საქართველოს სსრ განათლების სამინისტრო
დაწყებითი და საშუალო სკოლების სამმართველო

სერგო ბურჭულაძე

ტექნიკური ხაზვის საფუძვლები

ნაწილი I

საქართველოს სსრ სახელმწიფო გამომცემლობა
თბილისი
1950

ავტორისაგან

საბჭოთა პედაგოგიკის თვალსაზრისით ბავშვის პოლიტექნიკურად აღზრდას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ტექნიკურად განვითარებული კადრების მომზადებაში.

სათანადოთ ორგანიზებული პოლიტექნიკურ-პედაგოგიკური მუშაობით, მოზარდის სივრცობრივ წარმოდგენასთან დაკავშირებით, ფართოვდება მისი გონებრივი ჰორიზონტი, მჟღავნდება და ვითარდება შემოქმედებითი უნარიანობა, აქტივობა და ინიციატივა, მდიდრდება სივრცობრივი წარმოდგენის მარაგი, მუშავდება ის აუცილებელი ტექნიკური უნარ-ჩვევები, რომელთა ცოდნა და გამოყენება საჭიროა ადამიანის პრაქტიკული მოღვაწეობის ყოველ დარგში.

საბჭოთა საშუალო სკოლებში ამჟამად მოქმედი პროგრამის მიხედვით ხაზვის სწავლება დიდ როლს შეასრულებს მოზარდის, როგორც ტექნიკურად აღზრდაში, ისე სხვა დისციპლინების შესწავლაში.

სივრცობრივი სხეულების სიბრტყეზე გამოსახვის მეთოდების შესწავლა და გრაფიკულ გამოსახულებათა მეთოდების დაუფლება მოსწავლეს დიდ დახმარებას გაუწევს მათემატიკის, ფიზიკის, ქიმიისა და სხვა საგნების ღრმად შესწავლაში.

საშუალო სკოლა დამთავრებულთ, რომლებიც მსურველნი არიან სწავლა განაგრძონ ტექნიკურ უმაღლეს სასწავლებელში, ძალიან უძნელდებათ პირველ და მეორე კურსზე სწავლა, რაც გამოწვეულია ხაზვისა და მხაზველობითი გეომეტრიის გრაფიკული სამუშაოების დაუძლევობით. ეს უკანასკნელი კი გავლენას ახდენს მათემატიკის, ფიზიკის, ქიმიის და სხვა საგნების შესწავლაზე.

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

როგორც ვიცით, საშუალო სკოლის დამთავრების შემდეგ ახალგაზრდა ღებულობს სიმწიფის მოწმობას, რის შემდეგ მას უფლება ეძლევა თავისი სურვილის მიხედვით აირჩიოს ისეთი უმაღლესი სასწავლებელი, სადაც სწავლა არ გაუძნელდება. მეორე შემთხვევაში (წარმოებაში) კი ის იქნება საწარმოო პროცესების გაუმჯობესების აქტიური მონაწილე, რაც საბჭოთა მოქალაქის საპატიო საქმეა.

საშუალო სკოლებში ამჟამად მოქმედი პროგრამის საფუძველზე ხაზვა ისწავლება VIII, IX, X და XI კლასებში.

პროგრამის მიხედვით ამ ოთხი წლის მანძილზე მოზარდი უნდა დაეუფლოს: 1) გეომეტრიულ ხაზვას, საჭირო ხელსაწყო იარაღების გამოყენების წესებს,

სხვადასხვა გეომეტრიულ ამოცანათა გადაწყვეტით; 2) გეგმილურ (პროექციულ) ხაზვას, სივრცობრივი ელემენტების სიბრტყეზე გამოსახვის მეთოდებს; 3) ტექნიკურ ხაზვას, მარტივ მანქანათა ნაწილების გამოხაზვას და შედგენილი ნახაზის წაკითხვის წესებს.

ეს ხაზვის პროგრამა შედგება ორი ნაწილისაგან.

პირველ ნაწილში მოცემულია VIII კლასის პროგრამის მასალები, რომლებიც ითვალისწინებს საგნის აღწერილობით, შესავალ ნაწილს და ხაზვის ზოგად კურსს განსაზღვრული მოცულობით.

პროგრამის მეორე ნაწილი შეიცავს იმ მასალებს, რომლებიც უნდა გაიაროს IX, X და XI კლასებმა.

წინამდებარე შრომა შედგენილია საშუალო სკოლების ხაზვის ამჟამად მომქმედი პროგრამის საფუძველზე და ძირითადად შეიცავს მის ზოგად კურსს, ე. ი. პირველ ნაწილს. ამიტომ ეს სახელმძღვანელო მთლიანად ამოწურავს VIII კლასის (როგორც საშუალო, ისე რვაწლიანი სკოლების) ხაზვის პროგრამას და ამავე დროს მასში მოცემულია IX, X და XI კლასების ხაზვის პროგრამის ძირითადი საკითხების საფუძვლები.

