზი, რომლის გადაკვეთა მოცემულ სწორ ხაზთან აღვნიშნოთ **o** ასოთი. **o** წერტილიდან მოცემულ L სწორ ხაზზე გადავზომოთ ნებისმიერი სიგრძის oo_1 მონაკვეთი. მოცემული C წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, oo_1 მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი. o_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, OC მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი პირველი რკალის K წერტილზე გადაკვეთამდე. მოცემულ C წერტილზე და მიღებულ K წერტილზე გავლებული სწორი ხაზი იქნება მოცემული სწორი ხაზის პარალელური და მოცემულ C წერტილზე გამავალი:



ნახ. 100.



ნახ. 101.

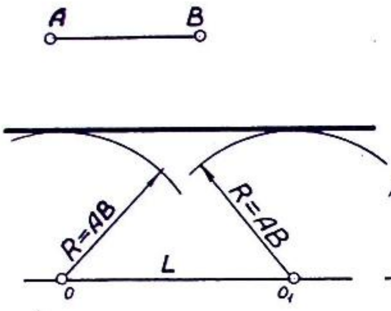
წრეხაზის რკალების საშუალებით. მოცემულია L სწორი ხაზი და C წერტილი (ნახ. 101). მოცემულ L სწორ ხაზზე ავიღოთ ნებისმიერი O წერტილი, რომელზედაც, როგორც ცენტრზე, OC რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი მოცემული სწორი ხაზის m და n წერტილებზე გადაკვეთამდე. m წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, nC მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე. გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. მოცემულ C წერტილზე და მიღებულ წერტილზე გამავალი სწორი ხაზი იქნება მოცემული სწორი ხაზის პარალელური.

მოცემული სწორი ხაზის პარალელური სწორი ხაზის გავლება მოცემული მანძილით

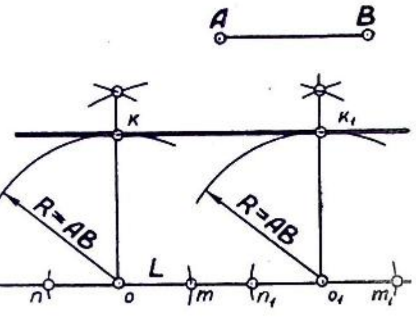
ამ ამოცანის გადაწყვეტა შეიძლება მრავალი ხერხით — ჩვენ განვიხილოთ ორი მარტივი ხერხი:

რკალების საშუალებით. მოცემულია L სწორი ხაზი და სწორი ხაზის AB მონაკვეთი (ნახ. 102). უნდა გავავლოთ სწორი ხაზის პარალელური სწორი ხაზი, რომელიც მოცემული L სწორი ხაზიდან AB მონაკვეთის ტოლი მანძილით იქნება დაშორებული.

მოცემულ L სწორ ხაზზე ავიღოთ ნებისმიერი ორი O და O_1 წერტილი, გავშალოთ ფარგალი მოცემული AB მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით და რო-



ნახ. 102.



ნახ. 103.

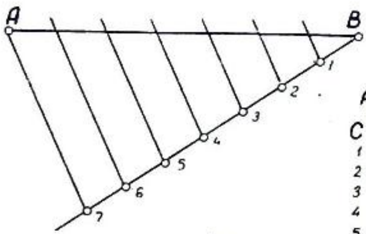
გორც O, ისე O_1 წერტილებიდან შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალები. ამ ორი რკალის მხებად გავლებული სწორი ხაზი იქნება მოცემული L სწორი ხაზის პარალელური და AB მონაკვეთის ტოლი მანძილით დაშორებული (ეს ხერხი ადვილია, მაგრამ ნაკლებად ზუსტი);

მართობების საშუალებით. მოცემულია L სწორი ხაზი და AB სწორი ხაზის მონაკვეთი (ნახ. 103). უნდა გავავლოთ მოცემული სწორი ხაზის პარალელური სწორი ხაზი, რომელიც მოცემული სწორი ხაზიდან AB მონაკვეთის ტოლი მანძილით იქნება დაშორებული.

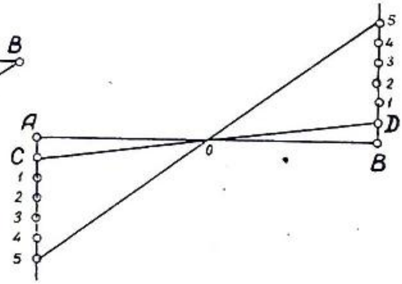
მოცემულ L სწორ ხაზზე ავიღოთ ნებისმიერი ორი O და O_1 წერტილი. ამ წერტილებიდან მოცემულ სწორ ხაზზე როგორც მარცხნივ, ისე მარჯვნივ მოვზომოთ თანატოლი მონაკვეთები. მიღებული m, n და m_1, n_1 წერტილებიდან შემოვხაზოთ ნებისმიერი სიგრძის ტოლრადიუსიანი რკალები, რომელთა გადაკვეთის წერტილების სათანადოდ O და O_1 წერტილებთან შეერთება მოგვცემს მოცემული სწორი ხაზის მართობებს (ეს საკითხი მართობების გავლების მაგალითებში ზუსტად იყო განმარტებული). O და O_1 წერტილებიდან სათანადო მართობებზე მოცემული AB მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით მოვზომავთ K და K_1 წერტილებს. ამ წერტილებში გამავალი სწორი ხაზი იქნება მოცემული სწორი ხაზის პარალელური და მისგან მოცემული AB მონაკვეთის ტოლი მანძილით დაშორებული.

სწორი ხაზის მონაკვეთის დაყოფა ნებისმიერ თანატოლ ნაწილებად

მოცემულია AB მონაკვეთი, რომელიც უნდა გავყოთ 7 თანატოლ ნაწილად. გავავლოთ B წერტილიდან (შეიძლება A წერტილიდანაც) დამხმარე ნებისმიერი დახრილი სწორი ხაზი (ნახ. 104). გავშალოთ საზომი ფარგალი ნებისმიერად და B წერტილიდან ამ ხაზზე გადავზომოთ იმდენი მონაკვეთი, რამდენ ტოლ ნაწილადაც ვყოფთ AB მონაკვეთს (ამ შემთხვევაში 7 ტოლ ნაწილად). უკანასკნელი წერტილი 7 სწორი ხაზით შევაერთოთ A წერტილთან. სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით გავატაროთ A—7 სწორი ხაზის მონაკვეთის პარალელური სწორი ხაზები B—7 მონაკვეთის დაყოფის ყველა



ნახ. 104.



ნახ. 105.

წერტილიდან. ამ პარალელური ხაზებით მოცემული AB მონაკვეთი გაიყოფა 7 თანატოლ ნაწილად.

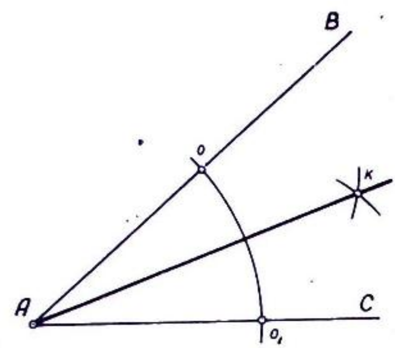
105-ე ნახ.-ზე მოცემულია დამხმარე ხაზის აგება, რომლის საშუალებითაც დაზუსტებულია ორი სწორი ხაზის გადაკვეთის წერტილი, როცა ეს ხაზები ურთიერთთან მცირე კუთხით იკვეთება. ერთ-ერთ სწორ ხაზზე გადაკვეთის წერტილიდან ორივე მხარეს აღებულია A და B წერტილები. ამ წერტილებიდან სწორი ხაზისადმი გავლებულია მართობები; მეორე ხაზის გადაკვეთის წერტილები აღნიშნულია C და D ასოებით. A წერტილიდან გავლებულ მართობზე გადაზომილია AC მონაკვეთი გარკვეული რაოდენობით (ჩვენს შემთხვევაში 6-ჯერ). B წერტილიდან ამართულ მართობზე გადაზომილია იმავე რაოდენობით BD მონაკვეთი (ჩვენს შემთხვევაში 6-ჯერ), AC მონაკვეთი შეიძლება AD მონაკვეთის ტოლი არ იყოს, ასევე მიღებული A—5 შეიძლება არ უდრიდეს B—5 მონაკვეთს (ეს დამოკიდებულია O წერტილიდან A და B წერტილების გადაზომვაზე). მიღებული ბოლო 5—5 წერტილები სწორი ხაზით შევუერთოთ ერთიმეორეს, ამ სწორი ხაზის გადაკვეთა AB ხაზთან მოგვცემს O წერტილს, რომელიც AB და CD სწორი ხაზების გადაკვეთის წერტილია.

კუთხეების გაყოფა თანატოლ ნაწილებად

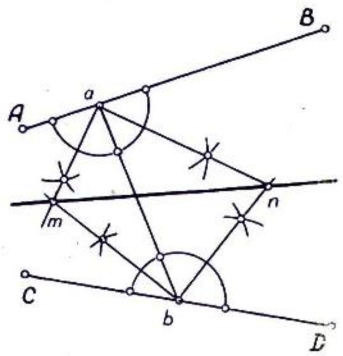
მახვილი კუთხის გაყოფა ორ თანატოლ ნაწილად (ნახ. 106)

მახვილი კუთხის ორ ტოლ ნაწილად გაყოფა გეომეტრიიდან ცნობილია. კუთხის A წვეროდან ნებისმიერი რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალი კუთხის გვერდების O და O_1 წერტილებზე გადაკვეთამდე; O და O_1 წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, ნებისმიერი რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალები K წერტილზე ურთიერთგადაკვეთამდე. K წერტილი A წერტილთან შეერთებულია სწორი ხაზით, რომელიც მოცემულ კუთხეს გაყოფს ორ ტოლ ნაწილად.

107-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მაგალითი, რომელიც განიხილავს შემთხვევას, როცა AB დახრილია CD სწორი ხაზისადმი და ისინი ნახაზის ფარგლებში არ იკვეთებიან; საჭიროა მათ შორის სიმეტრიის (ამ ხაზების მიერ შექმნილი კუთხის შუაგამყოფის) ხაზის პოვნა. AB მონაკვეთზე აღებულია a წერტილი, CD მონაკვეთზე კი b წერტილი; ეს წერტილები შეერთებულია სწორი ხაზით.



ნახ. 106.

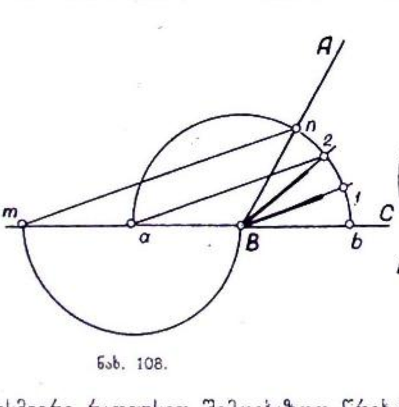


ნახ. 107.

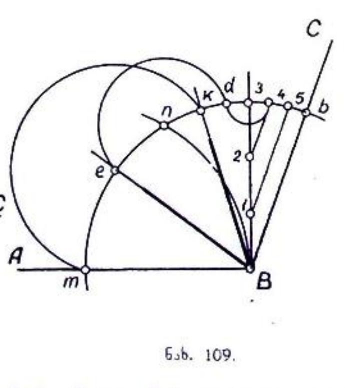
Aab კუთხე გაყოფილია შუაზე, Cba კუთხეც გაყოფილია შუაზე; ამ კუთხეების ბისექტრისების გადაკვეთა აღნიშნულია m ასოთი. Bab კუთხე გაყოფილია შუაზე, Dba კუთხეც გაყოფილია შუაზე. ამ კუთხეების ბისექტრისების ურთიერთგადაკვეთა აღნიშნულია n ასოთი. m და n წერტილებზე გამავალი სწორი ხაზი იქნება მოცემული AB და CD ურთიერთდახრილი ხაზების სიმეტრიის ღერძი (ამ გვერდებით შექმნილი კუთხის ბისექტრისა).

მახვილი კუთხის სამ ტოლ ნაწილად გაყოფის მიახლოებითი ხერხი (ნახ. 108).

მოცემულია ABC მახვილი კუთხე, რომლის სამ ტოლ ნაწილად გაყოფისათვის გავაგრძელოთ BC გვერდი. B წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან,



ნახ. 108.



ნახ. 109.

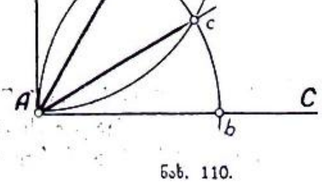
ნებისმიერი რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი BC გვერდის გაგრძელების გადაკვეთამდე, გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ a ასოთი. a წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, იმავე რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა BC გვერდის გაგრძელებაზე აღვნიშნოთ m ასოთი.

კუთხის AB გვერდის გადაკვეთა პირველად შემოხაზულ წრეხაზის რკალთან აღვნიშნოთ n ასოთი. m წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ n წერტილს; a და B წერტილებიდან გავავლოთ mn სწორი ხაზის პარალელური სწორი ხაზები, რომლებიც bn რკალს გაყოფენ სამ თანატოლ ნაწილად, გაყოფის ეს წერტილები სწორი ხაზებით შევუერთოთ მოცემული კუთხის B წვეროს. მივიღებთ სამ ტოლ ნაწილად გაყოფილ ABC მახვილ კუთხეს.

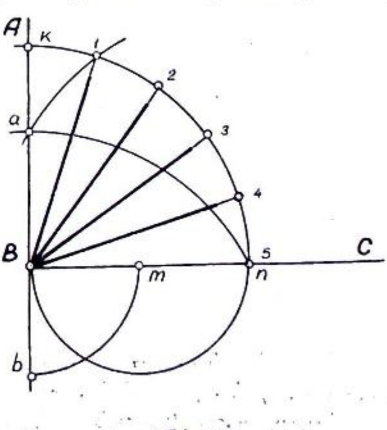
109-ე ნახ.-ზე მოცემულია ბლაგვი კუთხის სამ თანატოლ ნაწილად გაყოფის მიახლოებითი ხერხი. მოცემული კუთხის გვერდის (ამ შემთხვევაში აღებულია AB) მართობი ავმართოთ კუთხის B წვეროდან. B წერტილზე, როგორც ცენტრზე, ნებისმიერი რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა AB გვერდთან აღვნიშნოთ m ასოთი, BC გვერდთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ b ასოთი და B წვეროდან ამართულ მართობთან გადაკვეთა კი ციფრით 3. B წვეროზე ამართულ მართობზე მონაკვეთი B-3 გავყოთ 3 თანატოლ ნაწილად, მიღებულ 1 და 2 წერტილებზე გავავლოთ BC გვერდის პარალელური სწორი ხაზები, რომლებიც შემოხაზული წრეხაზის რკალს გადაკვეთენ წერტილებში 4 და 5. წერტილიდან 3, როგორც ცენტრიდან, 3—4 რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა რკალთან აღვნიშნოთ d ასოთი. m წერტილიდან Bm რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი, რომლის გადაკვეთა პირვანდელ რკალთან აღვნიშნოთ n ასოთი. n წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვწეროთ რკალი, რომლის რადიუსი უდრის nd მონაკვეთს. ამ რკალის გადაკვეთა პირვანდელ რკალთან აღვნიშნოთ e ასოთი. ABe კუთხე წარმოადგენს მოცემული ბლაგვი კუთხის ერთ მესამედს.

მართი კუთხის სამ და ხუთ თანატოლ ნაწილად გაყოფა

მართი კუთხის სამ თანატოლ ნაწილად გაყოფა ხდება ფარგლის საშუალებით ძალიან მარტივად. მართი კუთხის A წვეროდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ ნებისმიერი რადიუსით წრეხაზის რკალი (ნახ. 110). ამ რკალის კუთხის გვერდებთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ a და b ასოებით. a და b



ნახ. 110.



ნახ. 111.

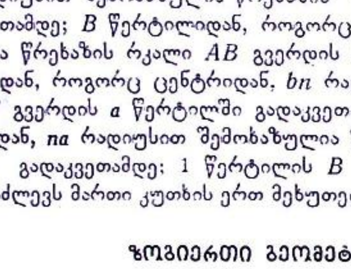
წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალებს იმავე რადიუსით პირველი რკალის გადაკვეთამდე. ეს გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ d და c ასოებით. d და c წერტილების A წერტილთან სწორი ხაზით შეერთება მოგვცემს მართი კუთხის გაყოფას სამ თანატოლ ნაწილად.

111-ე ნახ.-ზე მოცემულია მართი კუთხის 5 თანატოლ ნაწილად გაყოფის მაგალითი. ამ ამოცანის შესრულება შეიძლება სხვადასხვა ხერხით, მაგრამ ჩვენ აქ მოგვყავს ერთ-ერთი მარტივი ხერხი: მოცემული მართი კუთხის ერთ-ერთი გვერდი — ჩვენს შემთხვევაში AB გვერდი — გაგრძელებულია; მართი კუთხის B წვეროდან, როგორც ცენტრიდან, შემოხაზულია ნებისმიერი რადიუსით წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა BC და AB გვერდის გაგრძელებასთან აღნიშნულია b და m ასოებით; m წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, Bm რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალი BC გვერდის n წერტილში გადაკვეთამდე; B წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, Bn რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალი AB გვერდის K წერტილში გადაკვეთამდე; b წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, bn რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალი AB გვერდის a წერტილში გადაკვეთამდე; n წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, na რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალი Kn რკალის 1 წერტილში გადაკვეთამდე; 1 წერტილის B წერტილთან სწორი ხაზით შეერთება გვაძლევს მართი კუთხის ერთ მეხუთედს.

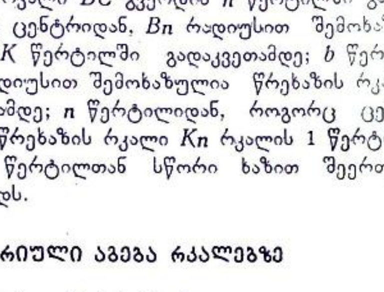
ზოგიერთი გეომეტრიული აგება რკალებზე

წრეხაზის რკალის ცენტრის პოვნა

მოცემულია წრეხაზის რკალი (ნახ. 112) და საჭიროა ამ რკალის ცენტრის პოვნა. ამისათვის მოვიქცეთ შემდეგნაირად: ავიღოთ მოცემულ რკალზე



ნახ. 112.



ნახ. 113.

ნებისმიერი ოთხი წერტილი a, b, c და d; a წერტილი შევაერთოთ b წერტილთან და c წერტილი d წერტილთან (შეიძლებოდა სამი წერტილის აღებაც და მიმდევრობით შეერთება); ab და cd მონაკვეთების შუა წერტილზე

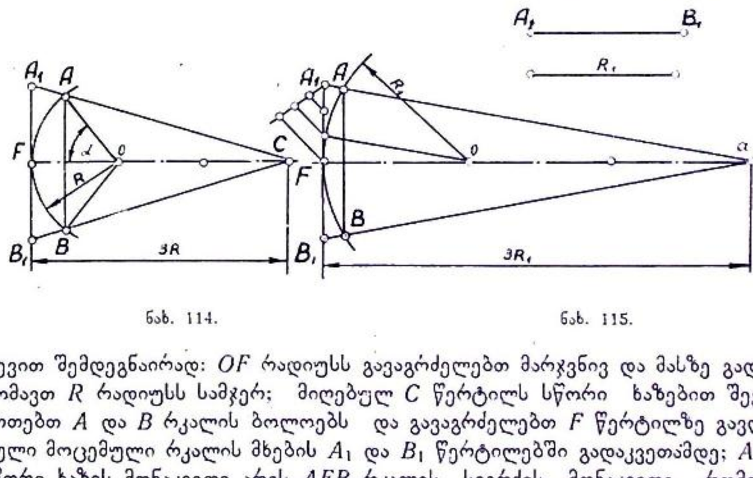
გამავალი მართობების ურთიერთგადაკვეთა გვაძლევს O წერტილს, რომელიც მოცემული რკალის ცენტრია.

მოცემულ სამ წერტილზე წრეხაზის შემოხაზვა (ნახ. 113)

მოცემულია A, B და C წერტილები, რომლებიც ერთ სწორ ხაზზე არ მდებარეობენ. საჭიროა მათზე წრეხაზის შემოხაზვა; ამისათვის A და B წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, AB მანძილის ნახევარზე მეტი რადიუსით შემოვხაზოთ რკალები და მათი გადაკვეთის წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზი. ასევე მოვიქცეთ B და C წერტილების მიმართაც. მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზი და გავაგრძელოთ, სანამ არ გადაკვეთს პირველ ხაზს O წერტილზე, რომელიც შემოსახაზავი წრეხაზის ცენტრი იქნება. O წერტილიდან OA რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზი, რომელმაც, თუ ნახაზი სწორადაა შესრულებული, აუცილებლად ყველა მოცემულ წერტილზე უნდა გაიაროს.

წრეხაზის რკალის გამართვა

მოცემულია AFB რკალი, რომლის ცენტრი არის O წერტილი და რადიუსი კი R (ნახ. 114). საჭიროა ამ რკალის გამართვა, რისთვისაც ვიქ-



ნახ. 114. ნახ. 115.

ცევით შემდეგნაირად: OF რადიუსს გავაგრძელებთ მარჯვნივ და მასზე გადავზომავთ R რადიუსს სამჯერ; მიღებულ C წერტილს სწორი ხაზებით შევუერთებთ A და B რკალის ბოლოებს და გავაგრძელებთ F წერტილზე გავლებული მოცემული რკალის მხების A_1 და B_1 წერტილებში გადაკვეთამდე; A_1B_1 სწორი ხაზის მონაკვეთი არის AFB რკალის სიგრძის მონაკვეთი, რომლის ცდომილება დაახლოებით უდრის 0,0002, გამრავლებულს რკალის რადიუსზე, როცა კუთხე $\alpha=30°$. თუ კუთხე 20°-სი ან ნაკლებია, მაშინ ცდომილებაც ნულს უახლოვდება. ასეთი ცდომილება ტექნიკურად დასაშვებია და ამიტომ ამ ხერხით რკალის გამართვა მიზანშეწონილია.

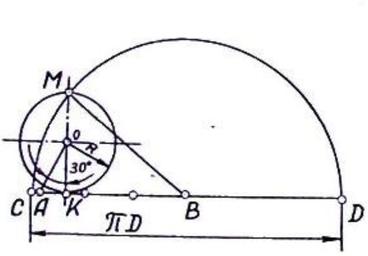
115-ე ნახ.-ზე განხილულია მაგალითი, როცა მოცემულია სწორი ხაზის მონაკვეთი A_1 B_1 და იგი მოხრილია R_1-რადიუსიან რკალად. ეს მაგალითი შესრულდება შემდეგნაირად: მოცემული სწორი ხაზის A_1B_1 მონაკვეთის შუა-

F წერტილზე ამართულია მართობი სწორი ხაზი, რომელზედაც F წერტილიდან მარჯვნივ გადაზომილია R_1 რადიუსი სამჯერ; მიღებული a წერტილი სწორი ხაზით შეერთებულია A_1 და B_1 წერტილებთან; F წერტილიდან R_1 რადიუსის ტოლი მანძილით დაშორებული O წერტილი მიღებულია A_1 B_1 მონაკვეთის სიგრძის შესაბამისი რკალის ცენტრად და O წერტილიდან რადიუსით $R_1=FO$ შემოხაზულია წრეხაზის რკალი AB. ამ ნახაზზე ნაჩვენებია გრაფიკული აგება ისეთი შემთხვევისა, როცა R_1 რადიუსი დიდია და მისი სამჯერ გადაზომვის დროს a წერტილი ნახ.-ზე არ თავსდება. ამ შემთხვევაში A_1F მონაკვეთი გაყოფილია სამ თანატოლ ნაწილად და ერთი მესამედი შეერთებულია საძიებელი რკალის O ცენტრთან, მიღებული მონაკვეთის პარალელურად გაივლება A_1 წერტილზე სწორი ხაზი, რომლის გადაკვეთა ცენტრის ხაზთან საჭირო აღარ არის.

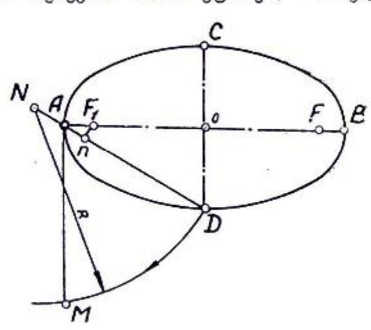
წრეხაზისა და ელიფსის რკალის გამართვა

მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი (ნახ. 116). საჭიროა ამ წრეხაზის გამართვა. ამისათვის ვიქცევით შემდეგნაირად:

წრეხაზის შვეული დიამეტრის ბოლო K წერტილზე წრეხაზის მხებად გავავლებთ სწორ ხაზს; OK რადიუსთან ავაგებთ KOA კუთხეს, რომელიც



ნახ. 116.



ნახ. 117.

უდრის 30°; ამ კუთხის მეორე გვერდის მხებთან გადაკვეთის A წერტილიდან მარჯვნივ ამ სწორ ხაზზე გადავზომავთ მოცემული წრეხაზის სამ რადიუსს; მიღებულ B წერტილს შევუერთებთ მოცემული წრეხაზის შვეული დიამეტრის ბოლო ზედა M წერტილს. BM მონაკვეთი არის მოცემული წრეხაზის სიგრძის ნახევარი; B წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, BM რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალს მხები სწორი ხაზის C და D წერტილებში გადაკვეთამდე; მიღებული CD სწორი ხაზის მონაკვეთი არის მოცემული წრეხაზის სიგრძე.

117-ე ნახ.-ზე მოცემულია ელიფსის ერთი მეოთხედი სიგრძის რკალის გამართვის მაგალითი, სადაც ელიფსის დიდი და პატარა ღერძის (შეუღლებული დიამეტრების) ბოლო წერტილები A და D შეერთებულია სწორი ხაზით, ამ ქორდაზე ელიფსის ფოკუსიდან დაშვებულია F_1n მართობი; AD ქორდის გაგრძელებაზე მარცხნივ გადაზომილია მონაკვეთი $AN=1,5$ An. A წერ-

ტილზე გავლებულია ელიფსის მხები, რომელიც N წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, გადაკვეთილია $R=ND$ რადიუსით M წერტილზე. მიღებული AM სწორი ხაზის მონაკვეთი წარმოადგენს ელიფსის AD რკალის სიგრძეს. ელიფსის მთლიანი პერიმეტრის სიგრძე$=4AM$. ასეთი წესით განისაზღვრება ელიფსის მეოთხედზე ნაკლები რკალის სიგრძე, თუ ის იწყება A ან B წერტილიდან.

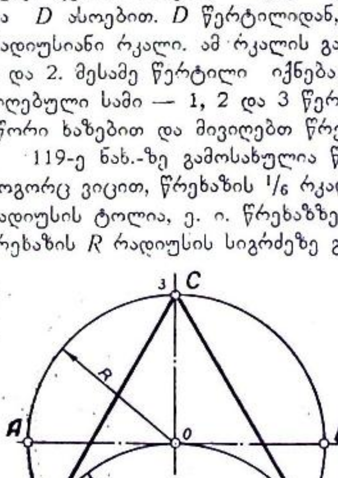
წესიერი მრავალკუთხედების აგება

წესიერი ეწოდება ისეთ ბრტყელ მრავალკუთხედს, რომლის ყველა გვერდი და ყველა კუთხე ტოლია. ამ განმარტებიდან გამომდინარე, ჩვენ შეგვიძლია წესიერი მრავალკუთხედების გამოსახაზავად გამოვიყენოთ წრეხაზის თანატოლ ნაწილებად დაყოფის წესი, რადგან ვიცით, რომ წრეხაზის ტოლ ნაწილებად დაყოფის წერტილების მიმდევრობით შეერთება მოგვცემს წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ მრავალკუთხედს.

წრეხაზში წესიერი სამკუთხედისა და ექვსკუთხედის ჩახაზვა

მოცემულია R-რადიუსიანი წრეხაზი (ნახ. 118). ამ წრეხაზში უნდა ჩაიხაზოს წესიერი სამკუთხედი. ეს საკითხი დავუკავშიროთ წრეხაზის სამ თანატოლ ნაწილად დაყოფას. მოცემულ წრეხაზში გავავლოთ ურთიერთმართობული ღერძის ხაზები, რომელთა წრეხაზთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ A, B, C და D ასოებით. D წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ R-რადიუსიანი რკალი. ამ რკალის გადაკვეთა წრეხაზთან აღვნიშნოთ ციფრებით 1 და 2. მესამე წერტილი იქნება D წერტილის მოპირდაპირე C წერტილი. მიღებული სამი — 1, 2 და 3 წერტილი შევაერთოთ კონტურის ხაზის სისქის სწორი ხაზებით და მივიღებთ წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ სამკუთხედს.

119-ე ნახ.-ზე გამოსახულია წრეხაზში ჩახაზული წესიერი ექვსკუთხედი. როგორც ვიცით, წრეხაზის $1/6$ რკალის შესაბამისი ქორდა ამავე წრეხაზის რადიუსის ტოლია, ე. ი. წრეხაზზე მდებარე რომელიმე წერტილიდან ამავე წრეხაზის R რადიუსის სიგრძეზე გაშლილი ფარგალი რომ გადავზომოთ, ის ამ



ნახ. 118.

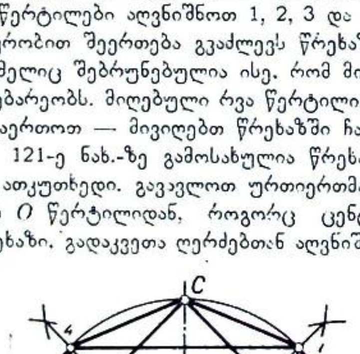
ნახ. 119.

წრეხაზზე ექვსჯერ მოთავსდება. გამოვიყენოთ ეს წესი და ნებისმიერ აღებულ O წერტილზე, როგორც ცენტრზე, შემოვხაზოთ R-რადიუსიანი წრეხაზი. ამ წრეხაზში გავავლოთ ორი ურთიერთმართობული ცენტრის ხაზი. აღვნიშნოთ მათი წრეხაზთან გადაკვეთის A, B, C და D წერტილები. ორი მოპირდაპირე წერტილიდან, ამ შემთხვევაში C და D ვერტიკალური დიამეტრის ბოლოებიდან, როგორც ცენტრებიდან, შემოვხაზოთ R-რადიუსიანი რკალები წრეხაზთან გადაკვეთამდე. მიღებული წერტილები აღვნიშნოთ 1, 2, 3, 4, 5 და 6 ციფრებით. ეს ექვსი წერტილი მიმდევრობით შევაერთოთ კონტურის ხაზის სისქის სწორი ხაზებით, მივიღებთ წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ ექვსკუთხედს.

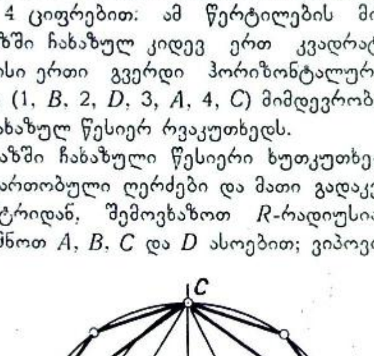
წრეხაზში წესიერი ოთხკუთხედის, რვაკუთხედის, ხუთკუთხედისა და ათკუთხედის ჩახაზვა

ჯერ განვიხილოთ წრეხაზში წესიერი ოთხკუთხედისა და რვაკუთხედის ჩახაზვა (ნახ. 120). გავავლოთ ორი ურთიერთმართობული ღერძები და მათი გადაკვეთის O წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ R-რადიუსიანი წრეხაზი. ამ წრეხაზის ურთიერთმართობულ ღერძებთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ A, B, C და D ასოებით. ამ წერტილების მიმდევრობით შეერთება გვაძლევს წრეში ჩახაზულ წესიერ ოთხკუთხედს, ე. ი. კვადრატს. მიღებული კვადრატის გვერდების შუაზე გაყოფით მივიღებთ კიდევ ოთხ წერტილს. ეს წერტილები აღვნიშნოთ 1, 2, 3 და 4 ციფრებით. ამ წერტილების მიმდევრობით შეერთება გვაძლევს წრეხაზში ჩახაზულ კიდევ ერთ კვადრატს, რომელიც შებრუნებულია ისე, რომ მისი ერთი გვერდი ჰორიზონტალურად მდებარეობს. მიღებული რვა წერტილი (1, B, 2, D, 3, A, 4, C) მიმდევრობით შევაერთოთ — მივიღებთ წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ რვაკუთხედს.

121-ე ნახ.-ზე გამოსახულია წრეხაზში ჩახაზული წესიერი ხუთკუთხედი და ათკუთხედი. გავავლოთ ურთიერთმართობული ღერძები და მათი გადაკვეთის O წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ R-რადიუსიანი წრეხაზი, გადაკვეთა ღერძებთან აღვნიშნოთ A, B, C და D ასოებით; ვიპოვოთ



ნახ. 120.



ნახ. 121.

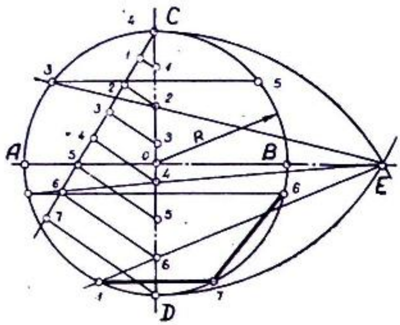
OB რადიუსის, როგორც მონაკვეთის შუა წერტილი, რომელიც O_1 ასოთი აღვნიშნოთ. O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, O_1C რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი AB ღერძის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ e ასოთი. C წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, Ce რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი წრეხაზის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ 1 და 2 ციფრებით. მიღებული მონაკვეთები $C1=C2$ არის წრეხაზის $^1/_5$ რკალის შესაბამისი ქორდები, რომელთა წრეხაზზე გადაზომვა მოგვცემს კიდევ ორ წერტილს.

მიღებული ხუთი წერტილი სწორი ხაზით შევაერთოთ შემდეგი თანამიმდევრობით: 1, C, 2, 3, 4 და 1; მივიღებთ წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ ხუთკუთხედს. მიღებული ხუთკუთხედის ერთ-ერთი გვერდის შუა წერტილის ცენტრთან შეერთება მოგვცემს განხილული წრეხაზის $^1/_{10}$ რკალს. ჩვენს შემთხვევაში ხუთკუთხედის 3—4 გვერდი CD დიამეტრით გაყოფილია ორ ტოლ ნაწილად, ამიტომ $D\ 3=D\ 4$ მონაკვეთები არის წრეხაზის $^1/_{10}$ რკალის შესაბამისი ქორდა, რომლის წრეხაზზე გადაზომვით მივიღებთ კიდევ 5 წერტილს, ამ 10 წერტილის მიმდევრობით სწორი ხაზით შეერთება იძლევა წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ ათკუთხედს.

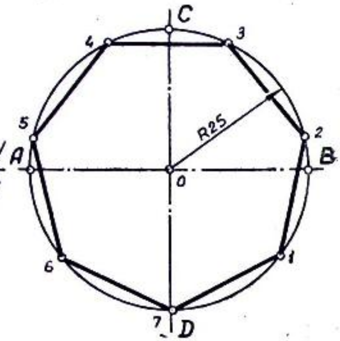
წესიერი n-კუთხედის აგება

ისეთი წესიერი მრავალკუთხედის ასაგებად, რომელსაც გვერდების ნებისმიერი რიცხვი ექნება, შეგვიძლია ვისარგებლოთ შემდეგი მიახლოებითი ხერხით: ვთქვათ, საჭიროა ავაგოთ მოცემულ წრეხაზში ჩახაზული წესიერი შვიდკუთხედი. ამისათვის CD დიამეტრი გავყოთ იმდენ თანატოლ ნაწილად, რამდენადაც უნდა დაიყოს წრეხაზი, ჩვენს შემთხვევაში — შვიდად. C და D წერტილებიდან CD რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალები, რომლებიც გადაიკვეთებიან E წერტილზე. ეს წერტილი ლუწ დანაყოფებს — 2, 4 და 6 წერტილებს შევუერთოთ სწორი ხაზებით და გავაგრძელოთ ისინი წრეხაზის გადაკვეთამდე, მივიღებთ 1, 2 და 3 წერტილებს. მიღებული წერტილებიდან AB დიამეტრის პარალელურად გავლებული სწორი ხაზები წრეხაზს გადაკვეთს 5, 6 და 7 წერტილებში, კიდევ ერთ წერტილს (4) ავიღებთ C წერტილში. მიღებული წერტილების მიმდევრობით შეერთება მოგვცემს წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ შვიდკუთხედს. ჩვენს შემთხვევაში 122-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია CD დიამეტრის შვიდ თანატოლ ნაწილად დაყოფის გრაფიკული წესი, რადგანაც ნახაზი გადაიტვირთა მასზე ნაჩვენებია მხოლოდ ორი გვერდი 1—7 და 7—6.

123-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მოცემულ წრეხაზში წესიერი შვიდკუთხედის ჩახაზვა ქორდათა ცხრილის საშუალებით. გარკვეული სიზუსტით წინასწარ გაანგარიშებულია 3-დან 26-მდე ტოლ ნაწილად გაყოფილი წრეხაზის ქორდის სიგრძე, ე. ი., თუ მოცემულია ნებისმიერ R-რადიუსიანი წრეხაზი და გვსურს მისი გაყოფა ნებისმიერი რაოდენობით (26-მდე) ტოლ ნაწილებად, ქვემოთ მოყვანილ ქორდათა ცხრილის საშუალებით შევარჩევთ ისეთ რიცხვს, რომელზედაც გამრავლებული მოცემული წრეხაზის R რადიუსის სიგრძე მოგვცემს ქორდის სიგრძეს, რომელიც მოცემულ რიცხვჯერ მოთავსდება წრეხაზზე, ე. ი. მოცემული წრეხაზი გაიყოფა იმდენ ტოლ ნაწილად, რამდენადაც



ნახ. 122.



ნახ. 123.

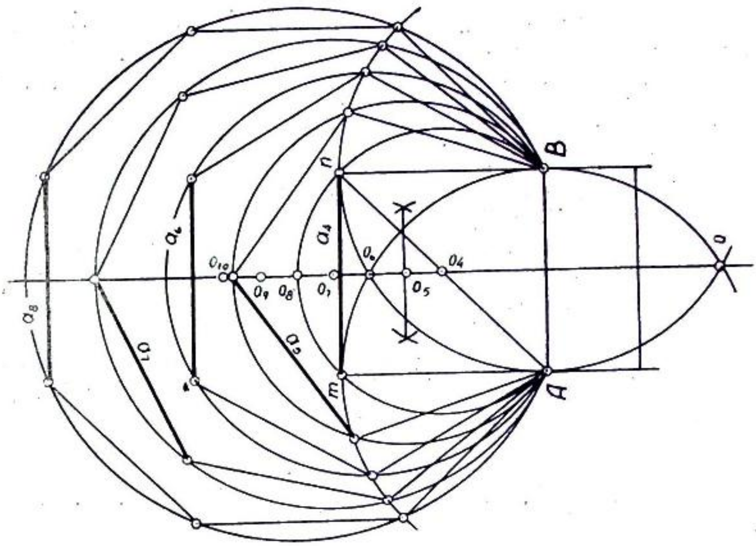
ჩვენ გვსურდა. ქორდათა ცხრილის საშუალებით შეიძლება ამოვხსნათ სხვა ამოცანაც, მაგ., როცა მოცემულია წესიერი მრავალკუთხედის გვერდის სიგრძე და გვსურს გამოვარკვიოთ წრეხაზის რადიუსის სიგრძე, როდესაც ასეთი რადიუსით შემოხაზულ წრეხაზზე მოცემული მრავალკუთხედის გვერდი მოთავსდება წინასწარ განსაზღვრული რაოდენობით.

ცხრილი 6

წრეხაზის დაყოფათა რიცხვი	3	4	5	6	7	8
ქორდის სიგრძე	1,732 R	1,414 R	1,176 R	1,0 R	0,868 R	0,765 R
წრეხაზის დაყოფათა რიცხვი	9	10	11	12	13	14
ქორდის სიგრძე	0,684 R	0,618 R	0,563 R	0,518 R	0,479 R	0,445 R
წრეხაზის დაყოფათა რიცხვი	15	16	17	18	19	20
ქორდის სიგრძე	0,416 R	0,390 R	0,368 R	0,347 R	0,329 R	0,313 R
წრეხაზის დაყოფათა რიცხვი	21	22	23	24	25	26
ქორდის სიგრძე	0,288 R	0,285 R	0,272 R	0,261 R	0,251 R	0,241 R

განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითი. მოცემულია წრეხაზი, რომლის რადიუსი $R=25$ მმ: საჭიროა ამ წრეხაზში ჩაიხაზოს წესიერი შვიდკუთხედი. მოვნახოთ მე-6 ცხრილში 7-ის ქვეშ კოეფიციენტი, რომელიც უდრის 0,868: გადავამრავლოთ მოცემული რადიუსის სიგრძე $R=25$ მმ ამ რიცხვზე და მივიღებთ ქორდის სიგრძეს, ე. ი. შვიდკუთხედის ერთი გვერდის სიგრძე $=0,868 \cdot 25$ მმ $=21,7$ მმ. ეს მონაკვეთი შვიდჯერ მოთავსდება მოცემულ წრეხაზზე.

124-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მოცემული გვერდის სიგრძის წესიერი n-კუთხედის აგება. მოცემულია AB მონაკვეთი, რომელიც მრავალკუთხედის ერთ გვერდს წარმოადგენს. A და B წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, რადიუსით $R=AB$ შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი O და O_6 წერტილებში ურთიერთგადაკვეთამდე, ამ წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზი. A და B წერტილებიდან ამართული მართობები ან, რაც იგივეა, OO_6 სწორი ხაზის პარალელური ხაზები შემოწერილ რკალებს გადაკვეთს m და n წერტილებში. n



ნახ. 124.

წერტილის სწორი ხაზით A წერტილთან შეერთებით (კვადრატის დიაგონალია) მივიღებთ O_4 წერტილს, რომელზედაც, როგორც ცენტრზე, შემოვხაზოთ წრეხაზი. ამ წრეხაზზე მოცემული AB მონაკვეთი ოთხჯერ გადაიზომება, ე. ი. მივიღებთ მოცემული გვერდით წრეხაზში ჩახაზულ კვადრატს. O_4O_6 მონაკვეთი გავყოთ შუაზე, მიღებულ O_5 წერტილზე შემოვხაზოთ წრეხაზი (რომელიც A და B წერტილებზე გაივლის), რომელზედაც მოცემული AB მონაკვეთი მოთავსდება ხუთჯერ. O წერტილზე, როგორც ცენტრზე, AO_6 რადიუსით შემოხაზულ წრეხაზზე მოცემული AB მონაკვეთი მოთავსდება ექვსჯერ. O_5O_6 მონაკვეთის სიგრძე O_6 წერტილიდან გადავზომოთ ზემოთ OC_6 სწორ ხაზზე და დავნიშნოთ წერტილები O_7, O_8, O_9, O_{10} და ა. შ. ეს წერტილები იქნება ისეთი წრეხაზის ცენტრები, რომლებზედაც O_7A, O_8A, O_9A და ა. შ. რადიუსებით შემოხაზული წრეხაზები იქნება ისეთი წრეხაზები, რომლებზედაც მოცემული AB მონაკვეთი მოთავსდება, შესაბამისად, შვიდჯერ, რვაჯერ, ცხრაჯერ და ა. შ.

შეუღლებები

შეუღლება ნიშნავს ორი სხვადასხვა სიმრუდის რადიუსიანი ხაზის მდოვრედ გადასვლას, ე. ი. ერთი სიმრუდის მქონე ხაზი ისე გადავიდეს მეორე სიმრუდის მქონე ხაზზე, რომ გადასვლის წერტილი შეუმჩნეველი იყოს. ამ ამოცანის შესასრულებლად აუცილებელი პირობაა ვიპოვოთ: შეუღლების ცენტრი, შეუღლების წერტილი (შეუღლების ზღვარი) და ზოგჯერ შეუღლების რადიუსიც.

შეუღლებას ტექნიკურ ხაზვაში დიდი გამოყენება აქვს. მანქანის ნაწილების გამოხაზვის დროს ის ხშირად გვხვდება სხვადასხვა სახით. როგორც ვიცით, ლითონების ცხელი დამუშავების დროს (ჩამოსხმა იქნება ის, თუ წნევით დამუშავება) მახვილ წიბოებს ნაკლებად ვხვდებით, რადგანაც მათი მიღება ჩამოსხმის დროს მოითხოვს ლითონის ჭარბთხევადობას და ჩაჯდომის (გაცივების დროს მოცულობის შეცვლის) კოეფიციენტის შემცირებას; წნევით დამუშავების დროს კი მოითხოვს გაცილებით მეტი ენერგიის დახარჯვას (დაწნევის ძალის გაზრდას). მიუხედავად ზემოაღნიშნულისა, წიბოების სიმახვილეს ზოგჯერ უარყოფითი თვისებაც აქვს. შეუღლებებს ვხვდებით სამშენებლო საქმეშიც სხვადასხვაგვარი თაღების, გვირაბებისა და არქიტექტურული კომპოზიციების გამოხაზვის დროს.

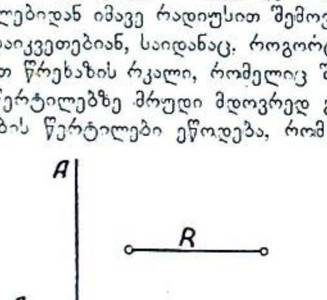
ყოველგვარ შეუღლებას საფუძვლად უდევს მათემატიკიდან ცნობილი მხებისა და სიმრუდის რადიუსის ურთიერთმართობულობის პირობა (ე. ი. შეუღლების წერტილზე გამავალი მხები საერთო მხები იქნება ორივე მრუდისათვის).

კუთხეების შეუღლება

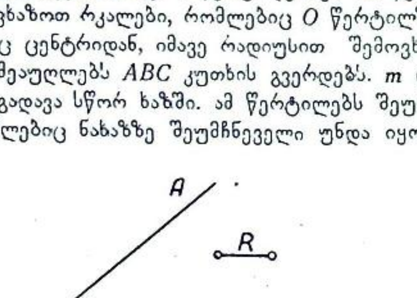
ეს, იგივე ორი ერთ სიბრტყეზე მდებარე არაპარალელური სწორი ხაზების შეუღლებაა.

მართი კუთხის შეუღლება მოცემული R-რადიუსიანი წრეხაზის რკალით (ნახ. 125).

მოცემული R რადიუსით მართი კუთხის B წვეროდან შემოვხაზოთ რკალი, რომელიც კუთხის გვერდებს გადაკვეთს m და n წერტილებზე. ამ წერტილებიდან იმავე რადიუსით შემოვხაზოთ რკალები, რომლებიც O წერტილზე გადაიკვეთებიან, საიდანაც, როგორც ცენტრიდან, იმავე რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომელიც შეაუღლებს ABC კუთხის გვერდებს. m და n წერტილებზე მრუდი მდოვრედ გადავა სწორ ხაზში. ამ წერტილებს შეუღლების წერტილები ეწოდება, რომლებიც ნახაზზე შეუმჩნეველი უნდა იყოს.



ნახ. 125.



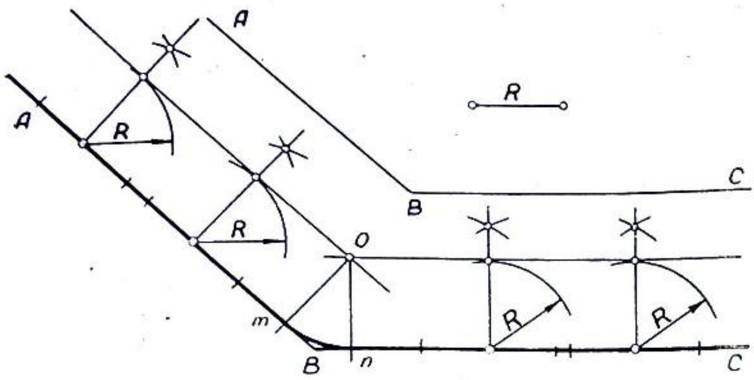
ნახ. 126.

მახვილი კუთხის შეუღლება მოცემული R-რადიუსიანი წრეხაზის რკალით (ნახ. 126). მახვილი კუთხის მოცემული წრეხაზის რკალით შეუღლებისათვის საჭიროა შეუღლების ცენტრისა და შეუღლების წერტილების პოვნა. შეუღლების ცენტრი მახვილი კუთხის ბისექტრისაზე მდებარეობს. შეუღლების წერტილები კი, როგორც ვიცით, შეუღლების ცენტრიდან კუთხის გვერდებზე დაშვებული მართობების გადაკვეთის წერტილებია.

მოცემულია მახვილი კუთხე ABC და შეუღლების რკალის R რადიუსი. ავაგოთ ამ კუთხის ბისექტრისა, რისთვისაც კუთხის B წვეროდან შემოვხაზოთ ნებისმიერი რადიუსით რკალი კუთხის გვერდების გადაკვეთამდე. გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ a და b ასოებით. a და b წერტილებიდან შემოვხაზოთ ნებისმიერი რადიუსით რკალები ურთიერთგადაკვეთამდე, რკალების გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. B წერტილი შევუერთოთ K წერტილს სწორი ხაზით, რომელიც ABC კუთხის ბისექტრისა იქნება. ვიცით, რომ შეუღლების ცენტრი ამ ბისექტრისაზე მდებარეობს და აგრეთვე ვიცით, რომ შეუღლების ცენტრი კუთხის გვერდებიდან R მანძილით უნდა იყოს დაშორებული. გამოვიყენოთ ზემოაღნიშნული და გავატაროთ კუთხის ერთ-ერთი გვერდის პარალელური სწორი ხაზი, რომელიც R მანძილით იქნება დაშორებული ამ გვერდიდან. ამ ხაზის გადაკვეთა ABC კუთხის ბისექტრისასთან მოგვცემს შეუღლების ცენტრს. ახლა შევასრულოთ ასეთი ამოცანა: გავავლოთ მოცემული სწორი ხაზის (ამ შემთხვევაში — კუთხის BC გვერდის) R რადიუსის სიგრძის ტოლი მანძილით დაშორებული პარალელური სწორი ხაზი. პარალელური სწორი ხაზის გავლების სხვადასხვა ხერხიდან ავირჩიოთ მართობების გამოყენების ხერხი, რისთვისაც ერთ-ერთ გვერდზე, ჩვენს შემთხვევაში BC გვერდზე, ავიღოთ ნებისმიერი ორი წერტილი და სწორ ხაზზე ნებისმიერ წერტილზე მართობის ამართვის წესით ავმართოთ ორი მართობი, რომლებზედაც მოვზომოთ R რადიუსის სიგრძის ტოლი მონაკვეთები. ამ ორ წერტილზე გავლებული სწორი ხაზი იქნება BC გვერდის პარალელური. ამ სწორი ხაზის ბისექტრისასთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ O ასოთი, ეს წერტილი იქნება შეუღლების ცენტრი. O წერტილიდან დავუშვათ მართობები კუთხის გვერდებზე. ამ მართობების გადაკვეთა AB და BC გვერდებთან აღვნიშნოთ m და n ასოებით. ეს იქნება შეუღლების წერტილები. O წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, R რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი m და n წერტილებს შორის კონტურის ხაზის სისქით. ამავე სისქის კონტურის ხაზით გავაგრძელოთ რკალი m წერტილიდან სწორხაზობრივად A წერტილისაკენ და n წერტილიდან C წერტილისაკენ. მივიღებთ მახვილი კუთხის წრეხაზის რკალით შეუღლებას.

ბლაგვი კუთხის შეუღლება მოცემული R-რადიუსიანი წრეხაზის რკალით (ნახ. 127).

ეს მაგალითი მახვილი კუთხის შეუღლების ანალოგიურია და მის დეტალურ განხილვას არ შევუდგებით, მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ ბისექტრისის მაგივრად შეიძლება გამოვიყენოთ კუთხის მეორე გვერდის პარალელური სწორი ხაზი (ამ წესით შეიძლებოდა ზევით განხილული მაგალითის შესრულებაც), ე. ი. კუთხის ორივე გვერდის პარალელური ხაზები, გვერდებიდან შეუღლების რკალის რადიუსის სიგრძით დაშორებული, ურთიერთგადაიკვეთებიან შეუღლების ცენტრში.



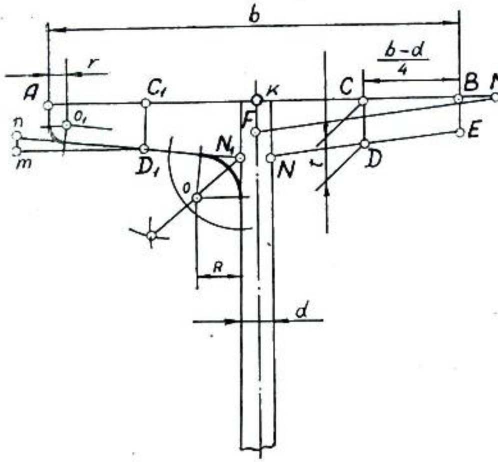
ნახ. 127.

მოცემულია ბლაგვი კუთხე ABC და R რადიუსი. ეს ბლაგვი კუთხე უნდა შევაუღლოთ R რადიუსით. AB და BC გვერდებზე ავიღოთ ნებისმიერი ორ-ორი წერტილი. ამ წერტილებიდან, როგორც სწორი ხაზის ნებისმიერი წერტილებიდან, ავმართოთ მართობები, რომლებზედაც მოვზომოთ R რადიუსის სიგრძის მონაკვეთები. მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზები, რომელთა ურთიერთგადაკვეთა აღვნიშნოთ O ასოთი. ეს იქნება შეუღლების ცენტრი (რადგან O წერტილი ბლაგვი კუთხის გვერდებიდან დაშორებულია R რადიუსის სიგრძით). O წერტილიდან დავუშვათ AB და BC გვერდებზე მართობები, რომელთა ამ გვერდებთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ m და n ასოებით. m და n წერტილები არიან შეუღლების წერტილები. O წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, R რადიუსით შემოვხაზოთ კონტურის ხაზის სისქის წრეხაზის რკალი m და n წერტილებს შორის. m და n წერტილებიდან გავაგრძელოთ მოცემული კუთხის გვერდები რკალის სისქის კონტურის სწორი ხაზით. მივიღებთ ბლაგვი კუთხის შეუღლებას მოცემული რადიუსიანი წრეხაზის რკალით.

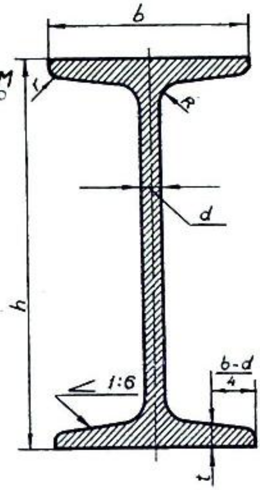
ფასონური ფოლადები

განვიხილოთ ორტესებრი კოჭის აგების მაგალითი (ნახ. 129). ამ ნახაზზე შეუღლების მაგალითისათვის მოცემულია ბლაგვი კუთხის შეუღლების პრაქტიკული გამოყენების ერთი მაგალითი, რისთვისაც გამოსახულია ორტესებრი კოჭის პროფილი, რომლის გრაფიკული აგების დროს გამოყენებულია წინა მაგალითებში განხილული ბლაგვი კუთხის მოცემული რადიუსიანი წრეხაზის რკალით შეუღლება.

საერთოდ, ფასონური ფოლადების როგორც ფორმა, ისე ზომები სტანდარტით არის მოცემული და იგი მიიღება წინასწარი ანგარიშით, რომელიც მასალათა გამძლეობის ფორმულებით არის დადგენილი. ამიტომ ყოველი კოჭის ნომრის (სადაც ნომრის მაჩვენებელი რიცხვი სიმაღლეს გამოსახავს მილიმეტრობით) მიხედვით შედგენილია ცხრილები. ჩვენ აქ მოგვყავს ГОСТ 2839-56-ის მიხედვით შედგენილი ცხრილის ნაწილი.



ნახ. 128.



ნახ. 129.

128-ე ნახ.-ზე მოცემულია ორტესებრი კოჭის პროფილის აგების თანამიმდევრობა, სადაც განხილულია მხოლოდ ერთი ნაწილი, რომლის ანალოგიურად აიგება მთლიანი პროფილი. განვიხილოთ ნახაზის აგების თანამიმდევრობა: მოცემული პროფილის მიხედვით მე-7 ცხრილიდან ამოვწეროთ ზომები h, b, d, t, R და r-ისათვის და გამოხაზვა დავიწყოთ ზემოაღნიშნული ნახაზის მიხედვით. გავავლოთ ღერძის ხაზი, რომელზედაც გადავზომოთ h-ის მნიშვნელობა და მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ ამ ღერძის მართობული სწო-

ცხრილი 7

პროფილის №	h	b	d	t	R	r	1 გრძივი მეტრის წონა კგ
10	100	55	4,5	7,2	7	2,5	9,46
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3	11,5
14	140	73	4,9	7,5	8	3	13,7
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	15,9
18	180	90	5,1	8,1	9	3,5	18,4
18ა	180	100	5,1	8,3	9	3,5	19,9
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4	21,0
20ა	200	100	5,2	8,6	9,5	4	22,7

რი ხაზები, რომლებზედაც ღერძის ორივე მხარეს გადავზომოთ $1/2$ b და მიღებული წერტილები აღვნიშნოთ A და B ასოებით. A და B წერტილებიდან ავმართოთ AB სწორი ხაზის მართობები. დახრილობის მისაღებად ამ ნახაზზე განხილულია ორი სხვადასხვა ხერხი. მარჯვენა მხარეს დახრილი ხაზის გამოსახაზავად K წერტილიდან ღერძზე გადაზომილია ნებისმიერი KF მონაკვეთი.

ორტესებრი კოჭის პროფილზე დახრილობა უდრის 16%-ს ან, რაც დაახლოებით იგივეა, 1:6. K წერტილიდან მარჯვნივ გადაზომილია ექვსი მონაკვეთი, ე. ი. $KM=6 \cdot KF$ (შეიძლებოდა 16% ასე წარმოგვედგინა: $16:100=4:25$ — აგვეღო $KF=4$ მმ და $KM=25$ მმ).

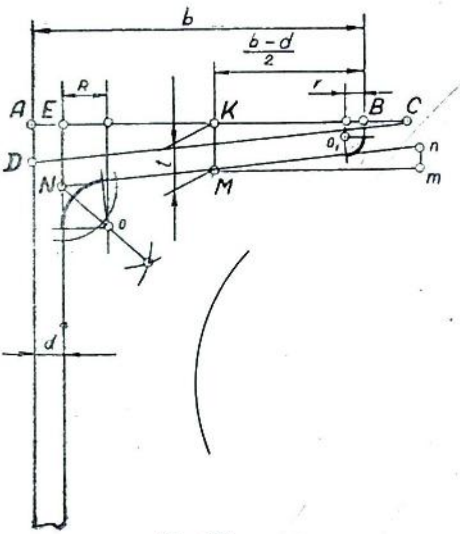
FM სწორი ხაზის დახრილობა უდრის 16%. B წერტილიდან A წერტილისაკენ გადავზომოთ $(b-d)$:4 მონაკვეთი, მიღებული C წერტილიდან AB ხაზის მართობზე გადავზომოთ t-ს მნიშვნელობა და მიღებულ D წერტილზე გავავლოთ FM სწორი ხაზის პარალელური NE ხაზი, რომელსაც, ცხადია, იგივე დახრილობა ექნება. N წერტილი ღერძის პარალელურ ხაზზეა (რომელიც d-ს მნიშვნელობის მიხედვით წინასწარაა გავლებული), E წერტილი კი AB ხაზის B წერტილზე გავლებულ მართობზე.

მარცხენა მხარეზე მეორე ხერხით აგებულია 16%-ის დახრილობის სწორი ხაზი, რომლის ასაგებად შემდეგნაირად ვიქცევით: $AB=b$ მონაკვეთის A წერტილიდან B წერტილისაკენ გადმოვზომოთ მონაკვეთი $(b-d)$:4 და მიღებულ C_1 წერტილზე ავმართოთ AB ხაზის მართობი, რომელზედაც გადავზომოთ t-ს მნიშვნელობა. მიღებული $t=C_1D_1$ მონაკვეთის D_1 წერტილზე გავავლოთ AB სწორი ხაზის პარალელური სწორი ხაზი, რომელზედაც მარცხნივ D_1 წერტილიდან გადავზომოთ ნებისმიერი სიგრძის 6 თანატოლი მონაკვეთი და მიღებულ m წერტილზე ავმართოთ D_1m სწორი ხაზის მართობული, რომელზედაც გადავზომოთ $mn=Dm:6$ მონაკვეთი. მიღებული n წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ D_1 წერტილს და გავაგრძელოთ ღერძის პარალელური ხაზის (რომელიც d-ს მნიშვნელობის მიხედვით ადრე გვქონდა გავლებული) N_1 წერტილში გადაკვეთამდე. N_1n სწორი ხაზის დახრილობა უდრის 16%. ამავე ნახაზზე ნაჩვენებია O და O_1 ცენტრებზე ბლაგვი კუთხეების შეუღლების წესი r და R შეუღლების რადიუსების მიხედვით (მათი სიდიდე ცხრილიდან არის ამოწერილი). ასეთივე წესით გამოიხაზება დანარჩენი ნაწილებიც. კონტურის სისქის ხაზებით ჯერ რკალებს შემოვხაზავთ და შემდეგ კი სწორი ხაზებით დავამთავრებთ ნახაზს.

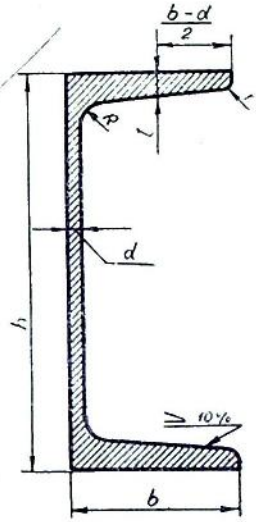
129-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ორტესებრი კოჭის პროფილი, სადაც ზომის მაჩვენებელი რიცხვების ნაცვლად ნაჩვენებია ასოები და პროფილი წახაზულია 45°-ით დახრილი ურთიერთპარალელური თანაბრად დაშორებული სწორი წვრილი ხაზებით.

განვიხილოთ შველერის (გობისებრი კოჭის) პროფილის გამოხაზვის თანამიმდევრობა (ნახ. 130). ამ ნახაზზე შეუღლებისა და დახრილობის პრაქტიკული მაგალითისათვის განხილულია აგების ერთი ხერხი (პროფილის ნახევარზე), რომლის დროსაც ვიქცევით შემდეგნაირად: გავავლოთ შვეული სწორი ხაზი, რომელზედაც მოვზომოთ h-ის მნიშვნელობის ტოლი მონაკვეთი; ეს იქნება შველერის სიმაღლე. აქ განვიხილავთ მხოლოდ ზედა ნაწილის აგებას, რომელიც ქვედა ნაწილისთვისაც სრულიად დამახასიათებელია (როგორც წესი, ორივე მხარე ერთდროულად აიგება).

A წერტილზე გავავლოთ შვეული ხაზის მართობული სწორი ხაზი, რომელზედაც გადავზომოთ b-ს მნიშვნელობის ტოლი მონაკვეთი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ B ასოთი. A წერტილიდან მარჯვნივ გადავზომოთ d-ს მნიშვნელობის ტოლი მონაკვეთი და მიღებულ E წერტილზე გავავლოთ პირველად გავ-



ნახ. 130.



ნახ. 131.

ლებული სწორი ხაზის პარალელური ხაზი. B წერტილიდან A წერტილისაკენ ამ სწორ ხაზზე გადავზომოთ $(b-d)$:2-ის ტოლი მონაკვეთი. მიღებულ K წერტილზე ავმართოთ AB სწორი ხაზის მართობი ხაზი და ამ ხაზზე გადავზომოთ $KM=t$ მონაკვეთი. რადგან დახრილობა$=1:10$, მიღებულ M წერტილში გავავლოთ AB ხაზის პარალელური სწორი ხაზი და გადავზომოთ მასზე ათი თანატოლი ნებისმიერი სიგრძის მონაკვეთი. მიღებულ m წერტილზე ავმართოთ Mm სწორი ხაზის მართობი და ამ მართობზე გადავზომოთ ერთი ასეთი მონაკვეთი. მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ n ასოთი. n წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ M წერტილს და გავაგრძელოთ E წერტილზე გამავალი შვეული ხაზის N წერტილში გადაკვეთამდე. Nn სწორ ხაზს ექნება $1:10$ დახრილობა ან, რაც იგივეა, 10%. მიღებული ბლაგვი კუთხეების შეუღლებისათვის გამოყენებულია ორი ხერხი.

N წერტილზე ბლაგვი კუთხის ბისექტრისისა და კუთხის ერთ-ერთი გვერდის პარალელური სწორი ხაზის გადაკვეთით მიღებულია O წერტილი. მეორე მცირე კუთხის შეუღლებისათვის გამოყენებული ბლაგვი კუთხის გვერდების (r რადიუსის სიგრძის ტოლი მანძილით დაშორებული) პარალელური სწორი ხაზების გავლების ხერხი.

შველერისათვის, ГОСТ 8240-56-ის მიხედვით, შედგენილია მე-8 ცხრილი.

ამ ცხრილიდან ამოკრეფილი რიცხვებით გამოიხაზება სხვადასხვა ზომის შველერი, რომლის სიდიდე პროფილის ნომრით, რაც იგივეა, სიმაღლით (h) განისაზღვრება. როგორც აღვნიშნეთ, ფასონური ფოლადები სტანდარტულია და ცხრილიც გარკვეული სიზუსტით არის შედგენილი.

131-ე ნახ.-ზე მოცემულია გობისებრი კოჭის პროფილის გამოსახულება,

ცხრილი 8

პროფილის №	h	b	d	t	R	r	გრძივი მეტრის წონა, კგ
5	50	32	4,4	7,0	6	2,5	4,84
6,5	65	36	4,4	7,2	6	2,5	5,90
8	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	7,05
10	100	46	4,5	7,6	7	3	8,59
12	120	52	4,8	7,8	7,5	3	10,4
14	140	58	4,9	8,1	8	3	12,3
14ა	140	62	4,9	8,7	8	3	13,3
16	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	14,2
16ა	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5	15,3
18	180	70	5,1	8,7	9	3,5	16,3
18ა	180	74	5,1	9,3	9	3,5	17,4
20	200	76	5,2	9,0	9,5	4	18,4
20ა	200	80	5,2	9,7	9,5	4	19,8

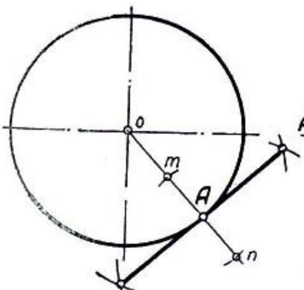
სადაც ზომის მაჩვენებელი რიცხვების ნაცვლად დაწერილია ასოები და პროფილი წახაზულია (დაშტრიხულია) წვრილი მთლიანი 45°-ით დახრილი ურთიერთპარალელური თანაბრად დაშორებული ხაზებით.

ნახაზის კონტურის ხაზით შემოვლა ისეთივე თანამიმდევრობით ხდება, როგორც ორტესებრი კოჭის პროფილის დროს ვაწარმოეთ.

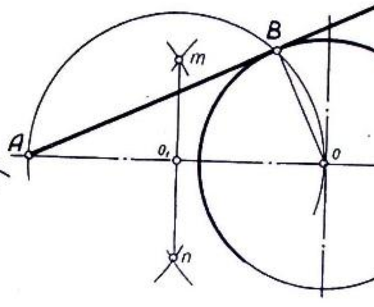
წრეხაზის რკალის სწორ ხაზთან შეუღლება

შემთხვევა, როცა წერტილი წრეხაზზე მდებარეობს. როგორც აღვნიშნეთ, წრეხაზის რკალის სწორ ხაზთან შეუღლება ემორჩილება წრეხაზის მხების გატარების გეომეტრიიდან ცნობილ წესს, რომლის საფუძველზე განვიხილოთ 132-ე ნახაზზე მოცემული მაგალითის შესრულების თანამიმდევრობა: მოცემულია წრეხაზი და მასზე მდებარე A წერტილი; საჭიროა წრეხაზის მხები გავავლოთ A წერტილზე. ამიტომ OA რადიუსის მართობი გავატაროთ A წერტილზე (გავაგრძელოთ რადიუსი და, როგორც სწორი ხაზის ნებისმიერ წერტილზე, გავატაროთ მართობი). ეს მართობი მოცემული წრეხაზის მხებია, ამიტომ ის მოცემული წრეხაზის რკალს A წერტილში შეუუღლდება.

განვიხილოთ ისეთი შემთხვევა, როცა წერტილი, რომელზედაც წრეხაზის მხებმა უნდა გაიაროს, მოცემულია წრეხაზის გარეთ (ნახ. 133). მოცემული A წერტილი სწორი ხაზით შევაერთოთ წრეხაზის O ცენტრთან. ვიპოვოთ AO მონაკვეთის შუა წერტილი. რისთვისაც A და O წერტილებიდან შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალები ნებისმიერი მხოლოდ თანატოლი სიგრძის რადიუსებით. მათი ურთიერთგადაკვეთის m და n წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით, რომლის გადაკვეთა AO სწორი ხაზის მონაკვეთთან მოგვცემს ამ მონაკვეთის O_1 შუა წერტილს. ამ O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $AO_1=O_1O$ მონაკვეთის სიგრძის ტოლი რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა მოცემულ წრეხაზთან აღვნიშნოთ B ასოთი. AB სწორი ხაზი მოცემული წრეხაზის მხებია და გადის მოცემულ A წერტილზე. როგორც წინათ აღვნიშნეთ,



ნახ. 132.

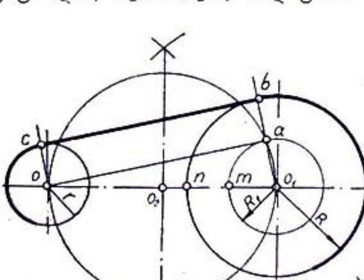


ნახ. 133.

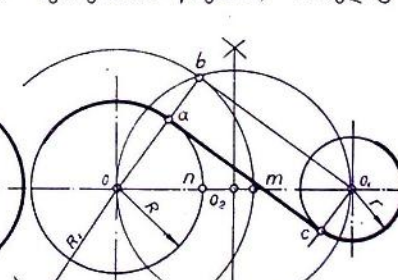
მოცემული წრეხაზის რკალი ამ სწორ ხაზს B წერტილში შეუუღლდება. შემოვხაზოთ ჯერ წრეხაზის რკალი და შემდეგ იმავე სისქის კონტურის ხაზით გავასქელოთ მხები სწორი ხაზი. ჩვენს შემთხვევაში შეხების წერტილის ორივე მხარეს არის სწორ ხაზთან შეუღლებული წრეხაზის რკალი.

ორი სხვადასხვარადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება

განვიხილოთ გარეგანი შეხება (ნახ.134). მოცემულია R-რადიუსიანი და r-რადიუსიანი წრეხაზები, რომელთა ცენტრებს შორის მანძილი OO_1 მოცემულია. O_1 ცენტრზე $R_1=R-r$ რადიუსით შემოვხაზოთ დამხმარე წრეხაზი. ვიპოვოთ OO_1 მონაკვეთის O_2 შუა წერტილი და ამ წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $O_2O=O_2O_1$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზი, რომელიც O_1



ნახ. 134.



ნახ. 135.

ცენტრზე შემოხაზულ დამხმარე წრეხაზს a წერტილზე გადაკვეთს. a წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ O წერტილს, წინა მაგალითის საფუძველზე ცხადია, რომ Oa სწორი ხაზი O_1a რადიუსის მართობია. O წერტილზე Oa სწორი ხაზის

მართობი გავავლოთ მოცემული პატარა წრეხაზის C წერტილში გადაკვეთამდე. O_1a რადიუსი გავაგრძელოთ მოცემული მეორე წრეხაზის b წერტილში გადაკვეთამდე. შევაერთოთ სწორი ხაზით C და b წერტილები, მიღებული Cb სწორი ხაზი Oa სწორი ხაზის პარალელურია (რადგან $OC=ab$), ე. ი. Cb სწორი ხაზი როგორც OC, ისე O_1b სწორი ხაზის მართობია, მაშასადამე, ორივე წრეხაზის საერთო მხებია, ამიტომ ეს სწორი ხაზი მოცემულ წრეხაზებს C და b წერტილებში სწორ ხაზთან შეაუღლებს.

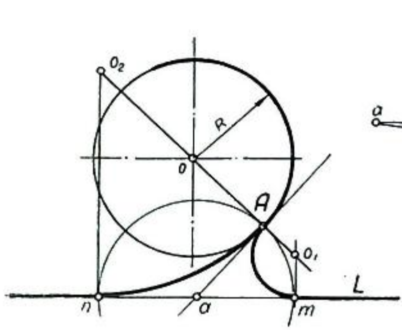
კონტურის ხაზის სისქის ხაზით O ცენტრიდან OC რადიუსით წრეხაზის რკალს C წერტილამდე შემოვხაზავთ, იმავე სისქის ხაზით O_1 ცენტრიდან O_1b რადიუსით წრეხაზის რკალს b წერტილამდე შემოვხაზავთ, C და b წერტილებს შევაერთებთ იმავე სისქის კონტურის ხაზით.

განვიხილოთ ორი სხვადასხვარადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება შინაგანი შეხებით (ნახ. 135). მოცემულია გარკვეული მანძილით დაშორებული R და r-რადიუსიანი წრეხაზები, რომლებიც უნდა შეუღლდეს ჯვარედინად — შინაგანი შეხებით. O ცენტრიდან შემოვხაზოთ $R+r$ რადიუსით დამხმარე წრეხაზი, ვიპოვოთ OO_1 მონაკვეთის შუა წერტილი O_2. O_2 წერტილიდან $O_2O=O_2O_1$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზი, რომლის გადაკვეთა R_1-რადიუსიან წრეხაზთან აღვნიშნოთ b ასოთი. b წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ O წერტილს, რომლის გადაკვეთა მოცემულ დიდ წრეხაზთან აღვნიშნოთ a ასოთი. b წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ O_1 წერტილს, რომელიც Ob რადიუსის მართობი იქნება (წინა მაგალითების საფუძველზე). O_1 ცენტრიდან bO_1 მონაკვეთის მართობი სწორი ხაზი გავავლოთ ქვემოთ, მოცემული წრეხაზის c წერტილში გადაკვეთამდე. ac სწორი ხაზი პარალელურია bo_1 სწორი ხაზის (რადგან $o_1c=ab$). მაშასადამე, ac სწორი ხაზი o_1c და oa რადიუსების მართობულია, ე. ი. ის ორივე წრეხაზის მხებია. აქედან გამომდინარე, ეს ორი წრეხაზი ac სწორი ხაზით ერთიმეორეს შეუუღლდება. o ცენტრიდან oa რადიუსით a წერტილამდე შემოვხაზოთ კონტურის სისქის წრეხაზის რკალი, აგრეთვე o_1 ცენტრიდან c წერტილამდე იმავე სისქის კონტურის ხაზით o_1c რადიუსიანი წრეხაზის რკალი შემოვხაზოთ, a და c წერტილები აღნიშნული სისქის კონტურის სწორი ხაზით შევაერთოთ. განხილულ ორივე მაგალითში ჩვენ მხოლოდ ცალ მხარეს შეუღლება შევასრულეთ, ცხადია, მეორე მხარესაც შეუღლება ანალოგიურად მოხდება.

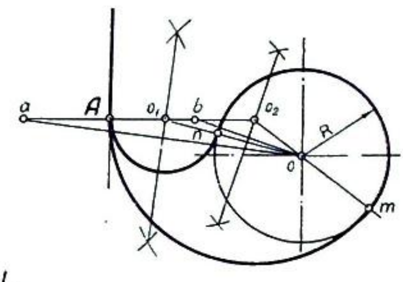
წრეხაზის რკალის სწორ ხაზთან წრეხაზის რკალით შეუღლება

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა შეუღლების წერტილი მოცემულ წრეხაზზე მდებარეობს (ნახ. 136). მოცემულია R-რადიუსიანი წრეხაზი, ამ წრეხაზზე მდებარე A წერტილი და L სწორი ხაზი. ეს სწორი ხაზი მოცემულ წრეხაზს წრეხაზის რკალით უნდა შეუუღლდეს.

განვიხილოთ ამ ამოცანის შესრულების თანამიმდევრობა: მოცემულ A წერტილზე გავავლოთ მოცემული წრეხაზის მხები სწორი ხაზი (A წერტილზე OA რადიუსის მართობი სწორი ხაზი გავავლოთ), მხების მოცემულ სწორ ხაზთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ a ასოთი. a წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, aA-რადიუსიანი წრეხაზი შემოვხაზოთ მოცემული სწორი ხაზის m და n წერტილებში გადაკვეთამდე. m წერტილზე ავმართოთ მოცემული სწორი ხაზის



ნახ. 136.

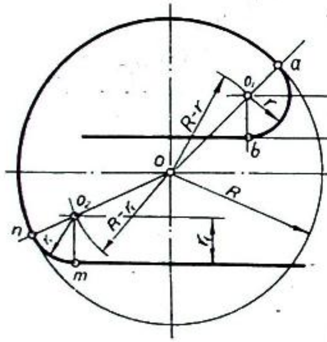


ნახ. 137.

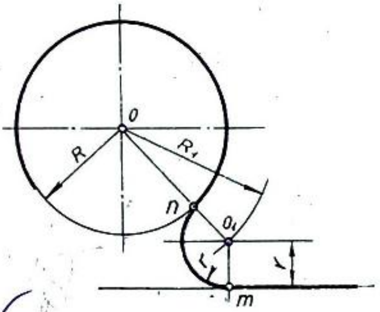
მართობი OA რადიუსის გაგრძელების გადაკვეთამდე. გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ o_1 ასოთი. o_1 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, $O_1A=O_1m$ რადიუსით მოცემული სწორი ხაზი მოცემულ წრეხაზთან შევაუღლოთ. n წერტილზე მოცემული სწორი ხაზის მართობული სწორი ხაზის OA რადიუსის გაგრძელებასთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ O_2 ასოთი. O_2 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, მოცემული სწორი ხაზი $O_2A=O_2n$ რადიუსიანი რკალით მოცემულ წრეხაზთან შევაუღლოთ.

137-ე ნახ.-ზე განხილულია ისეთი შემთხვევა, როდესაც მოცემულ წრეხაზს რკალით ვაუღლებთ მოცემულ სწორ ხაზთან ამ ხაზზე მოცემულ წერტილში. განვიხილოთ ამოცანის შესრულების თანამიმდევრობა: მოცემულ A წერტილზე გავავლოთ მოცემული ხაზის მართობული სწორი ხაზი; A წერტილიდან ორივე მხარეს მოცემული წრეხაზის რადიუსის სიგრძის ტოლი მონაკვეთი გადავზომოთ გავლებულ მართობზე, მიღებული წერტილები აღვნიშნოთ a და b ასოებით (Aa—Ab); a და b წერტილები სწორი ხაზებით მოცემული წრეხაზის o ცენტრს შევუერთოთ, მივიღებთ oa და ob სწორი ხაზის მონაკვეთებს: ao მონაკვეთის შუა წერტილზე გავავლოთ ამ მონაკვეთის მართობული სწორი ხაზი, რომლის ab სწორ ხაზთან გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ o_1 ასოთი. o_1 წერტილი, როგორც შეუღლების ცენტრი, შევაერთოთ o წერტილთან. ამ სწორი ხაზის მოცემულ წრეხაზთან გადაკვეთის n წერტილი არის შეუღლების წერტილი. o_1 შეუღლების ცენტრიდან $Ao_1=on$ რადიუსით შემოვხაზოთ nA რკალი, მივიღებთ მოცემული წრეხაზის მოცემულ სწორ ხაზთან შეუღლებას; ამ ამოცანის მეორე ამოხსნისათვის მიღებული bo მონაკვეთის შუა წერტილზე გავლებული მართობის ab სწორ ხაზთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ o_2 ასოთი. o_2 წერტილი, როგორც შეუღლების ცენტრი, სწორი ხაზით მოცემული წრეხაზის o ცენტრს შევუერთოთ და გავაგრძელოთ წრეხაზის m წერტილში გადაკვეთამდე; — ეს წერტილი შეუღლების წერტილია. o_2 შეუღლების ცენტრიდან $o_2A=o_2m$ მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომელიც მოცემულ წრეხაზს მოცემულ სწორ ხაზთან შეაუღლებს. როგორც წესი, ყოველივე ზემოაღნიშნული უნდა შესრულდეს წვრილი მთლიანი ხაზით და შემდეგ კი ცნობილი წესით ჯერ რკალებს და შემდეგ სწორ ხაზებს შემოვავლებთ კონტურის ხაზით.

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა წრეხაზს ვაუღლებთ მოცემული რადიუსით ამ წრეხაზის გამკვეთ სწორ ხაზთან (ნახ. 138). განვიხილოთ ნახაზების აგების თანამიმდევრობა: მოცემული შეუღლების r რადიუსის სიგრძის ტოლი დაშორებით მოცემული სწორი ხაზის პარალელური სწორი ხაზი გავავლოთ; მოცემული წრეხაზის o ცენტრიდან შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი $R—r$ რადიუსით (R მოცემული წრეხაზის რადიუსია და r კი შეუღლების რადიუსი). ამ რკალის გადაკვეთა გავლებულ პარალელურ სწორ ხაზთან აღვნიშნოთ o_1 ასოთი, რომელიც შეუღლების ცენტრია; o_1 შეუღლების ცენტრიდან მოცემულ სწორ ხაზზე და-



ნახ. 138.



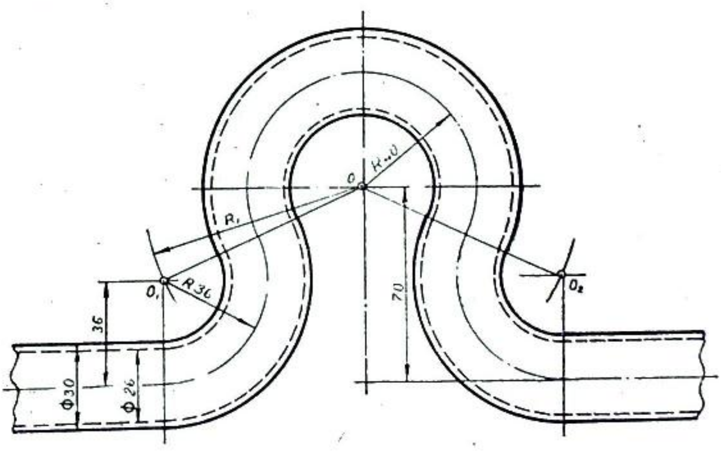
ნახ. 139.

ვუშვათ მართობი, რომლის გადაკვეთის b წერტილი იქნება შეუღლების წერტილი; o_1 შეუღლების ცენტრი მოცემული წრეხაზის o ცენტრს შევუერთოთ და გავაგრძელოთ წრეხაზის a წერტილში გადაკვეთამდე. გადაკვეთის ეს წერტილი არის შეუღლების მეორე წერტილი; o_1 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, $o_1b = o_1a$ რადიუსით a და b წერტილებს შორის შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომელიც მოცემულ წრეხაზს მოცემულ სწორ ხაზთან შეაუღლებს. ამავე ნახაზზე შესრულებულია ანალოგიური მაგალითი, რომელსაც აქ არ განვიხილავთ.

139-ე ნახ.-ზე გამოსახულია წრეხაზის რკალის მოცემულ სწორ ხაზთან მოცემული რადიუსიანი რკალით შეუღლება. განვიხილოთ ამ მაგალითის გამოხაზვის თანამიმდევრობა: გავავლოთ მოცემული რადიუსის სიგრძის ტოლი მანძილით დაშორებული, მოცემული სწორი ხაზის პარალელური სწორი ხაზი. მოცემული წრეხაზის o ცენტრიდან შემოვხაზოთ $R_1 = R + r$-რადიუსიანი რკალი გავლებული პარალელური სწორი ხაზის გადაკვეთამდე. გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ o_1 ასოთი; o_1 წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ o წერტილს, ამ სწორი ხაზის მოცემულ წრეხაზთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ n ასოთი, რომელიც შეუღლების ერთი წერტილია; შეუღლების o_1 ცენტრიდან მოცემულ სწორ ხაზზე დავუშვათ მართობი, რომლის გადაკვეთა მოცემულ სწორ ხაზთან აღვნიშნოთ m ასოთი. ეს წერტილი არის შეუღლების მეორე წერტილი. o_1 შეუღლების ცენტრიდან მოცემული შეუღლების r რადიუსით

m და *n* წერტილებს შორის შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომელიც მოცემულ წრეხაზს მოცემულ სწორ ხაზთან შეაუღლებს (ასეთივე ხერხით შეიძლება შეუღლება მეორე მხარესაც).

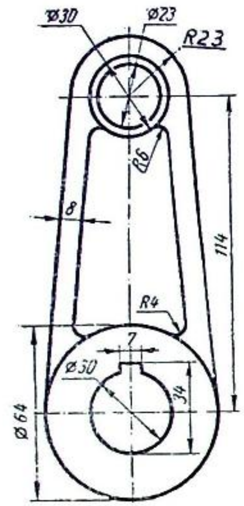
140-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მოხრილი მილი, რომლის აგებისათვის გამოყენებულია წინა ნახაზზე განხილული მოცემული წრეხაზისა და სწორი ხაზის მოცემული რადიუსით შეუღლების მაგალითი. ამ ნახაზის ასაგებად ჯერ მილის ღერძის ხაზის შეუღლებას ვაწარმოებთ მოცემული ზომების მიხედვით. *O* წერტილიდან (რომელიც ნებისმიერი აიღება), როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზავთ $R=40$ მმ წრეხაზის რკალს, ამ წრეხაზის ცენტრიდან ქვემოთ გადავზომავთ 70 მმ და გავავლებთ ღერძის ხაზს, რომელსაც *O* ცენტრზე შემოხაზული წრეხაზის რკალთან შევაუღლებთ $R=36$ მმ შეუღლების რადიუსით. შემდეგ ამ შეუღლებული ღერძის ხაზზე შემოვხაზავთ მილის სისქეს მოცემული ზომებით, სადაც მილის შიგა უხილავი ხაზი ნაჩვენებია წყვეტილი ხაზით. ეს მაგალითი შეიცავს სამი სხვადასხვა ტიპის (კონტურის, ღერძისა და წყვეტილი) ხაზების შეუღლებას 20 სხვადასხვა წერტილში.



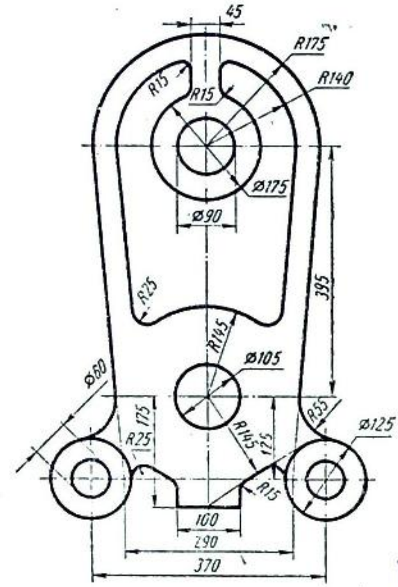
ნახ. 140.

141-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი დეტალის ნახაზი, სადაც გამოყენებულია ორი სხვადასხვარადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლების მაგალითები, აგრეთვე სწორი ხაზის და წრეხაზის შეუღლება მოცემული რადიუსით.

142-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მანქანის ნაწილი, რომლის ფორმა შეიცავს შეუღლებებს. ამ დეტალის გამოსახაზავად საჭიროა ვიცოდეთ წინა ნახაზებში განხილული წრეხაზის რკალების და სწორი ხაზების ურთიერთშეუღლების წესები. ეს ორი ნახაზი უნდა გამოიხაზოს მოცემული ზომების მიხედვით და ნახაზის აგების დროს ზუსტად იქნეს დაცული შეუღლების ცენტრისა და შეუღლების წერტილების თვისება, რომლის საფუძველზე შესრულებული ნახაზის საბოლოო სახე მოცემულია აღნიშნულ ნახაზებზე.



ნახ. 141.

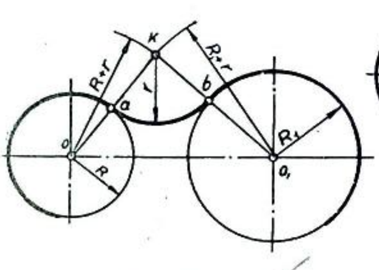


ნახ. 142.

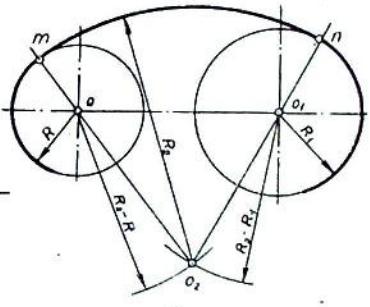
ორი წრეხაზის შეუღლება წრეხაზის რკალის დახმარებით

გარეგანი შეხების შემთხვევა. მოცემულია R და R_1-რადიუსიანი წრეხაზები o და o_1 ცენტრებით. oo_1 ცენტრებს შორის მანძილი ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ $oo_1 < R+R_1+2r$, სადაც r არის შეუღლების რადიუსი, რომელიც შეიძლება წინასწარ იყოს მოცემული, ან ჩვენ შევარჩევთ (ნახ. 143). მოცემული r შეუღლების რადიუსიანი რკალით უნდა შევაუღლოთ ეს ორი წრეხაზი ისე, რომ შეუღლება იყოს გარეგანი. ამისათვის ვიქცევით შემდეგნაირად: ჯერ ვიპოვოთ შეუღლების ცენტრი, რისთვისაც გავშალოთ ფარგალი $R+r$ სიგრძით და o წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალი; o_1 ცენტრიდან კი შემოვხაზოთ რკალი R_1+r რადიუსით: რკალების გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ k ასოთი; k წერტილი შეუღლების ცენტრია; ვიპოვოთ შეუღლების წერტილები, რისთვისაც შეუღლების ცენტრი k სწორი ხაზით შევუერთოთ o და o_1 ცენტრებს. ko სწორი ხაზის გადაკვეთა R-რადიუსიან წრეხაზთან აღვნიშნოთ a ასოთი; ko_1 სწორი ხაზის გადაკვეთა R_1-რადიუსიან წრეხაზთან აღვნიშნოთ b ასოთი; a და b წერტილები შეუღლების წერტილებია. შეუღლებისათვის ყველა საჭირო ელემენტი გარკვეულია, ამიტომ შეგვიძლია k წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, შეუღლების რადიუსით შემოვხაზოთ ab წრეხაზის რკალი, რომელიც მოცემულ ორ წრეხაზს შეაუღლებს.

შინაგანი შეხების შემთხვევა. მოცემულია R და R_1-რადიუსებიანი წრეხაზები, რომელთა შეუღლება უნდა მოხდეს მოცემული შეუღლების R_2 რადიუ-



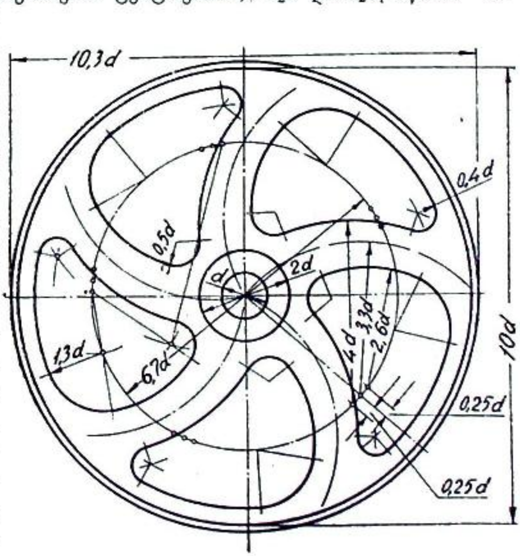
ნახ. 143



ნახ. 144.

სით შინაგანი შეხებით. OO_1 ცენტრებს შორის მანძილი ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ $OO_1 \leqslant R_2-R_1+R_2-R$.

ამ ამოცანის შესასრულებლად ვიქცევით შემდეგნაირად: o წერტილიდან, როგორ ცენტრიდან, R_2-R რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი (ნახ. 144); O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, R_2-R_1 რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი წინა შემოხაზული რკალის გადაკვეთამდე, მიღებული O_2 წერტილი შეუღლების ცენტრია; O_2 შეუღლების ცენტრი სწორი ხაზებით შევაერთოთ O და O_1 წერტილებთან (მოცემული წრეხაზების ცენტრებთან); O_2O და O_2O_1 სწორი ხაზები გავაგრძელოთ მოცემული წრეხაზების m და n წერტილებში გადაკვეთამდე — m და n წერტილები შეუღლების წერტილებია; O_2 შეუღლების ცენტრიდან R_2 რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი m და n შეუღლების წერტილებს შორის, შემდეგ კი იმავე სისქის კონტურის ხაზით o და o_1 ცენტრებიდან R და R_1 რადიუსით გავაგრძელოთ სათანადო რკალები შეუღლების რკალის სისქის კონტურის ხაზებით.

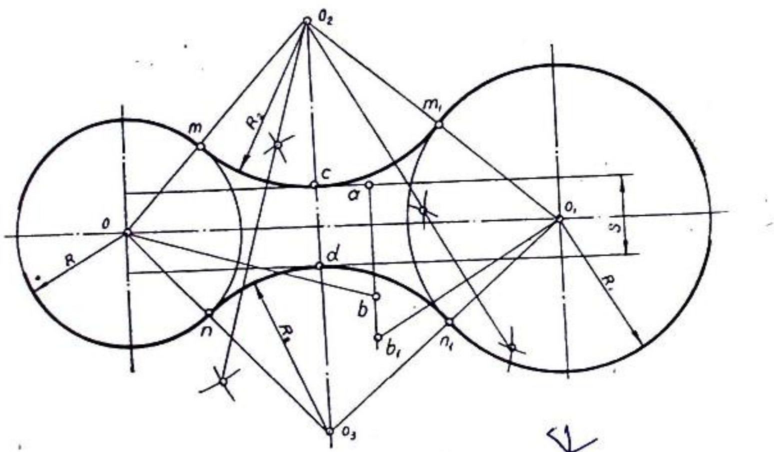


ნახ. 145.

145-ე ნახ.-ზე მოცემულია საღვედე ბორბლის გამოხაზვის მაგალითი, სადაც მოხრილი სოლების გამოსახაზავად საჭიროა ვიცოდეთ წრეხაზის რკალების შეუღლების წინათ განხილული მაგალითები. ამ ნახაზზე, ზომების ნაცვლად, მოცემულია ლილვის d დიამეტრის დამოკიდებულება დანარჩენი ნაწილების

ზომებთან. ნახაზის აგება იწყება დამხმარე წრეხაზის გამოხაზვით, ამ წრეხაზის დიამეტრი უდრის 6,7d. ეს დამხმარე წრეხაზი იყოფა ხუთ თანატოლ ნაწილად (რადგან ბორბალი ხუთსოლიანია). დამხმარე წრეხაზზე სოლების სისქეები და მათი ერთი ბოლოს შეუღლების ცენტრებია ნაპოვნი. ნახაზზე ნაჩვენებია ყოველი შეუღლების ცენტრების პოვნის გრაფიკული წესი, რომელსაც მხაზველმა ყურადღება უნდა მიაქციოს და გარკვეული სიზუსტით ააგოს ნახაზი, რომელიც განვლილი მასალის ცოდნის შესამოწმებლადაა მოცემული.

146-ე ნახ.-ზე მოცემულია ორი წრეხაზის შეუღლება წრეხაზის რკალით, როცა ასეთი დეტალის ყელის უმცირესი განი ცნობილია. მოცემულია R და

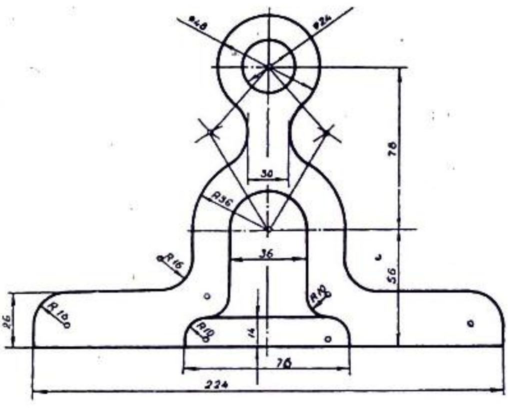


ნახ. 146.

R_1 რადიუსების მქონე ორი წრეხაზი, რომელთა ცენტრებს შორის oo_1 მანძილიც მოცემულია. ცნობილია აგრეთვე ყელის უმცირესი განი, რომელიც ნახაზზე s ასოთი არის აღნიშნული. განვიხილოთ ამ ნახაზის აგების თანამიმდევრობა: o წერტილზე შემოვხაზოთ R-რადიუსიანი წრეხაზი, o_1 წერტილზე კი R_1-რადიუსიანი წრეხაზი (როგორც აღვნიშნეთ R, R_1 და oo_1 სიდიდეები ცნობილია); მოცემული o და o_1 ცენტრების შემაერთებელი სწორი ხაზის პარალელურად ცენტრების შემაერთებელი ხაზის ორივე მხარეს გავავლოთ მოცემული S მანძილის ნახევარი მანძილით დაშორებული სწორი ხაზები. ზედა პარალელურ სწორ ხაზზე ავიღოთ ნებისმიერი a წერტილი, ამ წერტილზე გავავლოთ oo_1 სწორი ხაზის მართობული სწორი ხაზი და მასზე გადავზომოთ $ab=R$ და $ab_1=R_1$ მონაკვეთები. მიღებული b და b_1 წერტილები სათანადოდ o და o_1 ცენტრებს სწორი ხაზით შევუერთოთ; ob და o_1b_1 სწორი ხაზის მონაკვეთების შუა წერტილებზე გავავლოთ მართობები, რომელთა გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ o_2 ასოთი. ეს წერტილი არის შეუღლების ცენტრი; ნახაზზე მეორე მხარეს შეუღლების ცენტრის მისაღებად o_2 წერტილზე გავავლოთ oo_1 სწორი ხაზის მართობი და მასზე გადავზომოთ $o_2c=do_3$ მონაკვეთი. მიღებული o_3 წერტილი შეუღლების მეორე ცენტრია. შეუღლების წერტილების საპოვნელად o_2 და o_3 შეუღლე-

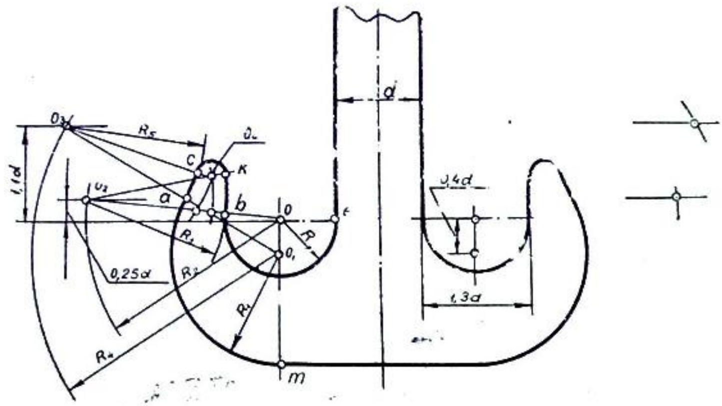
ვის ცენტრები მოცემულ წრეხაზის o და o_1 ცენტრებს შევუერთოთ სწორი ხაზით. ამ სწორი ხაზების მოცემულ წრეხაზებთან გადაკვეთის m m_1 n და n_1 წერტილები არის შეუღლების წერტილები; o_2 შეუღლების ცენტრიდან o_2m რადიუსით m და m_1 წერტილებს შორის კონტურის ხაზის სისქის რკალი შემოვხაზოთ. o_3 შეუღლების ცენტრიდან n და n_1 წერტილებს შორისაც იმავე სისქის კონტურის ხაზით წრეხაზის რკალი შემოვხაზოთ; O და O_1 ცენტრებიდან R და R_1 რადიუსებით სათანადო წრეხაზის რკალები გავაგრძელოთ (სისქე ზუსტად იგივე ავიღოთ, რაც წინა რკალების სისქეა).

147-ე ნახ.-ზე მოცემულია დეტალი, რომელიც შეიცავს ისეთ შეუღლებებს. სადაც გამოყენებულია მართი კუთხეების, ორი პარალელური სწორი ხაზისა და ორი წრეხაზის რკალით შეუღლების მაგალითები. ამ ნახაზის ასაგებად დაგვჭირდება წინა მაგალითში განხილული წესის გამოყენება — ორი წრეხაზის რკალით შეუღლება, როცა ყელის უმცირესი განი მოცემულია. ნახაზს ავაგებთ ნატურალური ზომებით.



ნახ. 147.

148-ე ნახ.-ზე მოცემულია ორრქიანი კაკვის გამოხაზვის მაგალითი. განვიხილოთ ამ ნახაზის აგების თანამიმდევრობა: გავავლოთ შვეული ღერძის ხაზი, რომლის ორივე მხარეს $0{,}5d$ მანძილით დაშორებული პარალელური ხაზები გავავლოთ; ეს პარალელური ხაზები შევაუღლოთ $1{,}3d$ დიამეტრიან წრეხაზთან: შეუღლების წრეხაზის O ცენტრზე გამავალი შვეული ღერძის ხაზზე ქვევით გადავზომოთ $0.4d$ სიგრძის მონაკვეთი, მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ o_1 ასოთი: o წერტილზე გავავლოთ ჰორიზონტალური სწორი ხაზი და ამ ხაზიდან ზემოთ გავავლოთ $0{,}25d$ მანძილით დაშორებული პარალელური სწორი ხაზი; o წერტილიდან $R_2=2{,}35d$ რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი, რომლის გადაკვეთა გავლებულ პარალელურ სწორ ხაზთან აღვნიშნოთ O_2 ასოთი: O წერტილზე გავლებული ჰორიზონტალური სწორი ხაზის პარალელურად გავავლოთ $1{,}1d$ მანძილით დაშორებული სწორი ხაზი. o_1 ცენტრიდან $R_4=3d$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა მეორე პარალელურ სწორ ხაზთან აღვნიშნოთ o_3 ასოთი, o_2 ცენტრიდან $R_3—0{,}15d$ $(R_3=R_5=1{,}7d)$ რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი, o_3 ცენტრიდან $R_5+0{,}15d$ რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი და ამ რკალების გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ O_4 ასოთი; ვიპოვოთ შეუღლების წერტილები, რისთვისაც OO_1 წერტილების შემაერთებელ სწორ ხაზზე o_1 წერტილიდან ქვევით გადავზომოთ $R_1=1{,}3d$ რადიუსის სიგრძე მო-

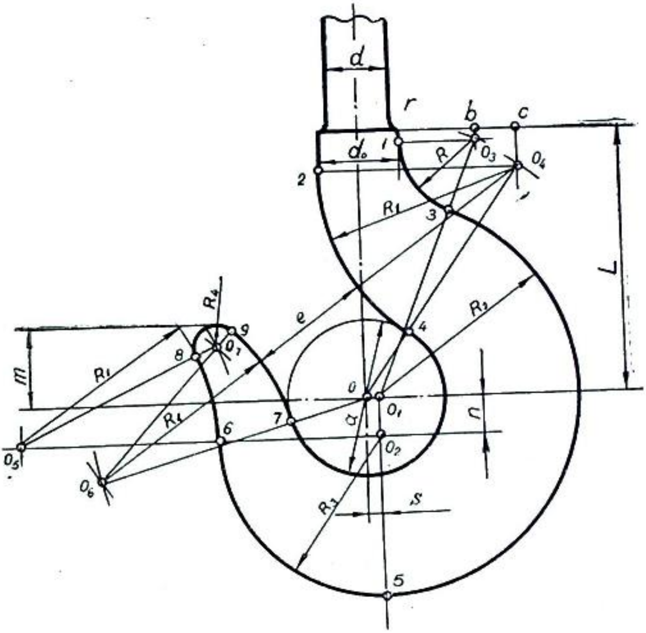


ნახ. 148.

ნაკვეთი. მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ m ასოთი; o_1o_3 სწორ ხაზზე o_3 ცენტრიდან გადავზომოთ $R_5=1{,}7d$ რადიუსის სიგრძე მონაკვეთი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ a ასოთი; oo_2 სწორ ხაზზე o_2 წერტილიდან გადავზომოთ $R_3=1{,}7\,d$ რადიუსის სიგრძე მონაკვეთი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ b ასოთი; o_4 წერტილი o_3 წერტილს შევუერთოთ და ამ სწორ ხაზზე o_3 წერტილიდან $R_5=1{,}7\,d$ რადიუსის სიგრძე მონაკვეთი გადავზომოთ. მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ c ასოთი; o_2 წერტილიდან o_2o_4 სწორი ხაზის გაგრძელებაზე გადავზომოთ $R_3=1{,}7\,d$ რადიუსის ტოლი მონაკვეთი. მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ k ასოთი: a, b, c, k, e, m წერტილები შეუღლების წერტილებია: o წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, $R=1{,}3d$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის be რკალი; o_2 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, $R_3=1{,}7\,d$ რადიუსით შემოვხაზოთ bk რკალი; o_4 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, შემოვხაზოთ kc რკალი; o_3 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, შემოვხაზოთ ac რკალი; o_1 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, am რკალი შემოვხაზოთ. ასეთი თანამიმდევრობით ერთსა და იმავე დროს გამოიხაზება კაკვის მეორე მხარეც და m წერტილი თავის სიმეტრიულ წერტილს სწორი ხაზით შეუერთდება; e წერტილზე და მის სიმეტრიულ წერტილზე გავავლოთ კაკვის ღერძის ხაზის პარალელური სწორი ხაზები. ამ ნახაზზე კაკვის ზედა ნაწილის აგება ნაჩვენები არაა (შეწყვეტილია ამოჭრის ხაზით ნახაზის სიმაღლეზე შემცირების მიზნით).

149-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სატვირთო კაკვი, რომლის ზომები დამოკიდებულია ტვირთის წონაზე და ეს ზომები დადგენილია ОСТ 29234-40-ით, რომლის საფუძველზე შედგენილია ქვემოთ მოყვანილი ცხრილი.

განვიხილოთ 1 ტონა ტვირთამწე (ცხრილი 9) კაკვის გამოხაზვის თანამიმდევრობა: გავავლოთ კაკვის შვეული ღერძი და მასზე ავიღოთ o წერტილი; o წერტილიდან ზევით გადავზომოთ L მონაკვეთი და მიღებულ წერტილ-



ნახ. 149.

ცხრილი 9

ტვირთამწეობა ტონობით	a	e	d	d_0	L	m	n	R	R_1	R_3	R_4	S	r
1	50	40	20	25	85	25	12	25	63	51	7	4	1,5
2	70	56	35	40	125	40	20	35	97	77	8	4	2,5
3	80	65	45	50	145	50	25	40	115	90	8,5	4,5	2,5
5	95	75	55	60	170	60	30	45	135	105	12,5	6,5	2,5
7,5	110	85	60	70	195	70	30	55	155	125	16	9	3,5
10	130	100	70	80	230	80	40	65	180	140	17,5	10	4

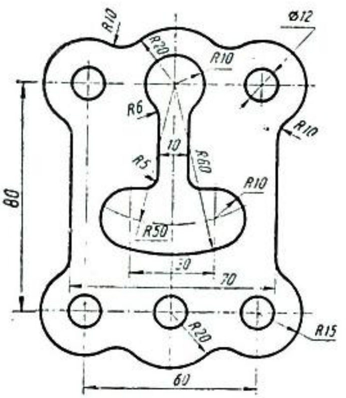
ზე გავავლოთ ჰორიზონტალური სწორი ხაზი, რომელზედაც ღერძის ორივე მხარეს გადავზომოთ 0,5d_0 და მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ ღერძის პარალელური ხაზები ქვემოთ; ჰორიზონტალურ ხაზზე ავიღოთ ორი წერტილი — კაკვის მარჯვენა შეეული ხაზიდან R რადიუსის სიგრძის ტოლი მანძილით დაშორებული b წერტილი და კაკვის მარცხენა შეეული ხაზიდან R_1 რადიუსის სიგრძის ტოლი მანძილით დაშორებული c წერტილი; მიღებულ b და c წერტილებზე გავავლოთ კაკვის შეეული ღერძის ხაზის პარალელური სწორი ხაზები; o წერტილზე გავავლოთ ჰორიზონტალური სწორი ხაზი და o წერტილი-

დან მარჯვნივ გადავზომოთ S სიგრძის მონაკვეთი; ეს წერტილი აღვნიშნოთ o_1 ასოთი; o_1 წერტილზე გავავლოთ შვეული ღერძის პარალელური სწორი ხაზი და მასზე გადავზომოთ $o_1o_2=n$ მონაკვეთი. o_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $R+R_2$ რადიუსით (სადაც $R_2=n+R_3$) b წერტილზე გამავალი შვეული ხაზი გადავკვეთოთ. მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ o_3 ასოთი; o წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $0{,}5a+R_1$ სიგრძის მონაკვეთის ტოლი რადიუსით გადავკვეთოთ C წერტილზე გამავალი ღერძის ხაზის პარალელური სწორი ხაზი; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ o_4 ასოთი; o_2 წერტილზე გამავალ ჰორიზონტალურ სწორ ხაზზე ამ წერტილიდან მარცხნივ გადავზომოთ R_3+R_1 სიგრძის მონაკვეთი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ o_5 ასოთი; o_4 წერტილიდან $e+2R_1$ სიგრძის ტოლი რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი. o წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $0{,}5a+R_1$ მონაკვეთის სიგრძის ტოლი რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი და ამ რკალების ურთიერთგადაკვეთა აღვნიშნოთ o_6 ასოთი: o_5 ცენტრიდან R_1+R_4 მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი. o_6 ცენტრიდან $R_1—R_4$ მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი და ამ რკალების ურთიერთგადაკვეთა აღვნიშნოთ o_7 ასოთი; მიღებული o, o_1, o_2, o_3, o_4, o_5, o_6 და o_7 შეუღლების ცენტრებია. ახლა განვსაზღვროთ შეუღლების წერტილები, რისთვისაც o_3 შეუღლების ცენტრიდან დავუშვათ მართობი შესაუღლებელ სწორ ხაზზე: მივიღებთ შეუღლების წერტილს, რომელიც ციფრით 1 აღვნიშნოთ; o_4 შეუღლების ცენტრიდან შესაუღლებელ სწორ ხაზზე დავუშვათ მართობი: მივიღებთ შეუღლების წერტილს, რომელიც ციფრით 2 აღვნიშნოთ; o_1o_3 სწორი ხაზი გვაძლევს შეუღლების ზღვარს, რომელზედაც მდებარეობს შეუღლების წერტილი 3. oo_4 სწორი ხაზი გვაძლევს შეუღლების ზღვარს, რომელზედაც შეუღლების წერტილი 4 მდებარეობს; o_1o_2 სწორი ხაზის გაგრძელება გვაძლევს შეუღლების ზღვარს, რომელზედაც შეუღლების წერტილი 5 მდებარეობს: o_2o_5 სწორი ხაზი შეუღლების ზღვარია, რომელზედაც შეუღლების წერტილი 6 მდებარეობს: oo_6 სწორი ხაზი შეუღლების ზღვარია, რომელზედაც მდებარეობს შეუღლების წერტილი 7; o_5 და o_7 ცენტრების შემაერთებელ სწორ ხაზზე შეუღლების წერტილი 8 მდებარეობს; o_6 და o_7 წერტილების შემაერთებელი სწორი ხაზის მონაკვეთის გაგრძელებაზე შეუღლების წერტილი 9 მდებარეობს. o წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $0{,}5\ a$ რადიუსით 4 და 7 წერტილებს შორის შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი. o_4 ცენტრიდან R_1 რადიუსით გავაგრძელოთ რკალი წერტილიდან 4 წერტილამდე 2. o_6 ცენტრიდან R: რადიუსით გავაგრძელოთ რკალი წერტილიდან 7 წერტილამდე 9. o_7 ცენტრიდან R_4 რადიუსით გავაგრძელოთ რკალი წერტილიდან 9 წერტილამდე 8. o_5 ცენტრიდან R_1 რადიუსით გავაგრძელოთ რკალი წერტილიდან 8 წერტილამდე 6. o_2 ცენტრიდან R_3 რადიუსით გავაგრძელოთ რკალი წერტილიდან 6 წერტილამდე 5. o_1 ცენტრიდან $R_2=o_15=n+R_3$ მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით გავაგრძელოთ რკალი წერტილიდან 5 წერტილამდე 3. o_3 ცენტრიდან გავაგრძელოთ რკალი წერტილიდან 3 წერტილამდე 1. წერტილებში 1 და 2 რკალებს შევაუღლებთ სწორ ხაზებთან.

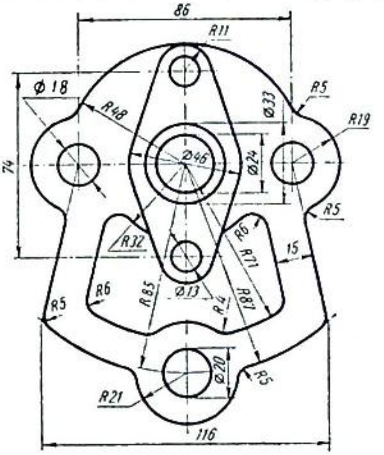
აქ აღნიშნული თანამიმდევრობის ზუსტად დაცვა სასურველია და არა სავალდებულო.

150-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მანქანის ნაწილი, რომელიც შეიცავს შეუღლებებს. ამ ნახაზზე მოცემული ზომების მიხედვით და წინა პარაგრაფებში შესწავლილი შეუღლებათა მაგალითების საფუძველზე გამოვხაზავთ აღნიშნულ გამოსახულებას. მოცემულ ნახაზზე აღნიშნულია ყველა ზომა, გარდა სიგრძისა, რომელიც უნდა ავიღოთ არა უმცირესი 120 მილიმეტრისა.

151-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მანქანის ნაწილი, რომლის ფორმა შეიცავს სხვადასხვა სახის შეუღლებებს, რომლებიც ჩვენ მიერ განხილული იყო ცალ-ცალკე. ამ შემთხვევაში საჭიროა წინათ შესწავლილი მასალის საფუძველზე



ნახ. 150.

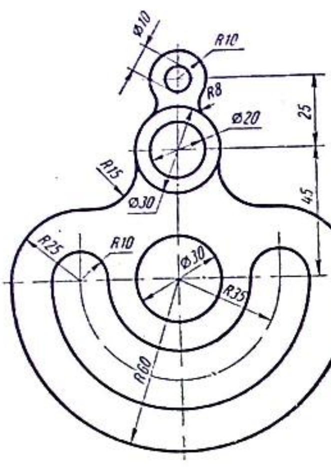


ნახ. 151.

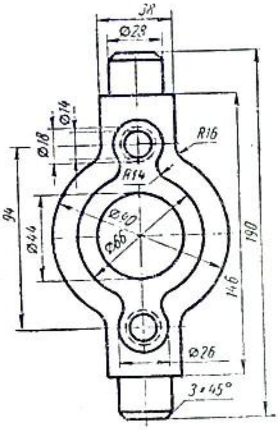
გამოვიყენოთ შეუღლების ზუსტი წესები და მოცემული ზომების მიხედვით ავაგოთ ეს გამოსახულება ისე, რომ ვისარგებლოთ მისი სიმეტრიულობით და სიმეტრიის ღერძის ორივე მხარეს ერთსა და იმავე დროს ავაგოთ ერთნაირი შეუღლებები. როგორც წესი, ჯერ ფანქრით წვრილი ხაზებით შევასრულებთ ნახაზს, რომელზედაც აღნიშნული იქნება შეუღლების ცენტრები და ზღვრები. ასეთი სახით ნახაზის დამთავრების შემდეგ დავიწყებთ კონტურის ხაზის სისქის ხაზებით ნახაზის შემოვლას; ცხადია, ჯერ შემოვხაზავთ წრეხაზებსა და მის რკალებს, შემდეგ კი შევაუღლებთ ზუსტად იმავე სისქის სწორხაზოვან კონტურებს. როგორც წესი, ის ნახაზი, რომელიც ტუშით უნდა დაიხაზოს, წინასწარ საშლელით არ უნდა გასუფთავდეს, არამედ ზედმეტ ხაზებს ფანქრით აღვნიშნავთ და სხვა ხაზების დატუშვის შემდეგ წავშლით.

152-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი დეტალი (გიტარა), რომელიც მხოლოდ წრეხაზის რკალების ურთიერთშეუღლებას შეიცავს.

ამ გამოსახულების გამოსახაზავად ჯერ ურთიერთმართობულ ღერძის ხაზებს გავავლებთ, შემდეგ $R=35$ მმ რადიუსით შემოვხაზავთ ცენტრის ხაზს და განვსაზღვრავთ ჯერ შეუღლების ცენტრებს, შემდეგ კი შეუღლების წერტილებს ან შეუღლების ზღვრებს და შეუღლების წესების ზუსტად დაცვით ვაწარმოებთ ნახაზის აგებას.



ნახ. 152.



ნახ. 153.

153-ე ნახაზზე მოცემულია მანქანის ნაწილის (ტრავერსი) გამოსახულება, სადაც მარტივი ფორმის შეუღლებებია გამოყენებული, ამიტომ ასეთი დეტალების გამოხაზვა სირთულეს არ წარმოადგენს და სტუდენტს შეუძლია მოცემული ზომების მიხედვით, აგრეთვე შეუღლების წესების დაცვით, ადვილად გამოხაზოს ეს ნახაზი.

მრუდები

I. ფარგლით შემოსახაზავი მრუდები

ა) ოვალები. ოვალი ეწოდება ისეთ შეკრულ მრუდს, რომელიც შედგება წრეხაზის ოთხი შეუღლებული რკალისაგან; ძირითადად განვიხილავთ ორი ტიპის ოვალებს.

ელიფსური ოვალები, როცა ოვალი ორივე ღერძის მიმართ სიმეტრიულია, და კვერცხისებური (ოვალური იონიკი), როცა ოვალი მხოლოდ დიდი ღერძის მიმართ არის სიმეტრიული.

ოვალის უგრძეს დიამეტრს დიდი ღერძი ეწოდება, ხოლო უმცირესს — პატარა ღერძი; ეს ღერძები ურთიერთმართობულია და მათი გადაკვეთის წერტილს ოვალის ცენტრი ეწოდება.