მნიშვნელოვანი შესწორებანი და მითითებანი სახელმძღვანელოს შესახებ, ავტორის მიერ დიდი პატივისცემით და ყურადღებით იქნება მიღებული.

უმთავრესი ლიტერატურა, რომლითაც ვსარგებლობდით სახელმძღვანელოს შედგენისას, შემდეგია:

1. Чертежи в машиностроении ГОСТ 3450-46,3466-46, 2789-45 и 2940-45. 1948 г.
2. В. О. Гордон — „Основы технического черчения“, 1938 г.
3. В. Гордон и М. Семенцов-Огиевский — „Курс начертательной геометрии“, 1946 г.
4. Проф. В. И. Каменев — „Курс машиностроительного черчения“. 1946г.
5. პროფ. ა. ა. გულისაშვილი — „მხაზველობითი გეომეტრიის კურსი“, 1949 წ.
6. დოც. დ. გ. ჭელიძე — „ხაზვის კურსი“. 1949 წ.
7. სერგო ბურჭულაძე — „ხაზვის სწავლების მეთოდიკა“ VIII—XI კლასებში“, 1949 წ.

სხვადასხვა ჟურნალები, საშუალო სკოლების ხაზვის პროგრამა 1949 წ.

სერგო ბურჭულაძე

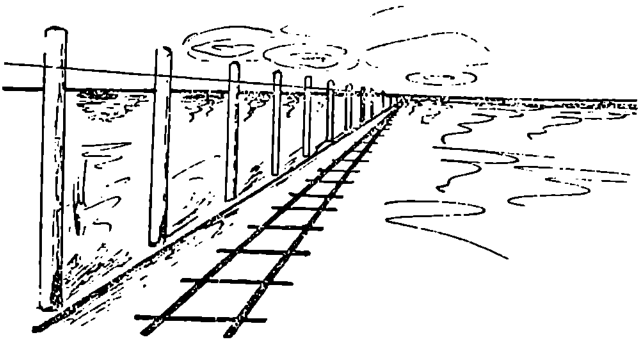
თბილისი, 1950 წელი, აპრილი.

ხაზვის საგანი,—მისი შესწავლის მიზანი

საინჟინერო ხელოვნებაში აუცილებელ საჭიროებას წარმოადგენს შენობის, ჰანქანის და სხვა რაიმე საგნის გრაფიკული გამოსახვა ქაღალდზე, ან ამგვარი გრაფიკული გამოსახულების წაკითხვა, ე. ი. ერთ სიბრტყეზე (ქაღალდზე) გამოსახული საგნის წარმოდგენა ისე, როგორც ის არის სივრცეში. როგორც ვიცით, სივრცეს და ამ სივრცეში მოთავსებულ სხეულებსაც აქვს სამი განზომილება. სიბრტყეს კი აქვს ორი განზომილება, და სწორედ ხაზვის საგნის მნიშვნელობაც იმაში მდგომარეობს, რომ ერთ სიბრტყეზე გამოსახული საგანი იძლეოდეს ამ საგნის სივრცეში მდებარეობის, ზომებისა და ფორმის სრულ წარმოდგენას. ასეთი გრაფიკული გამოსახულებისათვის ორი ხერხი არსებობს: ერთი — სხეულის გამოხატვა ქაღალდზე, ან ფოტოგრაფიული სურათის გადაღება, და მეორე — სხეულის ქაღალდზე გამოხაზვა. პირველ შემთხვევაში, ე. ი. როდესაც სურათს ამზადებს მხატვარი ხელით, ან ფოტოგრაფიული აპარატის საშუალებით — ვიღებთ გამოხატულებას (პერსპექტიულ გამოსახულებას) რომელიც თვალზე ისეთსავე შთაბეჭდილებას ახდენს, როგორც თვით საგანი, სივრცეში მდებარე. ასეთი გამოსახულება ადამიანისათვის ადვილი გასაგებია, რადგან ის იძლევა სწორედ ისეთ სურათს, როგორსაც დაინახავდა ადამიანი, რომ მისი თვალი ყოფილიყო მოთავსებული იქ, სადაც იყო მხატვრის თვალი, ან იქ, სადაც იყო ფოტოაპარატის ობიექტივი. ამგვარად, ასეთი გამოხატულება იძლევა ისეთსავე სურათს, როგორსაც ადამიანი ხედავს. მაგრამ ზოგჯერ ადამიანი არა ხედავს ისე, როგორც სინამდვილეშია. შეიძლება, ორი საგანი სინამდვილეში იყოს ერთნაირი სიდიდის, მაგრამ თუ ერთი ახლოა მაყურებელთან და მეორე შორსაა მისგან, მაშინ ახლო მყოფი საგანი მას უფრო დიდად მოეჩვენება და შორეული კი — პატარად. მაგ., დამკვირვებელი, როცა გაჰყურებს დიდ შენობას პროფილის გასწვრივ, მაშინ ის ფანჯრები, რომლებიც დამკვირვებელთან ახლოა, უფრო დიდი ჩანს, ვიდრე უფრო შორს მყოფი და, თუ ამ შენობას ბევრი ფანჯრები აქვს, ისინი დაშორებასთან ერთად თანდათანობით პატარავდებიან დამკვირვებლისათვის. ეს იმ დროს, როცა უკვე ვიცით, რომ შენობის ფანჯრები სტანდარტულია და ერთი-მეორის ტოლი.