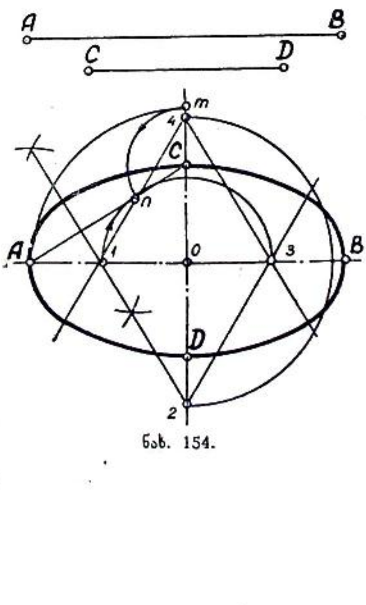
მოცემული დიდი და პატარა ღერძით ოვალის აგება. მოცემულია ოვალის AB და CD ღერძები (ნახ. 154). დიდი ღერძი გავავლოთ ჰორიზონტალურად, პატარა ღერძი კი დიდი ღერძის შუა წერტილში — მართობულად. O წერტილიდან OA რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომელიც OC ღერძის გაგრძელებას გადაკვეთს m წერტილზე, ე. ი. OC

ღერძის მიმართულებაზე დიდი ღერძის ნახევარი OA მონაკვეთი გადავზომოთ. A და C წერტილები დამხმარე სწორი ხაზით შევაერთოთ.

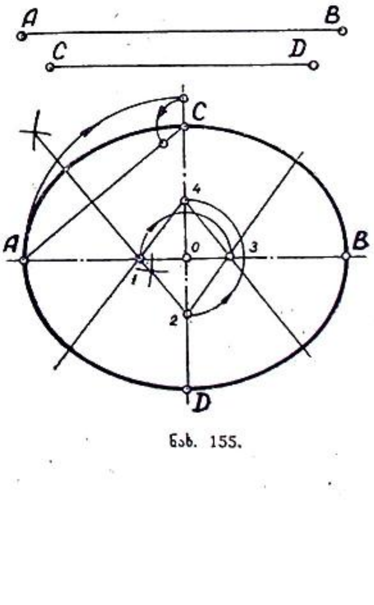
AC ხაზზე C წერტილიდან გადავზომოთ მონაკვეთი $Cm = Cn$. დარჩენილი An მონაკვეთის შუა წერტილზე გავავლოთ ამ მონაკვეთის მართობული სწორი ხაზი, რომელიც ოვალის დიდ ღერძს გადაკვეთს 1 წერტილში, პატარას კი — 2 წერტილში. ჩვენ ვიცით, რომ ასეთი ოვალი ორივე ღერძის მიმართ სიმეტრიულია, აგრეთვე ვიცით, რომ 1 და 2 წერტილები შეუღლების ცენტრებია, ამიტომ ამ წერტილებს მოვუნახოთ მათი სიმეტრიული 3 და 4 წერტილები — O ცენტრიდან მარჯვნივ დიდ ღერძზე გადავზომოთ 0—1=0—3 მონაკვეთი და პატარა ღერძზე — 0—2=0—4 მონაკვეთი. მიღებული 1, 2, 3 და 4 წერტილები შეუღლების ცენტრებია. ახლა საჭიროა ვიპოვოთ შეუღლების ზღვრები, ამიტომ 4 წერტილიდან 1 წერტილზე გავავლოთ სწორი ხაზი, ასევე 2 და 4 წერტილებიდან 3 წერტილზედაც გავავლოთ სწორი ხაზები, რომლებიც შეუღლების ზღვრებია. 2 შეუღლების ცენტრიდან C 2 რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი 2 — 1 და 2 — 3 სწორ ხაზამდე (შეუღლების ზღვრებამდე).

3 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, 2—3 სწორ ხაზზე მდებარე რკალის წერტილიდან გავაგრძელოთ ეს რკალი 4 — 3 სწორ ხაზამდე (ის უნდა გადიოდეს ზუსტად ოვალის დიდი ღერძის ბოლო B წერტილზე). 4 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, 4 — 3 სწორ ხაზზე მდებარე ოვალის რკალი გავაგრძელოთ 4 — 1 შეუღლების ზღვრამდე. ოვალის დარჩენილი ნაწილი 1 შეუღლების ცენტრიდან შევაუღლოთ ისე, რომ შეუღლების რკალი ზუსტად ოვალის დიდი ღერძის A ბოლო წერტილზე გადიოდეს და შეუღლების წერტილები შეუმჩნეველი იყოს.

155-ე ნახ.-ზე გამოსახულია დიდი და პატარა ღერძებით ოვალის აგების ისეთი შემთხვევა, როცა შეუღლების ცენტრები ოვალის გარეთ არ გამოდის, ე. ი. დიდი და პატარა ღერძების სიგრძეების სხვაობა მცირეა. ასეთი ოვალის



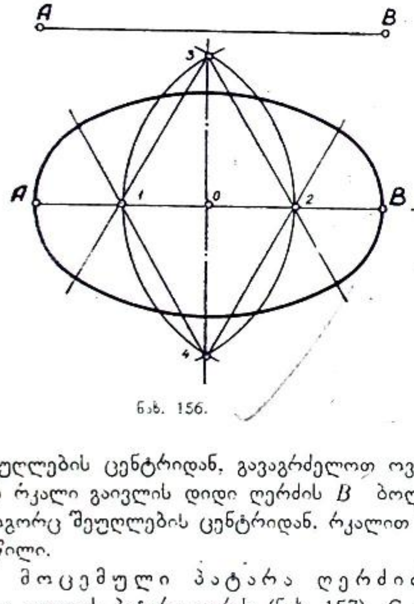
ნახ. 154.



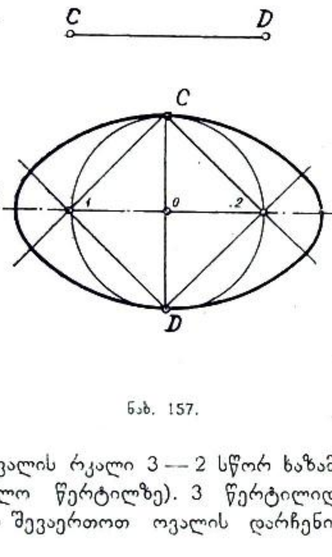
ნახ. 155.

აგების თანამიმდევრობა და რკალების შეუღლების წესები ზუსტად იგივეა, რაც წინა ნახაზის აგებაზე განვიხილეთ.

მოცემული დიდი ღერძით ოვალის აგება. მოცემულია ოვალის დიდი ღერძი AB (ნახ. 156). გავყოთ ის ოთხ თანატოლ ნაწილად. AB მონაკვეთის შუა O წერტილზე გავავლოთ ამ დიდი ღერძის მართობული პატარა ღერძი. 1 და 2 წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, 1 — 2 რადიუსით შემოვხაზოთ დამხმარე რკალები, რომლებიც გადაიკვეთებიან 3 და 4 წერტილებზე (ოვალის პატარა ღერძის გავლება ამ წერტილების სწორი ხაზით შეერთებითაც შეიძლებოდა). მიღებული 1, 2, 3 და 4 წერტილები შეუღლების ცენტრებია. როგორც ვიცით, შეუღლების ზღვრები შეუღლების ცენტრების შემაერთებელი სწორი ხაზებია. ამიტომ 3 და 4 შეუღლების ცენტრები სწორი ხაზით შევუერთოთ 1 და 2 შეუღლების ცენტრებს, ეს სწორი ხაზები შეუღლების ზღვრებია. 1 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, A—1 რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი 3—1 და 4—1 სწორ ხაზებამდე (ზღვრებამდე). 4 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, გავაგრძელოთ ოვალის რკალი 4 — 2 სწორ ხაზამდე. 2 წერტილიდან, როგორც



ნახ. 156.



ნახ. 157.

შეუღლების ცენტრიდან, გავაგრძელოთ ოვალის რკალი 3 — 2 სწორ ხაზამდე (ეს რკალი გაივლის დიდი ღერძის B ბოლო წერტილზე). 3 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, რკალით შევაერთოთ ოვალის დარჩენილი ნაწილი.

მოცემული პატარა ღერძით ოვალის აგება. მოცემულია ოვალის პატარა ღერძი (ნახ. 157). C და D წერტილებიდან შემოვხაზოთ ნებისმიერი რკალები, რომელთა ურთიერთგადაკვეთის წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით, რომელიც CD მონაკვეთს გაყოფს შუაზე. ეს წერტილი იქნება ოვალის ცენტრი, რომელიც აღვნიშნოთ O ასოთი. ამ წერტილზე გამავალი შუაგამყოფი სწორი ხაზი იქნება ოვალის დიდი ღერძი. O წერტილიდან OC რადიუსით შემოვხაზოთ დამხმარე წრეხაზი, რომელიც დიდ ღერძს გადაკვეთს 1 და 2 წერტილებზე. 1, 2, C და D წერტილები შეუღლების ცენტ-

რებია. C და D წერტილები 1 და 2 წერტილებთან შევაერთოთ დამხმარე სწორი ხაზებით, ეს სწორი ხაზები შეუღლების ზღვრებია.

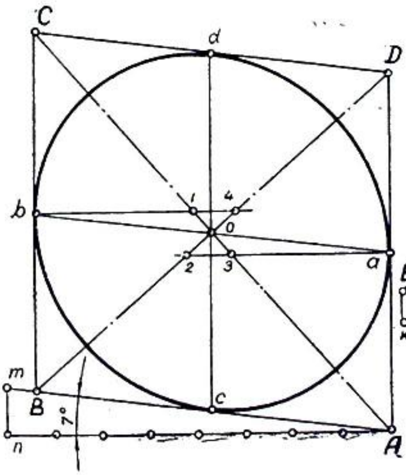
D წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, CD რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი D — 1 და D — 2 შეუღლების ზღვრებამდე. 2 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, გავაგრძელოთ ოვალის რკალი C — 2 სწორ ხაზამდე.

C წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, გავაგრძელოთ ოვალის რკალი C — 1 სწორ ხაზამდე (ეს რკალი გაივლის D წერტილზე). 1 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, ოვალის დარჩენილი ნაწილი წრეხაზის რკალით შევაუღლოთ, მივიღებთ ოვალს. არსებობს ჩვენ მიერ განხილული ოვალების აგების მრავალი ხერხი, რომელთაგან ჩვენ მხოლოდ მარტივი ხერხები გამოვიყენეთ.

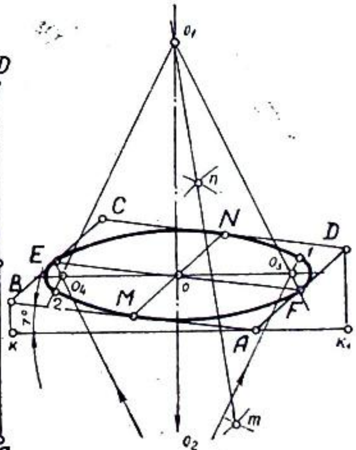
რომბში ჩახაზული ოვალი. რომბში და ზოგიერთ პარალელოგრამში ოვალის ჩახაზვას განვიხილავთ იმ მიზნით, რომ აქსონომეტრიული გეგმილების განხილვის დროს წრეხაზის აქსონომეტრიული გეგმილის გამოხაზვას ვაწარმოებთ ამ მეთოდით.

განვიხილოთ ისეთი შემთხვევა, როდესაც რომბის ორი მოპირდაპირე გვერდი ჰორიზონტალური მიმართულებიდან დახრილია 7°-ით.

ჯერ განვიხილოთ ასეთი რომბის აგების გრაფიკული მეთოდი: ავიღოთ A წერტილი და გავავლოთ ამ წერტილზე ჰორიზონტალური და შვეული სწორი ხაზები (ნახ. 158). ჰორიზონტალურ ხაზზე A წერტილიდან მარცხნივ



ნახ. 158.



ნახ. 159.

გადავზომოთ ნებისმიერი სიგრძის 8 თანატოლი მონაკვეთი. მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ n ასოთი. n წერტილიდან მართობზე ზევით გადავზომოთ ასეთი 1 მონაკვეთი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ m ასოთი. m წერტილი სწორი ხაზით A წერტილს შევუერთოთ. მივიღეთ დახრილობა 1 : 8, რომელსაც 7°-იანი კუთხე ეთანადება ($tg\ 7°10' = 1 : 8$). A წერტილიდან

ამ დახრილ ხაზზე გადავზომოთ რომბის გვერდის სიგრძე, მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ B ასოთი. შვეულ გვერდზე გადავზომოთ იმავე სიგრძის მონაკვეთი, მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ D ასოთი ($AB=AD$). B და D წერტილებიდან იმავე $AB=AD$ მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით შემოვხაზოთ რკალები ურთიერთგადაკვეთამდე, გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ C ასოთი. C წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ B და D წერტილებს, მივიღებთ რომბს. მიღებულ რომბში გავავლოთ დიაგონალები და გვერდების შუაგამყოფი ab და cd სწორი ხაზები, რომლებიც რომბის ცენტრში გადაიკვეთებიან; ეს წერტილი აღვნიშნოთ O ასოთი. რომბის შვეული გვერდების a და b წერტილებზე გავავლოთ ჰორიზონტალური სწორი ხაზები, რომელთა გადაკვეთა რომბის AC და BD დიაგონალებთან აღვნიშნოთ 1, 2, 3, და 4 ციფრებით. ეს წერტილები მივიღოთ შეუღლების წერტილებად და ოვალი შემოვხაზოთ შემდეგი თანამიმდევრობით: 1 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, b—1 რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი b-დან d წერტილამდე; 2 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი d-დან a წერტილამდე; 3 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, 3—a რადიუსით გავაგრძელოთ რკალი a წერტილიდან c წერტილამდე; 4 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, გავაგრძელოთ წრეხაზის რკალი c წერტილიდან b წერტილამდე. მივიღებთ რომბში ჩახაზულ ოვალს.

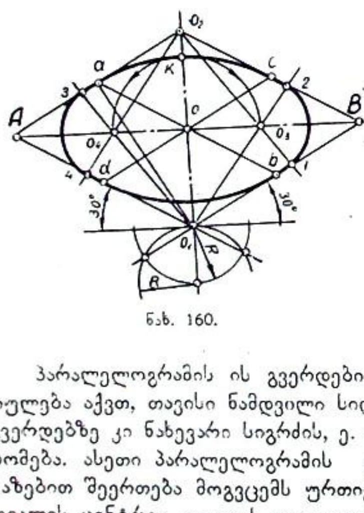
პარალელოგრამში ჩახაზული ოვალი. როცა პარალელოგრამის ერთი გვერდი ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან 7°-ით არის დახრილი და მეორე გვერდი კი 41°-ით. 7°-ით დახრილი გვერდის აგებას წინა ნახაზის ანალოგიურად ვაწარმოებთ, 41°-ით დახრილ გვერდს კი ავაგებთ შემდეგი წესით: A წერტილიდან ჰორიზონტალურ სწორ ხაზზე გადავზომავთ ნებისმიერი სიგრძის 8 თანატოლ მონაკვეთს (ნახ. 159), მიღებულ წერტილზე ავმართავთ ჰორიზონტალური სწორი ხაზის მართობულ სწორ ხაზს და მასზე გადავზომავთ ასეთივე სიგრძის 7 თანატოლ მონაკვეთს; მიღებული წერტილის A წერტილთან სწორი ხაზით შეერთება მოგვცემს ჰორიზონტალური მიმართულების სწორ ხაზთან 41°-ით დახრილ სწორ ხაზს ($K_1D : AK_1=7:8\approx tg\,41°25'$). A წერტილიდან 7°-ით დახრილ ხაზზე გადავზომავთ პარალელოგრამის AB გვერდს. B წერტილზე გავავლებთ 41°-ით დახრილი გვერდის პარალელურ სწორ ხაზს. A და B წერტილებიდან გადავზომოთ AB გვერდის ნახევარი $AD=BC=AB:2$ და მიღებული D და C წერტილები სწორი ხაზით შევაერთოთ — მივიღებთ $ABCD$ პარალელოგრამს. პარალელოგრამის გვერდების M, N და E, F შუა წერტილების სწორი ხაზებით შეერთება მოგვცემს პარალელოგრამის O ცენტრს, რომელზედაც გავავლოთ შვეული ღერძის ხაზი. ასეთ პარალელოგრამში ჩახაზული ოვალი გაივლის პარალელოგრამის გვერდების შუა წერტილებზე. გამოვიყენოთ ეს თვისება რკალების შეუღლების ცენტრების საპოვნელად და ვიპოვოთ MF წერტილებზე გამავალი ოვალის რკალის მართობი, ე. ი. ამ რკალის რადიუსის მიმართულება, რომლის გადაკვეთა შვეულ ღერძთან მოგვცემს ოვალის შეუღლების ერთ ცენტრს. ამისათვის M და F წერტილებიდან ნებისმიერი რადიუსით შემოვხაზოთ დამხმარე რკალები (როგორც ვიქცეოდით სწორი ხაზის მონაკვეთის შუა წერტილში მართობის გასავლებად). მიღებულ

m და n წერტილებზე გავატაროთ სწორი ხაზი, რომლის გადაკვეთა შვეულ ღერძთან აღვნიშნოთ o_1 ასოთი. ვიპოვოთ შვეულ ღერძზე o წერტილიდან მეორე მხარეს o_2 წერტილი, რომელიც o_1 წერტილის სიმეტრიულია, ე. ი. $oo_1=oo_2$ (o_2 ნახაზზე მხოლოდ მიმართულებით არის ნაჩვენები). o_1 და o_2 წერტილები შეუღლების ცენტრებია. პარალელოგრამის o ცენტრზე გავავლოთ ჰორიზონტალური სწორი ხაზი, ეს ოვალის დიდი ღერძის მიმართულებაა. ჩვენ ვიცით, რომ შეუღლების ცენტრების შემაერთებელ სწორ ხაზზე მდებარეობს შეუღლების წერტილი — ჩვენს შემთხვევაში გვაქვს o_1 შეუღლების ცენტრი და F შეუღლების წერტილი. ცხადია, მათი შემაერთებელი სწორი ხაზის (o_1F) და ოვალის დიდი ღერძის (ჰორიზონტალური სწორი ხაზის) გადაკვეთის o_3 წერტილი იქნება შეუღლების ცენტრი. ასეთივე წესით o_2 შეუღლების ცენტრი E შეუღლების წერტილთან შევაერთოთ სწორი ხაზით, რომლის გადაკვეთა ოვალის დიდ ღერძთან აღვნიშნოთ o_4 ასოთი, რომელიც შეუღლების ცენტრია. o_1, o_2 o_3 და o_4 — შეუღლების ცენტრებია. 1, F, 2 და E—შეუღლების წერტილებია. განვიხილოთ რკალების შემოხაზვის თანამიმდევრობა: o_1 შეუღლების ცენტრიდან o_1F რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი F წერტილიდან 2 წერტილამდე: o_4 შეუღლების ცენტრიდან გავაგრძელოთ რკალი 2 წერტილიდან E წერტილამდე; o_2 შეუღლების ცენტრიდან გავაგრძელოთ რკალი E წერტილიდან 1 წერტილამდე; o_3 შეუღლების ცენტრიდან $o_3 - 1 = o_3 - F$ რადიუსით შევაუღლოთ ოვალის დარჩენილი რკალების 1 და F ბოლოები. მივიღებთ ასეთ პარალელოგრამში ჩახაზულ ოვალს.

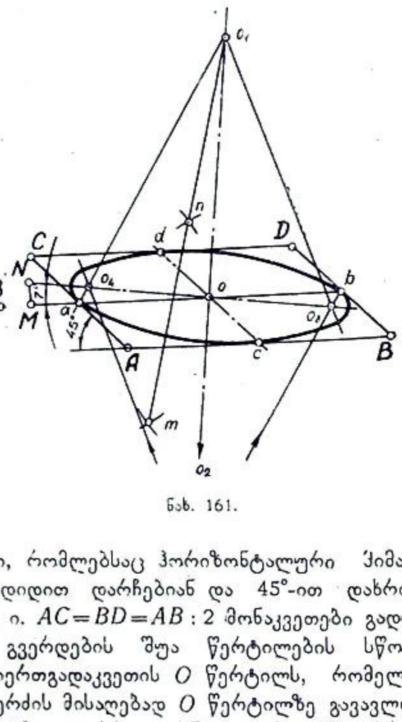
განვიხილოთ ოვალის ჩახაზვა ისეთ რომბში, რომლის გვერდები ჰორიზონტალურ სწორ ხაზთან დახრილია 30°-ით. განვიხილოთ გამოხაზვის თანამიმდევრობა: გავავლოთ ჰორიზონტალური სწორი ხაზი (ნახ. 160), ავიღოთ ამ ხაზზე წერტილი o_1; o_1 წერტილზე უნდა ავაგოთ ჰორიზონტალურ ხაზთან 30°-ით დახრილი სწორი ხაზები. ამისათვის o_1 წერტილზე გავავლოთ შვეული ღერძის ხაზი; o_1 წერტილზე, როგორც ცენტრზე, ნებისმიერი R რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი და ამ რკალის შვეული ღერძის გადაკვეთის წერტილიდან შემოვხაზოთ იგივე R-რადიუსიანი წრეხაზის რკალი; ამ რკალების ურთიერთგადაკვეთის წერტილების o_1 წერტილთან სწორი ხაზით შეერთება გვაძლევს ჰორიზონტალურ ხაზთან 30°-ით დახრილ სწორ ხაზებს; ამ ხაზებზე o_1 წერტილიდან რომბის გვერდის სიგრძე მონაკვეთის გადაზომვით მივიღებთ A და B წერტილებს; A წერტილზე გავავლოთ o_1B სწორი ხაზის პარალელური ხაზი; B წერტილზე — o_1A სწორი ხაზის პარალელური სწორი ხაზი და ამ ხაზების ურთიერთგადაკვეთა O_2 ასოთი აღვნიშნოთ; A წერტილი სწორი ხაზით B წერტილს შევუერთოთ — ეს იქნება ოვალის დიდი ღერძის მიმართულება. o_1 წერტილი სწორი ხაზით o_2 წერტილს შევუერთოთ — ეს იქნება ოვალის პატარა ღერძის მიმართულება; ამ ღერძების ურთიერთგადაკვეთა o ასოთი აღვნიშნოთ — ეს იქნება ოვალის ცენტრი; o_1 და o_2 წერტილები ოვალის შეუღლების ცენტრებია; საჭიროა კიდევ ორი შეუღლების ცენტრი, რომელთა საპოვნელად o_1 წერტილიდან ao_1 რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი O O_2 სწორი ხაზის გადაკვეთამდე. გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი; O წერტილიდან OK რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი ოვალის დიდი ღერძის გადაკვეთამდე. გადაკვე-

თის O_3 და O_4 წერტილები ოვალის კიდევ ორი შეუღლების ცენტრია; შეუღლების წერტილების მისაღებად O_1 შეუღლების ცენტრი სწორი ხაზებით შევუერთოთ O_3 და O_4 შეუღლების ცენტრებს და გავაგრძელოთ რომბის გვერდების გადაკვეთამდე, მივიღებთ 2 და 3 შეუღლების წერტილებს; O_2 შეუღლების ცენტრი სწორი ხაზებით შევუერთოთ O_3 და O_4 შეუღლების ცენტრებს და გავაგრძელოთ რომბის გვერდების გადაკვეთამდე, მივიღებთ 1 და 4 შეუღლების წერტილებს: O_1 შეუღლების ცენტრიდან O_1K რადიუსით 3 წერტილიდან 2 წერტილამდე შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი: O_3 შეუღლების ცენტრიდან გავაგრძელოთ რკალი 2 წერტილიდან 1 წერტილამდე: O_2 შეუღლების ცენტრიდან გავაგრძელოთ რკალი 1 წერტილიდან 4 წერტილამდე: O_4 შეუღლების ცენტრიდან $O_4—4=O_4—3$ რადიუსით შევაუღლოთ ოვალის დარჩენილი ნაწილი შეუღლების 4-დან 3 წერტილამდე. მივიღებთ რომბში ჩახაზულ ოვალს.

161-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთ პარალელოგრამში ჩახაზული ოვალი, როდესაც პარალელოგრამის მხოლოდ ორი მოპირდაპირე გვერდია ჰორიზონტალური მიმართულებიდან 45°-ით დახრილი.



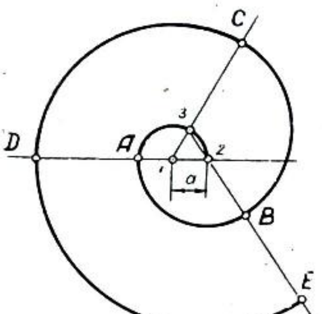
ნახ. 160.



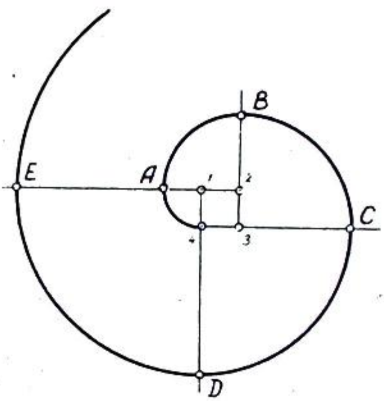
ნახ. 161.

პარალელოგრამის ის გვერდები, რომლებსაც ჰორიზონტალური მიმართულება აქვთ, თავისი ნამდვილი სიდიდით დარჩებიან და 45°-ით დახრილ გვერდებზე კი ნახევარი სიგრძის, ე. ი. $AC=BD=AB:2$ მონაკვეთები გადაიზომება. ასეთი პარალელოგრამის გვერდების შუა წერტილების სწორი ხაზებით შეერთება მოგვცემს ურთიერთგადაკვეთის O წერტილს, რომელიც ოვალის ცენტრია. ოვალის დიდი ღერძის მისაღებად O წერტილზე გავავლოთ ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან 7°-ით დახრილი სწორი ხაზი (ამ დახრილ სწორ ხაზს გავავლებთ წინა ნახაზებში განხილული წესის გამოყენებით, სადაც განმარტებულია, $MN:OM=1:8$). ოვალის მცირე ღერძის მიმართულება NO სწორი ხაზის მართობული იქნება (ის შვეული მიმართულებიდან

ამ შემთხვევაში 7°-ით გადაიხრება მარჯვნივ). როგორც აღვნიშნეთ, ასეთ პარალელოგრამში ჩახაზული ოვალი გაივლის პარალელოგრამის გვერდებს შუა *a*, *b*, *c* და *d* წერტილებზე, ამიტომ ვიპოვოთ *a* და *c* წერტილებზე გამავალი რკალის ცენტრი, ე. ი. ამ რკალის რადიუსის მიმართულება. ამიტომ *a* და *c* წერტილებიდან ნებისმიერი და ერთი და იმავე რადიუსით შემოვხაზოთ რკალები, რომელთა ურთიერთგადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ *m* და *n* ასოებით. გავავლოთ *m* და *n* წერტილებზე სწორი ხაზი, რომლის გადაკვეთა ოვალის მცირე ღერძის გაგრძელებასთან მოგვცემს O_1 შეუღლების ცენტრს. O ცენტრიდან ამ ღერძის მეორე მხარეზე OO_1 მონაკვეთის სიგრძის ტოლი მანძილი გადავზომოთ და მივიღებთ O_2 შეუღლების ცენტრს. *a* O_1 სწორი ხაზის



ნახ. 162.



ნახ. 163.

გადაკვეთა ოვალის დიდ ღერძთან მოგვცემს O_4 შეუღლების ცენტრს. bO_2 სწორი ხაზის გადაკვეთა ოვალის დიდ ღერძთან მოგვცემს O_3 შეუღლების ცენტრს. O_1, O_2, O_3 და O_4 წერტილები შეუღლების ცენტრებია. ამ შეუღლების ცენტრების შემაერთებელი სწორი ხაზები შეუღლების ზღვრებია. ოვალის რკალების შეუღლების თანამიმდევრობა წინა მაგალითების ანალოგიურია.

ბ) ხვეულების აგება. განვიხილოთ სამცენტრიანი ხვეულის აგება. მოცემულია თანასწორგვერდიანი სამკუთხედის ერთი გვერდის სიგრძე. ავაგებთ ტოლგვერდა სამკუთხედს. სამკუთხედის გვერდებს განვაგრძობთ (ნახ. 162). 1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, 1—2 მონაკვეთის სიგრძის რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალს 1 და 2 წერტილებზე გამავალი სწორი ხაზის *A* წერტილზე გადაკვეთამდე. 2 — წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, *A*—2 რადიუსით გავაგრძელებთ რკალს *A* წერტილიდან 2—3 სწორი ხაზის *B* წერტილზე გადაკვეთამდე. 3 წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, *B* — 3 რადიუსით გავაგრძელებთ რკალს *B* წერტილიდან 1—3 სწორი ხაზის *C* წერტილზე გადაკვეთამდე. 1 — წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, *C* — 1 რადიუსით გავაგრძელებთ რკალს *C* წერტილიდან 2 — 1 სწორი ხაზის D წერტილზე გადაკვეთამდე და ა. შ.

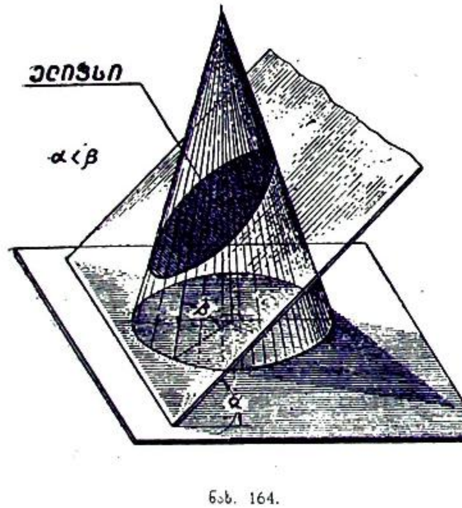
163-ე ნახ.-ზე განხილულია ო თ ხ ც ე ნ ტ რ ი ა ნ ი ხ ვ ე უ ლ ა ს ა გ ე ბა.

მოცემულია ოთხი წერტილი, რომლებიც კვადრატის წვეროებია, ამიტომ ხვეულას ასაგებად საჭიროა ვიცოდეთ კვადრატის გვერდის სიგრძე, რომლის მიხედვით გამოვხაზავთ კვადრატს და გავაგრძელებთ ამ კვადრატის გვერდებს ისე, როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები. კვადრატის წვეროებს მივიღებთ შეუღლების ცენტრებად, კვადრატის გვერდების გაგრძელებას კი — შეუღლების ზღვრებად. აგების თანამიმდევრობა წინა მაგალითის ანალოგიურია და ნახაზიდანაც ადვილად გასარკვევია.

2. მრუდსახაზით ასაგები მრუდები

ა) ელიფსი. ელიფსი წარმოადგენს ისეთი წერტილების გეომეტრიულ ადგილს, რომელთა მანძილების ჯამი დიდ ღერძზე მდებარე ორი მუდმივი წერტილიდან (რომლებიც თანატოლი მანძილითაა დაშორებული ელიფსის ცენტრიდან და ელიფსის ფოკუსებს უწოდებენ), არის მუდმივი სიდიდე და უდრის ელიფსის დიდ ღერძს.

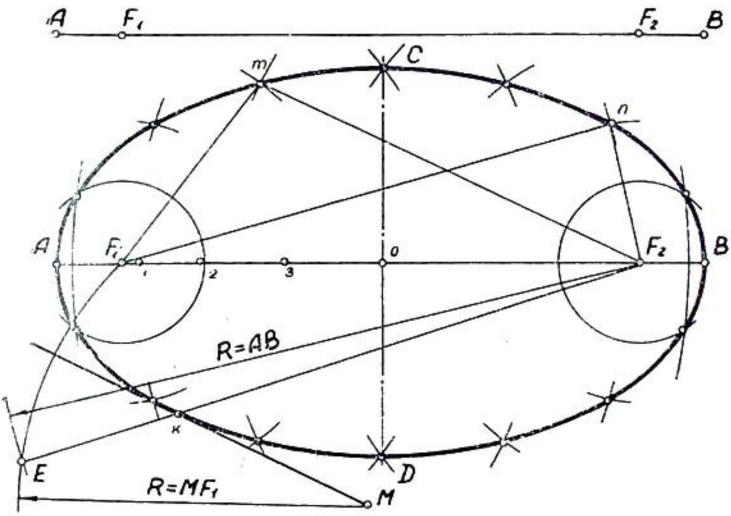
ელიფსი წარმოადგენს ორივე ღერძის მიმართ სიმეტრიულ, შეკრულ მრუდე ხაზს, რომელიც მიიღება სწორი წრიული კონუსის ისეთი დახრილი სიბრტყით გადაკვეთისას, რომელიც გადაკვეთს მის ყველა მსახველს (ნახ. 164).



ნახ. 164.

ელიფსის უდიდეს დიამეტრს დიდ ღერძს უწოდებენ, უმცირესს კი — მცირე ღერძს. ღერძების გადაკვეთის წერტილი ელიფსის ცენტრია. ელიფსის გამოსახაზავად არსებობს სხვადასხვა ხერხი. აქ განვიხილავთ ზოგიერთ მათგანს.

მოცემული დიდი ღერძით და ფოკუსებით ელიფსის აგება. მოცემულია ელიფსის დიდი ღერძი AB და მასზე მდებარე F_1 და F_2 ფოკუსები, რომლებიც ელიფსის ცენტრიდან თანატოლი მანძილითაა დაშორებული, ე. ი. $OF_1=OF_2$ (ნახ. 165). ცხადია, მაშინ $AF_1=BF_2$. ელიფსის პა-

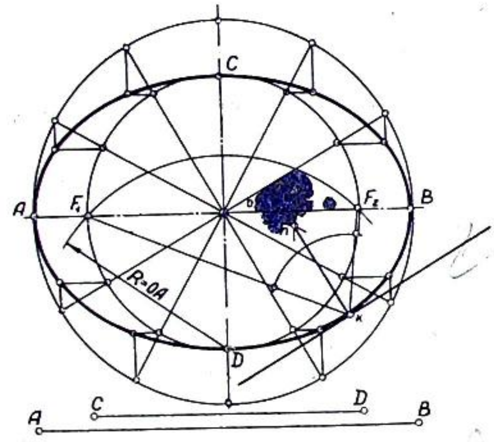


ნახ. 165.

ტარა ღერძის გამოსარკვევად F_1 და F_2 ფოკუსებიდან, როგორც ცენტრებიდან, დიდი ღერძის ზემოთ და ქვემოთ ამ ღერძის ნახევარი $AO=OB$ რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალებს. მათი გადაკვეთის C და D წერტილები იქნება ელიფსის პატარა ღერძის ბოლოები, რომელთა სწორი ხაზით შეერთება მოგვცემს ელიფსის პატარა CD ღერძს, რომელიც ელიფსის დიდ AB ღერძს გადაკვეთს ელიფსის ცენტრზე. ელიფსის ცენტრს აღვნიშნავთ O წერტილით. ელიფსის დანარჩენი წერტილების მისაღებად ელიფსის ერთ-ერთი ფოკუსიდან გადავზომოთ რამდენიმე წერტილი, ჩვენს შემთხვევაში 1, 2, 3 და შეიძლება მეტიც. ამ წერტილების გადაზომვა ხდება ისე, რომ პირველი წერტილი იყოს ფოკუსთან უფრო ახლოს, მეორე — შორს, მესამე კიდევ უფრო შორს და ა. შ., ისე რომ წერტილებს შორის მანძილები თანდათან მატულობდეს (ამით ელიფსის წერტილების განლაგება უფრო ხელსაყრელი იქნება). ვიპოვოთ 1 წერტილის შესაბამისი წერტილები ელიფსის მრუდზე. F_1 და F_2 ფოკუსებიდან, როგორც ცენტრებიდან, დიდი ღერძის ზემოთ და ქვემოთ შემოვხაზოთ რკალები ჯერ $A—1$ რადიუსით და შემდეგ $B—1$ რადიუსით. ამ რკალების ურთიერთგადაკვეთით მიღებული წერტილები იქნება ელიფსის მრუდის წერტილები; მართლაც, ელიფსის თვისების გამო $A-1+B-1=AB$ დიდ დიამეტრს. ამგვარად მივიღებთ სხვა წერტილებსაც $F_1n+F_2n=AB$, ასევე $F_1m+F_2m=AB$ და ა. შ. თუ მიღებულ წერტილებს თანამიმდევრობით შევაერთებთ მრუდსახაზით, მივიღებთ საძიებელ ელიფსს. მრუდსახაზს მოვარგებთ ერთ რიგში მდებარე რამდენიმე წერტილს და შემოვხაზავთ ელიფსის მრუდის ნაწილს. რაც უფრო მეტი წერტილები მოხვდება მრუდსახაზზე, მით უფრო კარგ მრუდს მივიღებთ. ყოველი ახალი წერტილების რიგზე მრუდსახაზით მორგების დროს ამ წერტილების

რიგში ძველი, რამდენიმე ან ორი მაინც, წერტილი უნდა შედიოდეს, მაშინ ელიფსის მრუდი სიმეტრიული და კარგი გამოხაზული იქნება. მრუდასახაზის ხმარებას წინასწარი ვარჯიში ესაჭიროება. ახლა განვიხილოთ ელიფსის გარეშე მდებარე M წერტილზე ამ ელიფსის მხების გატარება. მოცემული M წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, MF_1 რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომელიც F_2 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $R=AB$ რადიუსიანი წრეხაზის რკალით გადავკვეთოთ. გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ E ასოთი. E წერტილი სწორი ხაზით F_2 ფოკუსს შევუერთოთ, ამ სწორი ხაზის გადაკვეთა ელიფსის მრუდთან აღვნიშნოთ K ასოთი. M და K წერტილებზე გამავალი სწორი ხაზი იქნება მოცემულ M წერტილზე გამავალი და მოცემული ელიფსის მხები.

მოცემული დიდი და პატარა ღერძებით ელიფსის აგება. მოცემულია ელიფსის დიდი AB და პატარა CD ღერძები (ნახ. 166).



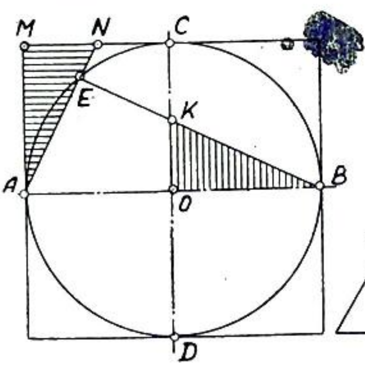
ნახ. 166.

უნდა ავაგოთ ელიფსი. ავიღოთ ნებისმიერი O წერტილი. ამ წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $OA=OB$ რადიუსით და $OC=OD$ რადიუსით შემოვხაზოთ დამხმარე წრეხაზები. დავყოთ დიდი ან პატარა წრეხაზი რამდენიმე თანატოლ ნაწილად, ჩვენს შემთხვევაში—12-ად. დაყოფის წერტილები სწორი ხაზებით შევუერთოთ ელიფსის O ცენტრს. ამ სწორი ხაზებით მეორე წრეხაზი თავისთავად დაიყოფა იმდენ თანატოლ ნაწილად, რამდენადაც პირველი წრეხაზი. პატარა წრეხაზის დანაყოფზე გავავლოთ დიდი ღერძის პარალელური სწორი ხაზი, ამ წერტილის შესაბამისი დიდი წრეხაზის დანაყოფის წერტილზე გავავლოთ პატარა ღერძის პარალელური სწორი ხაზი, გავლებული ურთიერთმართობული სწორი ხაზების გადაკვეთის წერტილები ელიფსის მრუდის წერტილებია. რაც მეტი რაოდენობით დავყოფთ წრეხაზებს, იმდენად მეტ წერტილებს მივიღებთ საძიებელი ელიფსის მრუდისათვის. ჩვენ წრეხაზების თანატოლ ნაწილებად დაყოფა ვაწარმოეთ ელიფსის მრუდის სიმეტრიული წერ-

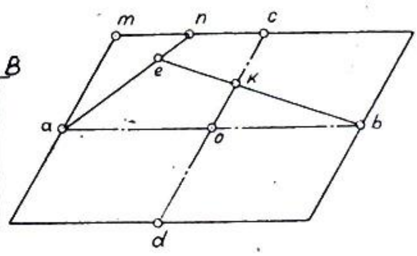
ტილების მისაღებად. საერთოდ, ელიფსის ცენტრზე გამავალი ყოველი სწორი ხაზი გადაკვეთს ორივე წრეხაზს, პატარა წრეხაზზე მდებარე წერტილზე თუ გავავლებთ დიდი ღერძის პარალელურ სწორ ხაზს და დიდ წრეხაზზე მდებარე შესაბამის წერტილზე გავავლებთ პატარა ღერძის პარალელურ სწორ ხაზს, ისინი ელიფსის მრუდზე გადაიკვეთებიან. მიღებულ წერტილებს თანამიმდევრობით შევაერთებთ მრუდსახაზით ისე, რომ ერთი სიმრუდიდან მეორე სიმრუდეზე გადასვლა იყოს შეუმჩნეველი. ელიფსის მრუდზე მდებარე K წერტილზე მხებისა და ნორმალის გასატარებლად ვიქცევით შემდეგნაირად: მოცემულ K წერტილს სწორი ხაზით ვაერთებთ F_1 და F_2 ფოკუსებთან; F_1KF_2 კუთხის Kn ბისექტრისა ელიფსის მრუდის ნორმალია K წერტილზე; K წერტილზე Kn ნორმალის მართობულად გავატაროთ სწორი ხაზი, რომელიც ელიფსის მხები იქნება K წერტილზე.

როცა მოცემულია დიდი და პატარა ღერძები, შეიძლება ვიპოვოთ ელიფსის ფოკუსები. პატარა ღერძის რომელიმე ბოლო წერტილიდან (ჩვენს შემთხვევაში D წერტილი) დიდი ღერძის ნახევრით — $R=CA$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა AB დიდ ღერძთან გვაძლევს F_1 და F_2 ელიფსის ფოკუსებს (ჩვენს მაგალითზე შემთხვევით პატარა წრეხაზს დაემთხვა, რაც აუცილებელი არაა).

ე ლ ი ფ ს ი ს ა გ ე ბ ა შ ე უ ღ ლ ე ბ უ ლ ი დ ი ა მ ე ტ რ ე ბ ი თ. როგორც ვიცით, ელიფსის მიღება შეიძლება წრეხაზის დაგეგმილებითაც. გამოვიყენოთ ეს შემთხვევა და განვიხილოთ წრეხაზზე შემოხაზული კვადრატი (ნახ. 167).



ნახ. 167.



ნახ. 168.

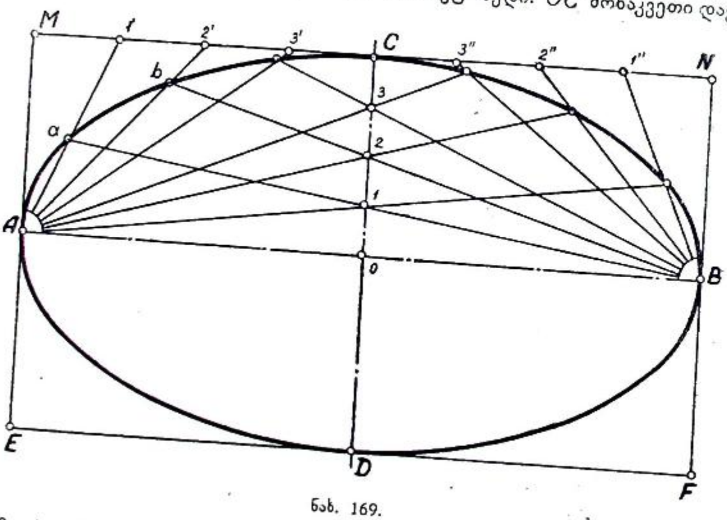
ავიღოთ წრეხაზზე ნებისმიერი წერტილი E, რომელიც შევუერთოთ ჰორიზონტალური დიამეტრის ბოლო B წერტილს. BE არის მოცემული წრეხაზის ქორდა, რომელიც CD დიამეტრს გადაკვეთს K წერტილში. A წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ E წერტილს. კვადრატის გვერდის გადაკვეთა ამ სწორი ხაზით აღვნიშნოთ N ასოთი. განვიხილოთ ორი სამკუთხედი OKB და AMN. ისინი თანატოლია, რადგან $OB=AM$, როგორც კვადრატის გვერდის ნახევრები. $\angle MAN=\angle OBK$, როგორც ურთიერთმართობული გვერდებით შედგენილი კუთხეები. ასეთი მართკუთხა სამკუთხედები (რომელთა ერთი კა-

თეტი და მასთან მდებარე მახვილი კუთხე ტოლია მეორე სამკუთხედის კათე-
ტისა და მასთან მდებარე მახვილი კუთხისა) თანატოლია. $OC=MC$, როგორც
კვადრატის გვერდის ნახევრები. რადგან $OK=MN$, შეგვიძლია დავწეროთ
$\frac{OK}{OC}=\frac{MN}{MC}$ ე. ი. მონაკვეთი MN შეადგენს MC-ს ისეთ ნაწილს, რა ნა-
წილსაც OK შეადგენს OC-სას. როგორც ვიცით, პარალელური დაგეგმილების
დროს ეს ფარდობა არ ირღვევა.

როცა კვადრატი პარალელოგრამად დაგეგმილდება, მაშინ მასში ჩახაზული
წრეხაზი ელიფსად დაგეგმილდება (ნახ. 168). წრეხაზზე აღებული E წერ-
ტილი დარჩება ელიფსზე e წერტილად. ამავე დროს ზემოთ აღნიშნული ფარ-
დობა დარჩება უცვლელი, ე. ი. $\frac{OK}{OC}=\frac{mn}{mc}=\frac{MN}{MC}$. ამ ფარდობის საფუძ-
ველზე შეგვიძლია ავაგოთ ელიფსი მოცემული წყვილი შეუღლებული დია-
მეტრების საშუალებით.

განვიხილოთ ორი შემთხვევა:

ა) როცა შეუღლებული დიამეტრები ურთიერთ-
მართობულია. ავიღოთ ურთიერთმართობული AB და CD ღერძები
(ნახ. 169). ავაგოთ ამ ღერძებზე $MNEF$ მართკუთხედი. OC მონაკვეთი დავყოთ

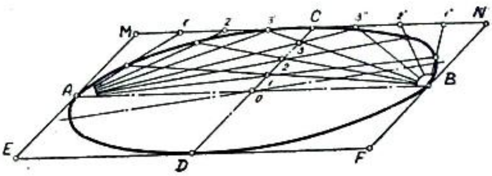


ნახ. 169.

ნებისმიერ თანატოლ ნაწილებად (ჩვენს შემთხვევაში ოთხ თანატოლ ნაწილად);
ასევე დავყოთ MC და NC მონაკვეთებიც. წარწერა დავიწყოთ O-დან C-სკენ
1, 2, 3; M-დან C-სკენ 1′, 2′, 3′; N-დან C-სკენ 1″, 2″, 3″. გავატაროთ სწო-
რი ხაზები (სხივები) A და B წერტილებიდან, ისე რომ A-დან გამოსული სხი-
ვები გადიოდეს 1′, 2′, 3′, 3, 2 და 1 წერტილებზე. A წერტილიდან 1′ წერ-

ტილზე გამავალი სხივისა და B წერტილიდან 1 წერტილზე გამავალი სხივების ურთიერთგადაკვეთა მოგვცემს ელიფსის a წერტილს. A წერტილიდან $2'$-ზე გამავალი სხივისა და B წერტილიდან 2 წერტილზე გამავალი სხივების ურთიერთგადაკვეთა მოგვცემს ელიფსის b წერტილს. ასეთივე წესით მიიღება ელიფსის დანარჩენი წერტილები როგორც ღერძს ზემოთ, ისე ღერძს ქვემოთაც. მიღებული წერტილების მრუდსახაზით მდოვრედ შეერთება მოგვცემს საძიებელ ელიფსს.

ბ) როცა შეუღლებული დიამეტრები ურთიერთმართობული არ არიან. ეს შემთხვევა ზოგადია და ელიფსის ჩახაზვა მოგვიხდება პარალელოგრამში, რომელიც წინა მაგალითის ანალოგიურია. უნდა ვიგულისხმოთ წრეხაზზე შემოხაზული კვადრატი, რომელიც დაგეგმილების დროს გახდება პარალელოგრამი, მაშინ წრეხაზი ელიფსად დაგეგმილდება (ნახ. 170).



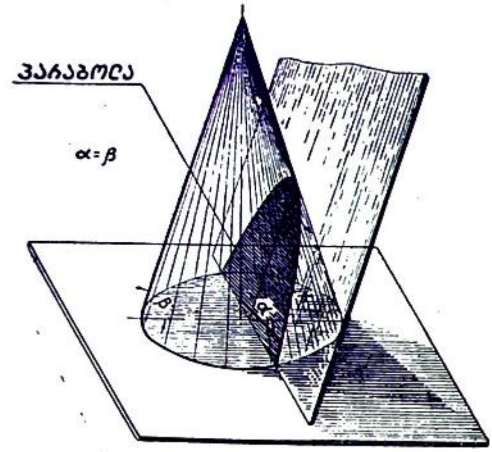
ნახ. 170.

განვიხილოთ ამ ნახაზის შესრულების თანამიმდევრობა. ავიღოთ O წერტილი და მასზე გავავლოთ ელიფსის შეუღლებული დიამეტრები ისე, რომ CD მონაკვეთი ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან დახრილია 45°-ით, D და C წერტილებზე გატარებულია ჰორიზონტალური სწორი ხაზები და აგებულია $MNEF$ პარალელოგრამი, სადაც $CD = EF : 2$. ასეთ პარალელოგრამში, წინა მაგალითის ანალოგიურად დაყოფილია OC, MC და NC მონაკვეთები. A და B წერტილებიდან გავლებული სწორი ხაზები სათანადოდ ურთიერთგადაკვეთით გვაძლევს ელიფსის მრუდზე მდებარე წერტილებს, რომელთა თანამიმდევრობით მდოვრედ შეერთება მრუდსახაზით გვაძლევს შეუღლებული დიამეტრების საშუალებით გამოხაზულ ელიფსს.

ბ) პარაბოლა. პარაბოლა მიიღება წრიული კონუსის ისეთი დახრილი სიბრტყით გადაკვეთისას, რომელიც კონუსის ერთ-ერთი მსახველის პარალელურია (ნახ. 171). პარაბოლის ყოველი წერტილი ერთნაირადაა დაშორებული როგორც ერთი მუდმივი სწორი CD ხაზიდან, რომელსაც დირექტრისა ეწოდება, ისე მისი F ფოკუსიდან. ეს არის პარაბოლის მახასიათებელი თვისება. სწორ ხაზს, რომელიც დირექტრისის მართობულია და გადის F ფოკუსში, პარაბოლის ღერძი ეწოდება. ფოკუსსა და პარაბოლის მრუდის წერტილებს შორის მანძილებს პარაბოლის რადიუს-ვექტორებს უწოდებენ.

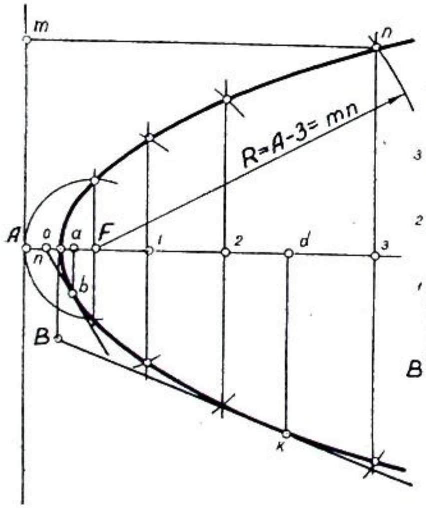
პარაბოლა წარმოადგენს გაშლილ შეუკვრელ მრუდს, რომელიც სიმეტრიულია მისი ღერძის მიმართ (ნახ. 172).

განვიხილოთ პარაბოლის აგება. მოცემული გვაქვს პარაბოლის ღერძი

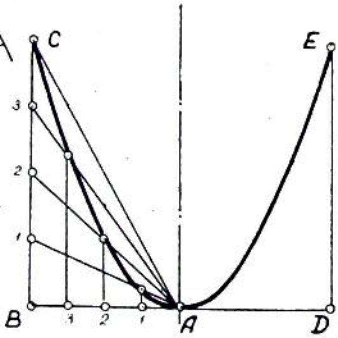


ნახ. 171.

და ამ ღერძზე მდებარე F ფოკუსი. AF მონაკვეთს გავყოფთ შუაზე, მივიღებთ O წერტილს, რომელზედაც გაივლის პარაბოლის სათავე. როგორც აღვნიშნეთ, დირექტრისა პარაბოლის ღერძის მართობია და $OA=OF$ მონაკვეთს,



ნახ. 172.



ნახ. 173.

ამიტომ პარაბოლის ღერძზე მდებარე A წერტილზე გავავლებთ ამ ღერძის მართობულ სწორ ხაზს — დირექტრისას. O წერტილიდან მარჯვნივ გადავზო-

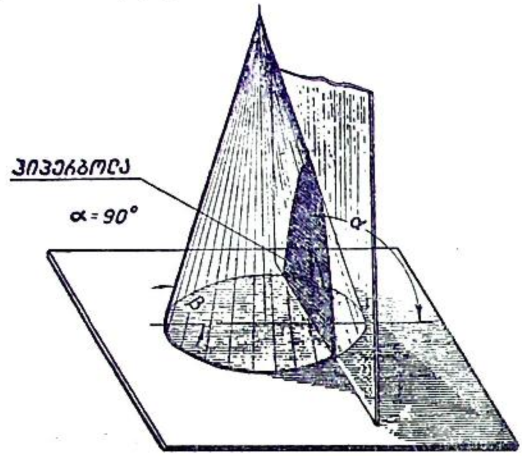
მავთ ნებისმიერ დანაყოფებს, რომლებიც თანდათანობით დიდი მანძილებით შორდებიან წინა დანაყოფებს. ჩვენს შემთხვევაში ასეთ ერთ წერტილად გამოყენებული ვვაქვს პარაბოლის ფოკუსი. დაყოფის წერტილებზე გავავლებთ პარაბოლის ღერძის მართობებს. F ფოკუსიდან, როგორც ცენტრიდან, ზემოთ და ქვემოთ AF, $A-1$, $A-2$, $A-3$, და ა. შ. რადიუსებით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალებს, რომელთა გადაკვეთა სათანადო წერტილებზე გავლებული დირექტრისას პარალელურ სწორ ხაზებთან გვაძლევს პარაბოლის წერტილებს. ამ წერტილების თანამიმდევრობით მდოვრედ შეერთება მრუდსახაზით გვაძლევს პარაბოლას.

ახლა განვიხილოთ პარაბოლის ნებისმიერ წერტილზე მხების გავლების ზოგიერთი წესი. ავიღოთ პარაბოლის მრუდზე ნებისმიერი წერტილი b და ამ წერტილზე გავავლოთ პარაბოლის მხები სწორი ხაზი. ამისათვის b წერტილიდან პარაბოლის ღერძზე დავუშვათ მართობი, რომლის ღერძთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ a ასოთი. O წერტილიდან მეორე მხარეს პარაბოლის ღერძზე გადავზომოთ $oa = on$ მონაკვეთი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ n ასოთი. n და b წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზი, რომელიც იქნება მოცემული პარაბოლის მხები b წერტილში.

შეიძლება პარაბოლაზე მდებარე წერტილი ისე შორს იყოს პარაბოლის სათავიდან, რომ სათავიდან მეორე მხარეს პარაბოლის ღერძზე მანძილი არ გვეყოს მონაკვეთის გადასაზომად. ამ შემთხვევაში განვიხილოთ პარაბოლაზე მდებარე K წერტილზე მხები სწორი ხაზის გავლების მაგალითი. K წერტილიდან პარაბოლის ღერძზე დავუშვათ მართობი, რომლის ღერძთან გადაკვეთა d ასოთი აღვნიშნოთ. O წერტილზე ავმართოთ პარაბოლის ღერძის მართობი სწორი ხაზი და ამ სწორ ხაზზე გადავზომოთ $\frac{dk}{2}$ სიგრძის მონაკვეთი; მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ B ასოთი. B წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ K წერტილს — ეს სწორი ხაზი K წერტილში პარაბოლის მხებია.

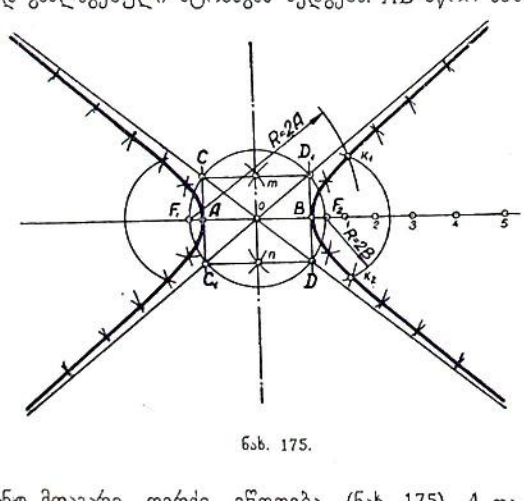
173-ე ნახ.-ზე გამოსახულია პარაბოლა, რომელიც აგებულია მისი სათავის, ერთი წერტილისა და ღერძის მიხედვით. მოცემულია პარაბოლის წერტილი C, ღერძი და A სათავე. C წერტილზე გავავლოთ სწორი ხაზი პარაბოლის ღერძის პარალელურად, A წერტილზე გავავლოთ პარაბოლის ღერძის მართობული სწორი ხაზი, რომელიც B წერტილში გადაკვეთს C წერტილზე გავლებულ სწორ ხაზს. AB მონაკვეთი დავყოთ ჩვენს შემთხვევაში ოთხ თანატოლ ნაწილად, აგრეთვე BC მონაკვეთიც გავყოთ ოთხ თანატოლ ნაწილად. AB მონაკვეთის დანაყოფის წერტილებიდან ავმართოთ AB მონაკვეთის მართობები. A წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ 1 წერტილს; ეს სწორი ხაზი 1 წერტილზე გამავალ მართობს გადაკვეთს პარაბოლის წერტილზე. ასევე $A-2$, $A-3$ სწორი ხაზები AB სწორი ხაზის მართობებს გადაკვეთენ პარაბოლის წერტილებზე, რომელთა შეერთება მრუდსახაზით მდოვრედ მოგვცემს პარაბოლის ცალ მხარეს. პარაბოლის მეორე მხარის ასაგებად მოვიქცევით წინა მაგალითის ანალოგიურად, ან შეიძლება გამოვიყენოთ პარაბოლის სიმეტრიულობა მისი ღერძის მიმართ და პარაბოლის მეორე კალთა ავაგოთ ღერძის მართობულ სწორ ხაზზე სიმეტრიული წერტილების მოძებნით. მიღებული წერტილები შევაერთოთ მრუდსახაზით მდოვრედ — მივიღებთ პარაბოლას.

გ) **ჰიპერბოლა.** ჰიპერბოლა მიიღება წრიული კონუსის ისეთი სიბრტყით გადაკვეთისას, რომელიც მისი ღერძის პარალელურია (ნახ. 174). თუ



ნახ. 174.

წარმოვიდგენთ ერთმანეთზე წვეროებით მიდგმულ ორ კონუსს ისე, რომ მათი ღერძები ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენენ, მაშინ ჰიპერბოლა ორი სიმეტრიულად განლაგებული შტოსაგან შედგება. AB სწორ ხაზს ჰიპერბოლის



ნახ. 175.

ნამდვილი, ანუ მთავარი ღერძი ეწოდება (ნახ. 175). A და B წერტილებს ჰიპერბოლის წვეროებს (სათავეებს) უწოდებენ. AB მონაკვეთის O შუა წერტილს ჰიპერბოლის ცენტრი ეწოდება და ამ ცენტრზე გამავალ AB მონაკვეთის

მართობ სწორ ხაზს წარმოსახვითი ან მოჩვენებითი ღერძი ეწოდება. F_1 და F_2 წერტილებს, რომლებიც ჰიპერბოლის ცენტრიდან თანატოლი მანძილებითაა დაშორებული, ფ ო კ უ ს ე ბ ი ეწოდება. თუ ვიგულისხმებთ კონუსების ისეთი სიბრტყით გადაკვეთას, რომელიც გადის კონუსების ღერძებზე, მივიღებთ სწორ ხაზებს, რომლებსაც ა ს ი მ პ ტ ო ტ ე ბ ს უწოდებენ. ჰიპერბოლის შტოები ასიმპტოტებს თანდათან უახლოვდება და მას უსასრულოდ შორს ჰკვეთს. F_1K_1 და F_2K_2 მანძილებს ჰიპერბოლის რადიუსვექტორები ეწოდება და მათი სხვაობა მუდმივი სიდიდეა.

ჰიპერბოლის დამახასიათებელი თვისებაა ის, რომ რადიუსვექტორების სხვაობა მუდმივი სიდიდეა $F_1K_1—F_2K_1=AB$. ჰიპერბოლის ყველა წერტილი ამ თვისებას ემორჩილება. აქედან შეიძლება დაიწეროს, რომ ჰიპერბოლა წარმოადგენს ისეთი წერტილების გეომეტრიულ ადგილს, რომელთა მანძილების სხვაობა მთავარ ღერძზე მდებარე ორი მუდმივი F_1 და F_2 ფოკუსიდან, რომლებიც თანატოლი მანძილითაა დაშორებული ჰიპერბოლის O ცენტრიდან, მუდმივი სიდიდეა და ჰიპერბოლის AB ღერძს უდრის.

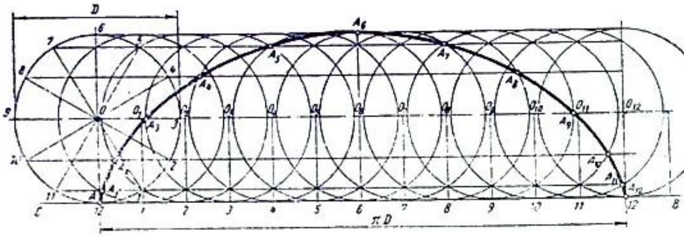
175-ე ნახაზის მიხედვით განვიხილოთ ჰიპერბოლის აგების თანამიმდევრობა. გავავლებთ ჰორიზონტალურ სწორ ხაზს და მასზე O წერტილიდან გადავზომავთ $OB=OA$ მონაკვეთებს; მივიღებთ ჰიპერბოლის A და B წერტილებს. შემდეგ გადავზომავთ $OF_1=OF_2$ მონაკვეთებს, მივიღებთ F_1 და F_2 ფოკუსებს. ერთ-ერთი ფოკუსიდან მთავარი ღერძის მიმართულებაზე ავიღებთ რამდენიმე წერტილს 1, 2, 3, 4 და ა. შ., რომელთა შორის მანძილები 1-დან დაწყებული თანდათან დიდდება. $A—1$ რადიუსით შემოვხაზავთ რკალებს F_1 და F_2 ფოკუსებიდან. $A — 1$ მანძილს გამოვაკლებთ $A — B$ მონაკვეთს — დაგვრჩება $B—1$ მანძილი. ამ რადიუსით F_1 და F_2 ფოკუსებიდან შემოვხაზავთ რკალებს. მათი წინა რკალებთან გადაკვეთა მოგვცემს ჰიპერბოლის ოთხ წერტილს. $A — 2$ რადიუსით შემოვხაზავთ რკალებს F_1 და F_2 ფოკუსებიდან. $A — 2$ მანძილს გამოვაკლებთ $A — B$ მონაკვეთს (ჰიპერბოლის ნამდვილ ღერძს), დაგვრჩება $B — 2$ მანძილი. ამ რადიუსით F_1 და F_2 ფოკუსებიდან შემოვხაზავთ რკალებს. მათი წინა რკალებთან გადაკვეთა გვაძლევს K_1 K_2 და ამ წერტილების სიმეტრიულ კიდევ ორ წერტილს, რომლებიც ჰიპერბოლის წერტილებია. ასეთი წესით მივიღებთ ჰიპერბოლის სხვა წერტილებსაც, რომელთა შეერთება (თანამიმდევრობით) მრუდსახაზით გვაძლევს ჰიპერბოლას.

ჰიპერბოლის ასიმპტოტების ასაგებად O ცენტრიდან $OF_1=OF_2$ რადიუსით შემოვხაზავთ დამხმარე წრეხაზს, რომელსაც A და B წერტილებზე ამართული AB ღერძის მართობული სწორი ხაზებით გადავკვეთავთ — მივიღებთ C, C_1, D და D_1 წერტილებს. C და D, აგრეთვე C_1D_1 წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზები — მივიღებთ ჰიპერბოლის ასიმპტოტებს.

ამავე ნახაზზე ნაჩვენებია ასიმპტოტების აგების მეორე ხერხი, სადაც A და B წერტილებიდან $F_1O=F_2O$ რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალები, რომელთა ურთიერთგადაკვეთით მიღებულია m და n წერტილები. ამ წერტილებზე გავლებულია AB ღერძის პარალელური სწორი ხაზები, რომლებიც გადაკვეთილია A და B წერტილებზე AB ღერძის მართობული სწორი ხაზებით და მიღებულია C, C_1, D და D_1 წერტილები.

დ) ციკლოიდა. ციკლოიდა წარმოადგენს სწორ ხაზზე უსრიალოდ მგორავი წრეხაზის A წერტილის გეომეტრიულ ადგილს. იმ სწორ ხაზს, რომელზედაც წრეხაზი გორავს, მიმმართველი ეწოდება, თვით წრეხაზს კი — მსახველი (შემქმნელი).

განვიხილოთ ციკლოიდის აგების თანამიმდევრობა. მოცემულია CB სწორი ხაზი და D-დიამეტრიანი წრეხაზი (ნახ. 176), უნდა ვიპოვოთ ამ წრეხაზის

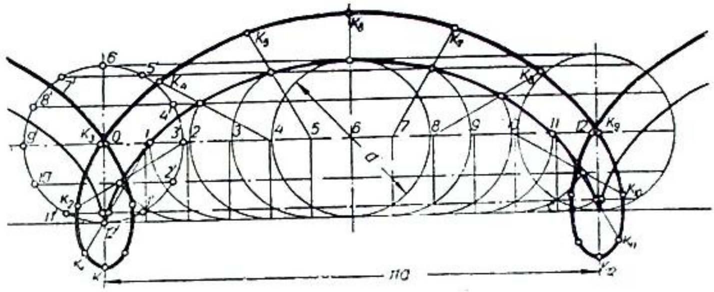


ნახ. 176.

A წერტილის გეომეტრიული ადგილი, როცა წრეხაზი CB სწორ ხაზზე უსრიალოდ გორავს. O წერტილზე გამავალ შვეულ ღერძზე მდებარე A წერტილზე ($OA = \frac{1}{2} D$) ამ ღერძის მართობულად გავავლოთ CB სწორი ხაზი. O ცენტრზე შემოვხაზოთ OA-რადიუსიანი წრეხაზი და დავყოთ ის რამდენიმე თანატოლ ნაწილად, ჩვენს შემთხვევაში — 12-ად. CB სწორ ხაზზე A წერტილიდან მარჯვნივ გადავზომოთ წრეხაზის სიგრძის πD მონაკვეთი, რომელიც დავყოთ იმდენ თანატოლ ნაწილად, რამდენადაც წრეხაზი დავყავით. წრეხაზის O ცენტრიდან გავავლებთ CB ხაზის პარალელურ ხაზს. CB სწორ ხაზზე მიღებული 1, 2, 3, 4, 5, 6 და ა. შ. წერტილებიდან ავმართავთ მართობებს O ცენტრზე გამავალი ხაზის გადაკვეთამდე — მივიღებთ O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O_6 და ა. შ. წერტილებს. წრეხაზის დაყოფის 1, 2, 3, 4, 5, 6 და ა. შ. წერტილებიდან გავავლებთ CB ხაზის პარალელურ ხაზებს. შემდეგ O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O_6 და ა. შ. წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, მოცემული წრეხაზის რადიუსით შემოვხაზავთ რკალებს, რომლებიც 1, 2, 3 და ა. შ. წერტილებზე გავლებულ პარალელურ ხაზებს გადაკვეთენ თანამიმდევრობით A_1, A_2, A_3 და ა. შ. წერტილებზე. ეს წერტილები იქნება ციკლოიდის წერტილები, რომელთაც მრუდსახაზით შევაერთებთ.

177-ე ნახ.-ზე მოცემულია ციკლოიდური მრუდის გამოხაზვის მაგალითი, სადაც განხილულია შემთხვევა, როცა K წერტილი მდებარეობს OA რადიუსის გაგრძელებაზე. ამ ნახაზზე ჯერ ციკლოიდაა გამოხაზული და შემდეგ გამოსახულია ციკლოიდური მრუდი, რომლის წერტილების მისაღებად გამოყენებულია ციკლოიდისათვის საჭირო დანაყოფები.

განვიხილოთ ამ ნახაზის აგების თანამიმდევრობა. ციკლოიდის აგება ჩვენ წინა ნახაზზე განვიხილეთ, ამიტომ აქ მხოლოდ ციკლოიდური მრუდის აგებას განვიხილავთ. როდესაც წრეხაზი გადაგორდება ისე, რომ მისი ცენტრი 1 წერტილში მოთავსდება, მაშინ მისი რადიუსი 1 წერტილისა და ციკ-



ნახ. 177.

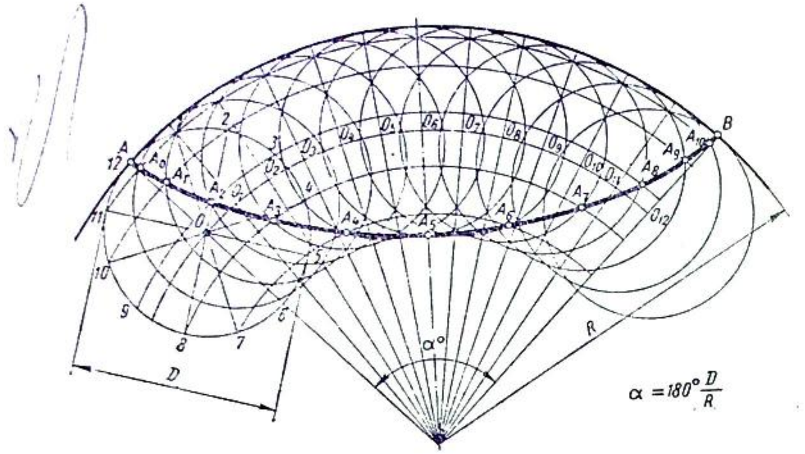
ლოიდის მრუდის პირველი წერტილის შემაერთებელი სწორი ხაზის მონაკვეთი იქნება, K წერტილი, როგორც ამ სწორ ხაზზე მდებარე, ისევ ამ სწორ ხაზზე დარჩება და ცენტრის ხაზზე მდებარე 1 წერტილიდან $OK=1—K_1$ მანძილით იქნება დაშორებული. როდესაც წრეხაზის ცენტრი 2 წერტილზე მოთავსდება, მაშინ 2 წერტილს სწორი ხაზით შევუერთებთ ციკლოიდის მეორე წერტილს და ამ სწორ ხაზზე გადავზომავთ $OK=2—K_2$ მონაკვეთს — მივიღებთ ციკლოიდური მრუდის K_2 წერტილს.

განვაგრძოთ ასეთი წესით K_3, K_4 და ა. შ. K_{12} წერტილების მიღება, აგრეთვე შეიძლება კიდევ განვაგრძოთ წრეხაზის უსრიალო გორვა, რომელიც ჩვენს მაგალითზეა ნაჩვენები, მაშინ როგორც ციკლოიდა, ისე ციკლოიდური მრუდიც უნდა გავაგრძელოთ. მიღებული წერტილების მრუდსახაზით შეერთებას წინა მაგალითების ანალოგიურად ვაწარმოებთ.

ე) ჰიპოციკლოიდა. ჰიპოციკლოიდა წარმოადგენს წრეხაზის რკალში უსრიალოდ მგორავ წრეხაზზე მდებარე A წერტილის ტრაექტორიას, როდესაც წრეხაზი ერთ სიბრტყეში მოძრაობს. განვიხილოთ ჰიპოციკლოიდის გამოხაზვის თანამიმდევრობა. მოცემულია R-რადიუსიანი წრეხაზის რკალი, რომელშიც უსრიალოდ იგორებს მოცემული D-დიამეტრიანი წრეხაზი (ნახ. 178). უნდა ვიპოვოთ მოცემულ წრეხაზზე მდებარე A წერტილის მიერ გავლილი გზა.

მოცემული წრეხაზი დავყოთ რამდენიმე თანატოლ ნაწილად, ჩვენს შემთხვევაში — 12-ად. მიმმართველ წრეხაზზე გადავზომოთ წარმომქმნელი წრეხაზის 1/12 ნაწილი 12-ჯერ, მივიღებთ AB რკალის სიგრძეს.

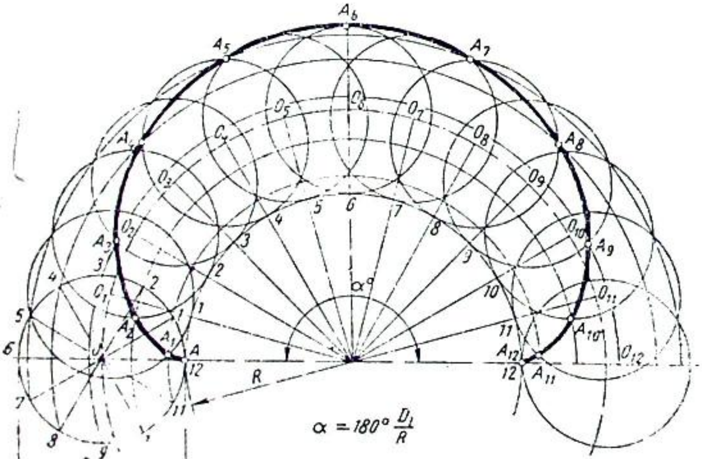
მოცემული AB რკალის ცენტრი სწორი ხაზებით შევუერთოთ AB რკალის დაყოფის წერტილებს. მოცემული AB რკალის ცენტრიდან შემოვხაზოთ AB რკალის კონცენტრული წრეხაზები, რომლებიც გაივლიან წარმომქმნელი წრეხაზის O ცენტრზე და მისი დაყოფის 1, 2, 3 და ა. შ. წერტილებზე. მოცემული AB რკალის ცენტრიდან გავლებული რადიუსებისა და O ცენტრზე გავლებული წრეხაზის გადაკვეთის O_1, O_2, O_3 და ა. შ. წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, მოცემული წრეხაზის OA რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალები, რომლებიც თანამიმდევრობით 1, 2, 3 და ა. შ. წერტილებზე გავლებული წრეხაზის რკალებს A_1, A_2, A_3, A_4 და ა. შ. წერტილებზე გადაკვეთენ. ეს წერტილები იქნება ჰიპოციკლოიდის წერტილები, რომელთაც მრუდსახაზით შევაერთებთ.



ნახ. 178.

ვ) ეპიციკლოიდა. ეპიციკლოიდა ისეთი ბრტყელი მრუდია, რომელიც წარმოადგენს მოცემული წრეხაზის რკალის გარეთ უსრიალოდ მგორავი წრეხაზის A წერტილის გეომეტრიულ ადგილს.

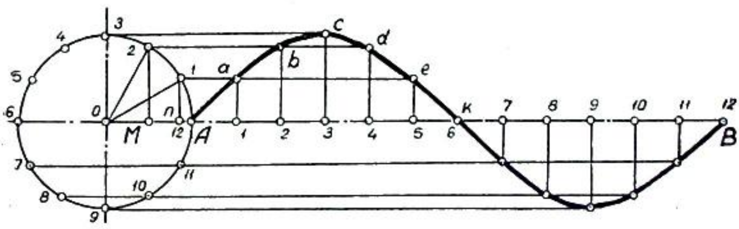
განვიხილოთ ეპიციკლოიდის აგების თანამიმდევრობა. მოცემული გვაქვს R-რადიუსიანი წრეხაზის რკალი და ამ რკალზე უსრიალოდ მგორავი D-დიამეტრიანი წრეხაზი (ნახ. 179). უნდა ვიპოვოთ A წერტილის მიერ შემოწერი-



ნახ. 179.

ლი მრუდი. მოცემული შემქმნელი წრეხაზი დავყოთ რამდენიმე თანატოლ ნაწილად, ჩვენს შემთხვევაში—12-ად. მიმმართველი წრეხაზის რკალის ცენტრიდან შემოვხაზოთ ამ რკალის კონცენტრული რკალები 0, 1, 2, 3 და ა. შ. წერტილებზე გავლით. A წერტილიდან მიმმართველი წრეხაზის რკალზე გადავზომოთ შემქმნელი წრეხაზის 1/12 ნაწილი 12-ჯერ. მიღებულ 1, 2, 3, 4 და ა. შ. წერტილებზე გავავლოთ რადიუსები და გავაგრძელოთ შემქმნელი წრეხაზის O ცენტრზე გამავალი რკალის O_1, O_2, O_3, O_4 და ა. შ. წერტილებზე გადაკვეთამდე. მიღებული O_1, O_2, O_3 და ა. შ. წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, მოცემული შემქმნელი წრეხაზის OA რადიუსით შემოვხაზოთ რკალები, რომლებიც 1, 2, 3, 4 და ა. შ. წერტილებზე გავლებულ რკალებს გადაკვეთენ თანამიმდევრობით A_1, A_2, A_3 და ა. შ. წერტილებზე. ამ წერტილებს თანამიმდევრულად მრუდსახაზით მდოვრედ შევაერთებთ, მივიღებთ ეპიციკლოიდას.

ზ) სინუსოიდა. 180-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სინუსოიდა, რომლის გამოსა-

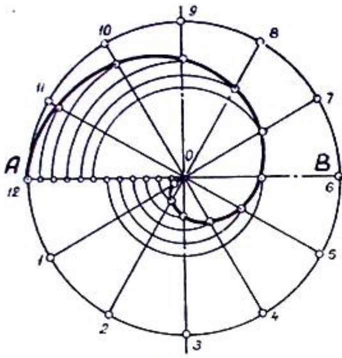


ნახ. 180.

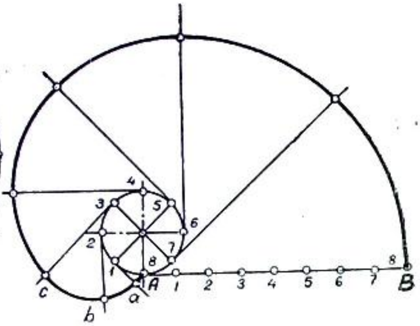
ხაზავად მოვიქცეთ შემდეგნაირად: მოცემული წრეხაზი დავყოთ ნებისმიერ თანატოლ ნაწილებად, ჩვენს შემთხვევაში — 12-ად; AB სწორი ხაზის მონაკვეთიც დავყოთ ამდენივე თანატოლ ნაწილად ($AB=\pi D$, სადაც D მოცემული წრეხაზის დიამეტრია); AB მონაკვეთის დანაყოფი 1, 2, 3 და ა. შ. წერტილებიდან ავმართოთ AB მონაკვეთის მართობები სათანადო მიმართულებით და ამ მართობებზე გადავზომოთ ნახევარქორდები $n—1=a—1$, $M—2=b—2$ და ა. შ. მივიღებთ სინუსოიდის a, b, c, d და ა. შ. წერტილებს (სადაც ნახევარქორდები შესაბამისი ცენტრალური კუთხეების სინუსების პროპორციულია). შეიძლება AB მონაკვეთი არ უდრიდეს მოცემული წრეხაზის სიგრძეს, ე. ი. სინუსოიდა იყოს შეკუმშული ($AB<\pi D$) ან გაჭიმული ($AB>\pi D$). ზემოაღნიშნული წესით მიღებული სინუსოიდის წერტილებს მრუდსახაზით შევაერთებთ მდოვრედ — მივიღებთ სინუსოიდას.

თ) არქიმედეს ხვია. არქიმედეს ხვია ბრტყელი მრუდია, რომელიც მიიღება წერტილის თანაბარი გადაადგილებით წრის თანაბრად მბრუნავ რადიუსზე.

განვიხილოთ არქიმედეს ხვიის გამოხაზვის თანამიმდევრობა. AB სწორ ხაზზე ავიღოთ ნებისმიერი O წერტილი და ამ წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ დამხმარე წრეხაზი (ნახ. 181). დავყოთ ის რამდენიმე თანატოლ ნაწილად, ჩვენს შემთხვევაში 12-ად. დაყოფის წერტილები შევუ-



ნახ. 181.



ნახ. 182.

ერთოთ O ცენტრს. OA რადიუსიც დავყოთ იმავე 12 ნაწილად, რამდენადაც წრეხაზი დავყავით. O ცენტრიდან თანამიმდევრობით $O1$, $O2$, $O3$ და ა. შ. რადიუსებზე გადავზომოთ პირველზე OA რადიუსის 1/12, მეორეზე — 2/12, მესამეზე — 3/12 და ა. შ. ამისათვის ნახაზზე ნაჩვენებია O ცენტრიდან სათანადო დანაყოფებზე გავლით წრეხაზის რკალებით რადიუსების გადაკვეთა. მიღებული წერტილები მრუდსახაზით მდოვრედ შევაერთოთ და მივიღებთ არქიმედეს ხვიას.

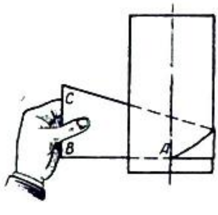
ი) ევოლვენტა. ევოლვენტა, ანუ წრის შლილი წრეხაზზე უსრიალოდ მგორავ სწორ ხაზზე მდებარე წერტილის მიერ შემოწერილ მრუდს წარმოადგენს. ეს მრუდი შეგვიძლია აგრეთვე **ძაფის საშუალებითაც** ავაგოთ. წარმოვიდგინოთ ცილინდრზე დახვეული ძაფი, რომლის ერთი ბოლო დამაგრებულია ცილინდრზე. დავიჭიროთ ხელში მისი თავისუფალი ბოლო და დავიწყოთ ძაფის გაშლა ცილინდრიდან ისე, რომ ის ყოველთვის დაჭიმულ მდგომარეობაში იყოს, მაშინ ძაფის ბოლო შემოხაზავს მრუდს, რომელიც წრის შლილი ან ევოლვენტა იქნება.

განვიხილოთ ევოლვენტას აგება (ნახ. 182). ავიღოთ რომელიმე წრეხაზი და დავყოთ ის რამდენიმე თანატოლ ნაწილად, ჩვენს შემთხვევაში 8-ად. დაყოფის წერტილები შევუერთოთ წრეხაზის ცენტრს. წრეხაზის დაყოფის წერტილებზე გავავლოთ ამ წრეხაზის მხებები. AB მხებზე წრეხაზის ერთი დანაყოფი გადავზომოთ 8-ჯერ ან გადავზომოთ წრეხაზის სიგრძე $AB=\pi D$ და AB მონაკვეთი დავყოთ იმდენ თანატოლ ნაწილად, რამდენადაც წრეხაზი დავყავით. სათანადო მხებებზე გადავზომოთ მონაკვეთები, მაგ., 1-ზე ერთი მონაკვეთი, 2-ზე ორი მონაკვეთი, 3-ზე სამი მონაკვეთი და ა. შ. მივიღებთ a, b, c და ა. შ. წერტილებს, რომლებსაც მრუდსახაზით მდოვრედ შევაერთებთ და მივიღებთ ევოლვენტას.

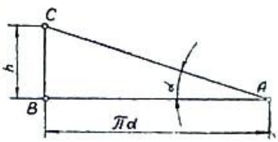
3. ხრახნული ხაზი

ხრახნული ხაზის მისაღებად განვიხილოთ მართი წრიული ცილინდრი, რომლის ფუძის დიამეტრი არის d. მაშინ ფუძის წრეხაზის სიგრძე πd-ს ტო-

ლი იქნება. გამოვჭრათ ქაღალდის მართკუთხა სამკუთხედი, რომლის დიდი კათეტის სიგრძე ტოლი იქნება ცილინდრის ფუძის წრეხაზის სიგრძისა, პატარა კათეტი კი — ნებისმიერი h სიგრძისა (ნახ. 183). თუ ასეთ სამკუთხედს დავახვევთ ცილინდრზე, მართკუთხა სამკუთხედის ჰიპოტენუზა მიიღებს მრუდის სახეს, რომელსაც ხრახნული ხაზი ეწოდება, h მანძილს ხრახნული ხაზის ნაბიჯს უწოდებენ (ნახ. 184), α კუთხეს — ხრახნული ხაზის დაქანების კუთხეს. ხრახნული ხაზი შეიძლება აგრეთვე შემდეგნაირად განვმარტოთ: თუ ცილინდრზე ავიღებთ მოძრავ წერტილს და ვიგულისხმებთ, რომ იგი ერთდროულად აწარმოებს ორგვარ მოძრაობას, ერთი — თანაბარი ბრუნვა ცილინდრის ირგვლივ და მეორე ცილინდრის ღერძის პარალელურად თანაბარი წინსვლითი მოძრაობა. მაშინ ეს წერტილი ცილინდრის ზედაპირზე შემოწერს მრუდე ხაზს, რომელსაც ცილინდრული ხრახნული ხაზი ეწოდება. როგორც ქაღალდის სამკუთხედზე აღვნიშნეთ, აქაც h სიმაღლეს, რომელზეც ღერძის გასწვრივ გადაადგილდება მოცემული წერტილი ცილინდრის ირგვლივ მისი ერთხელ შემობრუნებისას, ხრახნული ხაზის ნაბიჯს უწოდებენ. ზემოდან დახედვის დროს ხრახნული ხაზი დაემთხვევა წრეხაზს, რადგანაც ცილინდრი წრიულია.



ნახ. 183.



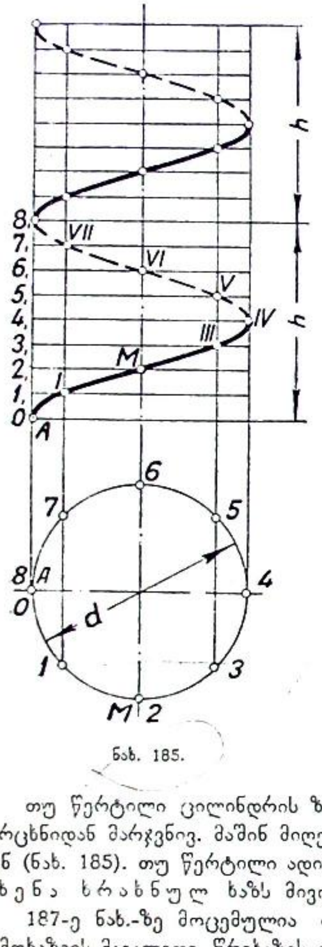
ნახ. 184.

განვიხილოთ ხრახნული ხაზის აგება (ნახ. 185). მოცემული ცილინდრი დავხაზოთ ორ ხედში. ზემოდან დახედვის დროს ჩვენ ვხედავთ ცილინდრის ფუძეს, რომელსაც წრის სახე აქვს. მაშასადამე, ზედხედში გვექნება დახაზული მხოლოდ წრეხაზი, რომელიც ცილინდრის ზემოდან ხედი, ანუ გეგმა იქნება. წინიდან შეხედვის დროს ცილინდრზე ჩვენ დავინახავთ მხოლოდ მართკუთხედს, რომლის სიმაღლე ცილინდრის სიმაღლე იქნება. ზედხედს ხშირად ცილინდრის თარზულ გეგმილსაც უწოდებენ, წინხედს კი — შვეულ გეგმილს.

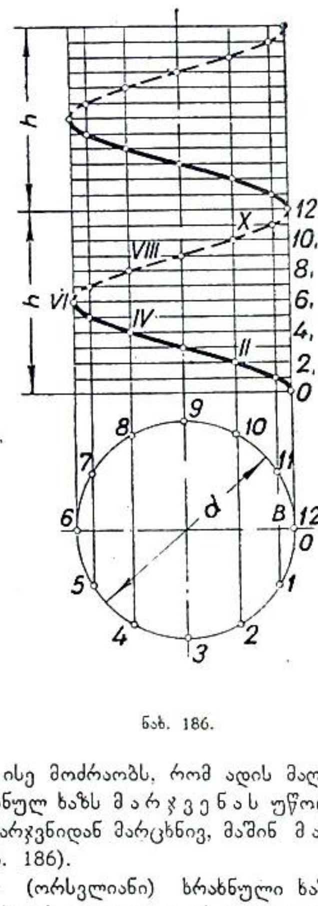
ნაბიჯსა (h) და ცილინდრის ფუძეს — წრეხაზს ვყოფთ რამდენიმე თანატოლ ნაწილად, ჩვენს შემთხვევაში 8-ად. ნაბიჯის დანაყოფის წერტილებიდან ვავლებთ თარზულ ხაზებს, წრეხაზის დანაყოფის წერტილებიდან კი — შვეულ ხაზებს. A წერტილიდან მოძრაობას იწყებს M წერტილი, რომელიც ნახაზზე ნაჩვენებია, რომ გადაადგილდა წრეხაზის მეოთხედზე და სიმაღლეზე აიწია ნაბიჯის მეოთხედზე. ეს წერტილი მრუდზე გადაადგილდება I, II, III და ა. შ. ხრახნულ ხაზზე. ეს წერტილები მიიღება სათანადო წერტილებზე გამავალი სწორი ხაზების გადაკვეთით. მიღებულ წერტილებს მრუდსახაზით მდოვრედ შევაერთებთ. სანამ წერტილი მოძრაობს ცილინდრის წინა მხარეს, ე. ი. ჩვენსკენ, $O \div$ IV წერტილამდე, ის ჩვენთვის ხილვადია, ამიტომ მას O-დან IV წერტილამდე ვხაზავთ მთლიანი ხაზით. ამის შემდეგ კი წერტილი გადადის ცილინდრის უკანა მხარეს, რის გამოც ის უხილავი ხდება. ამიტომ

მრუდის ამ უხილავ ნაწილს ნახაზზე ვხაზავთ წყვეტილი ხაზით, რომლის სისქე კონტურის ხაზის სისქის ნახევარს უდრის.

186-ე ნახ.-ზე მოცემულია ანალოგიური მაგალითი, როცა წრეხაზი და ხრახნული ხაზის ნაბიჯი დაყოფილია 12 თანატოლ ნაწილად.



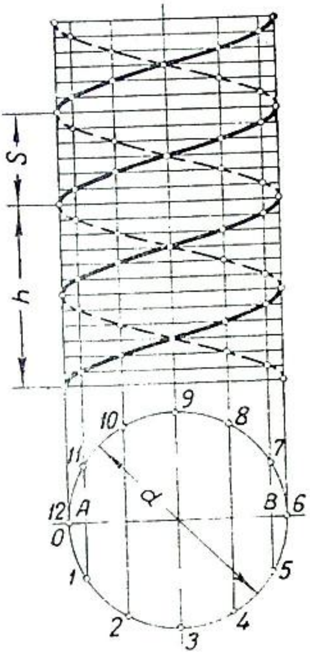
ნახ. 185.



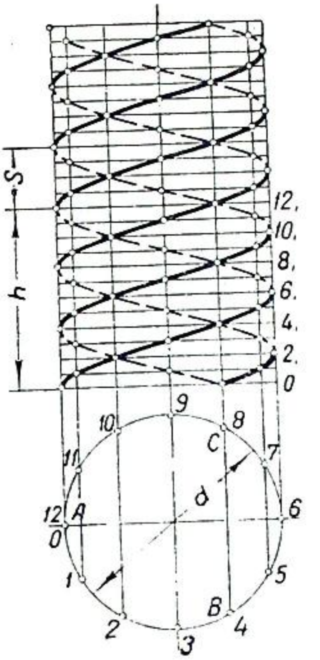
ნახ. 186.

თუ წერტილი ცილინდრის ზედაპირზე ისე მოძრაობს, რომ ადის მაღლა მარცხნიდან მარჯვნივ. მაშინ მიღებულ ხრახნულ ხაზს მ ა რ ჯ ვ ე ნ ა ს უწოდებენ (ნახ. 185). თუ წერტილი ადის მაღლა მარჯვნიდან მარცხნივ, მაშინ მ ა რ ც ხ ე ნ ა ხ რ ა ხ ნ უ ლ ხაზს მივიღებთ (ნახ. 186).

187-ე ნახ.-ზე მოცემულია ორძაფიანი (ორსვლიანი) ხრახნული ხაზის გამოხაზვის მაგალითი. წრეხაზის დაყოფა, ნაბიჯის დაყოფა და ამ დანაყოფებიდან სწორი ხაზების გავლება — ხრახნული ხაზის წერტილების მიღება წინა მაგალითების ანალოგიურია. განსხვავება წინა მაგალითებთან ის არის, რომ აქ იგულისხმება ორი წერტილი — A და B, რომლებიც ერთდროულად ერთიდა იმავე მიმართულებით თანაბარი სიჩქარით მოძრაობენ. ამ ნახაზზე განხილულია მარჯვენა ხრახნი. ხრახნული ხაზის წერტილების მისაღებად დანაყოფების წერტილებზე გავლებული ხაზების ურთიერთგადაკვეთას განვსაზღვრავთ



ნახ. 187.



ნახ. 188.

A და B წერტილებიდან, სადაც A და B წერტილები ერთ სწორ ხაზზე მდე-
ბარეობენ (ჰორიზონტალური დიამეტრის ბოლო წერტილებია). როგორც
ნახაზიდან ჩანს, $h=2S$, ე. ი. ერთი მთლიანი შემოვლის დროს წერტილი
სიმაღლეზე გადაადგილდება ორჯერ სწრაფად (ხრახნული ხაზი უფრო ციცა-
ბოა, ე. ი. ქანობი ანუ კუთხე მეტია).

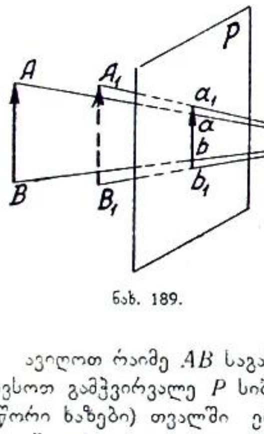
188-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სამძაფიანი (სამსვლიანი) ხრახნი, რომლის გამოხაზვა წინა მაგალითების ანალოგიურია. ამ შემთხვევაში $h=3S$, ე. ი. ერთი მთლიანი შემოვლის დროს წერტილი სიმაღლეზე გადაადგილდა სამჯერ სწრაფად. ხრახნის წერტილების მოძებნისათვის ვგულისხმობთ, რომ სამი წერტილი ისეა ცილინდრის ფუძეზე, ე. ი. წრეხაზზე განლაგებული, რომ მათ შორის მანძილები თანატოლია. ვგულისხმობთ, რომ A, B და C წერტილები ერთდროულად, ერთი მიმართულებით და თანაბარი სიჩქარით მოძრაობენ ცილინდრზე, მაშინ ასეთი წერტილების გეომეტრიული ადგილები მოგვცემს საძიებელ მრუდე ხაზებს, რომლებიც უნდა გამოვხაზოთ მრუდსახაზის საშუა-ლებით.

II ნაწილი

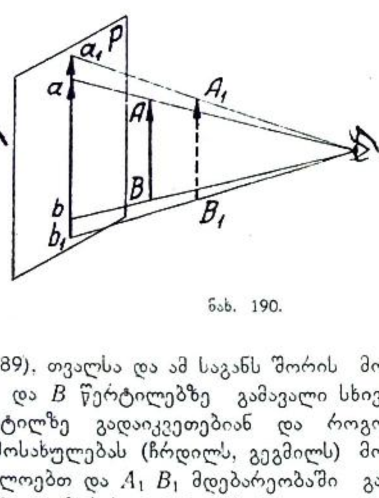
გეგმილური (პროექციული) ხაზვა

მეოთხე თავი

რომელიმე საგნის სიბრტყეზე (ქაღალდზე ან დაფაზე) გამოსახვისათვის არსებობს სხვადასხვა მეთოდი, რომელთა საფუძველზე ვღებულობთ სხვადასხვა სახის გამოსახულებას. ამ გამოსახულებათაგან ადამიანისათვის ყველაზე უფრო ადვილი წარმოსადგენია პერსპექტიული (განჭვრეტითი) გამოსახულება — სურათი. ეს იმიტომ, რომ ადამიანის თვალს ისეთი ანატომიური აგებულება აქვს, რომ საგანს სწორედ აღნიშნული სახით (პერსპექტიული გამოსახულებით) აღიბეჭდავს (დაინახავს).



ნახ. 189.



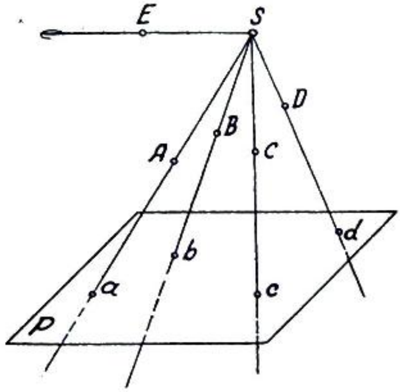
ნახ. 190.

ავიღოთ რაიმე AB საგანი (ნახ. 189), თვალსა და ამ საგანს შორის მოვათავსოთ გამჭვირვალე P სიბრტყე. A და B წერტილებზე გამავალი სხივები (სწორი ხაზები) თვალში ერთ წერტილზე გადაიკვეთებიან და როგორც თვალში, ასევე P სიბრტყეზე, ab გამოსახულებას (ჩრდილს, გეგმილს) მოგვცემენ. თუ AB საგანს თვალს მივუახლოებთ და A_1 B_1 მდებარეობაში გადავიყვანთ, იგივე საგანი მოგვცემს a_1b_1 გამოსახულებას, რომელიც უფრო დიდია, ვიდრე ab. ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც AB საგანი მოთავსებულია თვალსა და P სიბრტყეს შორის (ნახ. 190). P სიბრტყეზე AB საგნის გამოსახულება იქნება ab. თუ AB საგანს მივუახლოებთ თვალს და მივცემთ A_1B_1 მდებარეობას, იგივე საგანი მოგვცემს a_1b_1 გამოსახულებას, რომელიც ab გამოსახულებაზე დიდია. აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ თვალს რამდენადაც შორდება საგანი, მისი გამოსახულება იმდენად უფრო პატარავდება. თუ შევთანხმდებით, რომ AB საგანს დასაგეგმილებელ საგანს ვუწოდებთ, ab გამო-

სახულებას — AB საგნის გეგმილს, P სიბრტყეს, რომელზედაც გამოსახულებებს (გეგმილებს) ვღებულობთ — გეგმილთსიბრტყეს, ხოლო თვალს კი — გეგმილთცენტრს, მივიღებთ ცენტრალურ დაგეგმილებას.

ცენტრალური დაგეგმილების დროს საჭიროა ვიცოდეთ გეგმილთცენტრი (ის წერტილი, სადაც თავს იყრიან, ან საიდანაც გამოდიან მაგეგმილებელი სხივები). მოცემულია S გეგმილთცენტრი და დასაგეგმილებელი A, B, C, D და E წერტილები, რომლებიც უნდა დაგეგმილდეს P სიბრტყეზე (ნახ. 191).

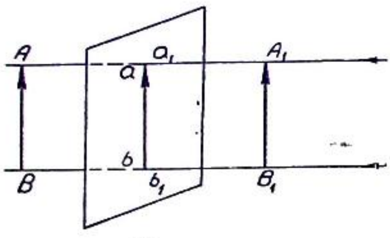
სივრცეში აღებული წერტილები პირობით აღვნიშნოთ დიდი A, B, C, D და ა. შ. ასოებით, მათი გეგმილები — შესაბამისად პატარა a, b, c, d და ა. შ. ასოებით. ცენტრალური დაგეგმილების დროს გეგმილთცენტრს (S წერტილს) სწორი ხაზით შევუერთოთ დასაგეგმილებელი წერტილი და გავაგრძელოთ გეგმილთსიბრტყის გადაკვეთამდე. სწორი ხაზი სიბრტყეს გაკვეთს მხოლოდ ერთ წერტილში, რომელიც იქნება მოცემული წერტილის გეგმილი ამ სიბრტყეზე. აქედან შეიძლება შემდეგი დასკვნის გამოტანა: წერტილის გეგმილი წერტილია. აღნიშნული წესით P სიბრტყეზე დავაგეგმილოთ A, B, C, D, და E წერტილები. E წერტილის გეგმილი P სიბრტყეზე უსასრულოდ შორს იქნება, იქ, სადაც P სიბრტყის პარალელური SE სხივი ამ სიბრტყეს გადაკვეთს. საკითხის გამარტივების მიზნით ამბობენ, რომ ასეთ შემთხვევაში, როცა მაგეგმილებელი სწორი ხაზი გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, წერტილს ამ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილი არა აქვსო. A, B, C, D წერტილებზე გამავალი მაგეგმილებელი სწორი ხაზების P გეგმილთსიბრტყესთან გადაკვეთა გვაძლევს a, b, c, და d გეგმილებს.



ნახ. 191.

როგორც აღვნიშნეთ, ცენტრალური დაგეგმილების დროს გეგმილთცენტრიდან საგნის დაშორება იწვევს ამ საგნის გეგმილის დაპატარავებას, დაახლოება კი — გადიდებას. ამიტომ, როცა დიდ შენობას გასწვრივ გავცქერით, მისი ფანჯრები თითქოს დაშორების მიხედვით პატარავდებიან, ე. ი. ჩვენთან ახლო მდებარე ფანჯარა უფრო დიდი გვეჩვენება, ვიდრე შორს მდებარე, მაშინ როცა კარგად ვიცით, რომ ამ შენობის ყველა ფანჯარა თანატოლია, ან, როცა გავყურებთ რკინიგზის ლიანდაგს, იგი თითქოს თანდათან ვიწროვდება და შორს — ჰორიზონტზე ყველა ხაზი ერთ წერტილში იყრის თავს, ჩვენთვის ცნობილია, რომ რკინიგზის რელსები პარალელურია. გამოსახულების ასეთი მოჩვენების სალიკვიდაციოდ გეგმილთცენტრს ვგულისხმობთ უსასრულოდ შორს, მაშინ მაგეგმილებელი სხივები ურთიერთპარალელური გახდება და მივიღებთ პარალელურ დაგეგმილებას. ამ შემთხვევაში AB საგნის

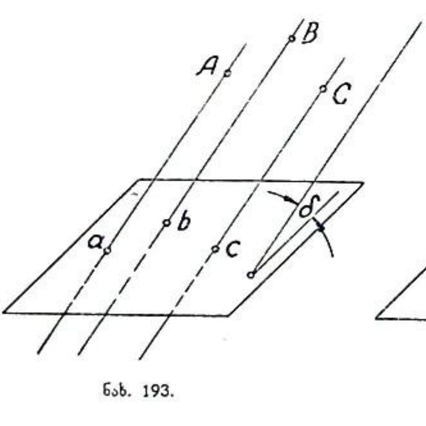
P სიბრტყის პარალელურად გადაადგილება გამოსახულებაზე გავლენას ვერ მოახდენს. რადგან არ შეიძლება უსასრულოდ შორიდან ვუცქიროთ AB საგანს, ამიტომ პარალელური დაგეგმილება პირობითია (ნახ. 192).



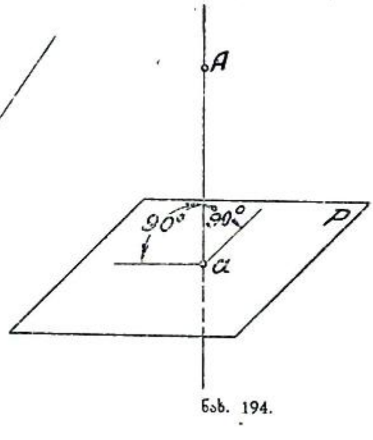
ნახ. 192.

ტექნიკურ ხაზვაში ძირითადად პარალელური დაგეგმილებაა გამოყენებული, ამიტომ პარალელური დაგეგმილება საშუალებას გვაძლევს საგნის გეგმილი წარმოვიდგინოთ ისე, როგორც სინამდვილეშია.

თუ S გეგმილთცენტრს ვიგულისხმებთ უსასრულოდ შორს, მაშინ მაგეგმილებელი სხივებიც ურთიერთპარალელური იგულისხმება და დაგეგმილებისათვის საჭირო იქნება დაგეგმილების მიმართულების ცოდნა. მაშინ სივრცეში მოცემული A, B, და C წერტილების P სიბრტყეზე დაგეგმილებისათვის მოცემულ წერტილზე გავავლებთ დაგეგმილების მიმართულების პარალელურ სწორ ხაზებს და P გეგმილთსიბრტყესთან გადაკვეთაში მივიღებთ **a**, **b** და **c** გეგმილებს (ნახ. 193). როდესაც დაგეგმილების მიმართულება გეგმილთსიბრტყესთან 90°-იან კუთხეს ქმნის (მაგეგმილებელი სწორი ხაზი გეგმილთსიბრტყის მართობულია), ასეთ დაგეგმილებას ორთოგონალურ დაგეგმილებას უწოდებენ



ნახ. 193.



ნახ. 194.

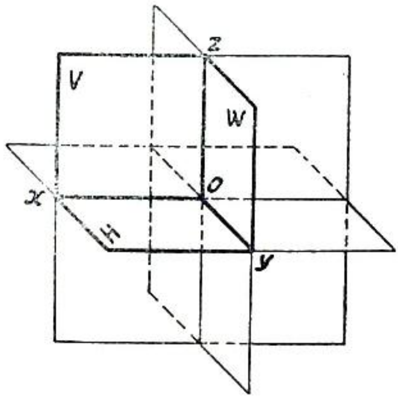
(ნახ. 194). სხვაგვარი დაგეგმილებისაგან ის იმით განსხვავდება, რომ დაგეგმილების დროს გეგმილთცენტრი და დაგეგმილების მიმართულება საჭირო არ არის. როდესაც დაგეგმილების მიმართულება, ე. ი. δ კუთხე არ უდრის 90°-ს, მაშინ მივიღებთ ირიბკუთხა დაგეგმილებას, რომლის დროს დაგეგმილების მიმართულება აუცილებლად ცნობილი უნდა იყოს. ჩვენ ძირითადად განვიხილავთ ორთოგონალურ დაგეგმილებას.

წერტილის ორთოგონალური დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე

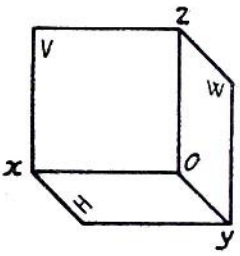
ძველი დროიდანვე მიღებულია, რომ გეგმილთსიბრტყეები ურთიერთმართობულია, ე. ი. თუ ერთ გეგმილთსიბრტყეს ჰორიზონტალურად ავიღებთ, მაშინ მეორე გეგმილთსიბრტყე დადგება შვეულად, მესამე გეგმილთსიბრტყე ამ ორივე სიბრტყის მართობულია და სივრცე გაიყოფა 8 ნაწილად (ნახ. 195).

ჰორიზონტალური მდებარეობის სიბრტყეს თარზული გეგმილთსიბრტყე ვუწოდოთ და აღვნიშნოთ H-ით, ამ სიბრტყის მართობულ სიბრტყეს — შვეული გეგმილთსიბრტყე და აღვნიშნოთ V-თი, ამ ორი სიბრტყის მართობულ სიბრტყეს — პროფილი გეგმილთსიბრტყე და აღვნიშნოთ W-თი.

გეგმილთსიბრტყეების ურთიერთგადაკვეთით მიღებულ სწორ ხაზებს გეგმილთღერძები ვუწოდოთ. როგორც აღვნიშნეთ, სივრცე გაიყოფა 8 ნაწილად, ე. ი. 8 სამწახნაგოვან კუთხედ. ამ 8 კუთხიდან ხაზვაში განვიხილავთ მხოლოდ I კუთხეს (ნახ. 196).



ნახ. 195.

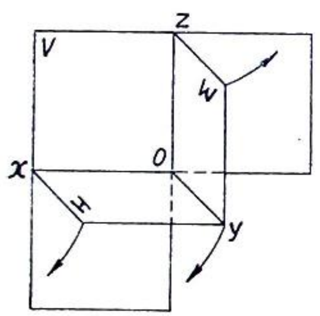


ნახ. 196.

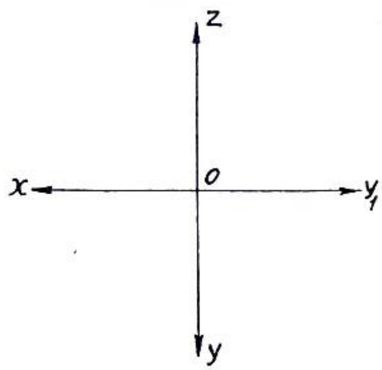
ასეთი პირობით დაყოფილი სივრცე საშუალებას იძლევა სამგანზომილებიანი სხეულები წარმოვიდგინოთ აღნიშნულ გეგმილთსიბრტყეებზე დაგეგმილებულად და სწორი წარმოდგენა ვიქონიოთ საგნის ფორმაზე. გეგმილთსიბრტყეების სივრცეში მდებარეობა ისევ სივრცეს გვაძლევს და საჭიროა ამ სივრცული ფორმის ერთ სიბრტყეზე გამოსახვა, რისთვისაც არსებობს ერთი საერთო წესი, რომელიც ყველასათვის სავალდებულოა. დამკვირვებელი თავის თავს ყოველთვის I კუთხეში გულისხმობს და გეგმილთსიბრტყეების ერთ სიბრტყეზე შეთავსება ხდება შემდეგნაირად: თარზული გეგმილთსიბრტყის წინა ნაწილი შეუთავსდება შვეული გეგმილთსიბრტყის ქვედა ნაწილს, პროფილი გეგმილთსიბრტყის წინა ნაწილი მარჯვნივ ბრუნებით შეუთავსდება შვეულ გეგმილთსიბრტყეს (ნახ. 197). მივიღებთ გეგმილთსიბრტყეებს, შეთავსებულს ერთ გეგმილთსიბრტყეზე. ასეთ ნახაზს, სადაც ყველა გეგმილი ერთ სიბრტყეზეა, ეპიურა ეწოდება.

როგორც ვიცით, სიბრტყე უსასრულოდ დიდია და ამიტომ მას პირობით ოთხკუთხედებით გამოვსახავთ: აგრეთვე ვიცით, რომ ორი სიბრტყის ურთიერთგადაკვეთა იძლევა ერთ სწორ ხაზს, რომელიც უსასრულოდ გრძელია. მომავალში ეპიურას ურთიერთგადაკვეთილი ღერძებით ვუჩვენებთ, სადაც აღნიშნული გეგმილთღერძები მიღებულია შემდეგნაირად: შვეული გეგმილთსიბრტყისა და თარზული გეგმილთსიბრტყის ურთიერთგადაკვეთით მიღებულია OX გეგმილთღერძი. თარზული და პროფილი გეგმილთსიბრტყეები იძლევიან OY გეგმილთღერძს; შვეული და პროფილი გეგმილთსიბრტყეები კი — OZ გეგმილთღერძს.

სამწახნაგა კუთხეს ვგულისხმობთ გახსნილს OY ღერძზე. H თარზული გეგმილთსიბრტყე OX ღერძის ირგვლივ ქვევით ბრუნავს და უერთდება შვეულ გეგმილთსიბრტყეს: პროფილი გეგმილთსიბრტყე OZ ღერძის ირგვლივ მარჯვნივ ბრუნვით შეუთავსდება შვეულ გეგმილთსიბრტყეს. მაშინ ეპიურაზე შვეული გეგმილთსიბრტყე განისაზღვრება OX და OZ გეგმილთღერძებით. თარზული გეგმილთსიბრტყე — OX და OY გეგმილთღერძებით: პროფილი გეგმილთსიბრტყე — OY_1 და OZ გეგმილთღერძებით (ნახ. 198).



ნახ. 197.

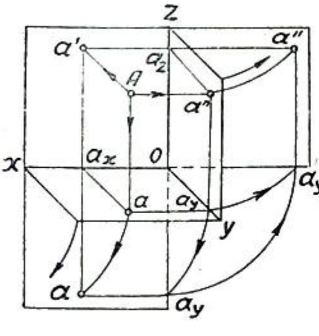


ნახ. 198.

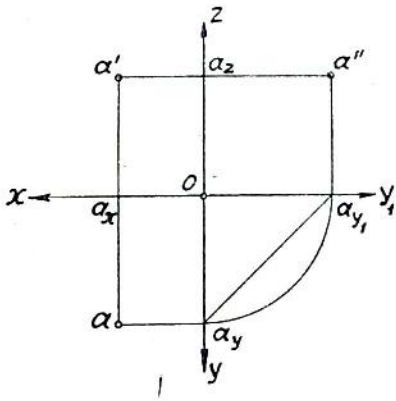
ახლა განვიხილოთ აღნიშნულ სამწახნაგა კუთხეში A წერტილი, რომელსაც ვაგეგმილებთ სამივე გეგმილთსიბრტყეზე და სივრციდან გადავიდეთ სიბრტყეზე — ეპიურაზე (ნახ. 199). სივრცეში მოცემული A წერტილიდან შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე დავუშვათ მართობი, რომლის განკვეთა ამ სიბრტყეზე აღვნიშნოთ a'. A წერტილის თარზული გეგმილის მისაღებად ამ წერტილიდან თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე დავუშვათ მართობი: ამ მართობის თარზულ გეგმილთსიბრტყესთან გადაკვეთა რომ ვიპოვოთ, ამისათვის a' შვეული გეგმილიდან OX გეგმილთღერძის მართობი უნდა დავუშვათ a_x წერტილში ღერძის გადაკვეთამდე: a_x წერტილიდან OX ღერძის მართობი ავმართოთ A წერტილიდან დაშვებული თარზული გეგმილთსიბრტყის მართობული სწორი ხაზის გადაკვეთამდე — მივიღებთ a თარზულ გეგმილს.

A წერტილის მესამე, პროფილი გეგმილის საპოვნელად ამ წერტილიდან პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე დავუშვათ მართობი; ამ მართობის პროფილ გეგმილთსიბრტყესთან გადაკვეთა რომ ვიპოვოთ, a თარზული გეგმილიდან OY

ღერძზე დავუშვათ მართობი და a_y წერტილიდან ავმართოთ მართობი A წერტილიდან პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე დაშვებული მართობის გადაკვეთამდე— მივიღებთ a'' პროფილ გეგმილს. ამ გეგმილის მისაღებად შეიძლებოდა სხვანაირად მოვქცეულიყავით: a' შვეული გეგმილიდან OZ ღერძზე დაგვეშვა მართობი. a_z წერტილიდან ამართული მართობის გადაკვეთა A წერტილიდან პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე დაშვებულ მართობთან მოგვცემდა a'' წერტილს. მე-200 ნახ.-ზე მოცემულია A წერტილის გეგმილების ეპიურა, სადაც შვეული და თარაზული გეგმილების საშუალებით მოძებნილია ამ წერტილის მესამე გეგმილი. ამისათვის ნახაზზე ნაჩვენებია წერტილის ორი მოცემული გეგმილით მესამე გეგმილის პოვნის ხერხები. a თარაზული გეგმილიდან OY ღერძზე დაშვებულია მართობი, O წერტილიდან Oa_y რადიუსით შემოხაზულია წრეხაზის რკალი OY_1 ღერძის გადაკვეთამდე (ან O წერტილიდან OY_1 ღერძზე გადაზომილია



ნახ. 199.



ნახ. 200.

$Oa_{y1} = Oa_y$ მონაკვეთი), მიღებული წერტილიდან ამართულია OY_1 ღერძის მართობი a' წერტილიდან OX ღერძის პარალელური ხაზის გადაკვეთამდე — მიღებული a'' წერტილი არის A წერტილის მესამე გეგმილი.

ამ გეგმილის მიღება შეიძლებოდა უფრო მარტივად. a' შვეული გეგმილიდან OX ღერძის პარალელურ სწორ ხაზზე OZ ღერძიდან გადავზომავდით $a_x a = a_z a''$ მონაკვეთს და მივიღებდით a'' მესამე გეგმილს.

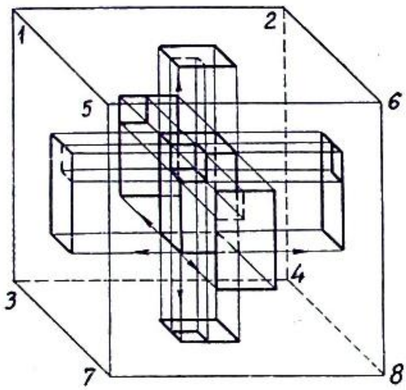
199-ე ნახაზზე ისრებით ნაჩვენებია გეგმილების, ანუ ხედების მიმართულება. შვეულ, ანუ ფრონტალურ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს ხედი წინიდან-წინხედი ან მთავარი ხედი ეწოდება; თარაზულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს — ხედი ზემოდან-ზედხედი ან გეგმა, ხოლო პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს ხედი გვერდიდან — გვერდხედი ეწოდება.

გეგმილების განლაგების წესები

განხილული სამი გეგმილი ზოგჯერ სრულ წარმოდგენას ვერ იძლევა რთული ფორმის საგნებზე და საჭირო ხდება დამატებითი გეგმილების ან ხედების გამოსახვა. სამანქანათმშენებლო ხაზვაში ზოგჯერ იყენებენ ექვს გეგმილთსიბრტყეს, რომლებზეც მიიღებენ ექვს გეგმილს და ამ ექვსი გეგმილიდან აიღე-

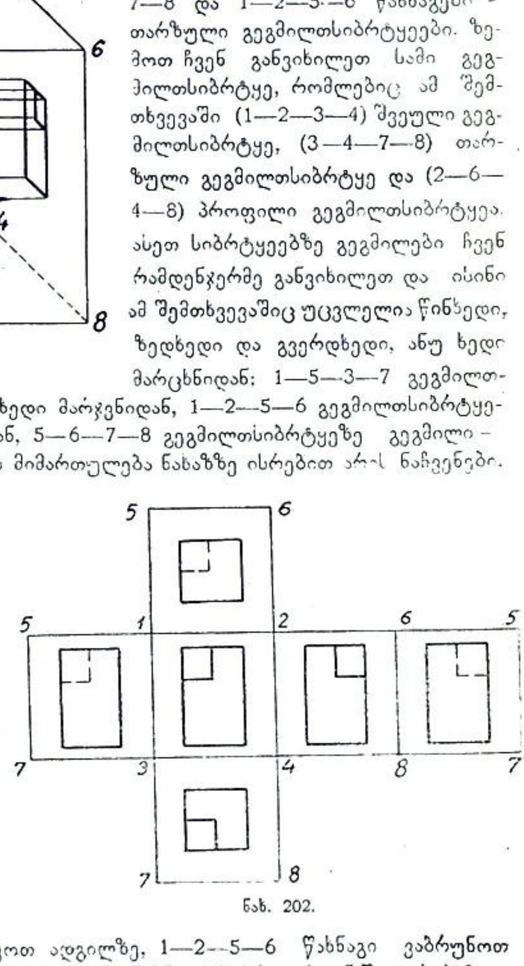
ბენ იმდენს, რამდენიც საჭირო იქნება საგნის ფორმაზე სრული წარმოდგენისათვის.

ექვსი გეგმილთსიბრტყე შეიძლება სივრცეში წარმოვიდგინოთ როგორც კუბის წახნაგები. ამ წახნაგებს შორის მოვათავსოთ დასაგეგმილებელი საგანი და დავაგეგმილოთ იგი ექვსივე წახნაგზე მართობულად — ორთოგონალურად (ნახ. 201). 1—2—3—4 და 5—6—7—8 წახნაგები შვეული, ანუ ფრონტალური გეგმილთსიბრტყეებია, 1—5—3—7 და 2—6—4—8 წახნაგები — პროფილი გეგმილთსიბრტყეები, 3—4—7—8 და 1—2—5—6 წახნაგები — თარაზული გეგმილთსიბრტყეები. ზემოთ ჩვენ განვიხილეთ სამი გეგმილთსიბრტყე, რომლებიც ამ შემთხვევაში (1—2—3—4) შვეული გეგმილთსიბრტყე, (3—4—7—8) თარაზული გეგმილთსიბრტყე და (2—6—4—8) პროფილი გეგმილთსიბრტყეა. ასეთ სიბრტყეებზე გეგმილები ჩვენ რამდენჯერმე განვიხილეთ და ისინი ამ შემთხვევაშიც უცვლელია წინხედი, ზედხედი და გვერდხედი, ანუ ხედი მარცხნიდან; 1—5—3—7 გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილი იქნება ხედი მარჯვენიდან, 1—2—5—6 გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილი — ხედი ქვემოდან, 5—6—7—8 გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილი — ხედი უკნიდან. დაგეგმილების მიმართულება ნახაზზე ისრებით არის ნაჩვენები.



ნახ. 201.

ამიტომ აქ მის ახსნაზე არ შევჩერდებით. ახლა განვიხილოთ ასეთი გეგმილთსიბრტყეების შეთავსება ერთ სიბრტყეზე (ეპიურა). განხილული კუბი ვიგულისხმოთ გაჭრილად 1—5, 5—6, 2—6, 3—7, 7—8, 4—8 და 5—7 წიბოებზე; 1—2, 1—3, 6—8, 2—4 და 3—4 წიბოები ვიგულისხმოთ სახსროვანი შეერთებით ისე, რომ ამ წიბოების გარშემო სათანადო წახნაგებს მობრუნება შეეძლოს.



ნახ. 202.

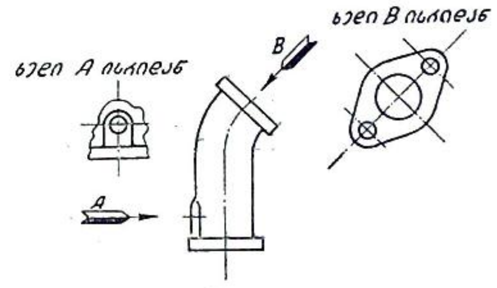
1—2—3—4 წახნაგი დავტოვოთ ადგილზე, 1—2—5—6 წახნაგი ვაბრუნოთ 1—2 წიბოს გარშემო ზემოთ 1—2—3—4 წახნაგის სიბრტყესთან შეთავსებამდე;

3—4—7—8 წახნაგი ვაბრუნოთ 3—4 წიბოს გარშემო ქვემოთ შვეულ სიბრტყესთან შეთავსებამდე; 1—5—3—7 წახნაგი ვაბრუნოთ მარცხნივ 1—3 წიბოს გარშემო შვეულ სიბრტყესთან შეთავსებამდე; 5—6—7—8 წახნაგი ვაბრუნოთ მარჯვნივ 6—8 წიბოს გარშემო ჯერ 2—6—4—8 წახნაგის სიბრტყესთან შეთავსებამდე, შემდეგ კი ორივე წახნაგი ვაბრუნოთ 2—4 წიბოს გარშემო მარჯვნივ შვეულ სიბრტყესთან შეთავსებამდე (ნახ. 202).

მივიღეთ ექვსივე გეგმილთსიბრტყე, შეთავსებული ერთ სიბრტყეზე ისე, რომ თითოეული გეგმილი გარკვეული წესით უკავშირდება დანარჩენებს. ხედი მარჯვნიდან, ხედი წინიდან, ხედი მარცხნიდან და ხედი უკნიდან განლაგებულია ჰორიზონტალური გეგმილთღერძის პარალელურ სწორ ხაზზე; ხედი ზემოდან, ხედი წინიდან და ხედი ქვემოდან განლაგებულია განხილული გეგმილღერძის მართობულ სწორ ხაზზე.

როგორც აღვნიშნეთ, მანქანის ზოგიერთი რთული ნაწილი მოითხოვს სამზე მეტ გეგმილს, ან ამ ექვსი გეგმილიდან რომელიმე სამს (წინხედს, ზედხედს და ხედს მარჯვნიდან ან ხედს ქვემოდან და სხვ.). ამ შემთხვევაში ხედების განლაგება ზემოაღნიშნული წესით მოხდება.

ზოგიერთი მანქანის ნაწილის აღნიშნული წესებით დაგეგმილება არ გვაძლევს სასურველ შედეგს, რადგან ზედაპირები ისეა განლაგებული, რომ ორთოგონალური დაგეგმილების დროს თუ ერთი ზედაპირი გეგმილთსიბრტყის პარალელურად დავაყენეთ (რომ მივიღოთ ნამდვილი სახე), მაშინ მეორე ზედაპირის გეგმილი დამახინჯდება და ძალიან რთულ სახეს მიიღებს. ასეთ შემთხვევაში გამოხაზავენ ერთ ან ორ გეგმილს და დანარჩენი ზედაპირების, რომელთა ფორმის გამოსახვა აუცილებელია, ნებისმიერი მიმართულებიდან ხედებს გამოსახავენ. 203-ე ნახაზზე გამოსახულია ისეთი დეტალის ნახაზი, რომლის გამოხაზვა სამ გეგმილთსიბრტყეზე დაგეგმილებით რთული და გაუგებარიც იქნებოდა, ამიტომ ამ ნახაზზე მოცემულია აღნიშნული დეტალის ერთი გეგმილი, დანარჩენი ფორმები კი ისრების მიმართულებიდან ნაწილობრივი ხედებით არის შევსებული.

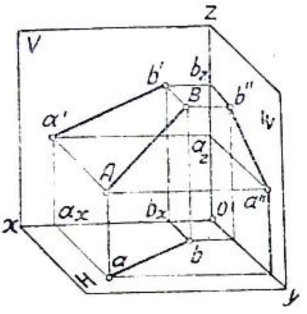


ნახ. 203.

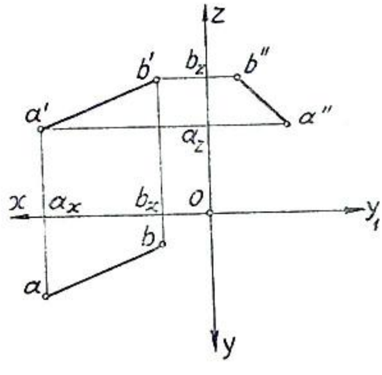
სწორი ხაზის მონაკვეთის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე

როგორც ცნობილია მხაზველობითი გეომეტრიიდან, ორთოგონალური დაგეგმილების დროს სწორი ხაზის მონაკვეთის გეგმილი თვით მონაკვეთზე მეტი სიგრძით არასდროს არ დაგეგმილდება. სწორი ხაზის მონაკვეთს სივრცეში ნაირგვარი მდებარეობა აქვს. შეიძლება სწორი ხაზი არც ერთი გეგმილთსიბრტყის მიმართ არ იყოს განსაზღვრულ მდებარეობაში (არ იყოს მარ-

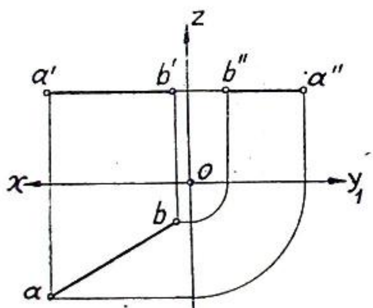
თობული ან პარალელური). მაშინ ასეთ სწორ ხაზს ზოგადი მდებარეობის სწორ ხაზს უწოდებენ. 204-ე ნახ.-ზე განხილულია ზოგადი მდებარეობის სწორი ხაზის AB მონაკვეთის დაგეგმილება. გეომეტრიიდან ცნობილია, რომ სწორი ხაზის მდებარეობა სივრცეში გარკვეულია, თუ ცნობილია ამ სწორი ხაზის ორი წერტილის მდებარეობა. ამიტომ ხშირად სწორი ხაზის ნაცვლად მის მონაკვეთზე ვლაპარაკობთ. ასევე შეიძლება ვთქვათ, რომ, თუ ცნობილია ორი წერტილის გეგმილი, მაშინ ამ ორი წერტილის შემაერთებელი სწორი ხაზის მონაკვეთის გეგმილიც ცნობილი იქნება.



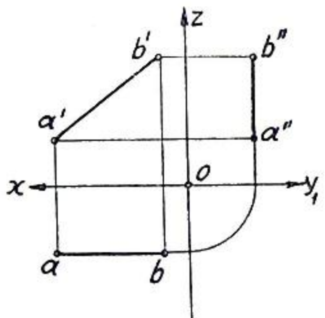
ნახ. 204.



ნახ. 205.



ნახ. 206.

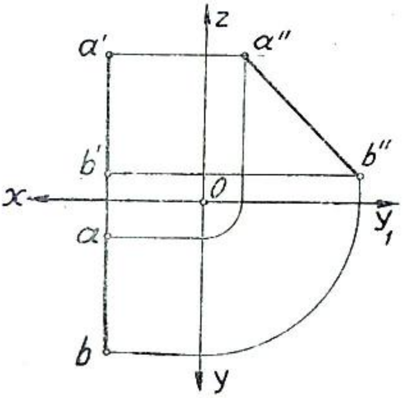


ნახ. 207.

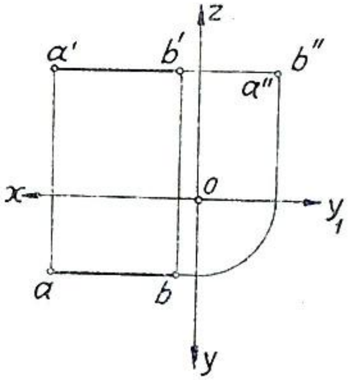
ზემოთ ჩვენ განვიხილეთ წერტილის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე. აღნიშნული წესით დაგეგმილებულია როგორც A, ისე B წერტილი. ამ წერტილების ერთსახელა გეგმილები შეერთებულია სწორი ხაზით. $a'b'$ არის მოცემული AB მონაკვეთის შვეული გეგმილი, ab — თარზული გეგმილი, $a''b''$ კი — პროფილი გეგმილი.

205-ე ნახ.-ზე მოცემულია AB სწორი ხაზის მონაკვეთის გეგმილების ეპიურა.

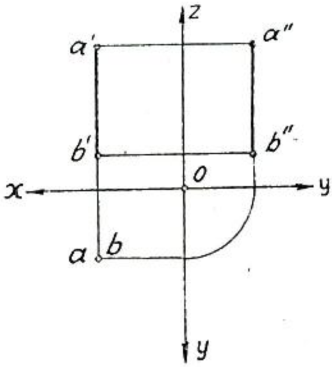
206-ე ნახ.-ზე განხილულია ისეთი სწორი ხაზის AB მონაკვეთის გეგმილები, როცა ეს სწორი ხაზი თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია. ამ შემთხვევაში $a'b'$ შვეული გეგმილი OX გეგმილთღერძის პარალელური იქნება.



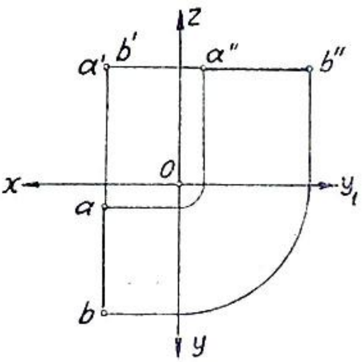
ნახ. 208.



ნახ. 209.



ნახ. 210.



ნახ. 211.

207-ე ნახ.-ზე მოცემულია შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური AB სწორი ხაზი. ასეთი ხაზის თარზული გეგმილი OX გეგმილთღერძის პარალელურია, $a'b'$ შვეულ გეგმილს გეგმილთღერძებთან ნებისმიერი მდებარეობა აქვს და $a''b''$ პროფილი გეგმილი OZ გეგმილთღერძის პარალელურია.

208-ე ნახ.-ზე მოყვანილია პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელური AB სწორი ხაზის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე.

209-ე ნახ.-ზე გამოხაზულია პროფილი გეგმილთსიბრტყის მართობული სწორი ხაზის AB მონაკვეთის გეგმილები. ამ შემთხვევაში a'', b'' წერტილები ერთ წერტილში დაგეგმილდა. ე. ი. სწორი ხაზის პროფილი გეგმილი წერტილია.

210-ე ნახ.-ზე განხილულია თარაზული გეგმილთსიბრტყის მართობული სწორი ხაზის AB მონაკვეთის სამი გეგმილი. ასეთი მონაკვეთის ab თარაზული გეგმილი წერტილია.

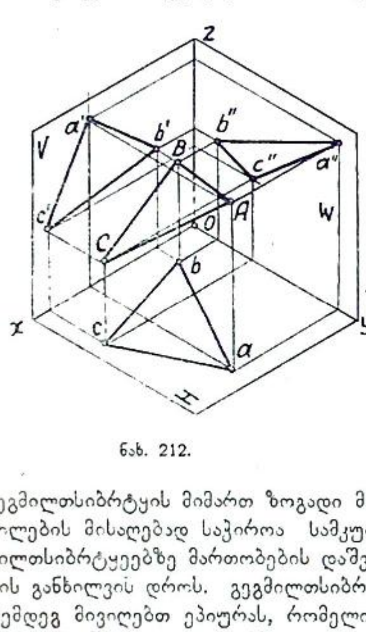
211-ე ნახ.-ზე მოცემულია შვეული გეგმილთსიბრტყის მართობული AB სწორი ხაზის მონაკვეთის სამი გეგმილი.

ასეთი სწორი ხაზის შვეული გეგმილი ერთ წერტილშია დამთხვეული.

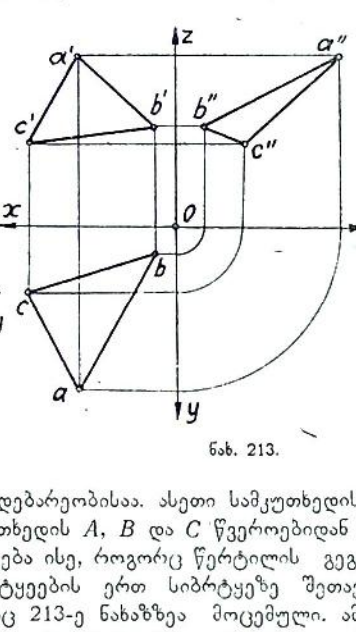
ბრტყელი ნაკვთების დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე

ბრტყელი ნაკვთი ეწოდება ისეთ ნაკვთს, რომლის ყველა წერტილი ერთ სიბრტყეში მდებარეობს. საკითხის გამარტივების მიზნით განვიხილოთ სამკუთხედი, რომელიც, ცხადია, მუდამ ბრტყელია.

სივრცეში მოცემულია ABC სამკუთხედი (ნახ. 212), რომელიც სამივე



ნახ. 212.



ნახ. 213.

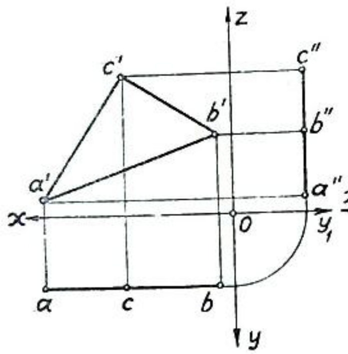
გეგმილთსიბრტყის მიმართ ზოგადი მდებარეობისაა. ასეთი სამკუთხედის გეგმილების მისაღებად საჭიროა სამკუთხედის A, B და C წვეროებიდან გეგმილთსიბრტყეებზე მართობების დაშვება ისე, როგორც წერტილის გეგმილების განხილვის დროს. გეგმილთსიბრტყეების ერთ სიბრტყეზე შეთავსების შემდეგ მივიღებთ ეპიურას, რომელიც 213-ე ნახაზზეა მოცემული. ამ შემთხვევაში შვეული და თარაზული გეგმილებიდან მესამე — პროფილი გეგმილის მისაღებად შემოხაზულია წრეხაზის რკალები, რომელთა გამოყენება სავალდებულო არ არის. როგორც ვხედავთ, მრავალკუთხედის დაგეგმილება ხდება ისე, როგორც წერტილების დაგეგმილება ვაწარმოეთ.

ახლა განვიხილოთ ისეთი სამკუთხედის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე, რომლის მდებარეობა სივრცეში რომელიმე გეგმილთსიბრტყის მიმართ განსაზღვრულია (გეგმილთსიბრტყის პარალელურია ან მართობული). 214-ე ნახ.-ზე მოცემულია ABC სამკუთხედის გეგმილები, როცა ეს სამკუთხედი შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია.

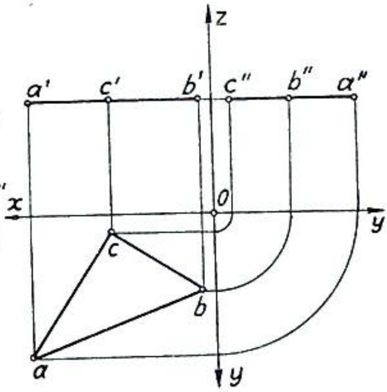
215-ე ნახ.-ზე თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური ABC სამკუ-თხედის გეგმილებია მოცემული.

216-ე ნახ.-ზე მოცემულია პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელური ABC სამკუთხედის გეგმილები.

217-ე ნახ.-ზე მოცემულია თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე მდებარე ABC სამკუთხედის გეგმილები.

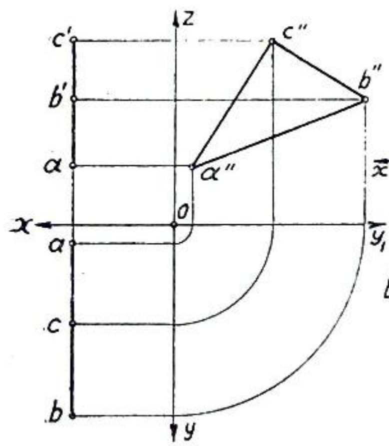


ნახ. 214.

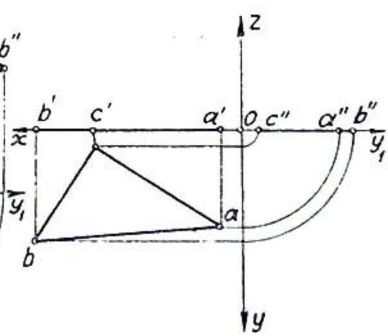


ნახ. 215.

ბრტყელი ნაკვთების დაგეგმილებიდან შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნა: გეომეტრიული სხეულების დაგეგმილების დროს თუ რომელიმე წახნაგი გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, მაშინ ის ამ გეგმილთსიბრტყეზე ნამდვილი სიდიდით დაგეგმილდება, გეგმილთსიბრტყის მართობული წახნაგი კი ამ გეგმილთსიბრტყეზე სწორი ხაზის მონაკვეთის სახით დაგეგმილდება.



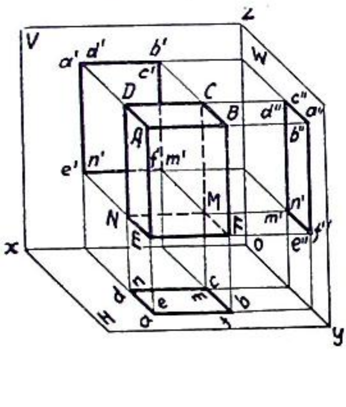
ნახ. 216.



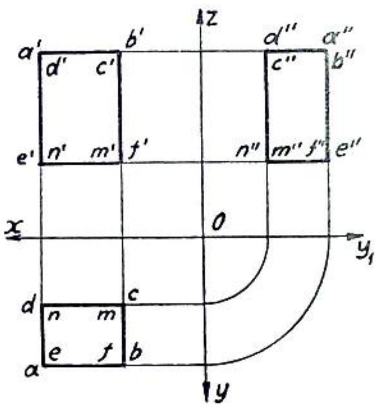
ნახ. 217.

გეომეტრიული სხეულების სამ გეგმილთსიბრტყეზე დაგეგმილება

როგორც ვიცით, გეომეტრიული სხეულები განისაზღვრება: დამახასიათებელი წერტილებით (წვეროებით, ცენტრებით, დიამეტრების ბოლო წერტილებით და სხვ.), მონაკვეთებით (წიბოებით, დიაგონალებით, მსახველებით და სხვ.). ბრტყელი ნაკვთებით (წახნაგებით, წრით და სხვ.), ან რაიმე მრუდე ზედაპირით (ცილინდრული, კონუსური, სფერული და სხვ.). ამიტომ საკმარისია რომელიმე მათგანის დაგეგმილებით თვით გეომეტრიული სხეულის გეგმილების მიღება.



ნახ. 218.



ნახ. 219.

გეომეტრიული სხეულების დაგეგმილების დასახასიათებლად განვიხილოთ პარალელეპიპედის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე (ნახ. 218). მოცემულია $ABCDEFMN$ მართი პარალელეპიპედი, რომელიც გეგმილთსიბრტყეების მიმართ ისეა დაყენებული, რომ ორი უდიდესი წახნაგი შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, ფუძეები კი — თარზული გეგმილთსიბრტყისა. მაშინ გვერდითი წახნაგები პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელური იქნება. ასეთი პარალელეპიპედის გეგმილები სამივე გეგმილთსიბრტყეზე წარმოადგენენ მართკუთხედებს.

შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე გამოსახულია პარალელეპიპედის წინა $ABEF$ წახნაგი თავისი ნამდვილი სახით (რადგან ამ გეგმილთსიბრტყის პარალელურია). ეს წახნაგი ფარავს მის ტოლ უკანა $DCMN$ წახნაგს. დანარჩენი წახნაგები ამ სიბრტყეზე მონაკვეთებად დაგეგმილდება (რადგან ისინი ამ სიბრტყის მართობულებია). შვეულ სიბრტყეზე გეგმილს მთავარი ხედი, ანუ ხედი წინიდან (წინხედი) ვუწოდეთ.

თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე მივიღებთ პარალელეპიპედის ზედა ფუძის, ABCD მართკუთხედის ნამდვილ სახეს (რადგან ის თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია), რომელიც დაფარავს მის ტოლ ქვედა ფუძის $EFMN$ მართკუთხედს. დანარჩენი წახნაგები ამ სიბრტყეზე მონაკვეთებად და-

გეგმილდება (როგორც გეგმილთსიბრტყის მართობული წახნაგები). თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს უწოდებენ გეგმას ან ხედს ზემოდან (ზედხედს). პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე მივიღებთ პარალელეპიპედის გვერდითი წახნაგის ნამდვილ სახეს — $AUEN$ მართკუთხედს, რომელიც დაფარავს მის ტოლ $BCFM$ წახნაგს (როგორც პროფილი სიბრტყის პარალელური წახნაგები). დანარჩენი წახნაგები ამ სიბრტყეზე მონაკვეთებად დაგეგმილდება (როგორც ამ გეგმილთსიბრტყის მართობული წახნაგები). პროფილ სიბრტყეზე გეგმილს უწოდებენ პროფილს, ხედს გვერდიდან (გვერდხედს).

ამ გეგმილთსიბრტყეების ერთ სიბრტყეზე შეთავსების შემდეგ მივიღებთ პარალელეპიპედის გეგმილებს (ნახ. 219). წინხედს, ზედხედს და გვერდხედს.

აღნიშნულ გეგმილებზე დაწერილი ასოები ნათელყოფენ პარალელეპიპედის წვეროების განლაგებას გეგმილებზე. ამიტომ რომელიმე საგნის დაგეგმილების დროს მხაზველს 218-ე ნახაზის სახით სივრცეში წარმოდგენილი უნდა ჰქონდეს დასაგეგმილებელი საგანი და ანალოგიურად წარმოიდგინოს გეგმილებს შორის კავშირი, რომელიც უზრუნველყოფს ხედების სწორად განლაგებას.

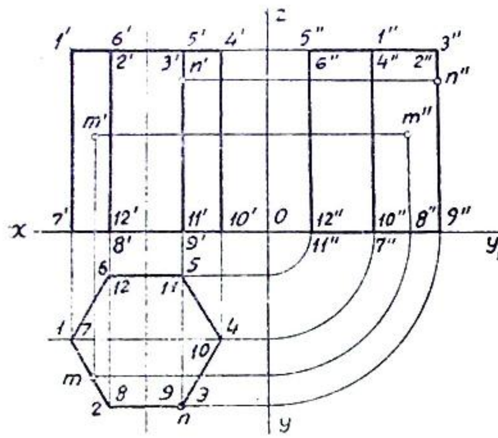
ამჯერად აქ მოკლედ მოყვანილი, მაგრამ განსაკუთრებული ყურადღების მისაპყრობი მასალის ახსნა-განმარტებით ვაკმაყოფილებთ გულისხმიერი მკითხველის მოთხოვნას გეგმილური ხაზვის ელემენტების შესწავლაზე და აღნიშნულის გამოყენებით განვიხილავთ რამდენიმე მაგალითს.

პრიზმის სამი გეგმილი

განვიხილოთ წესიერი ექვსწახნაგა პრიზმა, რომელიც ფუძით თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე დგას (ნახ. 220). თარზული გეგმილის გამოსახაზავად ამ შემთხვევაში გამოვიყენებთ წრეხაზს, რომელშიც ჩავხაზავთ წესიერ ექვსკუთხედს. ეს ექვსკუთხედი იქნება პრიზმის ფუძეების თარზული გეგმილი (ზედა და ქვედა ფუძეების გეგმილები შეთავსებულია).

ამ გეგმილზე, როგორც პარალელეპიპედის დაგეგმილებიდან ვიცით, თითოეული წერტილი ორი წერტილის გეგმილს წარმოადგენს. გვერდითი წიბოები, როგორც თარზული გეგმილთსიბრტყის მართობები, წერტილებად დაგეგმილდება. სივრცეში წარმოვიდგინოთ ეს ექვსწახნაგა პრიზმა და მის თორმეტივე წვეროს დავაწეროთ რიცხვები ისე, რომ ზედა ფუძის წვეროების აღმნიშვნელი რიცხვები ექვსკუთხედის გარეთ მოვათავსოთ. ქვედა ფუძის ექვსკუთხედის წვეროების აღმნიშვნელი რიცხვები კი — ექვსკუთხედის შიგნით. ქვედა ფუძის წვეროები 7, 8, 9, 10, 11 და 12 შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე დაგეგმილდება OX გეგმილთღერძზე, როგორც თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე მდებარე წერტილები. ზედა ფუძის წვეროები 1, 2, 3, 4, 5 და 6 შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე დაგეგმილდება OX გეგმილთღერძის პარალელურ სწორ ხაზზე OX ღერძიდან პრიზმის სიმაღლის ტოლ მანძილზე დაშორებული, ე. ი. გვერდითი წიბოები შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე დაგეგმილდება ნამდვილი სიგრძით, როგორც ამ გეგმილთსიბრტყის პარალელური მონაკვეთები. მივიღეთ პრიზმის შვეული გეგმილი, რომელიც წარმოადგენს სამ მართკუთხედს, რომელ-

თაგან შუა მართკუთხედი არის პრიზმის გვერდითი წახნაგის ნამდვილი სახე (როგორც შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური). იგი ფარავს მის პარალელურ უკან წახნაგს. დანარჩენი ორი მართკუთხედი დაგეგმილდება სიგანით ნახევარი და სიმაღლით ნამდვილი სიდიდით. ესენიც მათთან მდებარე თითო წახნაგს ფარავენ. წვეროების შვეულ გეგმილებზე რიცხვების დაწერა ვაწარმოეთ სივრცეში პრიზმის წარმოდგენით და თარზულ გეგმილზე წინასწარი შეთანხმებით დაწერილი რიცხვების საფუძველზე. მივიღეთ ორი გეგმილი—წინხედი და ზედხედი. გვერდხედის, ანუ მესამე გეგმილის მისაღებად ჯობს მივმართოთ ისევ სივრცეში პრიზმის წარმოდგენას, რომლის ხედი გვერდიდან მოგვცემს ორ მართ-



ნახ. 220.

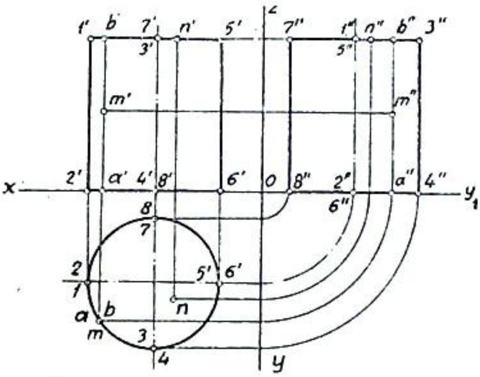
კუთხედს, რომელთაგან თითოეულის სიგანე ფუძის ექვსკუთხედში ჩახაზული წრეხაზის რადიუსის ტოლია და სიმაღლე კი — პრიზმის სიმაღლისა. პრიზმის წვეროების მესამე გეგმილებზე რიცხვების დაწერაც ვაწარმოოთ სივრცეში წარმოდგენილი პრიზმის მიხედვით. თუმცა წერტილის ორი გეგმილით მესამე გეგმილის პოვნითაც შეიძლებოდა. მაგრამ ეს უკანასკნელი სივრცულ წარმოდგენას ნაკლებად ავითარებს. ახლა განვიხილოთ ასეთი პრიზმის წახნაგზე მდებარე M წერტილის და წიბოზე მდებარე N წერტილის გეგმილები. M წერტილის შვეული გეგმილი (m') ავირჩიოთ ნებისმიერ ერთ-ერთ წახნაგზე, ამ შემთხვევაში 1 — 2 — 7 — 8 წახნაგზე, ე. ი. M ხილვადია. თარზული გეგმილი (m) იქნება ამ წახნაგის თარზულ გეგმილზე, რომელიც სწორი ხაზის მონაკვეთად დაგეგმილდა (როგორც გეგმილთსიბრტყის მართობული სიბრტყე). მესამე (m'') გეგმილი ვიპოვოთ წერტილის ორი გეგმილით მესამე გეგმილის პოვნის წესით. N წერტილი ავიღოთ 3—9 წიბოზე. ჯერ შვეული გეგმილი (n') ავიღოთ წიბოს შვეულ გეგმილზე. ამ წერტილის თარზული (n) გეგმილი მოთავსდება წიბოს თარზულ გეგმილზე, რომელიც წერტილს წარმოადგენს (როგორც თარზული გეგმილთსიბრტყის მართობული). მესამე გეგმილის მისაღებად მოვიქცევით ისე, როგორც წერტილის მესამე გეგმილის პოვნის დროს, მაგრამ ამ შემთხვევაში. რადგან წერტილი წიბოზე მდებარეობს, მისი მესამე გეგმილის პოვნა გამარტივდება — ის წიბოს მესამე ($3''9''$) გეგმილისა და OX გეგმილთღერძის პარალელური n' წერტილზე გამავალი სწორი ხაზის გადაკვეთის წერტილში მიიღება, ან შეგვეძლო უშუალოდ ამ წიბოს პროფილ გეგმილზე OX ღერძიდან შვეული გეგმილის (n') დაშორების ტოლ მანძილზე აგვეღო.

წრიული ცილინდრის სამი გეგმილი

განვიხილოთ მართი წრიული ცილინდრი, რომელიც განისაზღვრება ორი ტოლი მოპირდაპირე წრითა და ცილინდრული ზედაპირით.

ფუძით თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე დადგმული ასეთი ცილინდრის თარზული გეგმილი იქნება წრე (ნახ. 221), ხოლო შვეული გეგმილი — გეგმილთღერძზე დაბჯენილი მართკუთხედი, რომლის სიგანე ცილინდრის ფუძის წრის დიამეტრის ტოლი იქნება, სიმაღლე კი — ცილინდრის სიმაღლისა. ცილინდრის ორი გეგმილი მასზე სრულ წარმოდგენას იძლევა და ამიტომ მესამე გეგმილს არ გამოვხაზავენ.

ჩვენ ცილინდრის მესამე გეგმილს გამოვხაზავთ მის ზედაპირზე მდებარე წერტილის გამოსახაზავად და განმსაზღვრელი მსახველების ბოლოებზე წერტილების გეგმილების განლაგების გამოსარკვევად.



ნახ. 221.

განვიხილოთ ასეთი ცილინდრის ზედაპირზე მდებარე M წერტილის გეგმილების გამოხაზვა. ავიღოთ M წერტილის m' შვეული გეგმილი და მასზე გავავლოთ მსახველის შვეული გეგმილი $a'b'$, რომლის თარზული გეგმილი (ab) მოთავსდება წრეხაზზე ერთ წერტილში, ჩვენკენ, რადგან წერტილი ხილვადია. ცხადია, წერტილის m თარზული გეგმილიც იმავე წერტილში იქნება (როგორც იმავე მსახველზე მდებარე). M წერტილის მესამე გეგმილის საპოვნელად გამოვხაზავთ AB მსახველის მესამე $a''b''$ გეგმილს, რომელზედაც a'' წერტილიდან გადავზომავთ $a''m''=m'a'$ დაშორებას და მივიღებთ m'' მესამე გეგმილს.

ახლა ცილინდრის ზედა ფუძეზე ავიღოთ N წერტილი, რომლის n' შვეული გეგმილი ცილინდრის ზედა ფუძის შვეულ გეგმილზე დაგეგმილდება. n თარზული გეგმილი კი ცილინდრის ზედა ფუძის თარზულ გეგმილზე წრეზე მოთავსდება. N წერტილის პროფილი გეგმილის საპოვნელად გამოვიყენებთ წერტილის ორი გეგმილით მესამე გეგმილის პოვნის ზემოთ განხილულ ხერხს.

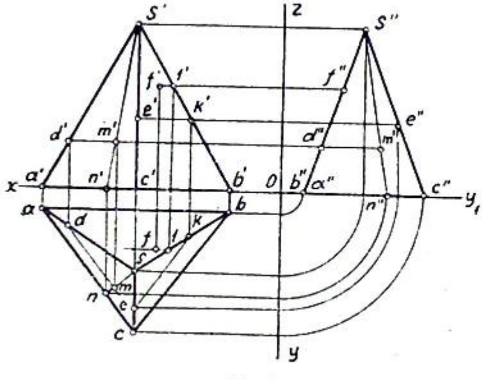
პირამიდის სამი გეგმილი

პირამიდა ისეთ გეომეტრიულ სხეულს ეწოდება, რომლის გვერდითი წახნაგები სამკუთხედებია, ფუძე წარმოადგენს ნებისმიერ მრავალკუთხედს, გვერდითი წიბოები კი თავს იყრიან ერთ წერტილში, რომელსაც პირამიდის წვერო ეწოდება. პირამიდის ფუძეში მდებარე მრავალკუთხედის გვერდების რაოდენობით განისაზღვრება პირამიდის სახელწოდება — სამწახნაგა პირამიდა, ე. ი. ფუ-

ძე სამკუთხედს წარმოადგენს: ოთხწახნაგა პირამიდა. ე. ი. ფუძე ოთხკუთხედია და ა. შ.

თუ პირამიდის ფუძე წესიერი მრავალკუთხედია და წვეროდან ფუძეზე დაშვებული მართობი მის ცენტრზე გაივლის, ასეთ პირამიდას წესიერი პირამიდა ეწოდება.

განვიხილოთ სამწახნაგა პირამიდის სამ გეგმილთსიბრტყეზე დაგეგმილება (ნახ. 222). პირამიდა ვიგულისხმოთ ფუძით თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე დადგმული. მისი თარზული გეგმილი მოგვცემს ფუძის სამკუთხედის ნამდვილ სახეს. პირამიდის წვეროს S თარზული გეგმილი ჩვენს შემთხვევაში მოთავსდება ფუძის სამკუთხედის გეგმილზე. შვეული გეგმილის მისაღებად ჯერ დავაგეგმილებთ პირამიდის ფუძეს, რომელიც დაგეგმილდება OX გეგმილთღერძზე (როგორც თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე მდებარე ნაკვთი). პირამიდის წვეროს შვეული s' გეგმილის მისაღებად მისი თარზული s გეგმილიდან CX გეგმილთღერძზე დავუშვებთ მართობს და გავაგრძელებთ. ამ სწორ ხაზზე გადავზომავთ OX გეგმილთღერძიდან ზევით დასაგეგმილებელი პირამიდის სიმაღლეს, მიღებულ s' წერტილს შევაერთებთ ფუძის სამკუთხედის წვეროების შვეულ გეგმილებთან, მივიღებთ პირამიდის შვეულ გეგმილს. მესამე გეგმილის მისაღებად ვიპოვოთ ფუძის სამკუთხედის მესამე გეგმილი და პირამიდის წვეროს მესამე გეგმილი. ეს წერტილები სწორი ხაზებით შევაერთოთ და მივიღებთ პირამიდის მესამე გეგმილს (გვერდხედს). ახლა განვიხილოთ ასეთი პირამიდის წახნაგზე მდებარე M წერტილის გეგმილები. პირამიდის ერთ-ერთი წახნაგის შვეულ გეგმილზე, ამ შემთხვევაში $a'\,c'\,s'$ სამკუთხედზე, ავიღოთ M წერტილის (m') შვეული გეგმილი. M წერტილის თარზული გეგმილის მისაღებად m' წერტილზე გავავლოთ $s'n'$ სწორი ხაზი, რომელსაც ცრუ წიბო ეწოდება. ვიპოვოთ ამ ცრუ წიბოს



ნახ. 222.

თარზული გეგმილი. N წერტილის თარზული გეგმილი მოთავსდება პირამიდის ფუძის AC წიბოზე. n და s წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით; ns არის იმ ცრუ წიბოს თარზული გეგმილი, რომელზედაც ძევს M წერტილი, რომლის თარზული გეგმილი, ცხადია, ამ წიბოს ns თარზულ გეგმილზე მოთავსდება. M წერტილის მესამე (m'') გეგმილის მისაღებად ვიპოვოთ ცრუ წიბოს მესამე ($n''s''$) გეგმილი: m' წერტილიდან გავავლოთ OX გეგმილთღერძის პარალელური სწორი ხაზი $n''s''$ ცრუ წიბოს მესამე გეგმილის გადაკვეთამდე, მივიღებთ M წერტილის (m'') მესამე გეგმილს. ამ ნახაზზე მოცემულია M წერტილის გეგმილების განსაზღვრის სხვა წესი: წერტილის შვეულ გეგმილზე ნაგუ-

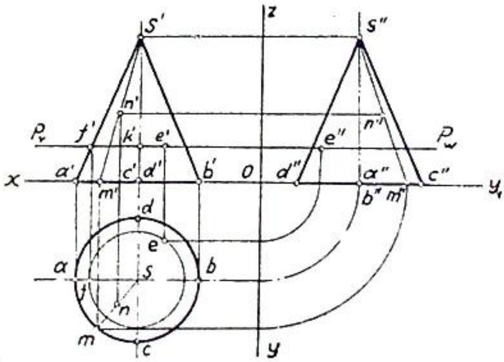
ლისხმევია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყის გატარება, რომელიც თარზულ გეგმილზე მოგვცემს ფუძის მსგავს მრავალკუთხედს, ამ წერტილის შვეულ გეგმილზე (m') გავლებულია თარზულას შვეული გეგმილი, რომლის გადაკვეთა $a's'$ წიბოს შვეულ გეგმილთან აღნიშნულია d'-ით, ამ წერტილის თარზული (d) გეგმილი, ცხადია, წიბოს თარზულ (as) გეგმილზე იდება. d თარზულ გეგმილზე გავლებულია თარზულას თარზული გეგმილი ფუძის წიბოს თარზული გეგმილის (ac) პარალელურად და ამ ხაზზე მიღებულია M წერტილის m თარზული გეგმილი. შემდეგ, ორი გეგმილით მიღებულია m'' მესამე გეგმილი.

ამავე ნახაზზე მოცემულია პროფილ სიბრტყეში მდებარე CS წიბოს E წერტილის გეგმილების განსაზღვრის ორი ხერხი: E წერტილის შვეულ e' გეგმილზე გავლებულია თარზულა, რომლის თარზული გეგმილის გადაკვეთა CS წიბოს თარზულ გეგმილთან მოგვცემს E წერტილის e თარზულ გეგმილს, მესამე გეგმილი უშუალოდ მიიღება OX ღერძის პარალელური სწორი ხაზისა და $c''s''$ წიბოს მესამე გეგმილის გადაკვეთაზე: ამ წერტილის გეგმილების განსაზღვრის ხერხი ნაჩვენებია პირამიდის მესამე გეგმილის გამოყენებით, e' შვეულ გეგმილზე გავლებულია OX ღერძის პარალელური სწორი ხაზი, რომლის $c's'$ მესამე გეგმილთან გადაკვეთა მოგვცემს E წერტილის e'' პროფილ გეგმილს, საიდანაც ადვილად მიიღება e თარზული გეგმილი. აქვე განხილულია პირამიდის უკანა წახნაგზე მდებარე F წერტილის გეგმილების განსაზღვრის ერთ-ერთი ხერხი, სადაც გამოყენებულია თარზულა. ცხადია, ამ წერტილის გეგმილების მიღება შეიძლებოდა ცრუ წიბოს გავლებით, ან ზემოაღნიშნული ხერხით — მესამე გეგმილის გამოყენებით.

კონუსის გეგმილები

კონუსი ეწოდება ისეთ გეომეტრიულ სხეულს, რომელიც შემოსაზღვრულია ერთი სიბრტყით და კონუსური ზედაპირით. ჩვენს შემთხვევაში კონუსის ფუძე წარმოადგენს წრეს და მისი წვეროდან ფუძეზე დაშვებული მართობი წრის ცენტრზე გადის.

განვიხილოთ მართი წრიული კონუსი. ასეთი კონუსის ორი გეგმილი სრულიად საკმარისია მისი განსაზღვრისათვის და ამიტომ მესამე გეგმილს არ ხაზავენ. კონუსის მესამე გეგმილს ჩვენ გამოვხაზავთ მის ზედაპირზე მდებარე წერტილების გეგმილების განლაგების განსაზღვრისათვის.



ნახ. 223.

223-ე ნახ.-ზე განხილული კონუსი ფუძით თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე დგას. განვიხილოთ ასეთი კონუსის ზედაპირზე

მდებარე N წერტილი, რომლის შვეული n' გეგმილი ავიღოთ ნებისმიერად კონუსის შვეულ გეგმილზე. დანარჩენ გეგმილებს ვღებულობთ პირამიდის შემთხვევის ანალოგიურად. N წერტილი ვიგულისხმოთ კონუსის ზედაპირზე ჩვენკენ (ხილვადია). N წერტილზე გავავლოთ SM მსახველი, n' წერტილზე — მსახველის $s'm'$ შვეული გეგმილი, ვიპოვოთ M წერტილის თარზული გეგმილი m, რომელიც კონუსის ფუძის თარზულ გეგმილზე იქნება მოთავსებული (წრეხაზზე ჩვენკენ). შევაერთოთ m წერტილი s წერტილთან, მივიღებთ SM მსახველის sm თარზულ გეგმილს. n' წერტილიდან OX ღერძის მართობი სწორი ხაზით გადავკვეთოთ sm მსახველი, მივიღებთ N წერტილის თარზულ n გეგმილს.

ვიპოვოთ SM მსახველის მესამე $s''m''$ გეგმილი და OX ღერძის პარალელურად n' წერტილიდან გავავლოთ სწორი ხაზი $s''m''$ მონაკვეთის გადაკვეთამდე, მივიღებთ N წერტილის მესამე n'' გეგმილს.

ახლა განვიხილოთ კონუსის ზედაპირზე მდებარე E წერტილის გეგმილების განსაზღვრის მეორე ხერხი. ნაგულისხმევია, რომ E წერტილი მდებარეობს კონუსის ზედაპირის მეორე მხარეს (უხილავია). შვეულ e' გეგმილზე გავავლოთ თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე; ეს სიბრტყე კონუსის კვეთაში მოგვცემს ფუძის წრეხაზის პარალელურ $k'f'$-რადიუსიან წრეხაზს, რომლის თარზული გეგმილის მისაღებად s წერტილიდან (ფუძის წრეხაზი თარზული გეგმილის ცენტრიდან) $k'f'=fs$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზი, რომელზედაც ab ღერძის ზემოთ (როგორც უხილავი) მოთავსდება E წერტილის თარზული e გეგმილი. მესამე გეგმილი მოთავსდება P სიბრტყის პროფილ P_{w} კვალზე. ჩვენ განვიხილეთ შემთხვევები, როცა ნებისმიერად ვიღებდით წერტილის შვეულ გეგმილს; შეიძლება მოცემული გვქონდეს სხვა რომელიმე გეგმილი (ან ავიღოთ ნებისმიერი), მაშინ დანარჩენი გეგმილები განხილული მეთოდით მოინახება, მაგრამ წერტილის გეგმილების განსაზღვრის თანამიმდევრობა არ შეიცვლება.

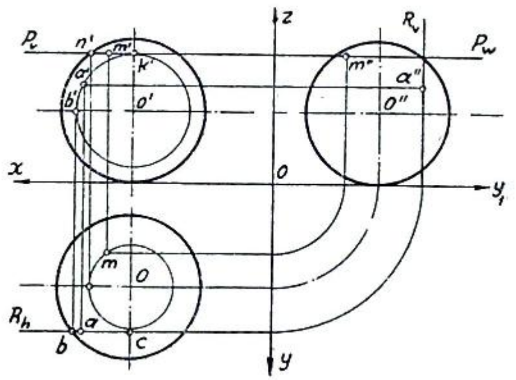
სფეროს დაგეგმილება

სფერო წარმოადგენს ისეთ ბრუნვით სხეულს, რომელიც მიიღება წრეხაზის ბრუნვით თავისი დიამეტრის გარშემო (ნახ. 224). სფეროს ზედაპირზე მდებარე წერტილები თანატოლადაა დაშორებული ერთი წერტილიდან, რომელსაც სფეროს ცენტრი ეწოდება. სფეროს ორთოგონალური გეგმილი წარმოადგენს წრეხაზს, რომლის დიამეტრი სფეროს დიამეტრის ტოლია. ამგვარად, სფეროს გეგმილები სამივე გეგმილთსიბრტყეზე თანატოლ წრეხაზებს წარმოადგენენ (ნახ. 224). ახლა განვსაზღვროთ სფეროს ზედაპირზე მდებარე წერტილების გეგმილები.

განვიხილოთ სფეროს ზედაპირზე მდებარე ისეთი M წერტილი, რომელიც წინხედზე უხილავია. სფეროს შვეულ გეგმილზე ავიღოთ ნებისმიერი M წერტილის შვეული m' გეგმილი და მის მიხედვით განვსაზღვროთ დანარჩენი გეგმილები: თარზული გეგმილის მისაღებად m' წერტილზე გავავლოთ თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე, რომლის შვეული კვალი OX გეგმილთღერძის პარალელურია და სფეროს განკვეთით მივიღებთ წრეხაზს, რომელიც, რაკი თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, მასზე ნამდვილი

სახით დაგეგმილდება. სფეროს თარზული გეგმილის ცენტრიდან შემოვხაზოთ $k'n'$-რადიუსიანი წრეხაზი $k'n' = Om$. მივიღებთ იმ წრეხაზის თარზულ გეგმილს, რომელზედაც წრეხაზის ცენტრის ხაზს ზევით მოთავსდება M წერტილის m თარზული გეგმილი.

M წერტილის მესამე m'' გეგმილი მკვეთი სიბრტყის Pw კვალზე მოთავსდება, შვეული ცენტრის ხაზის მარცხნივ.



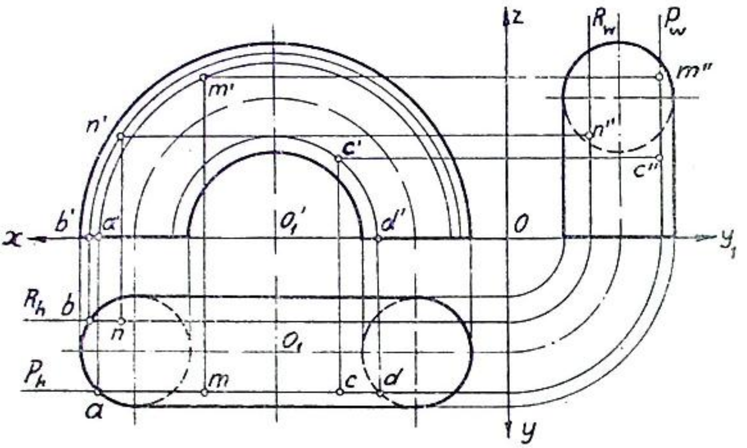
ნახ. 224.

სფეროს ზედაპირზე მდებარე A წერტილის გეგმილების განსაზღვრისათვის მოცემულია თარზული გეგმილი a; მასზე გავატარებთ შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურ R სიბრტყეს, რომელიც სფეროზე მოკვეთს cb-რადიუსიან წრეხაზს. A წერტილის შვეული გეგმილის საპოვნელად სფეროს შვეულ გეგმილზე o' ცენტრიდან შემოვხაზავთ $cb = o'b'$-რადიუსიან წრეხაზს; ვინაიდან ვგულისხმობთ, რომ A წერტილი თარზულ გეგმილზე ხილვადია, ამიტომ მისი შვეული გეგმილი მოთავსდება ცენტრის ხაზს ზემოთ. $o'b'$-რადიუსიანი წრეხაზის შვეულ გეგმილზე, a წერტილიდან OX ღერძის მართობზე. A წერტილის მესამე, a'' გეგმილის მისაღებად a' წერტილზე გავატარებთ OX ღერძის პარალელურ სწორ ხაზს Rw კვალის გადაკვეთამდე.

რგოლის გეგმილები

თუ განვიხილავთ წრეხაზის ბრუნვას არა დიამეტრის ირგვლივ, არამედ დიამეტრის პარალელური ქორდის ირგვლივ, მივიღებთ „ტორს". წრეხაზის ბრუნვით ქორდის ირგვლივ შეიძლება მივიღოთ ორი სახის „ტორი": ა) ქორდის ირგვლივ წრის ნახევარზე მეტი ნაწილის ბრუნვით — ვაშლისებრი და ბ) ქორდის ირგვლივ წრის ნახევარზე ნაკლები ბრუნვით — ლიმონისებრი „ტორი". რგოლი ისეთი „ტორია", რომელიც მიიღება წრეხაზის სიბრტყეში წრეხაზის გარეშე მდებარე ბრუნვის ღერძის ირგვლივ ამ წრეხაზის ბრუნვით.

225-ე ნახ.-ზე მოცემულია ნახევარი რგოლის სამი გეგმილი და ასეთი რგოლის ზედაპირზე — სამი წერტილი. მოცემულია: რგოლის ზედაპირზე მდებარე M წერტილი, რომელიც სამივე გეგმილზე ხილვადია, და ასეთი წერტილის (m) თარზული გეგმილი; უნდა ვიპოვოთ ორი დანარჩენი გეგმილი. ამისათვის თარზულ (m) გეგმილზე გავავლოთ შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე, იგი რგოლს ჩამოკვეთს ზოლს, რომელიც განსაზღვრულია o'_1a' და o'_1d'-რადიუსებიანი რკალებით; ამ რკალების რადიუსების განსაზღვრა ხდება რგოლის თარზული გეგმილიდან, სადაც P სიბრტყის P_h



ნახ. 225.

კვალი გაკვეთს თარაზულ გეგმილთსიბრტყეზე მდებარე წრეხაზებს, რომლებიც ნახევარი რგოლის კვეთის წრეხაზებია; a და d წერტილებს დავაგეგმილებთ OX გეგმილთღერძზე და o'_1 ცენტრიდან შემოვხაზავთ $o_1'a'$ და $o_1'd'$-რადიუსებიან წრეხაზებს. M წერტილის შვეული m' გეგმილი, როგორც ხილვადი, $o_1'a'$-რადიუსიან წრეხაზზე მოთავსდება. C წერტილი თარაზულ გეგმილზე იგულისხმება უხილავი, ამიტომ მისი შვეული c' გეგმილი მოთავსდება $o_1'd'$-რადიუსიან წრეხაზზე და ხილვადი იქნება. M და C წერტილების პროფილი გეგმილების მისაღებად m' და c' წერტილებიდან გავავლებთ OX ღერძის პარალელურ სწორ ხაზებს, რომელთა P_w პროფილ კვალთან გადაკვეთა მოგვცემს m'' და c'' პროფილ გეგმილებს. ამავე რგოლის ზედაპირზე მოცემულია N წერტილი, რომელიც შვეულ გეგმილზე უხილავია. მოცემულია ასეთი წერტილის n' შვეული გეგმილი: დანარჩენი ორი გეგმილის საპოვნელად o_1' ცენტრიდან $o_1'n'$ რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალს OX ღერძის გადაკვეთამდე; ვიგულისხმებთ, რომ ეს რკალი მოგვცა შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურმა სიბრტყემ, რომლის კვალი გაივლიდა b თარაზულ გეგმილზე, ეს სიბრტყე იყოს R სიბრტყე. მისი R_h თარაზული კვალი გავავლოთ b წერტილზე. სიბრტყის ამ კვალზე n' წერტილიდან OX გეგმილთღერძის მართობზე მივიღებთ N წერტილის თარაზულ გეგმილს, რომელიც ხილვადია. მესამე გეგმილი R სიბრტყის R_w პროფილ კვალზე დაგეგმილდება n' შვეული გეგმილიდან.

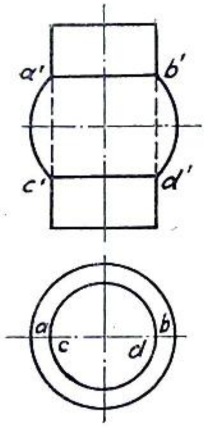
ჩვენ მიერ განხილული იყო ძირითადი გეომეტრიული სხეულების დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე და ასეთი სხეულების ზედაპირებზე წერტილების გეგმილების განლაგება. აღნიშნული საკითხის ღრმა ანალიზი საშუალებას მოგვცემს სხეულების გეგმილებით წარმოვიდგინოთ მათი სივრცული ფორმა. სხეულების ზედაპირებზე წერტილების გეგმილების განსაზღვრა სხვადასხვა სხეულის ზედაპირების ურთიერთგადაკვეთით მიღებული საერთო ხაზის, გადასვლის ხაზის, გეგმილების გამოხაზვის საშუალებას მოგვცემს.

გადასვლის ხაზები

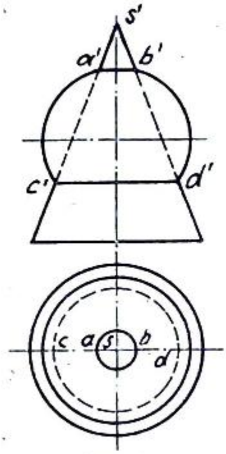
ორი სხვადასხვა გეომეტრიული სხეულის ზედაპირების ურთიერთგადაკვეთა გვაძლევს ხაზს, რომელიც ორივე ზედაპირისათვის საერთოა და ამიტომ მას ერთი ზედაპირიდან მეორე ზედაპირზე გადასვლის ხაზს უწოდებენ.

226-ე ნახ.-ზე მოცემულია სფეროს განკვეთა ცილინდრთან, რაც გვაძლევს ცილინდრული და სფერული ზედაპირების საერთო ხაზებს; ამ შემთხვევაში ეს ხაზები წრეხაზებია, რომელთა შვეული გეგმილები სწორი ხაზის $a'b'$ და $c'd'$ მონაკვეთებს იძლევიან, თარზული გეგმილები კი ცილინდრის თარზულ გეგმილს დაემთხვევიან, ე. ი. მივიღებთ ab და cd-დიამეტრებიან წრეხაზებს. მესამე გეგმილი ისეთივეა, როგორიც შვეული გეგმილი.

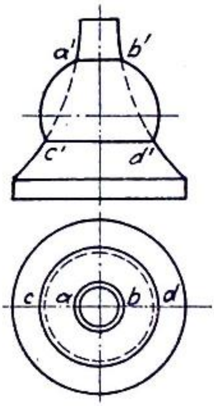
227-ე ნახ.-ზე მოცემულია სფეროს განკვეთა კონუსთან, რაც იძლევა ორ წრეხაზს ab და cd დიამეტრებით. შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე ეს წრეხაზები სწორი ხაზის მონაკვეთებად დაგეგმილდება ($a'b'$ და $c'd'$), ხოლო მათი თარზული გეგმილები გვაძლევენ ab და cd-დიამეტრებიან წრეხაზებს. მესამე გეგმილი ისეთივეა, როგორიც შვეული გეგმილი.



ნახ. 226.



ნახ. 227.



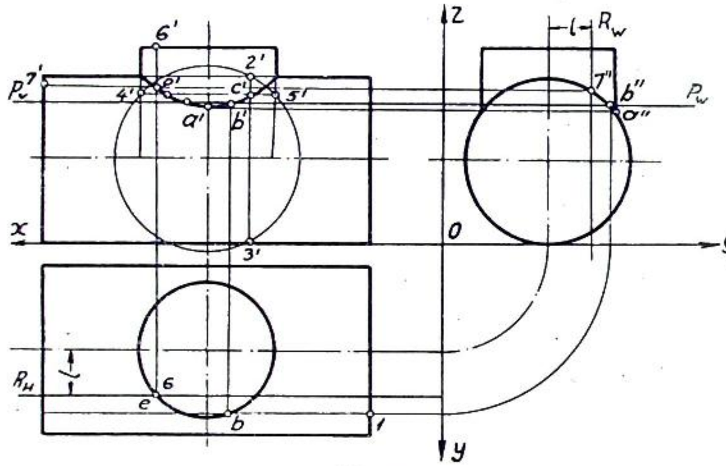
ნახ. 228.

228-ე ნახ.-ზე მოცემულია სფეროს კვეთა ნებისმიერი ფორმის ბრუნვითი სხეულთან, რაც გვაძლევს ორ წრეხაზს AB და CD დიამეტრებით. ასეთი წრეხაზების შვეული გეგმილი $a'b'$ და $c'd'$ სწორი ხაზის მონაკვეთებია. თარზული გეგმილები წარმოადგენენ წრეხაზებს, რომელთა დიამეტრებია ab და cd; მესამე გეგმილი ისეთივეა, როგორიც შვეული გეგმილი.

ამ მაგალითებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ სფეროს გადაკვეთა ბრუნვითი სხეულით, რომლის ღერძის ხაზი სფეროს ცენტრზე გადის, გვაძლევს წრეხაზს და, ცხადია, თუ ბრუნვითი სხეულის ღერძი რომელიმე გეგმილთსიბრტყის მართობულია, მაშინ ამ გეგმილთსიბრტყეზე გადასვლის ხაზი ნამდვილი სახით, ე. ი. წრეხაზად დაგეგმილდება, დანარჩენ ორ გეგმილთსიბრტყეზე კი — სწორი ხაზის მონაკვეთებად.

ორი ცილინდრის ურთიერთკვეთა

განვიხილოთ ორი ცილინდრის კვეთის ისეთი შემთხვევა, როდესაც ცილინდრის ღერძები ურთიერთმკვეთი და მართობულია (ნახ. 229). საჭიროა ასეთი ცილინდრული ზედაპირების საერთო ხაზის გეგმილების პოვნა. ამ ამოცანის შესრულება სხვადასხვა ხერხით შეიძლება: ჯერ ვიპოვოთ გადასვლის ხაზის შვეული გეგმილი და მასზე ისეთი წერტილი, რომელიც საერთო ხაზის ყველაზე ქვემოთ მდებარე წერტილი იქნება; ეს წერტილი არის A, რომლის პროფილი გეგმილი a'' უშუალოდაა მიღებული; შვეულ გეგმილზე a''-დან გავავლოთ OX ღერძის პარალელური ხაზი შვეული ღერძის გადაკვეთამდე; მივიღებთ a' შვეულ გეგმილს. ახლა მოვნახოთ დანარჩენი წერტილები. a' წერტილს ზემოთ



ნახ. 229.

გავავლოთ თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე, რომელიც გაკვეთს ორივე ცილინდრს. განკვეთის ხაზი პროფილსიბრტყეზე ცილინდრის პროფილგეგმილს — წრეხაზს დაემთხვევა და ამ წრეხაზის P_w კვალით გადაკვეთაზე ავიღოთ b'' წერტილი, რომლის საშუალებით ვიპოვით დანარჩენ გეგმილებს. P სიბრტყის მიერ ჰორიზონტალური ცილინდრის განკვეთით მიღებული მსახველები მოგვცემენ ამ ცილინდრის თარზულ გეგმილზე ჰორიზონტალური ღერძის ორივე მხარეს თანაბრად დაშორებულ ორ პარალელურ ხაზს (მსახველებს), რომლებიც ნახაზზე 1 წერტილზე გამავალი ერთი მსახველით ვუჩვენეთ. ამ მსახველების გადაკვეთა შვეული ცილინდრის თარზულ გეგმილთან — წრეხაზთან გვაძლევს ორივე ცილინდრის საერთო ოთხი წერტილის თარზულ გეგმილებს, რომელთაგან ნახაზზე მხოლოდ ერთია აღნიშნული. წერტილების თარზული გეგმილებიდან P სიბრტყის P_v შვეულ კვალზე მივიღებთ ამ წერტილების შვეულ გეგმილებს (ნახაზზე ნაჩვენებია მხოლოდ B წერტილის გეგმილები). თუ გამოვიყენებთ სფერულ ზედაპირებს, შეიძლება უშუალოდ ერთი შვეული გეგმილით ვიპოვოთ ასეთი ცილინდრების ზედაპირების საერთო წერტილე-

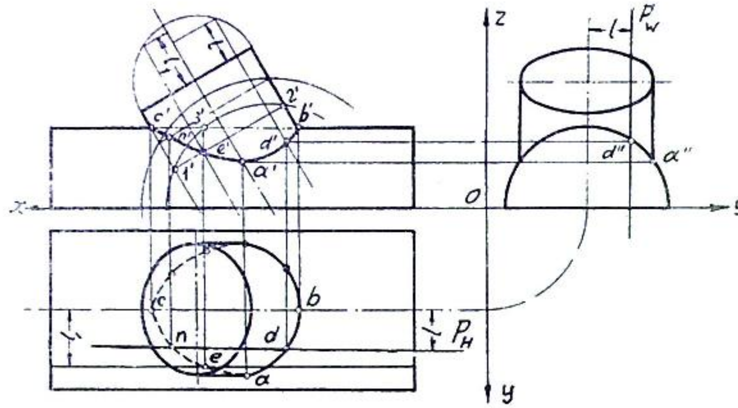
ბი, ე. ი. გადასვლის ხაზის წერტილების გეომეტრიული ადგილი. ამ ნახაზზე განხილულია ასეთი სფერული ზედაპირით C და მისი სიმეტრიული წერტილების მიღება. როგორც ვიცით, სფეროს გეგმილი წრეხაზია და ამიტომ ცილინდრების ღერძის ხაზების ურთიერთგადაკვეთის წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, ნებისმიერი რადიუსით (არა უმცირესი ცილინდრის რადიუსებისა) შემოვხაზავთ წრეხაზს, რომელიც ჰორიზონტალურ ცილინდრს გადაკვეთს $2'$ და $3'$ წერტილებზე, შვეულ ცილინდრს კი — $4'$ და $5'$ წერტილებზე. $2'$ — $3'$ და $4'$ — $5'$ სწორი ხაზების გადაკვეთა მოგვცემს c' წერტილს, რომელიც სამი ზედაპირის საერთო წერტილია. ასევე მივიღებთ ამ წერტილის სიმეტრიულ წერტილსაც. ასეთი ცილინდრული ზედაპირების საერთო წერტილები შეიძლება ვიპოვოთ შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური R სიბრტყის დახმარებით. ამ სიბრტყის R_h თარზული კვალი გავავლოთ ჰორიზონტალური ღერძიდან L მანძილით დაშორებით, რომელიც გაკვეთს ორივე ცილინდრს. შვეულ ცილინდრზე მივიღებთ $6'$ წერტილზე გამავალ მსახველს, ჰორიზონტალურ ცილინდრზე კი — $7'$ წერტილზე გამავალ მსახველს: ამ უკანასკნელის მისაღებად გამოვიყენებთ მესამე გეგმილს, სადაც R_w პროფილ კვალს გავავლებთ შვეული ღერძიდან მარჯვნივ l მანძილით დაშორებით: მიღებული $7''$ წერტილის საშუალებით ვიპოვით $7'$ წერტილს. მიღებული მსახველების ურთიერთგადაკვეთა მოგვცემს E წერტილის შვეულ e' გეგმილს. ამავე დროს ანალოგიურად მივიღებთ E წერტილის სიმეტრიულ წერტილსაც.

მიღებული წერტილების მრუდსახაზით მდოვრედ შეერთება მოგვცემს გადასვლის ხაზს. ამ ნახაზზე ნაჩვენებია წერტილების მიღების ორი ხერხი — გეგმილთსიბრტყეების პარალელური სიბრტყეების გავლება და სფერული ზედაპირების გამოყენება. ვინაიდან მხოლოდ შვეული გეგმილი იძლევა გადასვლის ხაზის არაწრიულ ფორმას და დანარჩენი ორი გეგმილი წრეხაზზეა დაგეგმილებული, ცხადია, სფერული ზედაპირების გამოყენებით უფრო მარტივად მიიღება წერტილების შვეული გეგმილები.

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა ცილინდრების ღერძები გადაკვეთილია, მხოლოდ ურთიერთმართობული არ არის.

ასეთ შემთხვევაში შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც სფერული ზედაპირები, ისე შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეები. A წერტილის მისაღებად გამოყენებულია მესამე გეგმილი, სადაც დახრილი ცილინდრის განაპირა მსახველის წრეხაზთან (ჰორიზონტალური ცილინდრის მესამე გეგმილი) გადაკვეთა გვაძლევს a'' მესამე გეგმილს, საიდანაც გავლებულია OX ღერძის პარალელური სწორი ხაზი დახრილი ცილინდრის შვეული გეგმილის ღერძის ხაზის გადაკვეთამდე. მივიღებთ a' შვეულ გეგმილს. a თარზული გეგმილის მისაღებად დახრილი ცილინდრის განაპირა მსახველზე a' გეგმილიდან დაშვებულია მართობი (ნახ. 230).

B და C წერტილების შვეული გეგმილები b' და c' მიღებულია უშუალოდ განაპირა მსახველების გადაკვეთით. ამ წერტილების b და c თარზული გეგმილები მიღებულია შვეული b' და c' გეგმილებიდან ღერძის ხაზზე მართობების დაშვებით. D წერტილის მისაღებად გამოყენებულია შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე, რომლის P_h თარზული კვალი L მანძილითაა დაშორებული ღერძიდან და გვაძლევს ცილინდრებთან განკვეთის ხაზებს, ე. ი. მსახველებს. ჰორიზონტალური ცილინდრის მსახველის განსა-

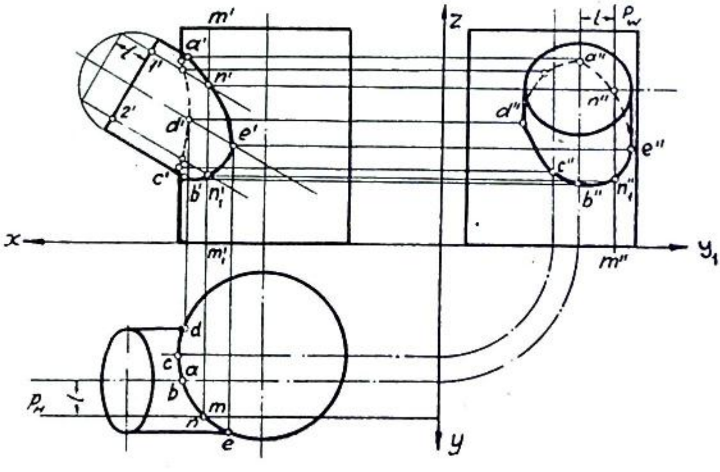


ნახ. 230.

ზღვრისათვის გამოვიყენეთ მესამე გეგმილი, სადაც ღერძიდან l მანძილით დაშორებული P_w კვალის წრეხაზთან (ჰორიზონტალური ცილინდრის მესამე გეგმილი) გადაკვეთა გვაძლევს d'' მესამე გეგმილს. დახრილ ცილინდრზე მსახველის გამოსახაზავად გამოვიყენოთ ამ ცილინდრის კვეთის ნახევრის (ნახევარი წრეხაზი) შეთავსება შვეულ გეგმილთსიბრტყესთან და ღერძის მიმართულებით გადავზომოთ l მანძილი, მიღებულ წერტილზე გავლებული ღერძის მართობული სწორი ხაზის წრეხაზის ნახევარ რკალთან გადაკვეთის წერტილზე გავავლოთ ღერძის პარალელური ხაზი. ეს იქნება P სიბრტყით დახრილ ცილინდრთან მიღებული მსახველი. d'' წერტილიდან ჰორიზონტალურ ცილინდრზე OX ღერძის პარალელური ხაზის გავლებით მივიღებთ ამ ცილინდრის P სიბრტყით განკვეთის მსახველის შვეულ გეგმილს; მიღებული მსახველების შვეული გეგმილების ურთიერთკვეთა გვაძლევს d' შვეულ გეგმილს, საიდანაც P_H თარზულ კვალზე მივიღებთ d თარზულ გეგმილს. E წერტილის მისაღებად გამოყენებულია სფერული ზედაპირი, რომლის მისაღებად ცილინდრების ღერძების გადაკვეთის წერტილიდან შემოხაზულია წრეხაზი, რომელიც დახრილ ცილინდრს კვეთს $1'$ — $2'$ სწორ ხაზზე; ჰორიზონტალური ცილინდრის სფეროსთან განკვეთა მოგვცემს ამ ცილინდრის ღერძის მართობ სწორ ხაზს, რომელიც $3'$ წერტილზე გაივლის. მიღებული სწორი ხაზების ურთიერთგადაკვეთა მოგვცემს e' შვეულ გეგმილს. E წერტილის თარზული გეგმილის მისაღებად გამოხაზულია ამ წერტილზე გამავალი მსახველის თარზული გეგმილი, რომლის მისაღებად გამოვიყენეთ დახრილი ცილინდრის კვეთის შვეულ გეგმილთსიბრტყესთან შეთავსების წრეხაზის ნახევარი. e' შვეულ გეგმილზე გავლებულია ღერძის პარალელური სწორი ხაზი, რომლის გადაკვეთა მიღებულ ნახევარ წრეხაზთან გვაძლევს l_1 ქორდის ნახევარს, რომელიც გადაზომილია თარზული გეგმილის ჰორიზონტალური ღერძის ქვევით და გავლებულია იმ მსახველების გეგმილი, რომლების ურთიერთგადაკვეთაზე ძევს E წერტილი (ამ შემთხვევაში ორივე ცილინდრის მსახველების თარზული გეგმილები დამთხვეულია ერთ

სწორ ხაზზე). მიღებულ სწორ ხაზზე e' წერტილიდან დაშვებული მართობი გვაძლევს e თარზულ გეგმილს. მიღებული წერტილების სიმეტრიული წერტილები მიიღება ღერძის მეორე მხარეს გადაზომვით. ასეთი წესით შეიძლება განვსაზღვროთ სხვა დამატებითი წერტილებიც და მრუდსახაზით შევაერთოთ მდოვრედ.

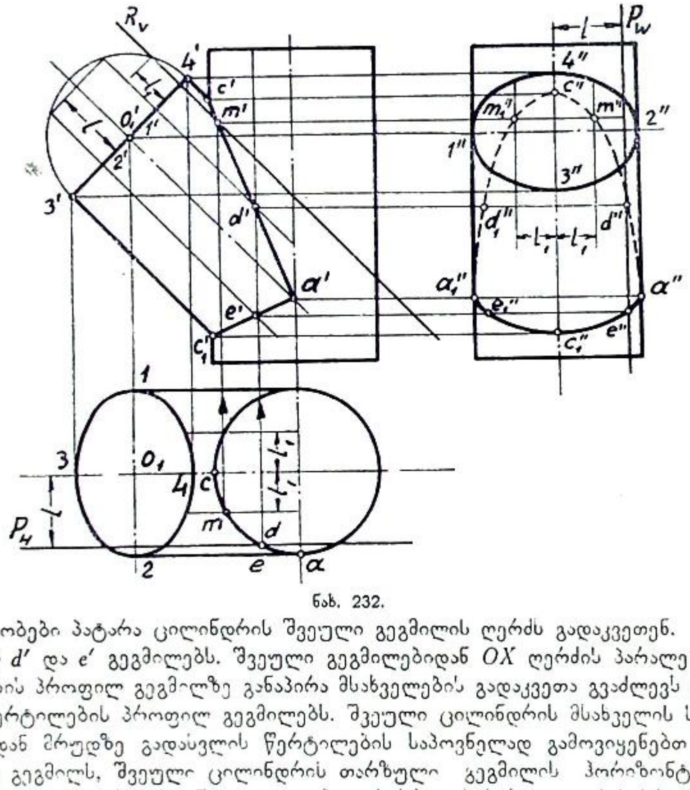
231-ე ნახ.-ზე განხილულია შემთხვევა, როცა ცილინდრების ღერძები არ იკვეთებიან და ცილინდრები ურთიერთმართობული არ არიან. ამ შემთხვევაში სფერული ზედაპირები არ გამოგვადგება, რადგან ცილინდრების ღერძები არ იკვეთებიან. აქ გამოვიყენებთ შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურ სიბრტყეებს, რომელთა განკვეთა ცილინდრებთან გვაძლევს მსახველებს, ხოლო მათი ურთიერთგადაკვეთა მოგვცემს სამი ზედაპირის საერთო წერტილებს. ჩვენს შემთხვევაში გატარებულია P სიბრტყე, რომელიც შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია. P_h თარზული კვალი გავლებულია ჰორიზონტალური ღერძის ქვევით l მანძილზე, რომელიც შვეულ ცილინდრთან განკვეთაში მოგვცემს M წერტილზე გამავალ მსახველს და დახრილ ცილინდრთან განკვეთაზე — ორ მსახველს, რომლებიც გაივლიან $1'$ და $2'$ წერტილებზე. ამ მსახველების მისაღებად გამოყენებულია დახრილი ცილინდრის კვეთის ნა-



ნახ. 231.

ხევრის შვეულ გეგმილთსიბრტყესთან შეთავსების წრეხაზის რკალი. ღერძზე გადაზომილია l მანძილი, რომლის წრეხაზთან გადაკვეთის წერტილებიდან ღერძის პარალელურად გავლებულია მსახველების შვეული გეგმილები. $1'$ წერტილზე გამავალი მსახველის შვეული გეგმილის გადაკვეთა $m'm'_1$ მსახველთან გვაძლევს n' შვეულ გეგმილს, $2'$ წერტილზე გამავალი მსახველის $m'm'_1$ მსახველის შვეულ გეგმილთან გადაკვეთა — N_1 წერტილის (n_1') შვეულ გეგმილს. N და N_1 წერტილების პროფილი გეგმილი მიღებულია P_w პროფილ კვალზე. A და B წერტილების გეგმილები განსაზღვრულია დახრილი ცილინდრის ღერძის შვეული ცილინდრის თარზული გეგმილის წრეხაზის გადაკვე-

თით. ამ წერტილებიდან ამართულია OX ღერძის მართობული სწორი ხაზი დახრილი ცილინდრის განაპირა მსახველების შეუღლი გეგმილების გადაკვეთამდე; გადაკვეთის A და B წერტილების შეუღლი გეგმილები მსახველის სწორი ხაზიდან მრუდ ხაზზე გადასვლის წერტილებია, რომლებიც ეკუთვნიან ორივე ცილინდრის ზედაპირებს. ამ წერტილების პროფილი a'' და b'' გეგმილები მოთავსდებიან პატარა ცილინდრის პროფილი გეგმილის ღერძის ხაზზე. პატარა ცილინდრის პროფილ გეგმილზე განაპირა მსახველების სწორი ხაზიდან მრუდზე გადასვლის D და E წერტილების საპოვნელად გამოვიყენებთ თარაზულ გეგმილს, სადაც განაპირა მსახველები დიდი ცილინდრის თარაზულ გეგმილს (წრეხაზს) გადაკვეთენ. d და e გეგმილებიდან ამართული OX ღერძის



ნახ. 232.

მართობები პატარა ცილინდრის შეუღლი გეგმილის ღერძს გადაკვეთენ. მივიღებთ d' და e' გეგმილებს. შეუღლი გეგმილებიდან OX ღერძის პარალელური ხაზების პროფილ გეგმილზე განაპირა მსახველების გადაკვეთა გვაძლევს d'' და e'' წერტილების პროფილ გეგმილებს. შეუღლი ცილინდრის მსახველის სწორი ხაზიდან მრუდზე გადასვლის წერტილების საპოვნელად გამოვიყენებთ თარაზულ გეგმილს, შეუღლი ცილინდრის თარაზული გეგმილის ჰორიზონტალურ ღერძზე ვგულისხმებთ შეუღლი გეგმილთსიბრტყის პარალელურ სიბრტყეს და მივიღებთ C წერტილის გეგმილებს.

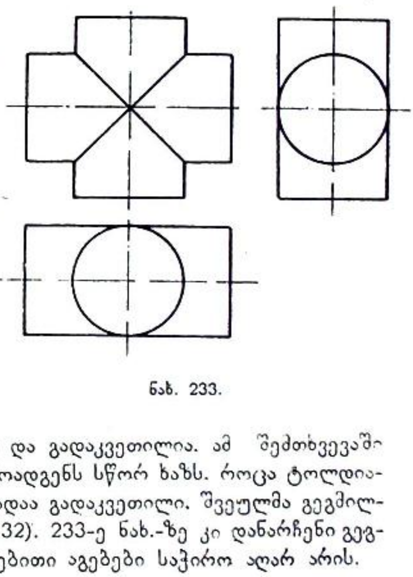
232-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ორი ტოლდიამეტრიანი ცილინდრის ურთიერთკვეთა, როცა მათი ღერძები გადაკვეთილია, მაგრამ ურთიერთმართობული არ არის.

A წერტილის გეგმილები ნახაზზე უშუალოდ მიიღება — შეუღლი გეგმილი ცილინდრების ღერძების გადაკვეთის წერტილია. პროფილი გეგმილი a'' და a_1''

განაპირა მსახველებზე მდებარეობს. C წერტილის გეგმილების მიღებაც უშუალოდ შეიძლება — c' და c_1' შვეული გეგმილები ცილინდრების განაპირა მსახველების შვეული გეგმილების გადაკვეთის წერტილებია. პროფილი c'' და c_1'' გეგმილები პროფილი გეგმილის ღერძის ხაზზე მდებარეობენ. დამატებითი D და E წერტილების მისაღებად გატარებულია შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე, რომელიც მოგვცემს სათანადო მსახველებს, რომელთა დაშორება ღერძიდან განისაზღვრება დახრილი ცილინდრის კვეთის წრეხაზის ნახევრის შვეულ გეგმილთსიბრტყესთან შეთავსებით. ასეთი წრეხაზის L ქორდის ნახევარი ამ წრეხაზზე გვაძლევს ორ წერტილს, რომლებზედაც გავავლებთ დახრილი ცილინდრის ღერძის პარალელურ ხაზებს და მათი გადაკვეთა შვეული ცილინდრის სათანადო მსახველთან მოგვცემს d' და e' წერტილებს, შემდეგ კი ვიპოვით ღერძიდან თანაბრად დაშორებულ პროფილ d'' და d_1'' გეგმილებს, რომლებიც განისაზღვრებიან თარზულ გეგმილზე d წერტილის ჰორიზონტალური ღერძიდან დაშორებით, ე. ი. L მანძილით.

დამხმარე M წერტილის მისაღებად გამოყენებულია შვეულად მაგეგმილებელი R სიბრტყე, რომელიც გატარებულია დახრილი ცილინდრის შვეული გეგმილის მსახველების პარალელურად და ამ ცილინდრის კვეთაში მოგვცემს ორ მსახველს, რომელთა თარზული და პროფილი გეგმილები ღერძებიდან L_1 მანძილით იქნებიან დაშორებული. ნახაზზე ნაჩვენებია m თარზული გეგმილიდან m' შვეული და m'', m_1'' პროფილი გეგმილების მიღება.

ამავე ნახაზზე ნაჩვენებია დახრილი ცილინდრის ფუძის გეგმილის ელიფსის აგების მაგალითი. სადაც ელიფსის დიდი და პატარა ღერძები განსაზღვრულია ცილინდრის ფუძის შვეული გეგმილიდან. ელიფსის დიდი ღერძი $1—2=3'—4'$ მონაკვეთს, აგრეთვე პროფილ გეგმილზე $1''—2''=3'—4'$ მონაკვეთს. ელიფსის მცირე ღერძი $3—4$ მიიღება შვეული გეგმილიდან ღერძზე დაშვებული მართობებით; ცხადია, პროფილ გეგმილზეც $3''—4''$ მონაკვეთი აღნიშნული წესით არის განსაზღვრული.



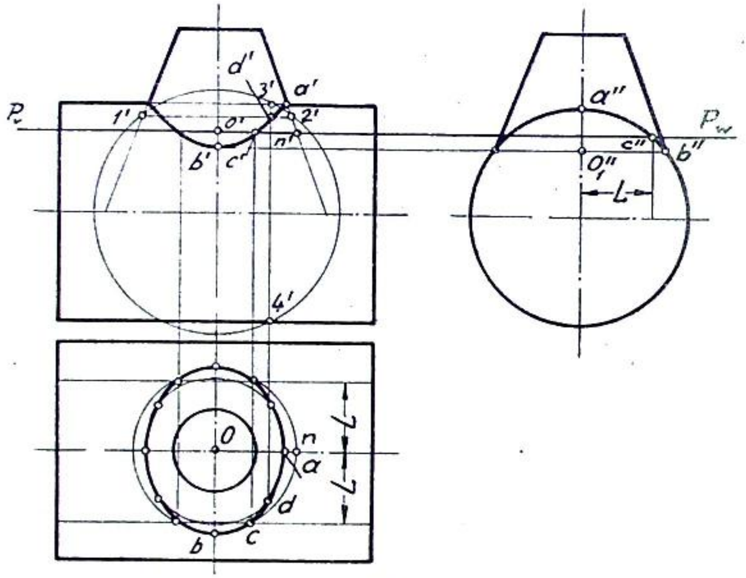
ნახ. 233.

233-ე ნახ.-ზე განხილულია შემთხვევა, როდესაც ტოლდიამეტრებიანი ცილინდრები ურთიერთგადაკვეთილია და მათი ღერძები ურთიერთმართობული და გადაკვეთილია. ამ შემთხვევაში გადასვლის ხაზის შვეული გეგმილი წარმოადგენს სწორ ხაზს. როცა ტოლდიამეტრებიანი ცილინდრები არამართობულადაა გადაკვეთილი, შვეულმა გეგმილმა მაშინაც მოგვცა სწორი ხაზები (ნახ. 232). 233-ე ნახ.-ზე კი დანარჩენი გეგმილები წრეხაზზე დაემთხვევა და დამატებითი აგებები საჭირო აღარ არის.

· ცილინდრისა და კონუსის ურთიერთკვეთა

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა ცილინდრი ჰორიზონტალურ მდებარეობაშია და იკვეთება კონუსთან, რომლის ღერძი თარზული გეგმილთსიბრტყის

მართობულია. A და მისი სიმეტრიული წერტილი შვეულ გეგმილზე უშუალოდ მსახველების ურთიერთკვეთით არიან მიღებული. ასეთი წერტილების თარზული გეგმილები ღერძის ხაზზე დაშვებული მართობებით მიიღება. B წერტილის მისაღებად გამოყენებულია პროფილი გეგმილი. სადაც კონუსის განაპირა მსახველის ცილინდრის გეგმილთან — წრეხაზთან გადაკვეთა გვაძლევს b'' პროფილ გეგმილს, რომელიც ღერძიდან $o_1''b''$ მონაკვეთით არის დაშორებული. ეს მონაკვეთი თარზულ გეგმილზე ღერძის ორივე მხარეს არის გადაზომილი და მიღებულია თარზული გეგმილი და მისი სიმეტრიული წერტილი (ნახ 234).

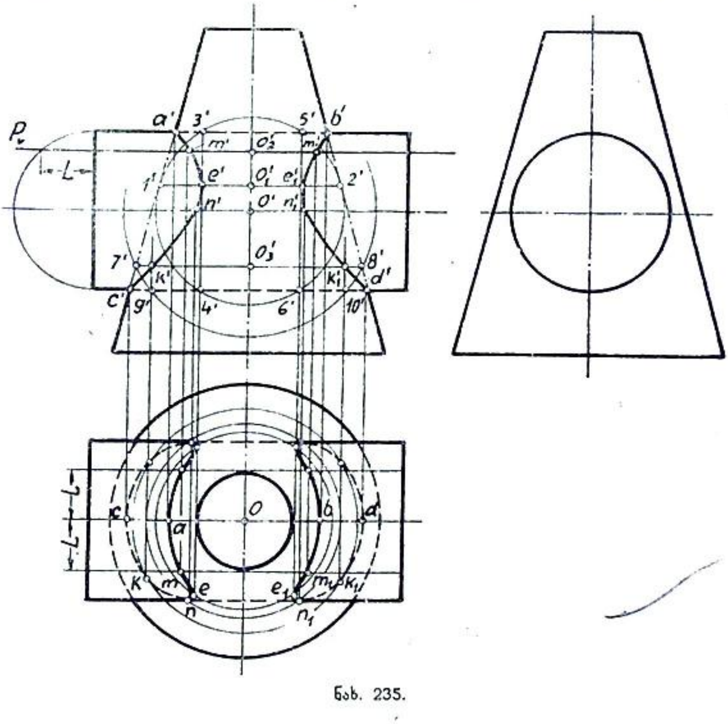


ნახ. 234.

შვეული b' გეგმილის მისაღებად შვეულ ღერძზე b'' გეგმილიდან დაშვებულია მართობი. დამხმარე წერტილების მისაღებად გამოყენებულია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყე და აგრეთვე სფერული ზედაპირი. C წერტილისა და მისი სიმეტრიული წერტილის მისაღებად გამოყენებულია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე, რომელიც კონუსთან კვეთაში მოგვცემს $o'n'$-რადიუსიან წრეხაზს და ცილინდრის განკვეთით კი — ღერძიდან L მანძილით დაშორებულ ორ მსახველს. თარზულ გეგმილზე ამ მსახველებისა და $o'n' = on$ რადიუსით შემოხაზული წრეხაზის გადაკვეთა მოგვცემს ოთხ წერტილს. რომელთაგან მარტო C წერტილის გეგმილები გვაქვს ნაჩვენები.

c თარზული გეგმილიდან P_v შვეულ კვალზე დაშვებულია მართობი, რომელიც გვაძლევს c' შვეულ გეგმილს, ღერძის მეორე მხარეზე ამავე წესით მივიღებთ C წერტილის სიმეტრიულ წერტილსაც. D წერტილისა და მისი სიმეტრიული წერტილების მისაღებად გამოყენებულია სფერული ზედაპირი, რომელიც

კონუსთან კვეთაში გვაძლევს წრეხაზს, რომლის შვეული გეგმილი გვაძლევს 1′—2′ სწორი ხაზის მონაკვეთს, ცილინდრთან კვეთა კი—3′—4′ სწორი ხაზის მონაკვეთს. ამ მონაკვეთების გადაკვეთაზე მივიღებთ d' შვეულ გეგმილს; ღერძის მეორე მხარეს იმავე სფერული ზედაპირის საშუალებით ანალოგიურად მივიღებთ მეორე წერტილს. D წერტილი და მისი სიმეტრიული წერტილები ეკუთვნიან როგორც ცილინდრის, ისე კონუსის ზედაპირს, ამიტომ 0′ 2′ რადიუსით o წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ წრეხაზი, რომელიც d' წერტილზე გავლებული ღერძის მართობული სწორი ხაზით გადაკვეთაზე მოგვცემს d თარზულ გეგმილს და ასევე მივიღებთ მის სიმეტრიულ წერტილებსაც. ამ შემთხვევაში სფერული ზედაპირების გამოყენება მარტივად წყვეტს საკითხს.



ნახ. 235.

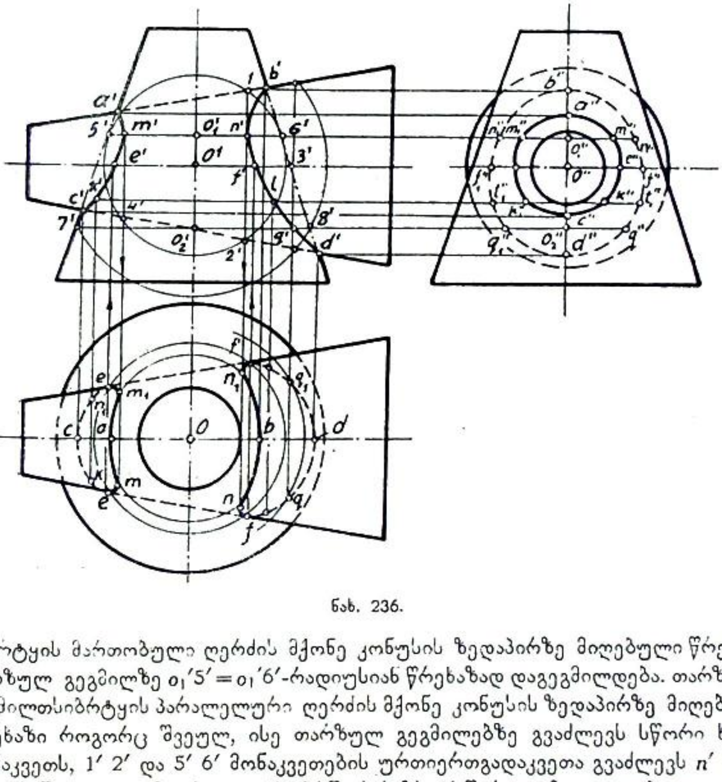
235-ე ნახ.-ზე განხილულია მართი წრიული წაკვეთილი კონუსის ვახკვეთა ცილინდრთან. გადასვლის ხაზის წერტილების განსაზღვრისათვის გამოყენებულია სფერული ზედაპირები და თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეები. სფერული ზედაპირები კონუსის კვეთაში მოგვცემენ ისეთ წრეხაზებს, რომლებიც შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე სწორი ხაზის მონაკვეთებად დაგეგმილდება და თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე კი — წრეხაზებად. ცილინდრის კვეთაზე სფერული ზედაპირების შემთხვევაში, მივიღებთ ისეთ წრეხაზებს, რომლებიც როგორც შვეულ, ისე თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე სწორი ხაზის მონაკვეთე-

ბად დაგეგმილდება. სიბრტყით კვეთა ამ შემთხვევაში მოგვცემს ცილინდრთან მსახველებს და კონუსთან კი — წრეხაზებს.

განვიხილოთ გადასვლის ხაზის წერტილების განსაზღვრის თანამიმდევრობა. a', b', c' და d' წერტილების შვეული გეგმილების განსაზღვრა განაპირა მსახველების ურთიერთგადაკვეთით მოხდება. მათი თარზული გეგმილები a, b, c და d სათანადო მსახველების თარზულ გეგმილებზეა ჩამოტანილი. E და E_1 წერტილების შვეული გეგმილები სფერული ზედაპირის გამოყენებით არის განსაზღვრული. ასეთი სფეროს ცენტრად აღებულია ცილინდრისა და კონუსის ღერძების შვეული გეგმილების გადაკვეთის o' წერტილი, საიდანაც კონუსის განაპირა მსახველების მხებად ჩახაზულია სფერული ზედაპირი, რომელიც კონუსთან კვეთაში მოგვცემს $1'$—$2'$-დიამეტრიან წრეხაზს, ცილინდრთან კვეთაში კი—ორ წრეხაზს $3'$—$4'$ და $5'$—$6'$ დიამეტრებით; ეს მონაკვეთები წრეხაზების შვეული გეგმილებია, რომელთა გადაკვეთა $1'$—$2'$ მონაკვეთთან გვაძლევს e' და e'_1 წერტილებს. მათი თარზული გეგმილების მისაღებად $o_1'1' = o_1'2'$ რადიუსით o წერტილიდან შემოხაზულია წრეხაზი (ეს არის სფეროსა და კონუსის ზედაპირების განკვეთით მიღებული წრეხაზის თარზული გეგმილი), რომელზედაც e' და e'_1 წერტილებიდან დაშვებულია მართობები და განსაზღვრულია მათი სიმეტრიული კიდევ ორი წერტილის თარზული გეგმილები. $M(m, m')$ და $M_1(m_1, m'_1)$, აგრეთვე მათი სიმეტრიული წერტილების განსაზღვრისათვის გატარებულია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე, რომელიც კონუსთან კვეთაში მოგვცემს o'_2 წერტილიდან კონუსის განაპირა მსახველამდე მანძილის ტოლრადიუსიან წრეხაზს, რომელიც თარზულ გეგმილზე ნამდვილი სიდიდით დაგეგმილდება, ე. ი. o წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოხაზულია წრეხაზი, რომლის რადიუსი o'_2 წერტილიდან კონუსის განაპირა მსახველამდე მანძილის ტოლია. P სიბრტყის კვეთა ცილინდრთან გვაძლევს მართკუთხედს, რომლის თარზული გეგმილის მისაღებად L მონაკვეთის ტოლს გადავზომავთ ცილინდრის თარზული გეგმილის ღერძის ხაზის ორივე მხარეს და გავავლებთ პარალელურ სწორ ხაზებს, რომელთა გადაკვეთა შემოხაზულ წრეხაზთან გვაძლევს m, m_1 და მათი სიმეტრიული კიდევ ორი წერტილის თარზულ გეგმილებს; m და m_1 წერტილებიდან P_v კვალზე მართობის დაშვებით მივიღებთ m' და m'_1 შვეულ გეგმილებს. N, N_1 და მათი სიმეტრიული ორი წერტილის მისაღებად ნაგულისხმევია ცილინდრის შვეული გეგმილის ღერძის ხაზზე თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყის გატარება, რომელიც ცილინდრთან კვეთაში თარზულ გეგმილზე მოგვცემს ცილინდრის განაპირა მსახველებს. ასეთი სიბრტყის კონუსთან კვეთა მოგვცემს წრეხაზს, რომლის რადიუსი o' წერტილიდან კონუსის განაპირა მსახველამდე მანძილის ტოლია და რომელიც თარზულ გეგმილზე ნამდვილი სიდიდით შემოიხაზება. ასეთი წრეხაზის გადაკვეთა ცილინდრის განაპირა მსახველებთან გვაძლევს n, n_1 და მათი სიმეტრიული კიდევ ორი წერტილის თარზულ გეგმილს. n და n_1 წერტილებიდან ცილინდრის შვეული გეგმილის ღერძზე დავუშვათ მართობები — მივიღებთ წერტილების n' და n'_1 შვეულ გეგმილებს. K (k, k'), $K_1(k_1, k_1')$ და მათი სიმეტრიული წერტილები მიღებულია სფერული ზედაპირების დახმარებით. ამ შემთხვევაში მესამე გეგმილი სრულიად არ არის გამოყენებული. მიღებული წერტილების მრუდსახაზით მდოვრედ შეერთება მოგვცემს გადასვლის ხაზის გეგმილებს.

ორი კონუსის ურთიერთკვეთა

236-ე ნახ.-ზე განხილულია ორი წრიული წაკვეთილი კონუსის ურთიერთკვეთა და ნაპოვნია ასეთი კონუსური ზედაპირების საერთო ხაზი (გადასვლის ხაზი); ამ ნახაზზე გამოყენებულია სფერული ზედაპირები, რომლებიც ასეთ შემთხვევაში ყველაზე მარტივია. A, B C და D წერტილები განსაზღვრულია უშუალოდ განაპირა მსახველების გადაკვეთით. M და N წერტილების მისაღებად კონუსის ღერძების შვეული გეგმილების გადაკვეთის o' წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოხაზულია სფერული ზედაპირის შვეული გეგმილი (წრეხაზი), რომლის მინიმალური რადიუსი შერჩეულია ისე, რომ ის დიდი კონუსის განაპირა მსახველების შვეულ გეგმილებში მხებად ჩაიხაზოს. ასეთი სფეროს ზედაპირი კონუსების ზედაპირებს კვეთაში მოგვცემს წრეხაზებს. თარზული გეგმილთ-



ნახ. 236.

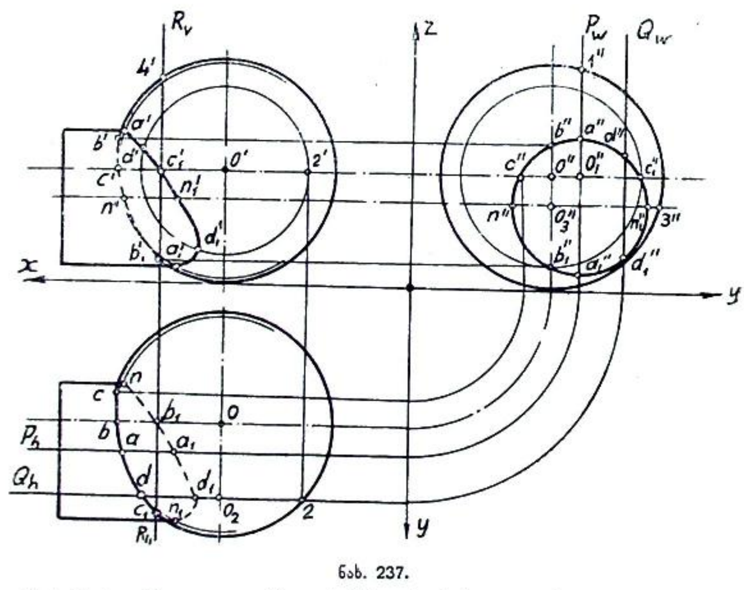
სიბრტყის მართობული ღერძის მქონე კონუსის ზედაპირზე მიღებული წრეხაზი თარზულ გეგმილზე $o_1'5' = o_1'6'$-რადიუსიან წრეხაზად დაგეგმილდება. თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური ღერძის მქონე კონუსის ზედაპირზე მიღებული წრეხაზი როგორც შვეულ, ისე თარზულ გეგმილებზე გვაძლევს სწორი ხაზის მონაკვეთს, $1'$ $2'$ და $5'$ $6'$ მონაკვეთების ურთიერთგადაკვეთა გვაძლევს n' წერტილის შვეულ გეგმილს. თუ $5'$ $6'$ სწორ ხაზს $4'$ წერტილზე გავლებული კონუსის ფუძის პარალელური სწორი ხაზით გადავკვეთავთ, მივიღებთ m' წერტილის შვეულ გეგმილს. o წერტილზე $o_1'5'$ რადიუსით შემოხაზულ წრეხაზზე m' და n' წერტილებიდან OX ღერძის მართობის გადაკვეთა გვაძლევს m, n და მათი სიმეტრიული კიდევ ორი წერტილის თარზულ გეგმილებს. თარზული გეგმილთსიბრ-

ტყის პარალელური ღერძით მდებარე კონუსის ღერძზე ნაგულისხმევია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყის გატარება; ეს სიბრტყე თარზული გეგმილთსიბრტყის მართობული ღერძის მქონე კონუსზე მოკვეთს $o'3'$-რადიუსიან წრეხაზს, რომელიც თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე ნამდვილი სიდიდით დაგეგმილდება: ამ წრეხაზის, რომელიც სიბრტყით კვეთამ მოგვცა, გადაკვეთა კონუსის განაპირა მსახველებთან გვაძლევს e, f წერტილებს და მათ სიმეტრიულ კიდევ ორ წერტილს. e და f წერტილებიდან კონუსის შვეული გეგმილის სიმეტრიის ღერძზე დაშვებული მართობი მოგვცემს e' და f' წერტილების შვეულ გეგმილებს. სფერული ზედაპირების გამოყენებით მიღებულია დანარჩენი წერტილები და აგებულია გადასვლის ხაზის შვეული და თარზული გეგმილები. პროფილი გეგმილის ასაგებად გამოყენებულია ღერძის ხაზების სიმეტრიულად მდებარე წერტილების გადატანა განსაზღვრული მანძილებით, რომელთა გამოხაზვა ნათლად ჩანს ნახაზზე.

ცილინდრისა და სფეროს ურთიერთკვეთა

ზემოთ ჩვენ ვუჩვენეთ სფეროს კვეთა ცილინდრთან, როცა ცილინდრის ღერძი სფეროს ცენტრზე გადიოდა და გეგმილთსიბრტყის პარალელური იყო: მაშინ გადასვლის ხაზი ამ გეგმილთსიბრტყეზე სწორ ხაზად დაგეგმილდა.

237-ე ნახ.-ზე განხილულია შემთხვევა, როცა ცილინდრის ღერძი სფეროს ცენტრზე არ გადის. გადასვლის ხაზის საპოვნელად გამოყენებულია გეგმილთსიბრტყის პარალელური P, Q და R სიბრტყეები.



ნახ. 237.

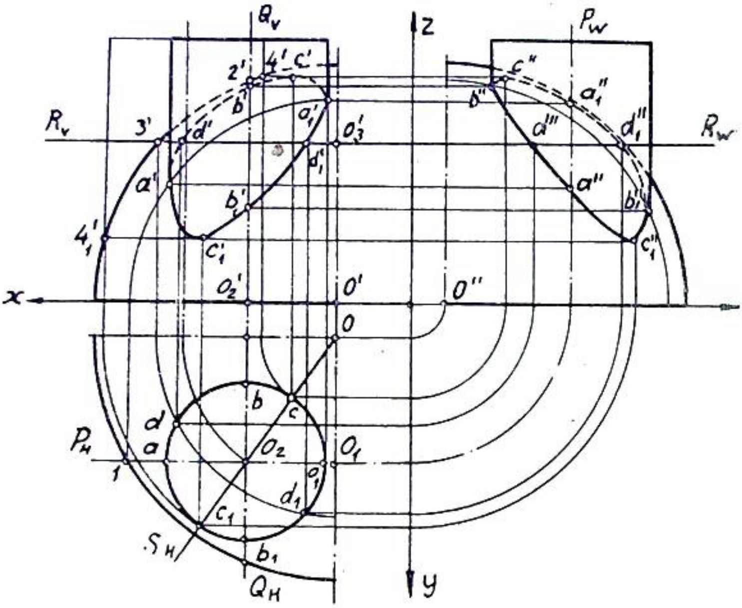
P სიბრტყე შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია და ცილინდრის ღერძზე გადის, მისი პროფილი P_w კვალი გაკვეთს როგორც ცილინდრის, ისე

სფეროს პროფილ გეგმილებს. a'' და a_1'' წერტილების გეგმილები ეკუთვნიან ორივე ზედაპირს, ამიტომ $o_1''1''$ რადიუსით o' ცენტრიდან შემოხაზულია წრეხაზი, რომლის გადაკვეთა ცილინდრის შვეული გეგმილის განაპირა მსახველებთან გვაძლევს a' და a_1' წერტილებს. ორივე წერტილი ხილვადია და გადასვლის ხაზის შვეული გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილებია. მათი თარზული გეგმილები უშუალოდ P_h თარზულ კვალზეა ჩამოტანილი.

სფეროს პროფილი გეგმილის ცენტრზე ნაგულისხმევია შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყის გატარება, რომელიც ცილინდრის პროფილ გეგმილს გადაკვეთს b'' და b''_1 წერტილებში. ამ წერტილებიდან სფეროს შვეულ გეგმილზე (წრეხაზზე) დაგეგმილებულია b' და b'_1 წერტილები, რომლებიც უხილავია და გადასვლის ხაზის შვეული გეგმილის წრეხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილებს წარმოადგენენ. სფეროს შვეული და პროფილი გეგმილების ცენტრებზე ნაგულისხმევია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყის გატარება, რომელიც ცილინდრის პროფილ გეგმილთან განკვეთით მოგვცემს c'' და c''_1 წერტილებს. c'' დ c''_1 წერტილებიდან სფეროს თარზულ გეგმილზე დაგეგმილებულია c და c_1 ხილვადი წერტილები, რომლებიც წარმოადგენენ გადასვლის ხაზის თარზული გეგმილის წრეხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილებს. ამ წერტილების c' და c'_1 შვეული გეგმილები, მათი თარზული გეგმილების ღერძზე დაგეგმილებითაა მიღებული. Q სიბრტყე შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურად, ნებისმიერი დაშორებით და ორივე გეომეტრიული სხეულის მკვეთად არის გატარებული. მისი Q_w პროფილი კვალი ცილინდრის პროფილ გეგმილს d'', d''_1 წერტილებში გაკვეთს. $o_2 2$ მონაკვეთის ტოლი რადიუსით o' ცენტრიდან შემოხაზულია წრეხაზი, რომელზედაც d'' და d''_1 წერტილებიდან დაგეგმილებულია d' და d'_1 წერტილები. ამ წერტილებიდან Q_h კვალზე დაგეგმილებულია d და d_1 წერტილები.

ცილინდრის ღერძზე ნაგულისხმევია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყის გატარება, რომელიც ცილინდრის პროფილ გეგმილთან განკვეთაში მოგვცემს n'' და n''_1 წერტილებს. $o''_3 3''$ მონაკვეთის ტოლი რადიუსით o ცენტრიდან შემოხაზულია წრეხაზის რკალი ცილინდრის თარზული გეგმილის განაპირა მსახველების გადაკვეთამდე, მიღებული n და n_1 წერტილები უხილავია და წარმოადგენენ გადასვლის ხაზის თარზული გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილებს. მათი n' და n'_1 შვეული გეგმილები თარზული გეგმილების საშუალებითაა მიღებული. ნახაზზე ნაჩვენებია ნებისმიერი R პროფილი სიბრტყით წერტილების მიღების შემთხვევა, სადაც აღნიშნული სიბრტყე გატარებულია წინასწარ მიღებულ c'_1 და b'_1 წერტილებზე. $c'_1 4'$ მონაკვეთის ტოლი რადიუსით o'' ცენტრიდან შემოხაზული წრეხაზი გადის c''_1 და b''_1 წერტილებზე, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ შეიძლება გამოვიყენოთ პროფილი სიბრტყეებიც. მიღებულ წერტილებს შევაერთებთ მდოვრედ.

238-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სფეროსა და ცილინდრის ურთიერთკვეთის ისეთი შემთხვევა, როცა ცილინდრის ღერძი არ გადის სფეროს ცენტრზე. ამ შემთხვევაში ცილინდრის ღერძი თარზული გეგმილთსიბრტყის მართობულია და სფეროს ცენტრზე გამავალ, შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურ სიბრტყეს არ ემთხვევა. ამიტომ ჯერ საჭიროა გადასვლის ხაზის ზღვრული წერტილების მონახვა. ცილინდრის თარზული გეგმილის ცენტრზე გატარებულია შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე, რომელიც ცილინდრთან



ნახ. 238.

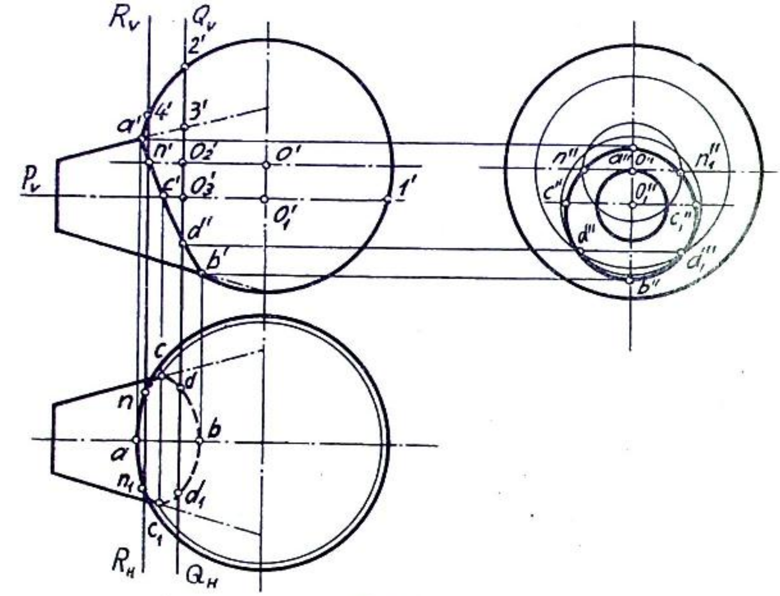
კვეთაში მოგვცემს a და a_1 მსახველებს, სფეროსთან კვეთაში კი — წრეხაზს, რომლის რადიუსი $o_1 1$ მონაკვეთის ტოლი იქნება. ამიტომ o' ცენტრიდან $o_1 1$ მონაკვეთის ტოლი რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზი, რომელიც ცილინდრის შვეული გეგმილის განაპირა მსახველებს გადაკვეთს a' და a'_1 წერტილებში: ეს წერტილები ხილვადია და გადასვლის ხაზის შვეული გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილებს წარმოადგენს. მათი პროფილი a'' და a''_1 გეგმილების მისაღებად a' და a'_1 წერტილებიდან P_w კვალზე დაშვებულია მართობები. ცილინდრის ღერძზე გატარებულია პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელური Q სიბრტყე, რომლის თარზული კვალის ცი-ცილინდრის თარზულ გეგმილთან განკვეთა გვაძლევს b და b_1 წერტილებს, სფეროსთან განკვეთა კი — $o'_2 2'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს. o'' ცენტრიდან $o'_2 2'$ მონაკვეთის ტოლი რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა ცილინდრის პროფილი გეგმილის განაპირა მსახველებთან გვაძლევს b'' და b''_1 წერტილებს, რომლებიც ხილვადია და გადასვლის ხაზის პროფილი გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილებია. ამ წერტილებიდან Q_v შვეულ კვალზე დაშვებული მართობები გვაძლევს b' და b'_1 წერტილებს. ახლა საჭიროა გამოვარკვიოთ გადასვლის ხაზის უდაბლესი და უმაღლესი წერტილები, რომელთა შორის გატარდება თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეები. სფეროსა და ცილინდრის თარზული გეგმილების ცენტრებზე გავატარებთ თარზულად მაგეგმილებელ სიბრტყეს, რომელიც ცილინდრის გეგმილთან განკვეთაში გვაძლევს c და c_1 წერტილებს.

o წერტილის ირგვლივ ვაბრუნებთ S_{II} თარზულ კვალს, ვიდრე ის შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური გახდება. მაგეგმილებელ სიბრტყეზე მდებარე მსახველები გადაადგილდებიან მარცხნივ და სფეროს შვეულ გეგმილს გადაკვეთენ $4'$ და $4'_1$ წერტილებში. $4'$ და $4'_1$ წერტილებიდან გავავლებთ OX ღერძის პარალელურ სწორ ხაზებს, რომლებზედაც c და c_1 წერტილებიდან დაშვებული მართობები მოგვცემენ c' და c'_1 წერტილებს, ამავე ხაზებზე სათანადოდ მივიღებთ c'' და c''_1 წერტილებსაც — C და C_1 წერტილები გადასვლის ხაზის სიმაღლეზე ზღვრული წერტილებია. R სიბრტყე თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეა, რომელიც სფეროს გაკვეთს $o'_3 3'$-რადიუსიან წრეხაზზე. o ცენტრიდან $o'_3 3'$ მონაკვეთის ტოლი რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალს, რომლის გადაკვეთა ცილინდრის თარზულ გეგმილთან მოგვცემს d და d_1 წერტილებს; ამ წერტილებიდან R_v შვეულ კვალზე დაშვებული მართობები მოგვცემენ d' და d'_1 წერტილებს. სათანადოდ მივიღებთ R_w პროფილ კვალზე d'' და d''_1 წერტილებსაც. მიღებული წერტილების მრუდსახაზით მდოვრედ შეერთება მოგვცემს გადასვლის ხაზის გეგმილებს.

კონუსისა და სფეროს ურთიერთკვეთა

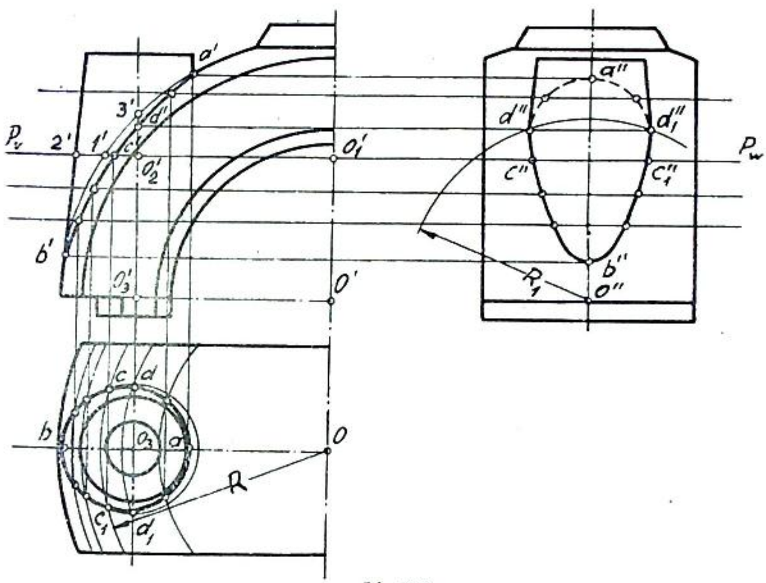
ჩვენ მიერ განხილული იყო შემთხვევა, როცა კონუსის სფეროსთან კვეთა გვაძლევდა წრეხაზს, ე. ი. კონუსის ღერძი გადიოდა სფეროს ცენტრზე. ახლა განვიხილავთ შემთხვევას, როცა კონუსის ღერძი არ გადის სფეროს ცენტრზე, მაგრამ გეგმილები ისეა შერჩეული, რომ კონუსის ღერძზე და სფეროს ცენტრზე გამავალი სიბრტყე შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია. იმ შემთხვევაში, როცა ეს პირობა არ არის შესრულებული, გეგმილთსიბრტყეების ცვლით შეგვიძლია მივაღწიოთ აღნიშნულ პირობას.

კონუსისა და სფეროს ზედაპირების საერთო ხაზის — გადასვლის ხაზის გამოსახაზავად გამოყენებულია პროფილი სიბრტყეები, რომელთა კვეთა როგორც კონუსთან, ისე სფეროსთან იძლევა წრეხაზებს (ნახ. 239), რომლებიც პროფილ გეგმილზე ნამდვილი სახით დაგეგმილდებიან, დანარჩენ ორ გეგმილზე კი სწორი ხაზის მონაკვეთებს წარმოადგენენ. სფეროს შვეული გეგმილის — წრეხაზის და კონუსის შვეული გეგმილის განაპირა მსახველების გადაკვეთა უშუალოდ გვაძლევს a' და b' წერტილებს. a და b გეგმილების მისაღებად ამ წერტილების შვეული გეგმილებიდან ჰორიზონტალურ ღერძზე, აგრეთვე a'' და b'' გეგმილებისათვის პროფილ ღერძზე დაშვებულია მართობები. c' და c'_1 გეგმილების მისაღებად (ამ შემთხვევაში ისინი ერთ წერტილში შეთავსდნენ და აღინიშნებიან მარტო c'-ით) ნაგულისხმევია კონუსის შვეული გეგმილის ღერძზე თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყის გატარება, რომელიც კონუსის კვეთაში მოგვცემს სწორ ხაზებს, სფეროს კვეთაში კი — წრეხაზს, რომლის რადიუსის სიგრძე $o'_1 1'$ მონაკვეთის ტოლია. $o'_1 1'$ რადიუსით o ცენტრიდან შემოხაზულია წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა კონუსის თარზული გეგმილის განაპირა მსახველებთან გვაძლევს c და c_1 გეგმილებს. ამ გეგმილებიდან კონუსის შვეული გეგმილის ღერძზე დაშვებულია მართობი, რომელიც გვაძლევს c' და c'_1 წერტილებს. c და c_1 წერტილები უხილავია და წარმოადგენენ სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილებს. c'' და c''_1 გეგმილების მისაღებად o''_1 ცენტრზე შემოხაზულია წრეხაზის რკალი, რომლის რადი-



ნახ. 239.

უსი უდრის $\frac{cc_1}{2}$; ამ რკალის გადაკვეთა კონუსის პროფილი გეგმილის ღერძთან გვაძლევს c'' და c''_1 გეგმილებს. d' და d'_1 გეგმილების მისაღებად c' და b' გეგმილებს შორის დაახლოებით შუაზე, გავატარებთ პროფილ Q სიბრტყეს, რომლებიც სფეროს კვეთაში მოგვცემს $o'_2 2'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს. კონუსის კვეთაში კი — $o_3'3'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს. o'' ცენტრიდან $o'_2 2'$ რადიუსით და o''_1 ცენტრიდან $O'_3 3'$ რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზებს, რომელთა ურთიერთგადაკვეთა მოგვცემს d'' და d''_1 წერტილების პროფილ გეგმილებს. ამ წერტილებიდან Q_V კვალზე დავუშვებთ მართობს და მივიღებთ ერთ წერტილში შეთავსებულ d' და d'_1 გეგმილებს (აღნიშნულია d'-ით). d და d_1 გეგმილების მისაღებად Q_H კვალზე ჰორიზონტალური ღერძიდან ორივე მხარეს გადავზომავთ $\frac{d''d''_1}{2}$ მონაკვეთს, მივიღებთ d და d_1 გეგმილებს. ახლა საჭიროა გადასვლის ხაზის თარზულ გეგმილზე გამოვარკვიოთ წრეხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის n და n_1 წერტილები. ამ საკითხს მარტივად გადავწყვეტთ გადასვლის ხაზის შვეული გეგმილის გამოხაზვის შემდეგ. სფეროს შვეული გეგმილის ჰორიზონტალური ღერძის გადასვლის ხაზის შვეულ გეგმილთან გადაკვეთის წერტილზე გავატაროთ R პროფილი სიბრტყე, რომელიც სფეროზე მოკვეთს $n'4'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს, რომელიც პროფილ გეგმილთა სიბრტყეზე ნამდვილი სახით დაგეგმილდება. o'' ცენტრიდან $n'4'$ რადიუსით შემოვხა-



ნახ. 240.

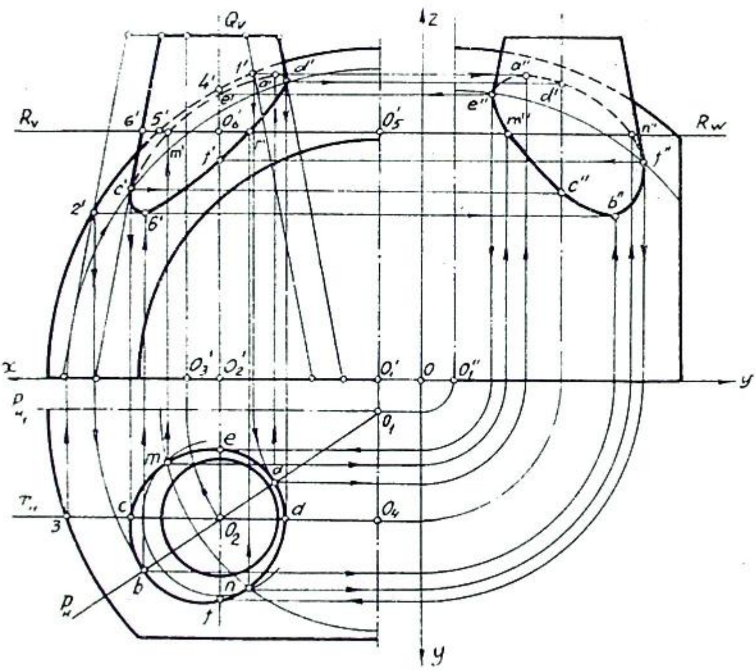
ზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა სფეროს პროფილი გეგმილის ჰორიზონტალურ ღერძთან მოგვცემს n'' და n''_1 წერტილებს. R_H კვალზე ჰორიზონტალური ღერძის ორივე მხარეს გადავზომავთ $o''n''=o''n''_1$ მონაკვეთს, მივიღებთ n და n_1 ხილვად წერტილებს, რომლებიც წარმოადგენენ გადასვლის ხაზის თარზული გეგმილის წრეხაზიდან მრუდზე გადასვლის წერტილებს. მიღებული წერტილების მდოვრედ შეერთება მოგვცემს გადასვლის ხაზის გეგმილებს.