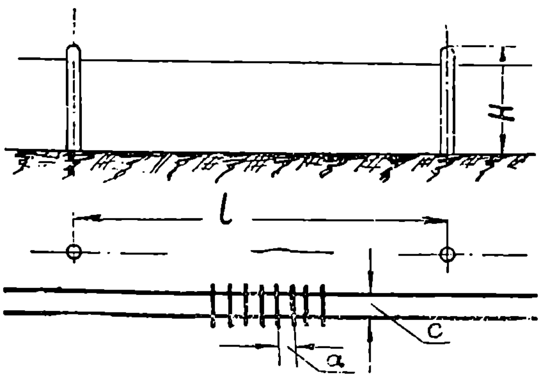
თუ ავიღებთ იმ შემთხვევას, როცა დამკვირვებელი (მხატვარი) დგას რკინიგზის ლიანდაგზე და გაჰყურებს მას გრძივად, მივიღებთ 1 ნახაზზე წარმოდგენილ სურათს. სინამდვილეში კი რკინიგზის ლიანდაგის განი ყველგან ტოლია, ტელეგრაფის ბოძები ურთიერთ თანაბრად დაშორებული და ტოლი სიმაღლისა არიან. აგრეთვე შპალებიც თანატოლი სიგრძისა და ურთიერთ ტოლი მანძილით არიან დაშორებული. ამ ცდომილებას ადამიანის თვალი იმდენად შეჩვეულია, რომ ჩვენ ყოველთვის მოგვწონს იმისთანა სურათი, სადაც ეს

ცდომილება დატოვებულია. ამგვარად, ასეთი ნახატი ნათელ წარმოდგენას იძლევა საგნის ფორმაზე და მის მდებარეობაზე, მაგრამ ის არ იძლევა საშუალებას, რომ წარმოვიდგინოთ საგნის ყველა ზომა, რადგან ეს ზომები სხვადასხვა სიდიდით არის დამახინჯებული იმის მიხედვით, თუ რამდენადაა დაშორებული საგანი მაყურებლისაგან.



ნახ. 1.

ხაზვის მეთოდებით დამზადებული საგნის გამოსახულება ქაღალდზე, ანუ ნახაზი, ზემოაღნიშნულ ნახატისაგან იმით განსხვავდება, რომ ხატვაში მიღებული ცთომილება აქ გამოსწორებულია, ე. ი. საგანი გამოხაზულია არა ისე, როგორც მას მხაზველი ხედავს, არამედ ისე, როგორც სინამდვილეში არის. აღნიშნულის ნათელსაყოფად განვიხილოთ ზემოაღნიშნული ნახატი (ნახ. 1), შესრულებული ხაზვის მეთოდებით. აქ საგნები წარმოდგენილია მათი ნამდვილი სახით (ნახ. 2), მიუხედავად იმისა, თუ როგორ ხედავს მათ დამკვირვებელი, ე. ი. გამოხაზულია საგნების მდებარეობისა და ფორმის სინამდვილე.



ნახ. 2.

ამ შემთხვევაში დაწერილი ზომები ნამდვილი სიდიდის გამომსახველია. მე-2 ნახაზი წარმოადგენს შემცირებული ზომსადარით საგნის ქაღალდზე გამოსახვას. ამიტომ ტექნიკაში ნახაზს მეტი გამოყენება აქვს, ვიდრე ნახატს. ნახატი

კი ზოგჯერ თან ერთვის ნახაზს უფრო მეტი თვალსაჩინოებისათვის. ნახაზი ზუსტია და ის ზუსტი ხელსაწყო-იარაღებით სრულდება. ნახატი კი მიახლოებითია და ის უიარაღოდ, მარტო ფანქრით, თვალზომით სრულდება. ნახაზის დამზადების მთელი სიძნელე იმაშია, რომ ყოველი საგანი სამი განზომილებისაა, ხოლო ქაღალდი, რომელზეც ნახაზი უნდა გამოიხაზოს, როგორც სიბრტყე, ორი განზომილების მქონეა. ამგვარად, ნახაზს, რომელსაც ორი განზომილება აქვს, მოეთხოვება, რომ მოგვცეს საგნის სამივე განზომილება.