240-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სფეროსა და კონუსის ურთიერთკვეთის ისეთი შემთხვევა, როცა სფეროს ცენტრზე და კონუსის ღერძზე გამავალი სიბრტყე შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია. მაგალითისათვის აღებულია საკისარის სახურავის ნახევარი. გადასვლის ხაზის გეგმილების საპოვნელად გამოყენებულია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეები.

a' და b' წერტილები მიღებულია უშუალოდ სფეროსა და კონუსის განაპირა მსახველების ურთიერთგადაკვეთით. a'' და b'' წერტილებიც სათანადო ღერძებზე დაშვებული მართობებითაა მიღებული. c და c_1 წერტილების მისაღებად გატარებულია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყე, რომელიც სფეროზე მოკვეთს $o'_1 1'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს, კონუსზე კი — $o_2'2'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს. o ცენტრიდან $R=o_1'1'$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზი, o_3 ცენტრიდან შემოვხაზოთ $o'_2 2'$-რადიუსიანი წრეხაზის რკალი, რომელიც R-რადიუსიან რკალს გადაკვეთს c და c_1 წერტილებზე. c და c_1 წერტილებიდან P_v კვალზე დაშვებული მართობი მოგვცემს c' წერტილს (c'_1-იც იმავე წერტილშია). P_w კვალზე ღერძის ხაზიდან ორივე მხარეს გადავზომოთ $\frac{cc_1}{2}$ მონაკვეთი, მივიღებთ c'' და c''_1 წერტილებს. კონუსის ღერძზე

ვიგულისხმოთ პროფილი სიბრტყის გატარება, მაშინ კონუსის განკვეთის სწორი ხაზები პროფილ გეგმილზე მოგვცემენ კონუსის განაპირა მსახველების გეგმილებს, სფეროს განკვეთა კი $o'_3 3' = R_1$-რადიუსიან წრეხაზს, რომელიც პროფილ გეგმილზე ნამდვილი სახით დაგეგმილდება. o'' ცენტრიდან R_1 რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომელიც კონუსის განაპირა მსახველებს გადაკვეთს d'' და d''_1 წერტილებში, რომლებიც ხილვადია და გადასვლის ხაზის პროფილი გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილებს წარმოადგენენ. ამ წერტილებიდან კონუსის შვეული გეგმილის ღერძზე დაშვებული მართობი მოგვცემს d' და d'_1 წერტილებს; კონუსის თარზული გეგმილის შვეულ ღერძზე O_3 წერტილიდან ორივე მხარეს გადავზომოთ $\frac{d''d''_1}{2}$ მონაკვეთი, მივიღებთ d და d_1 წერტილებს. d და d_1 წერტილების მიღება შეიძლებოდა o ცენტრიდან სფეროს სათანადო რადიუსით რკალის შემოხაზვით, რომელიც ნახაზზეა ნაჩვენები. გადასვლის ხაზის დანარჩენი წერტილები მიღებულია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეების საშუალებით.

241-ე ნახ.-ზე გამოსახულია კონუსისა და სფეროს ისეთი ურთიერთკვეთა, როცა კონუსის ღერძი თარზული გეგმილთსიბრტყის მართობულია, ხოლო ამ



ნახ. 241.

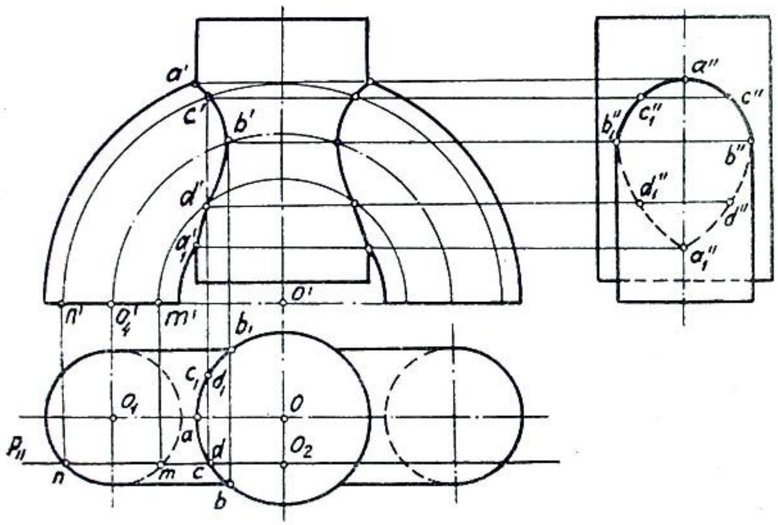
ღერძზე და სფეროს ცენტრზე გავლებული სიბრტყე შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური არ არის.

გადასვლის ხაზის უდაბლესი და უმაღლესი წერტილების (ქვედა და ზედა ზღვრების) საპოვნელად კონუსისა და სფეროს თარზული გეგმილების ცენტრებზე გავლებულია თარზულად მაგეგმილებელი P სიბრტყე, რომელსაც ვაბრუნებთ o_1 წერტილის ირგვლივ, სანამ არ გახდება შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური, მაშინ კონუსის ღერძი o'_3 წერტილში გადაადგილდება. სათანადოდ გადაადგილდებიან კონუსის შვეული გეგმილის განაპირა მსახველებიც, რომელთა გადაკვეთა სფეროს შვეული გეგმილის განმსაზღვრელ წრეხაზთან მოგვცემს $1'$ და $2'$ წერტილებს; ამ წერტილებს მართობულად ჩამოვიტანთ P_{H_1} კვალზე და o_1 ცენტრიდან შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალებს P_H კვალის გადაკვეთამდე, მივიღებთ a და b წერტილებს. $1'$ და $2'$ წერტილებიდან გავავლებთ OX ღერძის პარალელურ სწორ ხაზებს, რომლებზედაც a და b წერტილებიდან დაშვებული მართობები მოგვცემენ a' და b' წერტილებს. თარზული და შვეული გეგმილებით ვიპოვით a'' და b'' წერტილებს, სადაც a', a'' წერტილები გადასვლის ხაზის ზედა ზღვარია, b', b'' კი — ქვედა ზღვარი. კონუსის თარზული გეგმილის ცენტრზე გავლებულია შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური T სიბრტყე, რომელიც კონუსის კვეთაში მოგვცემს კონუსის შვეული გეგმილის განაპირა მსახველებს, სფეროსთან კვეთაში კი $O_4 3$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს; o'_1 ცენტრიდან $o_4 3$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა კონუსის შვეული გეგმილის განაპირა მსახველებთან მოგვცემს c' და d' ხილვად წერტილებს, რომლებიც გადასვლის ხაზის შვეული გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდზე გადასვლის წერტილებს წარმოადგენენ. ამ წერტილებიდან კონუსის პროფილი გეგმილის ღერძზე დაშვებული მართობები მოგვცემენ c'' და d'' წერტილებს. ახლა ვიპოვოთ e'' და f'' წერტილები; ამისათვის კონუსის შვეული გეგმილის ღერძზე ვიგულისხმოთ პროფილი Q სიბრტყის გატარება, რომელიც კონუსს გაკვეთს განაპირა მსახველებზე, სფეროს კი-$o'_2 4'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზზე. o''_1 ცენტრიდან შემოვხაზოთ $o_2'4'$-რადიუსიანი წრეხაზის რკალი, რომელიც კონუსის პროფილი გეგმილის განაპირა მსახველების გადაკვეთაზე მოგვცემს e'' და f'' წერტილებს. ამ წერტილებიდან კონუსის შვეული გეგმილის ღერძზე დაშვებული მართობები მოგვცემენ e' და f' წერტილებს. e და f წერტილებს მივიღებთ შვეული და პროფილი გეგმილების საშუალებით. გადასვლის ხაზის გეგმილების ასაგებად დაგვჭირდება სხვა დამხმარე წერტილებიც; ამ წერტილების მისაღებად გამოვიყენებთ თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელურ სიბრტყეებს, რომელთაგან ერთ-ერთი R სიბრტყეა, რომელიც სფეროსთან კვეთაში მოგვცემს $o'_5 5'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს, კონუსთან კვეთაში კი — $o'_6 6'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს. o_1 ცენტრიდან $o'_5 5'$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, o_2 ცენტრიდან კი — $o'_6 6'$ რადიუსიანი წრეხაზის რკალი, ამ რკალების გადაკვეთა მოგვცემს m და n წერტილებს; მიღებული წერტილებიდან R_v კვალზე დაშვებული მართობები მოგვცემენ m' და n' წერტილებს. სათანადოდ მივიღებთ m'' და n'' წერტილებსაც; ასეთივე წესით შეიძლებოდა სხვა დამხმარე წერტილების მიღებაც, რომელთა მრუდსახაზით მდოვრედ შეერთება მოგვცემდა გადასვლის ხაზის გეგმილებს.

ცილინდრისა და რგოლის („ტორის“) ურთიერთკვეთა

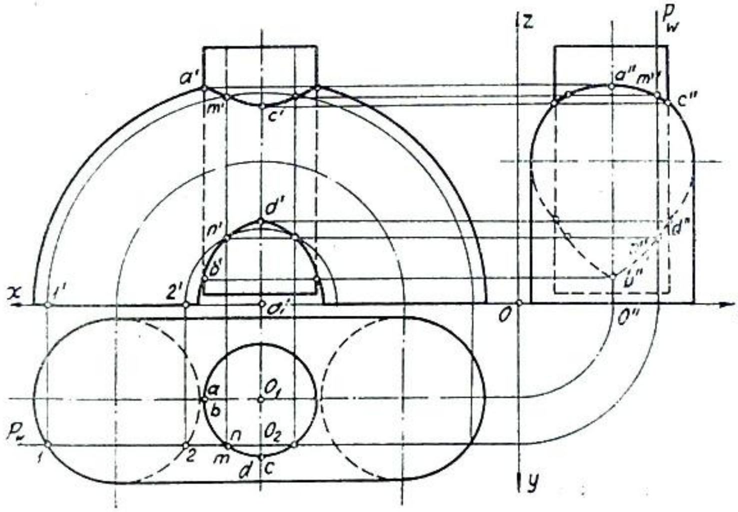
რგოლი ეკუთვნის „ტორის“ ოჯახს, რომელიც მიიღება წრეხაზის ბრუნვით მის გარეშე მდებარე სწორი ხაზის ირგვლივ, როცა ეს ხაზი და წრეხაზი ერთ სიბრტყეზეა.

242-ე ნახ.-ზე განხილულია შემთხვევა, როცა ცილინდრის დიამეტრი რგოლის დიამეტრზე მეტია, ე. ი. რგოლი გადის ცილინდრში. განხილულ შემთხვევაში ორივე ზედაპირის საერთო წერტილების საპოვნელად გამოიყენება შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეები, რომელთა ცილინდრთან განკვეთა გვაძლევს მსახველებს, რგოლთან კი — გარკვეული სიგრძის რადიუსიან წრეხაზებს. a და a'_1 აგრეთვე მათი სიმეტრიული კიდევ ორი წერტილი



ნახ. 242.

უშუალოდ განმსაზღვრელი მსახველების გადაკვეთაზე მიიღება. ამ წერტილებიდან დაშვებული მართობები პროფილი გეგმილის შვეულ ღერძზე გვაძლევენ a'' და a''_1 წერტილებს. b' და მისი სიმეტრიული წერტილის მისაღებად ჯერ განვსაზღვრავთ ამ წერტილების თარაზულ გეგმილებს, რომლებიც ცილინდრის თარაზული გეგმილისა და რგოლის თარაზული გეგმილის განაპირა მსახველის გადაკვეთის წერტილებია; მიღებული b წერტილიდან გავლებული შვეული სწორი ხაზის რგოლის ღერძთან გადაკვეთა გვაძლევს b' წერტილს. b' წერტილიდან პროფილი გეგმილის ღერძზე დავუშვებთ მართობულ სწორ ხაზს და მასზე ღერძის ორივე მხარეს გადავზომავთ $\frac{bb_1}{2}$ მონაკვეთს, მივიღებთ b'' და b''_1 წერტილებს. c', d' და აგრეთვე მათი სიმეტრიული ორი წერტილის მისაღებად ვატარებთ შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურ P სიბრტყეს, რომლის თარ-



ნახ. 243.

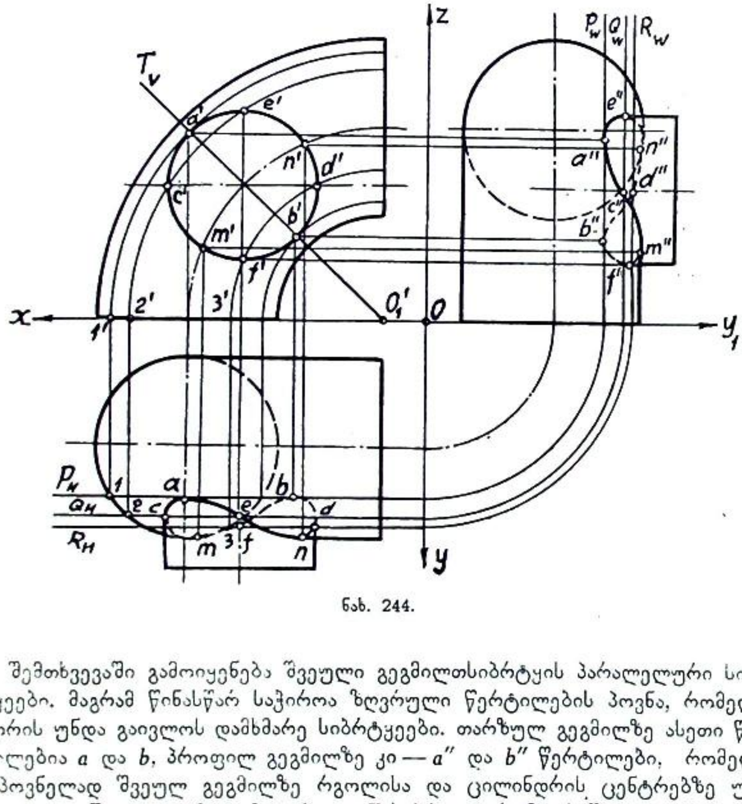
ზული P_H კვალის ცილინდრის თარზულ გეგმილთან (წრეხაზთან) გადაკვეთა მოგვცემს c და d წერტილებს, რომლებიც ამ წერტილში მოთავსებული მსახველის თარზულ გეგმილზე მდებარეობენ. აღნიშნული სიბრტყის მიერ რგოლის გაკვეთა გვაძლევს ორ წრეხაზს, რომელთა რადიუსებია: $o_2n = o'n'$ და $o_2m = o'm'$. ამ წრეხაზების გადაკვეთა c და d წერტილებზე გამავალ მსახველებთან გვაძლევს c' და d' წერტილებს. c' და d' წერტილებიდან პროფილი გეგმილის ღერძის მართობულად გავლებულია სწორი ხაზები, რომლებზედაც ღერძის ორივე მხარეს გადაზომილია $\frac{cc_1}{2}$ მონაკვეთი, მივიღებთ c'' და c''_1 წერტილებს, აგრეთვე d'' და d''_1 წერტილებს. მიღებული წერტილების მრუდსახაზით მდოვრედ შეერთება მოგვცემს გადასვლის ხაზის გეგმილებს.

243-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ცილინდრისა და რგოლის ურთიერთკვეთა, როცა ცილინდრის დიამეტრი რგოლის დიამეტრზე ნაკლებია, ე. ი. ცილინდრი გადის რგოლში.

a' და b', აგრეთვე მათი სიმეტრიული ორი წერტილი უშუალოდ განაპირა მსახველების ურთიერთკვეთით მიიღება. a' და b' წერტილებიდან პროფილი გეგმილის შვეულ ღერძზე დავუშვათ მართობები და მივიღებთ a'' და b'' წერტილებს. c'' და d'', აგრეთვე მათი სიმეტრიული ორი წერტილი პროფილი გეგმილის განაპირა მსახველების ურთიერთკვეთით მიიღება; ამ წერტილებიდან შვეული გეგმილის ღერძზე დაშვებული მართობები გვაძლევენ c' და d' წერტილებს. დამატებითი N, M და მათი სიმეტრიული წერტილების მისაღებად ვავლებთ შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურ P სიბრტყეს, რომელიც ცილინდრთან კვეთაში გვაძლევს მსახველებს, რგოლთან კვეთაში კი გარკვეულ რადიუსიან წრეხაზებს. P_H სიბრტყის თარზული კვალის ცილინდრის თარზულ გეგ-

მილთან გადაკვეთა გვაძლევს n, m და მათი სიმეტრიული ორი წერტილის თარზულ გეგმილებს. ამ წერტილების შვეული გეგმილების მისაღებად აღნიშნული მსახველების შვეული გეგმილები უნდა ვიპოვოთ. o'_1 ცენტრიდან $o_2 2 = o'_1 2'$ და $o_2 1 = o_1' 1'$ რადიუსებით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალებს, რომელთა მსახველებთან გადაკვეთა მოგვცემს n', m' და აგრეთვე მათ სიმეტრიულ წერტილებს. n' და m' წერტილებიდან P_w პროფილ კვალზე დაშვებული მართობები გვაძლევენ n'' და m'' წერტილებს, ღერძის მეორე მხარეს ასევე მიიღება მათი სიმეტრიული წერტილები. აღნიშნულ წერტილებს მრუდსახაზით მდოვრედ შევაერთებთ.

244-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ცილინდრისა და რგოლის ურთიერთკვეთის ისეთი შემთხვევა, როცა ცილინდრის ღერძი რგოლის ღერძის პარალელურია.



ნახ. 244.

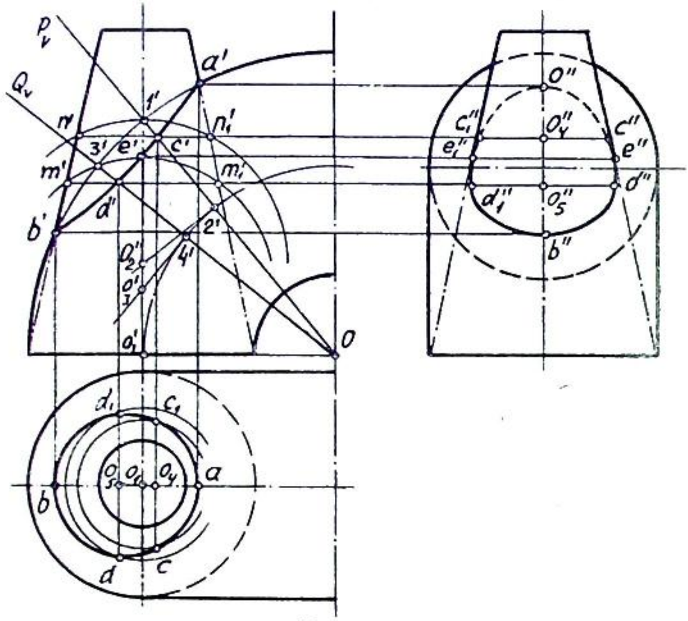
ამ შემთხვევაში გამოიყენება შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეები. მაგრამ წინასწარ საჭიროა ზღვრული წერტილების პოვნა, რომელთა შორის უნდა გაივლოს დამხმარე სიბრტყეები. თარზულ გეგმილზე ასეთი წერტილებია a და b, პროფილ გეგმილზე კი — a'' და b'' წერტილები, რომელთა საპოვნელად შვეულ გეგმილზე რგოლისა და ცილინდრის ცენტრებზე უნდა გავავლოთ შვეულად მაგეგმილებელი T სიბრტყე, რომლის შვეული T_v კვალის ცილინდრის შვეულ გეგმილთან (წრეხაზთან) გადაკვეთა მოგვცემს a' და b' წერტილებს. o_1' ცენტრიდან $o_1'a'$ და $o_1'b'$ რადიუსებით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალები OX ღერძის გადაკვეთამდე. $1'$ წერტილის თარზულ 1 გეგმილზე გავავლოთ შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყის P_H თარზუ-

ლი კვალი და მასზე a' და b' წერტილებიდან დავუშვათ მართობები, P_w პროფილ კვალზეც დავუშვათ მართობები, მივიღებთ a, b, a'' და b'' წერტილებს. ცილინდრის შეეული გეგმილის ჰორიზონტალური ღერძის წრეხაზთან გადაკვეთის c' წერტილიდან o'_1 წერტილამდე მანძილის ტოლი რადიუსით, o'_1 ცენტრიდან შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი OX ღერძთან $2'$ წერტილში გადაკვეთამდე; $2'$ წერტილიდან ავმართოთ მართობი რგოლის თარზულ გეგმილზე წრეხაზთან გადაკვეთამდე, მიღებულ 2 წერტილზე გავატაროთ შეეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური Q სიბრტყე. ამ სიბრტყის თარზული Q_H კვალის ცილინდრის თარზული გეგმილის განაპირა მარცხენა მსახველთან გადაკვეთა მოგვცემს c ხილვად წერტილს, რომელიც გადასვლის ხაზის თარზული გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდზე გადასვლის წერტილს წარმოადგენს. Q_w პროფილი კვალის ცილინდრის პროფილი გეგმილის განაპირა, ზედა მსახველთან გადაკვეთა გვაძლევს e'' წერტილს, რომელიც ხილვადია და წარმოადგენს გადასვლის ხაზის პროფილი გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილს. o'_1 ცენტრიდან o'_1d' რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი OX ღერძთან $3'$ წერტილში გადაკვეთამდე, $3'$ წერტილიდან ავმართოთ მართობი „ტორის" თარზული გეგმილის წრეხაზის გადაკვეთამდე, გადაკვეთის 3 წერტილზე გავატაროთ შეეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური R სიბრტყე, რომლის თარზული R_H კვალის ცილინდრის თარზული გეგმილის განაპირა მარჯვენა მსახველთან გადაკვეთა მოგვცემს d წერტილს, რომელიც უხილავია და გადასვლის ხაზის თარზული გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილს წარმოადგენს. ამ სიბრტყის R_w პროფილი კვალის ცილინდრის პროფილი გეგმილის განაპირა, ქვედა მსახველთან გადაკვეთა გვაძლევს f'' წერტილს, რომელიც უხილავია და წარმოადგენს სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილს. რგოლის შეეული გეგმილის ღერძის ხაზის ცილინდრის ამავე გეგმილის (წრეხაზთან) გადაკვეთის n' წერტილიდან რგოლის თარზული გეგმილის ქვედა განაპირა მსახველზე დავუშვათ მართობი, მივიღებთ n წერტილს, რომელიც ხილვადია და სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილს წარმოადგენს. m' წერტილიდან რგოლის პროფილი გეგმილის განაპირა მარჯვენა მსახველზე დავუშვათ მართობი, მივიღებთ სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის m'' წერტილს. დანარჩენი გეგმილები ასევეა მიღებული სათანადო გეგმილებზე. ამ წერტილების მრუდსახაზით მდოვრედ შეერთებით მიიღება გადასვლის ხაზის გეგმილები.

კონუსისა და რგოლის ურთიერთკვეთა

კონუსის ღერძი თარზული გეგმილთსიბრტყის მართობულია, რგოლის ღერძი კი — შვეული გეგმილთსიბრტყისა და ეს ღერძები ერთმანეთთან არ იკვეთებიან.

ასეთ შემთხვევაში ყველაზე უფრო ხელსაყრელია სფერული ზედაპირების გამოყენება (ნახ. 245). a' და b' წერტილები უშუალოდ განაპირა მსახველების ურთიერთკვეთით მიიღება, ამ წერტილებიდან თარზული გეგმილის ჰორიზონტალურ ღერძზე დაშვებული მართობები მოგვცემს a და b წერტილებს. აგრეთვე a' და b' წერტილებიდან პროფილი გეგმილის შვეულ ღერძზე დაშვებული მარ-

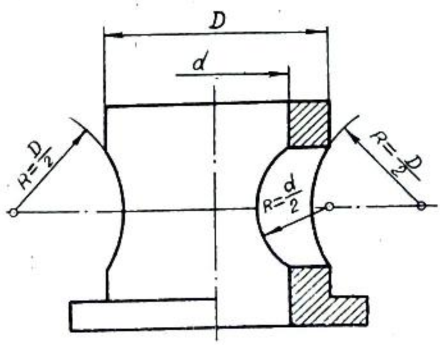


ნახ. 245.

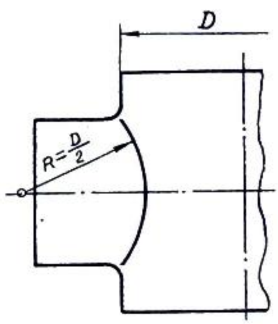
თობები გვაძლევენ a'' და b'' წერტილებს. დანარჩენი წერტილებისათვის გამოვიყენოთ მცოცავცენტრიანი სფერული ზედაპირები. რგოლის O ცენტრზე გატარებულია შვეულად მაგეგმილებელი P სიბრტყე, რომელიც რგოლის კვეთაში გვაძლევს $1'$ $2'$-რადიუსიან წრეხაზს, ცხადია მისი შვეული გეგმილი სიბრტყის P_v შვეულ კვალზე იდება. $2'$ წერტილიდან გავლებულია P_v კვალის მართობული სწორი ხაზი, რომლის გადაკვეთა კონუსის ღერძთან აღნიშნულია o'_2 წერტილით; o'_2 ცენტრიდან $o'_2 1'$ რადიუსით შემოხაზულია სფერული ზედაპირის გეგმილი, რომელიც კონუსის მსახველებთან კვეთაში მოგვცემს $n'n'_1$ სწორ ხაზს, რომლის გადაკვეთა P_v კვალთან ორივე ზედაპირის საერთო c' წერტილს მოგვცემს. $n'n'_1$ დიამეტრით o_1 ცენტრიდან შემოხაზული წრეხაზისა და c' წერტილიდან $n'n'_1$ სწორი ხაზის მართობული ხაზის გადაკვეთა მოგვცემს c და c_1 წერტილებს. პროფილი გეგმილის შვეულ ღერძზე c' წერტილიდან დაშვებულ მართობულ სწორ ხაზზე o''_4 წერტილიდან ორივე მხარეს გადაზომილია $o_4c = o_4c_1$ მონაკვეთი და მიღებულია c'' და c''_1 წერტილები. რგოლის O ცენტრზე გატარებულია შვეულად მაგეგმილებელი Q სიბრტყე, P სიბრტყის ანალოგიურად მიღებულია o'_3 მცოცავი ცენტრი, მასზე $o'_3 3'$ რადიუსით შემოხაზულია სფერული ზედაპირის გეგმილი (წრეხაზი), რომელიც კონუსის მსახველებს m' და m'_1 წერტილებში გადაკვეთს. $m'm'_1$ სწორი ხაზის გადაკვეთა Q_v შვეულ კვალთან გვაძლევს კონუსისა და რგოლის ზედაპირების საერთო d' წერტილს, ე. ი. გადასვლის ხაზის შვეული გეგმილის ერთ-ერთ წერტილს. O_1 ცენტრზე

$m' m_1'$ დიამეტრით შემოხაზული წრეხაზისა და d' წერტილიდან $m'm'_1$ სწორი ხაზის მართობული ხაზის გადაკვეთა გვაძლევს d და d_1 წერტილებს. d' წერტილიდან პროფილი გეგმილის შვეული ღერძის მართობულ სწორ ხაზზე o''_5 წერტილიდან ორივე მხარეს გადაზომილია $o_5d = o_5d_1$ მონაკვეთი, რომელიც გვაძლევს d'' და d''_1 წერტილებს. ახლა განვსაზღვროთ პროფილ გეგმილზე სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის წერტილების მდებარეობა; ამისათვის ჯერ ავაგოთ გადასვლის ხაზის შვეული გეგმილი და მისი გადაკვეთა კონუსის ღერძთან აღვნიშნოთ e' ასოთი. e' წერტილიდან პროფილი გეგმილის ღერძზე დაშვებული მართობის გადაკვეთა კონუსის პროფილი გეგმილის განაპირა მსახველებთან მოგვცემს გადასვლის ხაზის პროფილი გეგმილის სწორი ხაზიდან მრუდე ხაზზე გადასვლის e'' და e''_1 წერტილებს. გადასვლის ხაზის აგებისათვის თუ დაგვჭირდება დამატებითი წერტილები, მოვიქცევით ისე, როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები და სასურველ ადგილზე გავატარებთ შვეულად მაგეგმილებელ სიბრტყეს, რომელიც აუცილებლად უნდა გადიოდეს რგოლის ცენტრზე. მიღებულ წერტილებს მრუდსახაზით მდოვრედ შევაერთებთ.

ძირითადად, ჩამოსხმით მიღებულ ბევრ დეტალს აქვს კუთხეების ისეთი მდოვრი მომრგვალება, რომ ზედაპირების გადაკვეთის ხაზები შეუმჩნეველია. ასეთ შემთხვევაში გადასვლის ხაზს კონტურს არ შეახებენ (ნახ. 247), არამედ მსახველების გადაკვეთის წერტილამდე (შესაუღლებელი კუთხის წვერომდე) გაავლებენ.



ნახ. 246.



ნახ. 247.

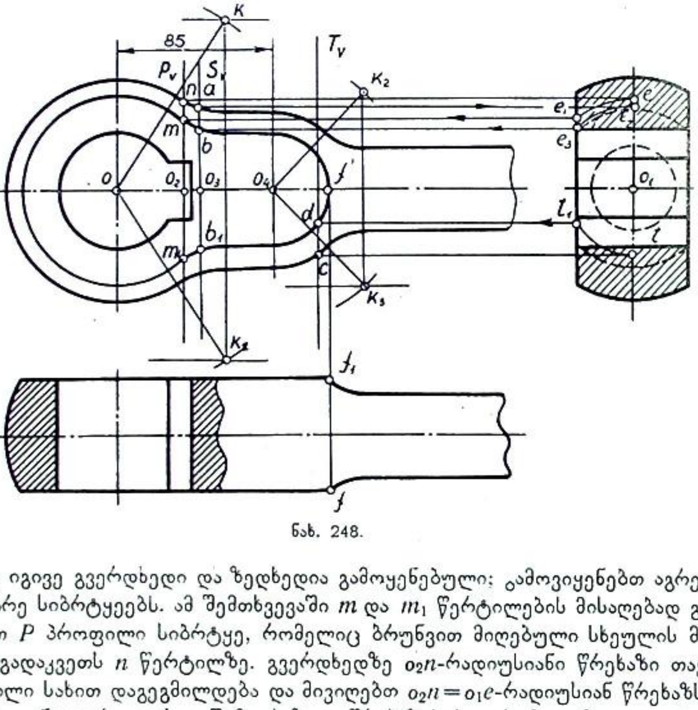
246-ე და 247-ე ნახაზებზე გამოსახულია გადასვლის ხაზების გამარტივებული აგება. ამ შემთხვევაში გადასვლის ხაზს ფარგლით ააგებენ, რაც ძალიან გაამარტივებს ნახაზს და მიახლოებით ლეკალურ მრუდსაც ფარგლით შემოვხაზავთ. რადიუსების სიდიდე და რკალის ცენტრების პოვნა ნახაზიდან ნათლად ჩანს.

ჩამოჭრის ხაზები

ბრუნვითი ზედაპირების ბრუნვის ღერძის პარალელური სიბრტყით გადაკვეთაზე მიღებულ ხაზებს ჩამოჭრის ხაზებს უწოდებენ. ასეთი ზედაპირების მქონე დეტალები ხშირად სიბრტყით ჩამონაჭრებს შეიცავენ და მათ ზედაპირ-

ზე წარმოშობილია ბრტყელი მრუდე ნაკვთები, რომლებიც უმეტეს შემთხვევაში მრუდსახაზით გამოსახაზავი მრუდებია.

248-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი დეტალი, რომლის ფორმა შეიცავს ბრუნვით მიღებულ მრუდე ზედაპირებს და ეს ზედაპირები სიბრტყით არის ჩამოჭრილი, სადაც სხვადასხვა სახის მრუდე ხაზებია მიღებული. სფეროს ჩამოჭრა სიბრტყით მოგვცემს წრეხაზს, რომლის რადიუსი შეიძლება განისაზღვროს ამ დეტალის გვერდხედით ან ზედხედით. ასეთივე ხერხით მივიღებთ ცილინდრული ზედაპირების ჩამოჭრის სწორ ხაზებს. დანარჩენი მრუდე ხაზების მისა-



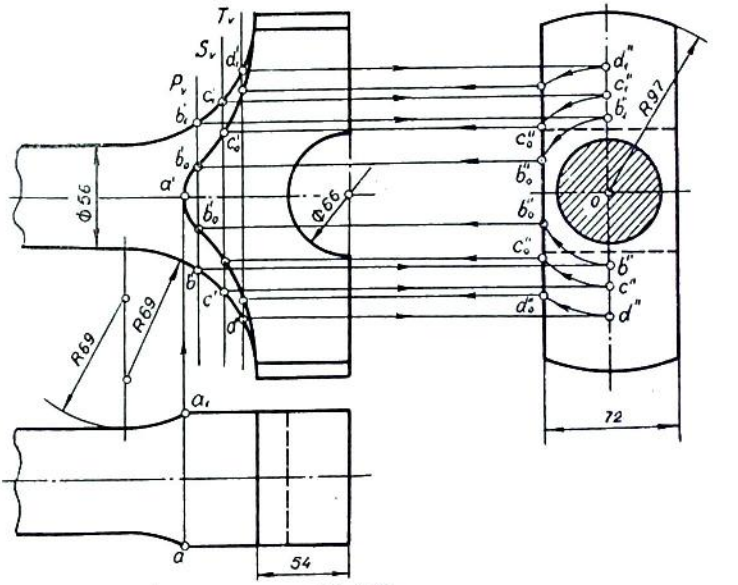
ნახ. 248.

ღებად იგივე გვერდხედი და ზედხედია გამოყენებული; გამოვიყენებთ აგრეთვე დამხმარე სიბრტყეებს. ამ შემთხვევაში m და m_1 წერტილების მისაღებად გავატაროთ P პროფილი სიბრტყე, რომელიც ბრუნვით მიღებული სხეულის მსახველს გადაკვეთს n წერტილზე. გვერდხედზე o_2n-რადიუსიანი წრეხაზი თავისი ნამდვილი სახით დაგეგმილდება და მივიღებთ $o_2n=o_1e$-რადიუსიან წრეხაზს. o_1 ცენტრიდან o_1e რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალს, მოცემული დეტალის გვერდხედის მარცხენა ნაპირა სწორ ხაზამდე. რკალის ამ სწორ ხაზთან გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ e_1 ასოთი. e_1 წერტილზე გავავლოთ ჰორიზონტალური სწორი ხაზი (რომელიც პროფილი P სიბრტყის P_v კვალის მართობულია), რომელიც P_v კვალს m წერტილზე გადაკვეთს. გავავლოთ მეორე S პროფილი სიბრტყე, რომელიც მოცემული დეტალის ზედაპირს გადაკვეთს მსახველზე a წერტილში. o_1 ცენტრიდან. გვერდხედზე, $o_3a=o_1e_2$ რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალს, რომელიც მოგვცემს e_3 წერტილს. e_3 წერტილზე გავავლებთ ჰორიზონტალურ ხაზს (S_v კვალის მართობულად), რომელიც S_v კვალს გადაკვეთს b წერტილზე. ასეთივე წესით არის მიღებული d წერტილი, აგრეთვე ამ წერტილის სიმეტრიული წერტილი. მიღებული წერტილების და თუ საჭირო გახდა

კიდევ სხვა წერტილების შეერთებას ვაწარმოებთ მრუდსახაზით. ამ ნახაზზე ზომებს არ ვუჩვენებთ, რადგან ის ამ შემთხვევაში ნებისმიერია.

249-ე ნახ.-ზე განხილულია კიდევ ერთი მაგალითი, სადაც მოცემულია დეტალზე ჩამოჭრის ხაზების აგების ხერხი.

მოცემულია ისეთი დეტალის სამი ხედი, რომლის ფორმა შეიცავს ბრუნვით მიღებულ ზედაპირებს. ეს დეტალი ჩამოჭრილია სიბრტყეებით, რომლებიც დეტალის ზედაპირზე წარმოქმნის მრუდე ხაზებს. ამ ბრტყელი მრუდე ხაზების ასაგებად გამოვიყენოთ წინა მაგალითის ანალოგიურად პროფილი სიბრტყეები.

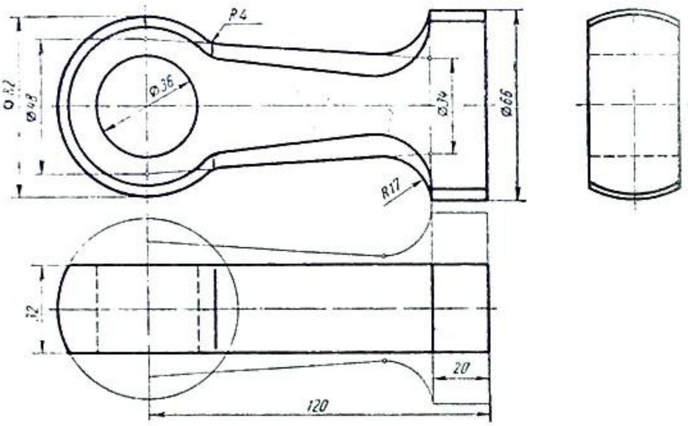


ნახ. 249.

ჯერ ვიპოვოთ საძიებელი მრუდის საზღვარი ჰორიზონტალური ღერძის ხაზზე. რისთვისაც გამოვიყენოთ დეტალის თარზული გეგმილი; a, a_1 წერტილების საშუალებით მივიღებთ a' წერტილს, რომლის მარცხნივ მრუდე ხაზი არ იქნება. a' წერტილიდან მარჯვნივ გავატაროთ პროფილი სიბრტყეების კვალები P_v, S_v, T_v და ა. შ., რაც მეტია ეს დამხმარე სიბრტყეები, იმდენად მეტ წერტილებს მივიღებთ მრუდე ხაზის ასაგებად და, ცხადია, მრუდე ხაზიც უფრო ზუსტი აგება. P_v სიბრტყის შვეული კვალი b', b'_1 წერტილებზე გადაკვეთს დეტალის ზედაპირს (რომელიც ბრუნვით მიღებული ზედაპირის მსახველია). ამ წერტილებიდან გავავლოთ P_v კვალის მართობულად სწორი ხაზები, რომელთა გადაკვეთა პროფილი გეგმილის შვეულ ღერძთან იქნება b'' და b''_1 წერტილები. $ob''=ob''_1$ არის წრეხაზის რადიუსი, რომლითაც o ცენტრიდან შემოხაზული წრეხაზი დეტალის ჩამონაჭერის სწორ ხაზს გადაკვეთს b_0'', და b_0'' წერტილებზე. ამ წერტილებიდან P_v კვალზე დავუშვებთ მართობებს და მივიღებთ b'_0, b'_0 წერტილებს. გავავლებთ S პროფილი სიბრტყის S_v კვალს, რომელიც ბრუნვით

მიღებულ ზედაპირის მსახველის გადაკვეთაში მოგვცემს c', c'_1 წერტილებს. ამ წერტილებიდან S_v კვალის მართობებს გავავლებთ გვერდხედის სიმეტრიის ღერძის c'' და c''_1 წერტილებზე გადაკვეთამდე. $oc''=oc''_1$ არის წრეხაზის რადიუსი, რომლითაც o ცენტრიდან შემოხაზული წრეხაზი დეტალის გვერდხედის ნაპირა სწორ ხაზს გადაკვეთს c''_0, c''_0 წერტილებზე. ამ წერტილებიდან S_v კვალზე დაშვებული მართობები მოგვცემს c'_0 და c'_0 წერტილებს. ანალოგიურად მივიღებთ T_v სიბრტყით კიდევ ორ წერტილს და ა. შ. მიღებული წერტილების მრუდსახაზით მდოვრედ შეერთება მოგვცემს ჩამოჭრის მრუდე ხაზს.

250-ე ნახ.-ზე მოცემულია ისეთი დეტალი, რომლის ფორმა ჩამოჭრამდე წარმოადგენდა სფეროს, კონუსს და ცილინდრს, რომელთა გადასვლა ერთი

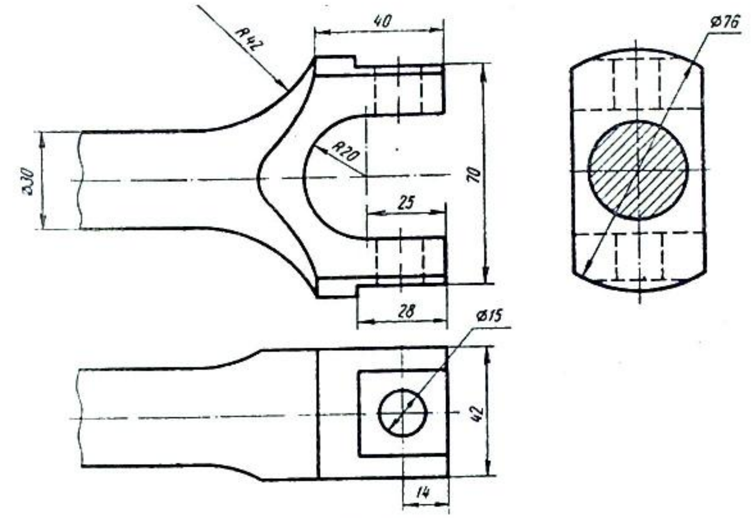


ნახ. 250.

ფორმიდან მეორეზე შესრულებულია ბრუნვითი ზედაპირით. ასეთი დეტალი ღერძის პარალელური სიბრტყეებით არის ჩამოჭრილი. როგორც ვიცით, ასეთი გეომეტრიული ფორმების სიბრტყით ჩამოჭრა მოგვცემს სფეროზე — წრეხაზს, კონუსზე — ჰიპერბოლას, ცილინდრზე — სწორ ხაზს. ამ ხაზების ურთიერთშეერთება მრუდე ხაზებით უნდა ვაწარმოოთ. წინა მაგალითების ანალოგიურად დამხმარე სიბრტყეებით განვსაზღვროთ ჩამოჭრის მრუდე ხაზის წერტილები და მრუდსახაზით შევაერთოთ ისინი მდოვრედ. ნახაზი შევასრულოთ ნატურალურ ზომებში და ამოხსნილი მაგალითი გამოვიყენოთ მიღებული პასუხის შესადარებლად.

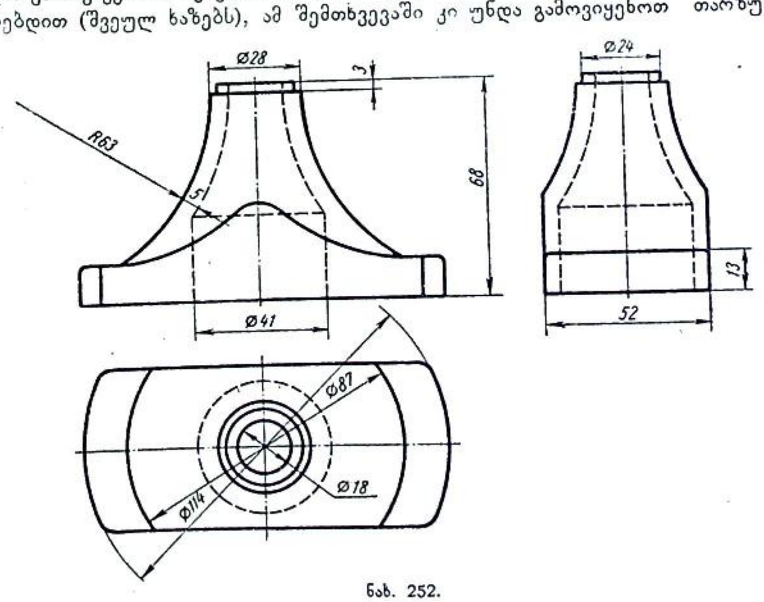
251-ე ნახ.-ზე მოცემულია დეტალი, რომელიც შეიცავს ბრუნვით მიღებულ ზედაპირს. ეს დეტალი ღერძის პარალელური სიბრტყეებით არის ჩამოჭრილი. ჩამოჭრის მრუდის მისაღებად გამოვიყენოთ 249-ე ნახ.-ზე განხილული მაგალითი და ანალოგიურად ვიპოვოთ ჩამოჭრის ხაზის წერტილები. დეტალი გამოვხაზოთ ნატურალურ ზომებში.

252-ე ნახ.-ზე გამოსახულია დეტალი, რომელიც ბრუნვით მიღებულ ზედაპირს შეიცავს. ეს დეტალი ღერძის პარალელური სიბრტყეებითაა ჩამოჭრილი. ბრუნვით მიღებული ზედაპირების სიბრტყით ჩამოჭრის დროს წარმოშობილი



ნახ. 251.

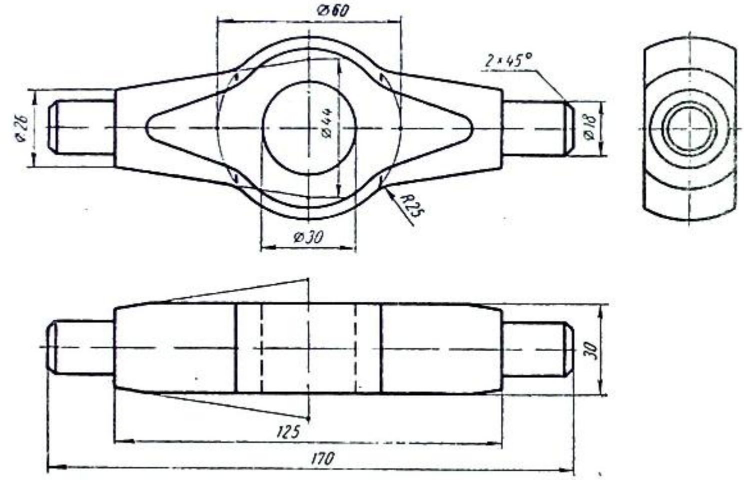
ჩამოჭრის ხაზის მისაღებად წინა მაგალითების ანალოგიურად მოვიქცევით, ხოლო განსხვავება ის იქნება, რომ წინა მაგალითებში პროფილ სიბრტყეებს ვატარებდით (შვეულ ხაზებს), ამ შემთხვევაში კი უნდა გამოვიყენოთ თარზული



ნახ. 252.

გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეები (გავავლოთ ჰორიზონტალური სწორი ხაზები). დეტალი გამოიხაზოს ნატურალურ ზომებში და გვერდხედზე გავჭრათ 1/4-ზე. ნახაზზე მოცემულია ჩამოჭრის ხაზი, რომელსაც გამოვიყენებთ ჩვენ მიერ მიღებული ჩამოჭრის ხაზის შესადარებლად.

253-ე ნახ.-ზე მოცემულია დეტალის ნახაზი, რომელიც შეიცავს სფეროს და კონუსებს. რომლებიც შეერთებულია ბრუნვითი ზედაპირით. ასეთი დეტალი

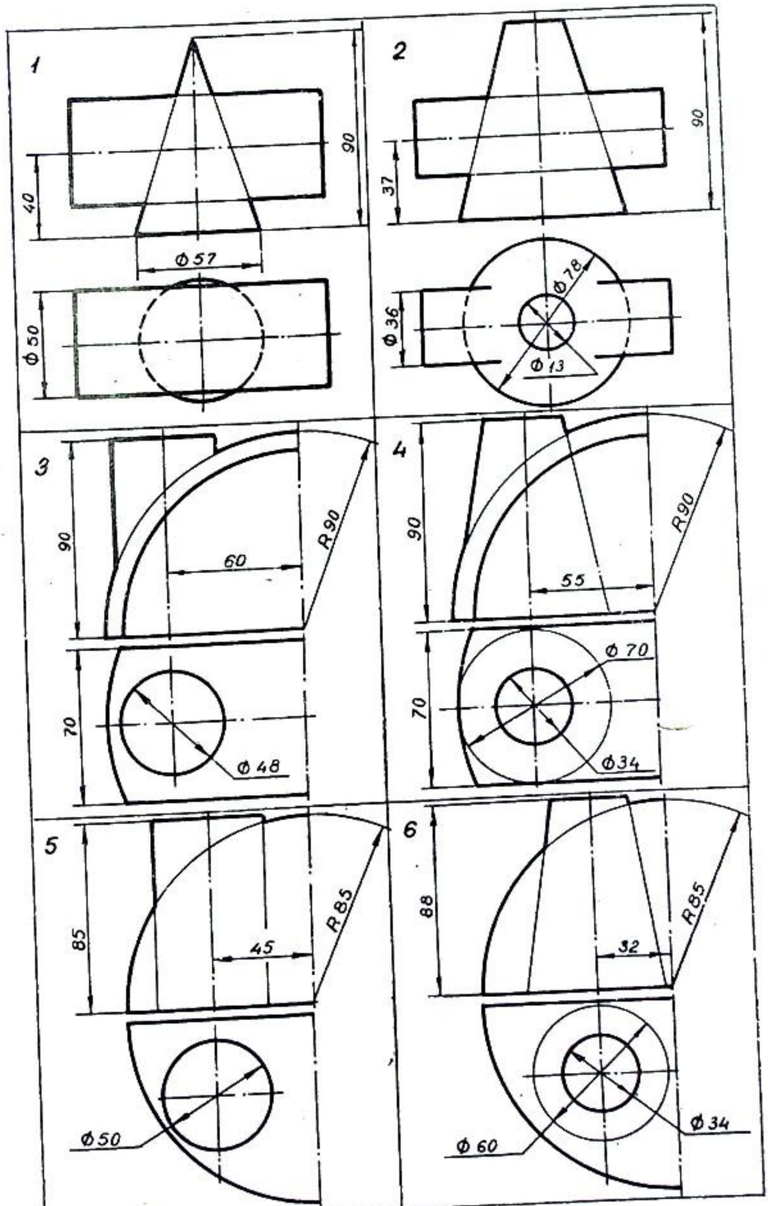


ნახ. 253.

ჩამოჭრილია ღერძის პარალელური სიბრტყეებით, რომლებიც წრიულ კონუსებთან ჭრაში გვაძლევს ჰიპერბოლებს, სფეროსთან კი — წრეხაზებს. ჰიპერბოლები წრეხაზზე შეუღლებით გადადის, ამიტომ საჭიროა განისაზღვროს ის წერტილი, რომელიც წრეხაზსა და ჰიპერბოლას შორის საზღვარია. ასეთი მაგალითი ჩვენ განვიხილეთ 250-ე ნახ.-ზე, სადაც სფეროსა და კონუსის განმსაზღვრელი ხაზების შეუღლება ვაწარმოეთ მოცემული რადიუსით. ამ შემთხვევაში ეს რადიუსი 25 მმ-ია. ჰიპერბოლის სათავეებს თარზული გეგმილიდან განვსაზღვრავთ.

მიღებულ წერტილებს შორის გავატარებთ პროფილ სიბრტყეებს და დეტალის გვერდხედის დახმარებით ვიპოვით ჩამოჭრის ხაზის წერტილებს ისე, როგორც 249-ე ნახ.-ზეა ნაჩვენები. მიღებული წერტილების მრუდსახაზით შეერთება მოგვცემს ჩამოჭრის ხაზს, რომელიც ფორმით მოცემულ მაგალითზე ნაჩვენები ჩამოჭრის ხაზის მსგავსი იქნება. დეტალი გამოიხაზოს ნატურალურ ზომებში.

254-ე ნახ.-ზე მოცემულია 6 მაგალითი გადასვლის ხაზების აგებაზე, სადაც გეომეტრიული სხეულების ურთიერთკვეთის მარტივი შემთხვევებია განხილული. ასეთი მაგალითები ჩვენ განვიხილეთ ცალ-ცალკე, სადაც გადასვლის ხაზების პოვნის მარტივი ხერხი იყო გამოყენებული. ამ შემთხვევაში გეგმილთსიბრ-


1
90
40
Ø 57
Ø 50
2
90
37
Ø 78
Ø 36
Ø 13
3
90
60
R90
70
Ø 48
4
90
55
R90
Ø 70
70
Ø34
5
85
45
R85
Ø50
6
88
32
R85
Ø 34
Ø 60

ნახ. 254.

ტყის პარალელური სიბრტყეებით შეიძლება გადასვლის ხაზების წერტილები ვიპოვოთ.

255-ე ნახ.-ზე მოცემულია 6 მაგალითი გადასვლის ხაზების აგებაზე, სადაც პირველი ორი მაგალითი წარმოადგენს ცილინდრისა და კონუსის ურთიერთკვეთას, დანარჩენი 4 მაგალითი შეიცავს რგოლისა და ცილინდრის ურთიერთკვეთას ჰარტივ ფორმებში. ამ მაგალითების ამოხსნისათვის საკმარისია გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეების გატარება, რომლებიც ცილინდრთან კვეთაში წრეხაზებს ან სწორ ხაზებს მოგვცემს, რგოლთან კვეთაში კი — წრეხაზებს.

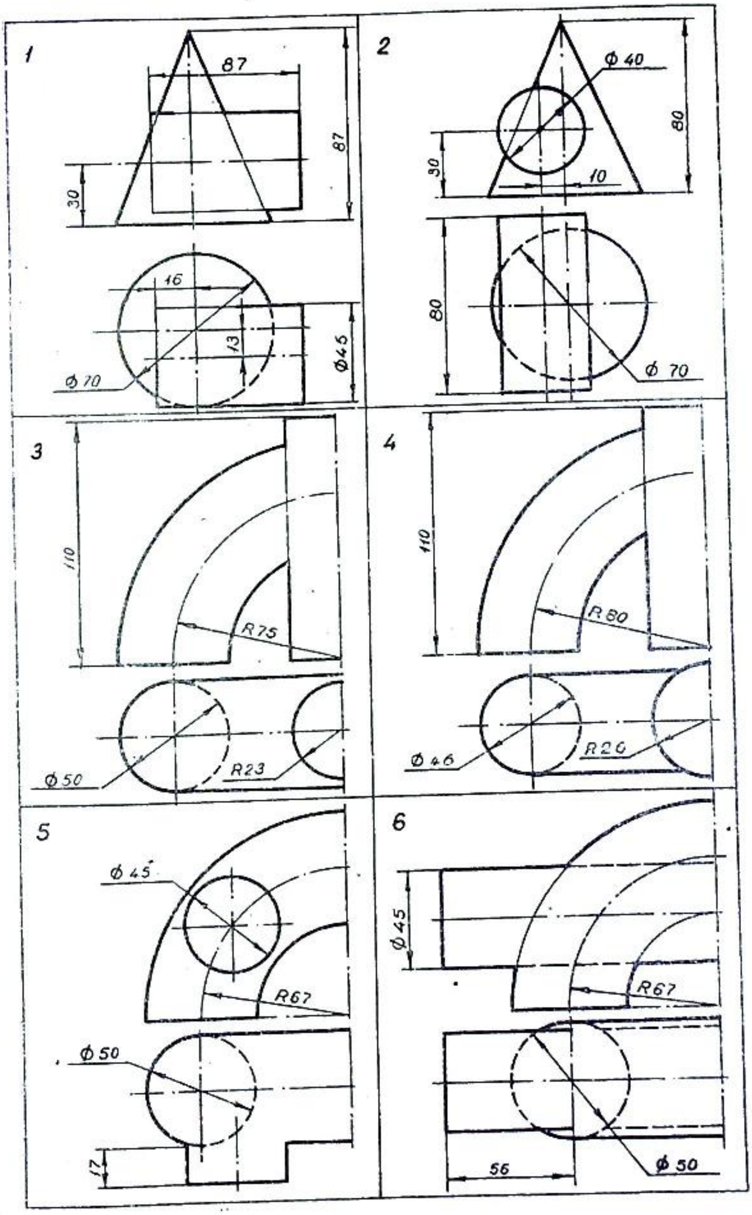
256-ე ნახ.-ზე მოცემულია 6 მაგალითი, სადაც გეომეტრიული სხეულები ურთიერთკვეთაში ისეთი მდებარეობისაა, რომ გეგმილთსიბრტყეების პარალელური სიბრტყით განკვეთა ერთ ან ორივე გეომეტრიულ სხეულზე გვაძლევს ისეთ მრუდს, რომლის აგება ძნელია და არაზუსტი. ამიტომ ასეთ შემთხვევაში უნდა გამოვიყენოთ სფერული ზედაპირები, რომელთა საშუალებით მრუდხაზების წერტილებს ადვილად ვიპოვით. გადასვლის ხაზების აგების თანამიმდევრობას ჩვენ აქ არ განვიხილავთ, რადგან ის წინა მაგალითებზე დაწვრილებით გვქონდა განხილული.

257-ე ნახ.-ზე მოცემულია 6 მაგალითი, სადაც საჭიროა ავაგოთ გადასვლის ხაზები, რომლებსაც მოცემული სხეულების ურთიერთკვეთა იძლევა. ამ შემთხვევაში გადასვლის ხაზების საპოვნელად სიბრტყეები არ გამოდგება, ვინაიდან სიბრტყეებით ასეთი სხეულების განკვეთის დროს რთულად ასაგები მრუდე ხაზები მიიღება.

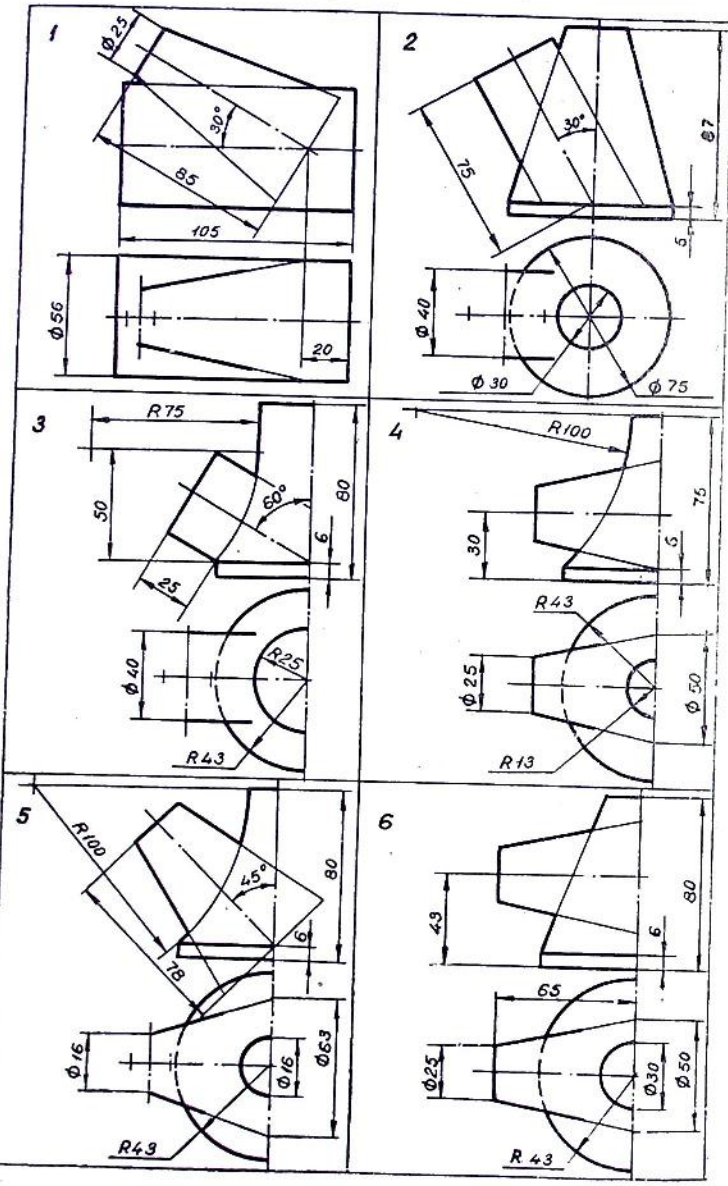
სფერული ზედაპირების გამოყენება გააადვილებს საკითხს (ნახ. 245), მაგრამ სფერული ზედაპირის ცენტრის პოვნა მოითხოვს ზოგიერთ დაზუსტებას. ამ მაგალითებზე სფერული ზედაპირების მცოცავი ცენტრები უნდა ვიპოვოთ, რისთვისაც საჭიროა რგოლის ცენტრზე მაგეგმილებელი სიბრტყის გატარება. ამ სიბრტყის კვალის რგოლის ღერძის ხაზთან გადაკვეთის წერტილზე გავატარებთ სიბრტყის კვალის მართობულ სწორ ხაზს (ე. ი. ღერძის რკალის მხებს), რომელიც მეორე გეომეტრიული სხეულის ღერძთან გადაკვეთაზე მოგვცემს სფერული ზედაპირის მცოცავ ცენტრს. განხილულ მაგალითებზე მხოლოდ ორი ხედია მოცემული. მესამე ხედის პოვნა და მასზე გადასვლის ხაზის აგება აუცილებელია.

258-ე ნახ.-ზე მოცემულია 6 მაგალითი გადასვლის ხაზების პოვნაზე ტექნიკურ ფორმებში. ეს იმას ნიშნავს, რომ მოცემულია დეტალები გეომეტრიული სხეულების ნაცვლად, რომელთა ფორმა შეიცავს გადასვლის ხაზებს. ეს წინა მაგალითებზე გაცილებით უფრო ადვილი გამოსახაზავია, მაგრამ აქ ნაჩვენებია გადასვლის ხაზების გამოყენების მაგალითები. მოცემული ორი გეგმილით ჯერ მესამე გეგმილი ვიპოვოთ და შემდეგ ავაგოთ გადასვლის ხაზები იქ, სადაც ის საჭიროა. დეტალები გამოიხაზება ნატურალურ ზომებში და მასწავლებლის მითითებით გაიჭრება იმ ხედში, რომელ ხედშიც გადასვლის ხაზების აგებას ხელს არ უშლის.

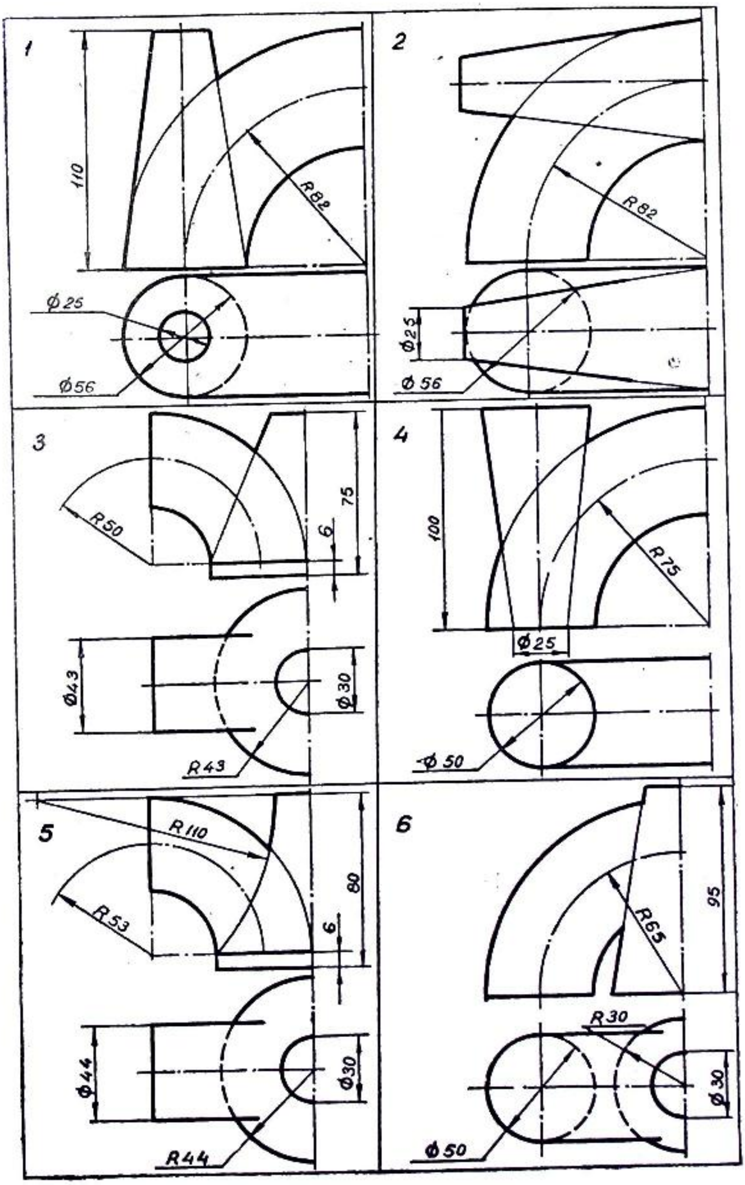
259-ე ნახ.-ზე მოცემულია შედარებით უფრო რთული ფორმის დეტალი, რომელიც შეიცავს გადასვლის ხაზებს როგორც გარეთა ზედაპირზე, ისე დეტალის შიგნითაც. დეტალი სიმეტრიულია და საჭიროა წინხედი გავჭრათ $^1/_4$-ზე; სასურველია გვერდხედიც გაიჭრას. ეს მაგალითი უნდა გამოვხაზოთ ნატუ-


1
87
87
30
16
13
Φ45
Φ70
2
Φ40
80
30
10
80
Φ70
3
110
R75
Φ50
R23
4
110
R80
Φ46
R26
5
Φ45
R67
Φ50
17
6
Φ45
R67
56
Φ50

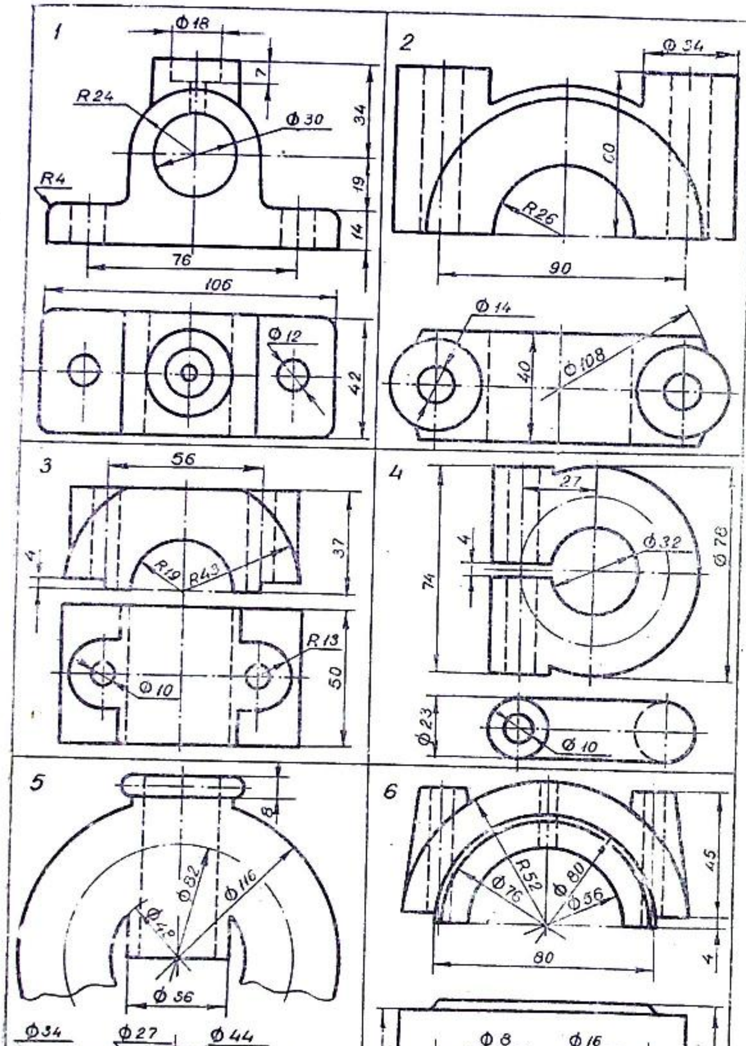
ნახ. 255.


1
Ø25
30°
85
105
Ø56
20
2
30°
75
5
Ø 40
Ø 30
Ø 75
3
R75
50
60°
80
6
25
Ø 40
R25
R43
4
R100
75
30
5
R43
Ø 25
Ø 50
R13
5
R100
45°
80
6
78
Ø 16
Ø16
Ø63
R43
6
80
43
6
65
Ø25
Ø30
Ø 50
R 43

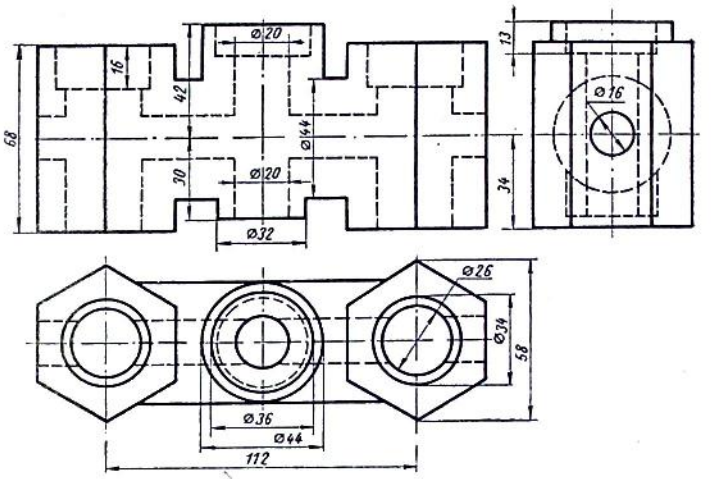
ნახ. 256.


1
110
R82
Ø25
Ø56
2
R82
Ø25
Ø56
3
R50
75
6
Ø43
Ø30
R43
4
100
R75
Ø25
Ø50
5
R110
R53
80
6
Ø44
Ø30
R44
6
R65
95
R30
Ø30
Ø50

ნახ. 257.


1
Φ18
7
R24
Φ30
34
R4
19
14
76
106
Φ12
42
2
Φ34
60
R26
90
Φ14
40
Φ108
3
56
4
R19
R43
37
R13
Φ10
50
4
27
4
Φ32
Φ78
74
Φ23
Φ10
5
8
Φ82
Φ116
Φ56
Φ34
Φ27
Φ44
6
R52
Φ80
Φ76
Φ56
45
80
4
Φ8
Φ16
50
Φ6
78
56

ნახ. 258.



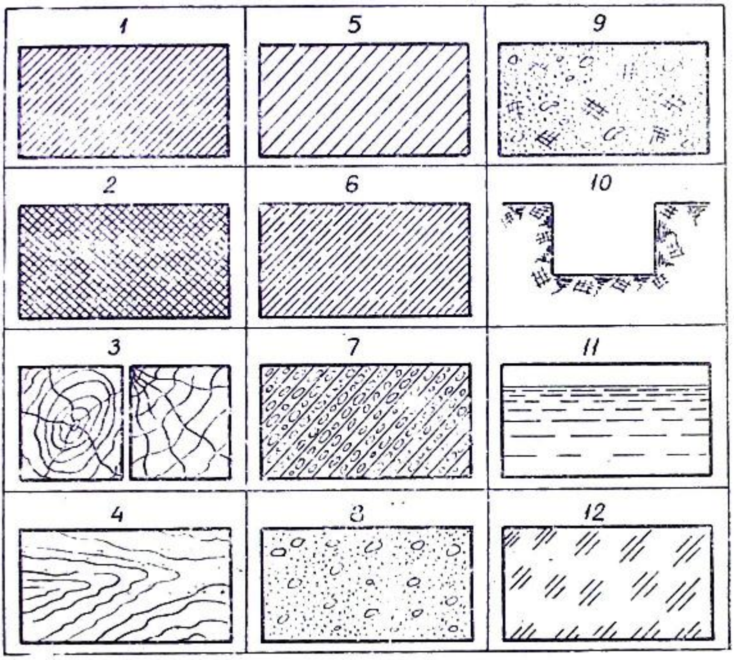
ნახ. 259.

რალური სიდიდით და დავაწეროთ ზომები. ამ დეტალის შინაგანი გადასვლის ხაზები ცილინდრების ურთიერთკვეთითაა მიღებული, რომლის აგება სიძნელეს არ წარმოადგენს. გარეგან ზედაპირებზე ცილინდრის ცილინდრთან და ცილინდრის დახრილი სიბრტყით კვეთის დროს მიღებული გადასვლის ხაზებია ს... პოვნელი.

მ ა ს ა ლ ე ბ ი ს პ ი რ ო ბ ი თ ი ა ღ ნ ი შ ვ ნ ე ბ ი (ГОСТ 3455-59).

260-ე ნახაზზე განხილულია ზოგიერთი მასალის პირობითი აღნიშვნები ნაგულისხმევ ჭრაში. მანქანათმშენებლობაში მასალების პირობით აღნიშვნებ... დიდი მნიშვნელობა აქვთ ნახაზის წაკითხვის გასაადვილებლად. ჩვენ აქ განვიხ... ლავთ მანქანათმშენებლობაში ხმარებული ზოგიერთი მასალის ნაგულისხმევ... ჭრის შემთხვევაში პირობით აღნიშვნებს, რომელთა საშუალებით ადვილდებ... ნახაზში გამორკვევა რა მასალისაგან არის დამზადებული მანქანის ნაწილი.

ამ ნახაზზე მოცემულია ნაგულისხმევი ჭრის დროს ძირითადად 12 სახის მასალის პირობითი ნიშანი: 1. ლითონების პირობითი აღნიშვნა, რომელი... ურთიერთპარალელური, 45°-ით დახრილი წვრილი მთლიანი ერთიმეორისაგან 2 : 10 მილიმეტრამდე დაშორებული სწორი ხაზებით სრულდება; 2. საფენი, საიზოლაციო და სხვა ამგვარი არალითონის მასალები, ქვემოთ ნაჩვენების გარდა; 3. ხის პირობითი აღნიშვნა, როცა ის ბოჭკოების განივად არის გაჭრილი; 4. ხის პირობითი აღნიშვნა ბოჭკოების გრძივად გაჭრის დროს; 5. აგურის პირობითი აღნიშვნა, როცა ის უბრალო საშენი მასალაა; 6. სპეციალური აგური — ცეცხლგამძლე და სხვ. 7. არმატურიანი ბეტონი; 8. უარმატურო ბეტონი; 9. მიწა ნაყარი, ზოგჯერ სილასაც ასე აღნიშნავენ; 10. გრუნტი ბუნებრივი — მიწა ყამირი, მყარი ნიადაგი (კონტურის ირგვლივ); 11. სითხეების აღნიშვნა; 12. მინის ან მისი მსგავსი გამჭვირვალე მასალის პირობითი აღნიშვნა.



ნახ. 260.

გამოსახაზავი საგნის ნაგულისხმევი გაჭრა

ტექნიკურ ხაზვაში, ნახაზის ადვილად წაკითხვის მიზნით, ფართოდ არის გამოყენებული ნახაზზე ჭრილების ჩვენება. სინამდვილეში არავითარი გაჭრა არ ხდება, ის მხოლოდ იგულისხმება. როდესაც დეტალის შიგნითა სიცარიელეს ვერ ვხედავთ ვერც ერთ გეგმილზე, ამ შემთხვევაში თითქოს ამოჭრიან, გარკვეული წესით, იმ ნაწილს, რომელიც ეფარება შინაგან ფორმას. ეს ნაგულისხმევი ამოჭრა შეიძლება იყოს: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, არასრული ამოჭრა (ამოტეხა — ნაწილის ამოღება) და სხვ. ამოჭრის აღნიშნული სხვადასხვაობა დამოკიდებულია სხეულის სიმეტრიულობაზე და მისი ფორმის სირთულეზე.

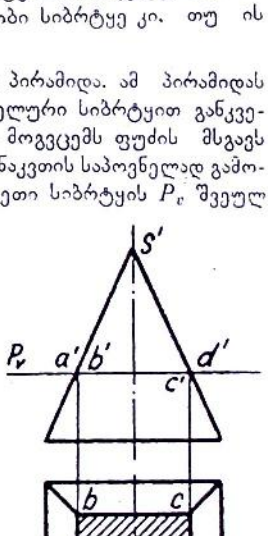
ზემოაღნიშნული ნაგულისხმევი ჭრა საგნის რომელიმე გეგმილზე წარმოებს ისე, რომ ეს ნაგულისხმევი ამოჭრა მხოლოდ იმ გეგმილს ეკუთვნის და სხვა გეგმილის გამოხაზვაზე არავითარ გავლენას არ ახდენს, ე. ი. შეიძლება ერთისა და იმავე საგნის სამივე გეგმილს დაჭირდეს ამოჭრის ჩვენება, მაგრამ თითოეული გეგმილისათვის დამოუკიდებლად.

ამოჭრის დროს ნაგულისხმევად გატარებული მკვეთი სიბრტყე თუ ღერძის ხაზზე გადის, მაშინ ამ სიბრტყის კვალის ნაცვლად ისევ ღერძის ხაზი დარჩება; თუ მკვეთი სიბრტყე ღერძზე არ გადის, მაშინ ამ სიბრტყის კვალს გაავლებენ წყვეტილწერტილოვანი ხაზით, რომლის მონაკვეთის სიგრძე დაახლოებით არის 8 მმ, მონაკვეთებს შორის მანძილი — 1,5 მმ, სისქე კი კონტურის ხაზის სისქის ნახევარია.

თუ ამოჭრა რთულია, მაშინ გეგმაზე — ზედხედზე ასოებით ვუჩვენებთ ჭრის მიმართულებას. საერთოდ, ნაგულისხმევი ჭრილების ნახაზზე ჩვენება ხდება წახაზვით (შტრიხვით), რომელიც მასალების დამახასიათებელი ნიშნების მიხედვით სრულდება. წახაზვა ხდება ნახაზის იმ ნაწილისა, რომელიც გამოსახავს საგნის მასიურ ნაწილს ჭრის შემდეგ, ის ნაწილი კი, რომელიც ცარიელია (სიღრუეა — ფუყეა), დარჩება წაუხაზავი. საგნის ნაგულისხმევ ჭრას გვიჩვენებს ის სიბრტყე, რომელიც იმ გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, რომელზედაც ვუჩვენებთ ამოჭრას; ამ სიბრტყის მართობი სიბრტყე კი, თუ ის ღერძზე დაემთხვა, აღინიშნება ისევ ღერძის ხაზით.

261-ე ნახ.-ზე მოცემულია წესიერი ოთხწახნაგა პირამიდა. ამ პირამიდას ვგულისხმობთ თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყით განკვეთილს, რაც ნაგულისხმევად წაჰკვეთს პირამიდას და მოგვცემს ფუძის მსგავს მრავალკუთხედს. წაკვეთილი პირამიდის განკვეთის ნაკვთის საპოვნელად გამოვიყენებთ ამ პირამიდის შვეულ გეგმილს, სადაც მკვეთი სიბრტყის P_v შვეულ კვალზე დაგეგმილდება განკვეთის ნაკვთის შვეული გეგმილი (ნახ. 262). პირამიდის წიბოების P_v შვეულ კვალთან გადაკვეთის წერტილების შვეული a', b', c' და d' გეგმილები ამ კვალზე ძევს და მათი თარზული გეგმილები, ცხადია, სათანადოდ იდება წიბოების თარზულ გეგმილებზე. ასე ვიპოვით a, b, c და d წერტილების თარზულ გეგმილებს და მათი შეერთება პირამიდის ფუძის მსგავს მრავალკუთხედს მოგვცემს. რადგან ეს ნაგულისხმევი ჭრის შედეგად მიღებული ნაკვთია, იგი წაიხაზება ზემოაღნიშნული წესით.

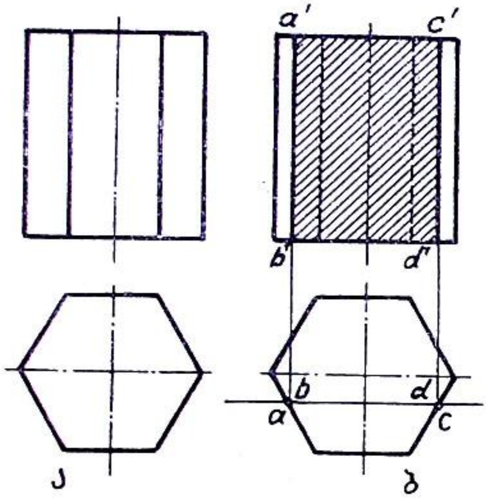
ნახ. 261.



ნახ. 262.

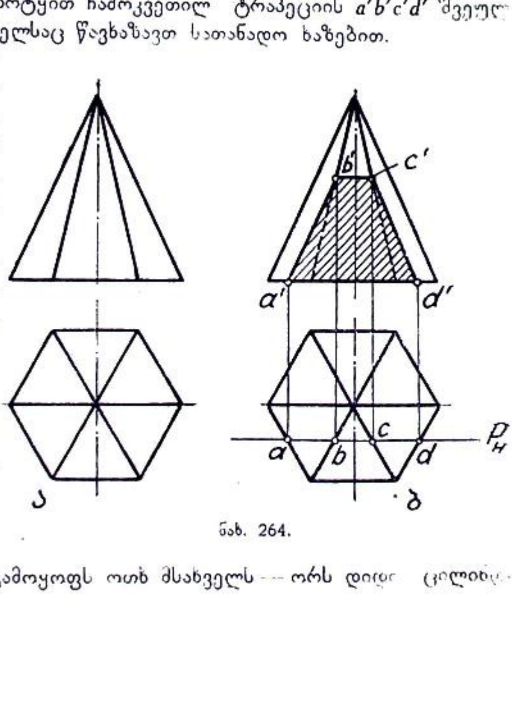
263-ე ნახ.-ზე მოცემულია წესიერი ექვსწახნაგა პრიზმა (ნახ. 263, ა) და მისი ნაგულისხმევი ჭრა შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყით (ნახ. 263, ბ).

264-ე ნახ.-ზე გამოხაზულია წესიერი ექვსწახნაგა პირამიდა (264, ა), რომელიც ფრონტალური გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყით არის ჩამოკვეთილი. ჩამოკვეთილი ნაკვთის თარზული $abcd$ გეგმილი სიბრტყის თარზულ კვალზე მოთავსდება, A და D წერტილები პირამიდის ფუძეზე მდებარე წერტილებია, ამიტომ მათი შვეული a' და d' გეგმილები ფუძის შვეულ გეგმილზე მოთავსდებიან. B და C წერტილები გვერდით წიბოებზე მდებარე წერტილებია და ამიტომ თარზული b და c გეგმილებიდან შვეულად გავლებული სწორი ხაზებით გადავკვეთთ სათანადო წიბოების შვეულ გეგმილებს. მივიღებთ b' და c' წერტილების შვეულ გეგმილებს. მიღებული a', b', c', და d' წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზებით და მივიღებთ P სიბრტყით ჩამოკვეთილ ტრაპეციის $a'b'c'd'$ შვეულ გეგმილს (ნახ. 264, ბ), რომელსაც წავხაზავთ სათანადო ხაზებით.



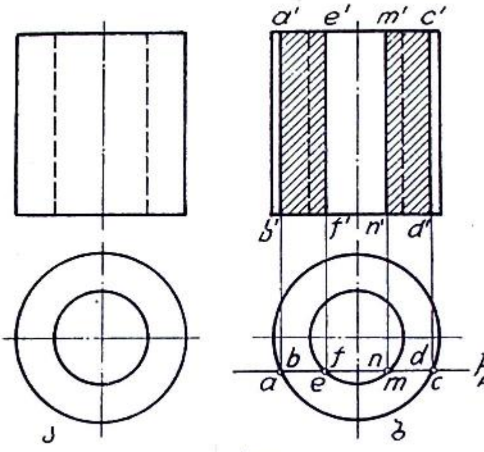
ნახ. 263.

265-ე ნახ.-ზე მოცემულია მართი წრიული ცილინდრი, რომელიც უფრო მცირედიამეტრიან წრიულ ცილინდრულად არის გაბურღული (ნახ. 265, ა). ასეთი ღრუ ცილინდრი ნაგულისხმევია შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P სიბრტყით ჩამოკვეთილად და კვეთაში მოგვცემს ორ მართკუთხედს; ამ მართკუთხედების თარზული გეგმილები მკვეთი სიბრტყის თარზულ P_H კვალზე იდება ($abef$ და $mndc$ ოთხკუთხედების თარზული გეგმილები). ეს სიბრტყე მოცემული ღრუ ცილინდრის კვეთაში გამოყოფს ოთხ მსახველს — ორს დიდი ცილინდ-



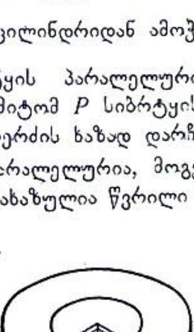
ნახ. 264.

რის ზედაპირზე და ორს შიგა პატარა ცილინდრის ზედაპირზე. ამ მსახველების შვეულ გეგმილებს ვპოულობთ თარზული გეგმილის საშუალებით, რაც ნახაზზე ადვილი გასაგებია (ნახ. 265, ბ). მიღებული მსახველებით განსაზღვრული მართკუთხედების შვეული გეგმილები $a'b'e'f'$ და $m'n'c'd'$ წახაზულია, მხოლოდ მართკუთხედი $e'f'm'n'$, რადგან იგი ღრუ ცილინდრის მსახველებს შორის არის მოქცეული და, როგორც სიცარიელე, არ წაიხაზება.

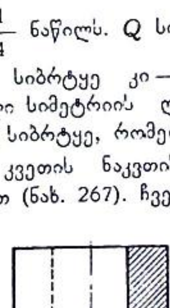


ნახ. 265.

266-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთივე ღრუ ცილინდრი, განკვეთილი ორი ურთიერთმართობული და თარზული გეგმილთსიბრტყის მართობული P და Q სიბრტყეებით, რომლებიც ცილინდრიდან ამოჭრიან $\frac{1}{4}$ ნაწილს. Q სიბრტყე შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, P სიბრტყე კი — პროფილი გეგმილთსიბრტყისა, ამიტომ P სიბრტყის კვალი სიმეტრიის ღერძს დაემთხვევა და ნახაზზე ღერძის ხაზად დარჩება. Q სიბრტყე, რომელიც შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, მოგვცემს კვეთის ნაკვთის შვეულ გეგმილს, რომელიც წახაზულია წვრილი ხაზებით (ნახ. 267). ჩვენ ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ ამ შემთხვევაში სინამდვილეში არავითარი ჭრა არ გვიწარმოებია, არამედ იგი მხოლოდ ვიგულისხმეთ და ამიტომ ერთ გეგმილზე ნაგულისხმევი ჭრა მეორე გეგმილზე არ ვრცელდება.



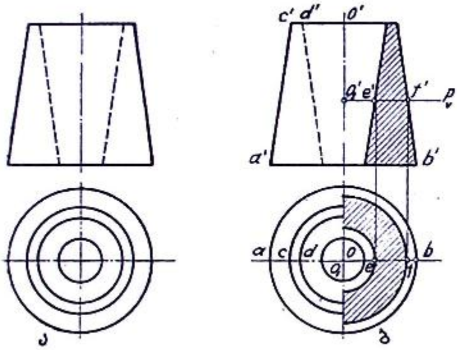
ნახ. 266.



ნახ. 267.

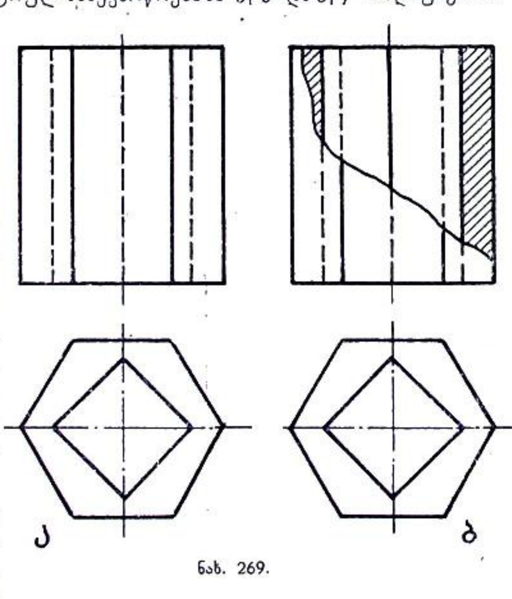
268-ე ნახ.-ზე მოცემულია მართი წრიული წაკვეთილი კონუსი, რომელიც გაბურღულია კონუსურად (ნახ. 268, ა). განვიხილოთ ასეთი კონუსის კვეთა შვეული და თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეებით.

შვეულ გეგმილზე ნაგულისხმევი ჭრის რამდენიმე მაგალითი განვიხილეთ და აქაც ანალოგიურად გამოვხაზავთ წაკვეთილი კონუსის მარჯვენა მხარეს (საერთოდ, მანქანის ნაწილებზედაც ჭრას უმეტესად მარჯვენა მხარეზე უჩვენებენ). თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყე კონუსის ნაწილს მოკვეთს და მიღებული ნაკვთი კონუსის თარზულ გეგმილზე დაგეგმილდება (ნახ. 268, ბ). ნახაზზე ნაჩვენებია მკვეთი სიბრტყის P_v შვეული კვალის ნაწილი, რომელიც, ცხადია, მეორე მხარესაც გრძელდება, მაგრამ აქ არ არის ნაჩვენები. ამ შემთხვევაში სიბრტყის კვალს ნახაზზე უფრო ხშირად აღნიშნავენ წყვეტილწერტილოვანი ხაზით. ეს სიბრტყე კონუსს $e'f'$ სწორ ხაზზე გაკვეთს და თარზულ გეგმილზე მოგვცემს ორ კონცენტრულ ნახევარწრეხაზს $o_1'e'$ და $o_1'f'$ რადიუსებით.



ნახ. 268.

წაკვეთილი კონუსის ზედა ფუძეების $o'c'$ და $o'd'$ რადიუსების ნაცვლად თარზული გეგმილის მარჯვენა მხარეზე $o_1'e'$ და $o_1'f'$ რადიუსით შემოიხაზება ნახევარწრეხაზის რკალები, რომელთა შორის მთლიანი წვრილი ხაზებით წაიხაზება მასიური ნაწილი, როგორც ნაგულისხმევი ჭრის შემთხვევაში, თარზული გეგმილის მარცხენა მხარე, რაკი ჭრაში არ ვიგულისხმებთ, დარჩება $o'd'=od$ და $o'c'=oc$ რადიუსიანი წრეხაზის რკალებად.

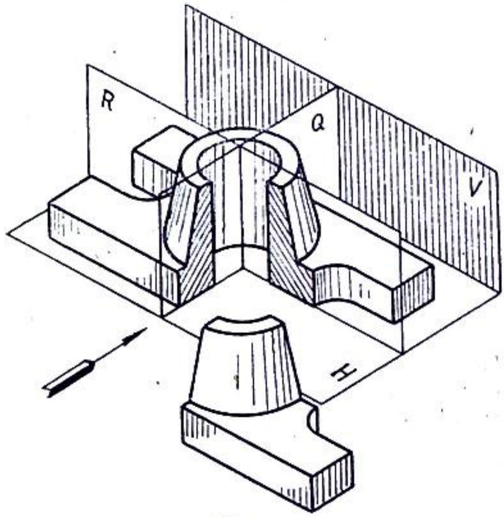


ნახ. 269.

269-ე ნახ.-ზე მოცემულია წესიერი ექვსწახნაგა პრიზმა, რომელსაც ოთხწახნაგა წესიერი პრიზმის ფორმის სიღრუე აქვს. ასეთ ღრუ პრიზმას (ნახ. 269, ა) რომ ამოვჭრათ $\frac{1}{4}$ ნაწილი, მაშინ პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყე გაივლის პრიზმის

შინაგან წიბოზე და კვეთის შემდეგ დარჩება კონტურის ხაზი: ამიტომ ასეთ შემთხვევაში აწარმოებენ ნაწილობრივ ამოჭრას (ნახ. 269, ბ), ან შეიძლებოდა ამოჭრის ხაზი გაგვევლო სიმაღლეზე, წიბოს მარცხნივ და გამოგვეჩინა შინაგანი წიბო.

270-ე ნახ.-ზე წარმოდგენილია მანქანის ნაწილის აქსონომეტრიული გამოსახულება. სადაც ნაჩვენებია $\frac{1}{4}$ ნაწილის ამოჭრის სურათი. ამ შემთხვევაში Q სიბრტყე შვეული გეგმილთსიბრტყის პართობულია. R სიბრტყე კი — შვეული სიბრტყის პარალელური. როგორც აღვნიშნეთ, ეს სიბრტყეები ნაგულისხმევია, სინამდვილეში კი არავითარი ჭრა არ უნდა ვაწარმოოთ. ამავე ნახაზზე ნაჩვენებია დეტალის მეოთხედი, რომელიც ნაგულისხმევად ამოვჭერით. ისრით ნაჩვენებია დეტალის ხედი წინიდან. იგივე დეტალი 271-ე ნახაზზე



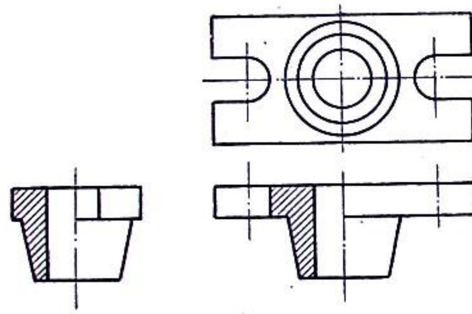
ნახ. 270.

გამოსახულია ორთოგონალურ გეგმილებში. სადაც ნაჩვენებია ნაგულისხმები ჭრა როგორც შვეულ, ისე პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე. პირველ შემთხვევაში აქსონომეტრიული ნახაზის მიხედვით ვგულისხმობთ $\frac{1}{4}$ ნაწილს ამოჭრილად და მეორე შემთხვევაში, ე. ი. პროფილ გეგმილზე ნაჩვენებ ჭრაში. ვგულისხმობთ მეორე მეოთხედს ამოჭრილად. ეს კიდევ ამტკიცებს, რომ ერთ გეგმილზე ნაჩვენები ჭრა სრულებით არ ვრცელდება მეორე გეგმილზე. როდესაც დეტალი სიმეტრიულია და ჭრაში უხილავი ხაზები ხილვადი ხდებიან. მაშინ ნახაზის მეორე მხარეს უხილავ ხაზებს არ უჩვენებენ, ცხადია, ნახაზის შედგენის გამარტივების მიზნით, რაც მის წაკითხვას ხელს არ შეუშლის.

272-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი დეტალის ნაგულისხმები ჭრის შემთხვევა, როდესაც გრძივ ჭრაში გვხვდება თხელი სამაგრები — სიხისტის წიბოები. რომლებიც სტანდარტის საფუძველზე არ წაიხაზება. ამ შემთხვევაში ნაგულისხმევია $\frac{1}{4}$-ის ამოჭრა და წინხედზე, შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე. ნაჩვენებია დეტალის მარჯვენა ნახევარზე მასიური ნაწილის წახაზვა. წაუხაზავად დატოვებულია გვერდითი სამაგრი, რომელიც ნაგულისხმებ გრძივ ჭრაში მოჰყვა, მაგრამ, როგორც აღვნიშნეთ, სტანდარტის მიხედვით არ წაიხაზება.

იმავე დეტალის მეორე მეოთხედი ამოჭრილია და ნაჩვენებია პროფილ გეგ-მილთსიბრტყეზე. აქ წყვეტილი ხაზები შეიძლებოდა არ გვეჩვენებინა, რადგან დეტალის ფორმა ისედაც ადვილი წარმოსადგენია.

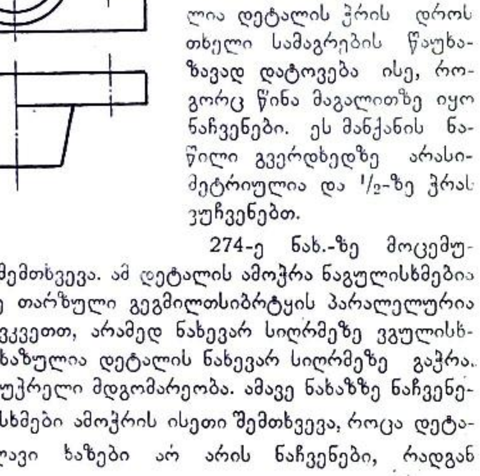
იგივე დეტალი აქვე გამოსახულია აქსონომეტრიაში, სადაც ნაჩვენებია $\frac{1}{4}$ -ზე ჭრა და წახაზულია როგორც მასიური ნაწილები, ისევე სამაგრიც, ეს უკანასკნელი ორთოგონალურ გეგმილებში კი არ გვქონდა წახაზული. აღნიშნული მაგალითი განვიხილეთ იმიტომ, რომ ზემოთ აღნიშნული წესი აქსონომეტრიაზე არ ვრცელდება.



ნახ. 271.

273-ე ნახ.-ზე მოცემულია დეტალის ჭრის დროს თხელი სამაგრების წაუხაზავად დატოვება ისე, როგორც წინა მაგალითზე იყო ნაჩვენები. ეს მანქანის ნაწილი გვერდხედზე არასიმეტრიულია და $^1/_2$-ზე ჭრას ვუჩვენებთ.

274-ე ნახ.-ზე მოცემულია დეტალის ჭრის სხვადასხვა შემთხვევა. ამ დეტალის ამოჭრა ნაგულისხმებია A—A-ზე, ე. ი. მკვეთი სიბრტყე თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია და დეტალს მთლიანად კი არა ვკვეთთ, არამედ ნახევარ სიღრმეზე ვგულისხმობთ. თარზულ გეგმილზე გამოხაზულია დეტალის ნახევარ სიღრმეზე გაჭრა. მეორე ნახევარზე ნაჩვენებია გაუჭრელი მდგომარეობა. ამავე ნახაზზე ნაჩვენებია პროფილ გეგმილზე ნაგულისხმები ამოჭრის ისეთი შემთხვევა, როცა დეტალის $^1/_4$ ამოჭრილია და უხილავი ხაზები არ არის ნაჩვენები, რადგან დეტალი ამ ხედში სიმეტრიულია.



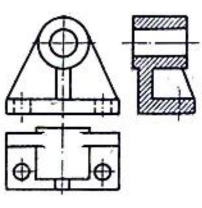
ნახ. 272.

275-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი დეტალის ჭრა, რომელსაც შიგნიდან პრიზმისებრი ფორმის სიღრუე აქვს. ამ შემთხვევაში ამოჭრისათვის გატარებული სიბრტყის კვალი დაემთხვა წიბოს, ამიტომ ამოჭრის ხაზი გადავიტანეთ ზემოთ და წიბოზე სიბრტყის კვალი ავაცდინეთ. აქვე ნაჩვენებია წახნაგის ნიშანი — წვრილი დამხმარე სწორი ხაზებით გავლებული დიაგონალებად.

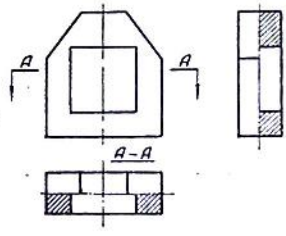
276-ე ნახ.-ზე ისეთივე მაგალითია ნაჩვენები, რაც წინა მაგალითზე იყო.

იმ განსხვავებით, რომ ამ ნახაზზე გარეთა წიბო ემთხვევა ამოჭრისათვის გატარებულ სიბრტყის კვალს. რომ ავაცდინოთ დეტალის წიბო მკვეთი სიბრტყის კვალს, ამისათვის ამოჭრის ხაზი გადმოვიტანოთ ქვევით. აქვე ნაჩვენებია დეტალის წახნაგი დიაგონალებით.

277-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი დეტალი (ირიბკუთხა აქსონომეტრია, მხედრული გეგმილი), რომელიც მოითხოვს საფეხურებიან ჭრას. ამ გამოსახულებაზე ნაჩვენებია ნაგულისხმები ჭრის შემთხვევაში ისეთი სიბრტყეებით კვეთა, რომლებიც სხვადასხვა მიმართულებით გაივლიან და სხეულის შინაგან ფორმას გვიჩვენებენ.

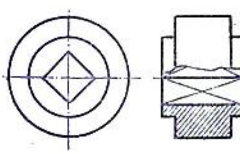


ნახ. 273.

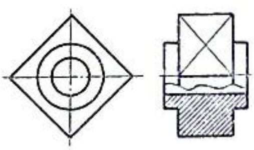


ნახ. 274.

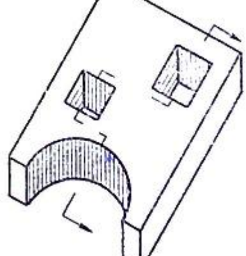
278-ე ნახ.-ზე გამოსახულია იმავე დეტალის ორთოგონალური ნახაზი, რომელზედაც ტექსტში ახსნისათვის აღნიშვნები ძველი სტანდარტითაა მოცემული, შემდეგ ნახაზებზე კი აღნიშვნები ახალი სტანდარტითაა. მკვეთი სიბრტყეები არიან შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური *A—A* სიბრტყის კვალი, პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელური *A—B*, შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური *B—B*, პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელური *B—C* და შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელური *C—C*. ამ დეტალის შვეულ გეგმილზე წახაზულია ნაგულისხმები ჭრის შედეგად მიღებული *A — A*, *B — B* და *C — C* სიბრტყეებით განკვეთის დროს ჭრაში მოხვედრილი მასიური ადგილები. შვეულ გეგმილზე წარწერას ახლა ორი ასოთი უჩვენებენ (რადგან თარაზული გეგმილიდან ნათელია მკვეთი სიბრტყეების მიმართულება). ასეთ ჭრას საფეხურებიან (რთულ) ჭრას უწოდებენ.



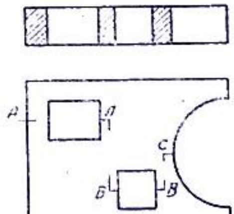
ნახ. 275.



ნახ. 276.



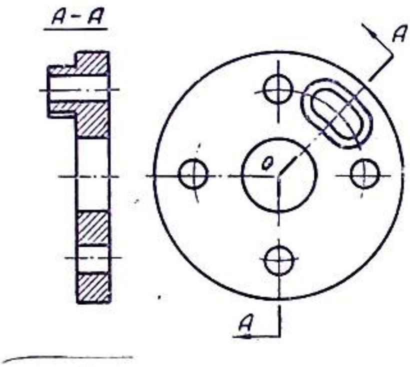
ნახ. 277.



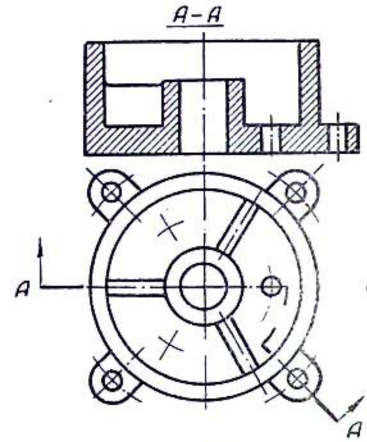
ნახ. 278.

279-ე ნახ.-ზე გამოსახულია არასიმეტრიული დეტალის რთული ჭრის შემთხვევა. მკვეთი სიბრტყე ნაგულისხმევია *AO* მიმართულებით, რომელიც

ზემოთ შვეული მიმართულებიდან გადახრილია მარჯვნივ, ჭრის შემდეგ ვგულისხმობთ მობრუნებულს შვეულ მიმართულებამდე. ამ ნახაზზე აღნიშნული შემთხვევა რთული ფორმის დეტალებში გამოიყენება, ძირითადად კი ბრუნვი-



ნახ. 279.



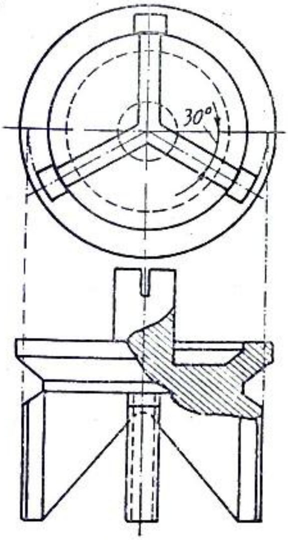
ნახ. 280.

თი სხეულების წრეხაზული ფორმის გეგმილებში. ასეთი ფასონური საყელურის მაგალითით შეიძლება საერთო წარმოდგენა ვიქონიოთ რთულ დახრილ კვეთებზე (რომლებიც შემდეგ მობრუნებულია გეგმილთსიბრტყის პარალელურობამდე).

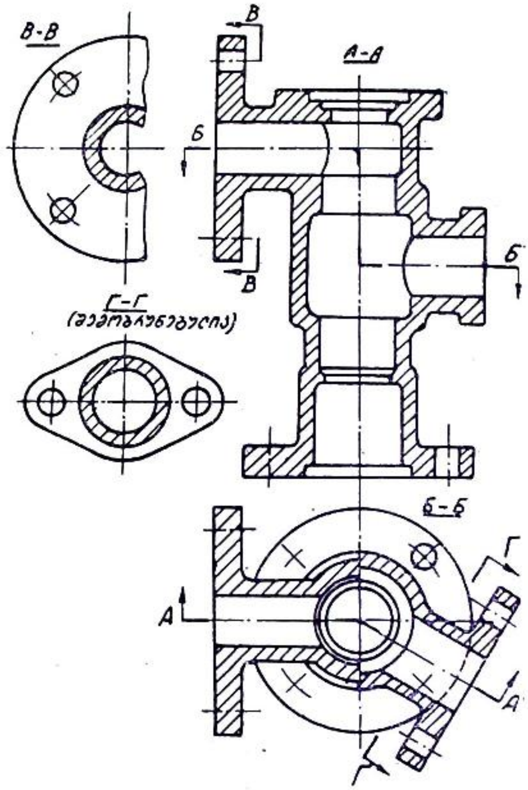
280-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი მაგალითი, რომელიც წინა მაგალითს წააგავს, მაგრამ დანამატია ნაჩვენები მობრუნების შემდეგ და გეგმილში სამაგრის მიერ წარმოქმნილი ხაზი ამოღებულია. მკვეთი სიბრტყე მარჯვენა მხარეზე მდებარე ნახვრეტზედაც გადის და მიმართულება კონტური ხაზის სისქის ხაზით არის ნაჩვენები. ასეთ ჭრას რთული ჭრა ეწოდება.

281-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი სარქვლის გეგმილები, რომელსაც აქვს სამი მიმმართველი წიბო, ისინი ერთიმეორესთან 120°-იან კუთხეს ქმნიან. შვეულ გეგმილზე გამოსახულია ასეთი სარქვლის ხედი ქვემოდან, სადაც ორი უკანა მიმმართველის გეგმილები ჰორიზონტალური მიმართულებისაკენ მობრუნებულია 30°-ით, რაც იწვევს თარზულ გეგმილზე დამახინჯებას. ამიტომ საგნის თარზულ გეგმილზე ნაგულისხმებია ამ მიმართულების მობრუნება 30°-ით და შემდეგ დაგეგმილება. ეს საშუალებას იძლევა ასეთი დეტალის ფორმა წარმოვიდგინოთ დაუმახინჯებლად. ნაგულისხმები მობრუნების ცენტრი, რადიუსი და მიმართულება ნახაზზე ნათლად ჩანს.

282-ე ნახ.-ზე გამოსახულია რთული ფორმის დეტალი, რომელიც ორ ხედში გამოხაზულია ისე, რომ მისი ერთი ნაწილი შემობრუნებულია გარკვეული კუთხით, წინააღმდეგ შემთხვევაში წრეხაზები ელიფსებად დაგეგმილდებოდა, რაც თვალსაჩინოებას გააუარესებდა. აქვე ნაჩვენებია ცალკეული ელემენტების გამოტანით გამოხაზვის წესები. დეტალის ზედხედი საფეხურიანი ჭრით

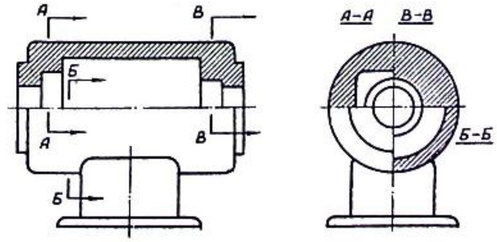


ნახ. 281.



ნახ. 282.

არის შესრულებული, რომელსაც Б—Б მკვეთი სიბრტყეები გვიჩვენებს. Г—Г სიბრტყით ჭრის და დეტალის ნაწილის ფორმის ცალკე ჩვენების დროს ის უნდა გამოიხაზოს ისე, როგორც თვით დეტალზე იმყოფებოდა, მაგრამ გარკვეული მიზეზის გამო თუ შემოვაბრუნეთ რაიმე კუთხით, მას უნდა მივაწეროთ სიტყვით „შემობრუნებულია".



ნახ. 283.

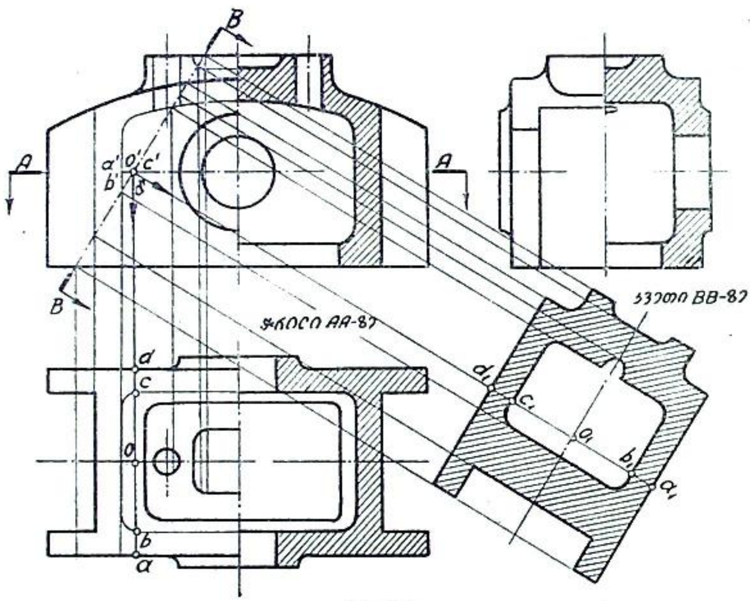
283-ე ნახ.-ზე მოცემულია დეტალის საფეხურებით რთული ჭრა, სადაც გვერდხედზე ნაჩვენებია სამი სხვადასხვა სიბრტყით ჭრის შემდეგ მიღებული ნაკვთების ერთსა და იმავე გეგმილზე ჩვენების მაგალითი..

ასეთი დეტალების შინაგანი სიღრუის რთული ფორმის ჩვენება შეიძლებოდა გამოტანილი კვეთების საშუალებით, მაგრამ ის ნახაზს გაართულებდა.

ჭრილისა და კვეთის ერთმანეთისაგან განსხვავების ზოგიერთი მაგალითი

ჭრილი კვეთისაგან იმით განსხვავდება, რომ ნახაზზე ჭრით მიღებული ნაკვთი დაგეგმილებულია დეტალის დარჩენილ სხვა ნაწილებთან ერთად, კვეთით კი გამოხაზულია მხოლოდ ის ნაკვთი, რომელიც მკვეთ სიბრტყეშია მოქცეული. კვეთის ფორმა მხოლოდ სიბრტყით განკვეთის დროს მიღებულ ფორმას შეიცავს.

284-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მანქანის ნაწილის გეგმილები, სადაც შვეულ, თარზულ და პროფილ გეგმილებზე ნაჩვენებია ჭრილები. შვეულ და პროფილ



ნახ. 284.

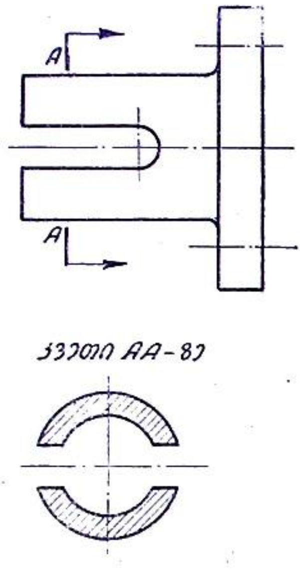
გეგმილებზე ნაჩვენებია $1/4$ ჭრა, რადგანაც გეგმილებში დეტალი სიმეტრიულია, ამიტომ მეორე ნახევარი გაუჭრელი ფორმით არის ნაჩვენები. თარზულ გეგმილზე მკვეთი სიბრტყე $A — A$ სწორ ხაზზე მთლიანადაა ნაგულისხმები, მაგრამ, რადგან ამ გეგმილზე დეტალი სიმეტრიულია, ამიტომ მეორე ნახევარი გაუჭრელად არის დაგეგმილებული. ამავე ნახაზზე ნაჩვენებია დეტალის ნაგულისხმები გაჭრა დახრილი, შვეულად მაგეგმილებელი სიბრტყით. აღნიშნული სიბრტყის გავლება ნაგულისხმებია $B — B$ სწორი ხაზის მიმართულებით. გან-

კვეთის ნაკვთის შვეული გეგმილი თვით ამ სიბრტყის კვალს დაემთხვა. ასეთი სიბრტყით მიღებული კვეთის გეგმილები როგორც თარზული, ისე პროფილი დამახინჯდებიან და ნამდვილ სახეს ვეღარ დავინახავთ. ამიტომ გამოყენებულია გეგმილთსიბრტყეების ცვლის მეთოდი, ახალი გეგმილთსიბრტყე ნაგულისხმევია B—B შვეულად მაგეგმილებელი სიბრტყის პარალელურად დაყენებული, მაშინ ასეთ გეგმილთსიბრტყეზე მივიღებთ კვეთის ნამდვილ სახეს. კვეთის გამოსახაზავად ვიქცევით შემდეგნაირად: B—B სიბრტყის კვალის გადაკვეთას დეტალის კონტურებთან აღვნიშნავთ წერტილებით; მაგალითისათვის ნაჩვენები გვქვს O, A, B, C, D წერტილების გეგმილები, რომელთაგან O წერტილი სიმეტრიის ღერძზე ძევს, დანარჩენი წერტილებიც თარზულ გეგმილზე ნათლად ჩანან. ad მონაკვეთი ამ კვეთზე დეტალის სიგანეს წარმოადგენს, cb მონაკვეთი შინაგანი სიღრუის კედლებს შორის მანძილია, მაშინ $ab=a_1b_1$ და $cd=c_1d_1$ კედლების სისქე იქნება. B—B სწორი ხაზის მართობზე o' წერტილიდან გადაზომილია ისეთი მონაკვეთი, რომ o_1 წერტილზე აგებული კვეთი გეგმილებს გარეთ მოთავსდეს: o_1 წერტილზე B—B ხაზის პარალელურად გატარებულია კვეთის სიმეტრიის ღერძი. დამახასიათებელი წერტილებიდან გავლებულია სწორი ხაზები. ნახაზზე მხოლოდ A, B, C და D წერტილების მდებარეობაა ნაჩვენები. სიმეტრიის ღერძიდან გადაზომილია მანძილები წერტილების თარზული გეგმილებიდან სიმეტრიის ღერძამდე და გადატანილია o_1 წერტილზე გამავალი ღერძის ორივე მხარეს, სათანადო სწორ ხაზებზე; მიღებული წერტილები შეერთებულია დეტალის გეგმილების მიხედვით. ზოგიერთი მრუდე ხაზის გამოსახაზავად შეიძლება დაგვჭირდეს დამატებითი ხაზების გავლება, როგორც oo_1 ისე $o'o_1$ სწორი ხაზის პარალელურად. მიღებული კვეთის ნაკვთის წახაზვას ვაწარმოებთ სიმეტრიის ღერძთან 45°-ით დახრილი ხაზებით. მიღებულ გეგმილს დავაწერთ კვეთის ნიშანს B—B ასოებით, რომლებსაც ქვემოდან სწორი ხაზის მონაკვეთი ექნება. ამ ნახაზზე სიტყვები „ჭრილი“, „კვეთი“ დატოვებულია მხოლოდ იმისათვის, რომ გავარჩიოთ ჭრილი კვეთისაგან.

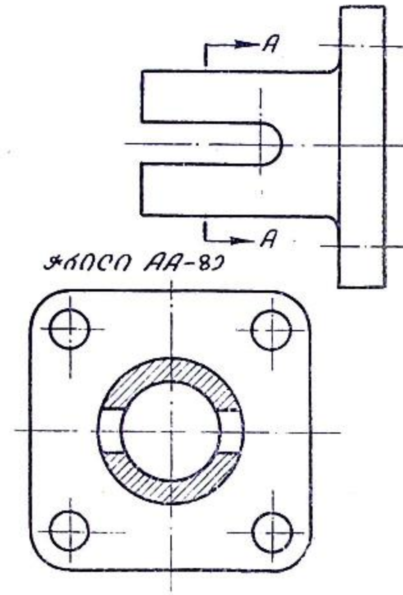
285-ე ნახ.-ზე გამოსახულია A—A-ზე დეტალის კვეთი, რომელიც იძლევა აღნიშნულ ხაზზე გატარებული სიბრტყით მიღებული კვეთის ნაკვთის ნამდვილ სახეს. ამ შემთხვევაში მნიშვნელობა არა აქვს, თუ საიდან შევხედავთ განკვეთის შემდეგ დეტალს. იმავე დეტალის იმავე A—A ხაზზე გატარებული სიბრტყით მიღებული ჭრილი ნაჩვენებია 286-ე ნახაზზე, სადაც ისრებით ნაჩვენები მიმართულებიდან ჭრის შემდეგ მიღებული გეგმილია გამოხაზული, რომელსაც აწერია „ჭრილი A—A-ზე“. ეს წარწერა და აგრეთვე „კვეთი A—A-ზე“ წარწერები ნახაზზე ნაჩვენებია მხოლოდ იმისათვის, რომ გავარჩიოთ ჭრილი კვეთისაგან. ახალი სტანდარტების საფუძველზე ნახაზზე მხოლოდ ასოებით (A—A) უჩვენებენ კვეთს და თუ საჭიროა ჭრილსაც.

განვიხილოთ კვეთის ჩვენების ზოგიერთი მაგალითი.

287-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია მარტივი მაგალითი, სადაც პარალელეპიპედი დახრილი სიბრტყით არის განკვეთილი. ეს სიბრტყე შვეულად მაგეგმილებელი სიბრტყეა და ამიტომ განკვეთის ნაკვთის შვეული გეგმილი სიბრტყის შვეულ კვალზე სწორი ხაზის მონაკვეთად დაგეგმილდა. ამ ნახაზზე დახრილი სიბრტყით მიღებული ნაკვთის თარზული გეგმილი გამოხაზულია იმისათვის, რომ ნაკვთის

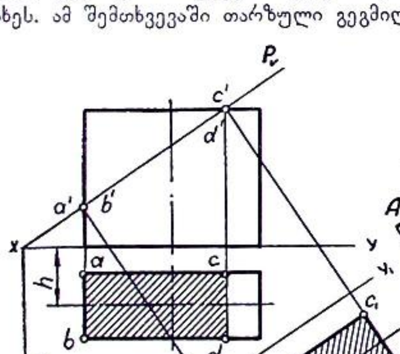


ნახ. 285.

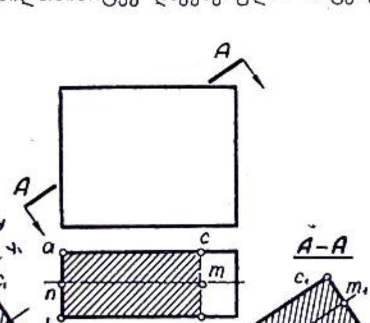


ნახ. 286.

ნამდვილი სახის საპოვნელად გამოვიყენოთ იგი. როგორც წინათ გვქონდა აღნიშნული, გეგმილთსიბრტყეების ცვლის მეთოდით ვპოულობთ ნაკვთის ნამდვილ სახეს. ამ შემთხვევაში თარზული გეგმილთსიბრტყე დაყენებულია მოცემული

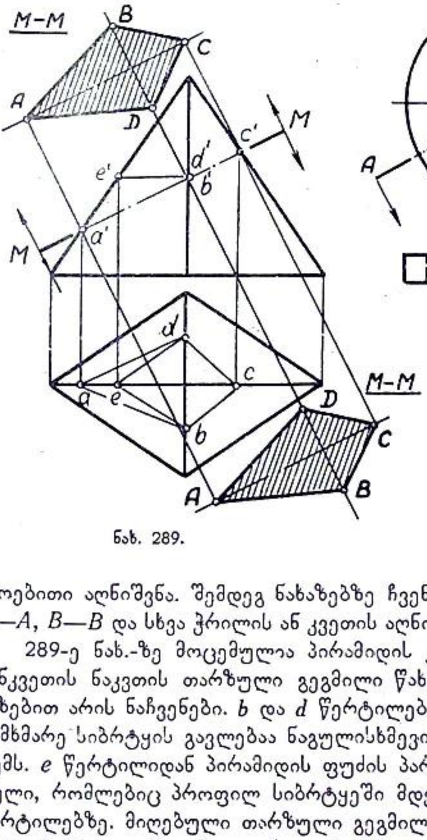


ნახ. 287.

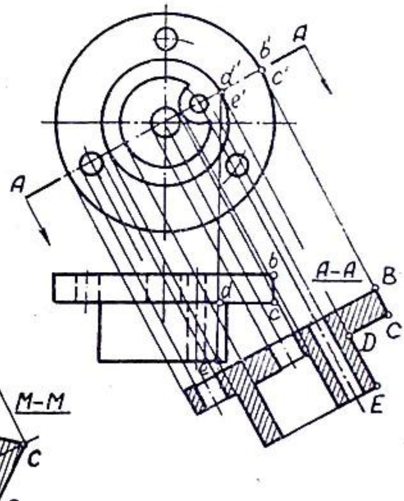


ნახ. 288.

P დახრილი სიბრტყის პარალელურად. დახრილი P სიბრტყით მიღებული $a'b'$ $c'd'$ ნაკვეთის თარზული გეგმილი $a\ b\ c\ d$ ნაკვეთის სახეს მიიღებს, რომელიც ნამდვილი სახე არაა. $a_1\ b_1\ c_1\ d_1$ ნაკვეთი მოცემული დახრილი P სიბრტყით მიღებული კვეთის ნამდვილი სახეა, რომლის გამოხაზვა თვით ნახაზიდან ნათლად ჩანს. 288-ე ნახ.-ზე იგივე მაგალითია ნაჩვენები, სადაც სტანდარტის საფუძველზე მოცემული ნახაზი განთავისუფლებულია ყოველგვარი ზედმეტი ხაზებისაგან და ამ ნახაზზედაც დროებით (ახსნა-განმარტებისათვის) დატოვებულია



ნახ. 289.



ნახ. 290.

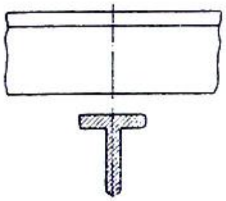
ასოებითი აღნიშვნა. შემდეგ ნახაზებზე ჩვენ დავტოვებთ მხოლოდ ასოებით $A—A$, $B—B$ და სხვა ჭრილის ან კვეთის აღნიშვნას.

289-ე ნახ.-ზე მოცემულია პირამიდის კვეთა დახრილი სიბრტყით, სადაც განკვეთის ნაკვეთის თარზული გეგმილი წახაზული არაა, არამედ იგი წვრილი ხაზებით არის ნაჩვენები. b და d წერტილების მისაღებად ფუძის პარალელური დამხმარე სიბრტყის გავლებაა ნაგულისხმევი, რომელიც e', e წერტილებს მოგვცემს. e წერტილიდან პირამიდის ფუძის პარალელური სწორი ხაზებია გავლებული, რომლებიც პროფილ სიბრტყეში მდებარე წიბოს გადაკვეთენ b და d წერტილებზე. მიღებული თარზული გეგმილის დახმარებით გამოხაზულია დახრილი სიბრტყით მიღებული ნაკვეთის ნამდვილი სახე, რომელიც დახრილი სიბრტყის შვეული კვალის ორივე მხარეზეა ნაჩვენები. ეს იმას ნიშნავს, რომ განკვეთის ნაკვეთის დეტალიდან დაშორებას მნიშვნელობა არა აქვს, მხოლოდ მისი ღერძი უნდა იყოს მკვეთი სიბრტყის კვალის პარალელური.

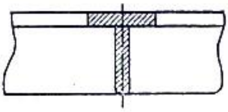
290-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მანქანის ნაწილის დახრილი სიბრტყით განკვეთის მაგალითი, სადაც კვეთის ნამდვილი სახეა ნაჩვენები. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, დახრილი სიბრტყე გატარებულია ისე, რომ ნახაზის წაკითხვაში

დაგვეხმაროს. ე. ი. მოგვცეს ზოგიერთ რთულ ფორმაზე სრული წარმოდგენა. ნახაზის უკეთ გაგების მიზნით მასზე დატოვებულია ზოგიერთი ასოებითი აღნიშვნა, რომელიც გვიჩვენებს ნაკვთის ნამდვილი სახის ასაგებად წერტილების გეგმილების გამოყენებას.

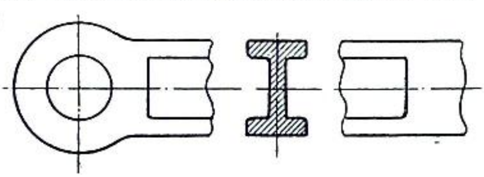
291-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სიმეტრიული კვეთის გამოხაზვის წესი, როცა ეს კვეთი გამოტანილია. როგორც ვხედავთ ასეთ შემთხვევაში მხოლოდ ღერძის ხაზი გვიჩვენებს იმ სიბრტყის კვალს, რომელი სიბრტყითაც ნაგულისხმებია საგნის განკვეთა. 292-ე ნახ.-ზე იგივე მაგალითია ნაჩვენები ზედნადები კვეთით, სადაც კვეთის განმსაზღვრელი დამატებითი ხაზები გავლებულია წვრილი დამხმარე მთლიანი ხაზებით. 293-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია გამოტანილი კვეთის გამოხაზვა დეტალის ამოჭრილ ნაწილში. ესეც სიმეტრიული კვეთია, რომელიც კონტურის ხაზის სისქის ხაზითაა შესრულებული. აქ განხილული სამივე სიმეტრიული კვეთი ნაჩვენებია ისე, რომ მასზე არაა საჭირო არც ისარი და არც ასოები.



ნახ. 291.



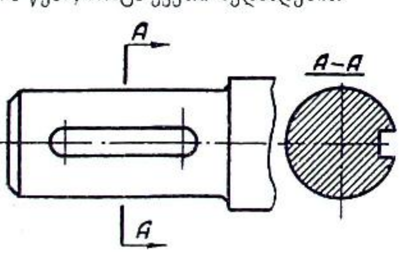
ნახ. 292.



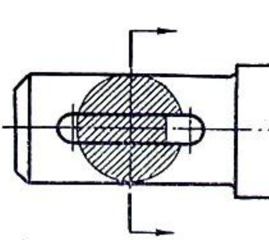
ნახ. 293.

განვიხილოთ არასიმეტრიული კვეთების მაგალითები

294-ე ნახ.ზე გამოსახულია არასიმეტრიული კვეთის გამოტანის მაგალითი, ისრებით ნაჩვენებია მკვეთი სიბრტყით დეტალის ჭრაში მიღებული ნაკვთის შეხედვის მიმართულება, რასაც კვეთის ჩვენების დროს არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს. იქვე, 295-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია იგივე უსიმეტრიო კვეთის გამოხაზვის წესი, როცა კვეთი ზედნადებია.



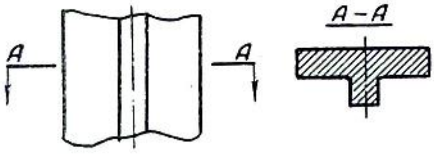
ნახ. 294.



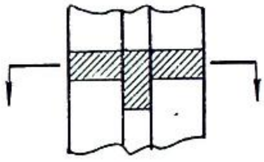
ნახ. 295.

296-ე ნახ.-ზე გამოსახულია არასიმეტრიული კვეთის ჩვენების დროს კვეთის გამოტანის მაგალითი, რომელზედაც A, A ისრებითა და შემდეგ A—A სწორი ხაზის მონაკვეთით ნაჩვენებია კვეთის ნამდვილი სახე.

297-ე ნახ.-ზე იგივე მაგალითი უსიმეტრიო კვეთის შემთხვევაში ნაჩვენებია ზედნადები კვეთით. როგორც ნახაზიდან ნათლად ჩანს, კვეთის ნამდვილი სახის



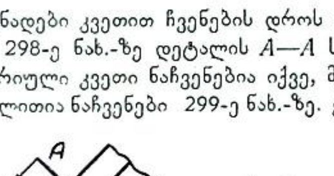
ნახ. 296.



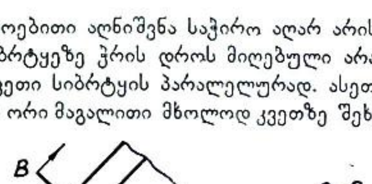
ნახ. 297.

ზედნადები კვეთით ჩვენების დროს ასოებითი აღნიშვნა საჭირო აღარ არის.

298-ე ნახ.-ზე დეტალის A—A სიბრტყეზე ჭრის დროს მიღებული არასიმეტრიული კვეთი ნაჩვენებია იქვე, მკვეთი სიბრტყის პარალელურად. ასეთივე მაგალითია ნაჩვენები 299-ე ნახ.-ზე. ეს ორი მაგალითი მხოლოდ კვეთზე შეხედ-



ნახ. 298.



ნახ. 299.

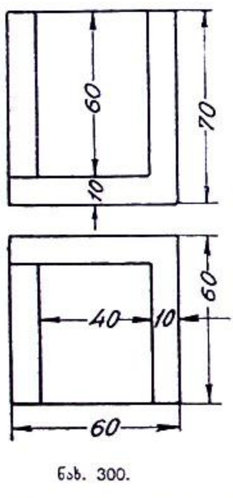
ვის მიმართულებით არიან ერთიმეორისაგან განსხვავებული, ამიტომ ისრების ჩვენებაც აუცილებელია. როგორც ვხედავთ, კვეთის ნამდვილი სახე შეიძლება ნებისმიერ ადგილზე გამოვხაზოთ, მხოლოდ იმ პირობით, რომ ის მკვეთი სიბრტყის პარალელური იყოს. ეს შემთხვევა გამოიყენება მაშინ, როდესაც ზედნადები კვეთის გამოხაზვას რაიმე უშლის ხელს ან საჭიროა კვეთზე ზომების დაწერა.

ორი მოცემული გეგმილით მესამე გეგმილის პოვნა

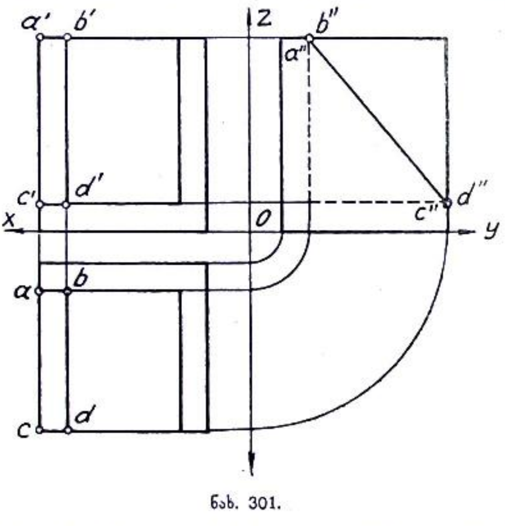
როდესაც მოცემულია რომელიმე საგნის ორი გეგმილი (ან ზოგჯერ საკმარისია ერთი გეგმილი მთლიანად და მეორე გეგმილის ნაწილი) და საჭიროა დანარჩენი გეგმილების გამოხაზვა, ამისათვის ჯერ უნდა გამოვარკვიოთ საგნის მთლიანი ფორმა, განვსაზღვროთ, რომელი გეომეტრიული სხეულის ფორმებისაგან შედგება ეს საგანი, ან რომელ გეომეტრიულ სხეულს წარმოადგენდა ამოჭრამდე, აღვადგინოთ წარმოდგენაში როგორც მთლიანი და შემდეგ ვაწარმოოთ მისი სახეცვლილება. ამ მიზნით ჩვენ განვიხილავთ ერთ მაგალითს, რისთვისაც უნდა გავიხსენოთ მესამე გეგმილის პოვნისათვის საჭირო მსჯელობა.

მე-300 ნახ.-ზე მოცემულია პრიზმისებრი საგნის ორი გეგმილი — შე-

ული და თარზული, საჭიროა ასეთი საგნის მესამე გეგმილის პოვნა. ჯერ საგნის ფორმა უნდა წარმოვიდგინოთ სივრცეში, განვსაზღვროთ წაკვეთების ან წიბოების მდებარეობა გეგმილთსიბრტყეების მიმართ და ავაგოთ მათი მესამე გეგმილი. რადგან მოცემული ორი გეგმილის გარეთა კონტური იძლევა მართკუთხედებს, ამიტომ ასეთი საგანი პრიზმის სახეცვლილების შედეგად უნდა იყოს მიღებული და მისი მესამე გეგმილიც მართკუთხედი იქნება. მოცემულ ორ გეგმილზე მართკუთხედებში ჩახაზული კონტურები საშუალებას გვაძლევენ ვიფიქროთ, რომ ეს ოთხკუთხა პრიზმა შიგნიდან ამოჭრილია. გეგმილები სიმეტრიული არ არიან, ეს იმას ნიშნავს, რომ ოთხკუთხედი $ABCD$ დახრილი სიბრტყეა (ნახ. 301). $c'd'$ მონაკვეთი შვეულ გეგმილზე რომ არ ყოფილიყო, მაშინ ეს გეგ-

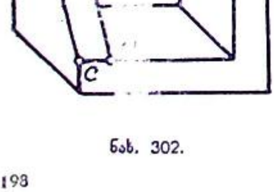


ნახ. 300.



ნახ. 301.

მილი შვეული ღერძის მიმართ სიმეტრიული იქნებოდა და თარზულ გეგმილზე ab მონაკვეთიც აღარ წარმოიშვებოდა. პრიზმა მხოლოდ წინა მხრიდან იქნებოდა ამოჭრილი. ასეთი გამორკვევის შედეგად საგანზე მივიღებთ სრულ წარმოდგენას, რის შემდეგ მესამე გეგმილის გამოხაზვა სიძნელეს აღარ წარმოადგენს. მოცემული ამოცანის მესამე გეგმილზე $a''b''c''d''$ სწორი ხაზი ოთხკუთხედის პროფილი გეგმილია, ე. ი. ეს ოთხკუთხედი პროფილი გეგმილთსიბრტყის მართობულია. წინა მხრიდან პრიზმის ამოჭრის შედეგად მიღებული მონაკვეთები მესამე გეგმილზე უხილავი ხაზებია და ისინი წყვეტილი ხაზებით გამოვხაზეთ.

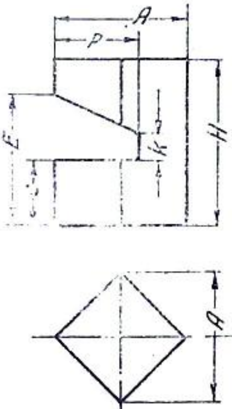


ნახ. 302.

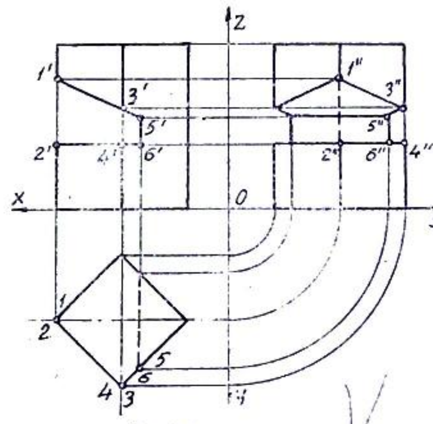
302-ე ნახ.-ზე ირიბკუთხა აქსონომეტრიაში (კაბინეტური გეგმილი) გამოხაზულია იგივე პრიზმისებრი საგანი, რომელიც წინა მაგალითში გან-

ვიხილეთ. წინა მაგალითში განხილული საგანი ამ ნახაზზე მოცემული ფორმით უნდა წარმოვიდგინოთ. სივრცეში სწორედ ასეთ ფორმას უნდა ვხედავდეთ წარმოდგენით; *abcd* ოთხკუთხედი უნდა გამოვარკვიოთ საგნის წარმოდგენითა და შემდეგი მსჯელობით: არ იქნებოდა *ad* მონაკვეთი დახრილი, რომ არ ჩამოგვეჭრა ეს გვერდი; არ წარმოიშვებოდა არც *cd* მონაკვეთი და ა. შ. მსჯელობა მიგვიყვანს იმ დასკვნამდე, რომ საგანს სივრცეში თითქოს ვხედავთ.

303-ე ნახ.-ზე მოცემულია წესიერი ოთხწახნაგა პრიზმის ორი გეგმილი, სადაც შვეულ გეგმილზე პრიზმის ამონაჭერია ნაჩვენები და გამოსარკვევია თარზულ გეგმილზე ამოჭრით მიღებული ხაზები.



·ნახ. 303.



ნახ. 304.

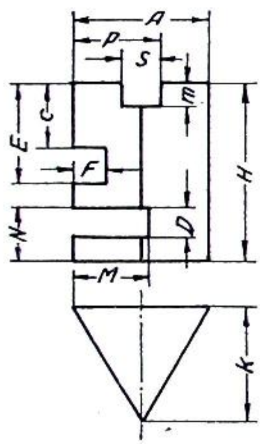
ჯერ უნდა დასრულდეს თარზული გეგმილი და შემდეგ მოიძებნოს პრიზმის მესამე გეგმილი. მსჯელობის ნათელსაყოფად პრიზმის წიბოებზე ამოჭრის შემდეგ მიღებულ წერტილებს აღვნიშნავთ 1, 2, 3, 4, 5 და 6 რიცხვებით; მთლიანი პრიზმის მესამე გეგმილი ამოჭრამდე გამოიხაზება მკრთალად. თარზულ გეგმილს დაემატება მხოლოდ ერთი წყვეტილი ხაზი; რადგან დანარჩენი ხაზები და წერტილები პრიზმის წახნაგებზე მდებარეობენ და თარზულ გეგმილზე ფუძის გეგმილს დაემთხვევიან, ამიტომ მათი პოვნა ადვილია (ნახ. 304). 1 და 2 წერტილების მესამე გეგმილები წიბოს მესამე გეგმილზეა და ისინი მარტივად მიიღებიან. 1″ და 2″ წერტილებს შორის წიბო ამოჭრილია. 3 და 4 წერტილები და მათი სიმეტრიული ორი წერტილი ორ მოპირდაპირე წიბოზეა და პრიზმის მესამე გეგმილზე, ორი განაპირა წიბოს გეგმილებზე მოთავსდებიან. 3″ და 4″ წერტილებს შორის წიბო ამოჭრილია, ასევე სიმეტრიულადაა ამოჭრილი მოპირდაპირე წიბოც. მიღებული წერტილების მესამე გეგმილები შვეული გეგმილებიდან XY გეგმილთღერძის პარალელური სწორი ხაზების აღნიშნულ წიბოებთან გადაკვეთითაა მიღებული. 5 და 6 წერტილები და მათი სიმეტრიული ორი წერტილი პრიზმაზე მოგვცემს მართკუთხედს, რომელიც პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელურია და ამიტომ მისი მესამე გეგმილი ნამდვილი სახით დაგეგ-

ნახ. 303.

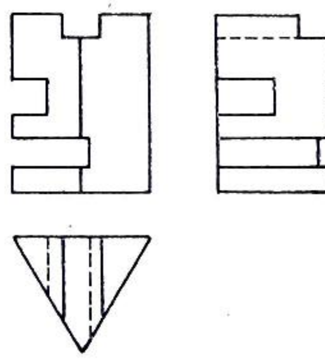
№ რიგ.	ზ ო მ ე ბ ი მმ-ობით					
	A	H	C	E	P	K
1	52	67	28	53	33	13
2	50	65	26	51	32	11
3	48	63	25	50	30	10
4	54	68	30	54	31	12
5	56	70	29	.52	30	12
6	58	70	30	52	28	11

მილდება. ამ წერტილებს კონტურის ხაზებით შევაერთებთ და მივიღებთ პრიზმის მესამე გეგმილს. აქვე სავარჯიშოდ მოგვყავს ვარიანტების ცხრილი, რომლის საფუძველზე სტუდენტს მიეცემა რომელიმე ვარიანტის ნომერი და ამ ნომრის მიხედვით ამოკრეფილი რიცხვებით გამოხაზავს ამოცანას. შემდეგ კი ზემოთ აღწერილი თანამიმდევრობით დამოუკიდებლად შეასრულებს ანალოგიურ ამოცანას.

305-ე ნახ.-ზე მოცემულია სწორი სამწახნაგა პრიზმის შვეული და თარზუ-



ნახ. 305.



ნახ. 306.

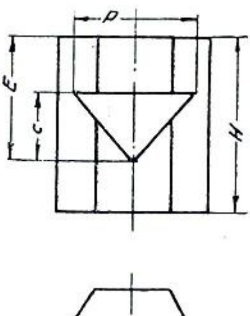
ლი გეგმილები. შვეულ გეგმილზე ნაჩვენებია პრიზმის ზოგიერთი ცვლილება. მოცემული შვეული გეგმილით და სახეცვლილებამდე ასეთი პრიზმის თარზული გეგმილით ჯერ უნდა გამოვარკვიოთ თარზულ გეგმილზე მიღებული დამატებითი ხაზები, რაც პრიზმის ამოჭრამ გამოიწვია და შემდეგ ვაწარმოოთ ასეთი პრიზმის მესამე გეგმილის გამოხაზვა. პრიზმზე წარმოებული ამოჭრა გადის პრიზმის მთელ სიგანეზე. უხილავი ხაზები, რომლებიც მიღებულია პრიზმის ისეთი კვეთით, რომელსაც ზემოდან ვერ ვხედავთ, წყვეტილი ხაზებით არის ნაჩვენები (ნახ. 306), პრიზმის ზედა ფუძის ამოკვეთა კი ზედხედში გვაძლევს ორ კონტურის ხაზს. ამის შემდეგ გამოვიყენოთ გეომეტრიული სხეულის ზედა-

ნახ. 305

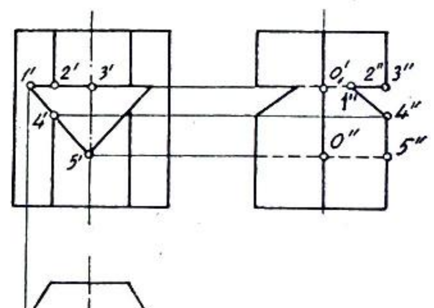
№ რიგ.	ზომები მმ-ობით											
	m	H	K	M	D	N	E	P	A	C	F	S
1	10	66	40	29	10	19	37	33	50	26	13	16
2	8	64	42	27	10	19	36	30	48	24	12	12
3	12	62	44	25	10	19	34	34	46	22	10	24
4	11	70	46	32	14	22	38	36	52	28	13	20
5	16	72	48	34	14	24	40	38	54	30	14	22

პირზე მოცემული წერტილების გეგმილების აგების წინათ განხილული მაგალითები და ავაგოთ პრიზმის მესამე ხედი (გეგმილი). ამ განმარტების შემდეგ საჭირო აღარ არის წერტილების მოძებნის დეტალური ახსნა-განმარტება. აქვე მოგვყავს ვარიანტთა ცხრილი, რომელიც გამოიყენება ამოცანების დამოუკიდებლად ამოხსნის დროს. თითოეული ვარიანტი ერთიმეორისაგან განსხვავდება ზომებით.

307-ე ნახ.-ზე მოცემულია წესიერი ექვსწახნაგა პრიზმის ორი გეგმილი. შვეული გეგმილი სრულად არის გამოხაზული, თარზული კი ამოჭრამდე პრიზმის გეგმილს წარმოადგენს. ჯერ დასრულებულია თარზული გეგმილი, რომელსაც მხოლოდ სამი წყვეტილი ხაზი ემატება. გამოხაზულია პრიზმის მესამე გეგმილი ჯერ მთლიანი პრიზმის შემთხვევისათვის, შემდეგ შვეულ და თარზულ გეგმილებზე აღნიშნულია სათანადო წერტილების გეგმილები (ნახ. 308). წიბოზე



ნახ. 307.



ნახ. 308.

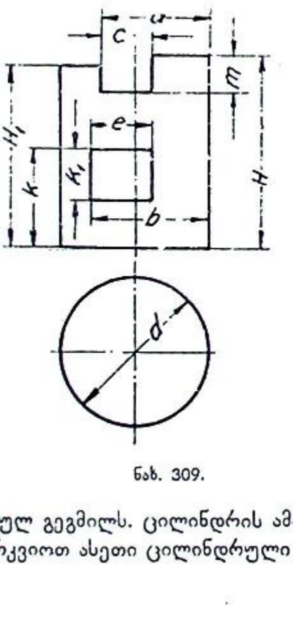
მდებარე წერტილები ადვილად მოინახება წიბოს გეგმილებზე; რაც შეეხება პრიზმის წახნაგზე მდებარე წერტილებს, მათი გეგმილების პოვნას ვახდენთ გეომეტრიული სხეულების ზედაპირზე მდებარე წერტილების გეგმილების პოვნის წინათ განხილული მეთოდით. ეს მაგალითი განხილულია წინა მაგალითის ანალოგიურად, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ აქ არ არის გამოხაზული

გეგმილთღერძები და ამოცანის შესრულება მოგვიხდება სიმეტრიის ღერძების გამოყენებით. 1 წერტილის თარზული გეგმილი მიღებულია პრიზმის წახნაგის თარზულ გეგმილზე. ეს გეგმილი ჰორიზონტალური ღერძიდან დაშორებულია $o_1 1$ მონაკვეთით, ამავე მანძილით იქნება დაშორებული ამ წერტილის პროფილი გეგმილი პრიზმის პროფილი გეგმილის სიმეტრიის ღერძიდან მარჯვნივ და პრიზმის ფუძიდან სათანადო სიმაღლეზე მოთავსდება, რაც ნახაზზე ნაჩვენებია შვეული გეგმილიდან დამხმარე $1'$—$1''$ სწორი ხაზით, სადაც $o_1 1 = o''_1 1''$. ამ სიმეტრიის ღერძის (რომელიც წიბოთია დაფარული) მეორე მხარეს სიმეტრიულად მივიღებთ მეორე წერტილს. $2''$, $3''$, $4''$ და $5''$ გეგმილები მიიღებიან პრიზმის წინა წახნაგის პროფილ გეგმილზე, რომელიც მარჯვენა განაპირა სწორ ხაზად დაგეგმილდა. ამ წერტილების სიმეტრიული წერტილებიც იმავე ჰორიზონტალური სწორი ხაზების მარცხენა განაპირა სწორი ხაზის გადაკვეთაზე მიიღება. მიღებული წერტილების სწორი ხაზებით შეერთება იძლევა პრიზმული სხეულის მესამე ხედს (გეგმილს). აქვე მოგვყავს ვარიანტთა ცხრილი, საიდანაც ამოღებული ზომები იძლევიან მსგავს ამოცანას, რომლის სწორად გადაწყვეტა და განხილულ მაგალითთან შედარება მოგვცემს ამოცანების ამოხსნაზე უკეთეს წარმოდგენას, ამავე დროს ეს დამოუკიდებელი მუშაობის ერთ-ერთი კარგი საშუალებაა.

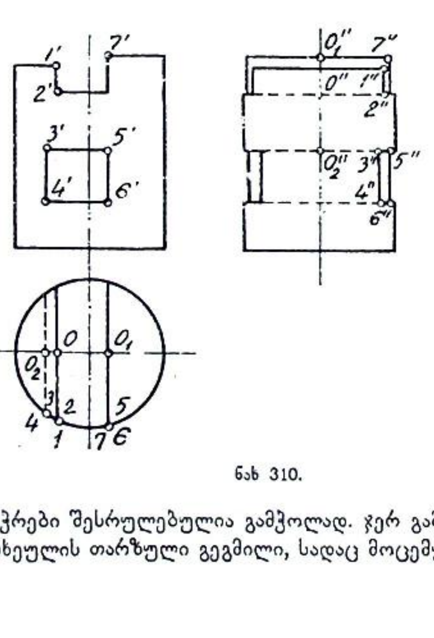
ნახ. 307

№ რიგ.	ზომები მმ-ით				
	H	D	C	E	P
1	68	54	25	46	44
2	66	52	24	44	42
3	64	50	22	42	38
4	70	56	26	46	32
5	68	58	24	42	42
6	62	0	20	40	40

309-ე ნახ.-ზე მოცემულია ცილინდრული საგნის ორი გეგმილი — შვეული გეგმილი გამოხაზულია სრულად, თარზული გეგმილი კი წარმოადგენს არასრულ გეგმილს. ცილინდრის ამოჭრები შესრულებულია გამჭოლად. ჯერ გამოვარკვიოთ ასეთი ცილინდრული სხეულის თარზული გეგმილი, სადაც მოცემულ



ნახ. 309.



ნახ 310.

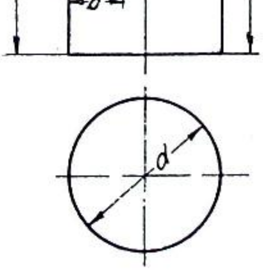
თარზულ გეგმილს დაემატება ორი კონტურისა და ერთი წყვეტილი ხაზი. მკრთალი ხაზებით გამოვხაზოთ ცილინდრის გვერდხედი, რომელიც მართკუთხედად დაგეგმილდება. თარზული გეგმილის დახმარებით სიმეტრიის ღერძის ქვემოთ მდებარე წერტილებს გადავზომავთ პროფილ გეგმილზე სიმეტრიის ღერძის მარჯვენა მხარეს, ამ წერტილების შვეული გეგმილის სიმაღლეზე.

7″ წერტილის მისაღებად თარზული გეგმილიდან $o_1 7$ მონაკვეთს გადავზომავთ სიმეტრიის ღერძის მარჯვნივ პროფილ გეგმილზე $o_1 7 = o_1'' 7''$. იმავე მონაკვეთის გადაზომვით ღერძის მეორე მხარეზე მივიღებთ სიმეტრიულ წერტილს. 2″ წერტილის მისაღებად თარზული გეგმილიდან გადავზომავთ $o2 = o'' 2''$ მონაკვეთს (ნახ. 310); 3″ წერტილისათვის კი — $o_2 3 = o_2'' 3''$ და ა. შ. მივიღებთ როგორც მარჯვნივ, ისე მარცხნივ დამახასიათებელ წერტილებს, რომელთა შეერთება სწორი ხაზებით და შემდეგ კონტურის ხაზით შემოვლება მოგვცემს ამ სხეულის მესამე გეგმილს. აქვე მოცემულია ვარიანტების ცხრილი, რომლის საფუძველზე შეიძლება სავარჯიშო მაგალითების ამოხსნა.

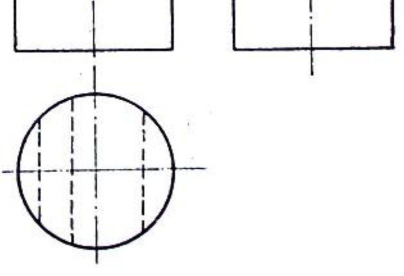
ნახ. 309

№ რიგ.	ზომები მმ-ობით									
	a	d	b	c	e	H	H_1	K	k_1	m
1	40	48	40	23	20	65	60	30	15	20
2	38	52	42	18	22	70	65	35	18	15
3	40	50	45	22	30	75	70	38	18	25
4	42	54	50	24	28	68	60	34	17	22
5	45	56	50	25	32	72	65	30	15	24

311-ე ნახ.-ზე მოცემულია ცილინდრული საგნის ორი გეგმილი. შვეული გეგმილი ცილინდრის ამოჭრის შემდეგ მიღებული სრული გეგმილია, თარზული გეგმილი კი — დაუმთავრებელ გეგმილს წარმოადგენს.



ნახ. 311.



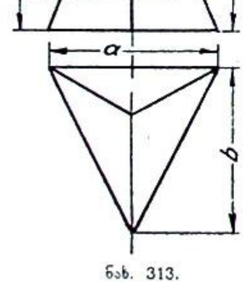
ნახ. 312.

ნახ. 311

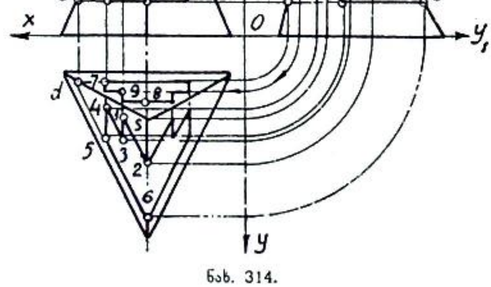
№ რიგ.	ზ ო მ ე ბ ი მმ-ობით							
	d	H	H_1	m	n	c	a	b
1	50	75	60	15	10	10	38	20
2	54	80	60	18	12	12	45	20
3	56	76	60	15	14	8	48	18
4	58	70	55	20	16	11	40	20
5	52	68	50	22	18	13	40	19

ჯერ დავასრულოთ თარზული გეგმილი: ამის შედეგად თარზულ გეგმილზე მივიღებთ დამატებით სამ წყვეტილ ხაზს. შემდეგ ზემოთ განხილული წესით მოვნახოთ მესამე გეგმილი, რისთვისაც სიმეტრიის ღერძის ორივე მხარეს უნდა მოიზომოს მონაკვეთები თარზული გეგმილის სიმეტრიის ღერძიდან სათანადო მონაკვეთების სიგრძეების მიხედვით (ნახ. 312). წინა მაგალითის ანალოგიურად, ამ შემთხვევაშიც გეგმილთღერძები არ არის არც გატარებული და არც გამოყენებული ამოცანის ამოხსნისათვის. ასეთი მეთოდით ამოცანის ამოხსნა მოითხოვს სივრცეში უკეთესი წარმოდგენის აუცილებლობას და წერტილების დაგეგმილების მიმართულების ზუსტად ცოდნას. ამ მაგალითის ანალოგიურად, ვარიანტების ცხრილის მიხედვით, ამოიხსნება სხვა ამოცანებიც. თვითკონტროლის მიზნით მხაზველმა ამოცანა უნდა ამოხსნას ისე, რომ წიგნში მოცემულ პასუხს არ დახედოს, ნახაზის დამთავრების შემდეგ უნდა შეადაროს პასუხები და თუ ისინი ერთმანეთს არ დაემთხვა, ივარჯიშოს გეომეტრიული სხეულების დაგეგმილებისა და მათ ზედაპირზე მდებარე წერტილების გადატანაზე.

313-ე ნახ.-ზე მოცემულია სამწახნაგა პირამიდის სრული შვეული გეგმილი და პირამიდის თარზული გეგმილი, რომელიც მოცემული საგნის სრულ თარზულ გეგმილს არ წარმოადგენს.



ნახ. 313.



ნახ. 314.

ნახ. 313

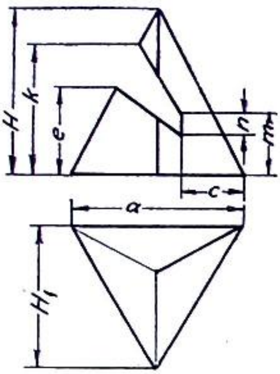
№ რიგ.	ზომები მმ-ობით							
	H	a	b	m	n	k	c	e
1	70	65	60	40	30	20	16	38
2	72	60	58	44	32	18	18	30
3	75	65	60	50	38	21	18	32
4	68	55	50	40	35	20	16	34
5	74	50	52	42	35	18	22	34

ჯერ უნდა დავასრულოთ თარზული გეგმილი, ე. ი. შვეული გეგმილის საშუალებით თარზულ გეგმილს დავუმატოთ ის მონაკვეთები, რომლებსაც მოგვცემს პირამიდის ბოლომდე გაკვეთა. პირამიდის წახნაგზე მდებარე წერტილების გეგმილზე გადატანა ჩვენ წინა მაგალითებში განვიხილეთ. ამ შემთხვევაში გამოყენებულია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეების გავლებით თარზული გეგმილის ფუძის მსგავსი სამკუთხედისა და ამ ხაზებზე წერტილების თარზული გეგმილების მიღება შვეული გეგმილებიდან.

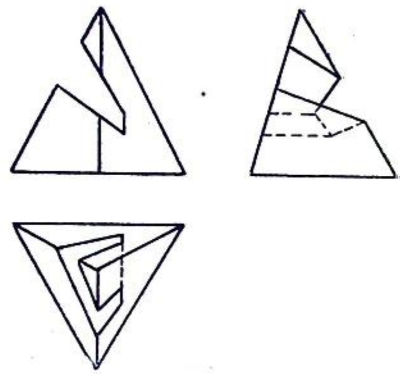
314-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია 5,6 და 7 წერტილების მიღების თანამიმდევრობა. 5 წერტილი წინა წახნაგზეა, 6 წერტილი — წინა წიბოზე, 7 წერტილი კი — უკანა წახნაგზე. ამ წერტილების შვეულ 5′, 6′ და 7′ გეგმილებზე ნაგულისხმებია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყის გატარება, რომელიც თარზულ გეგმილზე მოგვცემს ფუძის მსგავს სამკუთხედს; ეს სამკუთხედი მიიღება სიბრტყის შვეული კვალის, წიბოს შვეულ გეგმილთან გადაკვეთის d' წერტილიდან მიღებულ თარზულ d გეგმილზე ფუძის გვერდების პარალელური ხაზების გავლებით. ნახაზზე მხოლოდ 5 და 6 წერტილების მიღება არის ნაჩვენები, რაც შეეხება 7 წერტილს, იგი პროფილი გეგმილიდანაც არის მიღებული. ნახაზზე აგრეთვე ნაჩვენებია უკანა წახნაგზე მდებარე 9 წერტილის მიღება პროფილი გეგმილის გამოყენებით. სხვა წერტილებიც ანალოგიურად არის მიღებული: ზოგიერთის მიღება ორივე ხერხითაა ნაჩვენები. აქვე მოცემულია ვარიანტების ცხრილი, რომლის ნატურალური ზომებით შესრულება, აქ გაკეთებული მაგალითის ანალოგიურად, ძალიან დიდ დახმარებას გაუწევს მხაზველს ხაზვის შესწავლაში.

315-ე ნახ.-ზე მოცემულია სამწახნაგა პირამიდის დასრულებული შვეული და დაუმთავრებელი თარზული გეგმილები. ჯერ უნდა დავასრულოთ თარზული გეგმილი და შემდეგ ვიპოვოთ მესამე გეგმილი.

თარზული გეგმილის დასამთავრებლად საჭიროა დამახასიათებელი წერტილების დაგეგმილება წიბოებზე და წახნაგებზე (წინა მაგალითის მსგავსად). აღნიშნული ოპერაცია ნახაზზე არ ვუჩვენეთ, რადგან იგი წინა მაგალითის ანალოგიურია. მიღებული თარზული გეგმილიდან შვეული გეგმილის დახმარებით პროფილი გეგმილის პოვნა სირთულეს არ წარმოადგენს. მიღებული წერტილების შეერთება ხდება შვეული და თარზული გეგმილების დახმარებით. ამ ნახაზზე მხოლოდ პასუხია ნაჩვენები და ის მხაზველის ცოდნის შესამოწმებლად უფრო გამოდგება, ვიდრე აგებისათვის. აქ მოგვყავს ვარიანტების ცხრილი, რომელიც უნდა შესრულდეს ნატურალური ზომებით. შესრულებული ნახაზის შედარება შეიძლება 316-ე ნახაზთან. შეიძლება რომელიმე ელემენტი ზუსტად



ნახ. 315.



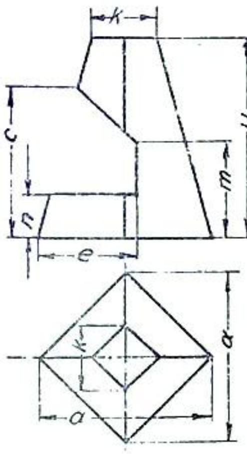
ნახ. 316.

ნახ. 315

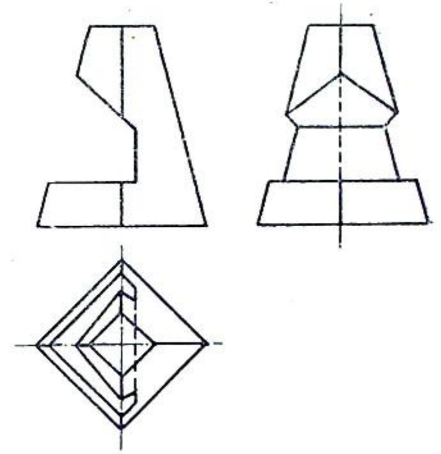
№ რიგ.	ზომები მმ-ობით							
	H	a	H_1	k	e	m	n	c
1	68	60	50	50	36	26	16	20
2	60	62	54	48	32	22	14	22
3	64	60	52	46	34	24	16	24
4	50	54	44	40	28	18	12	18
5	58	56	52	50	36	26	13	21

არ დაემთხვეს ვარიანტის რომელიმე მაგალითს, მაგრამ საერთო ფორმა მაინც უცვლელი იქნება, ეს კი შემოწმებისათვის საკმარისია. ასეთი მაგალითების შესრულება შეიძლება გეგმილთღერძების გამოუყენებლად, მაგრამ არასიმეტრიული სხეულები გეგმილთღერძების საშუალებით უფრო ადვილი გამოსახაზავია.

317-ე ნახ.-ზე მოცემულია ოთხწახნაგა წესიერი წაკვეთილი პირამიდის სრული შვეული გეგმილი და დაუმთავრებელი თარზული გეგმილი. როგორც აღვნიშნეთ, ჯერ უნდა დავამთავროთ თარზული გეგმილი და შემდეგ განვსაზღვროთ პროფილი გეგმილი. თარზული გეგმილის დამთავრება, ე. ი. წაკვეთილი პირამიდის სხვადასხვა სიბრტყით ამოკვეთით გამოწვეული ცვლილება შეცვლის მის თარზულ გეგმილს, ამისათვის წინა მაგალითების ანალოგიურად უნდა მოვძებნოთ განმსაზღვრელი წერტილების თარზული გეგმილები, ამ წერტილების სწორი ხაზებით შეერთება მოგვცემს საგნის თარზულ გეგმილს (ნახ. 318). ვინაიდან ამ საგნის პროფილი გეგმილი სიმეტრიულია, ამიტომ გეგმილთღერძები საჭირო აღარ არის და მესამე გეგმილს სიმეტრიის ღერძის გამოყენებით გამოვხაზავთ. გამოსახაზავი სხეულის ორი წიბო პროფილ სიბრტყეშია და ამიტომ საჭიროა თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეების ხმარება. ამ სიბრტყეებს გავატარებთ იმ წერტილებზე, რომლებიც პროფილ სიბრტყეში მდებარე წიბოებზეა, ან ისეთი წერტილების შვეულ გეგმილებზე, რომლებიც პირამიდის წახნაგებზეა. ასეთი სიბრტყეებით პირამიდის განკვეთა თარზულ



ნახ. 317.



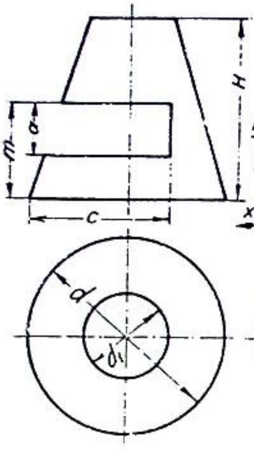
ნახ. 318.

ნახ. 317

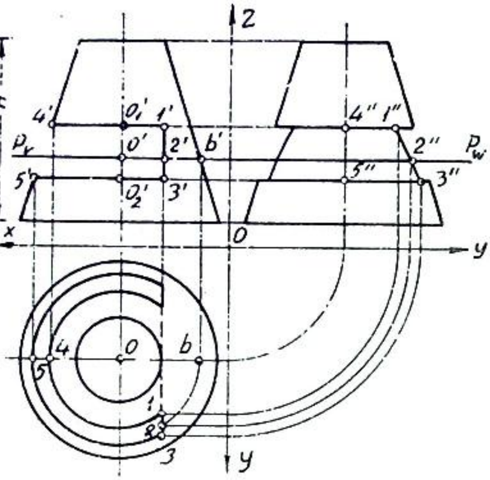
№	ზ ო მ ე ბ ი მმ-ობით						
რიგ.	H	a	k	c	n	e	m
1	70	56	24	60	20	30	45
2	60	54	26	50	16	30	35
3	68	56	28	50	18	32	35
4	72	58	22	54	16	34	36
5	55	50	20	52	17	32	38

გეგმილზე მოგვცემს ფუძის მსგავს ოთხკუთხედს და ამ ოთხკუთხედზე, ან მის ერთ-ერთ გვერდზე, წერტილის შეეული გეგმილიდან მივიღებთ მის თარზულ გეგმილს. აქ მოყვანილი ვარიანტების ცხრილიდან შედგენილი ამოცანა ამ ნახაზის მსგავსი იქნება და ამოცანის დამოუკიდებლად ამოხსნის შემდეგ მიღებული პასუხი შეიძლება შესრულებულ ნახაზს შევადაროთ.

319-ე ნახ.-ზე მოცემულია მართი წრიული წაკვეთილი კონუსის სრული შეეული და დაუმთავრებელი თარზული გეგმილები. წინა მაგალითების ანალოგიურად, დავამთავრებთ თარზულ გეგმილს და შემდეგ ვიპოვით პროფილ გეგმილს. 320-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ასეთი საგნის გეგმილების პოვნის თანამიმდევრობა. ამ შემთხვევაში გამოყენებულია გეგმილთღერძები, აგრეთვე გატარებულია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეები, რომელთა კვეთა კონუსთან გვაძლევს წრეხაზებს. ამ წრეხაზების თარზული გეგმილები ისევ წრეხაზებია, ამიტომ ასეთი სიბრტყეების გამოყენება მიზანშეწონილია. 1 და 4 წერტილების თარზული გეგმილების საპოვნელად ნაგულისხმებია o_1' წერტილზე თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყის გატარება, მაშინ კონუსის კვეთაში მივიღებთ o'_14'-რადიუსიან წრეხაზს, რომელიც უცვლელად დაგეგ-



ნახ. 319.



ნახ. 320.

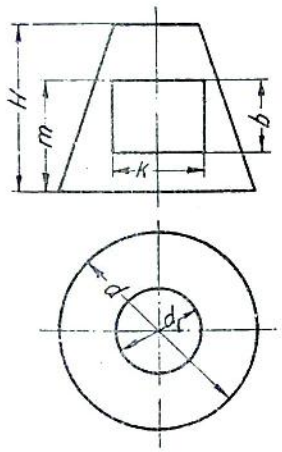
ნახ. 319

№ რიგ.	ზომები მმ-ობით					
	d	d_1	H	m	a	c
1	70	30	65	35	20	50
2	66	32	60	40	22	46
3	60	20	64	38	15	40
4	65	28	62	30	15	48
5	68	30	60	34	19	48

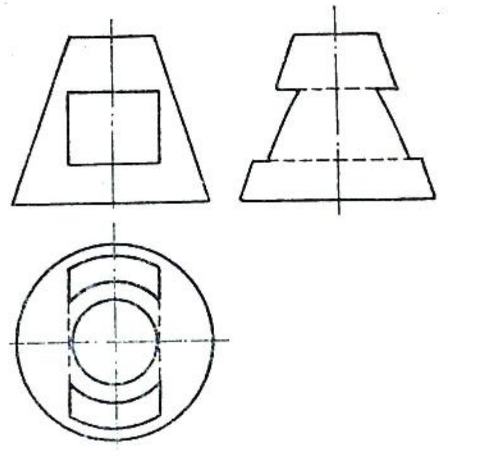
მილდება თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე, ამიტომ o წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $o'_1 4' = o4$ რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალს, შემდეგ $1'$ წერტილიდან გავავლებთ OX ღერძის მართობულ სწორ ხაზს და ვიპოვით მის გადაკვეთის წერტილს რკალთან — მივიღებთ 1 და მის სიმეტრიულ წერტილს. $4'$ წერტილიდან OX ღერძის მართობისა და ამ წრეხაზის გადაკვეთა, ან ჰორიზონტალურ ღერძთან მართობისა და წრეხაზის გადაკვეთა გვაძლევს 4 წერტილს. $1'$ და $3'$ წერტილებს შორის გატარებულია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური P_v სიბრტყე, და ის კონუსთან კვეთაში მოგვცემს $o'b'$-რადიუსიან წრეხაზს, რომელიც თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე ნამდვილი სახით დაგეგმილდება. $2'$ წერტილიდან ამ წრეხაზის რკალზე მივიღებთ 2 წერტილსა და მის სიმეტრიულ წერტილს. ასეთივე წესითაა მიღებული 3 წერტილი და მისი სიმეტრიული წერტილი ღერძის მეორე მხარეს. $4''$ და $5''$ წერტილები პროფილი გეგმილის სიმეტრიის ღერძზე მდებარეობენ. ნახაზზე ნაჩვენებია $1''$ და მისი სიმეტრიული წერტილის მიღების ორი ხერხი. $1'3'$ სწორი ხაზი წარმოადგენს კონუსის ღერძის პარალელური სიბრტყით ან კონუსის კვეთის ხაზს, რომელიც

ჰიპერბოლის ნაწილის გეგმილია და ის პროფილ სიბრტყეზე თავისი ნამდვილი სახით დაგეგმილდება, ე. ი. 1″2″3″ მრუდე ხაზი წარმოადგენს ჰიპერბოლის ნაწილს; ასეთი ჰიპერბოლის ნაწილი მიიღება სიმეტრიის ღერძის მეორე მხარესაც.

321-ე ნახ.-ზე მოცემულია მართი წრიული წაკვეთილი კონუსის გეგმილები, ოთხწახნაგა პრიზმის ფორმით განკვეთილი. ასეთი წაკვეთილი კონუსის თარზული გეგმილი მოცემულია ამოკვეთამდე. ჯერ საჭიროა თარზულ გეგმილზე



ნახ. 321.



ნახ. 322.

ყველა იმ ხაზის პოვნა, რომლებსაც მოგვცემს პრიზმისებრი ამოკვეთა. ამისათვის უნდა გამოვიყენოთ თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეები, რომლებიც კონუსის კვეთაში მოგვცემენ კონცენტრულ წრეხაზებს. ამ წრეხაზის თარზული გეგმილები წარმოადგენენ მათ ნამდვილ სახეს. ასეთი

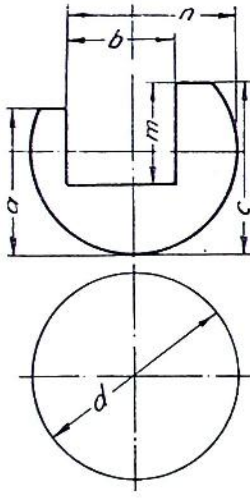
ნახ. 321

№ რიგ.	ზ ო მ ე ბ ი მმ-ობით					
	d	d_1	H	m	b	k
1	70	30	60	40	26	30
2	65	30	62	40	22	28
3	68	28	64	42	20	30
4	72	32	70	50	24	32
5	64	30	60	44	22	26

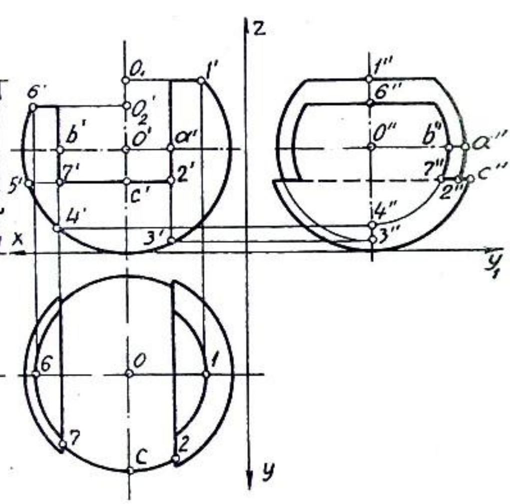
წრეხაზის რადიუსები გამოირკვევა შვეული გეგმილის მიხედვით. სათანადო სიბრტყის შვეული კვალით კონუსის ღერძისა და განაპირა მსახველის გადაკვეთის წერტილებს შორის მანძილი წრეხაზის რადიუსი იქნება. ასეთი წესით გამორკვეული რადიუსებით შემოხაზული წრეხაზების თარზულ გეგმილზე შვე-

ული გეგმილის საშუალებით ვიპოვით განსაზღვრული წერტილების თარზულ გეგმილებს. წინა მაგალითის ანალოგიურად, შვეული და თარზული გეგმილების საშუალებით ვიპოვით პროფილ გეგმილს (ნახ. 322). აქ მოცემული ვარიანტების ცხრილიდან ამოღებული ნებისმიერი ვარიანტის შესაბამისი ზომებით ნატურალური სიდიდით შევასრულებთ ამ ამოცანის მსგავს ამოცანას და შემდეგ შევადარებთ განხილულ მაგალითს.

323-ე ნახ.-ზე მოცემულია სფეროს ამოკვეთით მიღებული საგნის შვეული გეგმილი და სფეროს თარზული გეგმილი (წრეხაზი) ამოკვეთამდე. ჯერ ვიპოვოთ ასეთი საგნის თარზული გეგმილი, რომელიც მიიღება შვეული გეგმილის დახმარებით; ამ შემთხვევაში ვგულისხმობთ თარზული ან პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყეების გატარებას.



ნახ. 323.



ნახ. 324.

324-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია შვეული გეგმილით თარზული და პროფილი გეგმილების გამოხაზვის თანამიმდევრობა: o'_1, $1'$ წერტილებზე ნაგულისხმებია თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყის გატარება, რომელიც სფეროს მოკვეთდა o'_1 $1'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს, მაგრამ რაკი ეს სფერო პროფილი სიბრტყითაცაა ჩამოკვეთილი, ამიტომ თარზულ გეგმილზე მივიღებთ წრის ნაწილს 01 მონაკვეთის ტოლი რადიუსით. შემდეგ ნაგულისხმებია $o'_2 6'$ სწორ ხაზზე გატარებული თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყე, რომელიც სფეროზე მოკვეთს $o'_2 6'$ მონაკვეთის ტოლრადიუსიან წრეხაზს, მაგრამ თარზულ გეგმილზე მივიღებთ 06-რადიუსიანი წრის ნაწილს, იმიტომ, რომ ეს სფერო მეორე პროფილი სიბრტყითაც არის მოკვეთილი. შემდეგ ნაგულისხმებია $2'c'7'$ სწორ ხაზზე სიბრტყის გატარება, რომელიც თარზულ გეგმილზე ორ პროფილ სიბრტყეს შორის მოგვცემს წრის ნაწილს, რომლის რადიუსი იქნება $c'5'$ მონაკვეთი. ამ ორი გეგმილით მივიღებთ სფეროს

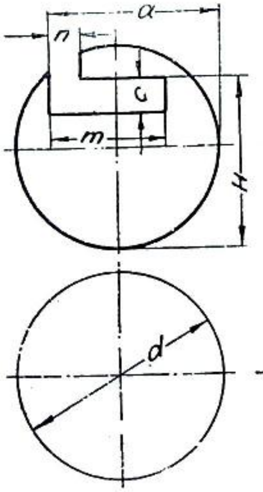
მესამე გეგმილი. o'' წერტილიდან $a'3'$ მონაკვეთის ტოლი რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის ნაწილს ($a'3'=o''a''$). აგრეთვე o'' ცენტრიდან $b'4'$ მონაკვეთის ტოლი რადიუსით შემოვხაზავთ წრეხაზის რკალს. $b'4=o''4''=o''b''$-რადიუსიანი წრეხაზის რკალი $6''$, $7''$, $2''$, c'' წერტილებზე გავლით გადაიკვეთება სწორი ხაზებით.

ნახ. 323

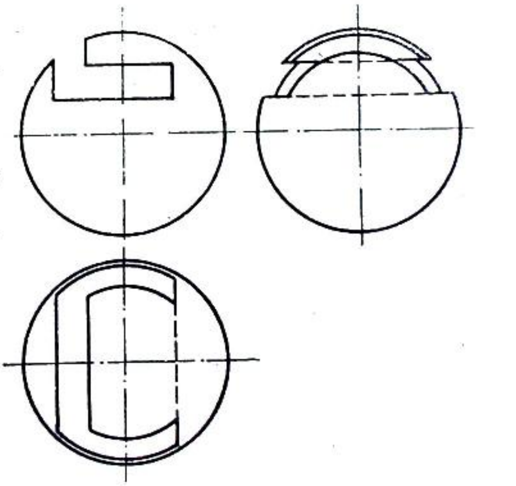
№ რიგ.	ზომები მმ-ობით					
	d	m	a	c	b	n
1	70	34	50	58	30	50
2	68	36	51	60	40	60
3	72	33	44	50	30	48
4	66	37	48	60	40	62
5	74	32	38	58	32	40
6	64	36	42	62	44	52
7	72	35	40	55	42	50

აქ მოცემული ვარიანტების გამოყენება შეიძლება სავარჯიშო მაგალითებისთვის, რომელთა ამოხსნა განხილული მაგალითის ანალოგიურად მოხდება.

325-ე ნახ.-ზე მოცემულია სფეროს სხვადასხვა სიბრტყით კვეთის შემდეგ მიღებული საგნის შეული გეგმილი და სფეროს თარზული გეგმილი (წრეხაზი).



ნახ. 325.



ნახ. 326.

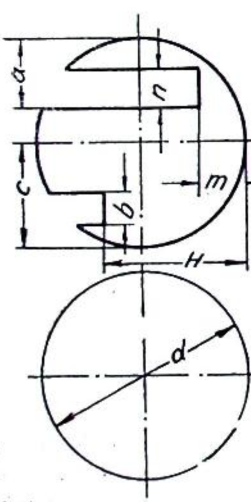
ეს მაგალითი ზემოთ განხილული მაგალითის ანალოგიურად სრულდება. სფერული საგნების თარზული გეგმილების წრეხაზად მოცემა აუცილებელია იმისათვის, რათა ადვილად წარმოვიდგინოთ, რომ საგანი ნამდვილად სფეროს სახეცვლილებით არის მიღებული. წინანდელი მაგალითის დასაწყისში ჩვენ

პიერ ნათქვამი იყო, თუ როგორ გამოვარკვიოთ რომელი გეომეტრიული სხეულის სახეცვლილებისაგან არის მიღებული ამოცანისათვის მოცემული საგანი. ეს გამოწვეული იყო იმით, რომ ხშირად, და ჩვენს შემთხვევაში მით უმეტეს. ორი გეგმილი სრულ წარმოდგენას ვერ იძლევა მოცემულ საგანზე დაუმთავრებელი თარზული გეგმილის მოცემის გამო. ჯერ თარზული გეგმილის დამთავრება გარკვეულ მუშაობას მოითხოვს, რაც საგანზე სივრცეში წარმოუდგენლად ვერ შესრულდება. ეს კი ხელს უწყობს მხაზველის სივრცითი წარმოდგენის განვითარებას. ზემოთ განხილულ მაგალითებს თან ახლავს ვარიანტების ცხრილი, რომელიც სავარჯიშო მაგალითებად გამოიყენება.

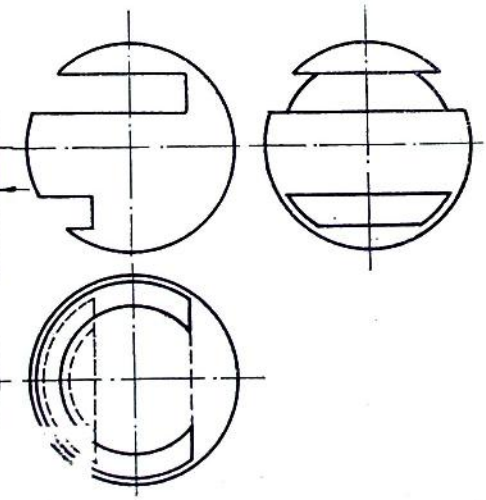
ნახ. 325

№ რიგ.	ზომები მმ-ობით					
	d	a	n	m	c	H
1	68	48	10	30	12	45
2	64	44	12	25	12	44
3	66	46	15	33	11	46
4	72	60	12	42	12	60
5	70	58	11	32	10	54
6	74	55	14	40	13	52
7	68	48	10	28	10	40

327-ე ნახ.-ზე მოცემულია თარზული და პროფილი გეგმილთსიბრტყეების პარალელური სიბრტყეებით სფეროს კვეთით მიღებული სფერული საგნის მთლიანი შეული გეგმილი და სფეროს თარზული გეგმილი სახეცვლილებამდე. ჯერ დავამთავროთ თარზული გეგმილი, რაც შეული გეგმილის დახმარებით



ნახ. 327.



ნახ. 328.

სრულდება; თარზულ გეგმილზე წრეხაზების რადიუსები მკვეთი სიბრტყეების შვეული კვალების მიერ სიმეტრიის ღერძისა და წრეხაზის (სფეროს შვეული გეგმილის) გადაკვეთის წერტილებს შორის მანძილების ტოლია. ამ წრეხაზებს გადავკვეთთ პროფილ სიბრტყეში მდებარე ნაკვთების თარზული გეგმილებით

ნახ. 327

№ რიგ.	ზომები მმ-ობით						
	d	m	a	H	c	b	n
1	70	14	30	48	28	14	12
2	68	15	30	48	20	12	10
3	72	16	25	50	20	12	14
4	66	12	20	40	30	12	8
5	74	18	30	52	28	14	9
6	64	13	22	46	28	16	11
7	72	14	30	51	24	11	13

და მივიღებთ სფერული საგნის თარზულ გეგმილს (ნახ. 328). მესამე გეგმილის მისაღებად დამხმარე წვრილი მთლიანი ხაზით ჯერ გამოვხაზავთ სფეროს მესამე გეგმილს (რომელიც წარმოადგენს წრეხაზს). გამოხაზული წრეხაზის ცენტრიდან შემოვხაზავთ რკალებს, რომელთა რადიუსები განისაზღვრებიან შვეულ გეგმილზე, პროფილი სიბრტყეების შვეული კვალების ჰორიზონტალური ღერძისა და წრეხაზის გადაკვეთის წერტილებს შორის მანძილით. ნახაზზე საჭირო ხაზების კონტურის ხაზის სისქით შემოვლებით და ზედმეტი ხაზებიდან ნახაზის გასუფთავებით მივიღებთ მოცემული სფერული საგნის გეგმილებს.

აქვე მოგვყავს ვარიანტების ცხრილი, რომლის საფუძველზე და განხილული თანამიმდევრობით შეიძლება ამოცანების დამოუკიდებლად ამოხსნა.

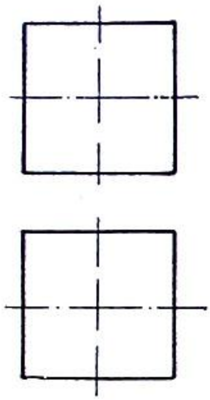
მეხუთე თავი

აქსონომეტრიული გეგმილები

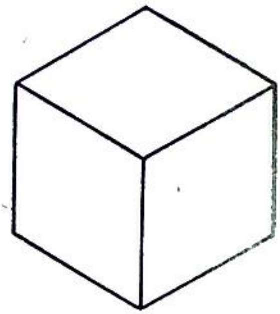
ორთოგონალური დაგეგმილებით მიღებული ნახაზები ნაკლებად თვალსაჩინოა და საგანზე სრული წარმოდგენის მიღება ზოგჯერ გაძნელებულია. დეტალის დასამზადებლად (ჩამოსხმა, გამოჭედვა, გამოჩარხვა და სხვ.) ნახაზის ადვილად და სწორად წაკითხვას დიდი მნიშვნელობა აქვს, ამიტომ ორთოგონალური დაგეგმილებით შესრულებულ ნახაზს ხშირად უფრო თვალსაჩინოდ გამოსახული ნახაზიც დაერთვის.

329-ე ნახაზი წარმოადგენს კუბის გეგმილებს ეპიურაზე. ეს გეგმილები სამივე გეგმილთსიბრტყეზე თანატოლ კვადრატებს წარმოადგენენ, მაგრამ 330-ე ნახ.-ზე გამოსახული იგივე კუბი, რომელიც დაგეგმილების სხვა მეთოდით არის შესრულებული, უფრო ნათელ წარმოდგენას იძლევა, ვიდრე პირველი — ორთოგონალური დაგეგმილებით მიღებული კუბის გეგმილები.

აქ ჩვენ მოვიყვანეთ მარტივი მაგალითი და, ცხადია, რთული მანქანის ნაწილის ნახაზის შემთხვევაში თვალსაჩინო გამოსახულების დანართის საჭიროება უფრო იგრძნობა. სივრცეში განვიხილოთ სამივე გეგმილთსიბრტყე ურთიერთმართობულად (ნახ. 331): $XOZ—V$ (შვეული გეგმილთსიბრტყე), $XOY—H$



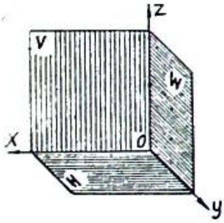
ნახ. 329.



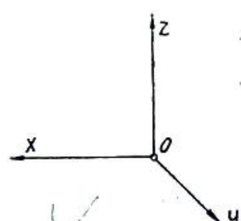
ნახ. 330.

(თარაზული გეგმილთსიბრტყე) და $YOZ—W$ (პროფილი გეგმილთსიბრტყე). როგორც ადრე გვქონდა აღნიშნული, ამ გეგმილთსიბრტყეების ურთიერთკვეთა გვაძლევს OX, OY და OZ გეგმილთღერძებს, რომლებიც სივრცეში ურთიერთმართობულია (ნახ. 332). ამ ურთიერთმართობულ გეგმილთღერძთა სისტემას თუ დავაგეგმილებთ ნებისმიერ P სიბრტყეზე ურთიერთპარალელური რომელიმე S მიმართულების სხივებით (სწორი ხაზებით), მივიღებთ P სიბრტყეზე ახალ O_PX_P, O_PY_P და O_PZ_P ღერძთა სისტემას; ეს ღერძები ურთიერთმართობული აღარ არიან და ერთ სიბრტყეზე მდებარეობენ (ნახ. 333).

P სიბრტყეს აქსონომეტრიული გეგმილთსიბრტყე ეწოდება, ამ სიბრტყეზე მიღებულ ღერძთა სისტემის გეგმილს კი — აქსონომეტრიულ ღერძთა სისტემა.

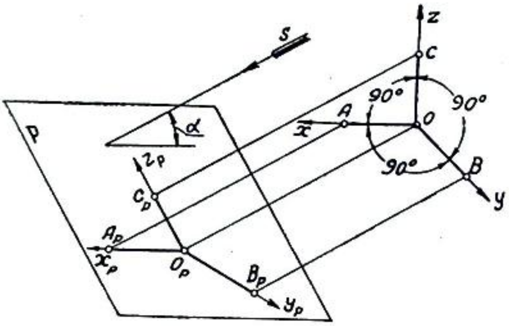


ნახ. 331.



ნახ. 332.

დაგეგმილების S მიმართულება ამ შემთხვევაში ნებისმიერია და P სიბრტყესთან ქმნის რაღაც α კუთხეს. აღნიშნული α კუთხის მიხედვით განიხილება ორგვარი აქსონომეტრია: 1) როცა $\alpha = 90°$ — მართკუთხური აქსონომეტრია და 2) როცა $\alpha \neq 90°$ — ირიბკუთხური აქსონომეტრია. მართკუთხა ღერძთა სისტემაზე, თითოეულ ღერძზე, ავიღოთ თანატოლი OA, OB და OC მონაკვეთები. P აქსონომეტრიულ გეგმილთსიბრტყეზე დაგეგმილების შემდეგ სათანადო ღერძებზე მივიღებთ O_PA_P, O_PB_P და O_PC_P არათანატოლ მონაკვეთებს, რადგან თითოეული მონაკვეთი დაგეგმილების დროს P სიბრტყის მიმართ მდებარეობის მიხედვით დაპატარავდა, გადიდდა ან უცვლელი დარჩა, საერთოდ, როგორც იტყვიან დამახინჯდა. ამ დამახინჯების მაჩვენებელი გახდება გეგმილის სიგრ-



ნახ. 333.

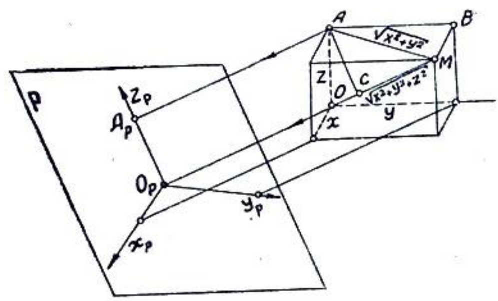
ვის შეფარდება მონაკვეთის ნამდვილ სიგრძესთან. ამ შეფარდებას დამახინჯების კოეფიციენტს უწოდებენ. რადგან ეს კოეფიციენტი სხვადასხვა ღერძის მიმართ სხვადასხვანაირია, მივიღოთ მისი ასეთი აღნიშვნა: s—OX ღერძის მიმართ, t—Oy ღერძის მიმართ, u—OZ ღერძის მიმართ. ამგვარად: $s=\frac{O_pA_p}{OA}$, $t=\frac{O_pB_p}{OB}$ და $u=\frac{O_pC_p}{OC}$. დამახინჯების კოეფიციენტების სიდიდეთა ურთიერთდამოკიდებულების მიხედვით როგორც მართკუთხურ, ისე ირიბკუთხურ აქსონომეტრიას განვიხილავთ სამი სახისას: 1. იზომეტრია (ყველა ღერძზე თანაბარი ზომვა) — როცა დამახინჯების კოეფიციენტები თანატოლია $s=t=u$; 2. დიმეტრია (ორი ღერძის მიმართ თანაბარი ზომვა) — როცა დამახინჯების კოეფიციენტები ორი ღერძის მიმართ თანატოლია, ხოლო მესამე ღერძის მიმართ კი არა $s=t\neq u$, $s=u\neq t$, ან $t=u\neq s$; 3. ტრიმეტრია (სამი ღერძის მიმართ სხვადასხვა ზომვა) — როცა დამახინჯების კოეფიციენტები სამივე ღერძის მიმართ სხვადასხვაა $s\neq t\neq u$. აქსონომეტრიაზე სრული წარმოდგენისათვის საჭიროა ვიცოდეთ აქსონომეტრიული ღერძების მდებარეობა და ამ ღერძების მიმართ დამახინჯების კოეფიციენტები.

ტექნიკაში ტრიმეტრიას სირთულის გამო არ ხმარობენ, უფრო ხშირად იხმარება აქსონომეტრიის ორი სახე — იზომეტრია და დიმეტრია.

მართკუთხური აქსონომეტრია

როგორც ცნობილია, მართკუთხური აქსონომეტრია დაგეგმილების ისეთი სახეა, როცა მაგეგმილებელი ხაზები აქსონომეტრიული გეგმილთსიბრტყის მართობულია. აქსონომეტრიის გამოყენებისათვის უნდა ვიცოდეთ დამახინჯების კოეფიციენტები და ღერძების მიმართულება. გამოვიყენოთ დამახინჯების კოეფიციენტების საანგარიშო ფორმულა. მართკუთხა სისტემაში ავიღოთ M წერტილი, რომლის კოორდინატები იქნება x, y და z. ეს მართკუთხა სისტემა მართობულად დავაგეგმილოთ P აქსონომეტრიულ გეგმილთსიბრტყეზე ისე, რომ M წერტილიდან P სიბრტყეზე დაშვებული მართობი გადიოდეს მართკუთხა კოორდინატთა სისტემის O სათავეში.

OZ ღერძზე მდებარე A წერტილიდან დავუშვათ AC მართობი OM სწორ ხაზზე (ნახ. 334). $O_pA_p = AC$ (როგორც O_pA_pAC პარალელოგრამის მოპირდაპირე გვერდები). ამ შემთხვევაში დამახინჯების კოეფიციენტი $u = \frac{O_pA_p}{OA} = \frac{AC}{OA}$; სამკუთხედი OCA მსგავსია OAM სამკუთხედისა; ამის საფუძველზე შეიძლება დაიწეროს, რომ $\frac{AC}{OA} = \frac{AM}{OM} = u$. განვიხილოთ მართკუთხა სამკუთხედი ABM, სადაც AM ჰიპოტენუზაა, BM კათეტი უდრის x, AB კათეტი კი y. აქედან $AM = \sqrt{x^2+y^2}$: $OM^2 = AM^2 + OA^2$ (OAM მართკუთხა სამკუთხედში



ნახ. 334.

OM ჰიპოტენუზაა, $OA = z$); აქედან $CM^2 = x^2 + y^2 + z^2$ ან $OM = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$. ეს მნიშვნელობა შევიტანოთ დამახინჯების კოეფიციენტის $u = \frac{AM}{OM}$ ტოლობაში და მივიღებთ $u = \frac{\sqrt{x^2+y^2}}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$. ანალოგიურად მივიღებთ s და t კოეფიციენტების მნიშვნელობებსაც: $s = \frac{\sqrt{y^2+z^2}}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$ და $t = \frac{\sqrt{x^2+z^2}}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$

ავიღოთ დამახინჯების კოეფიციენტების კვადრატების ჯამი:

$$s^2 + t^2 + u^2 = \frac{y^2+z^2+x^2+z^2+x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2} = \frac{2(x^2+y^2+z^2)}{x^2+y^2+z^2} = 2, \text{ ე. ი. } s^2+t^2+u^2 = 2.$$

ვიღებთ, რომ მართკუთხურ აქსონომეტრიაში დამახინჯების კოეფიციენტების კვადრატების ჯამი ორის ტოლია. მიღებულ ფორმულას დამახინჯების კოეფიციენტების საანგარიშო ფორმულა ეწოდება. ამ ფორმულიდან ადვილად მიიღება დამახინჯების კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობები.

გამოვთვალოთ დამახინჯების კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობა იზომეტრიის შემთხვევაში

როგორც ცნობილია, იზომეტრიის შემთხვევაში $s=t=u$. საანგარიშო ფორმულაში შევიტანოთ დამახინჯების კოეფიციენტების ტოლობა და გვექნება $s^2+t^2+u^2=2$, საიდანაც $3s^2=2$, აქედან კი $s=\sqrt{\frac{2}{3}}\approx 0,82$. ხშირად სიმარტივისათვის, რაც თვალსაჩინოებაზე გავლენას არ ახდენს, იღებენ $s=t=u\approx 1$. ამ შემთხვევაში აქსონომეტრიული ნახაზი გადიდდება $\frac{1}{0,82}\approx 1,22$-ჯერ.

გამოვთვალოთ დამახინჯების კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობა დიმეტრიის შემთხვევაში

დიმეტრიის შემთხვევაში $s=u=2t$ (OY ღერძზე კოეფიციენტი შემცირდება ორჯერ უფრო მეტად, ვიდრე OX და OZ ღერძებზე). ეს მნიშვნელობა ჩავსვათ დამახინჯების კოეფიციენტების საანგარიშო ფორმულაში და მივიღებთ $s^2+\frac{s^2}{4}+s^2=2$. აქედან $s^2\left(1+\frac{1}{4}+1\right)=2$, ან $s^2=\frac{8}{9}$ აქედან $s=\sqrt{\frac{8}{9}}=\frac{2\sqrt{2}}{3}\approx 0,94$ და $t=\frac{s}{2}=\frac{0,94}{2}=0,47$. მივიღებთ $s=u\approx 0,94$, $t\approx 0,47$. სიმარტივისათვის ვიღებთ $s=u\approx 1$ და $t\approx 0,5$. ამ შემთხვევაში აქსონომეტრიული ნახაზი გადიდდება $\frac{1}{0,94}\approx 1,06$-ჯერ.

აქსონომეტრიის თეორიიდან ცნობილია, რომ იზომეტრიაში, თუ OZ ღერძს დავაყენებთ შვეულად, OX და OY ღერძები ჰორიზონტალური მიმართულებიდან 30°-ით იქნებიან დახრილი; აგრეთვე დიმეტრიაში, თუ ისევ OZ ღერძს დავაყენებთ შვეულად, OX ღერძი ჰორიზონტალური ხაზიდან დაიხრება 7°-ით, OY ღერძი კი — 41°-ით.

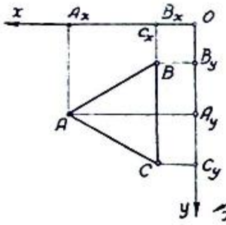
ბრტყელი ნაკვთების აგება მართკუთხურ აქსონომეტრიაში

მოცემული ბრტყელი ნაკვთების აქსონომეტრიაში ასაგებად ნაკვთის ორთოგონალურ გეგმილს მოვათავსებთ მართკუთხა კოორდინატების ღერძთა სისტემაში და განვსაზღვრავთ დამახასიათებელი წერტილების კოორდინატებს. ავაგებთ სათანადო აქსონომეტრიულ სიბრტყეს (რომელიც სათანადო ორი ღერძით განისაზღვრება). მართკუთხა კოორდინატებს გადავამრავლებთ სათანადო ღერძის მიმართ დამახინჯების კოეფიციენტზე და მივიღებთ აქსონომეტრიულ კოორდინატებს, რომელთა გადაზომვით აქსონომეტრიულ ღერძებზე მივიღებთ დამახასიათებელი წერტილების აქსონომეტრიულ გეგმილებს.

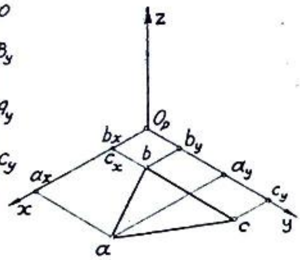
გამოვხაზოთ მოცემული ABC სამკუთხედი იზომეტრიაში. განვიხილოთ ასეთი სამკუთხედის აგება ჯერ XO_1Y სიბრტყეში, ამისათვის ABC სამკუთხედი მოვათავსოთ XOY მართკუთხა სისტემაში (ნახ. 335). განსაზღვრულია თითოეული წერტილის კოორდინატები როგორც OX, ისე OY ღერძების მიმართ. მიღე-

ბული კოორდინატები გადამრავლებულია სათანადო დამახინჯების კოეფიციენტებზე. აქსონომეტრიული კოორდინატები გადაზომილია აქსონომეტრიულ ღერძებზე (ნახ. 336), მიღებული a, b და c წერტილები შეერთებულია სწორი ხაზის მონაკვეთებით და ამგვარად მიღებული abc სამკუთხედი, რომელიც ABC სამკუთხედის აქსონომეტრიულ გეგმილს წარმოადგენს.

ავაგოთ იგივე ABC სამკუთხედი XO_PZ სიბრტყეში; ამ შემთხვევაში მართკუთხა სისტემის ღერძები არის XO და ZO; განვსაზღვროთ კოორდინატები ამ ღერძების მიმართ (ნახ. 337). მიღებული კოორდინატები — OB_x; OC_x და OA_x — სათანადო კოეფიციენტებზე გადამრავლების შემდეგ გადავზომოთ აქსონომეტრიულ O_PX ღერძზე (ნახ. 338). OA_z, OB_z და OC_z გადავზომოთ O_PZ ღერძზე, O_PX ღერძზე მიღებული წერტილებიდან გავავლოთ O_PZ ღერძის პარალელური სწორი ხაზები, O_PZ ღერძზე მიღებული წერტილებიდან — O_PX ღერძის პარალელური; სათანადო ხაზების ურთიერთგადაკვეთა მოგვცემს წერტილების აქსონომეტრიულ გეგმილებს. შეიძლებოდა ერთ რომელიმე ღერძზე მიღებული წერტილებიდან გავლებულ მეორე ღერძის პარალელურ სწორ ხაზებზე უშუალოდ გადაგვეზომა აქსონომეტრიული გეგმილის დაშორება ღერძიდან.

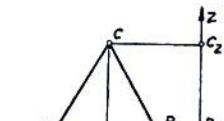


ნახ. 335.

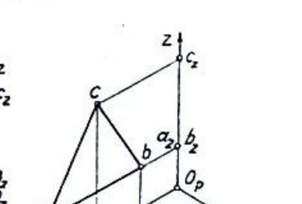


ნახ. 336.

ახლა იგივე ABC სამკუთხედი ავაგოთ YO_PZ სიბრტყეში. ამისათვის ამ სამკუთხედის წვეროების ორთოგონალურ სისტემაში კოორდინატები განვსაზღვროთ OY და OZ ღერძების მიმართ (ნახ. 339). OA_y, OC_y და OB_y მონაკვეთები (კოორდინატები) სათანადო კოეფიციენტზე გადამრავლების შემდეგ გადავზომოთ O_pY აქსონომეტრიულ ღერძზე და მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ O_vZ ღერძის პარალელური სწორი ხაზები (ნახ. 340). O_PZ ღერძზე გადავზომოთ სათანადო მონაკვეთები. O_pY ღერძის პარალელური სწორი ხაზების გადაკვეთა O_PZ ღერძის პარალელურ ხაზებთან მოგვცემს a, b და c წერტილებს; შევაერთოთ ეს წერტილები სწორი ხაზებით და მივიღებთ ABC სამკუთხედის აქსონომეტრიულ გეგმილს. ჩვენს მაგალითებში



ნახ. 337.

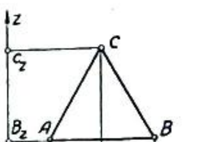


ნახ. 338.

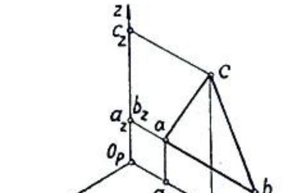
იზომეტრიისათვის დამახინჯების კოეფიციენტები ავიღეთ $s=t=u\approx0,82\approx1$. ეს საშუალებას იძლევა გავამარტივოთ აქსონომეტრიული ნახაზის აგება.

განვიხილოთ იმავე სამკუთხედის აგება დიმეტრიის შემთხვევაში, როცა $s=u=2t=0.94$. აგების გასამარტივებლად $s=u=1$, მაშინ $t=0.5$. O_pY ღერძზე საჭიროა მართკუთხა სისტემის ორდინატის გადამრავლება t-ზე, ე. ი. 0,5-ზე.

ABC სამკუთხედი უნდა გამოვხაზოთ XO_PY სიბრტყეზე (ნახ. 341) მართკუთხა სისტემაში. კოორდინატების განსაზღვრისათვის ABC სამკუთხედი მოვათავსოთ XOY ღერძებს შორის და განვსაზღვროთ A, B, C წერტილების კოორდინატები როგორც OX ღერძის მიმართ, ისე OY ღერძის მიმართ. OX ღერძის მიმართ კოორდინატები უცვლელად გადაიზომება O_PX ღერძზე. კოორდინატები OY ღერძის მიმართ განახევრდება და გადაიზომება O_PY ღერძზე; OB_y მონაკვეთის ნაცვლად გადაიზომება $\frac{OB_y}{2}=O_pb_y$. ასეთი წესით გადაიზომება დანარჩენი წერტილების კოორდინატები და მივიღებთ abc სამკუთხედს (ნახ. 342), რომელიც ABC სამკუთხედის აქსონომეტრიული გეგმილია XO_PY სიბრტყეზე, როგორც ვხედავთ, სამკუთხედი ამ შემთხვევაში უფრო დამახინჯებულია, ვიდრე იზომეტრიაში.

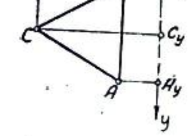


ნახ. 339.

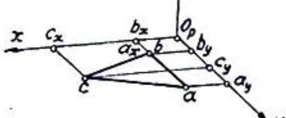


ნახ. 340.

მართკუთხური დიმეტრიის შემთხვევაში იგივე ABC სამკუთხედი ავაგოთ XO_PZ სიბრტყეზე. ABC სამკუთხედი მოვათავსოთ OX და OZ ღერძებს შორის. განვსაზღვროთ კოორდინატები OA_x, OC_x და OB_x, აგრეთვე OB_z (A_z) და OC_z (ნახ. 343). ვინაიდან აგების გასამარტივებლად ავიღეთ $s=u\approx1$, ამიტომ მიღებულ კოორდინატებს (მონაკვეთებს) უშუალოდ გადავზომავთ აქსონომეტრიულ ღერძებზე (ნახ. 344) და მივიღებთ ABC სამკუთხედის abc აქსონომეტრიულ გეგმილს.



ნახ. 341.



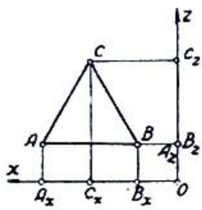
ნახ. 342.

ახლა იგივე ABC სამკუთხედი გამოვხაზოთ YO_PZ სიბრტყეზე დიმეტრიის შემთხვევაში. ამისათვის ეს სამკუთხედი მოვათავსოთ OY და OZ ღერძებს შორის (ნახ. 345). ჯერ განვსაზღვროთ კოორდინატები OA_y, OC_y, OB_y და OA_z (OB_z), OC_z მართკუთხა სისტემაში. O_pY ღერძზე გადავზომოთ განახევრებული კოორდინატები, O_PZ ღერძზე კი გადავზომოთ უც-

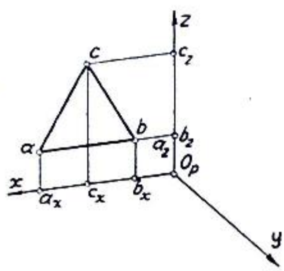
ლელად. მიღებული სამკუთხედი abc მართკუთხური დიმეტრიის შემთხვევაში არის ABC სამკუთხედის აქსონომეტრიული გეგმილი (ნახ. 346).

განვიხილოთ კვადრატის (ნახ. 347) გამოხაზვა იზომეტრიაში. ეს საკითხი განხილული მაგალითების ანალოგიურია — ნაცვლად სამი წერტილისა გვაქვს ოთხი. ამ ნახაზს ვასრულებთ ერთსა და იმავე დროს სამივე სიბრტყეზე.

მივიღეთ კვადრატის აქსონომეტრიული გეგმილები XO_pY, XO_pZ და YO_pZ სიბრტყეზე (ნახ. 348), სადაც იზომეტრიის თვისებების გამო სამივე გეგმილი თანატოლ რომბებს წარმოადგენს. ზემოაღნიშნული საშუალებას გვაძლევს ვთქვათ, რომ მართკუთხური აქსონომეტრიის დროს, იზომეტრიის შემთხვევაში, საგანს ერთნაირი დამახინჯებით ერთდროულად სამი გვერდიდან დავინახავთ.



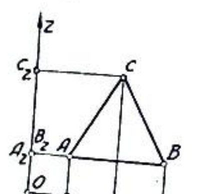
ნახ. 343.



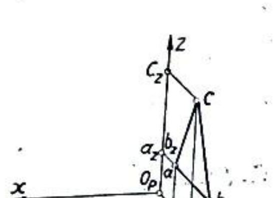
ნახ. 344.

ახლა განვიხილოთ იგივე კვადრატი მართკუთხურ აქსონომეტრიაში, დიმეტრიის შემთხვევაში, როცა მოცემული კვადრატის გვერდის სიგრძე უდრის a-ს (ნახ. 349).

ასეთი კვადრატი XO_pY და YO_pZ სიბრტყეებზე პარალელოგრამებად დაგეგმილდება. XO_pZ სიბრტყეზე კვადრატის აქსონომეტრიული გეგმილი ისეთ რომბს გვაძლევს, რომელიც კვადრატისაგან დიდად არ განსხვავდება (ნახ. 350).



ნახ. 345.

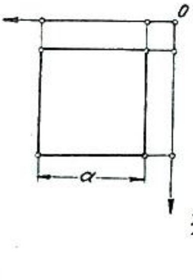


ნახ. 346.

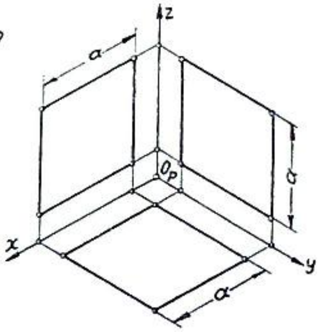
განვიხილოთ ბრტყელი მრუდე ნაკვთების დაგეგმილება აქსონომეტრიაში, იზომეტრიის შემთხვევაში. მოცემულია ელიფსი (ნახ. 351), რომელიც უნდა გამოვხაზოთ სამივე XO_pZ, XO_pY და YO_pZ სიბრტყეზე. ელიფსი მოვათავსოთ ორთოგონალურ ღერძთა სისტემაში, გავავლოთ ამ ელიფსში სწორი ხაზები როგორც პატარა, ისე დიდი ღერძის პარალელურად; მიღებული წერტილებიდან გეგმილთღერძებზე დავუშვათ მართობები და იმისდა მიხედვით, თუ რომელ სიბრტყეზე გვინდა ნაკვთის აგება, გეგმილთღერძებს დავაწეროთ XOY, XOZ, YOZ. კოორდინატები განვსაზღვროთ და გადავიტანოთ სათანადო XO_pY, XO_pZ და YO_pZ აქსონომეტრიულ ღერძებზე; ასეთი აგება ნაჩვენებია XO_pY და XO_pZ სიბრტყეებზე. YO_pZ სიბრტყეზე გამოყენებულია ელიფსის დიდი ღერძის გარკვეულ სიმაღლეზე გავლების ხერხი

და ამ ღერძზე მდებარე წერტილებზე O_PZ ღერძის პარალელური სწორი ხაზები, რომლებზედაც გარკვეული სიგრძის მონაკვეთებია გადაზომილი (ნახ. 352). სათანადო სიბრტყეზე აქსონომეტრიაში მიღებულ წერტილებს მრუდსახაზით შევაერთებთ მდოვრედ. დიმეტრიის შემთხვევას აქ არ ვიხილავთ, რადგან ის განხილული მაგალითის ანალოგიურია, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ O_PY ღერძზე გადავზომავთ ორთოგონალური გეგმილის კოორდინატების ნახევარ სიდიდეებს.

ახლა წრეხაზის აქსონომეტრიული გეგმილი განვიხილოთ იზომეტრიის შემთხვევაში. როგორც ვიცით, წრეხაზის აქსონომეტრიული გეგმილი წარმოადგენს

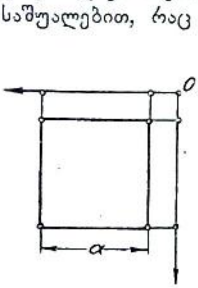


ნახ. 347.

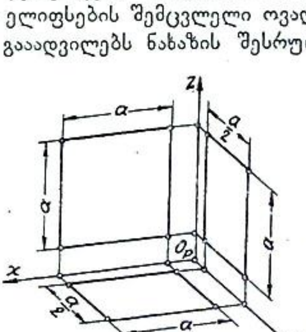


ნახ. 348.

ელიფსს, რომლის წერტილები მრუდსახაზით უნდა შეერთდეს. ჩვენ აქ განვიხილავთ ასეთი ელიფსების შემცვლელი ოვალების გამოხაზვას ფარგლის საშუალებით, რაც გააადვილებს ნახაზის შესრულებას, თვალსაჩინოებას კი სრულიად არ შეცვლის.



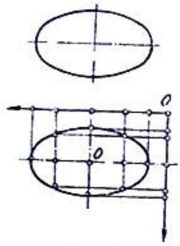
ნახ. 349.



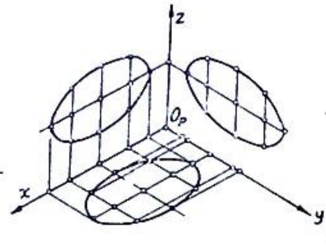
ნახ. 350.

მოცემული წრეხაზი, რომლის დიამეტრი უდრის d-ს, უნდა გამოვხაზოთ აქსონომეტრიაში (ნახ. 353). ოვალის დიდი და პატარა ღერძების გრაფიკულად განსაზღვრა ნაჩვენებია 354-ე ნახაზზე. განვიხილოთ ოვალის გამოხაზვა XO_PY სიბრტყეზე. ცნობილია, რომ ოვალის დიდი ღერძი მართობულია იმ აქსონომეტრიული ღერძისა, რომელიც ამ სიბრტყის განსაზღვრაში მონაწილეობას არ იღებს, ე. ი. O_PZ ღერძისა. XO_PY სიბრტყეზე ოვალის ცენტრად ავიღებთ ნებისმიერ წერტილს (a წერტილს) და გავავლებთ O_PZ ღერძის მართობულ სწორ ხაზს — ეს იქნება ოვალის დიდი ღერძის მიმართულება. დიდი ღერძის მართობულად გავავლებთ ოვალის პატარა ღერძს, ე. ი. O_PZ ღერძის პარალელურად (ამ შემთხვევაში მასთან თანხვდენილად). მოცემული წრეხაზის ურთიერთმართობული დიამეტრების წრეხაზთან გადაკვეთის a და b წერტილებს შევაერთებთ სწორი ხაზით. ab მონაკვეთს გადავზომავთ ოვალის ცენტრზე გამავალ დიდ ღერძთან 30°-ით დახრილ სწორ ხაზზე (ამ შემთხვევაში O_PX ღერძის პარალელურზე). მიღებული b წერტილიდან ოვალის დიდი და პატარა ღერძების მიმართულებაზე დავუშვათ მართობები. მივიღებთ

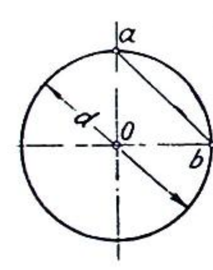
c და k წერტილებს. ac არის ოვალის დიდი ღერძის ნახევარი, ak კი — პატარა ღერძის ნახევარი. a წერტილიდან (ოვალის ცენტრიდან) ac რადიუსით შემოხაზული წრეხაზის რკალის ოვალის პატარა ღერძის მიმართულებასთან გადაკვეთა გვაძლევს შეუღლების ცენტრებს (m და მის სიმეტრიულ წერტილს). a წერტილიდან ak რადიუსით შემოხაზული წრეხაზის რკალის ელიფსის დიდ ღერძთან გადაკვეთა გვაძლევს O_1 და O_2 შეუღლების ცენტრებს. ამ ნახაზზე ნაჩვენებია აგრეთვე O_1 და O_2 ცენტრების მიღების მეორე ხერხი — უშუალოდ O_pX ღერძის პარალელური სწორი ხაზის წრეხაზთან გადაკვეთის n წერტილის m წერტილთან სწორი ხაზით შეერთებით დიდი ღერძის გადაკვეთაზე. XO_pZ და YO_pZ სიბრტყეებზე ოვალების გამოხაზვა განხილული მაგალითის ანალოგიურია და ნახაზზე ნათლად ჩანს.



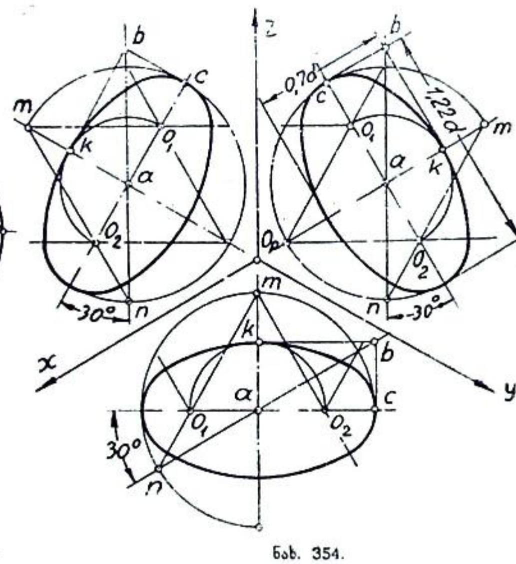
ნახ. 351.



ნახ. 352.



ნახ. 353.



ნახ. 354.

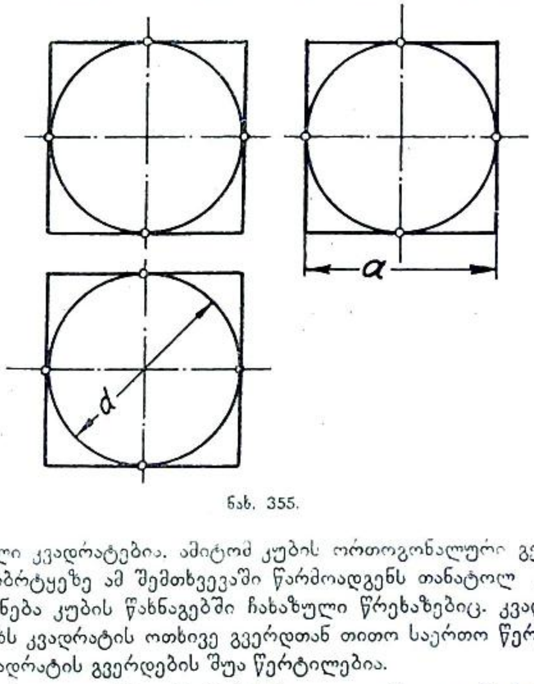
გეომეტრიული სხეულების აქსონომეტრიული გეგმილები

ჩვენ მიერ განხილული წერტილის, სწორი ხაზის მონაკვეთისა და ბრტყელი ნაკვთების გამოხაზვა აქსონომეტრიაში (მართკუთხურ აქსონომეტრიაში) გეომეტრიული სხეულების აქსონომეტრიაში გამოხაზვის ძირითადი საშუალე-

ბაა. ჩვენ აღვნიშნეთ, რომ საერთოდ, ყველა სახის დაგეგმილების დროს, გეომეტრიული სხეულების დაგეგმილებას ვაწარმოებთ მათი განმსაზღვრელი წერტილებით, ხაზის მონაკვეთებით ან რაიმე ბრტყელი ნაკვეთების დაგეგმილებით. ამ ელემენტების აქსონომეტრიაში დაგეგმილება ჩვენ უკვე განვიხილეთ, ამიტომ გეომეტრიული სხეულების აქსონომეტრიაში დაგეგმილების დროს შევეხებით მხოლოდ ზოგად საკითხებს.

კუბის აქსონომეტრიული გეგმილები

მოცემულია კუბის ორთოგონალური გეგმილები, რომელთა წახნაგებში (კვადრატებში) ჩახაზულია წრეხაზები (ნახ. 355). განვიხილოთ ასეთი კუბის აქსონომეტრიული გეგმილი იზომეტრიის შემთხვევაში. რადგან კუბის წახნა-



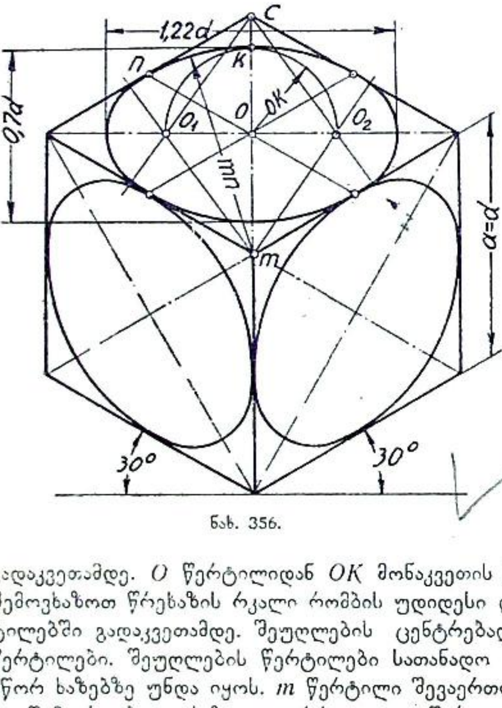
ნახ. 355.

გები თანატოლი კვადრატებია, ამიტომ კუბის ორთოგონალური გეგმილი სამივე გეგმილთსიბრტყეზე ამ შემთხვევაში წარმოადგენს თანატოლ კვადრატებს. თანატოლი იქნება კუბის წახნაგებში ჩახაზული წრეხაზებიც. კვადრატში ჩახაზულ წრეხაზს კვადრატის ოთხივე გვერდთან თითო საერთო წერტილი აქვს, რომლებიც კვადრატის გვერდების შუა წერტილებია.

ჯერ განვიხილოთ კუბის აქსონომეტრიული გეგმილი იზომეტრიაში. ავაგოთ აქსონომეტრიული ღერძები, რომლებიდანაც OX და OY ღერძები ჰორიზონტალური მიმართულებიდან 30°-ით იქნებიან გადახრილი. კუბის ერთი წიბო, ე. ი. კვადრატის ერთი გვერდი დავამთხვიოთ OZ ღერძის მიმართულებას და ავაგოთ კვადრატის აქსონომეტრიული გეგმილი, რომელიც რომბს წარმოადგენს; ასეთივე რომბი აიგება კუბის მეორე გვერდისათვისაც. კუბის ზედა ფუძე აიგება XOY სიბრტყეში, იმავე ზომის რომბი და მივიღებთ კუბის იზომეტრიულ გეგმილს (ნახ. 356). გეომეტრიული სხეულების აქსონომეტრიაში აგება აღნიშნული თანამიმდევრობით არ არის სავალდებულო. უფრო

ხშირად ჯერ აიგება ფუძე (ზედა ან ქვედა) და შემდეგ გარკვეული ღერძების პარალელურად გატარდება წიბოები ან მსახველები (თუ ეს შესაძლებელია).

ახლა განვიხილოთ კუბის წახნაგებში ჩახაზული წრეხაზების გეგმილები. რადგან ის კვადრატები, რომლებშიც წრეხაზები იყო ჩახაზული, აქსონომეტრიაში რომბებად დაგეგმილდა, ცხადია, წრეხაზი წრეხაზებად არ დაგეგმილდება. ჩვენ ვიცით, რომ წრეხაზის გეგმილი შეიძლება იყოს ისევ წრეხაზი, სწორი ხაზის მონაკვეთი ან ელიფსი. აქსონომეტრიული გეგმილთსიბრტყე P, მართკუთხური აქსონომეტრიის შემთხვევაში, მართკუთხა სისტემის გეგმილთსიბრტყეებთან დახრილია, ამიტომ წრეხაზები ელიფსებად დაგეგმილდება. რადგან კუბის წახნაგები იზომეტრიაში გვაძლევენ სამ თანატოლ რომბს, ამიტომ ამ რომბებში ჩახაზული ელიფსებიც თანატოლი იქნება. ერთნაირია მათი აგებაც; ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ ერთი ელიფსის გრაფიკულად გამოხაზვას. საერთოდ ცნობილია, რომ ელიფსი ფარგლით არ უნდა იხაზებოდეს, მაგრამ ამ შემთხვევაში ელიფსი ძალიან უახლოვდება ოვალს და შეიძლება იგი შეიცვალოს ოვალით; განვიხილოთ ასეთი ოვალის გამოხაზვა XOY სიბრტყეზე. m წერტილზე, როგორც ცენტრზე, mn მონაკვეთის სიგრძის ტოლი რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი რომბის უმოკლესი დიაგონალის K წერტილში

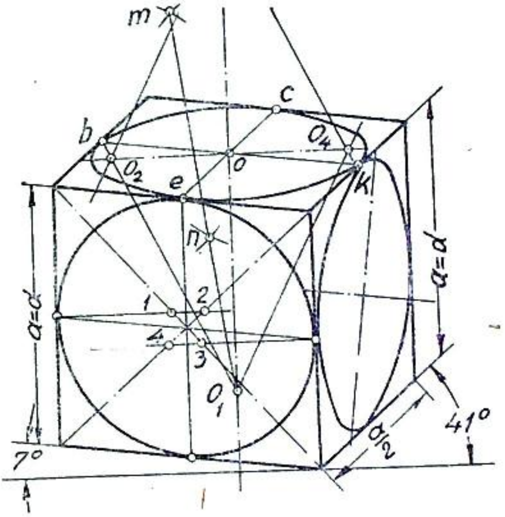


ნახ. 356.

გადაკვეთამდე. O წერტილიდან OK მონაკვეთის სიგრძის ტოლი რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი რომბის უდიდესი დიაგონალის O_1 და O_2 წერტილებში გადაკვეთამდე. შეუღლების ცენტრებად მივიღოთ m, c, O_1 და O_2 წერტილები. შეუღლების წერტილები სათანადო ცენტრების შემაერთებელ სწორ ხაზებზე უნდა იყოს. m წერტილი შევაერთოთ O_1 და O_2 წერტილებთან და შემაერთებელი ხაზი გავაგრძელოთ; c წერტილიც შევაერთოთ O_1 და O_2 წერტილებთან და ეს ხაზიც გავაგრძელოთ — მიღებული სწორი ხაზები შეუღლების ზღვრებია. რკალების შეუღლებისათვის ყველა პირობა შესრულებულია და შეგვიძლია ოვალის გამოხაზვა. ასეთივე წესით გამოიხაზება ოვალები XOZ და YOZ სიბრტყეებზედაც, ოვალების აგება ნახაზზე არ არის ნაჩვენები. რადგან დამახინჯების კოეფიციენტები ნაცვლად 0,82-სა ავიღეთ 1-ის ტოლი, ამიტომ როგორც კუბი, ისე მის წახნაგებში ჩახაზული ოვალების ღერძები გაიზრდება 1,22-ჯერ, ე. ი. დიდი ღერძი გახდება 1,22 d (სადაც d კვადრატში ჩახაზული წრეხაზის დიამეტრია), პატარა ღერძი კი — 0,7d.

განვიხილოთ კუბის გამოხაზვა დიმეტრიაში. მოცემულია კუბის სამი გეგმილი და ამ გეგმილებში კუბის წახნაგებში ჩახაზული წრეხაზები; ასეთი კუბის აქსონომეტრიული გეგმილი უნდა გამოვხაზოთ დიმეტრიაში. კუბის გეგმილების გამოხაზვა ხდება განხილული იზომეტრიის შემთხვევის ანალოგიურად, ამიტომ კუბის ასეთი გეგმილის გამოხაზვაზე დიდხანს არ შევჩერდებით. აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ OY ღერძის მიმართ კვადრატის გვერდი განახევრდება და YOZ და XOY სიბრტყეზე მივიღებთ პარალელოგრამებს, XOZ სიბრტყეზე კი — რომბს.

განვიხილოთ ელიფსის შემცვლელი ოვალის დახაზვა XOY სიბრტყეზე (ნახ. 357). O წერტილზე გავავლოთ OZ ღერძის მართობული (ამ შემთხვევაში ჰორიზონტალური) სწორი ხაზი; ეს იქნება ოვალის დიდი ღერძის მიმართულება, პატარა ღერძი, ცხადია, დიდი ღერძის მართობული (ამ შემთხვევაში შვეული) იქნება. შეუღლების ცენტრების საპოვნელად პარალელოგრამის მცირე გვერდთან ელიფსის შეხების b წერტილიდან და დიდი გვერდის შუა c წერტილიდან ვიპოვოთ ამ ორი წერტილის შემაერთებელი სწორი ხაზის მონაკვეთის შუა წერტილზე მართობულად გამავალი სწორი ხაზი (ამ მონაკვეთის ბოლოებიდან შემოხაზული რკალების გადაკვეთა აღნიშნულია m და n წერტილებით). ამ სწორი ხაზის გადაკვეთა ელიფსის პატარა ღერძის მიმართულებასთან მოგვცემს O_1 წერტილს, ეს არის bc რკალის ცენტრი. b და O_1 წერტილების შემაერთებელი სწორი ხაზი ოვალის დიდ ღერძს გადაკვეთს O_2 წერტილზე — ეს არის შეუღლების მეორე ცენტრი. O წერტილიდან OO_1 მონაკვეთი გადავზომოთ ზემოთ, პატარა ღერძის მიმართულებით, მივიღებთ O_3 ცენტრს (რომელიც ნახაზზე არ მოთავსდა); O_3 წერტილის რომბის მეორე უმცირესი გვერდის შუა K წერტილთან შემაერთებელი სწორი ხაზი ოვალის დიდ ღერძს გადაკვეთს O_4 წერტილზე. O_1 წერტილს O_4 ცენტრთან შევაერთებთ სწორი ხაზით და გავაგრძელებთ, აგრეთვე O_3 ცენტრს შევაერთებთ O_2 ცენტრთან და გავაგრძელებთ; მივიღებთ შეუღლების ცენტრებს და ზღვრებს. O_1 ცენტრიდან O_1b რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი O_1O_4 სწორი ხაზის (შეუღლების ზღვრის) გადაკვეთამდე, O_4 ცენტრიდან გავაგრძელოთ რკალი k წერტილამდე, O_3 ცენტრიდან O_3K რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი O_3O_2 სწო-



ნახ. 357.

15. ს. ზურჩულაძე

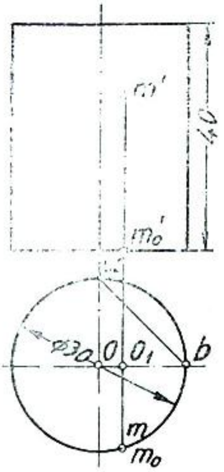
რი ხაზის გადაკვეთამდე. დარჩენილი ბოლო ნაწილი O_2 ცენტრიდან O_2b-რადიუსიანი რკალით შევაუღლოთ. YOZ სიბრტყეზე ელიფსის შემოხაზვა განხილული მაგალითის ანალოგიურია. XOZ სიბრტყეში ელიფსის აგებისათვის გამოვიყენებთ რომბში ჩახაზული ოვალის გამოხაზვის წესს — რომბის მოპირდაპირე შვეული გვერდების შუა წერტილებიდან გავლებულია OZ ღერძის მართობული (ამ შემთხვევაში ჰორიზონტალური) სწორი ხაზები, რომელთა გადაკვეთა რომბის დიაგონალებთან გვაძლევს შეუღლების ცენტრებს ოვალის ჩასახაზავად. შეუღლების წერტილები რომბის გვერდების შუა წერტილებია.

XOY და YOZ სიბრტყეებზე გამოხაზული ოვალების დიდი ღერძის სიგრძე უდრის 1,06 d-ს (სადაც d ჩახაზული წრეხაზის დიამეტრია), მცირე ღერძის სიგრძე — 0,35 d-ს; XOZ სიბრტყეზე გამოხაზული ოვალის დიდი ღერძის სიგრძე უდრის 1,06 d-ს, პატარა ღერძის სიგრძე კი — 0,95 d-ს.

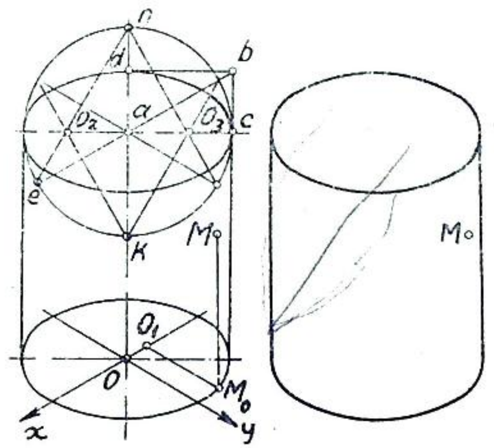
მართი წრიული ცილინდრის აქსონომეტრიული გეგმილი

მოცემულია მართი წრიული ცილინდრის ორთოგონალური გეგმილები. ცილინდრის თარზული გეგმილი წრეხაზია, რომლის დიამეტრი უდრის 30 მმ-ს და შვეული გეგმილი მართკუთხედია, რომლის სიმაღლე უდრის 40 მმ-ს (ასეთია ცილინდრის ზომები სინამდვილეში). ჩვენ განვიხილავთ ასეთი ცილინდრის აქსონომეტრიული გეგმილის გამოხაზვის თანამიმდევრობას იზომეტრიის შემთხვევაში. ავიღოთ ნებისმიერი O წერტილი და ამ წერტილზე გავატაროთ აქსონომეტრიული ღერძები, OZ ღერძის მიმართულებით გადავზომოთ ცილინდრის სიმაღლე — 40 მმ, მივიღებთ a წერტილს, რომელზედაც გავატაროთ OX და OY ღერძების პარალელური აქსონომეტრიული ღერძები. როგორც O, ისე a წერტილებზე საჭიროა ცილინდრის ზედა და ქვედა ფუძეების აქსონომეტრიული გეგმილების გამოხაზვა, ამ შემთხვევაშიც გამოვიყენებთ ელიფსის შემცვლელი ოვალის გამოხაზვის წესებს. ცილინდრის თარზულ გეგმილზე — წრეხაზზე შევაერთებთ ურთიერთმართობული დიამეტრების წრეხაზთან გადაკვეთის a და b წერტილებს (ნახ. 358). ab მონაკვეთს გადავზომავთ OX ღერძის პარალელურ სწორ ხაზზე (ნახ. 359), მიღებული b წერტილიდან ოვალის დიდ და პატარა ღერძებზე დავუშვებთ მართობებს — მივიღებთ c და d წერტილებს. ad და ac ელიფსის დიდი და პატარა ღერძების ნახევრებია. a წერტილიდან ac-რადიუსიანი წრეხაზის OZ ღერძთან გადაკვეთა მოგვცემს შეუღლების n და k ცენტრებს. ამ წრეხაზთან OX და OY ღერძების გადაკვეთის წერტილების (ნახაზზე მხოლოდ e წერტილია ნაჩვენები) n და k წერტილებთან სწორი ხაზით შეერთება მოგვცემს ოვალის დიდ ღერძთან გადაკვეთის O_2 და O_3 წერტილებს, რომლებიც შეუღლების ცენტრებია. მიღებული ცენტრებისა და ზღვრების საშუალებით გამოვხაზავთ ელიფსის შემცვლელ ოვალს. ასეთივე წესით გამოიხაზება ქვედა ფუძის ოვალი, განაპირა მსახველებს გავავლებთ ოვალების მხებად.

იმისათვის, რომ ცილინდრის ზედაპირზე მდებარე წერტილი ორთოგონალური გეგმილიდან გადავიტანოთ აქსონომეტრიულ გეგმილზე, საჭიროა განვსაზღვროთ წერტილზე გამავალი მსახველის გეგმილები. M წერტილზე გამავალი მსახველის შვეული გეგმილი არის $m'm'_1$, თარზული კი ფუძის წრეხაზს და-

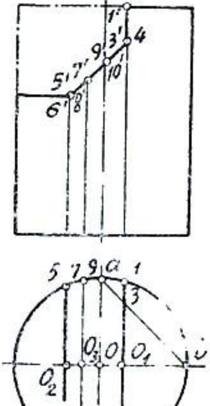


ნახ. 358.

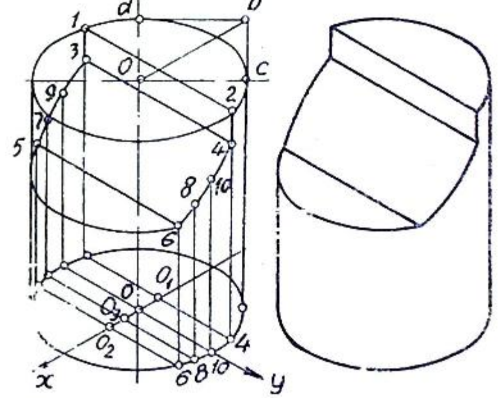


ნახ. 359.

ემთხვევა: განვსაზღვროთ M_o წერტილის კოორდინატი. ამისათვის OX ღერძი ვიგულისხმოთ ჰორიზონტალურად, მაშინ OO_1 იქნება აბსცისა და O_1m_o კი — ორდინატა. ეს მონაკვეთები გადავიტანოთ აქსონომეტრიულ ღერძებზე და მივიღებთ M_o წერტილს. ამ წერტილზე გავლებული OZ ღერძის პარალელური სწო-



ნახ. 360.



ნახ. 361.

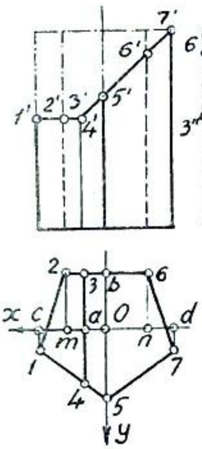
რი ხაზი იქნება იმ მსახველის აქსონომეტრია, რომელზედაც არის M წერტილი. ამიტომ M_0 წერტილიდან ზევით გადავზომოთ $m_0'm'$ მონაკვეთი და მივიღებთ M წერტილს, რომელიც, ცხადია, ცილინდრის ზედაპირზე იქნება.

ახლა განვიხილოთ ისეთი ცილინდრის აქსონომეტრიული გეგმილი, რომელიც ჩამონაჭრებს შეიცავს. ნახაზის მარტივად აგებისათვის წარმოვიდგინოთ ჯერ მთლიანი ცილინდრი, რომლის გამოხაზვა წინა მაგალითის ანალოგიურად მოხდება. ცილინდრის ზედაპირზე მდებარე წერტილების აქსონომეტრიულ გეგმილზე გამოხაზვა წინა მაგალითში განვიხილეთ. ამ საკითხს აქ ძალიან მოკლედ შევეხებით. ცილინდრის თარზულ გეგმილზე წერტილის კოორდინატების განსაზღვრისათვის დამახასიათებელი წერტილები აღნიშნულია ციფრებით (ნახ. 360). ნახაზზე მსახველების საშუალებით განსაზღვრულია დამახასიათებელი წერტილების მდებარეობა ცილინდრის ზედაპირზე. მსახველების ფუძეები გადატანილია ცილინდრის აქსონომეტრიული გეგმილის ფუძის ოვალზე, თითოეული წერტილიდან გავლებულია მსახველები, რომლებზედაც ცილინდრის შვეული გეგმილიდან გადაზომილია სათანადო მსახველების სიგრძეები და მიღებული წერტილების შეერთება გვაძლევს ამონაჭრების აქსონომეტრიულ გეგმილს (ნახ. 361). შეიძლებოდა ჯერ აგვეგო ფუძის ელიფსი და განხილული წესით, მსახველების საშუალებით, მივიღებდით ზედა ნაწილის აქსონომეტრიულ გეგმილს.

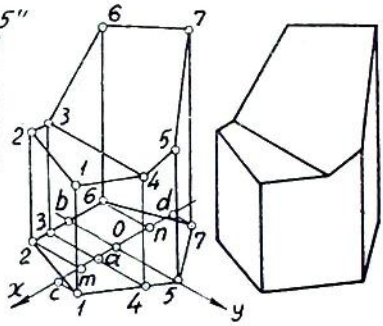
ხუთწახნაგა წესიერი პრიზმის აქსონომეტრიული გეგმილი

განვიხილოთ ისეთი ხუთწახნაგა პრიზმის გეგმილი, რომელსაც აქვს ჩამონაჭრები. მოცემულია ასეთი პრიზმის სამი გეგმილი, რომლის თარზულ გეგმილზე გავატაროთ OX და OY ღერძები და განვსაზღვროთ დამახასიათებელი წერტილების კოორდინატები ამ ღერძების მიმართ. 1 წერტილის აბსცისა იქნება Oc, ორდინატა კი — $c1$ მონაკვეთი; 2 წერტილის აბსცისა უდრის om მონაკვეთს, ორდინატა — $m2$ მონაკვეთს; 3 წერტილის აბსცისა უდრის oa მონაკვეთს, ორდინატა კი — $a3$ მონაკვეთს; 4 წერტილის აბსცისა უდრის oa-ს, ორდინატა კი — $a4$ მონაკვეთს. 5 და b წერტილების შემაერთებელი სწორი ხაზი გადის O წერტილზე; 6 წერტილის აბსცისა უდრის on-ს, ორდინატა კი — $n6$ მონაკვეთს; 7 წერტილის აბსცისა არის od მონაკვეთი, ორდინატა კი — $d7$ მონაკვეთი (ნახ. 362).

აღებულია ნებისმიერი O წერტილი, რომელზედაც გავლებულია აქსონომეტრიული OX და OY ღერძები. OX ღერძზე სათანადოდ გადავზომავთ ორთოგონალური გეგმილის ფუძეზე აღებულ a, m, c, n და d წერტილებს. ამ წერტილებზე გავატარებთ OY ღერძის პარალელურ მონაკვეთებს (ორდინატებს). მიღებულ 1, 2, 3, 4, 5, 6 და 7 წერტილებზე გავავლოთ OZ ღერძის პარალელური სწორი ხაზები, რომლებზედაც გადავზომოთ შვეული გეგმილიდან განსაზღვრული სათანადო მონაკვეთები. მიღებული წერტილების შეერთება მოგვცემს პრიზმული სხეულის აქსონომეტრიულ გეგმილს (ნახ. 363). ამ ნახაზზე გვაქვს b წერტილი, რომელიც ნახაზის აგების დროს ჩვენ არ გამოგვიყენებია, შეიძლებოდა b წერტილზე გაგვევლო OX ღერძის პარალელური სწორი ხაზი და გადაგვეზომა 2, 3 და 6 წერტილების დაშორება ამ წერტილიდან.



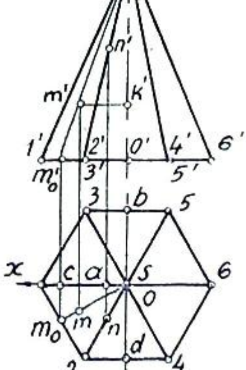
ნახ. 362.



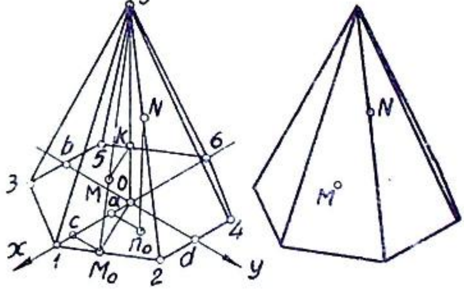
ნახ. 363.

პირამიდის გამოხაზვა აქსონომეტრიაში

მოცემულია ექვსწახნაგა პირამიდის ორთოგონალური გეგმილები (ნახ. 364). ფუძის ექვსკუთხედის წვეროების აქსონომეტრიაში გამოსახაზავად განვსაზღვროთ ამ წერტილების კოორდინატები და ავაგოთ აქსონომეტრიულ ღერძთა სისტემა; O წერტილიდან OY ღერძზე გადავზომოთ ob და od მონაკვეთები, b და d წერტილებზე გავავლოთ OX ღერძის პარალელური სწორი



ნახ. 364.



ნახ. 365.

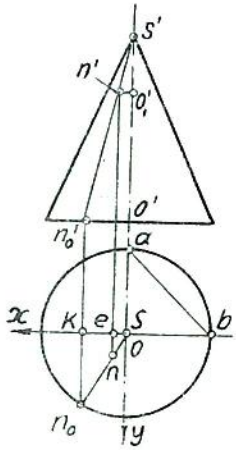
ხაზები და მათზე b წერტილიდან გადავზომოთ $b3$, $b5$, ხოლო d წერტილიდან—$d2$, $d4$ მონაკვეთები: OX ღერძზე გადავზომოთ 01 და 06 მონაკვეთები — მივიღებთ პირამიდის ფუძის აქსონომეტრიულ გეგმილს. O წერტილიდან OZ ღერძზე გადავზომავთ პირამიდის სიმაღლეს — $O'S'$ მონაკვეთს. მიღებულ წერტილებს სწორი ხაზით შევაერთებთ (ნახ. 365) და მივიღებთ პირამიდის აქსონომეტრიულ გეგმილს. ახლა განვიხილოთ ასეთი პირამიდის წახნაგზე და წიბოზე მდებარე წერტილების გადატანა აქსონომეტრიაში. ორთოგონალურ ნახაზზე მოცემულია პირამიდის წახნაგზე მდებარე M წერტილი და წიბოზე მდებარე N წერტილი.

n წერტილის მისაღებად განვსაზღვროთ მისი კოორდინატები, ასევე m წერტილისთვისაც (ყოველივე ეს ნახაზზე ნათლად ჩანს). აქსონომეტრიული გეგმილის OX ღერძზე გადმოვზომოთ oa მონაკვეთი, a წერტილზე გავავლოთ OY ღერძის პარალელური სწორი ხაზი და მასზე გადმოვზომოთ an მონაკვეთის ტოლი an_0 მონაკვეთი. მიღებულ n_0 წერტილზე ავმართოთ მართობი $S2$ წიბოს გადაკვეთამდე — მივიღებთ N წერტილს. M წერტილის მისაღებად განსაზღვრულია მასზე გამავალი Sm_0 ცრუ წიბოს ფუძესთან გადაკვეთის M_0 წერტილის კოორდინატები, რომლის აბსცისა უდრის oc მონაკვეთს, ორდინატა კი m_0c-ს. აქსონომეტრიულ გეგმილზე O წერტილიდან OX ღერძზე გადავზომავთ Oc მონაკვეთს და c წერტილზე გავავლებთ OY ღერძის პარალელურ სწორ ხაზს, რომელზედაც გადავზომავთ $cm_0 = CM_0$ მონაკვეთს. ცხადია, M_0 წერტილი 1—2 ფუძის წიბოზე მოთავსდება. M_0-ს სწორი ხაზით შევაერთებთ პირამიდის S წვეროსთან. OZ ღერძზე გადავზომავთ $o'k'$ მონაკვეთს. მიღებულ K წერტილზე გავავლებთ OM_0 სწორი ხაზის პარალელურ სწორ ხაზს და ცრუ წიბოს გადაკვეთაზე მივიღებთ M წერტილს, რომელიც, ცხადია, პირამიდის წახნაგზე იქნება.

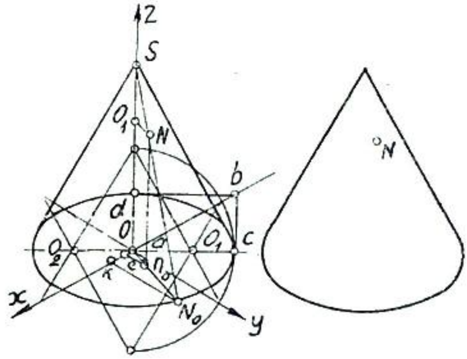
კონუსის გამოხაზვა აქსონომეტრიაში

განვიხილოთ მართი წრიული კონუსის გამოხაზვა აქსონომეტრიაში. მოცემულია მართი წრიული კონუსის ორთოგონალური გეგმილები; ამ კონუსის ზედაპირზე მოცემულია N წერტილი (ნახ. 366).

გამოვხაზოთ კონუსის ფუძის წრეხაზი იზომეტრიაში. OZ ღერძზე გადავზომოთ კონუსის სიმაღლე და მიღებული S წერტილი სწორი ხაზებით მხებად შევაერთოთ ფუძის ელიფსთან, მივიღებთ კონუსის იზომეტრიულ გეგმილს. კონუსის აქსონომეტრიულ გეგმილზე N წერტილის გადასატანად განვსაზღვროთ ამ წერტილის კოორდინატები ორთოგონალური გეგმილებიდან, კონუსის თარაზული გეგმილის OX ღერძზე es მონაკვეთი აბსცისაა, en მონაკვეთი კი — ორდინატა. აქსონომეტრიულ ღერძებზე სათანადოდ გადავზომოთ ეს მონაკვეთები და მივიღებთ n_0 წერტილს, ამ წერტილიდან ავმართოთ მართობი და მასზე გადავზომოთ $o'o'_1$ მონაკვეთი (N წერტილის დაშორება თარაზული გეგმილთა სიბრტყიდან), მივიღებთ N წერტილს, რომელიც, ცხადია, კონუსის ზედაპირზე მდებარეობს. იგივე N წერტილი მსახველის გამოყენებითაა გადატანილი აქსონომეტრიულ გეგმილზე. ორთოგონალური გეგმილებიდან განსაზღვრულია მსახველის ფუძის კოორდინატები — sk და kn_1, რომლებიც სათანადოდ გადაზომილია OX და OY აქსონომეტრიულ ღერძებზე. მიღებული N_1 წერტილი (რომელიც ფუძის ელიფსზე უნდა იყოს) სწორი ხაზით შეერთებულია კონუსის



ნახ. 366.



ნახ. 367.

S წვეროსთან (ნახ. 367). მივიღეთ იმ მსახველის აქსონომეტრიული გეგმილი, რომელზედაც არის N წერტილი. OZ ღერძზე გადავზომოთ $O'O'_1$ მონაკვეთი, მიღებული o_1 წერტილიდან გავავლოთ ON_0 სწორი ხაზის პარალელური ხაზი, რომლის გადაკვეთა SN_0 მსახველთან მოგვცემს N წერტილს.

აქ ჩვენ არ განვიხილეთ გეომეტრიული სხეულების გამოხაზვა მართკუთხურ დიმეტრიაში, რადგან გამოხაზვის წესები განხილული იზომეტრიის შემთხვევის ანალოგიურია, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ დიმეტრიის შემთხვევაში OY ღერძზე გადაიზომება სათანადო მონაკვეთის ნახევარი.

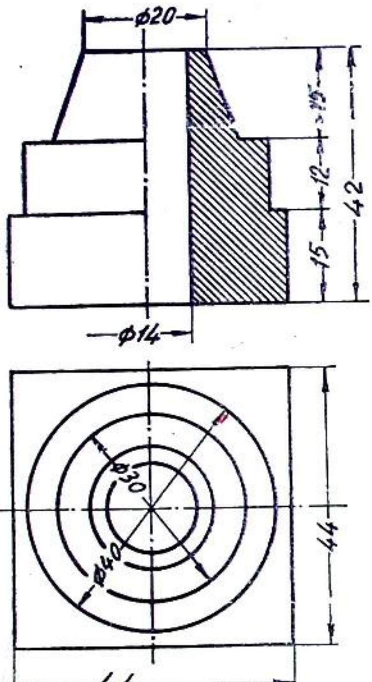
განვიხილოთ პრიზმის, ცილინდრისა და წაკვეთილი კონუსისაგან შედგენილი მანქანის ნაწილის აქსონომეტრიული გეგმილის აგების თანამიმდევრობა. მანქანის ეს ნაწილი ორთოგონალურ გეგმილებშია მოცემული თავისი ზომებით და ნაგულისხმევი ჭრით (ნახ. 368).

ავაგოთ აქსონომეტრიული ღერძები იზომეტრიის შემთხვევაში და ამ ღერძებზე, გეომეტრიული სხეულების აქსონომეტრიაში აგების განხილული წესით, გეგმილები გამოვხაზოთ თანამიმდევრულად, გაუჭრელ მდგომარეობაში. ჯერ ავიღოთ პრიზმის ფუძე, რომელიც ამ შემთხვევაში რომბად დაგეგმილდება (ნახ. 369).

OZ ღერძზე გადავზომოთ პრიზმის სიმაღლე და ავაგოთ ასეთივე რომბი. მისი წვეროები შევაერთოთ OZ ღერძის პარალელური სწორი ხაზებით — მივიღებთ პრიზმის გეგმილს იზომეტრიაში. ამ პრიზმის ზედა ფუძის ცენტრზე ავაგოთ ცილინდრის ფუძის წრეხაზის იზომეტრიული გეგმილი (რაც ჩვენ ზემოთ რამდენჯერმე განვიხილეთ). OZ ღერძზე გადავზომოთ ცილინდრის სიმაღლე და მიღებულ წერტილზე ავაგოთ იმავე ზომის ელიფსი: ეს ელიფსები მათი მხები სწორი ხაზებით შევაერთოთ OZ ღერძის პარალელურად და მივიღებთ ცილინდრის იზომეტრიულ გეგმილს. ცილინდ-

რის ზედა ფუძის ცენტრზე ავაგოთ ელიფსი წაკვეთილი კონუსის ქვედა ფუძის წრეხაზის დიამეტრის მიხედვით.

OZ ღერძზე გადავზომოთ კონუსის სიმაღლე და მიღებულ წერტილზე ავაგოთ ელიფსი წაკვეთილი კონუსის ზედა ფუძის წრეხაზის დიამეტრის მიხედვით. შევაერთოთ ეს ორი ელიფსი მხები სწორი ხაზებით და მივიღებთ წაკვეთილი კონუსის იზომეტრიულ გეგმილს. პრიზმის ქვედა ფუძის სიბრტყეზე, ცენტრზე, 14-მმ დიამეტრიანი წრეხაზის მიხედვით გამოვხაზოთ ელიფსი. ასეთივე ელიფსი გამოვხაზოთ წაკვეთილი კონუსის ზედა ფუძის ცენტრზე. ეს პატარა ელიფსები მანქანის ნაწილის ცილინდრული სიცარიელის ქვედა და ზედა ფუძეების გეგმილებია. ახლა განვსაზღვროთ ჭრით მიღებული ზედაპირი, რომელიც მანქანის ნაწილის აქსონომეტრიული *XOZ* და *YOZ* სიბრტყეებით კვეთაში მიიღება. ამ ნახაზზე არ არის ნაჩვენები ელიფსების გამოხაზვის წესები, რომლებიც რამდენჯერმე გავიმეორეთ გეომეტრიული სხეულების აქსონომეტრიაში აგების დროს. ნახაზი დაიტუშება კონტურის ხაზებით და გაუკეთდება ნაგულისხმები ჭრის მაჩვენებელი წახაზვა („შტრიხი“). გასუფთავების შემდეგ საბოლოოდ დაგვრჩება ნახაზი 370, რომელზედაც იქვე ნაჩვენებია კვალთა სამკუთხედი, აქსონომეტრიაში წახაზვის მიმართულების გამოსარკვევად.



ნახ. 368.

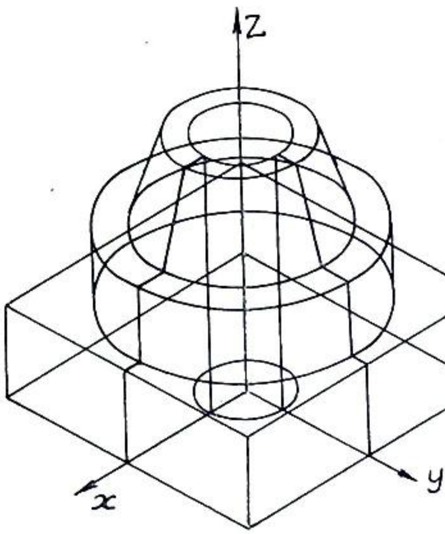
ირიბკუთხური აქსონომეტრია

ირიბკუთხური აქსონომეტრიის დროს დაგეგმილების მიმართულება ნებისმიერია, შეიძლება ავიღოთ ყოველი მიმართულება 0°-დან 90°-მდე დახრით. როგორც აღვნიშნეთ, მართკუთხური აქსონომეტრიის დროს დაგეგმილების მიმართულება მხოლოდ 90°-ია, ამიტომ ირიბკუთხური აქსონომეტრია უფრო ზოგადია, ვიდრე მართკუთხური. ზემოთ აღნიშნულის გამო ირიბკუთხური აქსონომეტრიის დროს აქსონომეტრიული ღერძების მიმართულება და დამახინჯების კოეფიციენტების სიდიდეები ნებისმიერია.

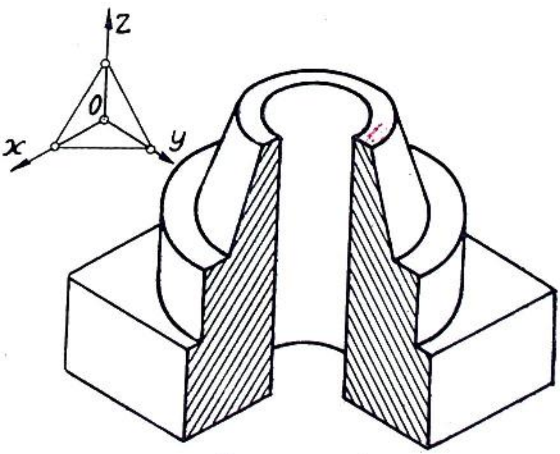
ტექნიკაში უფრო ხშირად გამოიყენება ისეთი ირიბკუთხური აქსონომე-

ტრია, როცა აქსონომეტრიული გეგმილთსიბრტყე მართკუთხა სისტემის ერთ-ერთი გეგმილთსიბრტყის პარალელურია.

განვიხილოთ ირიბკუთხური აქსონომეტრია, როცა აქსონომეტრიული P გეგმილთსიბრტყე შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია (ნახ. 371). ასეთ აქსონომეტრიას ხშირად ფრონტალურ აქსონომეტრიასაც უწოდებენ. ამ შემთხვევაშიც OX და OZ ღერძები აქსონომეტრიული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია და ამიტომ აღნიშნული ღერძების მიმართ დამახინჯების კოეფიციენტები $s=u=1$, OY ღერძის მიმართ t დამახინჯების კოეფიციენტი ნებისმიერია. ამ ნახაზზე ნაჩვენებია დაგეგმილების მიმართულების ცვლით მიღებული აქსონომეტრიული ღერძები, OX და OZ ღერძები მუდამ ურთიერთმართობულად რჩება, იცვლება მხოლოდ OY ღერძის მიმართულება.

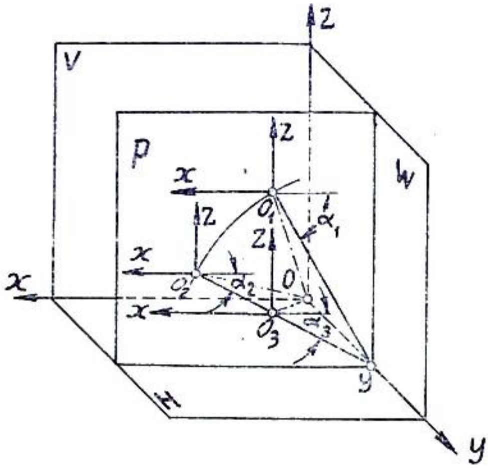


ნახ. 369.



ნახ. 370.

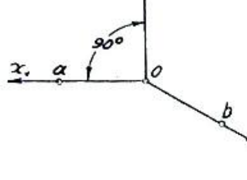
371-ე ნახ.-ზე გამოხაზულია შემთხვევები, როცა აქსონომეტრიულ ღერძთა O_1 სათავე იცვლის მდებარეობას, აქსონომეტრიულ P სიბრტყეზე O წერტილის მდებარეობა შეიძლება ისე ვცვალოთ, რომ ეს წერტილი გადაადგილდეს O_1Y-რადიუსიანი წრეხაზის რკალზე (რომლის ცენტრი Y წერტილია): როდესაც დაგეგმილების მიმართულება OO_1, OO_2 და ა. შ. იცვლება, მაგრამ



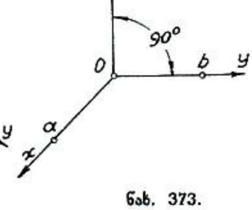
ნახ. 371.

დაგეგმილების მიმართულების აქსონომეტრიულ P გეგმილთსიბრტყესთან შექმნილი კუთხე უცვლელია, მაშინ სათანადოდ იცვლება OY ღერძის დახრილობა OX ღერძთან α_1, α_2 და ა. შ. მაგრამ უცვლელი რჩება O_1Y, O_2Y და ა. შ. ე. ი. არ იცვლება დამახინჯების კოეფიციენტი t. ამავე ნახაზზე ნაჩვენებია დაგეგმილების მიმართულების ისეთი შეცვლა OO_3, როცა OY ღერძის დახრილობა $\alpha_2=\alpha_3$ არ იცვლება და $O_2Y \neq O_3Y$, ე. ი. იცვლება OY ღერძის მიმართ დამახინჯების კოეფიციენტი t_0. აქედან შეგვიძლია გამოვიტანოთ ის დასკვნა, რომ ფრონტალური დაგეგმილების დროს აქსონომეტრიული OY ღერძის მიმართულება და ამ ღერძზე დამახინჯების კოეფიციენტის სიდიდე ნებისმიერია.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, Y ღერძის მიმართ დამახინჯების კოეფიციენტის შერჩევა დამოკიდებულია დაგეგმილების მიმართულებაზე, ამიტომ შეგვიძლია დაგეგმილების მიმართულება ისე შევარჩიოთ, რომ ფრონტალური დაგეგმილების დროს $s=t=u=$ ე. ი. მივიღოთ ირიბკუთხური იზომეტრია. სხვა შემთხვევაში (**როცა $s=u$ და t ნებისმიერია) მივიღებთ** ირიბკუთხურ დიმეტრიას. ირიბკუთხური დიმეტრიიდან, როცა OY ღერძის დახრილობა OX ღერძის მიმართ უდრის 45°-ს და დამახინჯების კოეფიციენტი $t=0{,}5$. ასეთ ფრონტალურ დაგეგმილებას უწოდებენ კაბინეტურს. როგორც აღვნიშნეთ, ფრონტალური დაგეგმილების დროს ორი აქსონომეტრიული ღერძი OX და OZ ურთიერთმართობულია (ნახ. 372), OY ღერძს კი ნებისმიერი



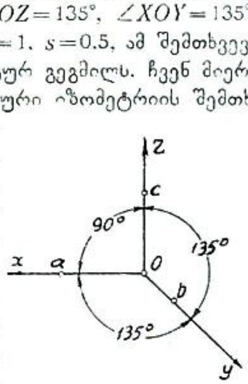
ნახ. 372.



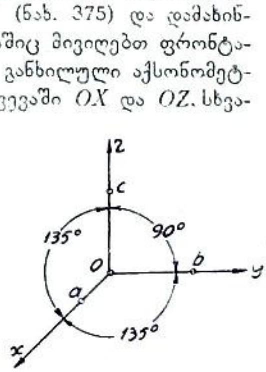
ნახ. 373.

მიმართულება აქვს. მაგრამ შეიძლება დაგეგმილების მიმართულება ისე შევარჩიოთ, რომ მივიღოთ იზომეტრია ($s=t=u=1$, ე. ი. $oa=ob=oc$). ეს იმ შემთხვევაში, როცა აქსონომეტრიაში P გეგმილთსიბრტყე მართკუთხა სისტემის შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია. როდესაც აქსონომეტრიული P გეგმილთსიბრტყე პროფილი გეგმილთსიბრტყის პარალელურია (ნახ. 373), მაშინ OY და OZ აქსონომეტრიული ღერძები ურთიერთმართობული იქნება და OX ღერძი მიიღებს ნებისმიერ მიმართულებას. შეიძლება დაგეგმილების მიმართულება ისე შევარჩიოთ, რომ მივიღოთ იზომეტრიის შემთხვევა ($s=t=u=1$, ე. ი. $oa=ob=oc$).

ავაგოთ აქსონომეტრიული ღერძები ფრონტალური აქსონომეტრიის დროს, როცა $\angle XOZ=90°$, $\angle XOY=135°$, $\angle YOZ=135°$ (ნახ. 374) და დამახინჯების კოეფიციენტები $z=u=1$, $t=0{,}5$, ე. ი. მივიღებთ ფრონტალურ დიმეტრიას, რომელსაც ხშირად კაბინეტურ დაგეგმილებასაც უწოდებენ. თუ ფრონტალური დაგეგმილების დროს აქსონომეტრიული ღერძები ისეა აღებული, რომ $\angle YOZ=90°$, $\angle XOZ=135°$, $\angle XOY=135°$ (ნახ. 375) და დამახინჯების კოეფიციენტები $t=u=1$, $s=0.5$, ამ შემთხვევაშიც მივიღებთ ფრონტალურ დიმეტრიას ან კაბინეტურ გეგმილს. ჩვენ მიერ განხილული აქსონომეტრიული ღერძები, ფრონტალური იზომეტრიის შემთხვევაში OX და OZ, სხვადასხვა მიმართულებისაა, მაგრამ დამახინჯების კოეფიციენტები მაინც სამივე ღერძზე ერთი და იგივეა — ერთის ტოლი. ამ შემთხვევის გამოყენება დამოკიდებულია გამოსახაზავი საგნის ფორმაზე და იმაზე, თუ რომელი შემთხვევა მოგვცემს უფრო მეტ თვალსაჩინოებას.



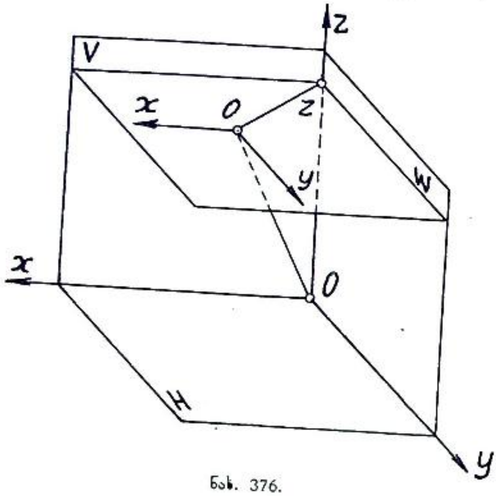
ნახ. 374.



ნახ. 375.

ტექნიკაში, განსაკუთრებით მშენებლობის დარგში, ფართო გამოყენება აქვს ისეთ ირიბკუთხურ აქსონომეტრიას, როცა აქსონომეტრიული გეგმილთსიბრტყე მართკუთხა სისტემის თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია (ნახ. 376). ამ შემთხვევაში OX და OY ღერძები ურთიერთმართობულად დაგეგმილდებიან, რადგან აქსონომეტრიული გეგმილთსიბრტყე ამ ღერძებით განსაზღვრული სიბრტყის პარალელურია. დამახინჯების კოეფიციენტები OX და OY ღერძებზე (s და t) თანატოლია და უდრის 1-ს. OZ ღერძის მიმართულება ნებისმიერია და მის მიმართ დამახინჯების კოეფიციენტიც ნებისმიერია. შეგვიძლია ავირჩიოთ დაგეგმილების ისეთი მიმართულება, რომ OZ ღერძზედაც დამახინჯების კოეფიციენტი $u=1$. მაშინ მივიღებთ ირიბკუთხურ იზომეტრიას. დანარჩენ შემთხვევაში, როცა $u\neq 1$, მივიღებთ ირიბკუთხურ დიმეტრიას. ეს უკანასკნელი ნაკლებად გამოიყენება. ასეთ ირიბკუთხურ დაგეგმილებაში, როცა აქსონომეტრიული გეგმილთსიბრტყე მართკუთხა სისტემის თარზული H გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, განიხილება ორი შემთხვევა: 1) როდესაც საგანს დავყურებთ ზემოდან —

ასეთ გეგმილებს მ ხ ე დ რ უ ლ გეგმილებს უწოდებენ, 2) როდესაც საგანს ვუცქერით ქვემოდან — ასეთ გეგმილებს ბ ა ყ ა ყ უ რ გეგმილებს უწოდებენ.

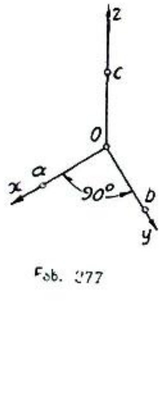


ნახ. 376.

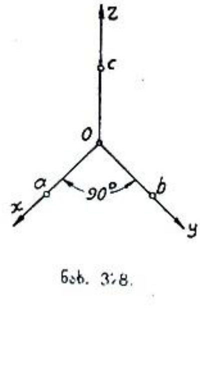
ასეთი ირიბკუთხური აქსონომეტრიული ღერძები გამოხაზულია 377-ე, 378-ე და 379-ე ნახაზებზე, სადაც OX და OY ღერძებს შორის კუთხე უდრის 90°-ს, OZ ღერძი კი ნებისმიერია და დამახინჯების კოეფიციენტები $s=t=u=1$. ამ ნახაზებზე მოცემული მაგალითები გამოხაზულია როგორც მხედრული, ისე ბაყაყური დაგეგმილების შემთხვევებში. რომელთა შერჩევა ხდება საგნის სირთულისა და თვალსაჩინოების მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში OZ ღერძი შვეული მიმართულების არის და XOZ კუთხე ნებისმიერია. ცხადია, YOZ კუთხე ამ შემთხვევაში აღნიშნულ კუთხეზეა დამოკიდებული და რადგან კუთხე $XOY=90°$-ს, ამიტომ დანარჩენ ღერძებს შორის კუთხეები ადვილად განისაზღვრება. ბაყაყური დაგეგმილების დროს უფრო ხშირად 379-ე ნახაზზე ნაჩვენებ ღერძებს ხმარობენ.

380-ე ნახ.-ზე მოცემულია კუბის ფრონტალური გეგმილები, როცა OY ღერძი დახრილია OX ღერძის მიმართ 30, 45 და 60°-ით.

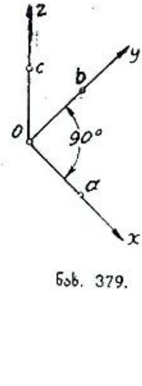
პირველი სამი გეგმილი მოცემულია, როცა OY ღერძი დახრილია 30°-ით და დამახინჯების კოეფიციენტი — $t=\frac{1}{3}$, $t=\frac{1}{2}$ და $t=1$. ე. ი. ორი გეგმილი დიმეტრიის შემთხვევაშია, მესამე კი — იზომეტრიული გეგმილია. მეორე რიგში განხილულია შემთხვევა, როცა OY ღერძი დახრილია 45°-ით. აქაც სამი მაგალითია მოცემული: (მარცხნიდან) $t=\frac{1}{3}$, $t=\frac{1}{2}$ (კაბინეტური გეგ-



ნახ. 377

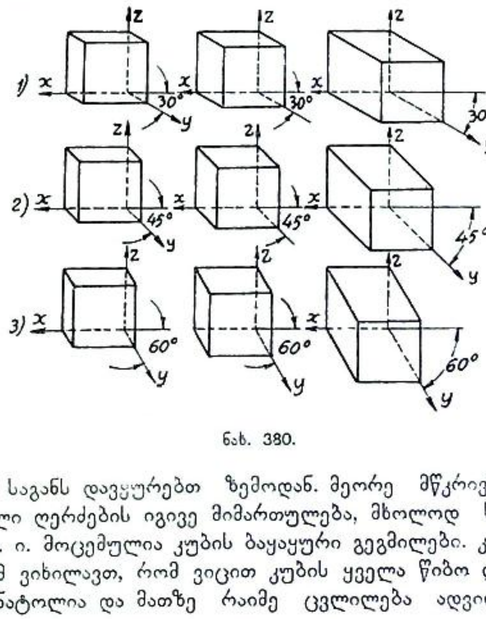


ნახ. 378.



ნახ. 379.

მილი) და $t=1$ (ფრონტალური იზომეტრია). მესამე რიგში მოცემულია სამი მაგალითი, როცა OY დახრილია 60°-ით (მარცხნიდან), $t=\frac{1}{3}$, $t=\frac{1}{2}$ და $t=1$. ჩვენ აქ არაფერი ვთქვით s და u კოეფიციენტების შესახებ, რადგან ფრონტალური დაგეგმილების დროს დანარჩენი ორი კოეფიციენტი თანატოლია და უდრის ერთს. აქ მოცემული კუბის 9 გეგმილიდან ცენტრში არის კუბის კაბინეტური გეგმილი, ე. ი. როცა OY ღერძი დახრილია OX ღერძთან 45°-ით და დამახინჯების კოეფიციენტი $t=\frac{1}{2}$. როგორც ვხედავთ, კაბინეტური გეგმილი უფრო ნათელ წარმოდგენას იძლევა კუბზე, ვიდრე სხვა გეგმილები. მარჯვენა ბოლო შვეულ სვეტში განხილულია იზომეტრიული გეგმილები, რომელთაგან, განსაკუთრებით მესამე, ე. ი. როცა OY ღერძი დახრილია 60°-ით და $s=t=u=1$ (იზომეტრია), კუბის გეგმილი პრიზმას უფრო წააგავს, ვიდრე კუბს. ამის გამო, OY ღერძის მიმართულების წიბოები მოითხოვს შემცირებას, რადგან შეუმცირებლად ამ წიბოების სიგრძე უფრო გრძლად გვეჩვენება, ვიდრე შვეული და ჰორიზონტალური წიბოები. სინამდვილეში კი ყველა წიბო თანატოლია.



ნახ. 380.

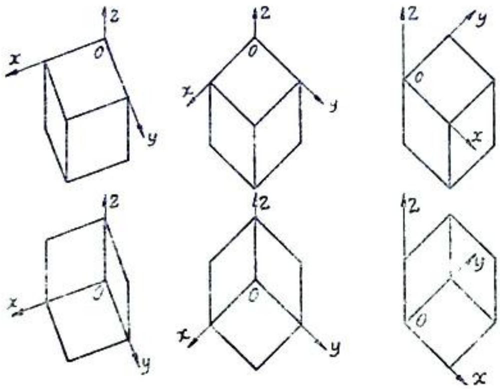
381-ე ნახაზზე განხილულია კუბის 6 მაგალითი, რომელთაგან პირველი სამი (ჰორიზონტალურ მწკრივში) წარმოადგენს მხედრული გეგმილების სამ შემთხვევას, როცა $s=t=u$ (იზომეტრია) საგანს დავყურებთ ზემოდან. მეორე მწკრივში მოცემულია აქსონომეტრიული ღერძების იგივე მიმართულება, მხოლოდ საგანს ვუცქერით ქვემოდან, ე. ი. მოცემულია კუბის ბაყაყური გეგმილები. კუბის გეგმილებს ჩვენ იმიტომ ვიხილავთ, რომ ვიცით კუბის ყველა წიბო და, ცხადია, ყველა წახნაგიც თანატოლია და მათზე რაიმე ცვლილება ადვილი შესამჩნევია.

382-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ჩვენ მიერ ადრე განხილული მანქანის ნაწილის მხედრული გეგმილი, სადაც წრეხაზები თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური იყო და მხედრულ გეგმილზე ისინი ისევ წრეხაზებად დაგეგმილდა. ცხადია, ასეთი გეგმილი გაცილებით უფრო ადვილი გამოსახაზავია, ვიდრე განხილული მართკუთხური აქსონომეტრიის დროს. ამავე დროს თვალსაჩინოებაც დიდად არ განსხვავდება მართკუთხური აქსონომეტრიული გეგმილისაგან. თუ დავუკვირდებით, გარდა წრეხაზებისა, მარტივად არის გამოხაზული პრიზმაც, სადაც მართი კუთხე ისევ მართ კუთხედ არის დაგეგმილებული. ამ

ნახაზს გვერდზე გამოხაზული აქვს კვალთა სამკუთხედი. რომელიც საშუალებას იძლევა ნაგულისხმები გაჭრის შემთხვევაში წახაზვის მიმართულება ვიპოვოთ აქსონომეტრიული ღერძების მიხედვით.

383-ე ნახ.-ზე გამოხაზულია იმავე მანქანის ნაწილის პაყაყური გეგმილი.

ამ ნახაზის გვერდით გამოხაზულია კვალთა სამკუთხედი ნაგულისხმები გაჭრის შემთხვევაში წახაზვის მიმართულების გამოსარკვევად. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ. ორივე მაგალითი აღებულია იზომეტრიის შემთხვევაში, იმიტომ. რომ დიმეტრიის შემთხვევაში OZ ღერძის მიმართულებაზე დამახინჯების კოეფიციენტის გამოყენება გამოიწვევდა წაკვეთილი კონუსისა და ცილინდრის სიმაღლეების შემცირებას და გაართულებდა გამოხაზვას. მით უმეტეს იმ დროს, როცა იზომეტრია არ ამცირებს თვალსაჩინოებას.



ნახ. 381.

384-ე ნახ.-ზე იგივე დეტალი გამოხაზულია ირიბკუთხურ აქსონომეტრიაში, როცა OY ღერძი OX ღერძთან დახრილია 45°-ით და ამ ღერძზე დამახინჯების კოეფიციენტი უდრის 0,5; როგორც აღვნიშნეთ, ასეთ გეგმილებს უწოდებენ ფრონტალური აქსონომეტრიის კაბინეტურ გეგმილებს. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ასეთი დაგეგმილება საკმაოდ თვალსაჩინოა და ასაგებადაც ძალიან მარტივი, რადგან ორთოგონალური გეგმილებიდან შეგვიძლია შევარჩიოთ ერთ-ერთი გეგმილი და უცვლელად გადავიტანოთ კაბინეტურ გეგმილზე. მივცეთ მას გარკვეული სიმაღლე და ასე მარტივად გამოვხაზოთ იგი. ნაგულისხმები ჭრის შემთხვევაში წახაზვის მიმართულება XOZ. YOZ და XOY სიბრტყეებში გამორკვეულია კვალთა სამკუთხედის საშუალებით, სადაც OY ღერძის მიმართულებით გადაიზომება ნახევარი იმ მონაკვეთისა. რომელსაც OX და OZ ღერძზე გადავზომავთ.

ჩვენ მიერ განხილული აქსონომეტრიის საფუძველზე გამოხაზულ დეტალებს რომ მეტი თვალსაჩინოება მივცეთ, საჭიროა ნახაზზე შრაფირებით სხვადასხვა ზედაპირი ერთიმეორისაგან განვასხვაოთ.

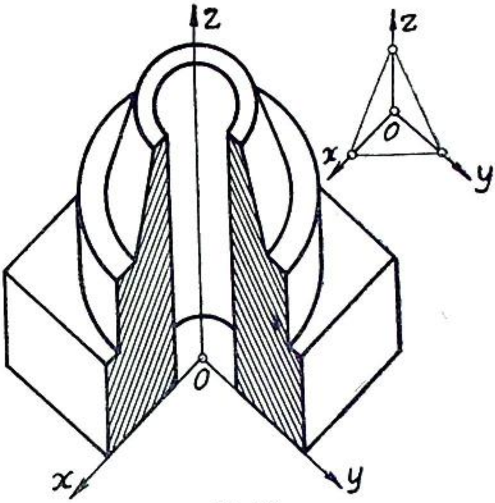
385-ე ნახ.-ზე მოცემულია ზოგიერთი გეომეტრიული სხეულის აქსონომეტრიული გეგმილების შრაფირება, რომლის საფუძველზე შეიძლება მანქანის ნაწილების აქსონომეტრიული გეგმილების შრაფირება.

386-ე ნახ.-ზე მოცემულია ზოგიერთი მანქანის ნაწილების შრაფირების მაგალითები, სადაც ზემოდან პირველი გამოსახულება წარმოადგენს ერთი ღრუ ცილინდრის შრაფირების თანამიმდევრობას. როცა ცილინდრის შიდა ფუძე მომრგვალებულია. ასეთი დეტალის აქსონომეტრიული გამოსახულების

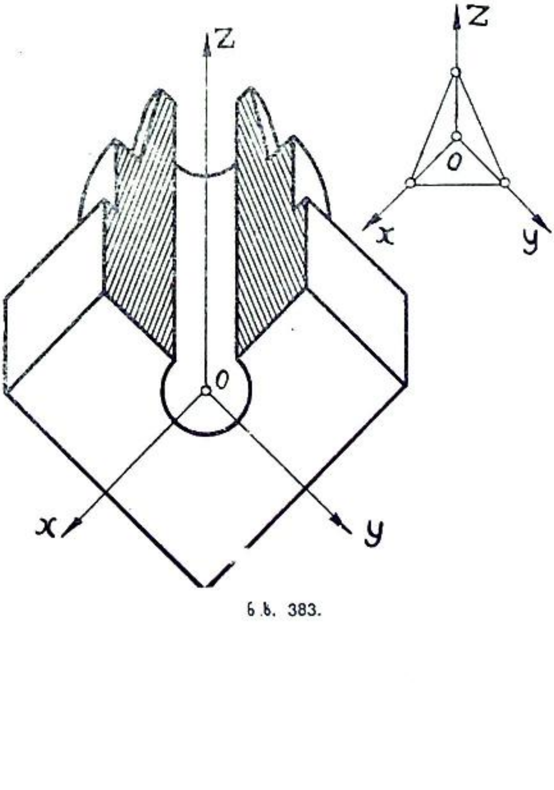
საბოლოო სახეს ამ ნახაზზე შუა გამოსახულება წარმოადგენს. ამავე ნახაზზე ზემოდან მესამე გამოსახულება წარმოადგენს მარტივი დეტალის აქსონომეტრიული გეგმილის შრაფირების მაგალითს.

387-ე ნახ.-ზე მოცემულია მანქანის ნაწილის აქსონომეტრიული გამოსახულება, სადაც ჭრის შემდეგ შრაფირებით ნახაზი ადვილი წასაკითხავია. იქვე, 388-ე ნახაზზე, მოცემულია უფრო რთული ფორმის დეტალის აქსონომეტრიული გამოსახულება ჭრით და შრაფირებით.

ზემოაღნიშნული მაგალითების ანალოგიურად შეიძლება დეტალების აქსონომეტრიული გამოსახულების შრაფირება.

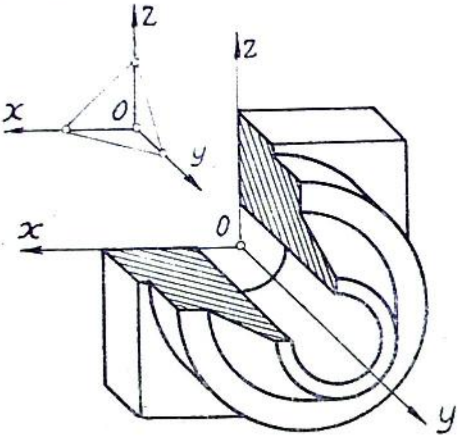


ნახ. 382.



ნ.ხ. 383.

389-ე ნახ.-ზე მოცემულია 6 მაგალითი, სადაც არართული დეტალები გამოხაზულია იზომეტრიაში. ეს თვალსაჩინო გამოსახულება გამოვიყენოთ როგორც ნატურა და გამოვხაზოთ ისინი ორთოგონალურ გეგმილებში. მოცემულ აქსონომეტრიულ გამოსახულებებზე დასმულია დეტალის ზომები, რომელიც უნდა გამოვიყენოთ ნახაზის შედგენის დროს. 390-ე ნახ.-ზე მოცემულია 5 მაგალითი, რომლებიც წინა მაგალითის ანალოგიურად აქსონომეტრიაშია გამოხაზული, რომლებზედაც დეტალის ზომებია დასმული. ასეთივე თვალსაჩინო გამოსახულებით 391-ე ნახაზზე მოცემულია 6 მაგალითი. ეს 17 მაგალითი შეიძლება გამოვიყენოთ ნატურიდან ხაზვის ნაცვლად. ნატურიდან ხაზვის დროს დეტალს უშუალოდ ვხედავთ, ვეხებით ხელით და ავირჩევთ ხედებს ორთოგონალურად დაგეგმილებისათვის. ამ შემთხვევაში კი აქსონომეტრიულ გამოსახულებაზე



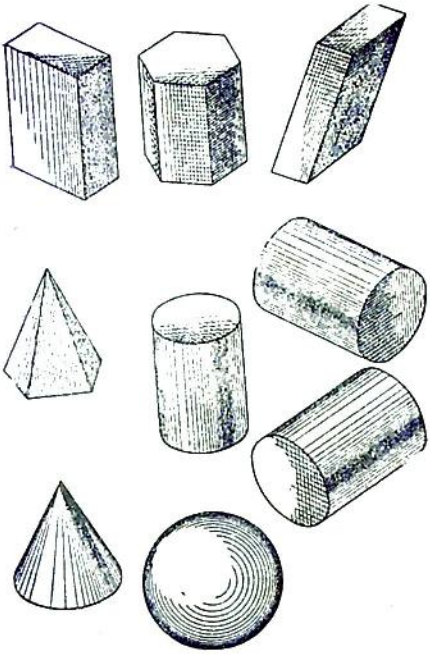
ნახ. 384.

დაკვირვებით წინხედად — მთავარ ხედად ავირჩევთ იმ ზედაპირს, რომელიც უფრო მეტ ფორმებს შეიცავს. დანარჩენი გეგმილები წინხედის მიხედვით განლაგდება. სიმეტრიული დეტალის წინხედი და გვერდხედი უნდა გავჭრათ $^1/_4$-ზე.

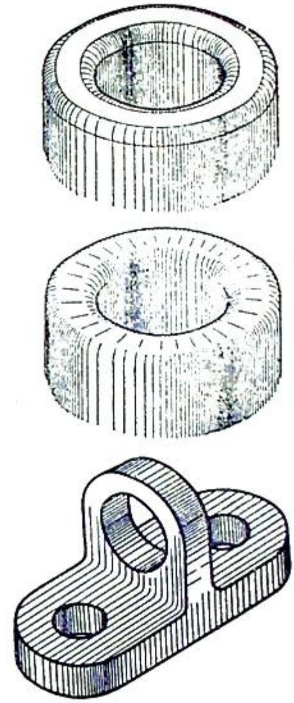
392, 393, 394, 395-ე ნახაზებზე მოცემულია გეომეტრიული სხეულების დახრილი სიბრტყით ჭრის 36 მაგალითი. საჭიროა ჯერ დასრულდეს მეორე გეგმილი და შემდეგ მოინახოს მესამე გეგმილი. ამის შემდეგ უნდა ვიპოვოთ დახრილი სიბრტყით განკვეთის ნაკვეთის ნამდვილი სახე. ნახაზები უნდა ავაგოთ მოცემული ზომების მიხედვით.

396, 397-ე ნახაზებზე მოცემულია 18 გეომეტრიული სხეულების ორი გეგმილით მესამე გეგმილის პოვნის მაგალითი, როდესაც ორი მოცემულიდან ერთ-ერთი დაუმთავრებელია. საჭიროა ჯერ დავამთავროთ მეორე გეგმილი და შემდეგ ვიპოვოთ გვერდხედი $^1/_4$-ზე გაჭრილი.

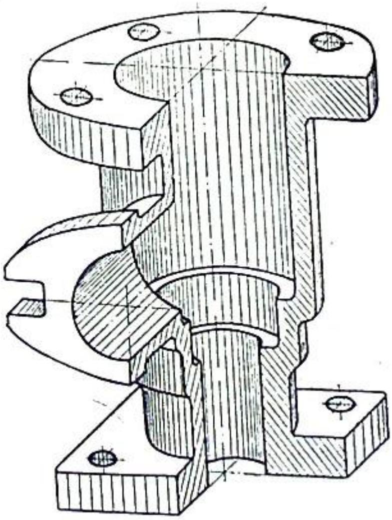
398, 399, 400, 401, 402, 403-ე ნახაზებზე მოცემულია დეტალის ორი მოცემული გეგმილით მესამე გეგმილის პოვნის 48 მაგალითი. საჭიროა მოცემული ზომებით გამოიხაზოს ჯერ მოცემული ორი გეგმილი და შემდეგ კი მოიძებნოს მესამე გეგმილი. წინხედზე და გვერდხედზე ვაწარმოოთ დეტალის ნაგულისხმევად გაჭრა. მიღებულ ნახაზზე დავაწეროთ ზომები ისე, როგორც მოცემულ მაგალითებზეა აღნიშნული. სასურველია ნახაზი შესრულდეს ნატურალური ზომებით და მასწავლებლის მითითებით გამოიხაზოს აქსონომეტრიაში (იზომეტრიაში ან დიმეტრიაში) შრაფირებით.



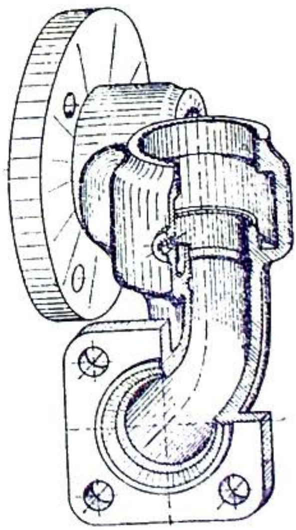
ნახ. 385.



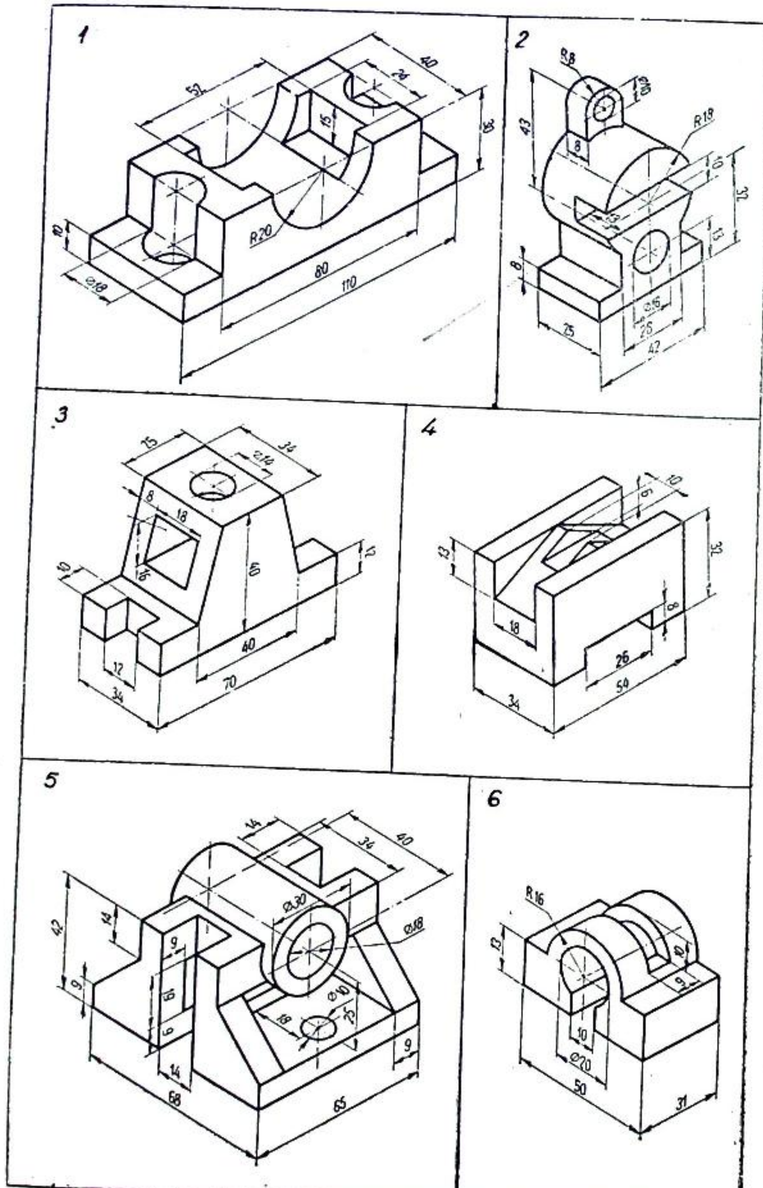
ნახ. 386.

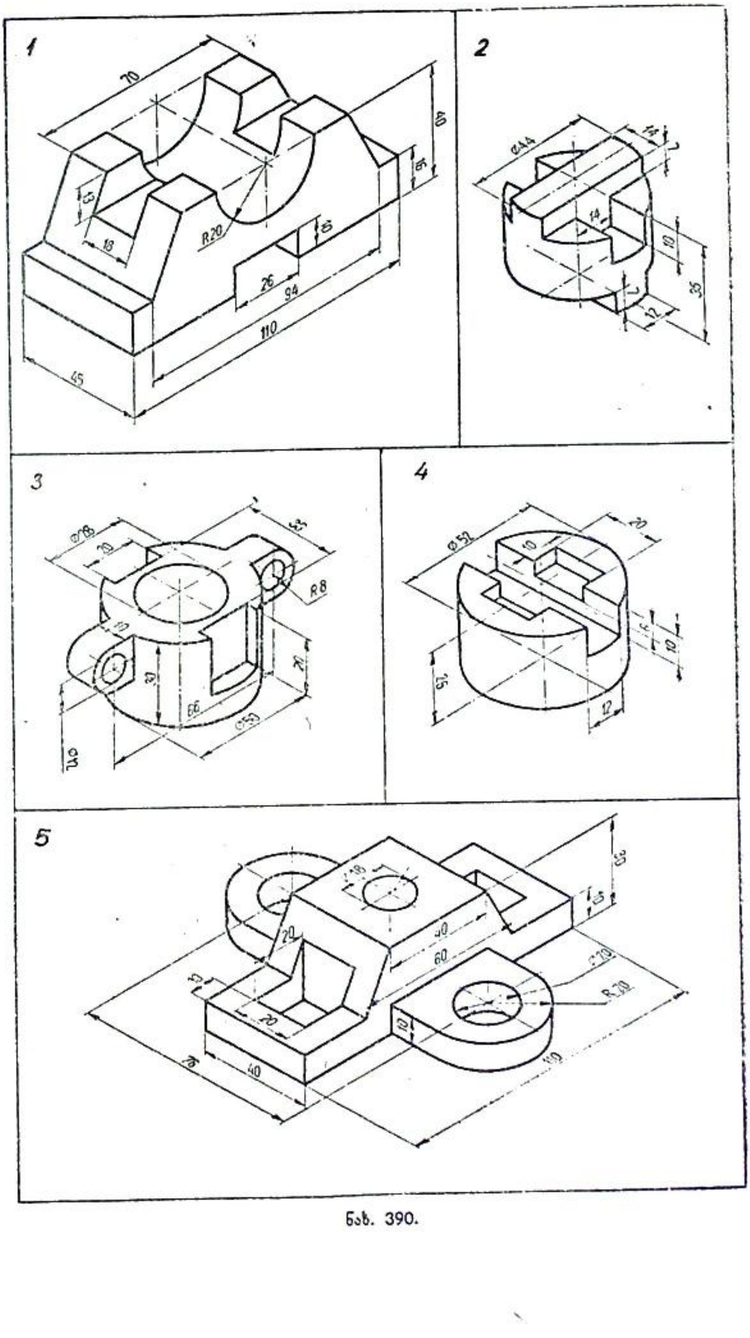


ნახ. 387.

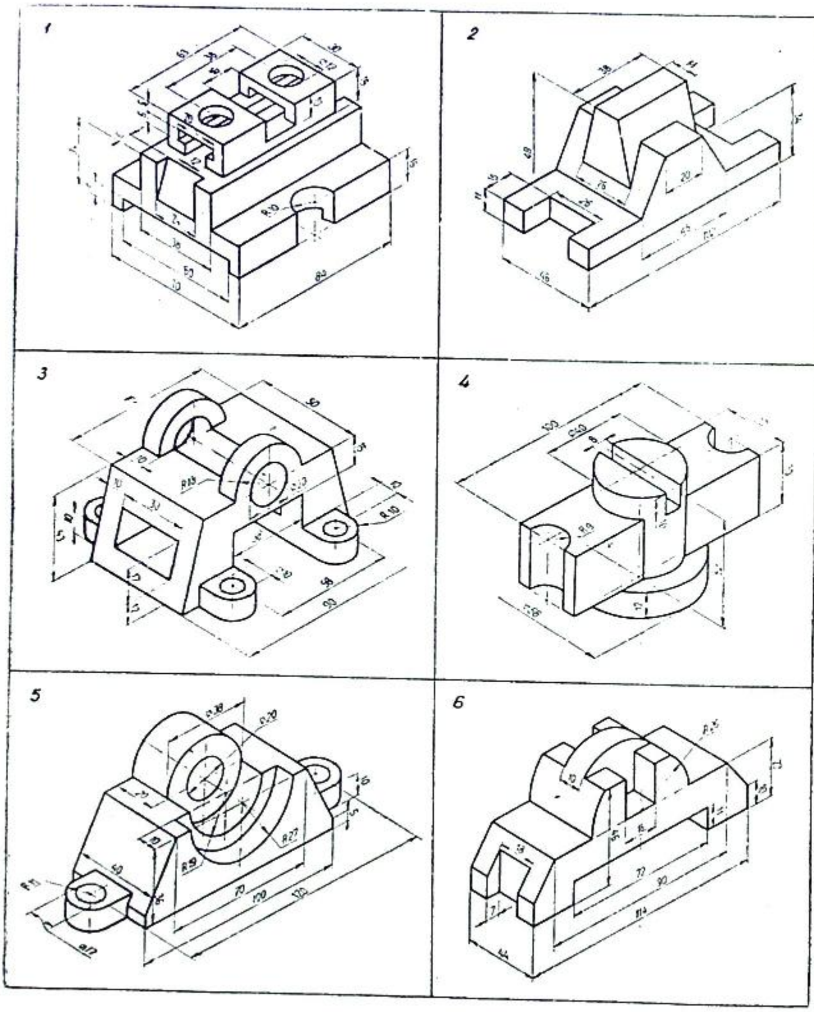


ნახ. 388.

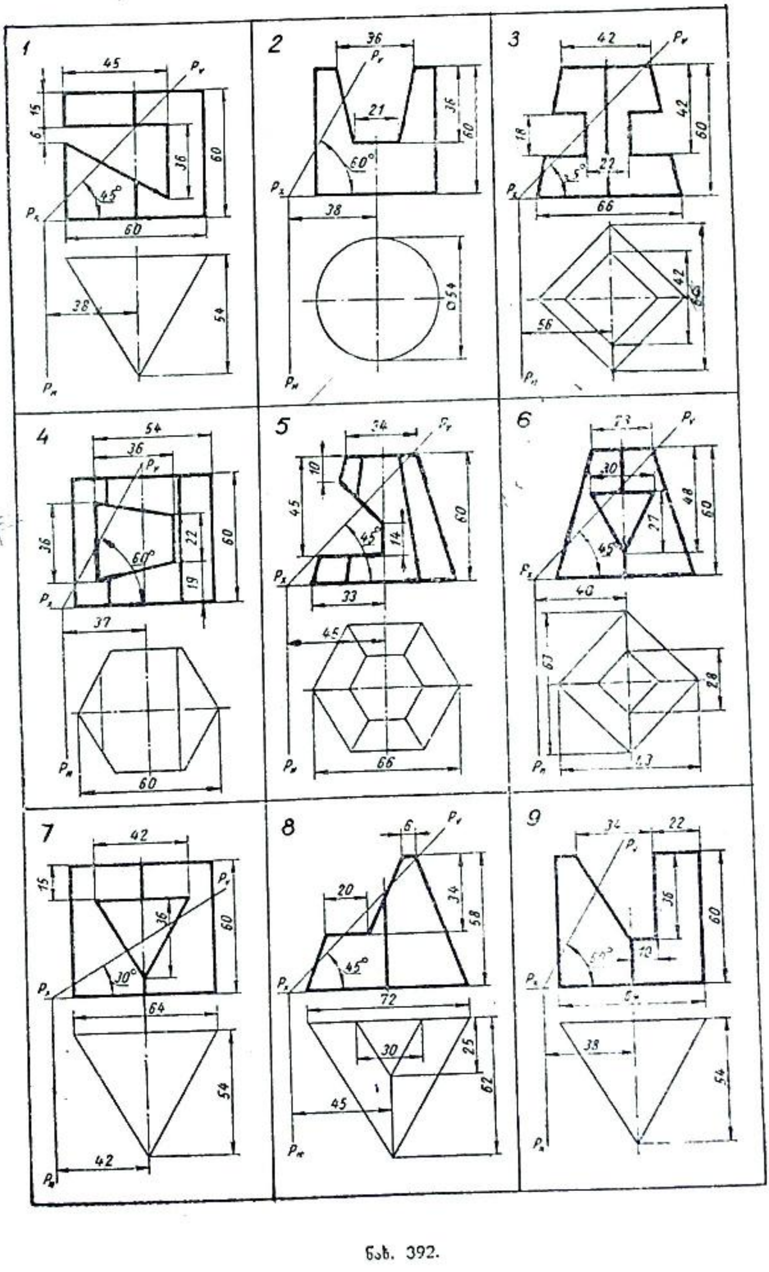

1
52
40
26
15
30
10
Ø18
R20
80
110
2
R8
Ø10
43
8
R18
10
32
13
8
Ø16
25
28
42
3
15
34
Ø14
8
18
10
16
40
12
40
70
34
4
10
6
13
32
8
18
26
34
54
5
14
34
40
42
14
Ø30
Ø18
9
9
19
6
Ø10
18
25
9
14
68
65
6
R16
13
10
9
10
Ø20
50
31
ნახ. 389.


1
70
40
16
13
18
R20
10
26
94
110
45
2
⌀44
14
7
14
10
35
12
3
⌀88
20
55
R8
10
30
20
66
⌀53
40
4
⌀52
10
20
5
10
25
12
5
⌀18
40
60
20
15
20
40
10
⌀20
R20
30
10

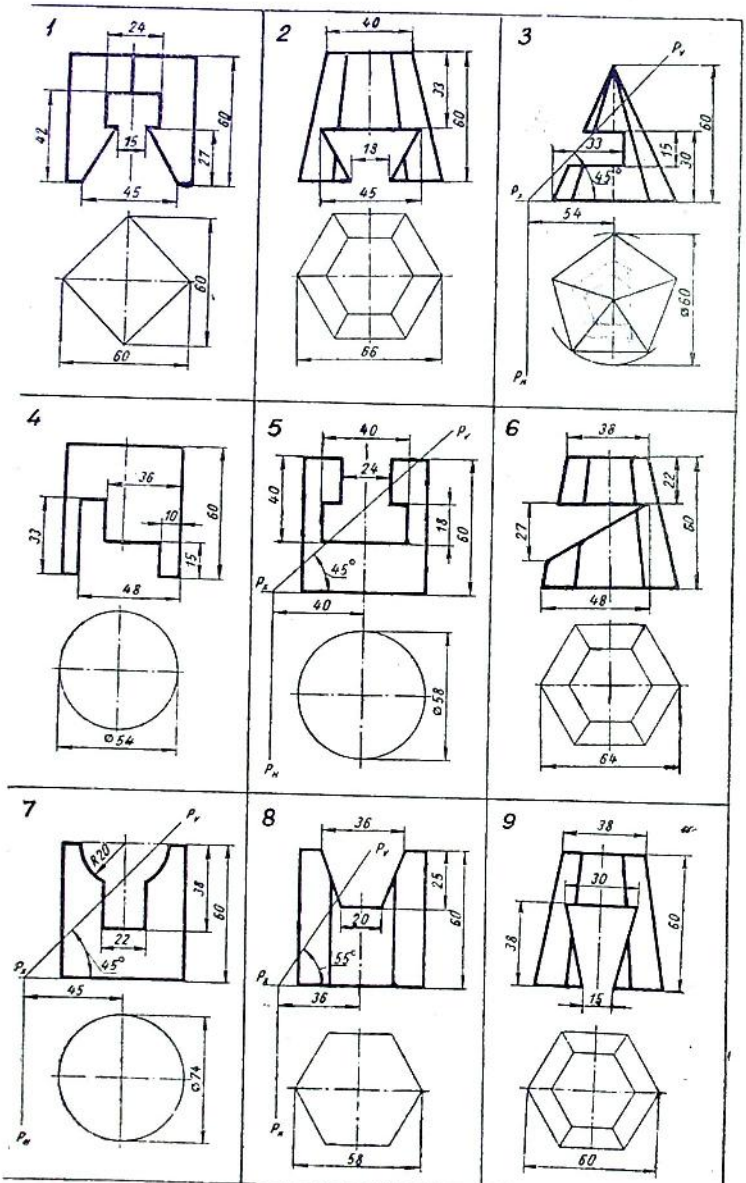
ნახ. 390.



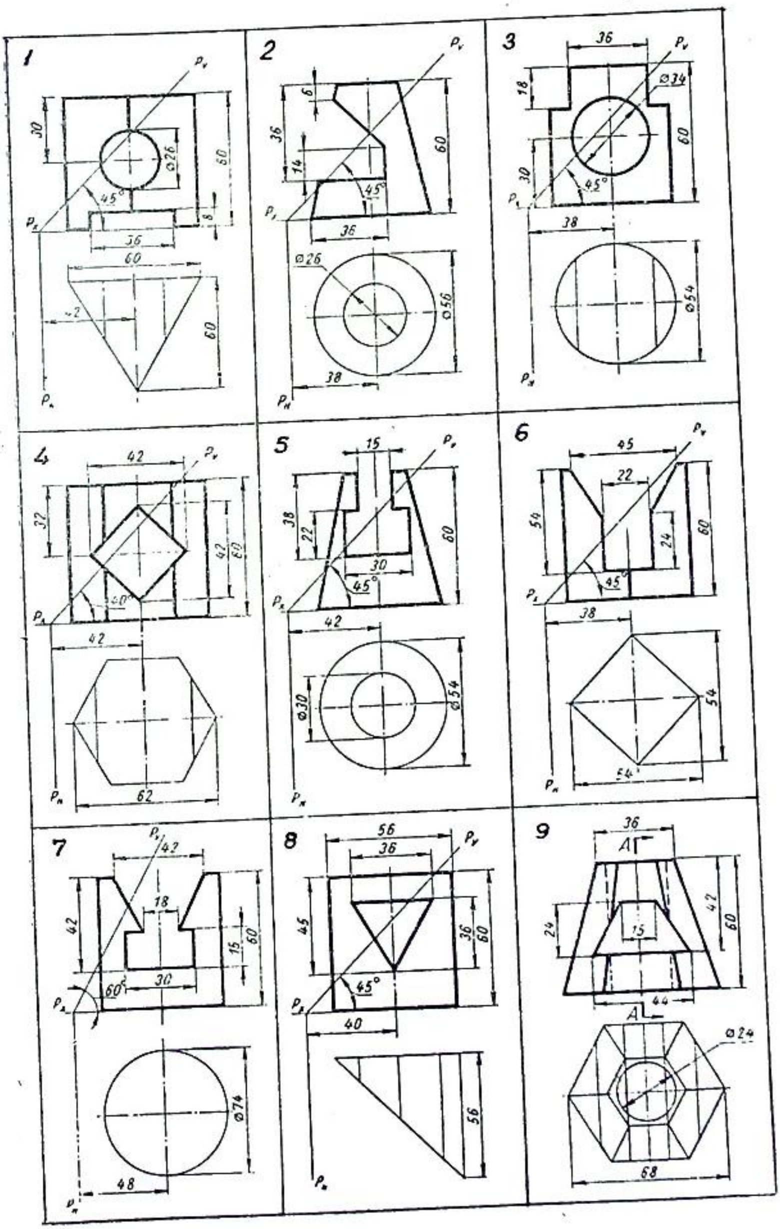
Сл. 391.


1
45
15
6
36
60
45°
60
38
54
2
36
21
36
60
60°
38
Ø54
3
42
18
42
60
22
66
56
4
54
36
36
60°
22
60
19
37
60
5
34
10
45
45°
14
60
33
45
66
6
30
48
60
27
45°
40
63
28
7
42
15
36
60
30°
64
54
42
8
6
20
34
58
45°
72
30
25
62
45
9
34
22
36
60
10
38
54

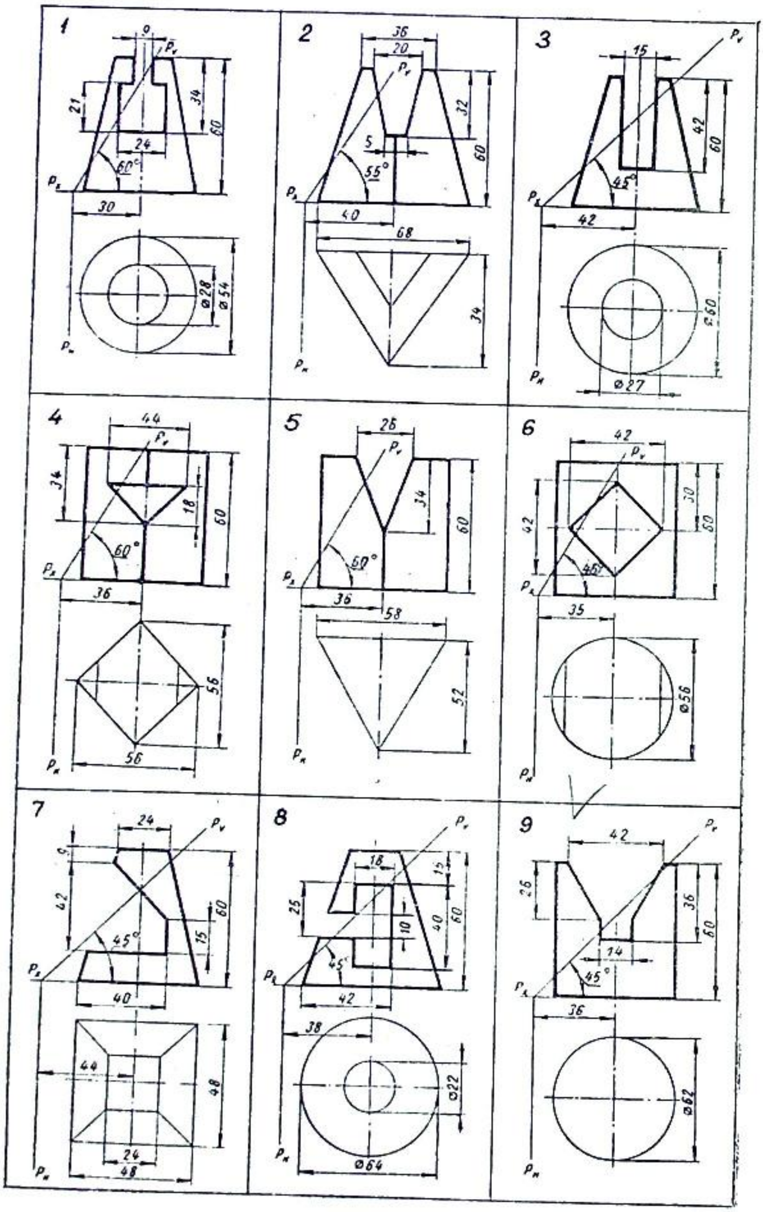
ნახ. 392.


1
24
42
15
60
27
45
60
60
2
40
33
60
18
45
66
3
P_V
33
15
30
60
45°
P_x
54
Ø60
P_H
4
36
10
33
60
15
48
Ø54
5
40
P_V
24
40
18
60
45°
P_x
40
Ø58
P_H
6
38
22
27
60
48
64
7
P_V
R20
38
60
22
45°
P_x
45
Ø74
P_H
8
36
P_V
25
20
60
55°
P_x
36
P_H
58
9
38
30
38
60
15
60

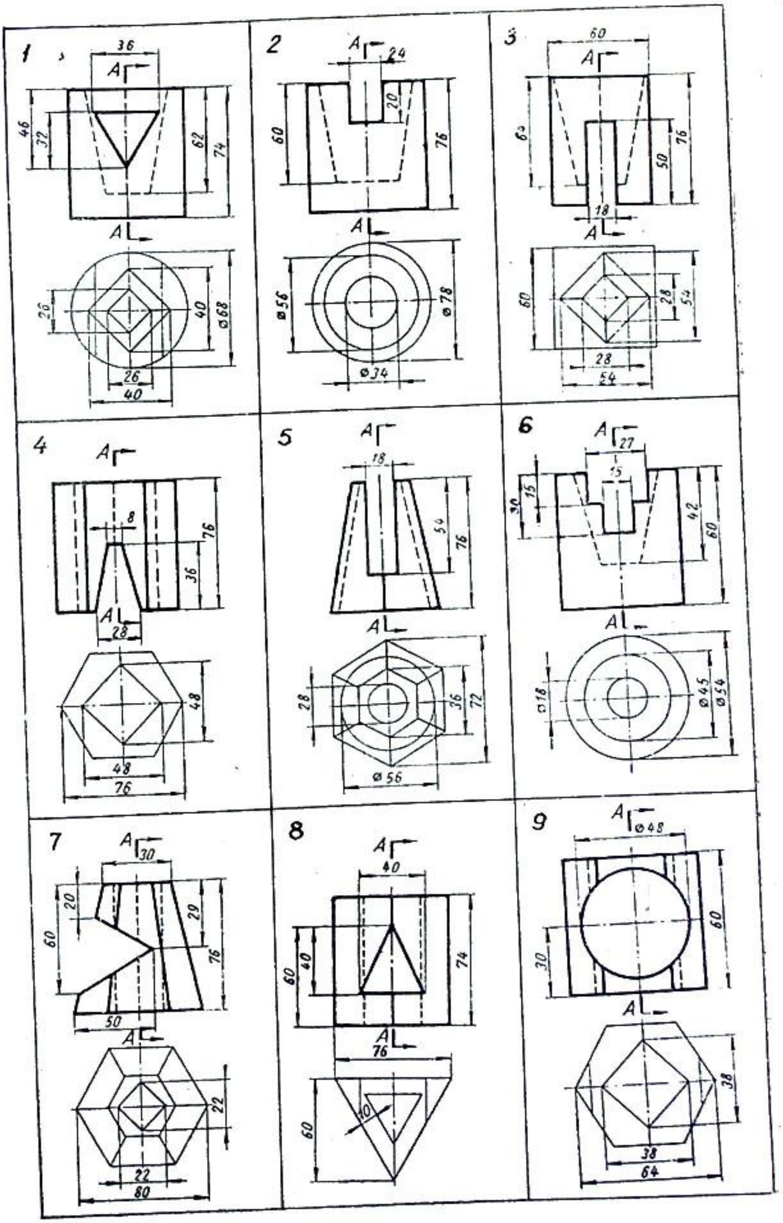
ნახ. 393.


1
30
60
Ø26
45°
8
36
60
42
60
2
6
36
14
60
45°
36
Ø26
Ø56
38
3
36
18
Ø34
60
30
45°
38
Ø54
4
42
32
42
60
40°
42
62
5
15
38
22
60
30
45°
42
Ø30
Ø54
6
45
22
54
24
60
45°
38
54
54
7
42
18
42
15
60
60°
30
Ø74
48
8
56
36
45
36
60
45°
40
56
9
36
A
24
15
42
60
44
A
Ø24
68

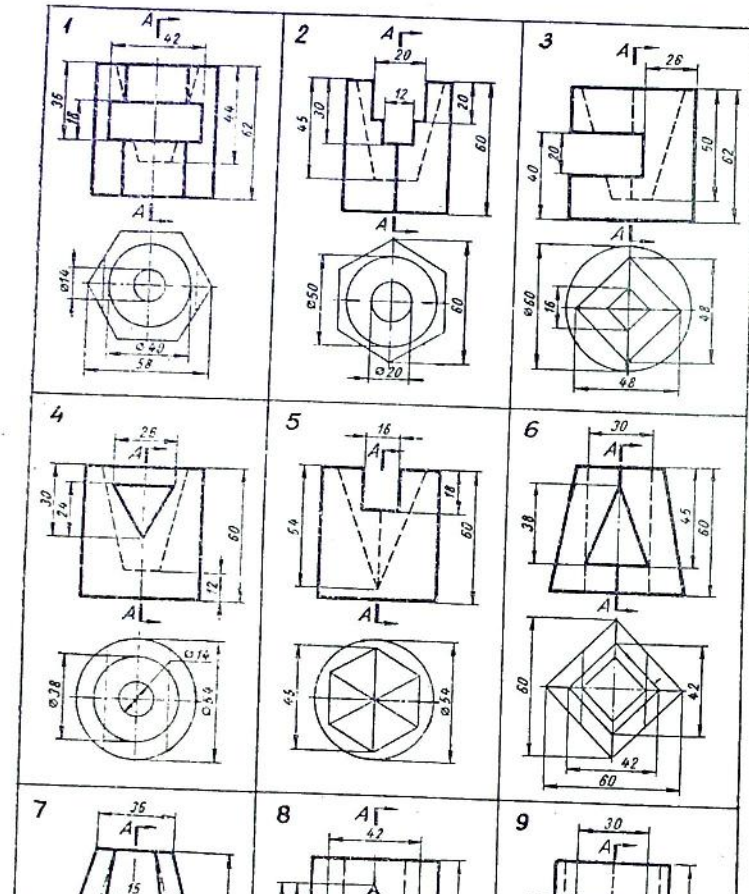
ნახ. 394.


1
9
P_V
21
34
60
24
60°
P_x
30
Ø28
Ø54
P_H
2
36
20
P_V
32
5
55°
60
P_x
40
68
34
P_H
3
15
P_V
42
60
45°
P_x
42
Ø60
Ø27
P_H
4
44
P_V
34
18
60
60°
P_x
36
56
56
P_H
5
26
P_V
34
60
60°
P_x
36
58
52
P_H
6
42
P_V
30
50
42
45°
P_x
35
Ø56
P_H
7
24
P_V
9
42
60
15
45°
P_x
40
44
48
24
48
P_H
8
P_V
18
15
25
10
40
60
45°
P_x
42
38
Ø22
Ø64
P_H
9
42
P_V
26
36
60
14
45°
P_x
36
Ø62
P_H

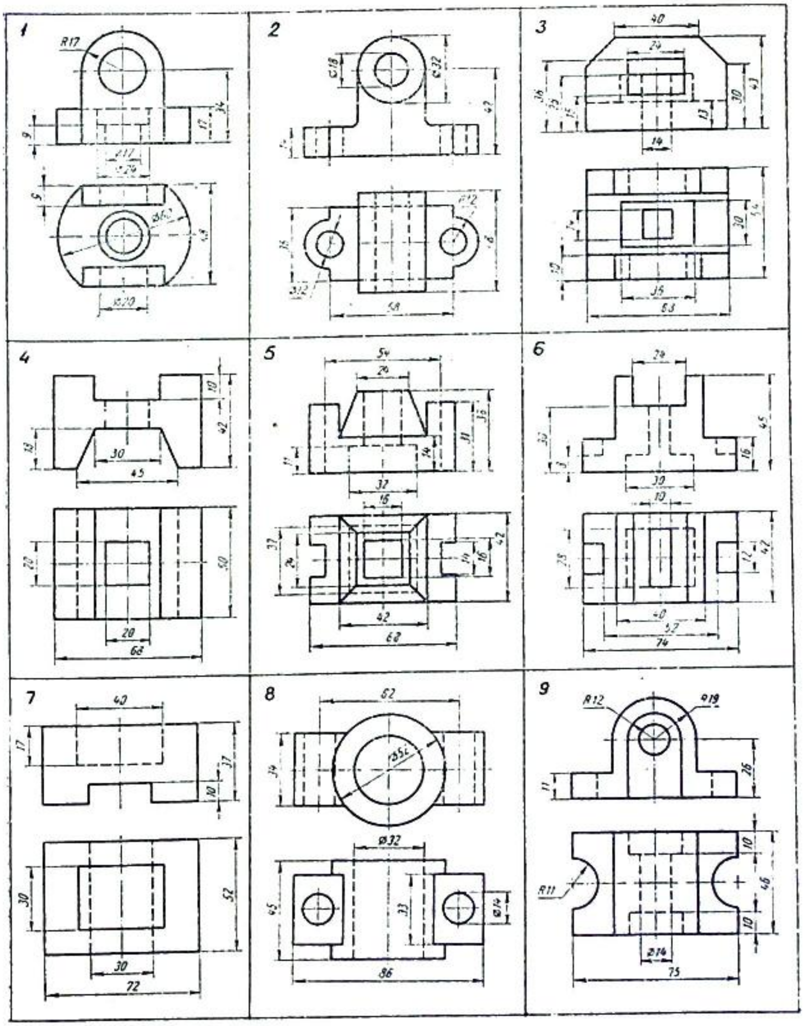
ნახ. 395.



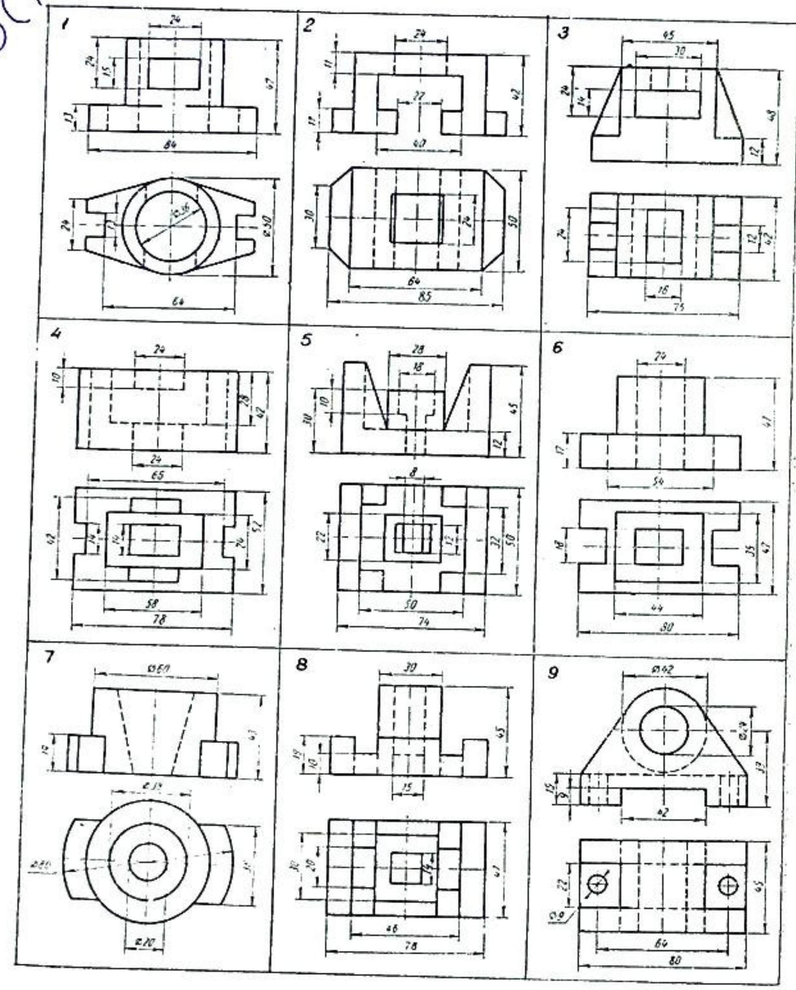
ნახ. 396.



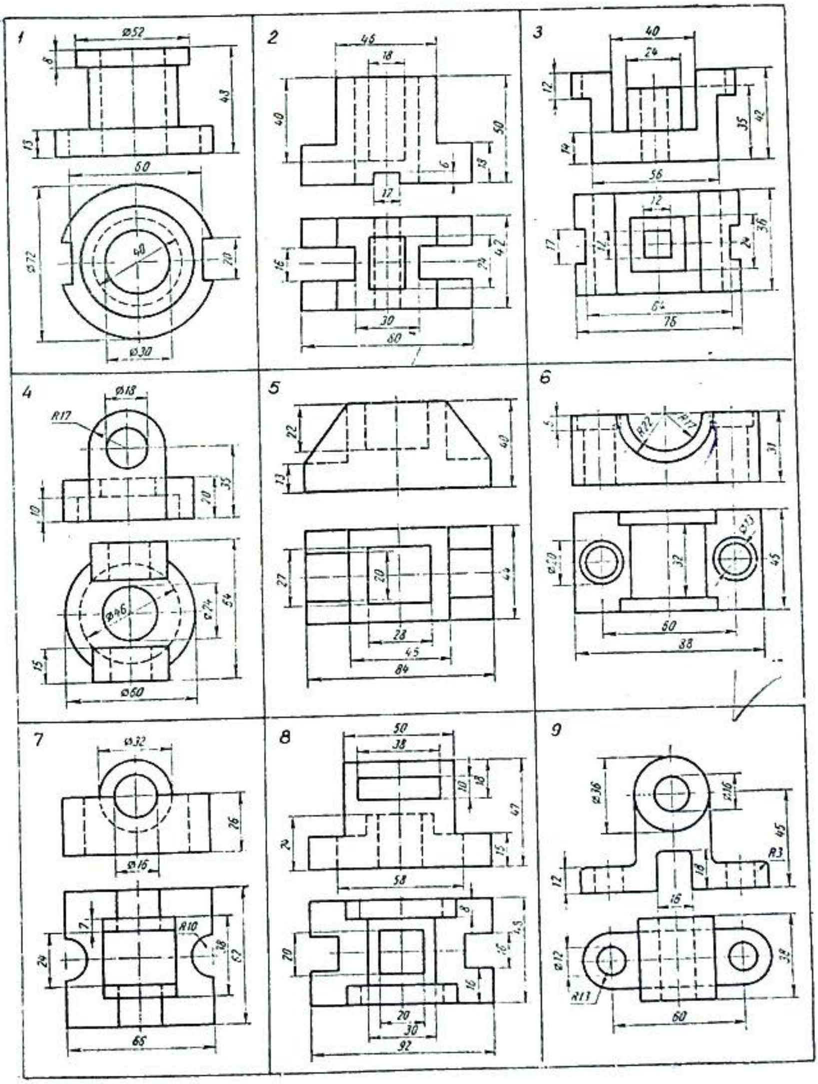
ნახ. 397.


1
R17
2
3
40
4
30
45
68
5
54
42
68
6
74
7
40
30
72
8
62
Ø32
86
9
R12
R19
R11
75

ნახ. 398.

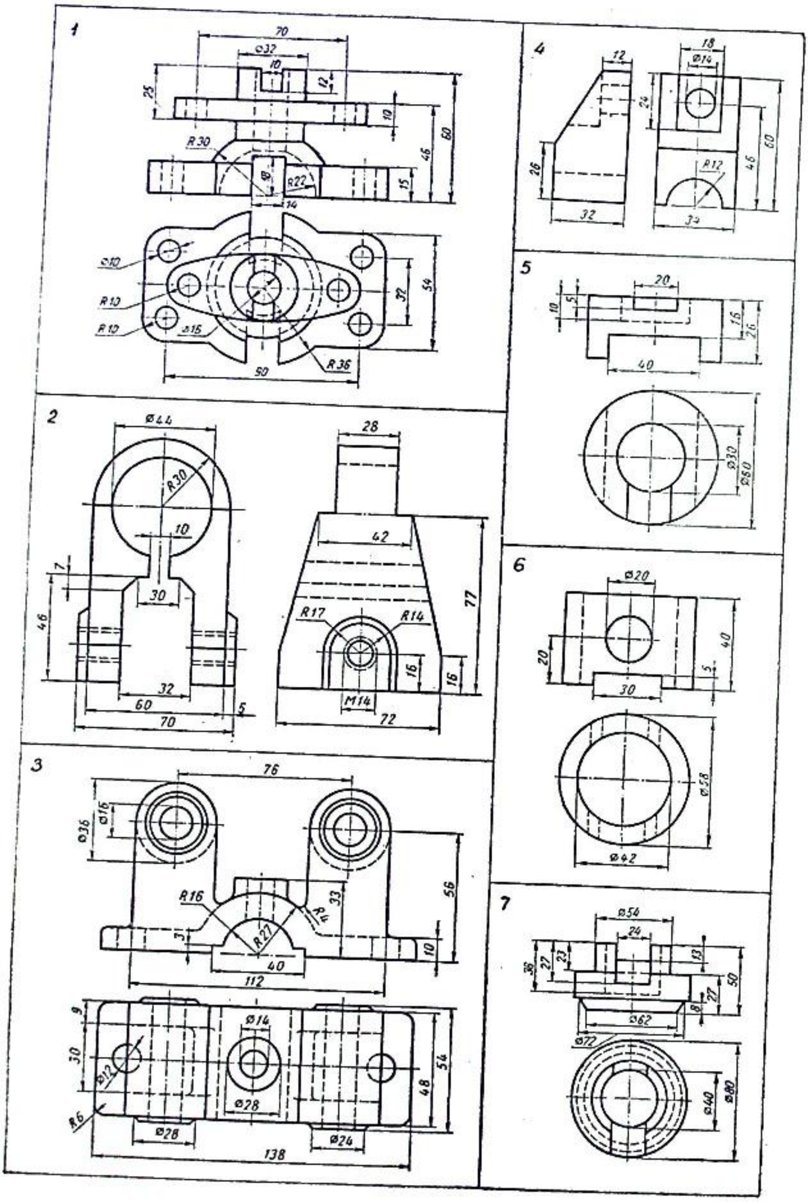


ნახ. 399.

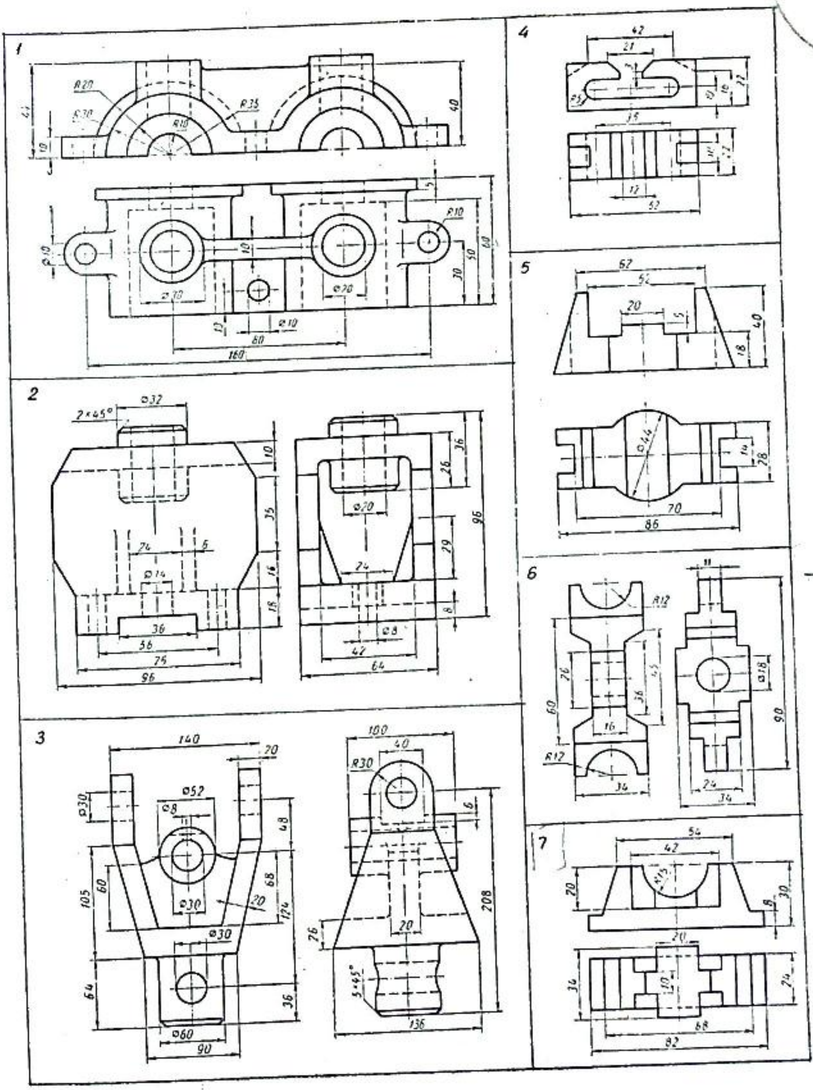


1
Ø52
8
43
13
60
Ø72
40
20
Ø30
2
46
18
40
50
6
13
37
16
42
24
30
60
3
40
24
12
14
35
42
56
12
17
36
24
64
76
4
Ø18
R17
10
20
35
Ø46
Ø74
54
15
Ø60
5
22
13
40
27
20
44
28
45
84
6
5
R22
R17
31
Ø20
32
45
50
88
7
Ø32
26
Ø16
7
R10
24
38
62
65
8
50
38
10
18
47
24
15
58
8
20
16
16
20
30
92
9
Ø36
Ø16
45
R3
12
18
16
Ø12
R11
38
60

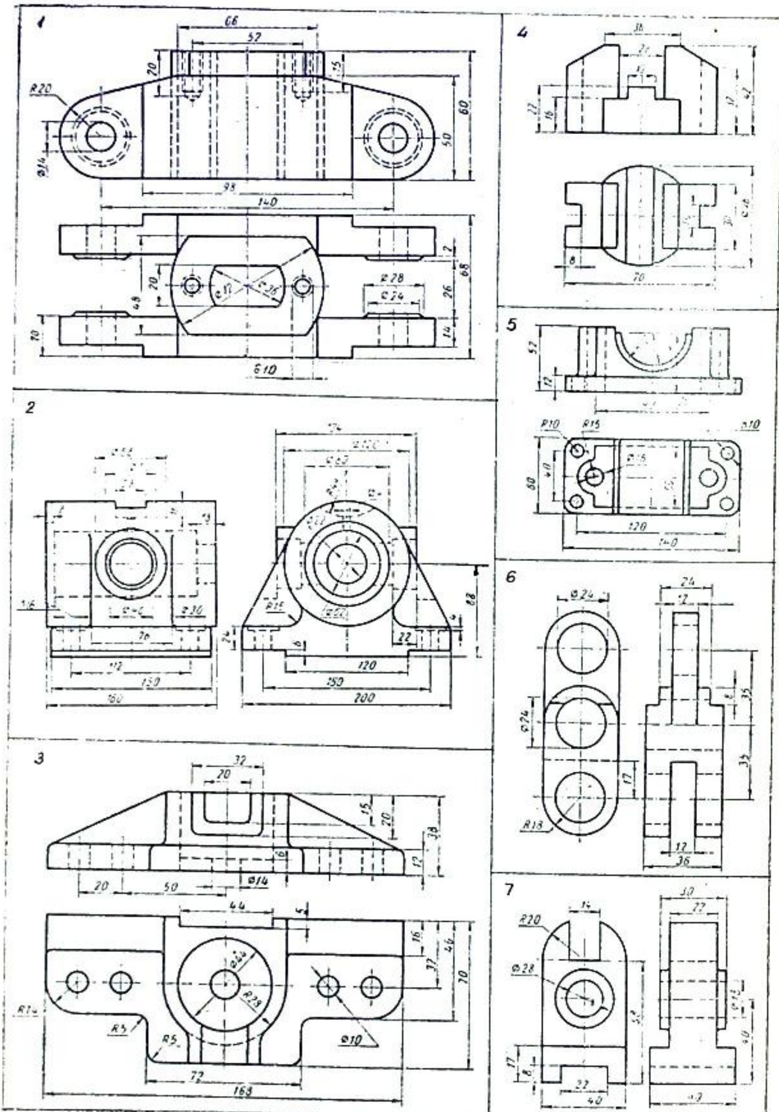
ნახ. 400.



ნახ. 401.



ნახ. 402.



Бэб. 403.

III ნაწილი

მეექვსე თავი

სამანქანათმშენებლო ხაზვა

სამანქანათმშენებლო ხაზვა ტექნიკური ხაზვის ნაწილია, რომლის მიხედვით შეისწავლება: მანქანების და მისი ნაწილების, კვანძებისა და აპარატების, სხვადასხვა კონსტრუქციებისა და მანქანის ნაწილების ურთიერთდამაკავშირებელი ელემენტების სტანდარტებით დადგენილი პირობითი ნიშნების საფუძველზე გამოხაზვა.

გამომუშავებულია ნახაზების შედგენის ისეთი საერთო წესები, რომლებიც გასაგებია არა ერთი, არამედ ყველა ქვეყნისათვის, ამიტომ ამ წესით შედგენილი ნახაზი გასაგებია ყველა ტექნიკური მუშაკისათვის. ამ საწარმოო ნორმების დასადგენად დიდი მუშაობა წარმოებს სახელმწიფო საერთო-საკავშირო სტანდარტიზაციის კომიტეტის (გოსტ) მიერ.

ნახაზი საწარმოო დაწესებულების საერთო სტრუქტურის აუცილებელი ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. ნახაზებზე იარაღების საშუალებით ზუსტად და ნათლად გამოისახება რომელიმე საგნის ან მანქანის კონსტრუქციული ფორმები, ზომები, გამოსახული საგნის სხვადასხვა ნაწილს შორის დამოკიდებულება და სხვ. გარდა ამისა, ნახაზს თან უნდა ახლდეს აუცილებელი მითითებანი მასალის გვარობაზე, დამუშავების სიზუსტეზე, სპეციფიკაციაზე და სხვ. საწარმოო დაწესებულებებში შედგენილი ნახაზები უნდა ინახებოდეს თვით საწარმოში განსაკუთრებული წესით და ნომრებით ისე, რომ საჭიროების მიხედვით ადვილად შეიძლებოდეს მათი მოძებნა.

იმ წარმოებაში, სადაც მანქანები და ხელსაწყოები მზადდება, სავალდებულოა იხელმძღვანელონ გოსტ 5290—50÷5302—50-ით „ხაზვის მეურნეობის სისტემა". ქვემოთ მოგვყავს ამ სტანდარტებიდან ამონაწერი, მანქანათმშენებლობის მრეწველობისათვის ხაზვის მეურნეობის სისტემის ძირითადი მახასიათებლები, რომლებიც გვაძლევენ ყველა სახისა და დანიშნულების ნახაზისათვის ერთიან ტერმინოლოგიას და კლასიფიკაციას:

1. ძირითადი წარმოების ნაკეთები, მათი სახე და შემადგენელი ნაწილები (გოსტ 5290—50-ის მიხედვით). ძირითადი წარმოების ნაკეთი ეწოდება მრეწველობის ან რომელიმე საუწყებო დაწესებულების პროდუქციის ნომენკლატურაში ჩართულ წარმოების ობიექტს.

ნაკეთის შემადგენელი ნაწილებია: დეტალი (ნაკეთის ელემენტალური ნაწილი); კვანძი (ასაწყობი ერთეული); ჯგუფი (კვანძებისა და დეტალების ერთობლიობა, გაერთიანებული საერთო ფუნქციის შესასრულებლად); ქვეჯგუფი (ჯგუფის ნაწილი) და სხვ.

2. ძირითადი წარმოების ნაკეთობის ტექნიკური საბუთები (გოსტ 2.[illegible]—[illegible]-ის მიხედვით). მათი აღნიშვნები.

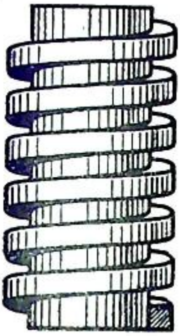
3. ნახაზების სახეები (გოსტ 2.201—[illegible]-ის მიხედვით) [illegible] შესრულებული [illegible] ნახაზები [illegible] ტექნიკური [illegible] შესრულებული ნახაზები [illegible] სადეტალო [illegible] ნახაზები [illegible] ძირითადი საბუთებს [illegible] ნახაზები [illegible] შესრულებული [illegible] ნახაზები, რომელთა [illegible] ფოტოგრაფიით [illegible]

[illegible] წარმოების [illegible] წარმოების ნაკეთობის [illegible] ნახაზები — [illegible] და [illegible] ძირითადი [illegible] ნაკეთობის [illegible] ნახაზები — რომლებიც [illegible] ნაკეთობის [illegible] ტექნოლოგიური [illegible]

მანქანათა ნაწილების გამოხაზვა

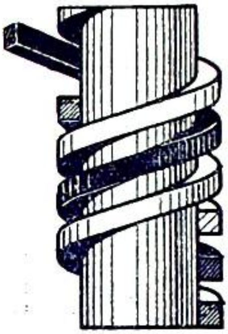
სამაგრი დეტალები

ხრახნკუთხვილები. [illegible] ნახაზში [illegible] შეერთებაში [illegible] შემთხვევაში (ნახ. 404 [illegible]) [illegible] დამოკიდებულია [illegible] განივკვეთზე [illegible] სახეობის [illegible] რომელიც [illegible] თავისებურებების [illegible]



ნახ. 404.

ნახ. 405.



ნახ. 406.

404-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მართკუთხა-კვადრატული პროფილის ხრახნკუთხვილი, რომელიც ერთი პრიზმით არის შექმნილი; ასეთ ხრახნკუთხვილს ერთსვლიანს ან ერთძაფიან ხრახნს უწოდებენ.

405-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მართკუთხა-კვადრატული პროფილის ხრახნკუთხვილი, რომელიც ორი პრიზმით არის შექმნილი; ასეთ ხრახნკუთხვილს ორსვლიანს ან ორძაფიან ხრახნს უწოდებენ.

406-ე ნახ.-ზე გამოსახულია კვადრატული პროფილის სამძაფიანი ხრახნი.

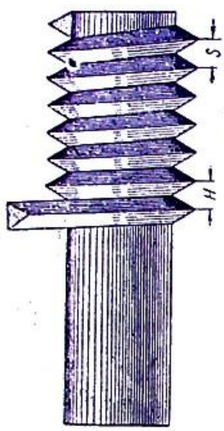
407-ე ნახ.-ზე მოცემულია სამკუთხა პროფილის ერთძაფიანი ხრახნი, სადაც ნათლად ჩანს, რომ ეს ხრახნკუთხვილი მიღებულია სამკუთხა (სამწახნაგა) ერთი პრიზმით.

408-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სამკუთხა პროფილის ორძაფიანი ხრახნი. ნახაზზე ნათლად ჩანს, რომ ეს ხრახნკუთხვილი მიღებულია ორი ერთი და იგივე კვეთის სამწახნაგა პრიზმით.

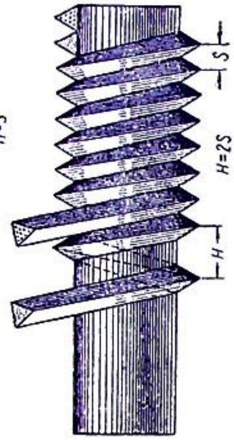
409-ე ნახ.-ე გამოსახულია სამკუთხა პროფილის სამძაფიანი ხრახნი. ე. ი. სამი პრიზმით მიღებული ხრახნკუთხვილი.

ამ ნახაზებს თუ დავუკვირდებით, ადვილად დავრწმუნდებით, რომ ერთძაფიანი ხრახნკუთხვილის ნაბიჯი (S) უდრის ამ ხრახნკუთხვილის სვლას (H). სადაც ხრახნკუთხვილის ნაბიჯი არის ორ უახლოეს კუთხვილს შორის მანძილი. სვლა (H) კი ერთსა და იმავე პრიზმებს შორის მანძილია. თუ ხრახნკუთხვილზე ვიგულისხმებთ მოძრავ წერტილს, რომელიც წინსვლით მოძრაობას აწარმოებს, როდესაც ასეთი წერტილი ერთხელ შემოუვლის ხრახნის ღერძს, მაშინ ის სიმაღლეზე ღერძის მიმართულებით გადაადგილდება H მანძილით. როდესაც ერთძაფიანი ხრახნი გვაქვს, $H = S$. როდესაც ორძაფიანი ხრახნის კუთხვილზე განვიხილავთ მოძრავ წერტილს, მაშინ ის ღერძის გარშემო ერთი შემოვლის დროს სიმაღლეზე გადაადგილდება $H = 2S$ მანძილით.

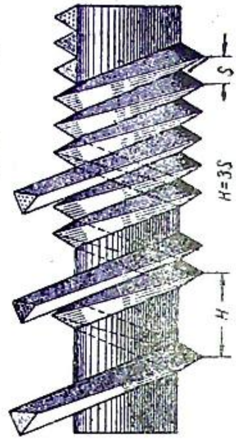
თუ განვიხილავთ მოძრავ წერტილს სამძაფიან ხრახნკუთხვილზე, მაშინ ღერძის ირგვლივ წერტილის ერთხელ შემოვლის დროს. ის სიმაღლეზე გადაადგილდება $H = 3S$ მანძილით.



ნახ. 407.



ნახ. 408.



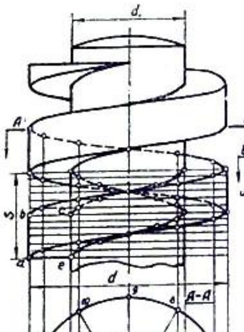
ნახ. 409

ხრახნკუთხვილის ზომები დამოკიდებულია იმ ძალაზე, რომელიც უნდა დაძლიოს ხრახნმა მუშაობის დროს, ამისათვის ღეროს დიამეტრი უნდა შევარჩიოთ ისეთი, რომელიც გაუძლებს მასზე მოქმედ ძალებს. ამიტომ ხრახნკუთხვილის ზომები დამოკიდებულია ხრახნის ღეროს დიამეტრზე და ის სტანდარტით დადგენილი ცხრილით არის მოცემული.

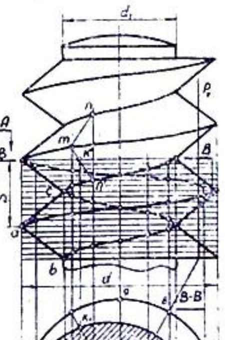
განვიხილოთ ხრახნკუთხვილების გამოხაზვა. თუ ვიგულისხმებთ კუთხვილის პროფილს კვადრატს, სამკუთხედს, ტრაპეციას და სხვ., ცილინდრის ზედაპირზე ხრახნული ხაზის მიმართულებაზე მოძრავს ისე, რომ მისი ერთი გვერდი არ სცილდებოდეს ცილინდრის ზედაპირს, მივიღებთ თითქოს ცილინდრზე შემოხვეულ პრიზმას.

410-ე ნახ.-ზე მოცემულია ხრახნკუთხვილის აგების თანამიმდევრობა, როცა კუთხვილის პროფილი $abce$ კვადრატია. ვიგულისხმოთ, რომ d_1-დიამეტრიანი ცილინდრის ზედაპირზე ეს კვადრატი ce გვერდით მოძრაობს ხრახნული ხაზის მიმართულებაზე. მაშინ, ცხადია, რომ c და e წერტილები d_1-დიამეტრიან ცილინდრზე შემოწერენ ხრახნულ ხაზს, a და b წერტილები კი—d-დიამეტრიან ცილინდრზე. ხრახნული ხაზის აგების წესით (რომელიც ვრცლად გეომეტრიულ ხაზვაში განვიხილეთ) მოვნახოთ სათანადო a, b, c და e წერტილებით შემოხაზული ხრახნული ხაზები. ამ ხაზების სათანადო წესით კონტურის ხაზებით შემოვლა მოგვცემს ხრახნკუთხვილს. ხრახნკუთხვილის გამოხაზვის დროს გამოვიყენოთ კონცენტრიული წრეხაზები, რომლებიც ხრახნკუთხვილის თარზულ გეგმილს წარმოადგენენ. ამ წრეხაზების დიამეტრებია d_1 და d, რომლებიც წინასწარ მოცემულია. ეს ხრახნკუთხვილი ვიგულისხმოთ თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყით გადაკვეთილი, ამ სიბრტყის კვალის ნიშანი A, A წერტილებზეა ნაჩვენები. მაშინ ზედხედზე წაიხაზება ის ნაწილი, რომელმაც ჭრაში მიიღო მონაწილეობა.

411-ე ნახ.-ზე გამოსახულია abc სამკუთხედის პროფილის მქონე ხრახნ-კუთხვილი, რომლის აგებისათვის ვიქცევით შემდეგნაირად: მოცემული d_1 და d დიამეტრების მიხედვით გამოვხაზავთ კონცენტრულ წრეხაზებს (ხრახნკუთხვილის თარზულ გეგმილს); ამ დიამეტრების მიხედვით გამოვხაზავთ ცილინდრის შვეულ გეგმილს და d_1-დიამეტრიან ცილინდრზე ვიგულისხმებთ abc სამკუთხედის მოძრაობას ხრახნული ხაზის მიმართულებით ისე, რომ მისი სიბრტყე ყოველთვის გადიოდეს ცილინდრის ღერძზე; შემქმნელი abc სამკუთხედი bc გვერდით ეკვროდეს ხრახნის d_1-დიამეტრიან ცილინდრის ზედაპირს, მაშინ a, b, c წერტილები შემოწერენ ხრახნულ ხაზებს, რომელთა აგებისათვის გამოვიყენებთ თარზულ გეგმილს და წინათ განხილული წესით ავაგებთ ხრახნულ ხაზებს, რომლებსაც კონტურის ხაზებით შემოვუვლით ისე, როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები — მივიღებთ ხრახნკუთხვილს.



ნახ. 410.



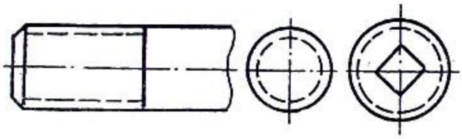
ნახ. 411.

ეს ხრახნკუთხვილი თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყით გადავკვეთოთ; ამ სიბრტყის შვეული კვალი ნაჩვენებია B, B წერტილებზე გატარებული მონაკვეთებით. განკვეთის ნაკვეთის თარზული გეგმილი რომ ვიპოვოთ, ამისათვის გამოვიყენოთ თარზულად მაგეგმილებელი სიბრტყეები; ერთ-ერთი ასეთი სიბრტყე გავლებულია 2—8 დიამეტრზე, რომლის P_h კვალი დიდ წრეხაზს გადაკვეთს m წერტილზე და პატარა წრეხაზს n წერტილზე. ვიპოვოთ ამ წერტილების შვეული გეგმილები: m' შვეული გეგმილი ხრახნის გარეთა დიამეტრზე მდებარეობს, რომელსაც m თარზული გეგმილიდან ამართული მართობის, a წერტილით შემოხაზულ ხრახნული ხაზის გადაკვეთაზე მივიღებთ; n წერტილზე ამართული მართობის გადაკვეთა ხრახნის შიგა დიამეტრზე b და c წერტილებით შემოხაზულ ხრახნულ ხაზთან მოგვცემს n' და n'_1 წერტილებს; $n'm'$ სწორი ხაზის მონაკვეთის გადაკვეთა BB სწორ ხაზთან მოგვცემს k' წერტილს, რომლის თარზული გეგმილი nm მონაკვეთზე k წერტილია; მიღებული წერტილის სიმეტრიული წერტილი k_1 წერტილია; $n'm'n'_1$ სამკუთხედი ხრახნის პროფილის შვეული გეგმილია; ასეთ სამკუთხედებს მივიღებთ თარზულად მაგეგმილებელი ისეთი სიბრტყეების გავლებით, რომელთა თარზული კვალები გაივლის ხრახნის თარზული გეგმილის—კონცენტრული წრეხაზების დიამეტრებზე. k და k_1 წერტილების ანალოგიურად მი-

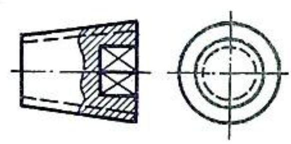
კიღებთ სხვა წერტილებსაც და შევაერთებთ მრუდსახაზით მდოვრედ. მიღებული მრუდე ნაკვთი წავხაზოთ წვრილი მთლიანი ხაზებით. როგორც BB სწორ ხაზზე გამავალი სიბრტყით მიღებული ხრახნის კვეთის ნამდვილი სახე. ნახაზის სიმარტივისათვის ზოგჯერ ამ ნაკვთს წრეხაზად შემოხაზავენ.

ხ რ ა ხ ნ კ უ თ ხ ვ ი ლ ე ბ ი ს პ ი რ ო ბ ი თ ი ა ღ ნ ი შ ვ ნ ე ბ ი. ჩვენ მიერ მოყვანილი მაგალითები საკმარისია იმისათვის, რომ დავრწმუნდეთ ხრახნკუთხვილების აგების სირთულეზე. ამ სირთულის გასამარტივებლად სტანდარტით დადგენილია ხრახნკუთხვილების პირობითი აღნიშვნები, რის საფუძველზეც ხრახნკუთხვილები წყვეტილი ხაზებით (უხილავი კონტურის ხაზები) აღინიშნება.

412-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ცილინდრული ღერო, რომელზედაც მოჭრილია ხრახნკუთხვილი. ამ ხრახნის მეორე გეგმილი წარმოადგენს წრეხაზს და მასში წყვეტილი ხაზით ჩახაზულია წრეხაზი.

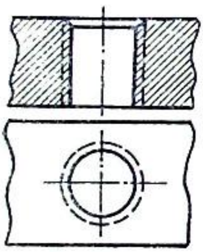


ნახ. 412.

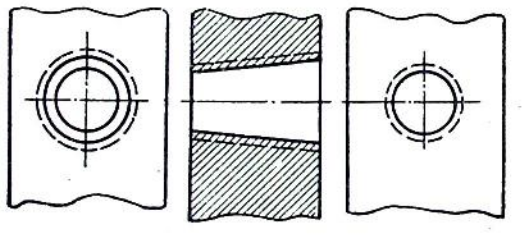


ნახ. 413.

413-ე ნახ.-ზე გამოსახულია კონუსური ღერო, რომელზედაც მოჭრილია ხრახნკუთხვილი. ამ შემთხვევაში ხრახნის სამი ხედია გამოხაზული, სადაც გეგმილები პირობით არის გარდაქმნილი (იმისათვის, რომ გარკვეულად იყოს მასზე ხრახნის აღნიშვნა, ზოგიერთი უხილავი კონტურის ხაზებიც ნახაზზე არაა ნაჩვენები).



ნახ. 414.



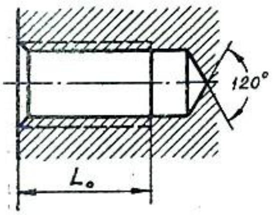
ნახ. 415.

414-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი საგნის გეგმილები, რომელშიც ცილინდრული ხრახნკუთხვილია მოჭრილი. წინხედი გაჭრილია და ხრახნკუთხვილის გარეთა დიამეტრი წყვეტილი ხაზით არის ნაჩვენები, შიგა დიამეტრი კი ხილვადი კონტურის ხაზით. მიუხედავად იმისა, რომ გახვრეტილი საგნის ზედა ნაწილი ნაწიბურების მოცილების მიზნით მოფოსოებულია და ეს ზედხედზე მეორე ხილვად წრეხაზს წარმოშობს, მაინც ხრახნკუთხვილის გარეთა დიამეტრი უხილავი კონტურის (წყვეტილი) ხაზით არის ნაჩვენები.

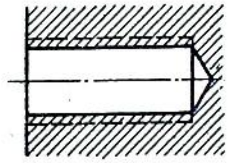
415-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი საგნის სამი გეგმილი, რომელშიც

კონუსური ხრახნკუთხვილია მოჭრილი. ამ შემთხვევაშიც გეგმილებზე ყველა ხაზი ნაჩვენები არ არის, უხილავი კონტურის ხაზით მხოლოდ ხრახნის გარეთა დიამეტრია ნაჩვენები.

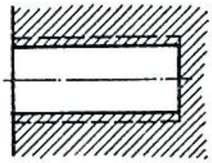
416, 417, 418-ე ნახაზებზე ნაჩვენებია არაგამჭოლ ნახვრეტებში ხრახნკუთხვილის პირობითი აღნიშვნები. ნახ. 416-ზე L_0 მანძილზე ნაჩვენებია ხრახნკუთხვილი, რომლის ქვემოთ ხრახნკუთხვილების მჭრელი იარაღები სრულ კუთხვილს ვერ მოჭრის. ცხადია, ზუსტად იმ მანძილზე, რომელიც ნახაზზეა ნაჩვენები, კუთხვილები არ შეწყდება, მაგრამ ნაგულისხმებია, რომ აღნიშნულ მანძილამდე სრული კუთხვილებია მოჭრილი.



ნახ. 416.



ნახ. 417.



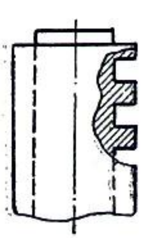
ნახ. 418.

417-ე ნახ.-ზე ნახვრეტის მთელ სიგრძეზე ნაჩვენებია ხრახნკუთხვილი. ცხადია, ესეც პირობით არის მიღებული, სინამდვილეში კი მთლიან სიმაღლეზე სრული კუთხვილის მიღება ძნელია.

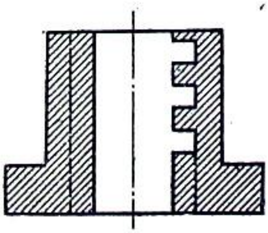
418-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ნახვრეტი, რომელსაც 120°-იანი კუთხით დაბოლოება არა აქვს, ცხადია, ეს პირობითია, სინამდვილეში ბურღის მჭრელი წვერი კონუსით მთავრდება და ნახვრეტი მუდამ კონუსით დაბოლოვდება. კერძო შემთხვევაში შეიძლება დამხმარე იარაღებით სრული ცილინდრი მივიღოთ, მაგრამ ეს გამოიწვევს ბევრ შრომას, რაც ამ შემთხვევაში საჭირო არაა. ამ ნახაზზე ხრახნკუთხვილი ბოლომდეა ნაჩვენები, რაც პირობითია და ნახაზის გამარტივების მიზნით არის მიღებული.

419-ე ნახ.-ზე მოცემულია ცილინდრულ ღეროზე მოჭრილი ხრახნკუთხვილის პროფილის ჩვენების მაგალითი. ზოგჯერ ასეთ ნახაზზე კუთხვილის ზომებსაც დააწერენ.

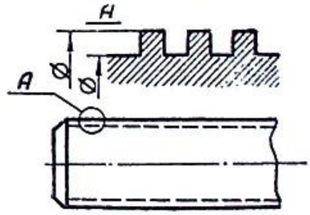
420-ე ნახ.-ზე მოცემულია ხრახნკუთხვილის პროფილის ჩვენების მაგა-



ნახ. 419.



ნახ. 420.



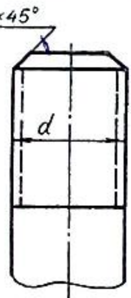
ნახ. 421.

ლითი, როცა კუთხვილი ხვრეტშია მოჭრილი. ასეთ საგანს გამოსახავენ ნაგულისხმევად გაჭრილს და მასზე უჩვენებენ კუთხვილის პროფილს.

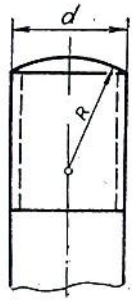
421-ე ნახ.-ზე გამოსახულია კუთხვილის პროფილის ჩვენების მაგალითი, როცა ნახაზი მცირეა და ამ ნახაზიდან გამოტანით ვუჩვენებთ კუთხვილის პროფილს გადიდებული ზომით. ასეთ შემთხვევაში პროფილზე დაეწერება ხრახნის დიამეტრები და თუ საჭირო იქნება კუთხვილის ზომებიც.

422, 423, 424, 425-ე ნახაზებზე გამოსახულია ჭანჭიკის ბოლოები. ჭანჭიკი ეწოდება ცილინდრულ ღეროს, რომელსაც ერთ ბოლოზე აქვს თავი, მეორე ბოლო ხრახნკუთხვილით მთავრდება. ჭანჭიკის თავი შეიძლება იყოს სხვადასხვა ფორმის. მისი ფორმა დამოკიდებულია იმაზე, თუ სად გამოიყენებენ ჭანჭიკს. უმთავრესად ჭანჭიკის ფორმა წარმოადგენს ექვსწახნაგა, ოთხწახნაგა და სხვ. პრიზმებს. სხვადასხვა ფორმისაა ჭანჭიკის მეორე ბოლოც, რაც დამოკიდებულია ჭანჭიკის გამოყენებაზე და ის სტანდარტით არის დადგენილი.

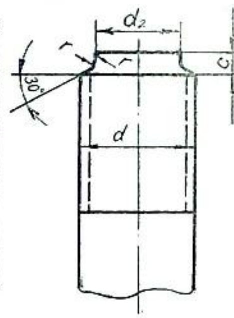
ნახ. 422.



ნახ. 423.



ნახ. 424.



ნახ. 425.

422-ე ნახ.-ზე გამოსახულია დაუმუშავებელი — პირდაპირ გადაჭრილი ჭანჭიკის ბოლო.

423-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი ჭანჭიკის ბოლო, რომელიც დამუშავებულია, ნაწიბური შემოჩარხულია წაკვეთილი კონუსის ფორმით. გეგმილზე ის ტრაპეციის ფორმას იძლევა. ნახაზზე ნაჩვენებია $C \times 45°$, რაც იმას ნიშნავს, რომ წაკვეთილი კონუსის სიმაღლე $= C$, სადაც $C \approx 0{,}15d$ და კონუსის მსახველი დახრილია 45°-ით. ასეთი ჭანჭიკების ბოლოები იხმარება ნაწილობრივად დამუშავებულ ჭანჭიკებზე.

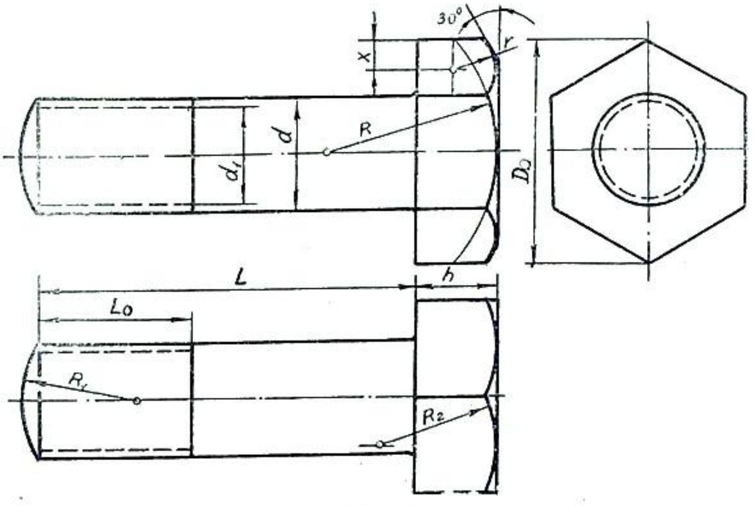
424-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ჭანჭიკის ბოლო, რომელსაც სფერული ფორმა აქვს. ასეთი ბოლოები უკეთდება დამუშავებელ ჭანჭიკებს, სადაც $R \approx d$.

425-ე ნახ.-ზე გამოსახულია დამუშავებული ჭანჭიკის ბოლო, რომელიც იხმარება ისეთი ჭანჭიკებისათვის, რომელთა გამოღება ნახვრეტიდან მოითხოვს დარტყმას და ეს ფორმა დაიცავს ხრახნკუთხვილს დაზიანებისაგან. ნახაზზე აღნიშნულია c, d_2, r, რომელთა ზომები შეიძლება დაახლოებით ავიღოთ შემდეგი: $c \approx 0{,}2d$; $d_2 \approx 0{,}75d$; $r \approx {}^{1}/_{20}d$.

426-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ჭანჭიკი, რომლის თავი წარმოადგენს ექვსწახნაგა წესიერ პრიზმას, ჭანჭიკის ბოლო კი სფერულია.

ჭანჭიკის ზომები დამოკიდებულია ჭანჭიკის გარეთა d დიამეტრზე. და-

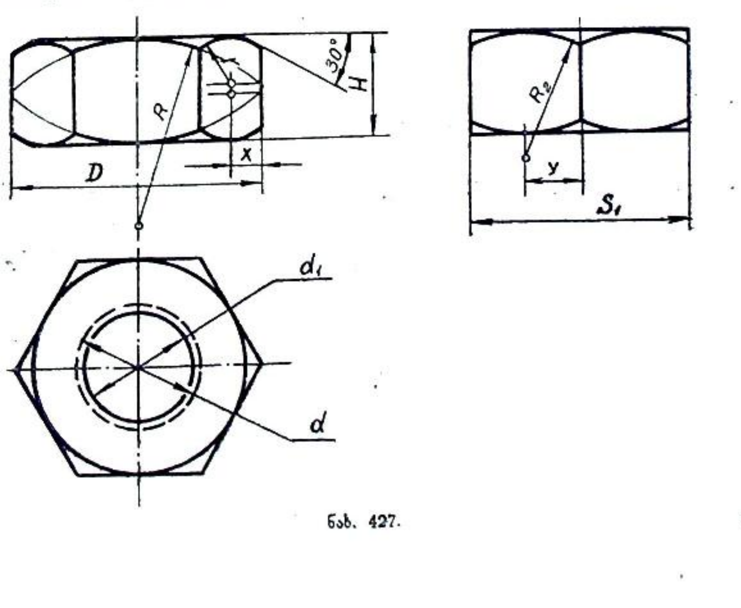
მეტრის ზომა გამოანგარიშებულია იმ ძალების მიხედვით, რომლებიც ჭანჭიკზე მოქმედებს. ჭანჭიკის თავის სიმაღლე $h=0,7d$; ჭანჭიკის ღეროზე მოჭრილი ხრახნკუთხვილიანი ნაწილის სიგრძე $L_0=1,5\div 2d$; ჭანჭიკის ღეროს სიგრძე L დამოკიდებულია შესაერთებელი ნაწილების სისქეზე; ხრახნის შიგა დიამეტ-



ნახ. 426.

რი $d_1=0,85d$; $R=1,5d$; $R_1=d$; $R_2=d$; $D=2d$; $X=0.25d$; r რადიუსი გრაფიკული ხერხით განისაზღვრება.

427-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ქანჩი სამ ხედში.

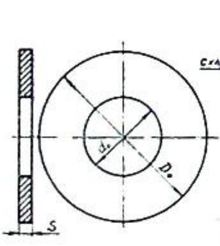


ნახ. 427.

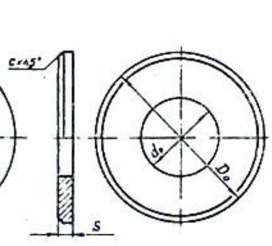
ქანჩი ეწოდება ისეთ დეტალს, რომელშიც მოჭრილია ხრახნკუთხვილი და ასეთი დეტალი ჩამოეხრახნება ჭანჭიკის ღეროზე. ამიტომ ქანჩში და ჭანჭიკის ღეროზე ზუსტად ერთი სისტემისა და იმავე ზომის ხრახნკუთხვილია მოჭრილი. ზოგჯერ ქანჩს ჭანჭიკის მოძრავ თავს ეძახიან. ხშირად ჭანჭიკის თავი და ქანჩი ფორმით ერთნაირი კეთდება. ქანჩის გამოხაზვისათვის მოვიქცეთ შემდეგნაირად: სიმეტრიის ღერძზე ნებისმიერ წერტილზე გავავლოთ ამ ღერძის მართობული სწორი ხაზი; ამ ხაზიდან გავავლოთ $H=0{,}8d$ მანძილით დაშორებული პარალელური სწორი ხაზი; ღერძიდან როგორც მარცხნივ, ისე მარჯვნივ გადავზომოთ $^1/_2d$ (სადაც d ჭანჭიკის ღეროს დიამეტრია) ორჯერ, მივიღებთ ოთხ მართკუთხედს; სიმეტრიის ღერძზე ავიღებთ წერტილს ისე, რომ $R=1{,}5d$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, ვიდრე ნაპირა შვეულ ხაზებს გადაკვეთს. მიღებული წერტილებიდან ავმართოთ მართობები და ამ მართობებზე გადავზომოთ $X=0{,}25d$ მონაკვეთი, მიღებული წერტილი იქნება r რადიუსის ცენტრი და ამ წერტილიდან გრაფიკულად განისაზღვრება r რადიუსის სიგრძეც. დანარჩენი აგებანი ნახაზიდან ადვილი გასაგებია. ჩვენ მიერ განხილულ ქანჩს წესიერი ექვსწახნაგა პრიზმის ფორმა აქვს, ამიტომ თარზული გეგმილი წესიერი ექვსკუთხედია, სადაც $D=2d$.

ასეთ ექვსკუთხედში ჩახაზულია წრეხაზი, რომელიც ქანჩის შემოჩარხვით არის მიღებული. ხრახნკუთხვილის შიგა დიამეტრზე ($d_1=0{,}85d$) შემოხაზულია წრეხაზი კონტურის ხაზით, გარეთა წრეხაზი კი შემოხაზულია ხრახნკუთხვილის გარეთა d დიამეტრზე უხილავი კონტურის (წყვეტილი) ხაზით. ქანჩის გვერდხედზე S_1 სიდიდე გრაფიკულად მიიღება, იგი ზედხედის მიხედვით განისაზღვრება და ექვსკუთხედში ჩახაზული წრეხაზის დიამეტრის სიგრძის ტოლია.

428-ე ნახაზზე გამოხაზულია დაუმუშავებელი საყელური, რომელიც ქანჩსა და დასამაგრებელ სხეულს შორის თავსდება. ის წარმოადგენს წრიული ფორმის საგანს, რომელიც d_0 დიამეტრზეა გაბურღვილი. საყელურის სისქე $=S$; გარეთა დიამეტრი $=D_0$. ეს ზომები უნდა ამოვიღოთ ქვემოთ მოყვანილი ცხრილიდან.



ნახ. 428.



ნახ. 429.

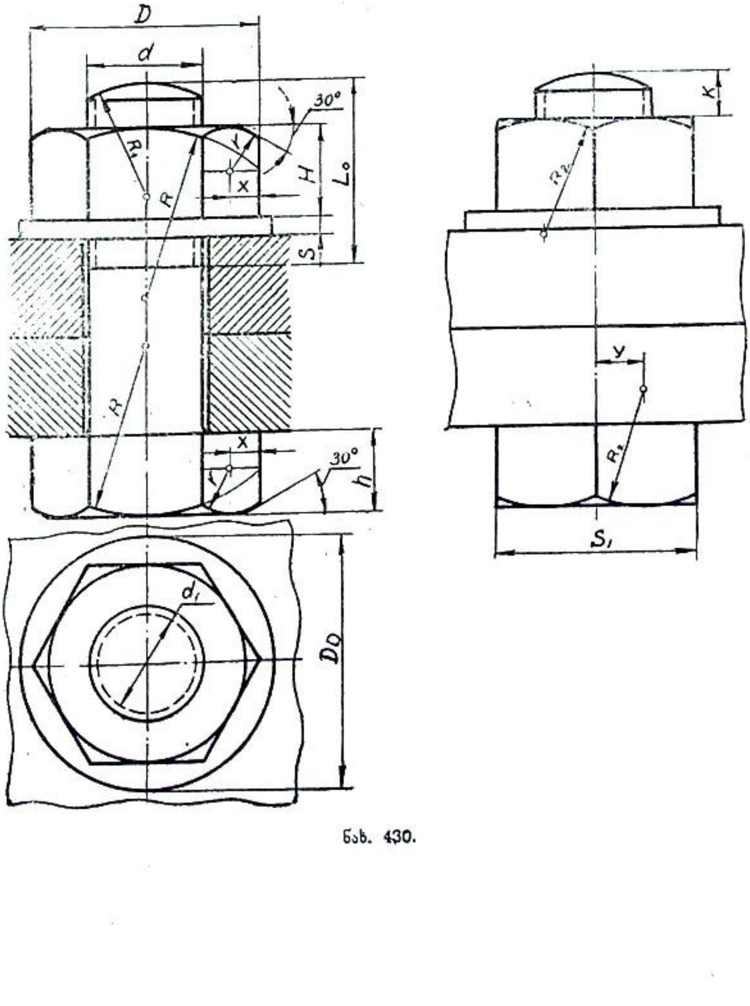
429-ე ნახ.-ზე გამოსახულია დამუშავებული საყელური, რომლის ზომები მოცემულია ცხრილში. ამ შემთხვევაში საყელურს შემოჩარხული აქვს ზედა ნაწიბური. აქ მოყვანილი ცხრილი სრული არაა.

430-ე ნახ-ზე გამოსახულია ჭანჭიკი, ქანჩი და საყელური აწყობილი სახით. წინხედზე ნახევარი ჭრაა წარმოდგენილი, სადაც როგორც ღერო, ისე ქანჩი, საყელური და ჭანჭიკის თავიც არ გაიჭრება. ამ ნახაზზე გვერდხედზე ჭანჭიკი თავისი ნაწილებით არ არის გაჭრილი. ჭანჭიკის ზომები დამოკიდებულია ხრახნის გარეთა d დიამეტრზე, რომელიც შეიძლება ცხრილებიდან ამო-

ნომინალური ზომები მმ-ით

ცხრილი 10

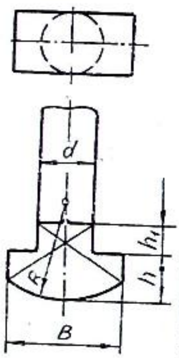
ხრახნის დიამეტრი d		8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
შავი საყელურები ГОСТ 6958-54 ნახ. 428.	do	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5	19	21	23	25	28	31	—	—	—
	Do	22	28	34	38	45	50	52	58	65	70	80	—	—	—
	S	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	—	—	—
სუფთა საყელურები ГОСТ 6958-54 ნახ. 429.	do	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5	19	21	23	25	28	31	38	44	50
	Do	18	21	25	28	32	36	38	42	45	50	55	68	80	90
	S	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	8
	C	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	1	1	1	1,2	1,2	1,5	1,5	6



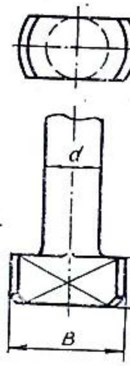
ნახ. 430.

ვილოთ. ჭანჭიკის დანარჩენი ზომები d დიამეტრზეა დამოკიდებული. ქანჩისა და ჭანჭიკის თავის გამოხაზვა ერთი და იმავე წესით ხდება, რაზედაც ჩვენ ადრე გვქონდა მითითებული; აქ მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ ჩვენ მიერ განხილული ქანჩის გამოხაზვა პირობით მიახლოებითია, ვინაიდან ექვსწახნაგა პრიზმის კონუსური ზედაპირით დაბოლოება გვაძლევს ჰიპერბოლას, რომელიც მრუდსახაზით უნდა ავაგოთ. ჰიპერბოლის წერტილების საპოვნელად დამატებითი სამუშაო იქნებოდა შესასრულებელი. ამიტომ ნებადართულია ქანჩისა და ჭანჭიკის თავის მრუდე ხაზები შემოვხაზოთ ფარგლით. საერთოდ, ამ ნახაზის ასაგებად საჭირო ზომები მოცემულია d-ს მიხედვით და შემდეგნაირად გამოითვლება: $D=2d$; $d_1=0{,}85d$; $H=0{,}8d$; $h=0{,}7d$; $R=1{,}5d$; $R_1=d$; $D_0=2{,}2d$; ან ეს ზომები შეიძლება ცხრილებიდან განვსაზღვროთ: $K=0{,}25d\div0{,}5d$; $R_2=d$; $S=0{,}15d$; $X=0{,}25d$; $L_0=1{,}5d\div2d$; r განისაზღვრება გრაფიკულად; ჭანჭიკის მთლიანი სიმაღლე დამოკიდებულია შესაერთებელი საგნების სისქეზე.

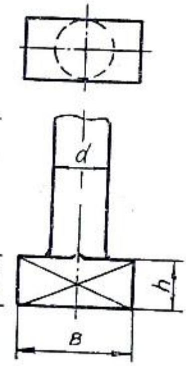
431, 432, 433, და 434-ე ნახაზებზე მოცემულია სხვადასხვა ფორმის სპეცი-



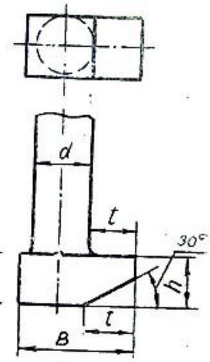
ნახ. 431.



ნახ. 432.



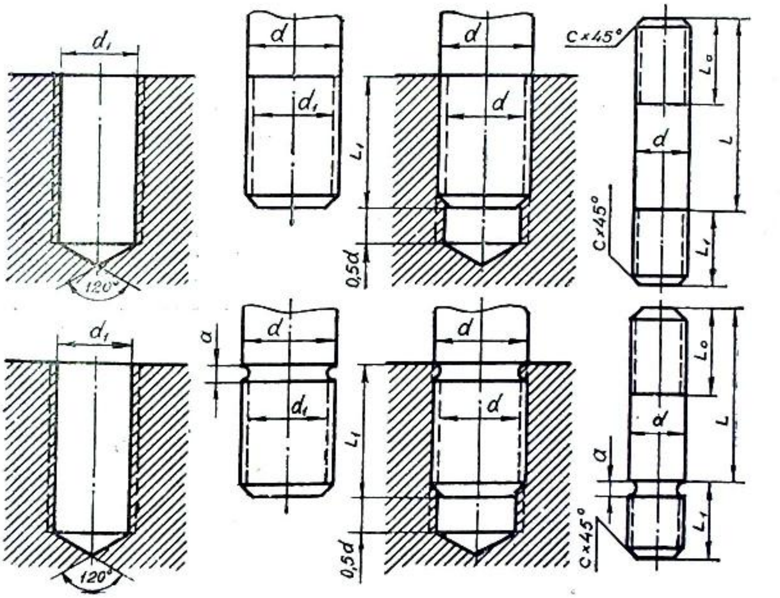
ნახ. 433.



ნახ. 434.

ალური ჭანჭიკების თავები. ასეთი ჭანჭიკების თავები გამოიყენება მანქანების ისეთ ადგილებზე, სადაც საჭიროა ჭანჭიკის მობრუნება შეზღუდულ იქნეს თვით მანქანის მიერ. ეს გამოწვეულია იმით, რომ მანქანის ზოგიერთ ადგილს გარედან ვერ მივუდგებით ქანჩის გასაღებით. ზოგჯერ ჭანჭიკის თავის ექვსწახნაგა ფორმის დროს ადგილი არა გვაქვს მის მოსათავსებლად. აქ გამოხაზული ჭანჭიკის თავების ზომები ჭანჭიკის გარეთა d დიამეტრთან მიახლოებით შემდეგ დამოკიდებულებაშია: $h\approx0{,}8d$; $B\approx2d$; $t\approx0{,}8d$; $R\approx1{,}75d$; $h_1=0{,}5d$.

435-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სარჭით შეერთებისათვის ნაწილები, როდესაც ღეროს ორივე ბოლოზე მოჭრილი აქვს ხრახნკუთხვილი. ასეთ ხრახნს ს ა რ ჭ ი ეწოდება. როგორც აღვნიშნეთ, სარჭი ჭანჭიკისაგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ ჭანჭიკის თავის ნაცვლად სარჭი მეორე ბოლოთი ჩახრახნილია იმ საგანში, რომელზედაც უნდა დამაგრდეს სხვა რომელიმე ნაწილი. განმარტების დასაზუსტებლად ნახვრეტს, რომელშიც სარჭის ღერო მაგრდება, სარჭის ბუდე ვუწოდოთ. ამ ნახაზზე მოცემულია ორი ტიპის სარჭი: ზედ-



ნახ. 435.

რიგში გამოხაზულია A ტიპის სარჭის ნაწილები და ქვედა რიგში კი — B ტიპისა.

ამ ტიპებს შორის განსხვავება ნახაზიდანაც ჩანს. B ტიპის სარჭის ღერო ერთ ბოლოზე ამოღარულია ხრახნკუთხვილის დასაწყისში. სხვა ზომები და ფორმაც ერთნაირია. ამოღარვის დიამეტრის სიდიდე a ცხრილებიდან უნდა ამოვიღოთ ან შეიძლება ის დაახლოებით ასე განისაზღვროს $a \approx {}^1/_4 d$-ს. როგორც ზედა, ისე ქვედა ნახაზებზე ნაჩვენებია სარჭის ბუდე, სარჭის ღეროს ჩასახრახნი ბოლო, სარჭის ღერო თავის ბუდეში ჩახრახნილი და სარჭის მთლიანი ღერო, სადაც ღეროს მთლიანი სიგრძე დამოკიდებულია შესაერთებელი საგნის სისქეზე.

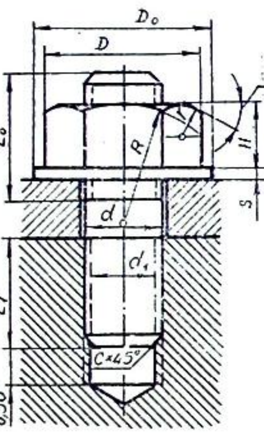
436-ე ნახ.-ზე გამოსახულია სარჭი თავისი ნაწილებით, სადაც ნაგულისხმებია ნახევარზე გაჭრა. სარჭის ნაწილები ცალ-ცალკე გვქონდა განხილული, ამიტომ ნახაზის შედგენის დროს ვისარგებლებთ წინა ნახაზებზე განხილული ქანჩის, ღეროს და საყელურის გამოხაზვის წესებით. სარჭის ზომები, ისე როგორც ქანჩიკის ზომები, დამოკიდებულია ხრახნის გარეთა d დიამეტრზე. ასე, მაგ.: $H=0{,}8d$; $S=0{,}15d$; $R=1{,}5d$; $D=2d$; $D_0=2{,}2d$—ან უფრო ზუსტად ცხრილებიდან ამოვწეროთ: $d_1=0{,}85d$; $L_0=1{,}5d \div 2d$; $L_1=d \div 1{,}35d$.

437-ე ნახ.-ზე მოცემულია ხრახნებით შეერთების სამი მაგალითი, სადაც ხრახნის ერთი ბოლო, რომელიც საგანში იხრახნება, ისეთია, როგორიც სარჭის ბოლო. ხრახნის მეორე ბოლო მთავრდება: მარცხნიდან პირველი — სფერული, მეორე კონუსური და მესამე ცილინდრული თავებით. მათი ზომები დაახლოე-

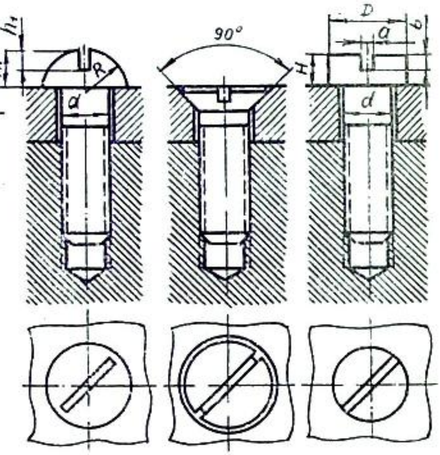
ბით შემდეგია: $H=0{,}6d$; $H_1=0{,}7d$; $R=0{,}8d$; $h=0{,}25d$; $h_1=0{,}4d$; $D=1{,}5d$; $a=0{,}2d$;

როგორც ნახაზიდან ჩანს, კონუსურთავიანი ხრახნი ფარულად არის შეერთებული. საერთოდ, ასეთი ხრახნებით შეერთება შეიძლება მაშინ, როდესაც შესაერთებელ ნაწილებზე მცირე ძალები მოქმედებენ. გარდა აქ მოყვანილი ხრახნის თავებისა, არსებობს სხვადასხვა ფორმისა და ზომის ხრახნის თავები, რომლებიც შეიძლება ვიპოვოთ ცნობარებში.

ხრახნკუთხვილების წყვეტილი ხაზებით აღნიშვნის ნაცვლად დაშვებულია წვრილი მთლიანი ხაზებით მისი აღნიშვნა.

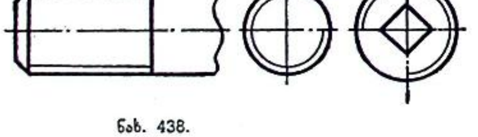


ნახ. 436.

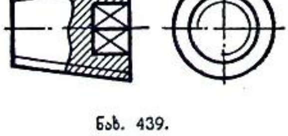


ნახ. 437.

438-ე ნახ.-ზე მოცემულია ცილინდრულ ღეროზე ხრახნკუთხვილის მთლიანი წვრილი ხაზით აღნიშვნის მაგალითი, სადაც ღეროს სიმეტრიის ღერძის მართობულ სიბრტყეზე დაგეგმილების შემდეგ წრეხაზში წყვეტილი ხაზის ნაცვლად წვრილი მთლიანი ხაზით ნაჩვენებია წრეხაზის დაახლოებით $3/4$ ნაწილი.



ნახ. 438.

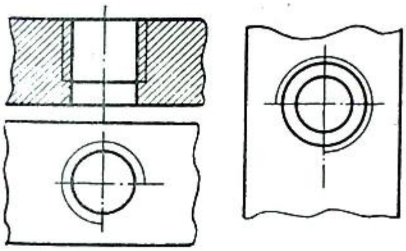


ნახ. 439.

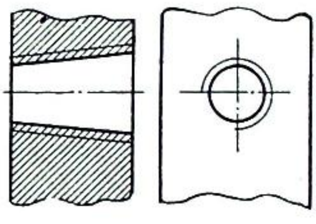
439-ე ნახ.-ზე მოცემულია კონუსურ ღეროზე მოჭრილი ხრახნკუთხვილის აღნიშვნის მაგალითი, სადაც წყვეტილი ხაზის ნაცვლად გამოყენებუ-

ლია მთლიანი წვრილი ხაზები და ამ ღეროს ღერძის მართობულ სიბრტყეზე დაგეგმილებულია ხრახნი როგორც მარცხენა, ისე მარჯვენა მხრიდან შეხედვით. ამ გეგმილებზე ხრახნკუთხვილები წყვეტილი ხაზის ნაცვლად გამოხაზულია წრეხაზის $^3/_4$ ნაწილზე წვრილი მთლიანი ხაზით.

440-ე ნახ.-ზე მოცემულია ცილინდრულ ნახვრეტში ხრახნკუთხვილის ჩვენების მაგალითი, როდესაც წყვეტილი ხაზები შეცვლილია მთლიანი წვრილი ხაზებით.

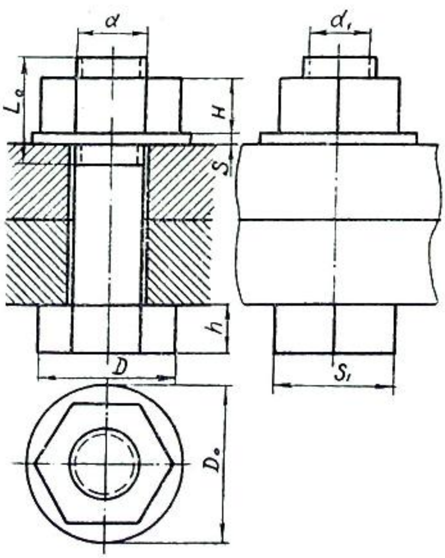


ნახ. 440.

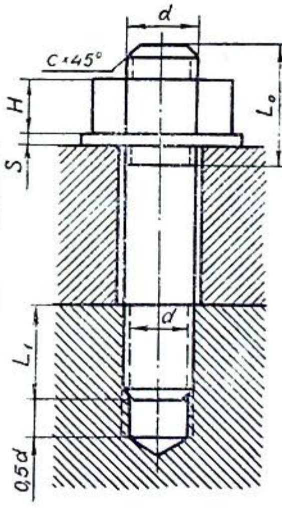


ნახ. 441.

441-ე ნახ.-ზე მოცემულია კონუსურ ნახვრეტში ხრახნკუთხვილის ჩვენების მაგალითი, როდესაც წყვეტილი ხაზები შეცვლილია მთლიანი წვრილი ხაზებით. ამ ნახაზზე, ისე როგორც წინა ნახაზზე, ღერძის მართობულ სიბრტყეზე დაგეგმილების შემდეგ ხრახნი ნაჩვენებია წრეხაზის $^3/_4$ ნაწილზე წვრილი მთლიანი ხაზით.



ნახ. 442.



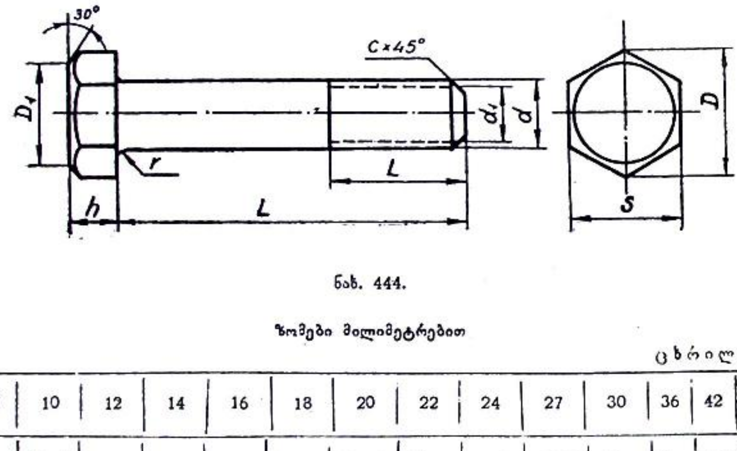
ნახ. 443.

442-ე ნახ.-ზე გამოსახულია აწყობილი ჭანჭიკი სამ ხედში, სადაც ქანჩისა და ჭანჭიკის თავი გამოხაზულია გამარტივებული ხერხით, ე. ი. ნახაზზე არაა ნაჩვენები პრიზმის შემოჩარხვით მიღებული ჰიპერბოლური მრუდები. ზომები იგივეა, რაც ჭანჭიკის წინა ნახაზზე გვქონდა ნაჩვენები: $d_1=0{,}85d$; $D=2d$; $D_0=2{,}2d$; $h=0{,}7d$; $H=0{,}8d$; $S=0{,}15d$; $L_0=1{,}5d \div 2d$;

443-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ანაწყობი სარჭი, რომელზედაც ქანჩი გამოხაზულია გამარტივებული მეთოდით. ექვსკუთხა პრიზმის შემოჩარხვით მიღებული ჰიპერბოლური მრუდე ხაზები ნახაზზე ნაჩვენები არ არის. ზომები იგივეა, რაც წინა ნახაზზე იყო აღნიშნული.

გარდა ზემოთ აღნიშნული ქანჩებისა, ჭანჭიკის თავების ფორმა და ზომებიც შეიძლება იყოს სხვადასხვაგვარი, რაც ჭანჭიკის დამუშავებაზეა დამოკიდებული. ამგვარად, ჭანჭიკები შეიძლება იყოს: ს უ ფ თ ა — დამუშავებული ყველა მხრიდან; ნ ა ხ ე ვ რ ა დ ს უ ფ თ ა — დამუშავებული **აქვს** მხოლოდ თავის საყრდენი ზედაპირი, და შავი — ჭედვით მიღებული დაუმუშავებელი.

444-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ექვსწახნაგათავიანი სუფთა ჭანჭიკი, რომლის ზომები მე-11 ცხრილიდან უნდა ამოვწეროთ. აღნიშნულ ცხრილში არ



ნახ. 444.

ზომები მილიმეტრებით

ცხრილი 11

d-მმ	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
D	19,6	21,9	25,4	27,7	31.2	34,6	36,9	41,6	47,3	53,1	63.	75,0	86,5
S	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	55	65	75
h	7	8	9	10	12	13	14	15	17	19	23	26	30
C	1,5	1,8	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
V	0,5	0,8	0.8	1	1	1	1	1,2	1.2	1,2	1 5	1,5	1,5

არის მოცემული ზოგიერთი ზომა, რომლებიც წინათ განხილული ჭანჭიკების ზომების მიხედვით შეიძლება გამოვთვალოთ, მაგ.: $L_0=1{,}5d\div 2d$; $d_1=0{,}85d$; $D_1\approx 0{,}95S$. ჭანჭიკის ღეროს სიგრძე შესაერთებელი ნაწილების სისქეზეა დამოკიდებული, აგრეთვე მისი მაქსიმალური ზომა სტანდარტით არის განსაზღვრული.

ზემოთ აღნიშნული ცხრილი და ჭანჭიკის ფორმა დადგენილია გოსტ 7805 — 57-ის მიხედვით.

445-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ქანჩი, რომლის ზომები და ფორმა დადგენილია სტანდარტით. ასეთი ქანჩები მხოლოდ 16 მილიმეტრამდე დიამეტრის კეთდება, რომელსაც მოფოსოებას ერთ მხარეს უკეთებენ. მისი ზომები ცხრილიდან უნდა ამოვიწეროთ, რომელიც შედგენილია სტანდარტის მიხედვით.

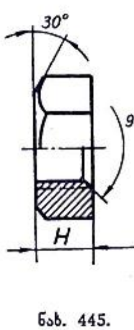
446-ე ნახ.-ზე მოცემულია ექვსწახნაგა ქანჩი, რომელსაც ორივე მხრიდან უკეთებენ მოფოსოებას. ასეთი ქანჩები კეთდება $d=18$ მმ-ის და უფრო მეტი დიამეტრების დროს, რომლის ზომები ქვემოთ მოყვანილი ცხრილიდან უნდა ამოვიწეროთ.

447-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ქანჩი, რომელსაც ერთ მხარეზე შემოჩარხული აქვს 0,5 მმ სიმაღლის ცილინდრი და ამავე მხარეს არის მოფოსოებული. ასეთი ქანჩები $d=18$ მმ და მეტი ზომის დიამეტრების დროს კეთდება.

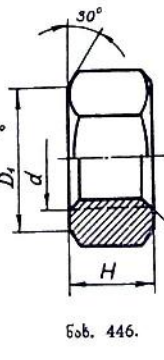
448-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ზემოთ მოყვანილი ქანჩების მეორე გეგმილის ფორმა, რომელზედაც დასმული ზომები სამივე ქანჩს ეკუთვნის.

ამ ქანჩებისათვის $D_1\approx 0{,}95S$; $D_2=S$.

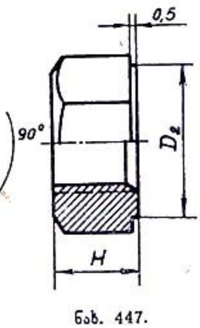
მე-12 ცხრილში ნაჩვენები რიცხვები, რომლებიც ფრჩხილებშია ჩასმული, მხოლოდ სუფთა ქანჩებს ეკუთვნის. ეს ცხრილი შედგენილია გოსტ 5912—51 და გოსტ 5821 — 51-ის მიხედვით.



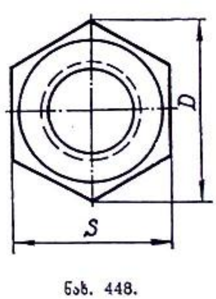
ნახ. 445.



ნახ. 446.



ნახ. 447.



ნახ. 448.

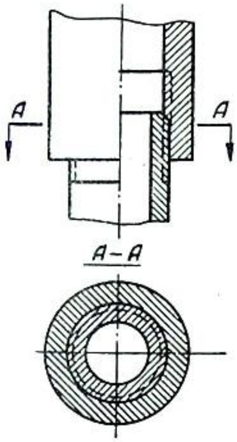
449-ე ნახ.-ზე გამოსახულია მილების შეერთება ხრახნკუთხვილებით. მილებისათვის სპეციალური ხრახნკუთხვილებია, რომელთა ნაბიჯი უფრო მცირეა, ვიდრე (ჩვეულებრივი) ამავე დიამეტრიანი ხრახნკუთხვილის ნაბიჯი.

450-ე ნახ.-ზე გამოსახულია შეერთება ხრახნკუთხვილების საშუალებით, სადაც გამოყენებულია სპეციალური მილების შემაერთებელი ქურო. ასეთი შეერთება წყლისა და აირის სადენებსა და სათბობ მოწყობილობებში გამო-

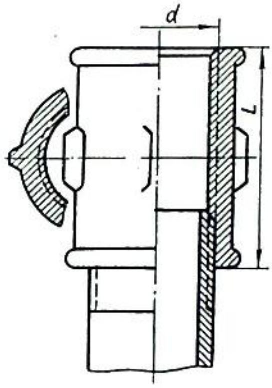
ზომები მილიმეტრობით

ცხრილი 12

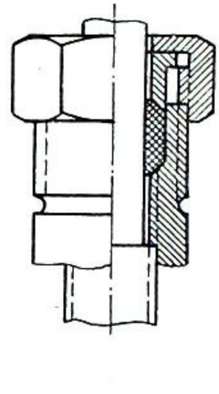
	d	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
ქანჩი	D	12,7	16,2	19,6	25,4 (21,9)	27,7 (25,4)	31,2 (27,7)	36,9 (34,9)	36,9 (34,6)	41,6 (36,9)	41,6	47,3	53,1	63,5	75,0	86,5
	S	11	14	17	22 (19)	24 (22)	27 (24)	32 (30)	32 (30)	36 (32)	36	41	46	55	65	75
	H	5	6	8	10	10 (11)	12 (13)	14	16	18	20	22	24	28	32	38
ჭანჭიკის თავი	D	11,5	13,8	16,2	21,9	25,4 (21,9)	27,7 (25,4)	31,2 (27,7)	34,6 (31,2)	36,9 (34,6)	36,9	41,6	47,3	57,7	(69,3 (63,5)	80,8 (75,0)
	S	10	12	14	19 (17)	22 (19)	24 (22)	27 (24)	30 (27)	32 (30)	32	36	41	50	60 (55)	70 (65)



ნახ. 449.



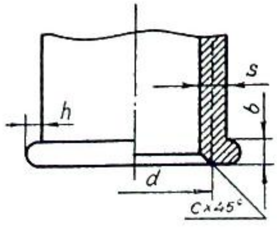
ნახ. 450.



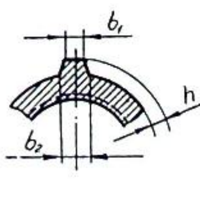
ნახ. 451.

ყენებული. ქუროები მზადდება სხვადასხვა ფორმის, რომელიც დამოკიდებულია მის გამოყენებაზე. ქურო შეიძლება იყოს: სამკაპა (როდესაც ერთი მილი ორად უნდა განშტოვდეს), გადამყვანი (როცა დიდი დიამეტრის მქონე მილი გადაგვყავს უფრო პატარა დიამეტრიან მილზე), კუთხოვანი (როცა მილს მიმართულებას ვუცვლით), სწორი — გადაბმული (როდესაც ერთ მილს მხოლოდ გადააბამენ მეორეზე) და სხვ. ქუროები ჭედადი თუჯისაგან მზადდება და მათი ზომები სტანდარტიზებულია. ამ ნახაზზე გამოსახული სწორი ქუროს ზომები გოსტ 8948—59-ით არის განსაზღვრული. უმთავრესად სწორ ქუროებს უკეთებენ სიხისტის წიბოებს, რაც მილგასაღებით ქუროების შემობრუნებას (მოჭერის ან მოშვების დროს) ხელს უწყობს.

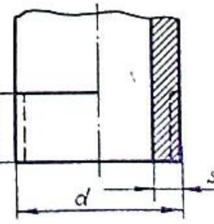
451-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ჩობალქანჩით ჩობალის სატენი მასალის შეკუმშვის მარეგულირებელი მოწყობილობა, რომლის საშუალებით ხდება ჩობალის მილსაყის დაჭერა სატენ მასალაზე, იგი ჩაკეტავს სითხის გასასვლელს. მუშაობის პროცესში იცვითება სატენი მასალა და სითხე იპოვის გამოსასვლელს: ამ შემთხვევაში მოვუჭერთ ჩობალქანჩს და ის დააჭერს ჩობალის მილსაყს, რომელიც შეკუმშავს ჩობალის სატენ მასალას, ეს უკანასკნელი მჭიდროდ ჩაკეტავს სითხის გამოსასვლელს.



ნახ. 452.



ნახ. 453.



ნახ. 454.

ცხრილი 13

ა ღ ნ ი შ ვ ა	d	L_1 არა უმეტესი	S	b	b_1	b_2	h
მილ. 1/4″	13,158	7,0	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
„ 3/8″	16,663	8,0	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
„ 1/2″	20,956	9,0	4,2	3,5	2,0	4,0	2,0
„ 3/4″	26,442	10,5	4,2	4,0	2,0	4,0	2,5
„ 1″	33,250	11,0	4,8	4,0	2,5	4,5	2,5
„ 1 1/4″	41,912	13,0	4,8	4,0	2,5	5,0	3,0
„ 1 1/2″	47,805	15,0	4,8	4,0	3,0	5,0	3,0
„ 2″	58,616	17,0	5,4	5,0	3,0	6,0	3,5
„ 2 1/2″	75,187	19,5	5,4	5,0	3,5	6,5	3,5
„ 3″	87,887	22,0	6,0	6,0	4,0	7,0	4,0
„ 4″	113,034	30,0	7,0	7,0	5,0	8,5	4,5

ასეთი ჩობალები მზადდება სხვადასხვა სახის და ფორმის, რაც დამოკიდებულია მის გამოყენებაზე.

452, 453, 454-ე ნახაზებზე მოცემულია ქუროს ელემენტები, რომლებზედაც ზომების ნაცვლად დასმულია ასოები.

ეს ცხრილი შედგენილია ГОСТ 8945 — 59-ის მიხედვით.

454-ე ნახაზზე გამოსახულია მილის ბოლო, რომელზედაც მოჭრილია ხრახნკუთხვილი.

სამკუთხა ხრახნკუთხვილების ნაბიჯი და კბილის სიღრმე შეიძლება ყოველი დიამეტრისათვის სხვადასხვანაირი შევარჩიოთ, მაგრამ პრაქტიკაში ეს დიდ უხერხულობას გამოიწვევს. ამის გამო, კუთხვილის ზომების შესარჩევად შემოღებულია ერთნაირი სისტემა.

არსებობს ხრახნკუთხვილების დუიმური და მეტრული სისტემები. დუიმური სისტემის ხრახნკუთხვილებისათვის ზომის ერთეულად მიღებულია დუიმი, რომელიც 25,4 მმ-ის ტოლია.

ამ სისტემის ხრახნკუთხვილის ხმარება მოუხერხებელია, ვინაიდან ყველა ზომა მოცემულია დუიმებით. ამიტომ სხვადასხვა ქვეყნების შეთანხმების შედეგად შედგენილ იქნა ხრახნკუთხვილების მეტრული სისტემა, რომელსაც კუთხვილთა საერთაშორისო სისტემა ეწოდება.

ძირითადი მეტრული კუთხვილების გარდა, სტანდარტით დადგენილია 5 წვრილი მეტრული ხრახნკუთხვილი, რომლებსაც, ძირითად მეტრულ კუთხვილთან შედარებით, ერთისა და იმავე დიამეტრისათვის უფრო მცირე ნაბიჯები აქვთ.

მეტრული წვრილკუთხვილი ხასიათდება სიწვრილის კოეფიციენტით, რომელიც წარმოადგენს ძირითადი მეტრული კუთხვილის ნაბიჯის შეფარდებას შესაბამისი წვრილი კუთხვილის ნაბიჯთან; პირველი წვრილი მეტრული კუთხვილის სიწვრილის კოეფიციენტი 1,5-ის ტოლია, მეორესი — 2-ის, მესამესი — 3-ის, მეოთხესი — 4-ის, მეხუთესი კი — 5-ის.

ძირითადი მეტრული კუთხვილები ნახაზზე შემდეგი წარწერებით აღინიშნება: მ 25, მ 64 და ა. შ.

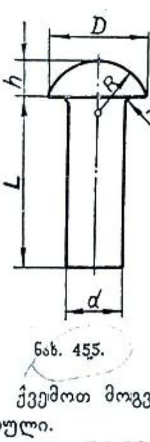
მეტრული წვრილნაბიჯიანი კუთხვილები ნახაზზე აღინიშნება: მ 24×2, მ64×2 და ა. შ., სადაც „მ“ მეტრულს ნიშნავს, 24 არის კუთხვილის გარეთა დიამეტრი და 2 კი — სიწვრილის კოეფიციენტი.

ზოგჯერ აუცილებელია ნახაზზე ვუჩვენოთ ხრახნკუთხვილის დამუშავების სიზუსტის ხარისხი ან კლასი, მაშინ გვხვდება აღნიშვნა „მ 24 კლ. 3“. ეს ნიშნავს — ხრახნკუთხვილის გარეთა დიამეტრი =24 მმ, ნაბიჯი =3 მმ და შესრულებულია სიზუსტის მე-3 კლასით.

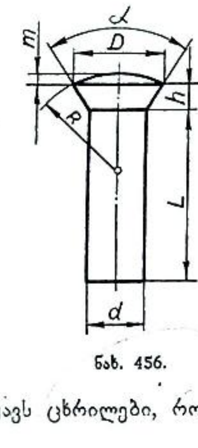
მოქლონები. ჩვენ განვიხილეთ ხრახნკუთხვილების საშუალებით მანქანის ნაწილების შეერთება, ეგრეთ წოდებული დასაშლელი შეერთება, ე. ი. ჭანჭიკით ან სარჭით შეერთებული ორი ნაწილი შეიძლება ისე დავაცილოთ ერთმანეთს, რომ არც ერთი ნაწილი არ დაზიანდეს. მოქლონური შეერთება ისეთი შეერთებაა, სადაც ორი ან რამდენიმე ნაწილი ერთმანეთთან ყრუდ არის შეერთებული, და ამ ნაწილების დაშლის დროს ერთ-ერთი ნაწილი უნდა დაზიანდეს.

მოქლონები მზადდება ფოლადის მრგვალი ღეროსაგან, რომლის ერთ ბოლოზე წინასწარ გაკეთებულია სხვადასხვა ფორმის თავი. ლითონის ნაწილების ერთმანეთზე ყრუდ დასამაგრებლად მოქლონს ახურებენ გავარვარებამდე, თავისუფალი ბოლოთი გაუყრიან დასამაგრებელი საგნების შესაბამის ნახვრეტში. შემდეგ ამ თავისუფალ ბოლოს დაამოქლონებენ, ე. ი. დაპეჭყავენ და მოამრგვალებენ; ამით მანქანის შესაერთებელი ნაწილები ერთმანეთთან მკვიდრად შეერთდება.

მოქლონების ძირითადი ტიპებია: 1) მომრგვალებულთავიანი მოქლონი (ნახ. 455); 2) ნახევრად მალულთავიანი მოქლონი (ნახ. 456); 3) კონუსურთავიანი მოქლონი (ნახ. 457); 4) მალულთავიანი მოქლონი (ნახ. 458).

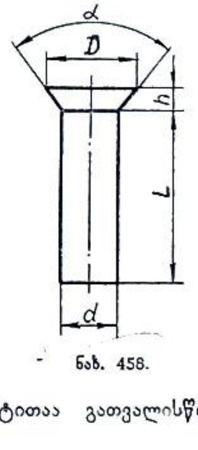


ნახ. 455.



ნახ. 456.

ნახ. 457.

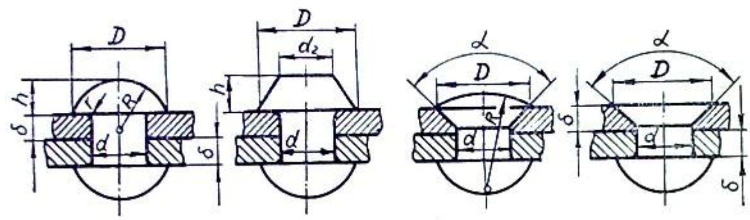


ნახ. 458.

ქვემოთ მოგვყავს ცხრილები, რომლებიც სტანდარტითაა გათვალისწინებული.

459-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ორი ნაწილის მოქლონებით შეერთება. ამ ნახაზზე მარცხნიდან პირველი გამოსახულება მომრგვალებულთავიანი მოქლონით შეერთებაა, მეორე — კონუსურთავიანი მოქლონით შეერთება, მესამე — ნახევრად მალულთავიანი მოქლონით შეერთება, მეოთხე — კი მალულთავიანი მოქლონით შეერთება.

ამ ნახაზის ასაგებად ზემოთ მოყვანილი ცხრილებიდან ვისარგებლებთ მოქლონების ზომებით, დაგვრჩება მხოლოდ შესაერთებელი ფურცლების სისქე, რომელიც დამოკიდებულია მოქლონის d დიამეტრზე და $d=2\delta$, სა-



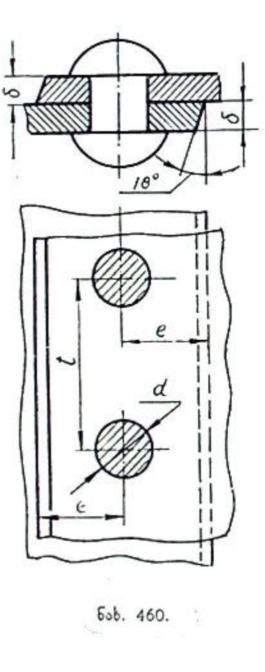
ნახ. 459.

დაც შესაერთებელი ლითონის ნაწილების სისქე δ ასოთია აღნიშნული.

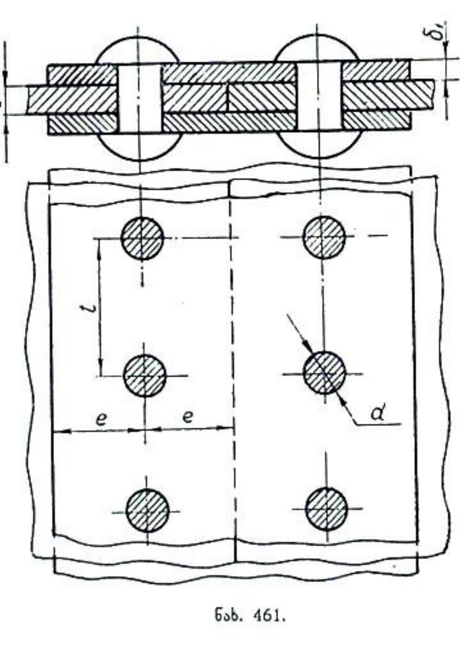
აქ განხილული ოთხი შემთხვევიდან მოქლონების ქვედა თავები ერთნაირად მომრგვალებულია.

460-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ერთრიგი ნადებითი მოქლონილი ნაკერი. ფოლადის ფურცლების სისქე აღნიშნულია δ ასოთი, მანძილი ფურცლის ნაპირიდან მოქლონის ღერძამდე აღნიშნულია e ასოთი და მოქლონებს შორის მანძილი კი — t ასოთი. აღნიშნულ სიდიდეებსა და მოქლონის d დიამეტრს შორის შემდეგი დამოკიდებულებაა: $d=2\delta$; $e=1{,}5d$; $t=3d$.

461-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ორნაფენითი ნაკერი. შესაერთებელი ორი ფურცელი პირიპირაა მიდებული, ხოლო ზემოდან და ქვემოდან დაფენილი აქვთ ფოლადის ვიწრო ზოლები. მოქლონების რიგების რიცხვი თითოეულ



ნახ. 460.



ნახ. 461.

ცხრილი 14

ნახ. 455. გოსტ. 191—41. ზომები მილიმეტრობით

d	8	10	11,5	13	16	19	22	25	28	31	34
D	14	17	21	24	29	34	39	44	50	55	60
h	4,8	6	8	9	10	12	14	16	18	20	22
R~	8	9	11	12,5	15,5	18	20,5	23	26	29	32
r	0,4	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5
L	16÷60	16÷85	20÷90	22÷100	26÷110	32÷150	38÷150	52÷180	55÷180	55÷180	70÷200

ცხრილი 15

ნახ. 456. გოსტ 1192—41. ზომები მილიმეტრობით

d	8	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37
D	14,4	16	20,5	24,5	80	35	39,5	39,5	44	48	52,5
h	3,2	4	5	7,5	9,5	11	12,5	14	15,5	17	18,5
R ~	16	17	22	28	34	40	42	46	46	50	56
m	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
L	18÷60	18÷75	18÷100	24÷100	28÷150	20÷210	48÷210	55÷180	55÷180	70÷200	75÷200
L_0	90	75				60				45	

ცხრილი 16

ნახ. 457. გოსტ 1193—41. ზომები მილიმეტრობით

$d=d_2$	6	8	10	13	16	19	22	25	28	31	34
D	11	14	16	21	26	30	35	40	45	50	55
h	3,5	5	6	8	9,5	11	13	15	17	18,5	20,5
r	0,4	0,4	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
L	12÷26	16÷60	18÷85	18÷100	24÷100	30÷150	38÷180	50÷180	58÷180	65÷180	70÷200

ცხრილი 17

ნახ. 458. გოსტ 1193—41. ზომები მილიმეტრობით

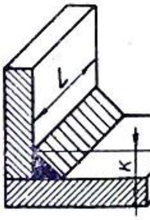
d	8	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37
D	14,4	16	20,5	24,5	30	35	39,5	39,5	44	48	52,5
h	3,2	4	5	7,5	9,5	11	12,5	14	15,5	17	18,5
L	18÷50	20÷75	26÷100	26÷100	32÷150	40÷180	52÷180	58÷180	65÷180	70÷200	75÷200
d_0	90		75		60					45	

ფურცელზე ითვლება; ამ შემთხვევაში გვაქვს ერთრიგა ნაკერი, რომლის ზომები შემდეგ თანაფარდობაშია: $d=1{,}5\delta$; $e=2d$; $t=3{,}35d$; $\delta_1=0{,}6\delta$.

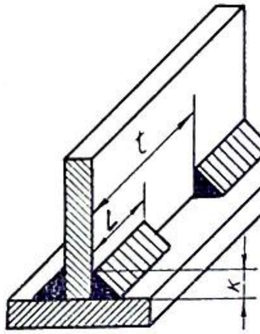
შედუღებული ნაკერები (გოსტ 5263—58). შედუღებული ნაკერები თანდათან ცვლის მოქლონურ ნაკერებს. ამ შემთხვევაში შესაერთებელი ფურცლების წინასწარი მომზადება ძალიან გაადვილებულია — შესაერთებელ ნაწილებს ზოგჯერ მხოლოდ ნაპირებს ჩამოთლიან. შედუღება ხდება ელექტროდენით ან აირით.

462-ე ნახ.-ზე მოცემულია ორი ნაწილის კუთხით შეერთება. სიდიდე K არის შეერთების ზოლის — მართკუთხა სამკუთხედის — კათეტის სიმაღლე, რომელიც შესაერთებელი ნაწილის სისქის ტოლი აიღება.

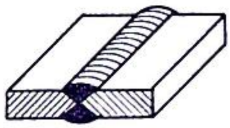
463-ე ნახ.-ზე მოცემულია ტესებრი შედუღება, სადაც შედუღების ზოლი მთელ სიგრძეზე არ გადის. ამ შემთხვევაშიც K კათეტის სიდიდეს აღნიშნავს.



ნახ. 462.



ნახ. 463.

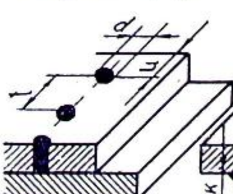


ნახ. 464.

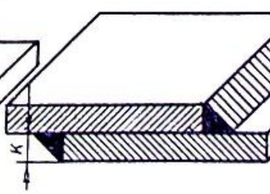
464-ე ნახ.-ზე მოცემულია პირიპირა შედუღებული ნაკერი, სადაც ორი ნაწილი პირიპირ მიედება ერთმანეთს, რომლებსაც წინასწარ ნაწიბურები ჩამოეთლება. შედუღების დროს შედუღების ლითონის ზოლი ამოავსებს ჩამონათლებს და ცოტათი ამოიბურცება. ასეთი შენადუღის ნიშანი ვესებურია.

465-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ნადებითი შედუღება, რომელსაც წერტილოვანი შედუღება ეწოდება. ამ შემთხვევაში ერთ ნაწილს ზემოდან ედება მეორე ნაწილი და შემდეგ ელექტრორკალის საშუალებით წერტილოვნად შედუღდება.

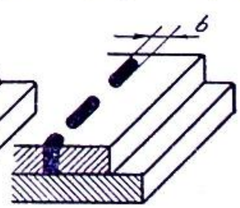
466-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ნადებითი შედუღება, როცა ერთი ნაწილი



ნახ. 465.



ნახ. 466.



ნახ. 467.

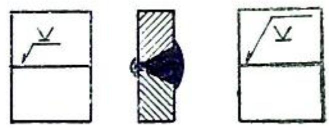
მეორეს დაედება და ნაპირებს შეადუღებენ დამხმარე შემდუღებელი ლითონით.

467-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ნადებითი ნაკერი, როცა შედუღებას აწარმოებენ წვრილი მოკლე ზოლებით. ჩვენ მიერ განხილული შედუღებების მაგალითები მცირეა. სინამდვილეში არსებობს გაცილებით მეტი სხვადასხვა სახის შედუღებები. რომელთა პირობითი ნიშნებიც განსხვავებულია.

468-ე ნახ.-ზე მოცემულია ტესებრი შედუღების მაგალითი, რომელზედაც ნაჩვენებია შედუღების პირობითი აღნიშვნა, როცა შედუღებული ნაწილი ხილვადია, მაშინ შედუღების ნიშანი ნახევარისრით გამოტანილ თაროზე ზემოდან დაეწერება. მარცხნიდან შეხედვით დაგეგმილებული შენადუღი ნაწილი უხილავი იქნება, ამ შემთხვევაში შედუღების ნიშანი თაროს ქვემოდან დაეწერება.

469-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ვესებრი შედუღების პირობითი აღნიშვნის ორი შემთხვევა: როდესაც შენადუღი ხილვადია — შედუღების ნიშანი თაროს ზემოდან დაეწერება; როცა უხილავია — თაროს ქვემოდან.

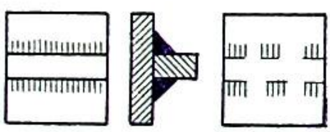
ნახ. 468.



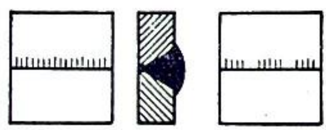
ნახ. 469.

470-ე ნახ.-ზე მოცემულია ტესებრი შედუღების აღნიშვნის სტანდარტით ნებადართული მაგალითი, სადაც მარცხნივ გამოხაზულია გეგმილი, როცა შენადუღი ნაწილი ხილვადია, მარჯვნივ კი — უხილავი.

471-ე ნახ.-ზე მოცემულია ვესებრი შედუღების აღნიშვნის სტანდარტით ნებადართული გამოსახვა. ამ შემთხვევაში შენადუღი ნაწილის მარჯვნიდან შეხედვით (ნახაზზე იგი მარცხნივ მოთავსდება) მიღებულია ხილვადი გამოსახულება, მარცხნიდან შეხედვით კი — უხილავი.

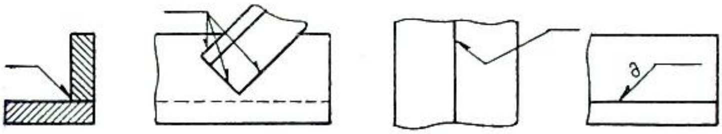


ნახ. 470.



ნახ. 471.

472-ე ნახ.-ზე მოცემულია შენადუღი ნაკერების აღნიშვნის მაგალითები. ნახევარისრით ნაჩვენებია შედუღების ადგილი და ტეხილ ხაზს თაროზე დაეწერება შედუღების ნიშანი და ნაკერის ზომები. მარცხნიდან მეორე გამოსახულებაზე აღნიშნულია შემთხვევა, როცა რამდენიმე შენადუღი ერთნაირია და მათთვის ერთი თარო საკმარისია. მარცხნიდან მესამე გამოსახულებაზე მოცემულია შენადუღი ნაკერების აღნიშვნა ტეხილი ხაზის ორმაგი



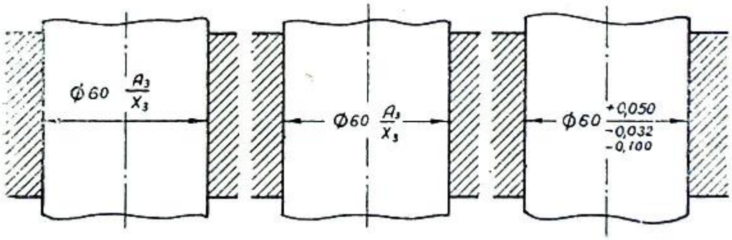
ნახ. 472.

გატეხით. მარცხნიდან მეოთხე გამოსახულებაზე ნაჩვენებია მონტაჟით ნაკერის პირობითი ნიშანი, სადაც ტეხილ ხაზს დახრილ ნაწილზე დაეწერება მონტაჟის ნიშანი „მ". როგორც აღვნიშნეთ, შენადუღი ნაკერების აღნიშვნისა და მისი ზომების დასაწერად ნებადართულია ტეხილი ხაზებით პირობითი ნიშნების გამოტანა და ტეხილი ხაზის ჰორიზონტალურ ნაწილზე (თაროზე) ყოველგვარი საჭირო ნიშნებისა და ზომების დაწერა.

დაშვებებისა და ჩასმების აღნიშვნა

მანქანათა ზუსტი ნაწილების დამზადების დროს საჭიროა ნახაზზე ვუჩვენოთ, თუ რა სიზუსტით უნდა დამზადდეს მანქანის ესა თუ ის ნაწილი. ამისათვის საჭიროა, ნახაზის შედგენისას ამ ნახაზზე მანქანის ნაწილის ნომინალური ზომის აღნიშვნასთან ერთად იქვე დაეწეროს აღნიშნული ზომიდან დასაშვები მინიმალური და მაქსიმალური გადახრები. დეტალის დამზადების დროს ასეთი წარწერები მუშას უადვილებს დეტალის დამზადების მაღალი ხარისხის პროდუქციის გამოშვებას. ზოგიერთ შემთხვევაში იმდენი სიზუსტეა საჭირო, რომ საგნის ნომინალური ზომიდან 0,01 გადახრისას დეტალი უვარგისი ხდება. ზოგჯერ ამდენი სიზუსტეც საჭირო არ არის და მუშა მეტ პროდუქციას გამოუშვებს. საერთოდ დასაშვებ გადახრებს მოკლედ დ ა შ ვ ე ბ ე ბ ს უწოდებენ.

473-ე ნახაზზე მოცემულია ლილვის გადახრების აღნიშვნის სამი შემთხვევა. საერთოდ, არსებობს დაშვების ორი სისტემა — „ნახვრეტის სისტემა" (*A*) და „ლილვის სისტემა" (*B*). ნახვრეტის ზომების გადახრებზე „ნახვრეტის სისტემის" დროს აღნიშნავენ A ასოთი და მას მიუწერენ ინდექსად სიზუსტის კლასს. მაგალითად, „ნახვრეტის სისტემის" დროს ზომა 100 A_3



ნახ. 473.

შეიძლება დაეწეროს მხოლოდ დიამეტრზე და აღინიშნოს, რომ ეს ნახვრეტი უნდა შესრულდეს სიზუსტის მე-3 კლასით. აღნიშვნა $\varnothing$ $100A_3$-ის ნაცვლად შეიძლება დაეწეროს 100+0,07. ლილვის ზომების გადახრის აღნიშვნა ამ სისტემაში უნდა ვუჩვენოთ საჭირო ჩ ა ს მ ე ბ ი ს ნიშნით.

ერთი და იმავე მანქანის სხვადასხვა ნაწილი ერთიმეორესთან სხვადასხვანაირად შეიძლება იყოს შეერთებული. ზოგჯერ საჭიროა, რომ ერთი დეტალი მეორესთან თავისუფლად იყოს მიერთებული, ე. ი. ერთ ნაწილს მეორის მიმართ გარკვეული მოძრაობის შესრულება შეეძლოს; მაგალითად, საჭიროა, რომ ლილვმა თავისუფლად იბრუნოს საკისარში, ამისათვის კი ლილვსა და საკისარს შორის მცირეოდენი ღრეჩო უნდა იქნეს დატოვებული. ეს ღრეჩო წაცხების საშუალებასაც იძლევა. ზოგიერთი ნაწილი კი ერთიმეორესთან საჭიროა უძრავად იყოს დამაგრებული. ამის მიხედვით ერთი ნაწილის მეორეში ჩასმის სახე შეიძლება იყოს მ ო ძ რ ა ვ ი და უ ძ რ ა ვ ი.

ზემოაღნიშნულის მიხედვით დეტალების ერთმანეთთან შეერთებას ჩასმები ვუწოდოთ, რომელიც სტანდარტიზებულია. მოძრავი და უძრავი ჩასმები შეიძლება იყოს სხვადასხვა სახის და აღინიშნება სათანადო ასოებით, სახელდობრ:

მ ო ძ რ ა ვ ი ჩ ა ს მ ი ს ა ს: მოსრიალე ჩასმა — C; მოძრაობით ჩასმა — D; სავალი ჩასმა — X; ადვილსავალი ჩასმა — Л; განიერსავალი ჩასმა — Ш.

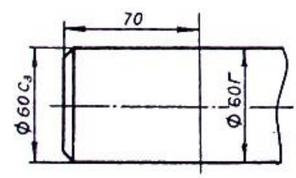
უ ძ რ ა ვ ი ჩ ა ს მ ი ს ა ს: ცხელი ჩასმა — $Г_p$; წნეხილი ჩასმა — $П_p$; ყრუ ჩასმა — Г; ჭექილი ჩასმა — Т; დაძაბული ჩასმა — Н; მჭიდრო ჩასმა — П.

ლილვების ზომების გადახრა ჩასმების ზემოაღნიშნული ნიშნებით უნდა იყოს ნაჩვენები. აღნიშვნა $\varnothing\ 60\,\dfrac{A_3}{X_3}$ ნიშნავს, რომ ნახვრეტის დიამეტრი უდრის 60 მმ-ს, ის შესრულებულია სიზუსტის მე-3 კლასით და ჩასმა სავალია (X). აქვე ნაჩვენებია, რომ ნებადართულია აღნიშვნები გაკეთდეს ზომის ხაზის გაწყვეტითაც.

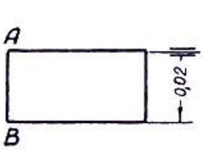
ჩვენ მიერ ნაჩვენები პირობითი ნიშნების ნაცვლად მარცხნიდან მესამე გამოსახულებაზე (ნახ. 473) ნაჩვენებია გადახრების რიცხობრივი მაჩვენებლებით აღნიშვნის მაგალითი.

ზოგჯერ დეტალის დამზადების დროს ვღებულობთ ფორმის დარღვევას დეტალის ნახაზით მოცემული გეომეტრიული ფორმიდან. მაგალითად, ლილვის გამოჩარხვის დროს ზოგჯერ მის განივკვეთს ზუსტად წრეხაზს ვერ ვღებულობთ — მისი ფორმა ოვალურია.

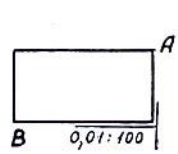
474-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ისეთი აღნიშვნა, როცა ერთ ლილვზე სხვადასხვა დაშვებაა შესაძლებელი, რომლის საზღვარი წვრილი მთლიანი სწო-



ნახ. 474.



ნახ. 475.



ნახ. 476.

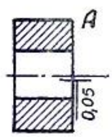
რი ხაზით აღინიშნება, ამ ლილვის მარცხენა და მარჯვენა მხარეებზე სხვადასხვა დასაშვები გადახრებია აღნიშნული.

475-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია, თუ როგორ უნდა აღინიშნოს დასაშვები გადახრა A სიბრტყისა B საყრდენი სიბრტყის მიმართ. აქ აღნიშნულია, რომ ეს გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს 0,02 მმ-ს.

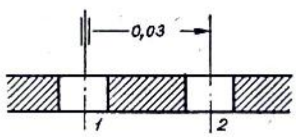
476-ე ნახ.-ზე მოცემულია A სიბრტყის მართობობის დასაშვები გადახრა B სიბრტყის მიმართ, რომელზედაც ნაჩვენებია, რომ 100 მმ-ის მანძილზე ამ ორი სიბრტყის ურთიერთმართობულობიდან გადახრა 0,01 მმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს.

477-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია მილისის ღერძისა და ტორსული სიბრტყის ურთიერთმართობობის დასაშვები გადახრა, რომელიც 0,05 მილიმეტრს არ უნდა აღემატებოდეს.

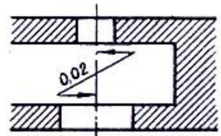
478-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ორი ნახვრეტის ღერძებს შორის პარალელურობის დარღვევის შემთხვევა, სადაც 1 ნახვრეტის ღერძსა და 2 ნახვრეტის ღერძს შორის პარალელურობის დარღვევა, ე. ი. არაპარალელურობა 0,03 მილიმეტრს არ უნდა აღემატებოდეს.



ნახ. 477.



ნახ. 478.



ნახ. 479.

479-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ორი ნახვრეტის არათანაღერძობა (ექსცენტრისიტეტი), რომელიც 0,02 მილიმეტრს არ უნდა აღემატებოდეს.

გოსტ 3457 — 46-ის მიხედვით, ზემოაღნიშნული მნიშვნელობის გარდა, არსებობს დასაშვები გადახრების სხვა ნიშნებიც.

ზედაპირების სიმქისე (გოსტ 2789 — 59-ით)

დეტალის ზედაპირი მისი გამოყენების მიხედვით შეიძლება იყოს მეტად ან ნაკლებად არასწორი. ზედაპირის უსწორობის დასაშვები სიმაღლე, რომელიც სიმქისეს განაპირობებს, განისაზღვრება გარკვეულ ზღვრებში.

აღნიშნული სტანდარტით დადგენილია ზოგიერთი ტერმინი, კლასიფიკაცია და აღნიშვნა, რომელიც დეტალის ზედაპირების სიმქისეს გვიჩვენებს.

480-ე ნახ.-ზე გამოსახულია დეტალის დამუშავებული ზედაპირის რელიეფი — პროფილოგრამა, რომელზედაც აგებულია გადიდებული მასშტაბით ნაჩვენები ზედაპირის უსწორობა. L ბაზის სიგრძის მიხედვით გამოანგარიშებულია *საშუალო არითმეტიკული გადახრა* R_a — წერტილების (Y_1, Y_2..., Y_n) სწორი მანძილების საშუალო მნიშვნელობა გაზომილია პროფილის m საშუალო ხაზიდან და აჯამვის დროს აგებული ნიშნები მხედველობაში მიღებული არაა. ამგვარად, აჯამვის შემდეგ მიღებულია, რომ

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^1 \left| Y \right| dx.$$

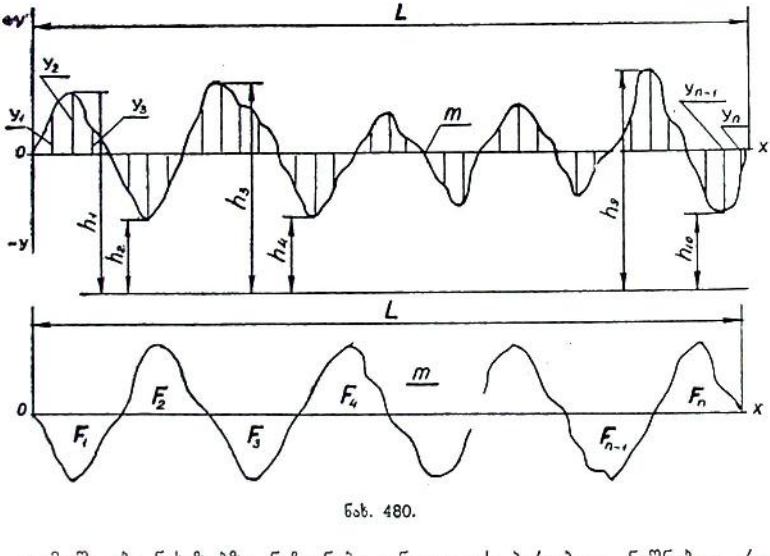
ასეთივე აჯამვით მიღებულია უსწორობის სიმაღლე R_z — საშუალო მანძილი საბაზო სიგრძეს შორის ხუთი უმაღლესი და ხუთი m საშუალო ხაზს ქვევით უდაბლესი წერტილების გაზომვით. წერტილების დაშორება საშუალო ხაზის პარალელური ხაზიდან იზომება.

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + \cdots + h_9) - (h_2 + h_4 + \cdots + h_{10})}{5}.$$

აღნიშნული პარამეტრები გამოთვლილია გარკვეული სიგრძის მქონე მონაკვეთზე, რომელსაც ბაზას უწოდებენ და აღინიშნება L ასოთი.

ამ ნახაზზე მოცემული პროფილოგრამის ქვედა გამოსახულებაზე ნაჩვენებია, რომ საშუალო m ხაზი მიმართული უნდა იყოს გაზომილი პროფილის მიხედვით, და ამ პროფილს ისე უნდა ჰყოფდეს აღებული ბაზის საზღვრებში, რომ შუა m ხაზის ზევითა და ქვევითა ფართობების ჯამი იყოს თანატოლი $F_1 + F_3 + \ldots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + \ldots + F_n$.

დეტალის ზედაპირის სისუფთავის ხარისხის ნახაზზე აღნიშვნების პირობითი ნიშნები მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში, რომელიც დადგენილია სტანდარტის მიხედვით და მასში მოცემული რიცხვები ნაანგარიშევია წინასწარ ზემოთ მოცემული პარამეტრებით. საშუალო ნახაზზე დეტალის მარტო ზომების ჩვენება საკმარისი არაა, არამედ უნდა ვუჩვენოთ დამუშავების ხარისხიც.



ნახ. 480.

დამუშავება ნახაზებზე ნაჩვენები უნდა იყოს პირობითი ნიშნებით, რომელთაც მიწერილი ექნებათ შესაბამისი ახსნა-განმარტებანი.

შავი ზედაპირი შეიძლება მივიღოთ ჩამოსხმით, ჭედვით, ტვიფრვით, გაგლინვით და სხვ.

ამავე ხერხებით შეიძლება მივიღოთ შავი, მაგრამ წმინდა და სწორი ზედაპირები, მხოლოდ აქ საჭიროა დამატებითი ზოგიერთი ზომის მიღება.

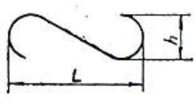
ტლანქი დამუშავების ნიშნებიანი ზედაპირის მიღება შეიძლება ნაკეთის მექანიკური დამუშავებით, როგორიცაა: ნათალის ტლანქად აღება, გაღარვა, ხელით გაჩარხვა და სხვ. მექანიკური დამუშავების საბოლოო სახე ზედაპირის ხეხვით დამუშავებაა, რომლისთვისაც არსებობს სპეციალური სახეხი ჩარხები. ასეთი ჩარხებით შეიძლება უმაღლესი ხარისხის სუფთა და სწორი ზედაპირების მიღება. როგორც აღვნიშნეთ, ზედაპირის უსწორობის საშუალო

ცხრილი 18

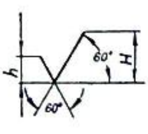
კლასი	ზედაპირის სასუფთავის აღნიშვნა	პროფილის გადახრის საშუალო არითმეტიკული R_a, მკ	უსწორობის სიმაღლე R_z, მკ	ბაზის სიგრძე L, მმ
		არა უმეტესი		
1	$\nabla 1$	80	320	
2	$\nabla 2$	40	160	8
3	$\nabla 3$	20	80	
4	$\nabla 4$	10	40	2,5
5	$\nabla 5$	5	20	
6	$\nabla 6$	2, 5	10	
7	$\nabla 7$	1,25	6,3	0,8
8	$\nabla 8$	0,63	3,2	
9	$\nabla 9$	0,32	1,6	
10	$\nabla 10$	0,16	0,8	0,25
11	$\nabla 11$	0,08	0,4	
12	$\nabla 12$	0,04	0,2	
13	$\nabla 13$	0,02	0,2	0,08
14	$\nabla 14$	0,01	0,05	

გადახრა R_a იზომება მიკრონობით, აგრეთვე უსწორობის საშუალო სიმაღლე R_z იზომება მიკრონობით. ბაზის სიგრძე L იზომება მილიმეტრობით.

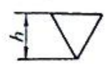
დამუშავებული, მაგრამ თანაბარი — სწორი ზედაპირები აღინიშნება 481-ე ნახ.-ზე მოცემული ფორმით, რომლისთვის $h \geqslant 2,5$ მმ და $L \approx 3h$. დამუშავებულ, მაგრამ ძალიან ტლანქი ნიშნების მქონე ზედაპირებს აღნიშნავენ 482-ე ნახ.-ზე გამოსახული ნიშნით, რომლისათვის $H \geqslant 4$ მმ და $h = 1,5$ მმ.



ნახ. 481.



ნახ. 482.



ნახ. 483.

ზედაპირების სისუფთავის ყოველი კლასისათვის დადგენილია 483-ე ნახაზზე გამოსახული ტოლგვერდა სამკუთხედი, რომლის სიმაღლე $h = 2,5$ მმ-ს. ასეთი სამკუთხედის მარჯვნივ უჩვენებენ ზედაპირის სისუფთავის კლასს. იმ შემთხვევაში, თუ მე-18 ცხრილში მოყვანილი ზედაპირების დამუშავების ხარისხების მაჩვენებელზე უფრო მკაცრ დახასიათებას მოითხოვენ,

ცხრილი 19

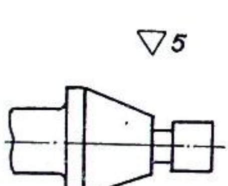
ზედაპირების სისუფთავის კლასები	პროფილის გადახრის საშუალო არითმეტიკული R_a მკ			ზედაპირის უსწორობის სიმაღლე R_z, მკ		
	თანრიგები					
	a	ბ	b	*a*	ბ	b
	არა უმეტესი					
6	2,5	2,0	1,6	10	8	—
7	1,25	1,0	0,8	6,3	5,0	4,0
8	0,63	0,5	0,4	3,2	2,5	2,0
9	0,32	0,25	0,20	1,6	1,25	1,0
10	0,16	0,125	0,10	0,8	0,63	0,50
11	0,08	0,063	0,05	0,4	0,32	0,25
12	0,04	0,032	0,025	0,2	0,16	0,125
13	0,02	0,016	0,012	0,1	0,08	0,063
14	0,01	0,008	0,006	0,05	0,04	0,032

საჭიროა 6 — 14 კლასები დავყოთ თანრიგებად, რომელთაც აღვნიშნავთ *a*, ბ და *b* ასოებით.

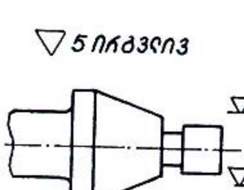
ზედაპირების სიმქისის კლასები მოიცავენ მხოლოდ მაქსიმალურ სიდიდეს სიმქისის R_a ან R_z პარამეტრებით; მაგალითად, ▽ 9 შეიცავს ზედაპირს R_a არა უმეტეს 0,32 მიკრონს. თუ საჭიროა სიმქისის მაქსიმუმი და მინიმუმი განისაზღვროს, მაშინ აღნიშვნა უნდა გაგვეკეთებინა ორი რიცხვით — ▽9—10. ამ შემთხვევაში ნაჩვენებია, რომ სიმქისე (R_a) უნდა იყოს არანაკლები 0,16 და არა უმეტესი 0,32 მიკრონისა, რასაც დეტალზე აღვნიშნავთ ▽ 9ბ—9*b*. ეს ნიშნავს, რომ R_a უნდა იყოს არანაკლები 0,2 და არა უმეტესი 0,25 მიკრონისა. როგორც ვხედავთ, ზღვრები ამ შემთხვევაში ერთიმეორეს დაუახლოვდა (ცხრილი 19).

484, 485, 486, 487, 488 და 489-ე ნახაზებზე მოცემულია დეტალის ზედაპირის დამუშავების ხარისხის ჩვენების მაგალითები.

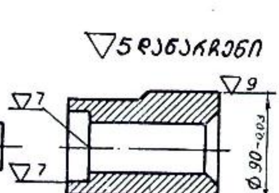
484-ე ნახაზზე ნაჩვენებია შემთხვევა, როდესაც დეტალის ზედაპირები ერთნაირი სიზუსტით დამუშავდება, მაშინ ნახაზის მარჯვენა ზედა კუთხეში უნდა დაეწეროს სისუფთავის კლასისა და ზოგჯერ თანრიგის შესაბამისი აღნიშვნები.



ნახ. 484.



ნახ. 485.



ნახ. 486.

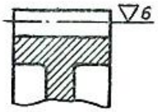
485-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია შემთხვევა, როცა, გარდა სისუფთავის აღნიშვნისა, მიწერილია სიტყვა „ირგვლივ“ (ყველა მხრიდან ერთნაირად უნდა დამუშავდეს).

486-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია შემთხვევა, როდესაც დეტალის ზედაპირი სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვა სისუფთავის უნდა იყოს, მაშინ ზედაპირის ყოველ ნაწილზე აკეთებენ სისუფთავის შესაბამის აღნიშვნას.

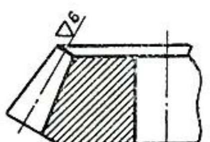
487-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ცილინდრული კბილანის კბილების დამუშავების სისუფთავის ნიშანი, რომელიც მუშა ზედაპირზეა აღნიშნული მოდების წრეხაზის საშუალებით.

488-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია კონუსური კბილანის მუშა ზედაპირის სისუფთავის აღნიშვნა მოდების წრეხაზის საშუალებით.

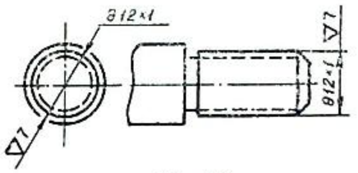
489-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ხრახნის ზედაპირის სისუფთავის ნიშნის დასმის ორი მაგალითი, რომლებიც ერთისა და იმავე ზედაპირის სისუფთავის ნიშანია. ცხადია, ნახაზზე ერთ-ერთი უნდა დარჩეს.



ნახ. 487.



ნახ. 488.



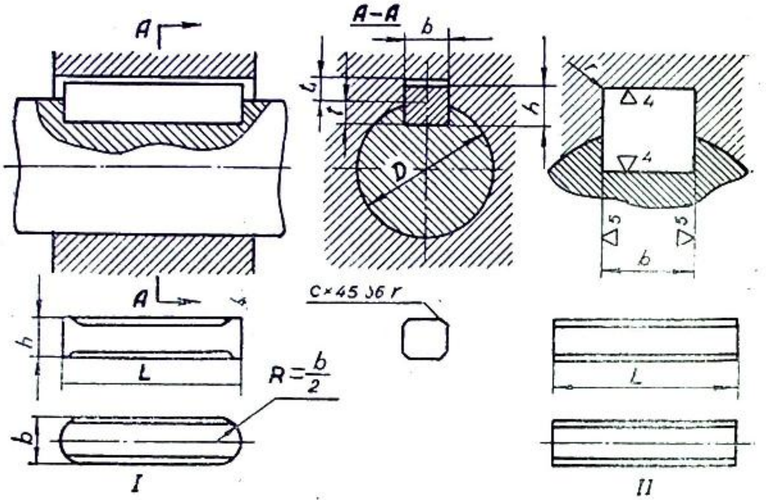
ნახ. 489.

სოგმანებით შეერთება

მანქანათა ნაწილების შეერთების დროს გვხვდება სხვადასხვა ფორმის სოგმანები. სოგმანები, საერთოდ, ლილვის მბრუნავ ნაწილებთან (სალტედე ბორბლების, კბილანების და სხვ.) დასამაგრებლად იხმარება. სოგმანები ფორმის მიხედვით შეიძლება იყოს: პრიზმული, სოლისებრი, სეგმენტური და სხვ.

490-ე ნახ.-ზე მოცემულია პრიზმული ჩვეულებრივი სოგმანების საშუალებით კბილანების ან სალტედე ბორბლების ლილვზე დამაგრების სახეები. ამ ნახაზზე ზომების ნაცვლად დაწერილია ასოები, რომელთა მიხედვით შეიძლება ცხრილიდან ამოვწეროთ ასოების მნიშვნელობები და გარკვეული ზომებით ავაგოთ ნახაზი. პრიზმული სოგმანები გამოხაზულია ორგვარი შესრულებით: შესრულება 1 — როდესაც პრიზმის ფუძეები R რადიუსით არის მომრგვალებული და წიბოებიც ჩამოთლილი ან r რადიუსით მომრგვალებულია; შესრულება 2 — როდესაც პრიზმის მხოლოდ წიბოებია ჩამოთლილი ან მომრგვალებული.

პრიზმული სოგმანი უძრავი ან მოძრავი შეერთების დროს იხმარება: სოლისებრი სოგმანები იხმარება მხოლოდ უძრავი შეერთების დროს, რომელსაც ამზადებენ დაახლოებით 1 : 100; სეგმენტური სოგმანი გამოიყენება უძრავი დაძაბული შეერთების დროს.



ნახ. 490.

ზომები მილიმეტრობით გოსტ 8788—58

ცხრილი 20 (ნახ. 490)

ლილვის დიამეტრი D	სოგმანის კვეთი b×h	შესრულება 1		შესრულება 2		r არაუმეტესი	სოგმანის სიგრძე L
		ლილვი	მ-ლისი	ლილვი	მილისი		
		t	t_1	t	t_1		
18÷24	6×6	3,5	2,6	3,8	2,3		14—56
24÷30	8×7	4,0	3,1	4,5	2,6		18—70
30÷36	10×8	4,5	3,6	5,2	2,9	0,8	22—90
36÷42	12×8	4,5	3,6	5,2	2,9		28—110
42÷48	14×9	5,0	4,1	5,8	3,3		36—140
48÷55	16×10	5,0	5,1	6,5	3,6		45—180
55÷65	18×11	5,5	5,6	7,1	4,0	0,5	50—200
65÷75	20×12	6	6,1	7,8	4,3		56—220
75÷90	20×14	7	7,2	9,0	5,2		63—250
90÷105	28×16	8	8,2	10,3	5,9		70—280
105÷120	32×18	9	9,2	11,5	6,7	0,8	80—315
120÷140	36×20	10	10,2	12,8	7,4		90—355
140÷170	40×22	11	11,2	13,5	8,7		100—400
170÷200	45×25	13	12,2	15,3	9,9		110—450

ზამბარების გამოხაზვის ხერხები

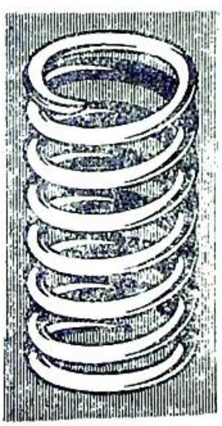
მანქანათა ნაწილებში, სხვადასხვა მექანიზმებში, აპარატებსა და მანქანებში ხშირად გვხვდება ზამბარები. მანქანებში ან სხვა მოწყობილობებში ზამბარები სხვადასხვა ფორმის გვხვდება; მისი ფორმა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა დანიშნულებას ასრულებს იგი.

491-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ხრახნული ზამბარა, რომელიც კუმშვაზე იმუშავებს. ასეთივე ხრახნულ ზამბარას თუ დავუმატებთ მოწყობილობას და შეკუმშულს დავამზადებთ, მაშინ ის გაჭიმვაზე იმუშავებს.

ГОСТ 3461 — 59-ის მიხედვით ხრახნული ზამბარების გამოხაზვის დროს შეიძლება მისი გამარტივებულად გამოსახვა და საჭირო არაა მთლიანი ხვიების გამოხაზვა, ან პირობით შეიძლება ხრახნული ხვია სწორხაზობრივად ტეხილი ხაზებით გამოვხაზოთ.

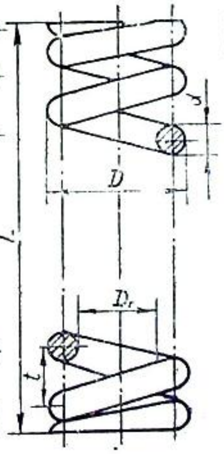
492-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ხრახნული ზამბარის ჭრილში ჩვენების მაგალითი. ამ მაგალითზე ყველა ხვია გამოხაზული არ არის და ის შეცვლილია მარტივად აგებით. ხვიის კვეთი წრიულია.

493-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ხრახნული ზამბარის გაუჭრელ მდგომარეობაში გამარტივებულად გამოხაზვის მაგალითი. ამ ნახაზზე გამოსახულია ხვიების ნაწილი ამოჭრით და ზომებით, რაც სტანდარტით არის გათვალისწინებული. ხვიის კვეთი წრიულია.



ნახ. 491.

ნახ. 492.



ნახ. 493.

ნახ. 494.

494-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ხრახნული ზამბარა, გამარტივებულად გამოხაზული, რომლის კვეთი კვადრატულია. ეს ზამბარა ნაგულისხმევად გაჭრილია გამოხაზული.

საერთოდ, თუ ხრახნულ ზამბარებს ოთხზე მეტი ხვია აქვს, მაშინ უმჯო-

პესია ზამბარის ორივე მხრიდან გამოიხაზოს 1—2 ხვია, ზამბარის შუა ნაწილი კი მხოლოდ ღერძის ხაზით ვუჩვენოთ.

თუ ხვიის განივკვეთის სისქე ნახაზზე 2,5 მმ-ის ტოლი ან ნაკლებია, მაშინ ყოველი ხვიის განივკვეთი ზამბარის ჭრილში გამოსახვისას მთლიანად უნდა გაშავდეს.

როდესაც ხვიის განივკვეთის განზომილება ნახაზზე 1 მმ-ზე ნაკლებია, მაშინ სჯობს იგი სქემატურად გამოისახოს.

კბილანები

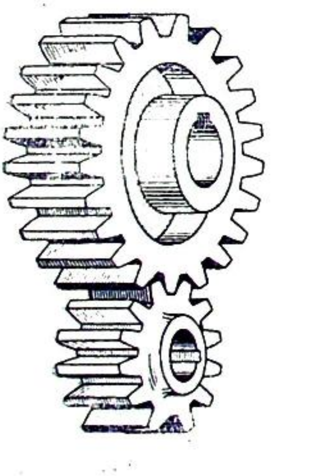
მანქანებსა და მექანიზმებში კბილანები გამოყენებულია ბრუნვითი მოძრაობის გადაცემის ძირითად საშუალებად. კბილანებით სწორხაზობრივ მოძრაობასაც გადასცემენ (ლარტყების საშუალებით). კბილანები არსებობს: ცილინდრული, კონუსური და სწორხაზობრივი — ლარტყაზე.

495-ე ნახ.-ზე გამოსახულია კბილათვლების ერთიმეორესთან შეერთება ბრუნვითი მოძრაობისათვის. ამ ნახაზზე მოცემულია ცილინდრული კბილათვლები.

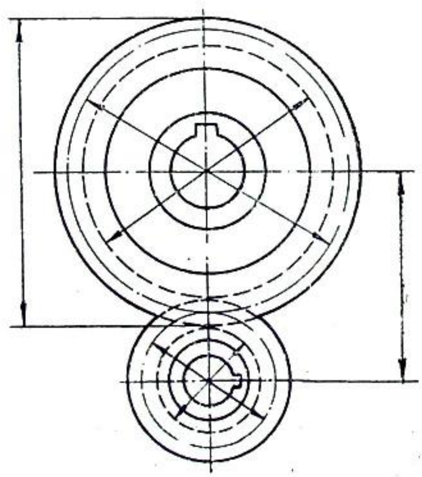
496-ე ნახ.-ზე მოცემულია ასეთი ცილინდრული კბილათვლების სქემატური გამოსახვის ხერხი და ნახაზზე ზომების დაწერის წესები.

როგორც ნახაზიდან ნათლად ჩანს, კბილათვლების სქემატური გამოსახვა მარტივია, მაგრამ მას თვალსაჩინოება აკლია და სრულიად არ ჩანს კბილის ფორმა (პროფილი).

497-ე ნახ.-ზე მოცემულია ცილინდრული კბილათვლის ნაწილის აქსონომეტრიული გამოსახულება, რომელზედაც ძირითადი ზომების მაგივრად აღნიშვნები ნაჩვენებია ასოებით. კბილების წვერები და ფუძეები დალაგებუ-



ნახ. 495.



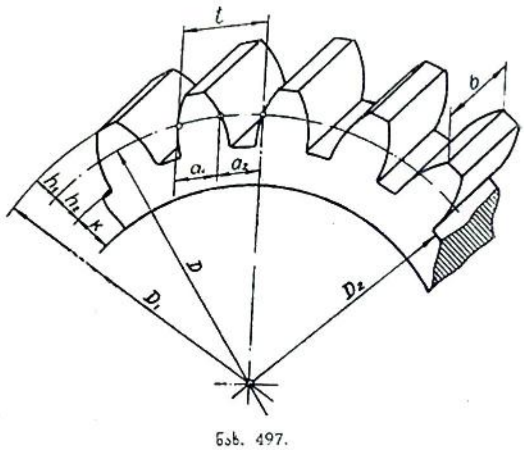
ნახ. 496.

ლია ორ კონცენტრულ წრეხაზზე, რომელთა დიამეტრებია D_1 და D_2. მესამე D-დიამეტრიანი კონცენტრული წრეხაზი გადის ამ ორ წრეხაზს შორის და კბილის h სიმაღლეს ყოფს h_1 და h_2 ნაწილებად. ამ წრეხაზს საწყის წრეხაზს უწოდებენ. ერთმანეთთან მოდებული ორი კბილათვლის საწყისი წრეხაზები ურთიერთმხებია.

კბილის სისქე აღნიშნულია a_1 ასოთი, რომელიც საწყის წრეხაზზე აიღება. საწყის წრეხაზზე აღებული მანძილი ერთი კბილის ნაპირიდან მეორე კბილის ნაპირამდე არის კბილის ღრმულის სიგანე, რომელიც a_2 ასოთი არის აღნიშნული. თუ a_1 მანძილს დავუმატებთ a_2 მანძილს, მივიღებთ მოდების ნაბიჯს, რომელსაც t ასოთი აღვნიშნავთ.

კბილების რიცხვი აღნიშნულია Z ასოთი და ის მუდამ მთელი რიცხვი უნდა იყოს. t ნაბიჯს, კბილების Z რიცხვს და საწყისი წრეხაზის D დიამეტრს შორის შემდეგი დამოკიდებულებაა: $tZ=\pi D$. აქედან

$$D=\frac{t}{\pi}Z.$$



ნახ. 497.

ვინაიდან კბილთა რიცხვი Z მუდამ მთელი რიცხვია, ამიტომ კბილათვლების დახაზვის დროს ყოველთვის უმჯობესია საწყისი წრეხაზის D დიამეტრი გამოისახოს მთელი რიცხვით (ან უკიდურეს შემთხვევაში ერთი ათწილადი ნიშნით). ამისათვის კი აუცილებელია, რომ t-ს შეფარდებამ π რიცხვზე მოგვცეს მთელი რიცხვი, რომელსაც მოდულს უწოდებენ და აღნიშნავენ m ასოთი, ე. ი. $\frac{t}{\pi}$; ამ მნიშვნელობას თუ შევიტანთ წინა ტოლობაში, მივიღებთ: $D=mz$.

497-ე ნახ.-ზე აღნიშნული კბილათვლის ყველა ზომას შორის არსებობს შემდეგი დამოკიდებულება: $D=mz$; $t=m\pi$; $h=2,25m$; $h_1=m$; $h_2=1,25m$: $a_1=1,55m$; $a_2=1,61m$; დამუშავებული კბილანებისათვის $a_1=a_2=0,5t$.

მოცემული ნახაზის მიხედვით კბილათვლის დასამზადებლად უნდა ვიცოდეთ: 1) მოდული m და 2) კბილების რიცხვი z.

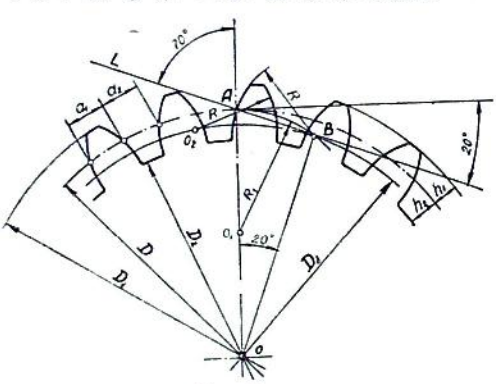
მოდული m და კბილების რიცხვი z სრულიად საკმარისია კბილათვლის დანარჩენი ზომების გამოსარკვევად. ამიტომ ნახაზებზე კბილათვლების ყველა ზომის დაწერა სავალდებულო არაა. კბილის სიგრძე აღნიშნულია b ასოთი, რომელიც აიღება დაახლოებით $b=(6\div120)m$. ნორმალურად კი $b=10m$ ფერსოს სისქე აღნიშნულია K ასოთი, სადაც $K\approx0,5t\approx1,57m$.

მოდული m-ის სიდიდე ОСТ 1597-ის მიხედვით მოცემულია შემდეგი

რიცხვებით: 0,3; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; (2,75); 3: (3,25); 3,5; (3,75); 4; (4,25); 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28; 30; 33; 36; 39; 42; 45; 50 (ფრჩხილებში ჩასმული მოდულების სარგებლობა არაა რეკომენდებული).

სტანდარტის საფუძველზე გაჭრებში კბილები არასდროს არ წაიხაზება. კბილების თავების წრეხაზები გაივლება მთლიანი ხაზებით, ხოლო ორი კბილანის ერთმანეთთან შეხვედრის განაპირა წერტილიდან მეორე განაპირა შეხვედრის წერტილამდე ისინი გაივლება უფრო წვრილი წყვეტილი წრეხაზებით. კბილების ძირების წრეხაზი შემოიხაზება წყვეტილხაზით. წყვეტილი ხაზის სისქე კონტურის ხაზის სისქის ნახევარი უნდა იყოს. საერთოდ კბილის პროფილს აქვს ციკლოიდური ან ევოლვენტური მრუდის სახე. უფრო გავრცელებულია ევოლვენტური მრუდის სახე.

განვიხილოთ ცილინდრული კბილათვლის კბილის პროფილის მიახლოებით გამოხაზვა (ნახ. 498). გავავლოთ შვეული ღერძის ხაზი, რომელზეც ავიღოთ წერტილი O, ეს წერტილი ვიგულისხმოთ კბილანის ცენტრად.



ნახ. 498.

O წერტილიდან ზემოთ ამ ღერძის ხაზზე გადავზომოთ მონაკვეთი, რომლის სიგრძე უდრის საწყისი D დიამეტრის ნახევარს; მივიღებთ A წერტილს, ე. ი. $OA=0,5D$ (სადაც $D=mz$; მოდული m და კბილთა რიცხვი z წინასწარ მოცემულია). A წერტილზე გავავლოთ შვეულ ღერძთან 70°-ით დახრილი L სწორი ხაზი. O წერტილიდან L სწორ ხაზზე დაშვებულია მართობული სწორი ხაზი, გადაკვეთის წერტილი აღნიშნულია B ასოთი. B წერტილის მიღება ნახაზზე მეორე ხერხითაც არის ნაჩვენები — OA მონაკვეთი გაყოფილია შუაზე და მიღებული O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, O_1A რადიუსით შემოხაზულია რკალი L სწორი ხაზის B წერტილში გადაკვეთამდე.

მიღებულ B წერტილზე კბილანის O ცენტრიდან გავავლოთ OB-რადიუსიანი წრეხაზი, რომლის დიამეტრი აღვნიშნოთ $D_ძ$ (სადაც $D_ძ$ არის ძირითადი წრის დიამეტრი).

B წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $AB=R$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომელიც მიახლოებით იქნება კბილის ევოლვენტური პროფილი. კბილანის მეორე გვერდის შემოსახაზავად A წერტილიდან საწყის წრეხაზზე გადავზომავთ მარჯვნივ a_1 კბილის სისქეს და მიღებული წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზავთ R-რადიუსიან რკალს საწყისი წრეხაზის O_2 წერტილში გადაკვეთამდე. O_2 ცენტრიდან R რადიუსით შემოხაზული წრეხაზის რკალი იქნება კბილის მეორე გვერდის პროფილი. O წერტი-

ლიდან, როგორც კბილანის ცენტრიდან, შემოვხაზავთ კბილების თავების წრეხაზს, რომლის რადიუსი$=D_1:2=(mz+2h_1):2$. შემდეგ შემოვხაზავთ კბილების ღრმულის წრეხაზს O ცენტრიდან, D_2 (ღრმულების წრეხაზის დიამეტრი)$:2=$ $=(mz-2h_2):2$ რადიუსით. ამ წრეხაზის გადაკვეთა კბილის პროფილის რკალთან შევაუღლოთ $r=0{,}2m$ შეუღლების რადიუსით. მივიღებთ კბილის პროფილის მიახლოებით გამოსახულებას. აღნიშნული წესით შემოვხაზავთ დანარჩენ კბილებსაც და მივიღებთ ცილინდრული კბილანის ევოლვენტურ პროფილს.

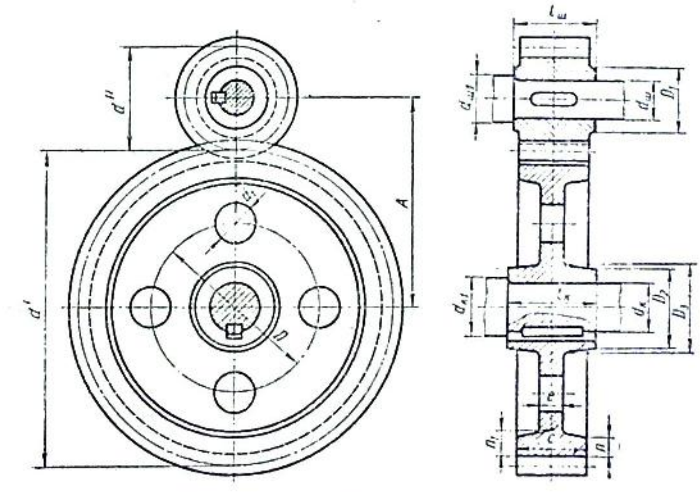
499-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ცილინდრული კბილანების მუშა მდგომარეობის დროს სქემატურ და გაჭრილ მდგომარეობაში ჩვენების მაგალითი.

ამ ნახაზზე სქემატური გამოხაზვის დროს ზოგიერთი პირობითობაა დაშვებული, რაზედაც ზემოთ გვქონდა ლაპარაკი.

ნახაზის შესადგენად გამოვიყენოთ ქვემოთ მოყვანილი ცხრილი.

ც ხ რ ი ლ ი 21 (ნახ. 499)

m	$Z_к$	$Z_ш$	$d_к$	$d_ш$	D	d_1	$d_{к1}$	$d_{ш1}$	$L_к$	$L_ш$	C
4	26	13	20	16	56	12	24	20	34	34	30
3,5	36	12	20	16	68	15	25	19	36	28	22

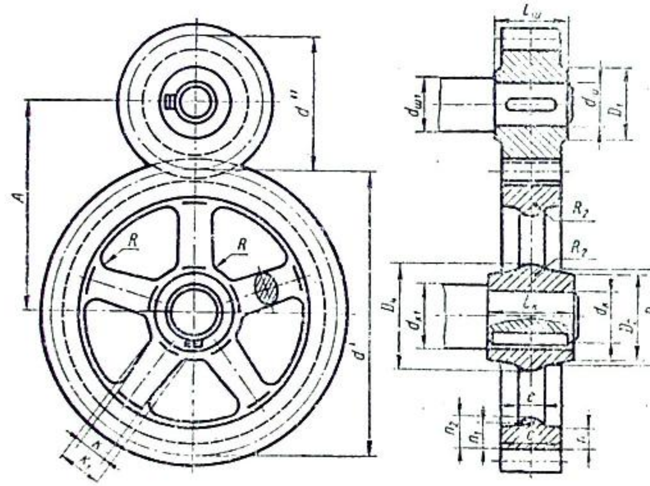


ნახ. 499.

ნახაზის შესასრულებლად საჭირო ზომები ცხრილის გარდა შემდეგია: $e=\frac{1}{3}C$; $n=2m$; $n_1=n+0{,}5m$; $D_1=1{,}7d_ш$; $D_2=1{,}7d_к$; $D_3=D_2+m$; $d'=mz_к$; $d''=mz_ш$; დიდი კბილანის კბილების თავების წრეხაზის დიამეტრი $=d'+2h_1=d'+2m$; ღრმულის წრეხაზის დიამეტრი $=d'-2h_2=d'-2{,}5m$.

ნახ. 500-ზე გამოსახულია ცილინდრული კბილათვლები მუშა მდგომარეობაში. ეს მაგალითი წინა მაგალითის მსგავსია, მაგრამ ის სქემატურ გამოსახულებაზე მოითხოვს შეუღლებებს, რომლისთვისაც უნდა გავიხსენოთ გეომეტრიულ ხაზვაში შესწავლილი შეუღლების საკითხები. დანარჩენი მითითება ნახაზის შესრულებაზე იგივეა, რაც წინა ნახაზებზე გვქონდა. როგორც წინა, ისე ამ ნახაზზე ზომები არ არის მოცემული სოგმანებზე, ამიტომ უნდა მივმართოთ წინათ განხილული სოგმანებით შეერთებისათვის მოცემულ ნახაზს.

აღნიშნული ნახაზის ასაგებად დაგვჭირდება ისეთი სიდიდეები, რომლებიც ცხრილში არ არის მოთავსებული და მათი გამოთვლა შეიძლება შემდეგი დამოკიდებულებიდან: $D_1=1,7d_ш$; $D_2=1,7d_к$; $D_3=D_2+m$; $D_4=D_2+2,5m$; $n=2m$; $n_1=n+0,5m$; $n_2=3,5m$. როგორც ვხედავთ, ნახაზისთვის საჭირო ყველა ზომა შეიძლება გავიგოთ ზოგი თვით ცხრილიდან და ზოგიც ცხრილიდან ამოღებული რიცხვების მიხედვით, სიდიდეთა ურთიერთდამოკიდებულებით. ნახაზის ნატურალური ზომებით შესრულება გააადვილებს ნახაზის შედგენას.

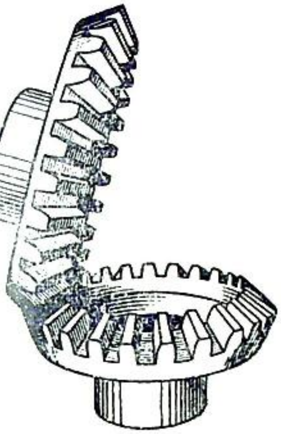


ნახ. 500.

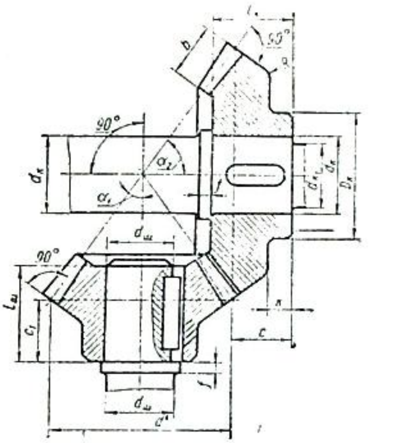
ც ხ რ ი ლ ი 22 (ნახ. 500)

m	$Z_к$	$Z_ш$	$d_к$	$d_ш$	$d_{к1}$	$d_{ш1}$	C	$L_к$	$L_ш$	c	k	k_1	R	R_1	R_2
8	28	13	40	32	48	40	50	70	58	14	22	30	15	10	10
10	55	25	110	70	130	90	100	150	120	30	60	80	30	20	20

501-ე ნახ.-ზე მოცემულია კონუსური კბილათვლების აქსონომეტრიულ-



ნახ. 501.



ნახ. 502.

გამოსახულება, სადაც ნათლად ჩანს კბილების ფორმა. ეს ნახაზი მხოლოდ თვალსაჩინოებისათვის არის გამოსახული.

ცილინდრული კბილათვლებით გადაცემა ხორციელდება ურთიერთპარალელურ ღერძებს შორის, ხოლო როცა ღერძები ერთმანეთს რომელიმე კუთხით კვეთენ, მაშინ გადაცემა კონუსური კბილათვლებით ხორციელდება. კონუსური კბილათვლების ყველა ერთმხრივ მიმართული წიბოების გაგრძელება გადაიკვეთება იმ წერტილში, სადაც ღერძები იკვეთებიან.

502-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია ისეთი კონუსური კბილათვლების მუშა მდგომარეობის ჭრილში გამოსახვის მაგალითი, სადაც კონუსური კბილათვლების ღერძები ურთიერთმართობულია. ეს ნახაზი გამოსახაზავად არ არის მოცემული, არამედ იგი უნდა შევადაროთ თვალსაჩინო გამოსახულებას.

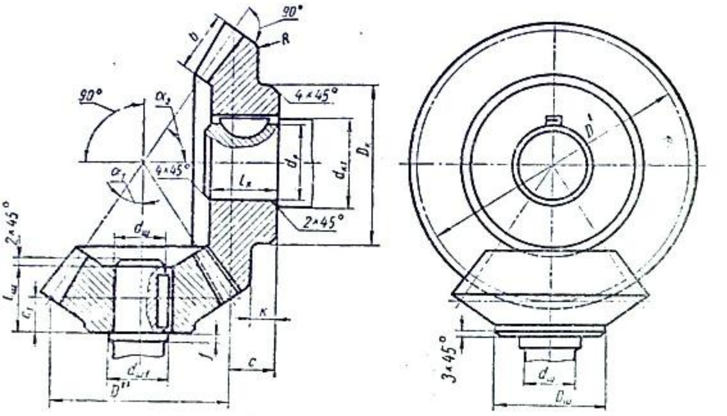
503-ე ნახ.-ზე მოცემულია კონუსური კბილათვლების სქემატური და ჭრილში გამოხაზვის მაგალითი, რომლისთვისაც ზომები ცხრილიდან უნდა ამოვიღოთ.

ამ ნახაზის შესადგენად დაგვჭირდება ზოგიერთი ზომა, რომელიც ცხრილში არ მოიპოვება. ასეთი ზომები შეიძლება გამოვიანგარიშოთ კონუსური კბილანების ზომების ურთიერთდამოკიდებულებიდან. ასე, მაგ.:

$$D_{ш} = 1{,}7 d_{ш};\quad D_{к} = 1{,}7 d_{к} \text{ და } R = m$$

504-ე ნახ.-ზე მოცემულია თვალსაჩინო გამოსახულება ისეთი გადაცემისა, როცა ლილვების ღერძები ურთიერთაცდენილია. ასეთი გადაცემა განხორციელდება ჭიახრახნისა და ცილინდრული კბილანას საშუალებით და მას *ჭიაგადაცემას* უწოდებენ.

ჭიაგადაცემისათვის ჭიათვალს სპეციალურად ამზადებენ წინათ განხილული კბილათვლებისაგან განსხვავებით. ეს განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ ჭიახრახნი თვით ლილვზეა მოჭრილი და ცილინდრულ კბილანასთან მი-



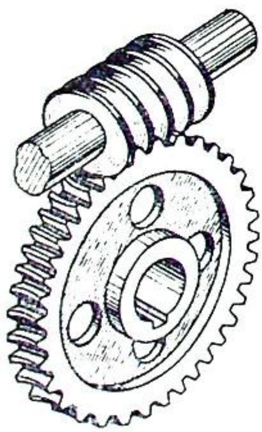
ნახ. 503.

ცხრილი 23 (ნახ. 503).

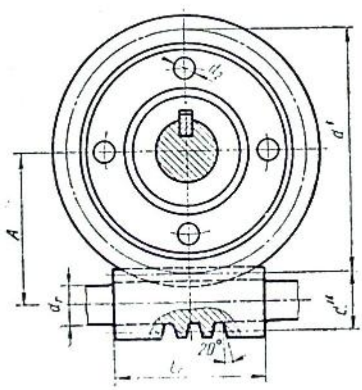
m	$Z_к$	$Z_ш$	$d_к$	$d_ш$	b	C	C_1	$L_к$	$L_ш$	k	$d_{ш1}$	$d_{к1}$	t
10	24	16	70	46	52	40	34	58	60	20	54	78	6
8	26	18	64	48	46	60	40	76	70	40	54	72	6

ის შეერთება მოითხოვს კბილანის კბილების ნაწილობრივ ამოღარვას, რომელშიც ლილვზე მოჭრილი ხრახნი ჩაჯდება.

505-ე ნახ.-ზე მოცემულია ჭიახრახნის ნახევრად სქემატური გამოსახუ-



ნახ. 504.



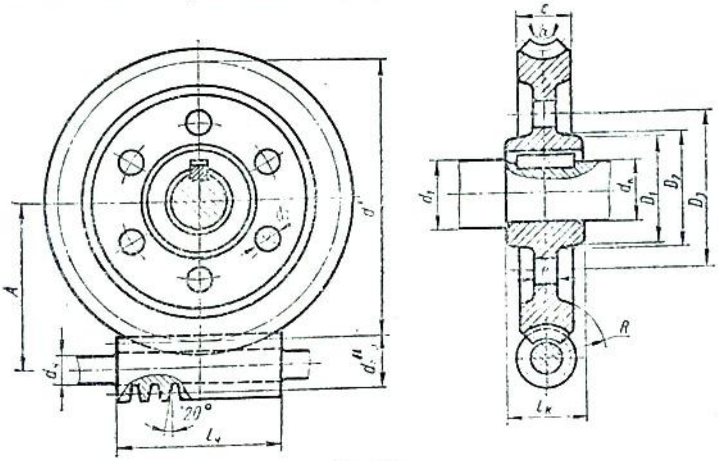
ნახ. 505.

ლება. აქ მხოლოდ ლილვზე მოჭრილი ხრახნის პროფილია ნაჩვენები.

506-ე ნახ.-ზე მოცემულია ჭიახრახნის სქემატური და ჭრილში გამოხაზვის მაგალითი.

თუ მოცემულია კბილათვლის m მოდული და z კბილთა რიცხვი, აგრეთვე ჭიახრახნის (ჭიას) საწყისი დიამეტრი, შეიძლება ვიანგარიშოთ დანარჩენი ზომები, რომლებიც ჭიახრახნის ასაგებად დაგვჭირდება.

ზოგიერთი ზომა, რომელიც ამ ცხრილში არ არის მოცემული, შეიძლება გამოვთვალოთ შემდეგი დამოკიდებულებით: $D = 1{,}7d_k$; $D_2 = D_1 + m$; $u = d'' - 3{,}5m$; $d'' = 2A - d'$. ჭიახრახნი ორშესავლიანია.



ნახ. 506.

ცხრილი 24 (ნახ. 506)

m	Z_K	d_K	d_1	A	D_3	d_2	C	L_4	L_K	R	C	α
5	44	48	56	130	124	20	42	126	60	40	18	90°
6	40	54	62	150	146	24	58	200	66	52	18	90°

ᲛᲔᲨᲕᲘᲓᲔ ᲗᲐᲕᲘ

ᲡᲐᲒᲜᲘᲡ ᲜᲐᲢᲣᲠᲘᲓᲐᲜ ᲜᲐᲮᲐᲖᲘᲡ ᲨᲔᲓᲒᲔᲜᲘᲡ ᲬᲔᲡᲔᲑᲘ

ᲪᲜᲔᲑᲐ ᲔᲡᲙᲘᲖᲔᲑᲘᲡ ᲨᲔᲡᲐᲮᲔᲑ

სამანქანათმშენებლო ხაზვაში საგნის ნატურიდან გამოხაზვა ფართოდ არის გამოყენებული და მოითხოვს განსაკუთრებული სამუშაოების ჩატარებას.

საგნის ნატურიდან ნახაზის შედგენის დროს სრულდება ორგვარი მუშაობა: 1) საგნის გეგმილების გამოხაზვა ხდება უიარაღოდ, მარტო ფანქრით

და თვალზომით, მხოლოდ დაცული იქნება საგნის ნაწილების სიდიდეთა პროპორცია (თვალზომით); ასეთ ნახაზს დაეწერება ყველა საჭირო ზომა (რომელიც გამოხაზვისათვის დაგვჭირდება); საგნის გაზომვას აწარმოებენ სპეციალური გამზომი იარაღების საშუალებით; თუ ნახაზი მოითხოვს, ვაწარმოებთ ასეთი საგნის ნაგულისხმევად გაჭრას ან სტანდარტის მიხედვით სხვა პირობით აღნიშვნას, რაც საგანზე მოგვცემს სრულ წარმოდგენას. ასეთნაირად შედგენილ ნახაზს ე ს კ ი ზ ი ეწოდება.

ესკიზების შესრულება ხდება მილიმეტრებად დაყოფილ ქაღალდზე (ან უჯრებიან ქაღალდზე), ჯერ უფრო მაგარი („T“ ან „TM“ ფანქრით, წვრილი ხაზებით ისე, რომ მათი წაშლა ადვილი იყოს და ქაღალდზე კვალი არ რჩებოდეს. ხილვადი და უხილავი კონტურის ხაზებით შემოვლა უნდა მოხდეს რბილი ფანქრით („M“ ან „$2M$“). ესკიზი დამთავრების შემდეგ უნდა შემოწმდეს ნატურასთან, ხომ არ აკლია ზომა ან რომელიმე ფორმა, რაც ესკიზიდან ნახაზის შედგენის დროს იქნება საჭირო. უნდა გვახსოვდეს, რომ არასწორად შედგენილი ესკიზის საფუძველზე შედგენილი ნახაზი სწორი არ იქნება და, ცხადია, არასწორი ნახაზიდან დამზადებული დეტალი წუნდებული იქნება.

2) ესკიზის საფუძველზე საგნის ნახაზის შედგენა ხელსაწყო-იარაღებით. რაც სრულდება ჯერ შედარებით მაგარი ფანქრით („T“), და შემდეგ კი ხაზებს შემოავლებენ რბილი ფანქრით („$2M$“) ან, თუ საჭიროა, ტუშით.

გამოსახაზავი საგნის სიდიდის მიხედვით შეიძლება დაგვჭირდეს, ამ საგანთან შედარებით, ნახაზების შედგენა გადიდებულად ან შემცირებულად, რაც იმას ნიშნავს, რომ ტექნიკურ ნახაზებში საგნები ყოველთვის თავისი ნამდვილი სიდიდით არ გამოიხაზება. ზოგჯერ ისეთი სიდიდის საგნების გამოხაზვაა საჭირო, რომ მათი ქაღალდზე მოთავსება შეუძლებელია, ან ისეთი პატარა საგნები გვხვდება გამოსახაზავად, რომ მათი ნახაზი ძნელად გასარკვევი იქნება. პირველ შემთხვევაში საჭიროა რაღაც გარკვეული ფარდობით ნახაზის შემცირება, მეორე შემთხვევაში კი — გადიდება. ნახაზზე აღებული სწორი ხაზის მონაკვეთის სიგრძის შეფარდებას ამ მონაკვეთის ნამდვილ სიგრძესთან რიცხვითი მასშტაბი (ზომსადარი) ეწოდება. გადიდების ან შემცირების მასშტაბები დადგენილია სტანდარტის მიერ და ნებისმიერი რიცხვის აღება დაუშვებელია.

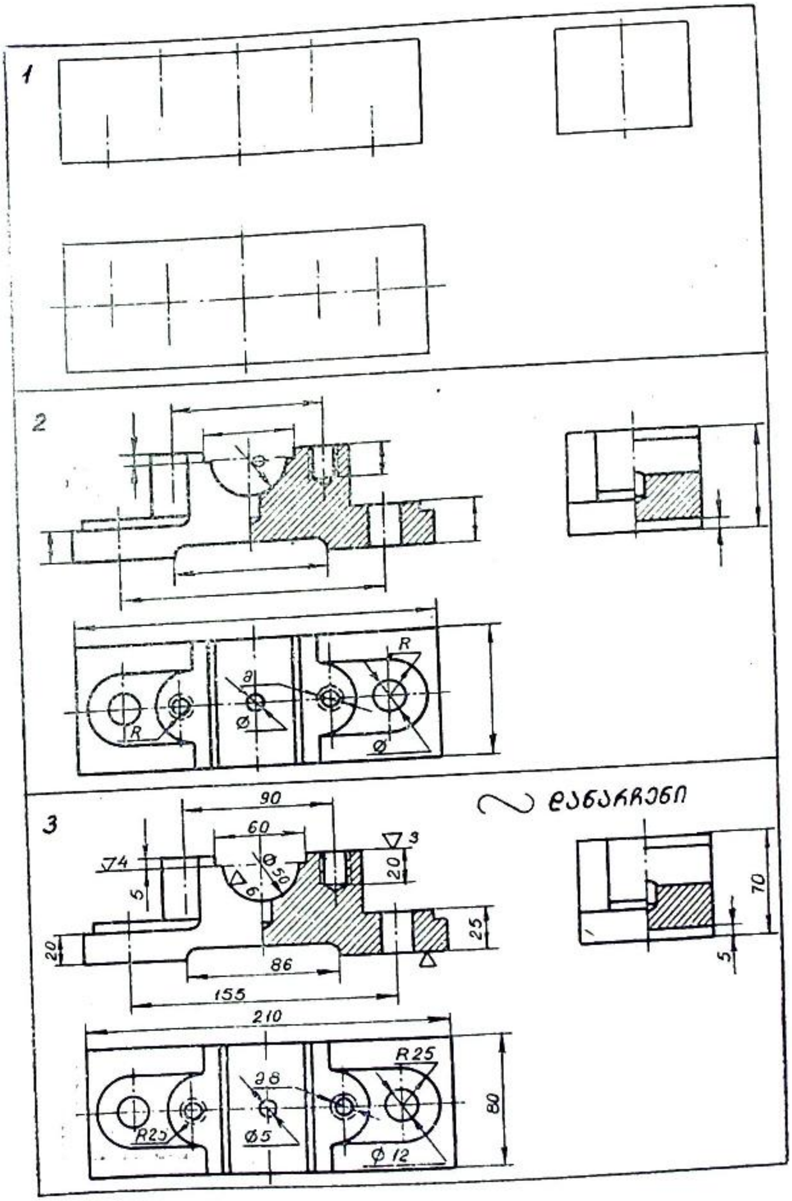
მასშტაბებზე ჩვენ სრული განმარტება ამ წიგნის მეორე თავში გვაქვს მოცემული.

507-ე ნახ.-ზე მოცემულია ნატურიდან ესკიზის გადაღების თანამიმდევრობა.

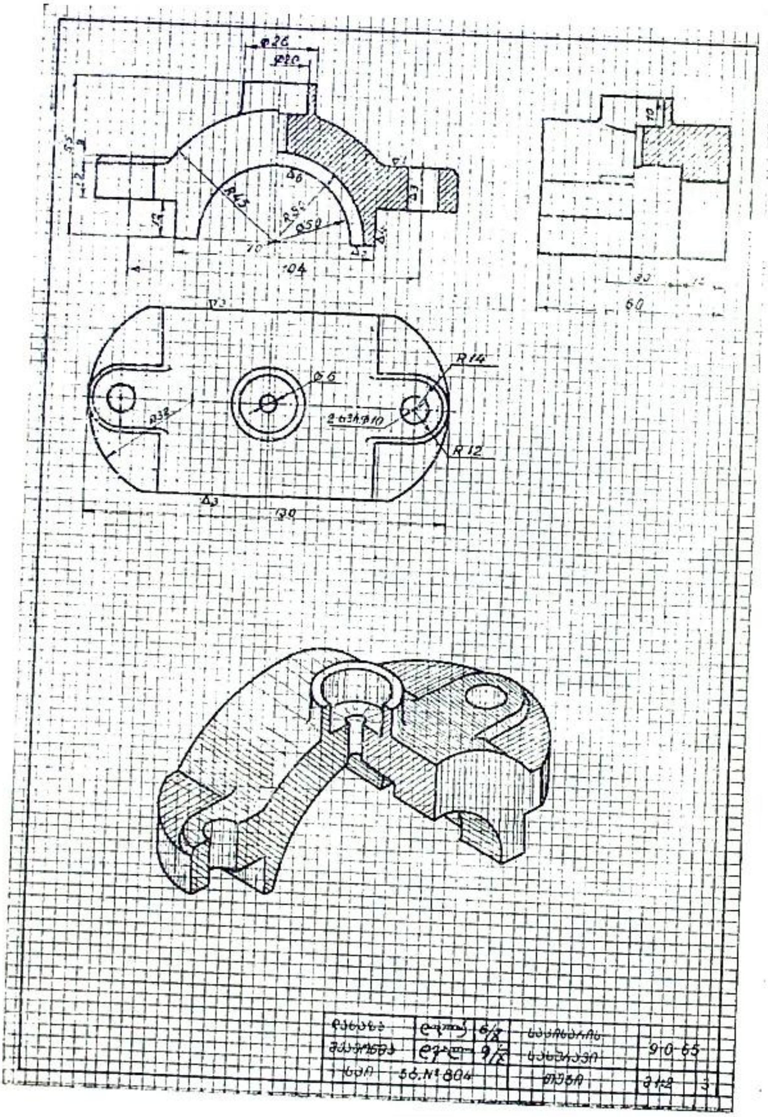
საერთოდ, ნატურიდან ესკიზის გადაღება ხდება შემდეგი თანამიმდევრობით:

1) საგნის მდებარეობას შევარჩევთ ისე, რომ მთავარი ხედი (წინხედი) იძლეოდეს საგანზე კარგ წარმოდგენას და დანარჩენი ხედებიც ნახაზს არ ართულებდეს. ამავე დროს ყურადღება უნდა მიექცეს ამ საგნის მუშა მდგომარეობას, ე. ი. მის მდებარეობას პრაქტიკაში გამოყენების დროს.

2) საგნის ფორმის სირთულის მიხედვით განვსაზღვროთ მისი გეგმილების რაოდენობა — ჩვენ შემთხვევაში სამი ხედი. ზოგჯერ კი საკმარისია ორი ხედიც, ან შეიძლება სამი ხედიც არ იყოს საკმარისი. როგორც აღვნიშნეთ, ესკიზი საგანზე სრულ წარმოდგენას უნდა იძლეოდეს.


1
2
R
ე
Ø
R
Ø
R
3
დანარიმი
90
60
74
5
20
Ø
50
ÿ
6
3
20
25
86
155
210
70
5
R25
ე 8
Ø5
R25
Ø 12
80

ნახ. 507.



ნახ. 508.

3) განვსაზღვრავთ ესკიზის სიდიდეს, რისთვისაც ყურადღებას ვაქცევთ საგნის ფორმის სირთულეს. თუ საგანი რთული ფორმის არის — ესკიზი დიდი მასშტაბით უნდა გამოიხაზოს, რათა მასზე ადვილად ვუჩვენოთ ყველა ფორმა და ზომა. ცხადია, მარტივი ფორმის საგნების ესკიზი მცირე მასშტაბით შეიძლება გამოვხაზოთ. მაგრამ არ უნდა დავივიწყოთ, რომ ესკიზის საფუძველზე ნახაზის შედგენის დროს ნატურასთან დაბრუნება არ უნდა დაგვჭირდეს. აგრეთვე ესკიზის შედგენის დროს უნდა გავითვალისწინოთ გეგმილებს შორის ისეთი მანძილი, რომელიც ამ გეგმილებზე ზომების დაწერის საშუალებას მოგვცემს.

4) ცალკეული გეგმილებისათვის გამოვხაზავთ ჩარჩოებს (წვრილი ხაზით), რომელშიც შემდეგ უნდა მოთავსდეს გეგმილები (ნახ. 507—1). ეს ჩარჩოები შედგენილია თვალზომით საგნის ფორმის მიხედვით გაბარიტულ ზომებში და საჭირო ადგილებში გავავლებთ ღერძის ხაზებს (სიმეტრიის ან ცენტრის ხაზებს).

5) გავავლებთ ხილვადი კონტურის ხაზებს, შემდეგ გავავლებთ უხილავი კონტურის ხაზებს. გამოვსახავთ ნაგულისხმებად ჭრაში მიღებულ ზედაპირებს წახაზვით და ესკიზს გავასუფთავებთ ზედმეტი ხაზებისაგან, გამოვიტანთ ზომის ხაზებს და გავუკეთებთ ისრებს. რბილი ფანქრით გავასქელებთ კონტურის ხაზებს (ნახ. 507—2), ზუსტად გამოვსახავთ ესკიზის ფორმას.

6) საზომი ხელსაწყოების საშუალებით გავზომავთ დეტალის იმ ნაწილებს, რომლებზედაც გამოტანილია ზომის ხაზები და გაზომვის შედეგად მიღებულ რიცხვებს დავაწერთ სტანდარტის მიხედვით (ნახ. 507—3). დეტალის ზედაპირზე გავუკეთებთ საჭირო აღნიშვნებს დამუშავების ხარისხის მაჩვენებლებით.

ჩვენ მიერ განხილული თანამიმდევრობა ან ესკიზის შედგენის ეტაპთა რაოდენობის ზუსტად დაცვა, როგორც დოგმა, სავალდებულო არაა. ასევე ხელით, უიარაღოდ, უნდა გამოვსახოთ დეტალის აქსონომეტრიული გეგმილი და შტამპში გავუკეთოთ საჭირო წარწერა.

508-ე ნახ.-ზე გამოსახულია საკისრის სახურავის ესკიზის საბოლოო სახე. ორთოგონალური გეგმილი სამ ხედშია გამოსახული.

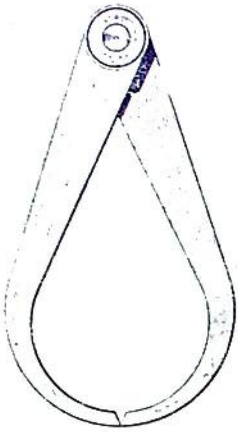
ამ ნახაზზე დეტალის აქსონომეტრიული გეგმილი ხელით — უიარაღოდ არის შესრულებული.

გარდა ნატურიდან გადაღებული ესკიზებისა, არსებობს კიდევ კონსტრუქტორის მიერ ჩანაფიქრი ესკიზები, რომელთა მიხედვითაც შემდეგში უნდა აიგოს ესა თუ ის მანქანა.

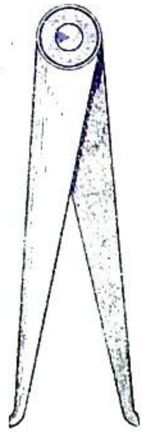
საზომი იარაღები და დეტალების გაზომვის მაგალითები

ესკიზების გადაღების დროს დეტალების გაზომვა ხდება შემდეგი საზომი იარაღებით: კარაკინით (კრონფარგლით — ნახ. 509), შიგსაზომით (ნახ. 510).

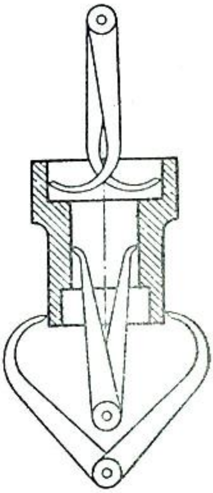
511-ე ნახ.-ზე გამოსახულია კარაკინითა და შიგსაზომით დეტალის გაზომვის მაგალითი, სადაც დიდი შიგა დიამეტრის დროს ნაჩვენებია კარაკინის (რომლითაც, როგორც წესი, გარეთა დიამეტრები იზომება) გამოყენება შიგსაზომის მაგიერ.



ნახ. 509.

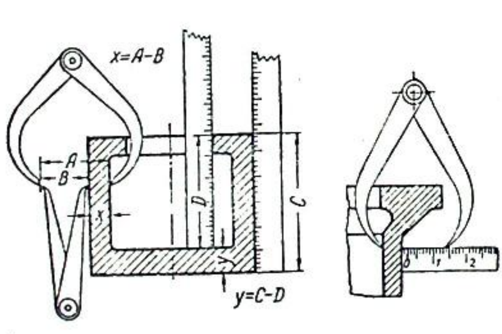


ნახ. 510.

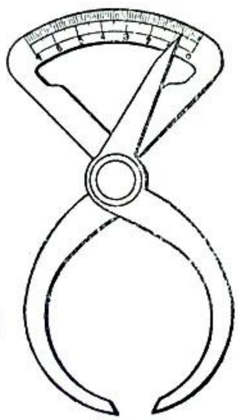


ნახ. 511.

512-ე ნახზ-ზე ნაჩვენებია ისეთი დეტალების გაზომვა, რომლებსაც კარაკინით ან შიგსაზომით ვერ მივუდგებით; მაგალითად, კედლის სისქე X რომ გავზომოთ, საჭიროა ნახაზზე ნაჩვენები ხერხი, რითაც კარაკინი გაიშლება A მანძილზე (უშუალოდ X მანძილზე რომ გაგვეშალა, ამ გაშლილობით ვეღარ ამოვიღებდით კარაკინს დეტალიდან); კედლიდან მეორე ფეხი დაშორებულია B მანძილით, რომელიც შიგსაზომით არის გაზომილი. საბოლოოდ მივიღებთ, რომ დეტალის სისქე $X=A-B$. ასეთივე მაგალითია ნაჩიენები იმავე



ნახ. 512.



ნახ. 513.

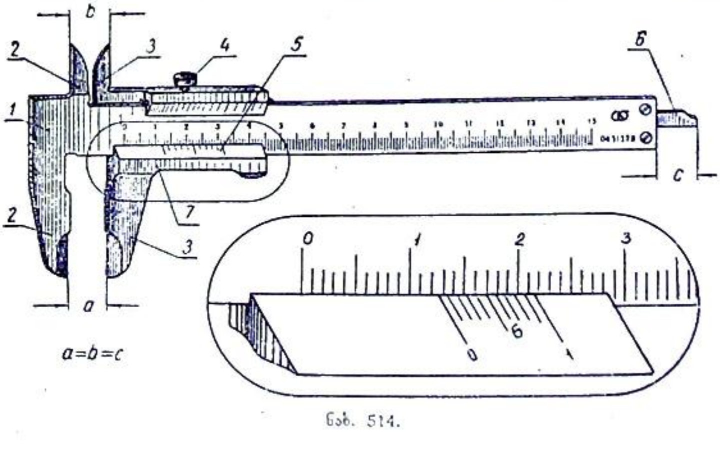
ნახაზის მარჯვნივ, სადაც კარაკინის თავისუფალი ფეხის დაშორება დეტალის კედლიდან გაზომილია უშუალოდ სახაზავით. დეტალის ფუძის სისქე Y-ის გასაზომად გამოყენებულია ორი სახაზავი (ეს სახაზავები ფოლადის სახაზავებია, რომელთა ნული დანაყოფი ზუსტად ნაპირიდან იწყება), მიღებული გაზომვის შედეგად გამოანგარიშებულია, რომ დეტალის ფუძის სისქე $Y=C-D$.

513-ე ნახ.-ზე გამოსახულია პროპორციული კრონფარგალი, რომლითაც გარეთა დიამეტრები იზომება და კრონფარგლის მეორე ბოლო უშუალოდ გვიჩვენებს დიამეტრების სიდიდეს მილიმეტრობით. ასეთი იარაღით დეტალის კედლების სისქეც უშუალოდ გაიზომება.

დეტალების გასაზომად არსებობს ზუსტი ხელსაწყოები, რომლებიც უფრო მეტი სიზუსტით გვიჩვენებენ დეტალის ზომებს. განვიხილოთ ასეთი ხელსაწყოებიდან (იარაღებიდან) შ ტ ა ნ გ ე ნ ფ ა რ გ ა ლ ი.

514-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ისეთი შტანგენფარგალი, რომელიც 7 ძირითადი ნაწილისაგან შედგება: 1 — შტანგა (სახაზავი), რომელზედაც დაჭდეულია დანაყოფები მილიმეტრობით (დიდი ერთეული ციფრებით ნაჩვენებია სანტიმეტრობით); 2 — უძრავი ტუჩები, რომლებიც შტანგის მარცხენა ბოლოს წარმოადგენენ; 3 — მოძრავი ტუჩები, რომლებიც შტანგაზე მოსრიალე ჩარჩოს მარცხენა ბოლოს წარმოადგენენ; 4—დამჭერი ხრახნი, რომელიც მოძრავ ჩარჩოშია ჩახრახნილი; 5—ნონიუსი, რომელიც ჩარჩოს სწორ ზედაპირზეა მოთავსებული; 6 — სიღრმის მზომი, რომელიც ჩარჩოზეა დამაგრებული და წვრილ ღეროს წარმოადგენს; 7—ჩარჩო, რომლის მარჯვენა ქვედა ბოლოზე მოთავსებულია საკეტი ღილაკი.

შტანგენფარგლის ჩარჩოზე მოთავსებულ ღილაკს დავაჭერთ იმ ხელის ცერს, რომლითაც გვიჭირავს შტანგენფარგალი (როგორც წესი, შტანგენფარგალი მარჯვენა ხელით იხმარება), ამით გავათავისუფლებთ ჩარჩოს შტანგისაგან და იმავე თითით ვასრიალებთ მას მარცხნივ ან მარჯვნივ. საკეტი ღილაკის გათავისუფლება გამოიწვევს ჩარჩოს დამაგრებას შტანგაზე. თუ საჭიროა გარკვეული ზომით შტანგენფარგლის გაშლილობის საიმედოდ დამაგრება, მაშინ მივმართავთ დამჭერ ხრახნს — 4 (ნახ. 514), რომლის ჩარჩოში



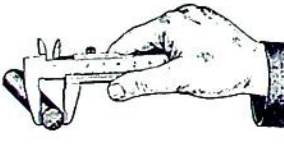
ნახ. 514.

ჩახრახვნით მეტად დავაწვებით შტანგას და ჩარჩო ვეღარ ისრიალებს. ასეთი სისტემის შტანგენფარგალს ერთდროულად შეუძლია შიგა დიამეტრის (b), გარე დიამეტრისა (a) და სიღრმის საზომი ღეროს (c) საშუალებით გაზომოს ერთი და იგივე მანძილი $a=b=c$.

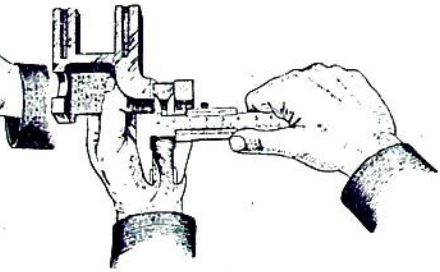
ჩვენ მიერ განხილული შტანგენფარგლის სიზუსტე უდრის 0,1 მმ-ს, რაც მიღწეულია შემდეგნაირად: შტანგაზე 1 სანტიმეტრი დაყოფილია 10 თანატოლ ნაწილად, ე. ი. თითო მცირე დანაყოფი უდრის 1 მილიმეტრს; ნონიუსზე 9 მილიმეტრი დაყოფილია 10 თანატოლ ნაწილად, ე. ი. ნონიუსის თითო დანაყოფი უდრის 0,9 მილიმეტრს; ნონიუსზე დანაყოფები იწყება ნულით და დეტალის გაზომვის დროს ის გადაადგილდება მარჯვნივ, ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 514) ნონიუსის ნულოვანი ხაზი გადასცდა შტანგის ერთ დიდ დანაყოფს, ე. ი. 10 მმ-ს, კიდევ ორ პატარა დანაყოფს, ე. ი. 2 მმ-ს და ვერ მიაღწია მე-3 პატარა დანაყოფამდე; შტანგაზე შეგვიძლია ავთვალოთ $10+2=$ $=12$ მმ. ახლა დავაკვირდეთ ნონიუსის დანაყოფებს, მერამდენე ხაზი დაემთხვა შტანგის რომელიმე დანაყოფს (მნიშვნელობა არა აქვს რომელიც იქნება). ჩვენს შემთხვევაში ნონიუსის მე-6 დანაყოფი დაემთხვა შტანგის მე-7 დანაყოფს. ნონიუსის 6 დანაყოფი$=0{,}6$ მმ-ს, რომელიც წინა ანათვალს უნდა დავუმატოთ, ე. ი. მივიღებთ $12+0{,}6=12{,}6$ მილიმეტრს. ჩვენს შემთხვევაში $a=b=c=12{,}6$ მმ-ს. ამავე ნახაზზე გადიდებული მასშტაბით გამოხაზულია ნონიუსი და შტანგის სკალის ნაწილი.

515-ე ნახ.-ზე გამოსახულია შტანგენფარგლით დეტალის გარეთა დიამეტრის გაზომვის მაგალითი.

516-ე ნახ.-ზე მოცემულია შტანგენფარგლით დეტალის ღრმულის სიგანის გაზომვის მაგალითი.



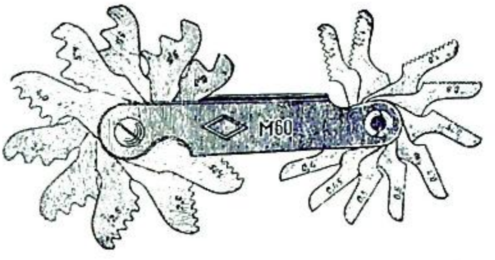
ნახ. 515.



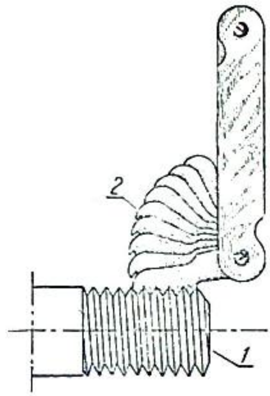
ნახ. 516.

517-ე ნახ.-ზე მოცემულია ხრახნკუთხვილების ნაბიჯების გასაზომი იარაღი, რომელიც წინასწარ გამზადებული ლითონის თხელი ფირფიტებისაგან შედგება. თითოეულ ფირფიტაზე გარკვეული ზომის კუთხვილის პროფილია ამოჭრილი და სათანადო ზომაც აწერია.

518-ე ნახ.-ზე გამოსახულია კუთხვილსაზომით ხრახნკუთხვილის ნაბიჯის გაზომვის მაგალითი. კუთხვილსაზომის (ნახ. 518 — 2) ფირფიტებს ვცვლით მანამ, სანამ ერთ-ერთი ზუსტად არ ჩაჯდება ხრახნკუთხვილის (ნახ. 518 — 1) კუთხვილებში.



ნახ. 517.

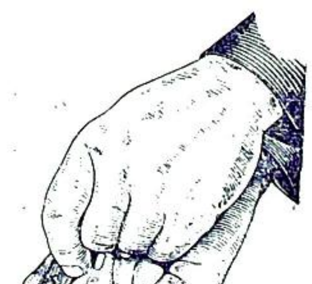


ნახ. 518.

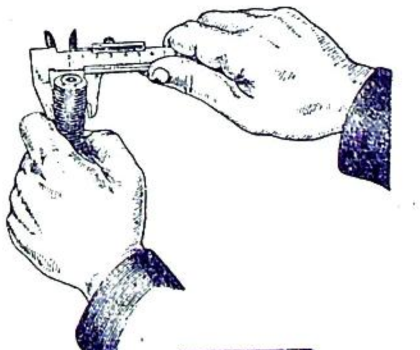
519-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ქანჩის კუთხვილის ნაბიჯის გაზომვის მაგალითი.

520-ე ნახ.-ზე მოცემულია შტანგენფარგლით ხრახნკუთხვილის გარეთა დიამეტრის გაზომვის მაგალითი და იქვე ნახაზზე კუთხვილსაზომით ნაბიჯის გაზომვის მაგალითია ნაჩვენები. ეს ორი ნახაზი, ერთად მოცემული, იმას ნიშნავს, რომ სტანდარტული ხრახნკუთხვილების გარეთა დიამეტრის ზომაზეა დამოკიდებული სხვა ზომები, ე. ი. ნაბიჯითა და კუთხვილის პროფილის ზომებით შეგვიძლია ხრახნკუთხვილის სხვა ზომებიც გამოვარკვიოთ.

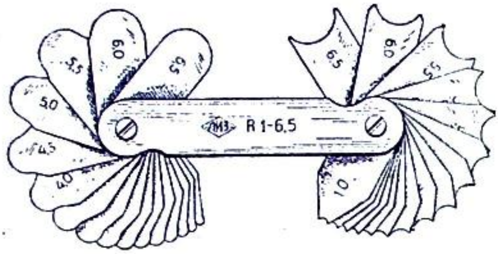
521-ე ნახ.-ზე მოცემულია სიმრუდის რადიუსის მზომი. ამ იარაღს მარცხენა მხარეზე ღრმულების სიმრუდის რადიუსის მზომი აქვს და მარჯვენა მხა-



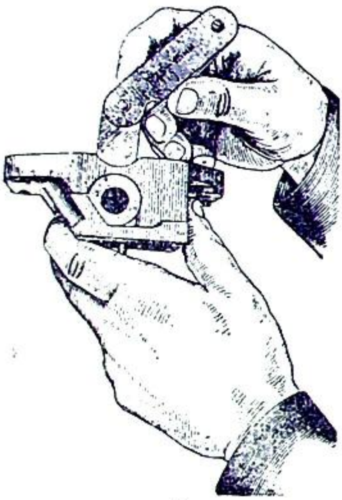
ნახ. 519.



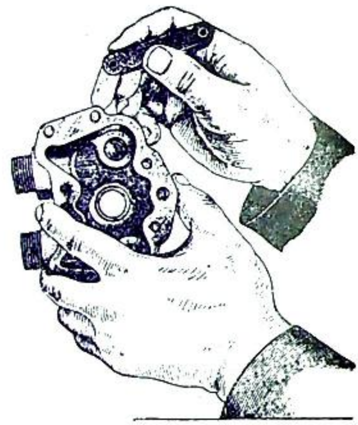
ნახ. 520.



ნახ. 521.



ნახ. 522.



ნახ. 523.

რეზე კი — ამოზნექილი მრუდე ზედაპირების სიმრუდის რადიუსის გაზომვის მაგალითი.

522-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ღრმულის სიმრუდის რადიუსის გაზომვის მაგალითი.

523-ე ნახ.-ზე მოცემულია დეტალის ამოზნექილი ნაწილის სიმრუდის რადიუსის გაზომვის მაგალითი.

მერვე თავი

საამწყობო ნახაზების შედგენა და წაკითხვა

სამუშაო ნახაზის შედგენის მაგალითები, ძირითადი წარწერები (კუთხის შტამპი) და სპეციფიკაცია

სამუშაო ნახაზი ეწოდება იმ ნახაზს, რომლის საფუძველზედაც უნდა დამზადდეს მანქანის ნაწილები. ამისათვის საჭიროა სამუშაო ნახაზი მოიცავდეს დეტალის დამზადებისათვის საჭირო ყველა ზომას, დამუშავების ხარისხის პი-

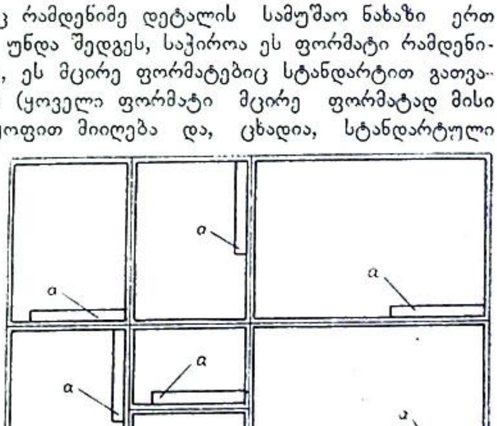
რობით ნიშნებს და დამატებით განმარტებას, რომლითაც ხელოსანს სრული წარმოდგენა ექნება დეტალის ფორმაზე და მის დანიშნულებაზე. როგორც ვიცით, მანქანის ყველა ნაწილი ერთსა და იმავე საამქროში ვერ დამზადდება — ზოგი კეთდება სამჭედლოში, ზოგი სამსხმელო საამქროში, ზოგი საგლინავ ან სატვიფრავ საამქროში და სხვ.

ეს ნახევრად ფაბრიკატები ზოგი დამუშავდება საზეინკლო საამქროში, სახარატო საამქროში და სხვ. საბოლოოდ ყველა ეს დამუშავებული დეტალი სპეციალურ საამქროში მოიყრის თავს, სადაც მანქანის აწყობა ხდება საამწყობო ნახაზის საფუძველზე.

სამუშაო ნახაზი შეიძლება შედგეს უშუალოდ მანქანის ან მისი რომელიმე კვანძის დაშლის შემდეგ, ცალკე დეტალების ნატურიდან გამოხაზვის საფუძველზე. ამ შემთხვევაში ჯერ გამოვხაზავთ ცალკეული დეტალების სამუშაო ნახაზს და შემდეგ მიღებული ნახაზების საფუძველზე გამოვხაზავთ მთლიანი მანქანის ან კვანძის ნახაზს, რომელსაც **საამწყობო ნახაზი** ეწოდება. მანქანის ან მისი კვანძის დეტალების გამოხაზვის დროს ხედების განლაგებას საფუძვლად უნდა დავუდოთ მისი მუშა მდგომარეობა, მანქანის ან კვანძის მუშაობის მიხედვით, ე. ი. მისი ცალკე გამოხაზვის დროს მიღებული გეგმილები ისე უნდა იყოს, როგორც აწყობილი ნახაზის გეგმილებშია.

სამუშაო ნახაზი კიდევ შეიძლება შევადგინოთ **საამწყობო** ნახაზიდან, როდესაც საკონსტრუქტორო ბიურო მიიღებს რომელიმე მანქანის ნახაზს და ამ ნახაზის საფუძველზე შეადგენენ ცალკე დეტალების დასამზადებლად სამუშაო ნახაზს. ასეთი წესით სამუშაო ნახაზის შედგენას **გადეტალებას** უწოდებენ.

იმ შემთხვევაში, როდესაც რამდენიმე დეტალის სამუშაო ნახაზი ერთ ფორმატზე (ერთ ფურცელზე) უნდა შედგეს, საჭიროა ეს ფორმატი რამდენიმე მცირე ფორმატად დაიყოს, ეს მცირე ფორმატებიც სტანდარტით გათვალისწინებულ ზომებს შეიცავს (ყოველი ფორმატი მცირე ფორმატად მისი უდიდესი გვერდის შუაზე გაყოფით მიიღება და, ცხადია, სტანდარტული ზომები აღარ დაირღვევა).



ნახ. 524.

ფორმატის სიდიდეს შევარჩევთ დასახაზი ნაწილის ზომების მიხედვით. თითოეულ ფორმატს უკეთდება თავისი ჩარჩო, სათანადო წარწერაც სპეციალურად გამოყოფილ უჯრედებში კეთდება. ამ უჯრედის განაწილების მაგალითები ჩვენ ადრეც გვქონდა მოცემული.

524-ე ნახაზზე გამოსახულია სამუშაო ნახაზისათვის დიდი ფორმატის ქაღალდის დაყოფა პატარა ფორმატებად. თითოეულ პატარა ფორმატს აქვს შემოჭრის ხაზი და ჩარჩოს ხაზები.

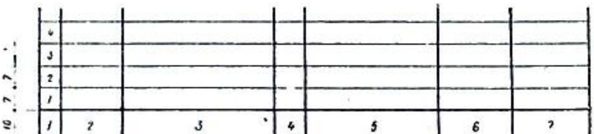
აგრეთვე წარწერის შტამპი, რომელიც მარჯვენა ქვედა კუთხეში უკეთდება, *b* ასოთი აღნიშნულია მთელი ნახაზის შტამპი, ხოლო *a* ასოთი — პატარა ფორმატის შემოკლებული წარწერისათვის შტამპი, რომელიც თითოეულ ფორმატზე, ნახაზის მდებარეობის მიხედვით, სათანადო ადგილას თავსდება. როცა ფორმატის წარწერა შვეული გვერდის გასწვრივ არის, მაშინ ამ ფორმატზე გამოსახული დეტალიც ამ გვერდის მიხედვით უნდა იყოს დახაზული. წარწერის შტამპის შევსებისა და შინაარსის შესახებ ქვემოთ გვექნება აღნიშნული.

სპეციფიკაცია. საამწყობო ან სამუშაო ნახაზზე საჭირო ყოველი წარწერისა და განმარტების გაკეთება ცალკეულ დეტალებზე ან მათ ხედებზე მოუხერხებელია, ამიტომ ძირითად ცნობებს და დეტალების დასახელებას მოათავსებენ სპეციალურ ცხრილში, რომელსაც ს პ ე ც ი ფ ი კ ა ც ი ა ს უწოდებენ და რომელიც უმთავრესად ნახაზის მარჯვენა ქვედა კუთხეში, ძირითადი წარწერის შტამპის ზემოთ გაგრძელებას წარმოადგენს.

სპეციფიკაციაში ათავსებენ ნახაზთან დაკავშირებულ ყველა აუცილებელ მოცემულობას, როგორიცაა: ნახაზზე გამოსახული დეტალის სახელწოდება. მათი რაოდენობა, მასალის დასახელება, რომლისგანაც საგანი უნდა დამზადდეს, ნაკეთის წონა, შენიშვნა და სხვ.

ჩვენ განვიხილეთ ნახ. 524, რომელზედაც *a* და *b* შტამპები იყო გამოხაზული. *b* შტამპი არის სპეციფიკაციის შტამპი, რომელიც წარწერის შინაარსით და ტიპით შეიძლება სხვადასხვა სახის იყოს.

525-ე ნახ.-ზე მოცემულია შტამპის დაყოფის ერთი სახე, რომელიც სპეციფიკაციის ცხრილისათვის არის გამოყოფილი.



ნახ. 525.

სპეციფიკაციის ცხრილი დაყოფილია 7 ნაწილად, სადაც თითოეულ ნაწილში ჩაიწერება შემდეგი შინაარსის მასალა:

1. საამწყობო ნახაზის პოზიციის რიგითი ნომერი (ჩაიწერება ქვევიდან ზევით);

2. დეტალების პირობითი აღნიშვნა — შემდეგი ტიპით 5. 24. 04, სადაც 5 — სასწავლო გეგმით გათვალისწინებული ფურცლის რიგითი ნომერია: 24 — სტუდენტის ინდივიდუალური მოცემულობის ნომერი ან საამწყობო ერთეულის ნომერი; 04 — დეტალის ნომერი.

3. დეტალის სახელწოდება.

4. საამწყობო ნახაზში ამ დეტალის რაოდენობა.

5. მასალა — დასახელება, მარკა, სტანდარტის აღნიშვნა და სხვ.

6. სტანდარტების აღნიშვნა (სტანდარტული დეტალების ან ნორმალების).

7. დამატებითი ცნობები (საჭიროების მიხედვით).

ამ ნახაზზე მოცემულია სპეციფიკაციის ცხრილის ზომებიც.

526-ე ნახ.-ზე მოცემულია საამწყობო ნახაზის კუთხის შტამპისა და სპეციფიკაციის შევსების მაგალითი.

ამ ნახაზის სპეციფიკაციის ცხრილის შესახებ წინა ნახაზზე გვქონდა აღნიშნული, ახლა განვსაზღვროთ მხოლოდ *b* კუთხის შტამპის შინაარსი.

1. საამწყობო ნახაზის დასახელება ან გეგმარის დასახელება.

2. ფურცლის „აღნიშვნა“; მაგ.: 4. 12, სადაც 4 სასწავლო გეგმით გათვალისწინებული ფურცლის რიგითი ნომერია და 12 სტუდენტის ინდივიდუალური მოცემულობის ნომერი.

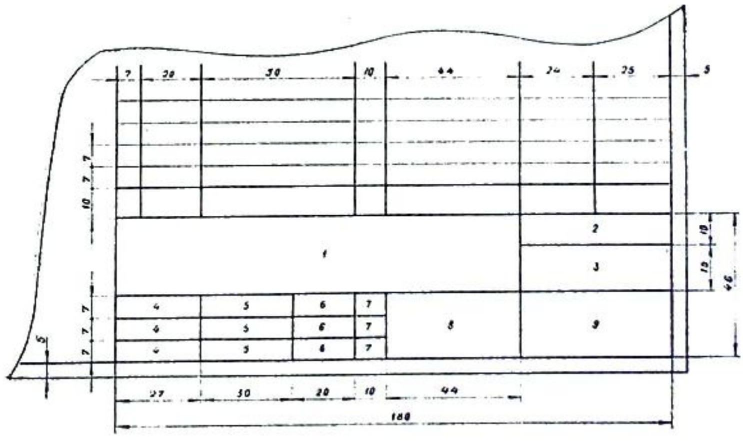
3. სათადარიგო გრაფა — შეივსება კათედრის შეხედულებით, მაგ.: ნამუშევრის შეფასება; თუ ნამუშევარი რამდენიმე ფურცლად სრულდება, მაშინ იწერება ფურცელთა რაოდენობა და ნომრები; საგნის დასახელება (მხაზველობითი გეომეტრია, მანქანათა ნაწილები და სხვ.); სასწავლო ჯგუფის ნომერი, დაუსწრებლის შიფრი.

საამწყობო ნახაზის ან გეგმარების დროს გრაფა 3 დაიყოფა კიდევ გრაფებად, სადაც ჩაიწერება: ლიტერი, წონა, მასშტაბი და სხვ. „ლიტერის“ გრაფაში ჩაისმება შემდეგი ასოები: ს — საამწყობო ნახაზზე; სგ — საკურსო გეგმარზე; დგ — დიპლომისათვის გეგმარზე და სხვ. მ — მასშტაბი საამწყობო ნახაზის.

4. ნახაზზე პასუხისმგებელი პირის ჩვენება შემდეგი ფორმით: „დახაზა“, „შეამოწმა“, „მიიღო“ ან: „სტუდენტი“, „მასწავლებელი“, „კათედრის გამგე“, „კონსულტანტი“, „ხელმძღვანელი“ და ა. შ.

5. იმავე პირთა გვარები (სტანდარტული შრიფტით სრულდება).

6. იმავე პირთა ხელისმოწერა.



ნახ. 526.

7. ნახაზის შესრულების, შემოწმებისა და ჩაბარების თარიღი.

8. კათედრის დასახელება ან დაუსწრებლის შიფრი.

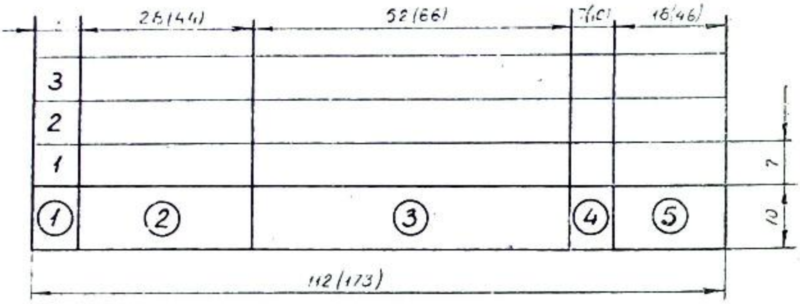
9. ინსტიტუტისა და ფაკულტეტის დასახელება შემოკლებით.

საამწყობო ნახაზის გარდა, ნებადართულია 3 და 9 გრაფების გაერთიანება, რომ უფრო გარკვევით დაიწეროს ინსტიტუტისა და ფაკულტეტის დასახელება.

527-ე ნახ.-ზე მოცემულია შემოკლებული სპეციფიკაციის ცხრილი.

1. ნომერი რიგზე (ჩაიწერება ქვევიდან ზევით).

2. აღნიშვნა — პირობითი ნიშნები.



ნახ. 527.

3. დეტალის სახელწოდება.

4. საამწყობო ნახაზში ამ დეტალის რაოდენობა.

5. შენიშვნა.

ამ ნახაზზე მოცემულია ზომები, როცა კუთხის შტამპის სიგანე ტოლია 112 მმ-ის და როცა კუთხის შტამპი ტოლია 173-ის (რომელიც ფრჩხილებშია ჩასმული).

საამწყობო ნახაზზე სპეციფიკაციისათვის საჭიროა ნომრების დასმა, რომელიც თავისუფალ ველზე უნდა გამოვიტანოთ წვრილი მთლიანი ხაზით, იგი წერტილით დაიწყება და ჰორიზონტალური ხაზით — თაროთი დამთავრდება.

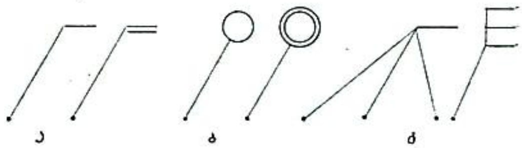
528-ე ნახ.-ზე მოცემულია საამწყობო ნახაზის ცალკეული დეტალის ნომერის გამოსატანი ხაზების ტიპები. ჩვეულებრივად, ერთ საამწყობო ნახაზზე ნომერი ერთხელ უნდა იყოს ნაჩვენები. დასაშვებია ნომრის ჩვენება წრეხაზში (ნახ. 528, ბ). ციფრებისათვის თაროები (რომლებიც კონტურის სისქის ხაზით აიღება) ერთ ჰორიზონტალურ ან შვეულ ხაზზე უნდა მოთავსდეს და ამ თაროებზე დაწერილი ციფრები ამ ნახაზზე დასმული ზომის მაჩვენებელ ციფრებზე მეტი ზომის უნდა ავიღოთ.

დეტალების ნომრის გამოსატანი ხაზები ერთმანეთს არ უნდა კვეთდნენ და წახაზვის ხაზების პარალელურიც არ უნდა იყვნენ.

როდესაც კვანძში რომელიმე დეტალი მეორდება და მასზე დასმული

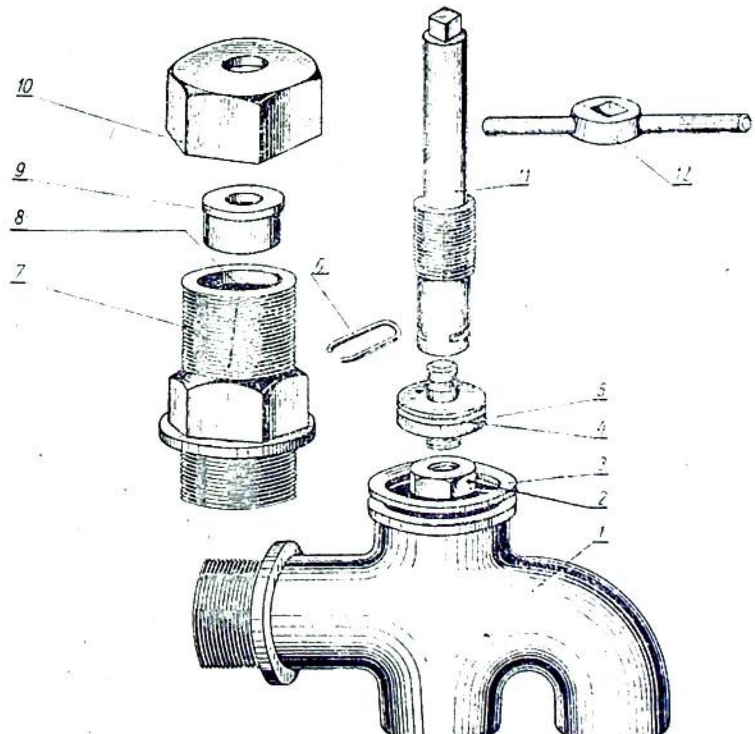
ნომერიც უნდა გავიმეოროთ, დასაშვებია ორმაგი თაროს ან კონცენტრული წრეებით ასეთი ნომრის ჩვენება (ნახ. 538, ა და 528, ბ).

ნებადართულია რამდენიმე ერთგვარი დეტალისათვის ერთი ნომრის დასმა, რამდენიმე გამოსატანი ხაზის ერთ თაროსთან შეერთებით (ნახ. 528, გ), აგრეთვე ნებადართულია ჯგუფი სამაგრი დეტალებისათვის ერთი გამოსატანი ხაზით რამდენიმე თაროსთან შეერთება (ნახ. 528, გ მარჯვენა).



ნახ. 528.

529-ე ნახ.-ზე მოცემულია კვანძის დეტალებად დაშლის თვალსაჩინო გამოსახულება, სადაც სპეციფიკაციისათვის ნომრების დასმის მაგალითიცაა მოცემული.

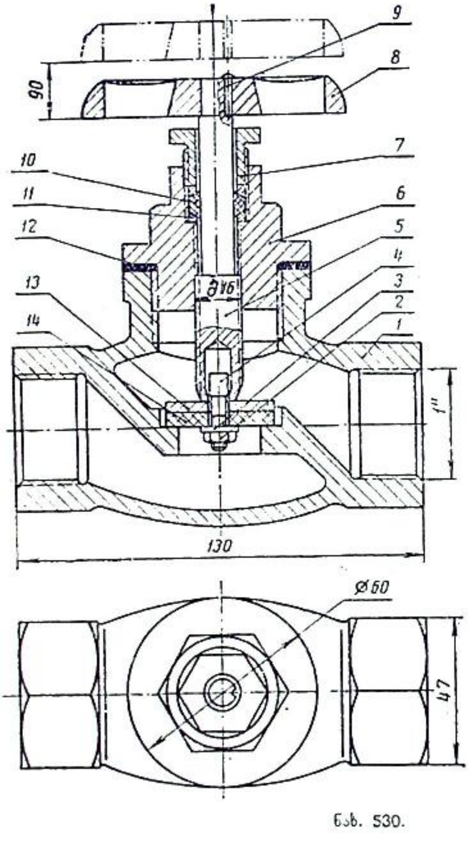


ნახ. 529.

აქ განხილული ონკანის ნაწილებად დაშლის მაგალითი და თითოეულ შემადგენელ ნაწილზე ნომრის დასმა მოცემულია იმიტომ, რომ კვანძის გამოხაზვის დროს ასე უნდა დაიშალოს ის ნაწილებად და შემდეგ უნდა შედგეს თითოეული შემადგენელი ნაწილის (დეტალის) სამუშაო ნახაზი. ბოლოს კი კვანძი აწყობილ მდგომარეობაში უნდა გამოვხაზოთ.

530-ე ნახ.-ზე მოცემულია ვენტილის საამწყობო ნახაზი.

ამ ნახაზზე წინხედზე ნაგულისხმებია ვენტილი გაჭრილი ნახევარზე (როგორც ამ ხედში ის უსიმეტრიოა) და ამავე ხედზე ნაჩვენებია სახელურის მდებარეობის ზედა ზღვარი (წყვეტილწერტილოვანი წვრილი ხაზით). გვერდხედზე ნაგულისხმებია მეოთხედი ჭრით შიგა და გარე ფორმის ერთ გეგმილზე ჩვენება.



ნახ. 530.

ზედხედზე სახელური მომძვრალია, წინააღმდეგ შემთხვევაში ის დაფარავდა კვანძის ძირითად ნაწილს. ასეთ შემთხვევაში სახელურის ზედხედს ცალ-

კე გამოხაზავენ. ამ ნახაზს აკლია ხარისხი და სპეციფიკაცია, კუთხის შტამ-პი და ძირითადი წარწერები.

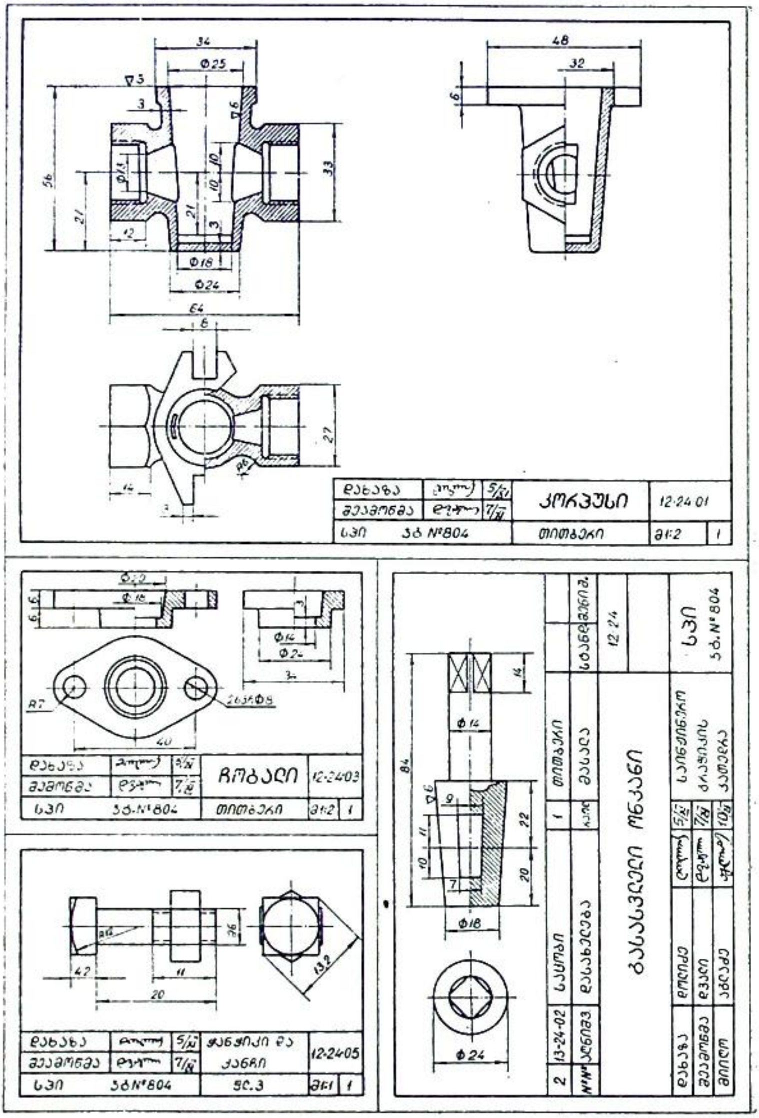
ეს ნახაზი შეგვიძლია ვიგულისხმოთ როგორც მოცემული კვანძის ნატურიდან შედგენილი ნახაზი. ცხადია, მაშინ ის ჯერ დაიშლებოდა ცალკე დეტალებად (ნახ. 529), დეტალებისაგან შედგებოდა მუშა ნახაზი და შემდეგ დეტალების ნახაზებისა და თვით კვანძის საშუალებით შევადგენდით საამწყობო ნახაზს ისე, როგორც 530-ე ნახაზზეა ნაჩვენები. შეგვიძლია ეს ნახაზი ვიგულისხმოთ, როგორც მოცემული საამწყობო ნახაზი და მისგან შევადგინოთ სამუშაო ნახაზი.

531-ე ნახ.-ზე მოცემულია ნატურიდან კვანძის დაშლის შემდეგ მისი ნაწილების მუშა ნახაზის შედგენის მაგალითი. აქ ეს ნახაზი წარმოვადგინეთ მხოლოდ მუშა ნახაზის შედგენის ფორმისათვის. საერთოდ, მუშა ნახაზი შედგება ახალი სტანდარტით. აქ ფორმატის დაყოფა და ძირითადი შტამპის ადგილის შერჩევა ამ წესით უნდა შესრულდეს.

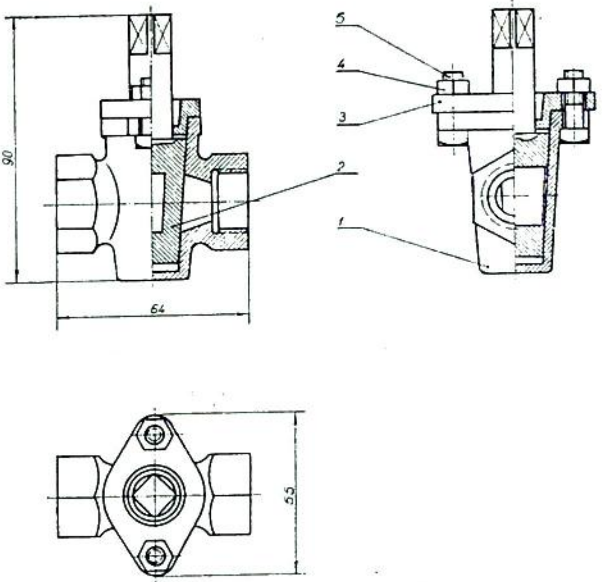
532-ე ნახ.-ზე გამოსახულია, წინა ნახაზზე წარმოდგენილი, გასასვლელი ონკანის დეტალების მუშა ნახაზების საფუძველზე შედგენილი საამწყობო ნახაზი. ეს ნახაზი გამოვიყენოთ როგორც ფორმა და სპეციფიკაციის ნუმერაცია; აგრეთვე ზომების დასმაც ამ წესით უნდა შესრულდეს. სპეციფიკაციის ნუმერაციის არათანამიმდევრული რიგით დალაგება დამოკიდებულია დეტალების დამუშავების ტექნოლოგიაზე. ჩვენ ნახაზებში მოცემული გვაქვს სპეციფიკაციის ნუმერაციისა და კუთხის შტამპის ახალი სტანდარტით შესრულების ნიმუში, რომელიც ამჟამად ნახაზის შედგენის დროს ყველასათვის სავალდებულოა.

533-ე ნახ.-ზე გამოსახულია საკისარის საამწყობო ნახაზი თავისი სპეციფიკაციით, სადაც კუთხის შტამპის მხოლოდ ზედა ნაწილია ნაჩვენები. ამ საამწყობო ნახაზიდან უნდა გამოვიტანოთ ყველა დეტალი ცალ-ცალკე და შევადგინოთ მუშა ნახაზი. მუშა ნახაზის შედგენის დროს დეტალის ზომები და დამუშავების ხარისხი უნდა ვაჩვენოთ ნახაზზე, ამიტომ საჭიროა საამწყობო ნახაზისათვის შედგეს პროპორციული მასშტაბი (როცა საამწყობო ნახაზზე დეტალებს ზომები არ აწერია). პროპორციული მასშტაბის შესახებ ახსნა-განმარტება მოცემულია ამ სახელმძღვანელოს მეორე თავში.

პროპორციული მასშტაბის შესადგენად, როდესაც ნახაზზე ყველა ზომა არაა მოცემული, ვიქცევით შემდეგნაირად: ჯერ განვსაზღვრავთ მოცემული საამწყობო ნახაზის მასშტაბს (ჩვენს შემთხვევაში საკისრის სიგანე=316 მმ-ს, გავზომავთ ამ მონაკვეთის სიგრძეს მილიმეტრობით და მიღებულ რიცხვს გავყოფთ 316-ზე. ეს იქნება ნახაზის მასშტაბი). ცხადია, ეს მასშტაბი სტანდარტული ყოველთვის არ იქნება, რადგან სახელმძღვანელოში მოცემული ნახაზი ფოტოაპარატით არის გადატანილი და ის მორგებულია წიგნის ზომებზე. პროპორციული მასშტაბით ზემოაღნიშნული ადვილად გამოსწორდება; გადავიყვანოთ მიღებული ფარდობა სტანდარტულ მასშტაბზე ისე, როგორც ერთი მასშტაბი გადაგვყავს მეორე მასშტაბზე.



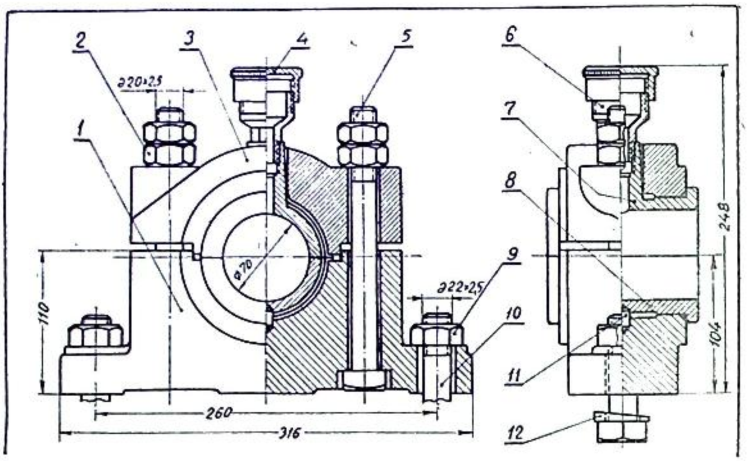
ნახ. 531.

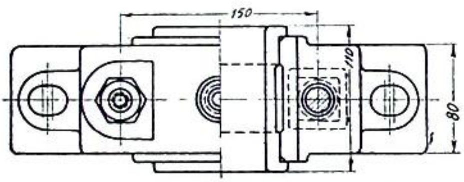


5	13-24-05	ქანჭიკი	2	ფლ.3		
4	13-24-04	ქანჩი	2	ფლ.3		
3	13-24-03	ჩობალი	1	თითბერი		
2	13-24-02	საცობი	1	თითბერი		
1	13-24-01	კორპუსი	1	თითბერი		
N№	აღნიშვ.	დასახელება	რაოდ.	მასალა	საანგ.	შენიშ.

გასასვლელი ონკანი					13 24
დახაზა	დოლიძე		15/V	საინჟინრო გრაფიკის კათედრა	სპი ჯგ.N°804
შეამოწმა	დვალი		24/V		
მიიღო	კბილაძე		25/V		

ნახ. 532.





12	45-03-12	საყელური [illegible]	2	ფლ 2		
11	45-03-11	წაირი ф12	1	ფლ 3		
10	45-03-10	ჭანჭიკი მ22×80	2	ფლ 3	გოსტ 3522	[illegible]
9	45-03-9	ქანჩი მ22	2	ფლ 3	გოსტ 5926-51	
8	45-03-8	ქვედა საგები	1	ბრინჯაო ОЦС 6-6-3		
7	45-03-7	ზედა საგები	1	ბრინჯაო ОЦС 6-6-3		
6	45-03-6	კორპუსი საზეთის	1	თუჯი ს.თ. 18-36		
5	45-03-5	ჭანჭიკი მ20×190 ძ10	2	ფლ 3	გოსტ 28035-38	
4	45-03-4	სახურავი საზეთის	1	თუჯი ს.თ. 18-36		
3	45-03-3	სახურავი	1	თუჯი ს.თ. 18-36		
2	45-03-2	ქანჩი მ20	4	ფლ 3	გოსტ 5929-51	
1	45-03-1	კორპუსი	1	თუჯი ს.თ. 18-36		
№ №	აღნიშ-ვნა	დასახელება	რა-ობა	მასალა	სტანდარტი	შენიშ-ვნა
		საკისარი ф70			45-03	

ნახ. 533.

IV ნაწილი

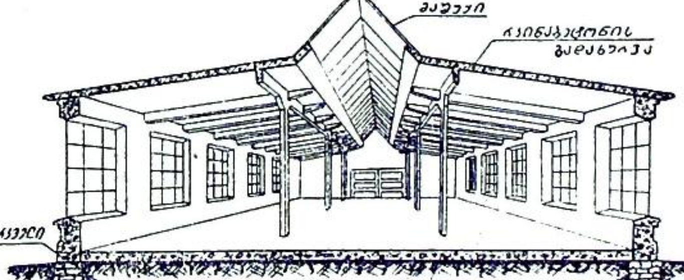
მეცხრე თავი

საინჟინრო-სამშენებლო ხაზვა

ხაზვის კურსის ერთ-ერთ ნაწილს სამშენებლო ხაზვა წარმოადგენს. საერთოდ, სამშენებლო ხაზვის კურსი შეისწავლის სხვადასხვა სახის შენობების, ხიდების, გზებისა და სხვა ნაგებობათა ნახაზების შედგენისა და წაკითხვის მეთოდებს. აქ ჩვენ ძირითადად განვიხილავთ არასამშენებლო სპეციალობის სტუდენტთათვის საჭირო სამშენებლო ხაზვის ელემენტებსა და ნახაზებს. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ინჟინერს ან ტექნიკოს-მექანიკოსს ხშირად აქვს საქმე სამრეწველო და სამოქალაქო ნაგებობებთან.

შენობათა ნაწილები

სამრეწველო და სამოქალაქო შენობებს აქვთ შემდეგი ძირითადი ნაწილები: საძირკველი, კედლები, ტიხრები, გადახურვა, ბურული, ფანჯრები, კარები, კიბეები და სხვ. მოკლედ განვიხილოთ თვითოეული მათგანი.



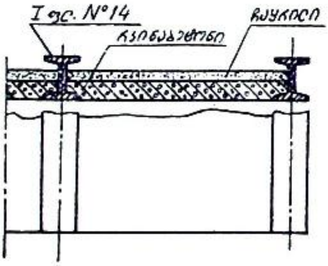
ნახ. 534.

საძირკველი. საძირკველი არის შენობის ქვედა ნაწილი, რომელიც მიწაშია მოთავსებული და შენობის მთელ სიმძიმეს ყამირს გადასცემს (ნახ. 534), საძირკვლის ზემო ნაწილს ზედაპირი ეწოდება, ხოლო ქვემოს — ფუძე. ჩვეულებრივ, საძირკველი შენობის მთელ პერიმეტრზეა და კაპიტალური კედლების ქვემოთ მდებარეობს. ასეთ საძირკველს ლენტისებრს უწოდებენ. ხის შენობებში საძირკვლად ზოგჯერ ხის ან ქვის ბოძებს აკეთებენ. ლენტისებრი

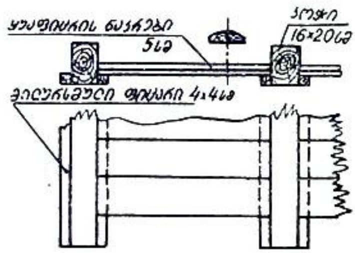
საძირკვლის მასალად, ჩვეულებრივ, ყორექვა იხმარება. ზოგჯერ ბეტონსაც ხმარობენ. საძირკველი კედლის სისქეზე განიერი კეთდება. საძირკვლის სიღრმე დამოკიდებულია შენობის სიმძიმეზე, ყამირის სიმტკიცეზე და სხვ.

კედლები და ტიხრები. შენობის ერთ-ერთი ძირითადი ნაწილია კედლები, რომლებიც შეიძლება გაკეთდეს ქვის, აგურის, ხის და სხვა მასალისაგან. კედლის სისქე დამოკიდებულია კედლის მასალაზე, დატვირთვაზე, სეისმურ პირობებზე, ატმოსფერულ ნალექებზე, ტემპერატურაზე და სხვ. აგურის კედლის სისქე დამოკიდებულია სტანდარტული აგურის ზომებზე (6,5$\times$12$\times$25 სმ). კედლის სისქე შეიძლება იყოს, მაგალითად, 2 $\frac{1}{2}$ აგურის სიგრძის ტოლი, ე. ი. 64 სმ; 2 აგურის ტოლი, ე. ი. 51 სმ და ა. შ. კედლების ქვემო ნაწილს ზეძირკველი (ცოკოლი) ეწოდება. ზეძირკველი დაახლოებით 6—12 სმ-ით უფრო სქელია კედლის სისქესთან შედარებით. აგურისა და ქვის სქელ კედლებში კეთდება სიღრუეები, რომელთაც ნიშებს უწოდებენ. ქვის ან აგურის კედლებში განლაგებულია სავენტილაციო და საკვამლე ხვრელები (მილები). ტიხრები, ჩვეულებრივ, კეთდება აგურის, ბეტონის ფილების ან ხის. ხმისა და სითბოს ცუდი გამტარობის თვალსაზრისით კეთდება ღრუ ან ფორებიანი ტიხრები.

გადახურვები. საწარმოო შენობებში ხშირად კეთდება უწვი გადახურვები (ნახ. 535), რომელთა საყრდენები ნაგლინი ფოლადის ან რკინაბეტონის



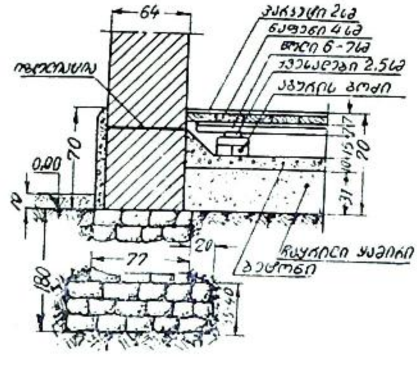
ნახ. 535.



ნახ. 536.

კოჭებია. კოჭებს შორის განლაგებულია რკინაბეტონის ფილები ან თაღები, რაზედაც დაიყრება სითბოსაიზოლაციო ფენა (წიდა, სამშენებლო ნაშალი). სამოქალაქო მშენებლობებში იხმარება ხის კოჭიც (ნახ. 536), რომელზედაც ლურსმნით მიამაგრებენ ძელაკებს, მათზე კი განლაგებულია ყუაფიცრები (ძელშერი). ყუაფიცრებს შორის დარჩენილი ხვრელები ამოიგლისება სილანარევი თიხით და ზემოდან დაეყრება ხმისა და სითბოსაიზოლაციო მასალა. კოჭებზე დაიგება იატაკი, ქვემოდან შეიტკეჩება (გაჯის უკეთ დამაგრებისათვის) და შეილესება. ამგვარად, შეიქმნება ქვემო სართულის ჭერი. სართულშორის ასეთი გადახურვის სისქე დაახლოებით 36 სმ-ია. გარდა სართულშორისი გადახურვისა, არის კიდევ სხვენისა და სარდაფის გადახურვები.

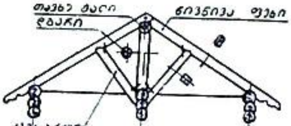
სარდაფის გადახურვები ხშირად ლითონის კოჭებზე კეთდება სინესტის



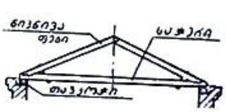
ნახ. 537.

მეტი მტკიცე სიმტკიცისა და ამტანიანობის მიზნით. უსარდაფო სართულის იატაკი შედგება აგურის ბოძებზე განლაგებული, შუაზე გაჭრილი ძელებისაგან (წოლანებისაგან). აგურის ბოძები კი ბეტონის ფენაზეა დაყრდნობილი (ნახ. 537).

ბურული. ბურულის შემკავებელი ნაწილის კონსტრუქციის სისტემა არის დაყრდნობილი და შეკიდული. დაყრდნობილი ნივნივა (ნახ. 538) უფრო მარტივი აგებულებისაა და უფრო საიმედოც. როდესაც შენობას არა აქვს შიგა კედელი, მაშინ ხმარობენ შეკიდულ ნივნივებს (ნახ. 539). ქვის შენობებში ნივნივები გრძივ კოჭებს ეყრდნობიან. კედლებს შორის დიდი მანძილის შემთხვევაში იხმარება ნივნივებიანი ფერმა. ნივნივა ან ნივნივებიანი ფერმა შემოილარტყება და ზედ დაეფინება ბურული. იგი შეიძლება იყოს თუნუქის, ეტერნიტის, კრამიტის, ხისა და სხვ.



ნახ. 538.



ნახ. 539.

ფორმის მიხედვით ბურული შეიძლება იყოს: ცალფერდა, ორფერდა, ოთხფერდა და სხვ. სამრეწველო შენობების ბურულების ზედა ნაწილში ხშირად კეთდება შუქფარანი (მაშუქი, ნახ. 534).

საცხოვრებელ შენობებში სხვენის განათებისა და ბურულთან გარედან მიდგომისათვის აკეთებენ პატარა კოშკურას — საშერცხულს.

კიბეები. დანიშნულების მიხედვით კიბეები შეიძლება იყოს: შიგა, გარე (შესასვლელი) და სამსახურებრივი (სარდაფის, სხვენის, სახანძრო). კიბე შედგება საქცევისა (მარშის) და ბაქნისაგან. საქცევი ეწოდება კიბის დახრილ ნაწილს. ლითონის ან ბეტონის დახრილ კოჭებს, რომლებიც საფეხურებს ამაგრებენ, კიბის ირიბულები (კოსოურები) ეწოდება, ხის კოჭებს კი კიბის ჩანას (ლარას) უწოდებენ. საფეხურები ხშირად ერთი ბოლოთი კედელში მაგრდე-

ბა. საფეხურები კეთდება ხის, ბეტონის, რკინაბეტონის, ლითონის და სხვ. კიბის მოაჯირები მაგრდება დგარებით, რომელთა სიმაღლე 85—90 სანტიმეტრია. იმ ადგილს, სადაც კიბე თავსდება, კიბის უჯრედი ეწოდება.

ფანჯრები და კარები. კედლების სიღრუეში ფანჯრების ჩარჩოს დაყენებისათვის კეთდება შვერილები, რომელთაც აგურის კედლის შემთხვევაში მეოთხედს (მეოთხედი აგური) უწოდებენ. ჩარჩოს გარდა, ფანჯრებს აქვთ ქვედა ფიცარი (რაფა) და ალათა.

დანიშნულების მიხედვით კარები შეიძლება იყოს: შიგა, კიბის უჯრედიდან შესასვლელი და გარე. კარები შედგება ჩარჩოსა და კალთისაგან. კარები შეიძლება იყოს ერთკალთა და ორკალთა. კარები და ფანჯრები, ჩვეულებრივ, მზადდება ხისაგან, სამრეწველო შენობებში — ლითონისგანაც.

ღუმელები. შენობების გათბობის სისტემა შეიძლება იყოს რაიონული, ცენტრალური და ადგილობრივი. რაიონული გათბობის სისტემას მიეკუთვნება თბოელექტროცენტრალიდან გათბობა (ორთქლით, წყლით, აირით); ცენტრალურ გათბობას — ერთი ან ორი შენობის ერთი საქვაბიდან გათბობა. ადგილობრივ გათბობად ღუმელებით გათბობა ითვლება. ღუმელები შეიძლება იყოს მრგვალი, დიამეტრით 50—80 სმ; კუთხის ღუმელები, რომელთა კათეტის სიგრძე დაახლოებით 100 სმ-ია; მართკუთხა ღუმელების ზომა არის 75×90 სმ; სამზარეულოს ღუმელებისა — დაახლოებით 65—120 სმ; სააბაზანო ღუმელის დიამეტრი დაახლოებით 35—40 სმ-ია.

სამშენებლო ნახაზების შედგენა

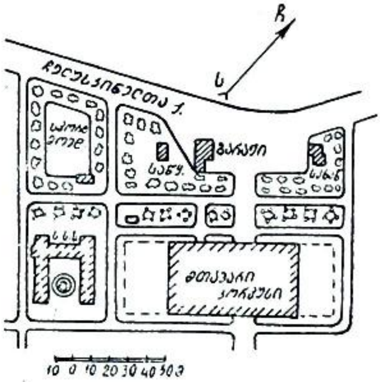
ხშირად საჭირო ხდება უკვე არსებული შენობის ნახაზის შედგენა. ასეთ შემთხვევაში შენობას ზომავენ ცალკეული ნაწილების მიხედვით და ზემოთ აღნიშნულ სტანდარტულ ზომებთან დაზუსტების შემდეგ ამ ზომებს დააწერენ ესკიზურ ნახაზზე. შენობის ესკიზური ნახაზის შედგენა თითქმის ისეთივე თანამიმდევრობით ხდება, როგორც სამანქანათმშენებლო ესკიზური ნახაზებისა. გაზომვა, ჩვეულებრივ, საზომი ლენტის საშუალებით ხდება. გარე კედლების სისქე ფანჯრების ან კარების ღიობების საშუალებით გაიზომება ან გარე და შიგა ზომების სხვაობის განახევრებით მიიღება. შიგა კედლებისა და ტიხარების სისქე გაიზომება კარების ღიობებში.

უფრო ხშირად საქმე გვაქვს საპროექტო ნახაზებთან. საპროექტო მოცემულობის საფუძველზე მუშავდება ტექნიკური პროექტი, რომელიც შედგება: 1) გენერალური გეგმისაგან; 2) შენობის ფასადისაგან; 3) შენობის გეგმისაგან; 4) შენობის ჭრილებისაგან და 5) განმარტებითი ბარათისაგან. პროექტის დამტკიცების შემდეგ ტექნიკური პროექტის საფუძველზე მუშავდება საპროექტო სამუშაო ნახაზები, რომლებშიც შედის: 1) დაზუსტებული გენერალური გეგმა; 2) შენობის გეგმები სართულების მიხედვით და მათზე სხვადასხვა მოწყობილობის განლაგებით; 3) შენობის ჭრილები; 4) ცალკეული კონსტრუქციები (ნივნივის, კიბეების და სხვ.); 5) ცალკეული კონსტრუქციების კვანძების დეტალები; 6) სხვადასხვა მოწყობილობის (წყალსადენის, კანალიზაციის, გათბობისა და მექანიკური მოწყობილობის) ნახაზები.

გენერალური გეგმა წარმოდგენას გვაძლევს შენობის მდებარეობის შესა-

ხებ როგორც მისთვის გამოყოფილ მიწის ნაკვეთზე, ისე მეზობელ უბნებსა და ქუჩებზე, აგრეთვე შენობის უბანზე მდებარე დამხმარე ნაგებობაზე. გამწვანებაზე და სხვ. (ნახ. 540). მხარეები გენერალურ გეგმაზე ნაჩვენები უნდა იყოს ისრით, რომელზედაც წარწერილი იქნება მხარეების აღმნიშვნელი ასოები, აგრეთვე მდინარისა და ქარის მიმართულება.

შენობის გეგმა ეწოდება შენობის თარზული ჭრილის ნახაზს, რომელიც ფანჯრის ღიობების შუაში გამავალი თარზული სიბრტყით — ჭრით არის ნაგულისხმები. გეგმათა რიცხვი დამოკიდებულია შენობის სართულთა რიცხვზე. გარდა ამისა, პროექტს თან უნდა ახლდეს საძირკვლის, გადახურვებში კოჭების განლაგების, ნივნივებისა და ბურულის გეგმები.



ნახ. 540.

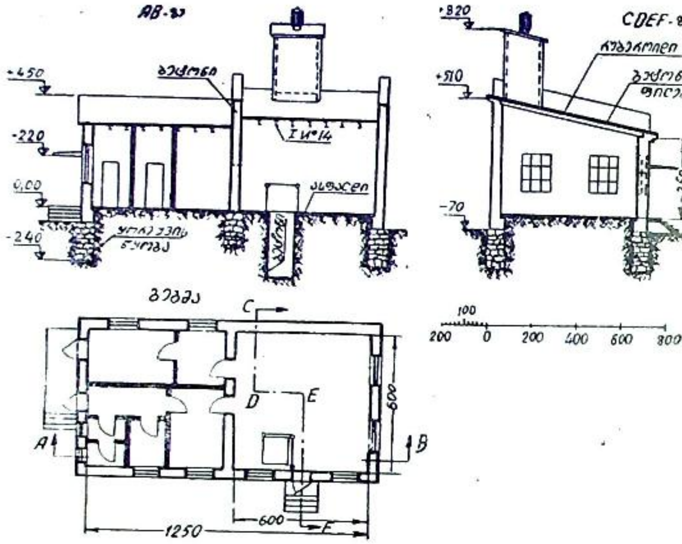
შენობის შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს (საერთო, მთავარ ხედს ჭრილების გარეშე) ფასადი ეწოდება. ფასადი შეიძლება იყოს მთავარი (წინა), გვერდითი და უკანა.

შენობის შიგა აგებულების გამოსავლენად მოცემულია გრძივი და განივი ჭრილები. როგორც წესი, ჭრილები ყოველთვის ფანჯრებისა და კარების ღიობებში უნდა იყოს ნაგულისხმები; კიბის უჯრედის ჭრილის შემთხვევაში მკვეთი სიბრტყე მის ერთ-ერთ საქცევზე უნდა გადიოდეს.

დიდი რაოდენობის გეგმილების გამო შეუძლებელი ხდება დიდი შენობის პროექტის ერთ ფურცელზე მოთავსება, ამიტომ ასეთი შენობის ნახაზები რამდენიმე ფურცელზე უნდა იქნეს განლაგებული.

აქედან, ცხადია, რომ სამშენებლო ნახაზებში გეგმილური კავშირი შეიძლება ყოველთვის მთლიანად დაცული არ იყოს. გარდა ამისა, ერთისა და იმავე შენობის გეგმილები შეიძლება სხვადასხვა მასშტაბით დაიხაზოს. თუ შენობის ნახაზი ერთ ფურცელზე სრულდება, მაშინ სასურველია გეგმილური კავშირის დაცვა.

კონსტრუქციებისა და მათი დეტალების ნახაზები უნდა შესრულდეს ზუსტად, გეგმილური კავშირის დაცვით. მაგალითისათვის განვიხილოთ მცირე სამრეწველო შენობის ნახაზი, რომელიც აცეტილენის დანადგარისათვის არის გამოყენებული (ნახ. 541). შენობის ნახაზი მოცემულია სამი გეგმილით: გეგმა, გრძივი ჭრილი AB-ზე და განივი საფეხურიანი ჭრილი $CDEF$-ზე. ნახაზიდან ჩანს, რომ შენობა ერთსართულიანია, აქვს შიგა კედელი და ტიხრები, არა აქვს სარდაფი და სხვენი, ბურული ცალფერდაა. აპარატურის დასადგმელად შენობას აქვს მართკუთხა ფორმის დანაშენი ბურული. ბურული ცალფერდაა და მასზე დგას სავენტილაციო დეფლექტორი. საძირკველი გაკეთებულია ყორექვის წყობით: შენობის კედლები ბეტონისაა, იატაკი — ასფალტის; ბურული ორტესებრი კოჭებით არის შემაგრებული და შედგება ბეტონის



ნახ. 541.

ფილებისაგან, რომლებიც რუბეროიდითაა დახურული. ნულოვან ნიშნულად მიღებულია იატაკის დონე. საძირკვლის ფუძის ნიშნულია 240, ე. ი. საძირკვლის სიღრმე არის 240—70=170 სმ. შენობის უმაღლესი წერტილის ნიშნულები იქნება 820 სმ, თუ დეფლექტორს არ მივიღებთ მხედველობაში. ნახაზზე მოცემულია ძირითადი ზომები, დანარჩენი ზომების მიღება შეიძლება ხაზოვანი მასშტაბით.

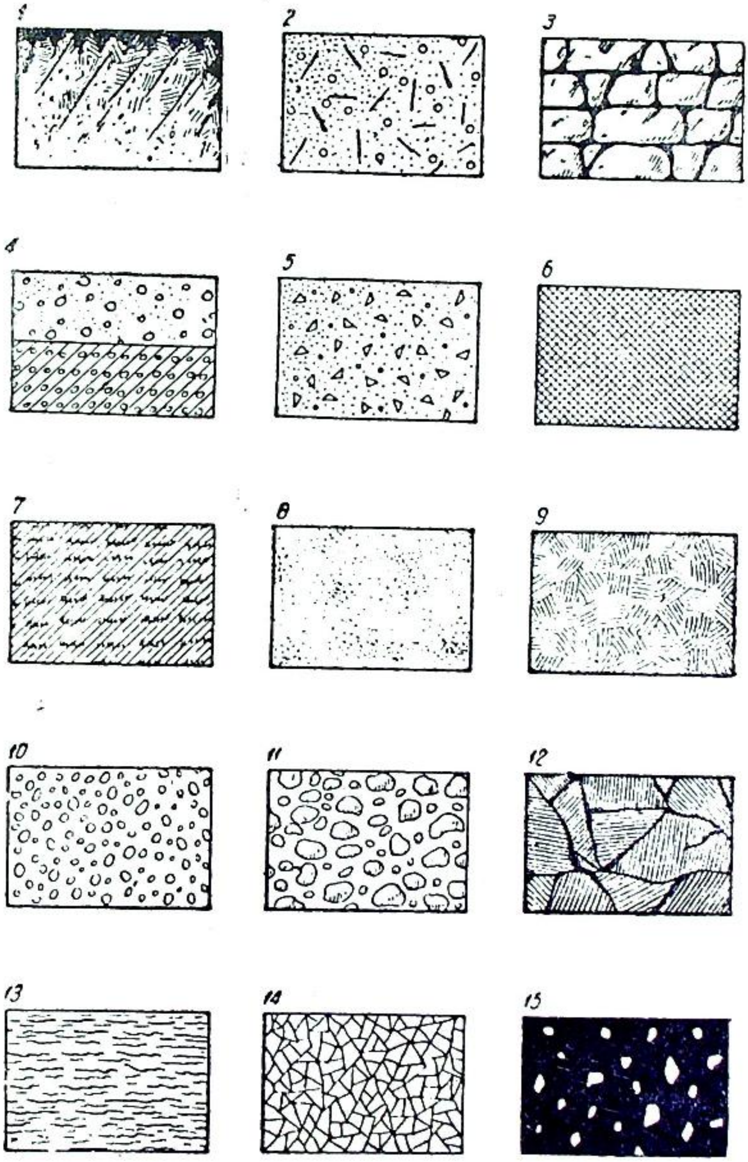
მასშტაბები. ОСТ 4444-ის მიხედვით, სამშენებლო ნახაზებისათვის მიღებულია შემდეგი მასშტაბები: ადგილმდებარეობის გეგმისათვის — 1:5000, 1:10000; გენერალური გეგმისათვის — 1:500, 1:1000; შენობის გეგმისათვის — 1:100, 1:200; ჭრილებისა და ფასადებისათვის — 1:100, 1:200; ძირითადი კონსტრუქციების დეტალებისათვის — 1:20, 1:50; განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო დეტალებისათვის — 1:5, 1:10.

გარდა რიცხობრივი მასშტაბებისა, სამშენებლო ხაზვაში იხმარება ხაზოვანი მასშტაბებიც, რომლებიც შეიძლება იყოს ორი სახისა: მარტივი და განივი.

ნახაზის ტუშით ან ფანქრით შემოვლება. არქიტექტურულ ხაზვაში შემოსავლები ხაზები უფრო წვრილია, ვიდრე სამანქანათმშენებლო ხაზვაში. შედარებით უფრო სქელი ხაზებით გამოიხაზება დეტალების კონტურები.

ზომები. ОСТ 4446-ის მიხედვით, სამშენებლო ნახაზზე ზომები იწერება სანტიმეტრობით. ზომის გამოსატანი ხაზები და ისრები ძირითადად აღინიშნება ისე, როგორც სამანქანათმშენებლო ნახაზებზე. გენერალურ გეგმებზე, სადაც ხაზოვანი მასშტაბებია გამოხაზული, ზომები არ იწერება.

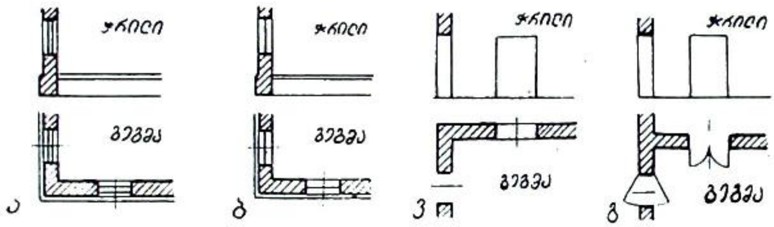
მასალათა პირობითი აღნიშვნები. 542-ე ნახ.-ზე მოცემულია ზოგიერთი



ნახ. 542.

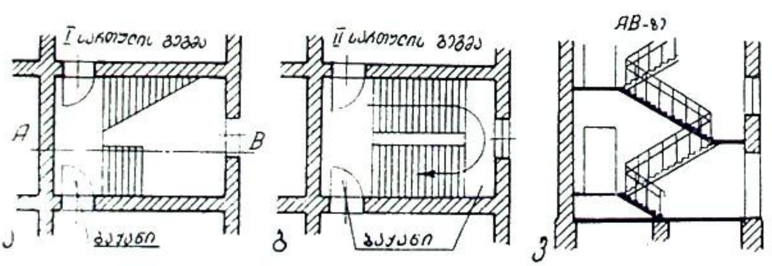
საშენი მასალის პირობითი აღნიშვნა (ГОСТ 4447-ის მიხედვით: 1) ბუნებრივი ნიადაგი — მიწა. 2) ნაყარი მიწა. 3) წყობა ბუნებრივი ქვისაგან. 4) ბეტონი და ქვემოთ რკინაბეტონი. 5) თბილი ბეტონი. 6) საიზოლაციო მასალები. 7) მცენარეული ფენა. 8) ქვიშა. 9) თიხა. 10) ხრეში, 11) რიყის ქვა. სიპი ქვა. 12) კლდე. 13 ლამი. 14) ღორღი და 15) ასფალტბეტონი. სამშენებლო ხაზვაში დასაშვებია, რომ ჭრილში მოხვედრილი ადგილები არ წაიხაზოს და წახაზვა შეიცვალოს სქელი ხაზებით.

შენობის ნაწილებისა და ზოგიერთი შიგა მოწყობილობის პირობითი აღნიშვნები. ფანჯრები, კარები და კიბეები ნახაზებზე პირობითად აღინიშნება. ფანჯრები. რომლებსაც ორმაგი მინა აქვთ, აღინიშნება ორი პარალელური წვრილი სწორი ხაზით (ნახ. 543, ა), ერთმაგმინიანი ფანჯარა კი — ერთი ხაზით (ნახ. 543, ბ). კარების გეგმაზე ღიობების აღნიშვნა შეიძლება უხაზოდ ან კედლის ხაზების გასწვრივ წვრილი ხაზებით (ნახ. 543, ვ და ნახ. 543. გ). კარების ტიპისა და გაღების მიმართულების საჩვენებლად კარების კალთას გამოსახავენ ნაწილობრივად ან მთლიანად გაღებულს (ნახ. 543, გ).



ნახ. 543.

პირველი სართულის კიბის უჯრის პირობითი აღნიშვნა იმაში მდგომარეობს. რომ მეორე საქცევი დიაგონალზე გამოისახება პირობით ჩამოჭრილად (ნახ. 544. ა). ზედა სართულზე კიბის ორივე საქცევი მთლიანადაა ნაჩვენები (ნახ. 544. ბ); ამ ნახაზზე კიბეზე ასვლის მიმართულება ნაჩვენებია ისრით. გეგმაზე არ გამოიხაზება გადახურვის, საქცევისა და კიბის ბაქნების კონსტრუქციები.

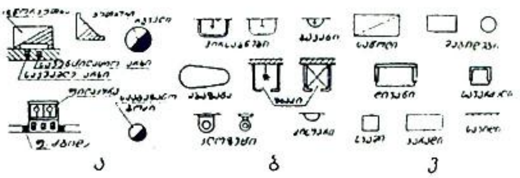


ნახ. 544.

კიბეების ჭრილი ნაჩვენებია პირველი და ნაწილობრივ მეორე სართულებისათვის, ეს ჭრა მიღებულია AB-ზე (ნახ. 544, ვ).

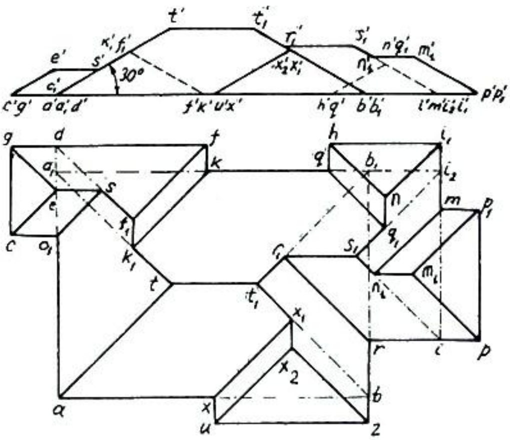
545-ე ნახაზზე მოცემულია ზოგიერთი პირობითი აღნიშვნა. 545, ა ნახაზზე მარცხნივ ნაჩვენებია ოთხკუთხა, კუთხოვანი, მრგვალი, ფილაქურა და საბაზანო ღუმელები.

სანიტარულ-ტექნიკურ და საყოფაცხოვრებო მოწყობილობათა პირობითი აღნიშვნები გამოსახულია 545, ბ და 545, გ ნახაზებზე.



ნახ. 545.

546-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია ბურულის გეგმის მიხედვით ფასადის გამოხაზვა. ამ ნახაზიდან ადვილი გასარკვევია, თუ როგორ უნდა გამოიხაზოს ბურულის გეგმის გარეთა კონტურის შემდეგ შიგა ხაზები, რომელთა ჩვენება ბურულის გეგმაზე აუცილებელია, რადგან შიგა ხაზების გარკვეული წესების დაცვით ურთიერთგადაკვეთა გვაძლევს ბურულის მთლიან ფორმას და ამ გეგმის მიხედვით შემდეგ ადვილი ასაგებია ბურულის შვეული გეგმილი ნებისმიერი მხრიდან შეხედვით. ამ გეგმილების საშუალებით შეგვიძლია შენობის აქსონომეტრიული გეგმილის გამოხაზვაც. აქ მოცემულია მარტივი ბურულის შემთხვევა, როცა ლავგარდანის (კარნიზის) ხაზები მოთავსებულია ერთ თარაზულ სიბრტყეზე. ბურულის ყველა ფერდის დახრის კუთხეები თანატოლია და უდრის 30°-ს. ამ ნახაზზე ლავგარდანის ხაზები ბურულის გეგმის გარეთა კონტურის ხაზებია, მაგალითად $axuzrpp_1mi_1hqktgcc_1a$, რომელთა შვეული გეგმილი ერთ სწორ ხაზზეა მიღებული. თუ გვაქვს თანაბრად დახრილი ორი ფერდი, რომელთა ლავგარდანის ac_1 და ax ხაზები გადაკვეთილია a წერტილზე, მაშინ ფერდების ურთიერთკვეთის at წყალგამყოფი ხაზის თარაზული გეგმილი იქნება c_1ax კუთხის ბისექტრისა. როცა ორი ლავგარდანის ab და a_1b_1 ხაზები პარალელურია, მათზე დაყრდნობილი ფერდების გადაკვეთის ხაზის თარაზული გეგმილი გაივლის ლავგარდანის ხაზების შუა-



ნახ. 546.

ში, მათ პარალელურად, და მას კეხის ხაზს უწოდებენ. a_1ab კუთხის ბისექტრისა და aa_1b_1 კუთხის ბისექტრისის გადაკვეთა გვაძლევს t წერტილს, აგრეთვე abb_1 კუთხისა და bb_1a_1 კუთხის ბისექტრისების გადაკვეთა გვაძლევს t_1 წერტილს, tt_1 კეხის თარზული გეგმილი ab და a_1b_1 ლავგარდანების შუაზე მათ პარალელურად გაივლის. ასეთი წესით მიღებულია x_2x_1, tt_1, f_1k_1, es, nq_1 r_1s_1 და n_1m_1 კეხის თარზული გეგმილები. წყალგამყოფი ხაზების გეგმილები სათანადო კუთხეების ბისექტრისების მიმართულებაა; ეს კუთხეები ზოგი კონტურის შიგა კუთხეებია, ზოგი კი გარეთა. მაგალითად, t_1x_1 წყალგამყოფი ხაზი xbr შინაგანი კუთხის ბისექტრისის მიმართულებაა, xx_1 წყალგამყოფი ხაზი კი — axu გარეგანი კუთხის ბისექტრისის მიმართულება. როგორც გარე, ისე შიგა კონტურები უნდა ჩაიკეტოს.

ბურულის ფასადი ადვილი ასაგებია, რაც ნახაზზე გარკვევით არის ნაჩვენები. ფერდების დახრის კუთხე ჩვენს შემთხვევაში 30°-ია, ამიტომ კეხის შვეული გეგმილის საპოვნელად ჯერ უნდა ვიპოვოთ წყალგამყოფი ხაზის (გადატეხის ხაზის) შვეული გეგმილი, რომლის ასაგებად ვიპოვით დიაგონალის ლავგარდანებთან გადაკვეთის წერტილის შვეულ გეგმილს და ამ წერტილიდან ავაგებთ 30°-იან კუთხეს, რომლის მიმართულებაზე დავაგეგმილებთ წყალგამყოფი ხაზის მეორე წერტილს.

547-ე ნახ.-ზე გამოსახულია ერთსართულიანი ორბინიანი საცხოვრებელი სახლის ფასადი, გეგმა და ჭრილი AB-ზე. ზემოთ აღნიშნული მოკლე განმარტების საფუძველზე შეგვიძლია ამ ნახაზის წაკითხვა და ზომების მიხედვით მისი ფართობისა და მოცულობის გაანგარიშება.

548-ე ნახ.-ზე მოცემულია ორსართულიანი სახლის ფასადი, ორივე სართულის გეგმა ცალ-ცალკე, გვერდხედი და უფრო დიდი მასშტაბით ჭრილი. ჭრილზე წრეხაზებში გამოხაზულია შენობის ამ ადგილის კონსტრუქცია.

549, 550, 551-ე ნახაზებზე მოცემულია საწარმოო შენობის გეგმილები.

549-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებია შენობის ფასადი და გრძივი ჭრილი.

550-ე ნახ.-ზე მოცემულია პირველი სართულის გეგმა, სადაც ცალკეული სათავსები წარწერით არის ნაჩვენები.

551-ე ნახ.-ზე მოცემულია განხილული შენობის განივი ჭრილი, მეორე და მესამე სართულების ნაწილობრივი გეგმები. მათზე წარწერებითა და პირობითი აღნიშვნებით შეიძლება მივიღოთ შენობაზე სრული წარმოდგენა.

552, 553, 554 და 555-ე ნახაზებზე მოცემულია სავარჯიშო მაგალითები; უნდა ავაგოთ ჭრილები I—I და II—II-ზე, გამოვთვალოთ სასარგებლო და საერთო ფართობები, ავაგოთ შენობის გვერდითი ფასადი, ბურულის გეგმა და განვსაზღვროთ A, B, C, D, E და F წერტილებიდან რომელი მათგანი მდებარეობს ყველაზე მაღლა და დაბლა, აგრეთვე რომელი წერტილია ყველაზე წინ და ყველაზე უკან

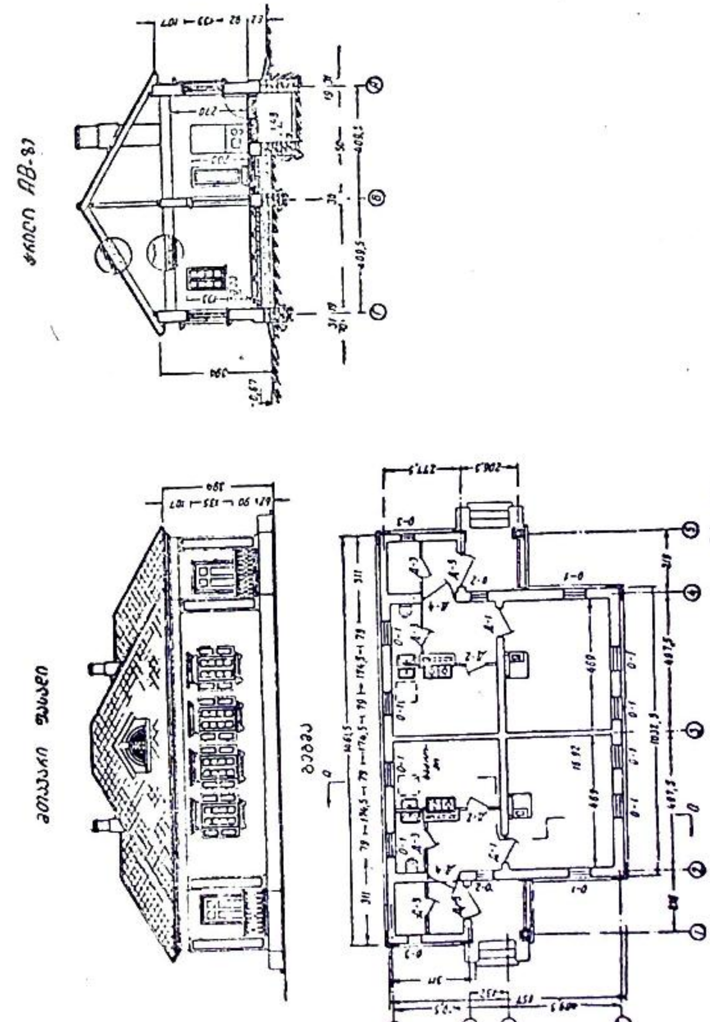
552-ე ნახაზისათვის დამხმარე მონაცემები: სათავსის სიმაღლე — 3 მ, შიგა კარების სიმაღლე — 2 მ, ფილაქურის სიმაღლე — 0,85 მ, საძირკველი აგურისაა, სიღრმით 1,0 მ.

553-ე ნახაზისათვის: სათავსის სიმაღლე — 3 მ, შიგა კარების სიმაღლე — 2,1 მ, უნიტაზის სიმაღლე — 0,4 მ, საძირკველი ყორექვისაა, სიღრმით 1,1 მ.

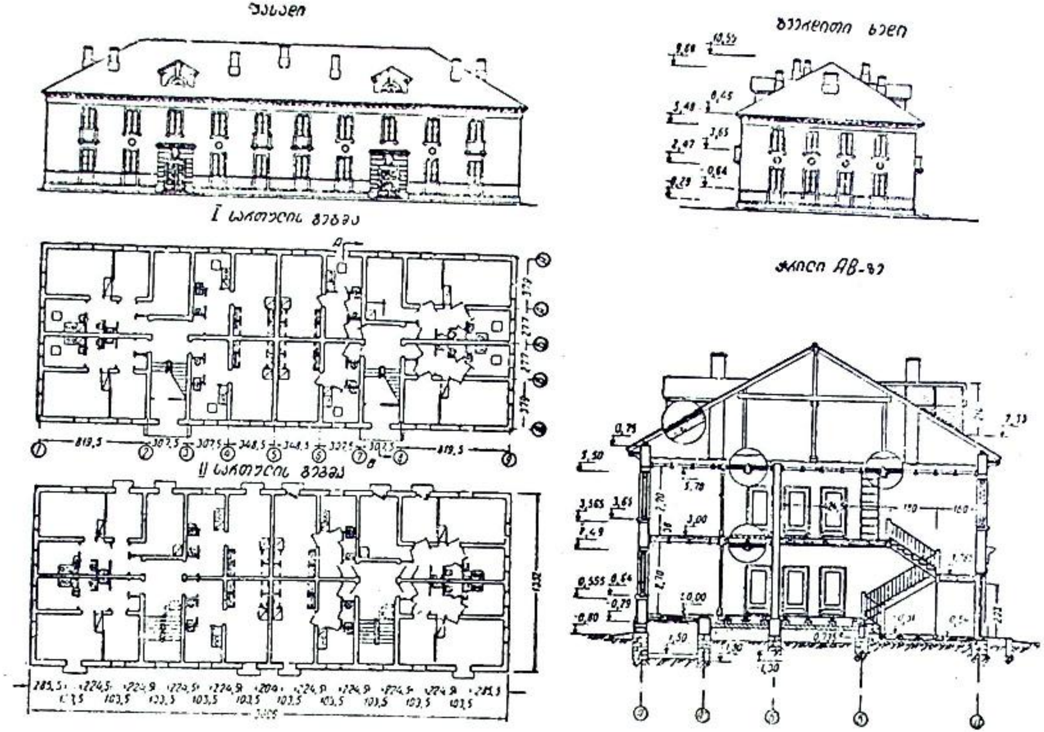
554-ე ნახაზისათვის: სათავსის სიმაღლე — 3,1 მ, შიგა კარების სიმაღლე — 1,9 მ, საძირკველი ყორექვისაა, სიმაღლე 1,2 მ.

555-ე ნახაზისათვის: სათავსის სიმაღლე — 2,9 მ. ფილაქურის სიმაღლე — 0,85 მ, პირსაბანის საყრდენის სიმაღლე — 0,95 მ, საძირკველი ბეტონისაა, რომლის სიმაღლე 0,8 მ-ია.

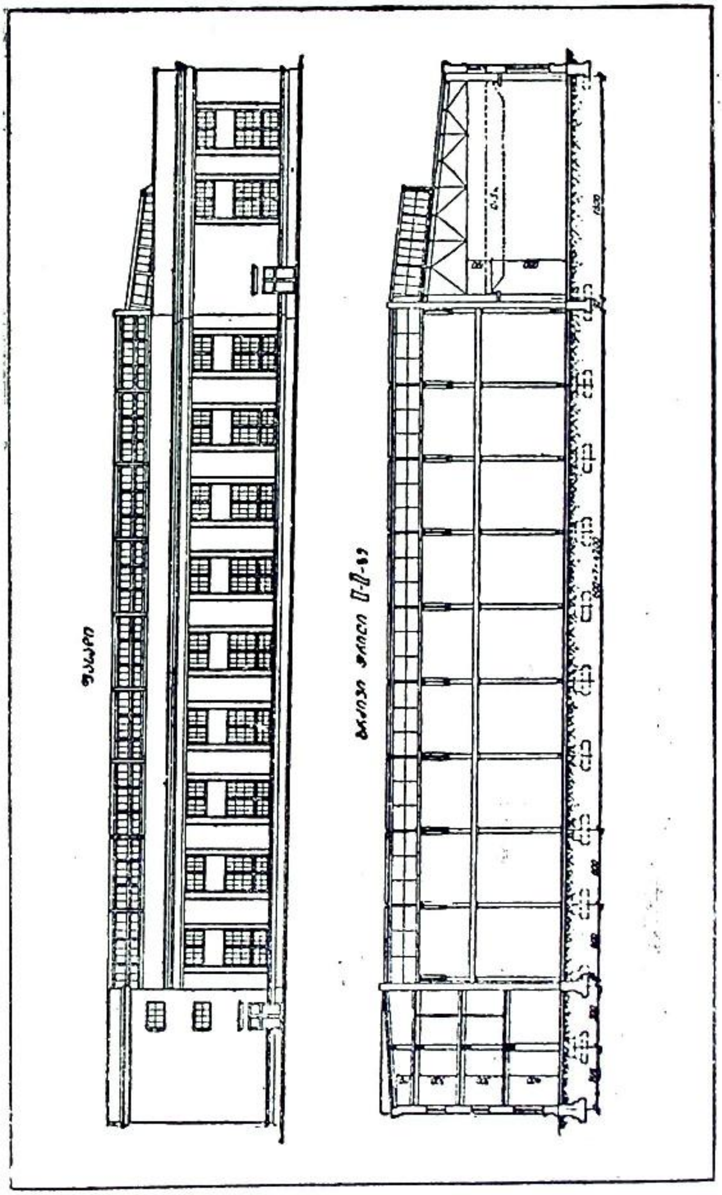
ეს სავარჯიშო მაგალითები აღებულია მარტივი ერთსართულიანი საცხოვრებელი სახლების ნახაზებიდან. საჭირო ზომების მიღება შეიძლება ხაზოვანი მასშტაბების დახმარებით.



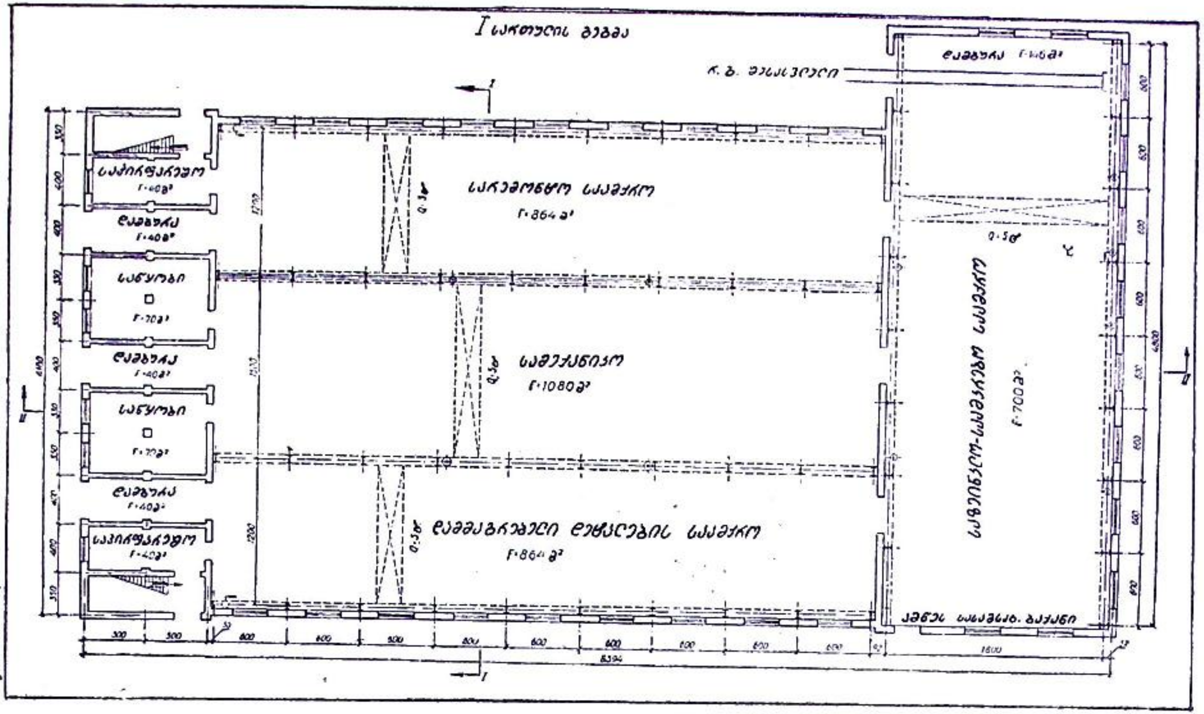
ნახ. 547.


ფასადი
გვერდითი ხედი
I სართულის გეგმა
II სართულის გეგმა
ჭრილი AB-ზე

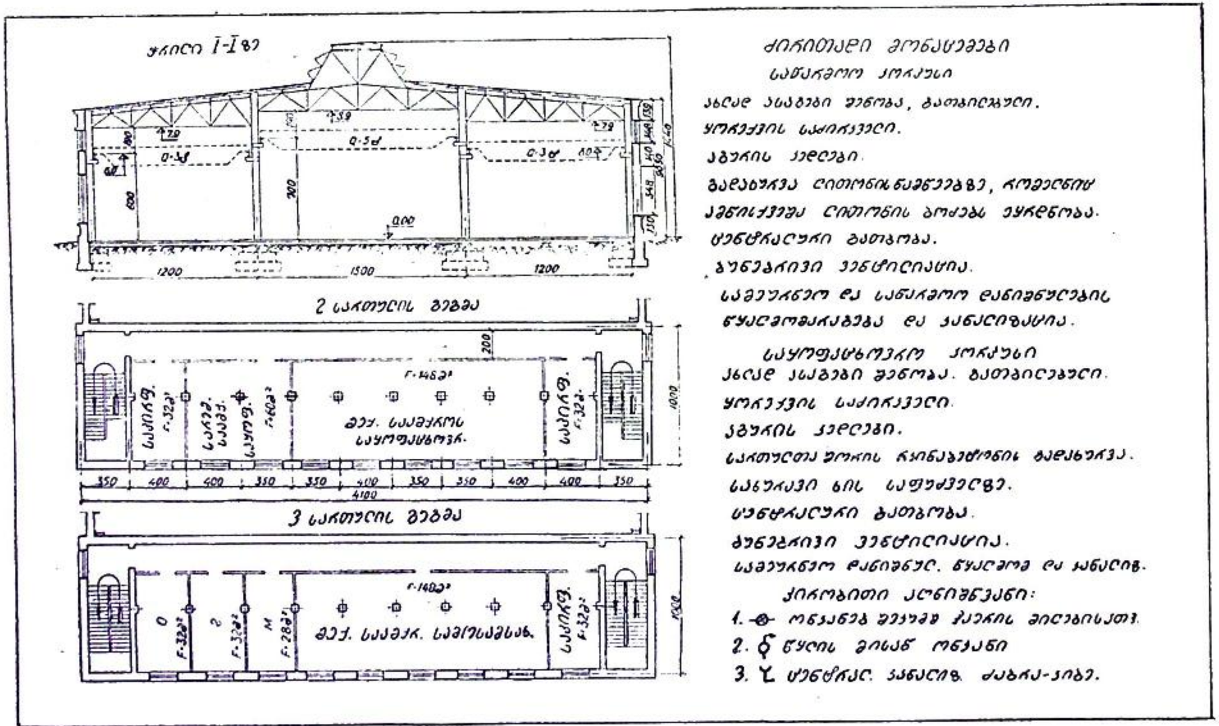
ნახ. 548.



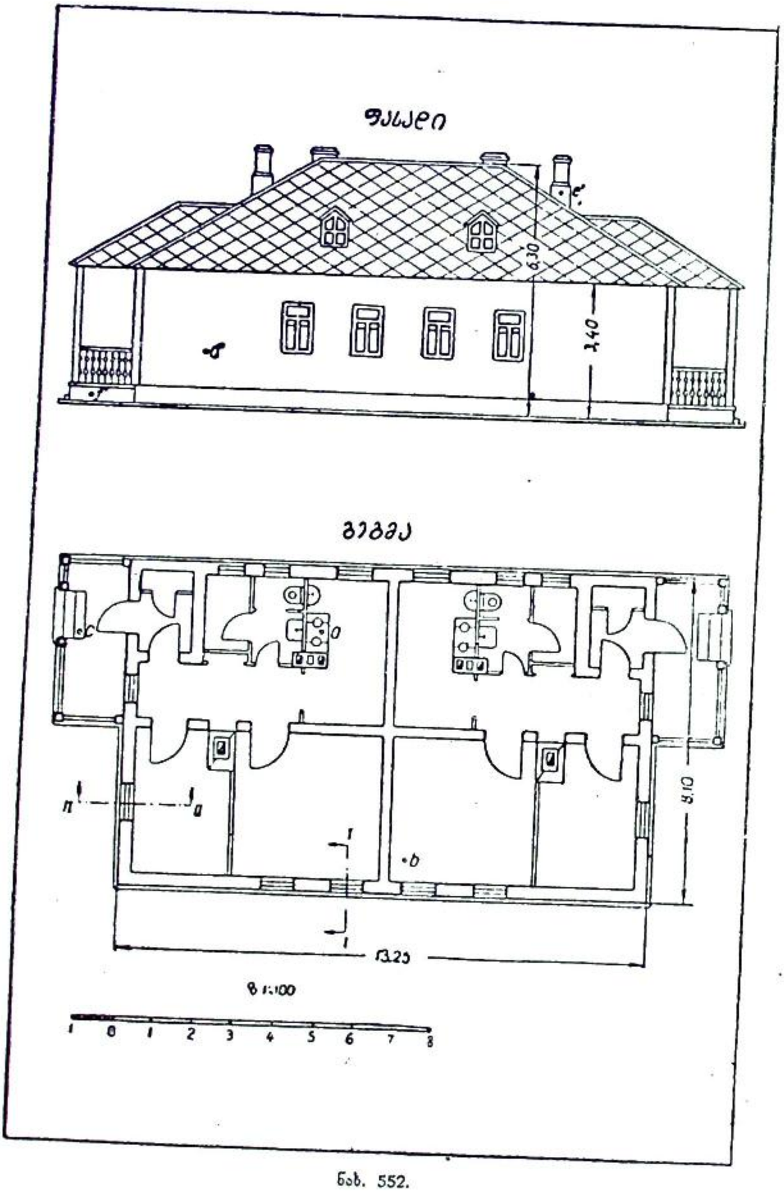
ნახ. 549.



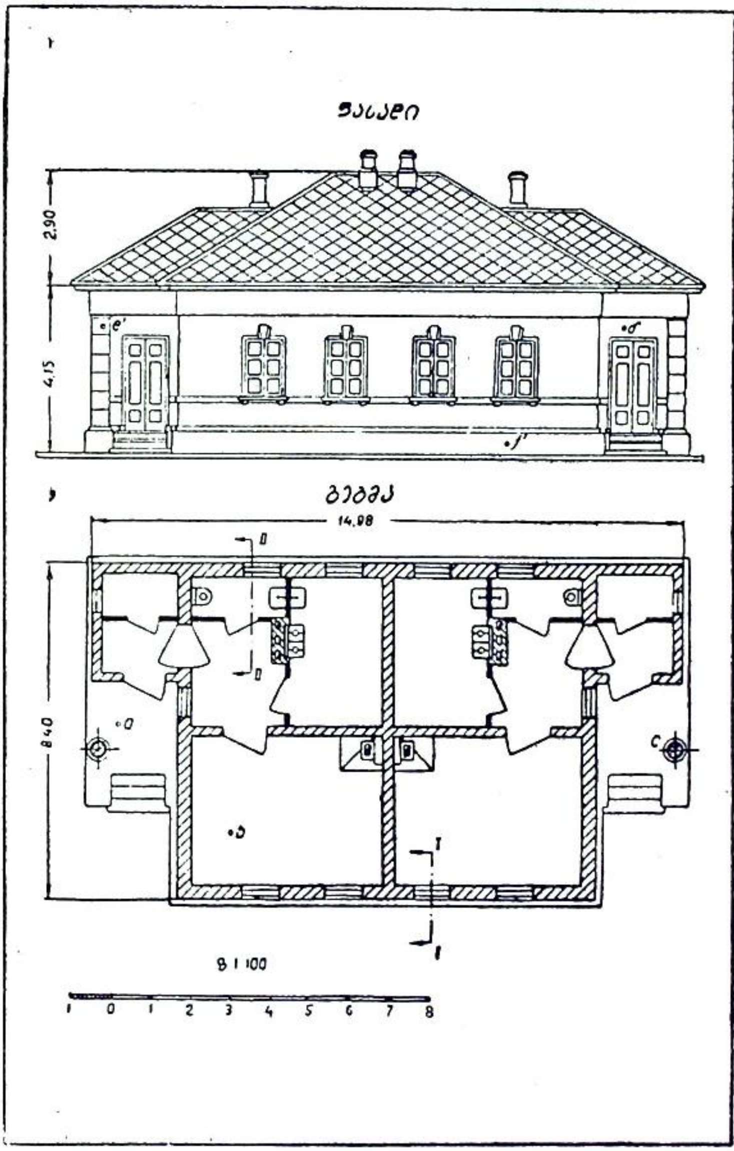
ნახ. 550.


ჭრილი I-I ზე
2 სართულის გეგმა
3 სართულის გეგმა
ძირითადი მონაცემები
საწარმოო კორპუსი
ახლად ასაგები შენობა, გათბილიზული.
ყორექვის საძირკველი.
აგურის კედლები.
გადახურვა ლითონის ნაშენებზე, რომელნიც
ამწისქვეშა ლითონის ბოძებს ეყრდნობა.
ცენტრალური გათბობა.
ბუნებრივი ვენტილაცია.
სამეურნეო და საწარმოო დანიშნულების
წყალმომარაგება და კანალიზაცია.
საყოფაცხოვრებო კორპუსი
ახლად ასაგები შენობა. გათბილებული.
ყორექვის საძირკველი.
აგურის კედლები.
სართულთაშორის რკინაბეტონის გადახურვა.
სახურავი ხის საფუძველზე.
ცენტრალური გათბობა.
ბუნებრივი ვენტილაცია.
სამეურნეო დანიშნულ. წყალმომ. და კანალიზ.
პირობითი აღნიშვნანი:
1. ონკანები შლანგით ჰაერის მილებისათვ.
2. წყლის მისაწ. ონკანი
3. ცენტრალ. კანალიზ. ძაბრა-კიბე.

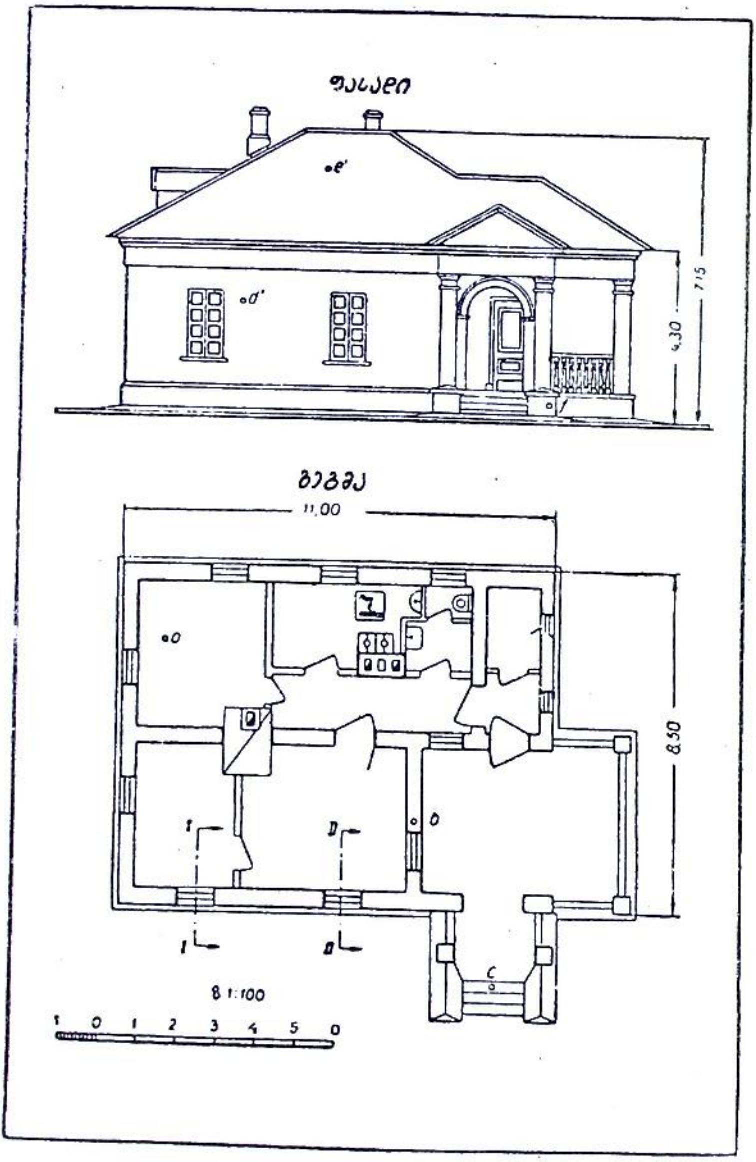
ნახ. 551.



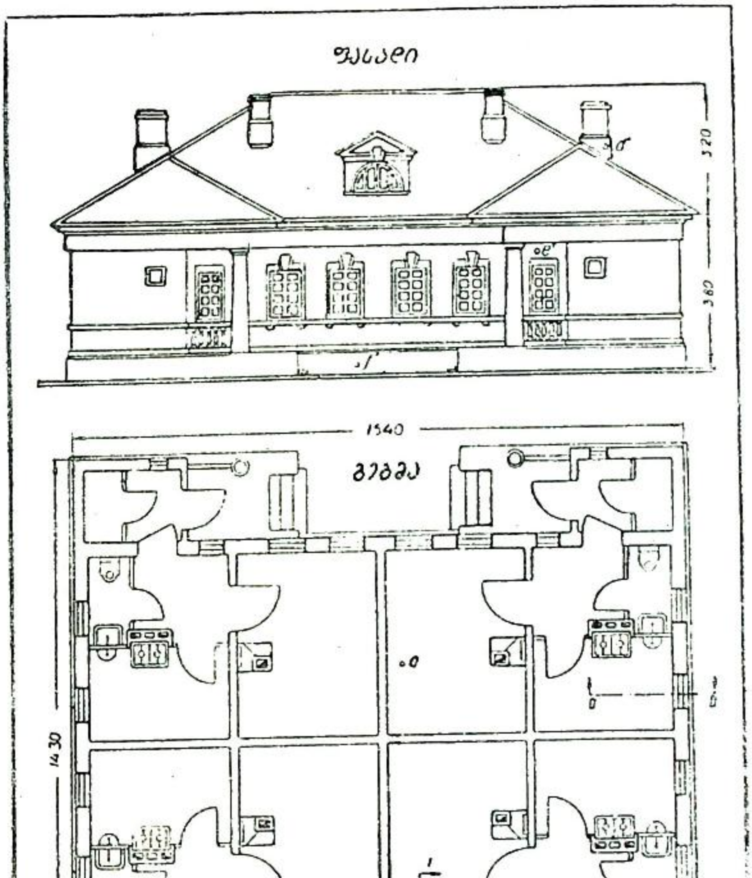
ნახ. 552.



ნახ. 553.



ნახ. 554.



ნახ. 555.

შინაარსი

I. ნაწილი

გეომეტრიული ხაზვა

პირველი თავი. აუცილებელი სახაზავი იარაღები და მასალები

მეორე თავი. სტანდარტები

მესამე თავი. გეომეტრიული აგებანი

მრუდები

II ნაწილი

გეგმილური (პროექციული) ხაზვა

მეოთხე თავი

3