ზემოაღნიშნული ამოცანის შესასრულებლად საჭიროა ხაზვის მეთოდებისა და წესების ცოდნა. აი, სწორედ ამაში მდგომარეობს ხაზვის შესწავლის მიზანი.

ხაზვის კურსი შემდეგ ნაწილებად იყოფა: 1. **გეომეტრიული ხაზვა**, რომლის საშუალებით, პრაქტიკული ვარჯიშის საფუძველზე, ხდება სახაზავ ხელსაწყო-იარაღებზე მუშაობის წესების შეთვისება, სხვადასხვა გეომეტრიულ აგებათა შესრულების დროს;

2. **გეგმილური** (პროექციული) **ხაზვა**, რომლის ამოცანაა სამ განზომილებიანი სხეული გამოსახოს სიბრტყეზე (ქაღალდზე) ისე, რომ ამ სხეულის წერტილების სივრცეში მდებარეობა სრულიად განისაზღვრებოდეს ნახაზზე;

3. **ტექნიკური ხაზვა**, რომლის ამოცანაა ტექნიკასთან დაკავშირებული საგნების ისეთნაირად გამოსახვა, რომ ამ გამოსახულებით (ნახაზით) შესაძლებელი იქნეს მისი სისწორით წარმოდგენა და დამზადება.

ტექნიკური ხაზვა თავისი გამოყენების მიხედვით იყოფა სხვადასხვა დარგად: 1) ესკიზი, რომლის საფუძველზე დგება ნახაზი. ეს ნახაზი სახელდახელოდაა შედგენილი უიარაღოდ, მარტო ფანქრით, თვალზომით, და მასზე იწერება ყველა ზომა, რაც საჭირო იქნება გამოხაზვისათვის;

2) სამუშაო ნახაზი — რომელიც შედგენილია ესკიზის საფუძველზე სახაზავი ხელსაწყო-იარაღების საშუალებით, სხეულის გეგმილებაში გამოხაზვით, ასე რომ ნახაზმა სრული წარმოდგენა მოგვცეს გამოსახაზავ საგანზე, თუ ეს სხეული მისი სირთულით ძნელად წარმოსადგენია, მაშინ ნახაზს თან დაერთვის ამ საგნის ნახატი, ან აქსონომეტრიული გამოსახულება;

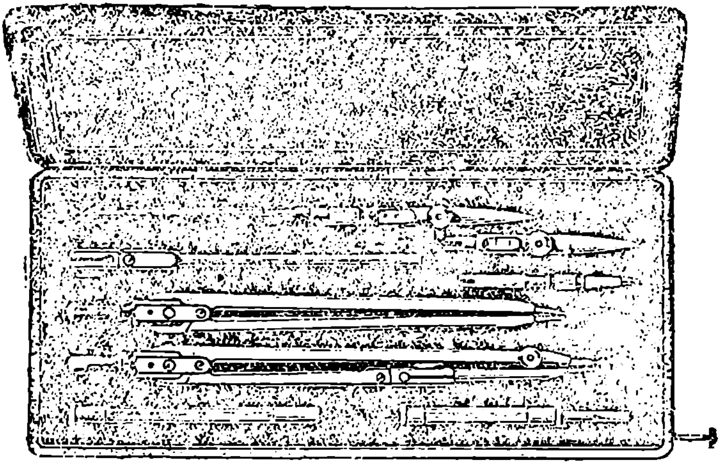
3) თეორიული ნახაზი — რომელიც იძლევა საგანზე, მანქანაზე ან ნაშენზე საერთო წარმოდგენას, რომლის საფუძველზე შეიძლება ახსნილი იქნეს ამ საგნის მუშაობის პროცესი, მანქანის, აპარატის, ან ნაშენის ნაწილების ურთიერთდამოკიდებულება და სხვ. ასეთ ნახაზზე ყველა ზომა არ იწერება და მისი გამოყენება უფრო თეორიულ ხასიათს ატარებს. მიუხედავად მისი ასეთი სახელწოდებისა, ის შესრულებულია იმავე პრინციპებზე და მეთოდებზე, როგორც ზემოაღნიშნული სამუშაო ნახაზი.

აუცილებელი სახაზავი ხელსაწყო-იარაღები მათი ხმარების და შემოწმების წესები

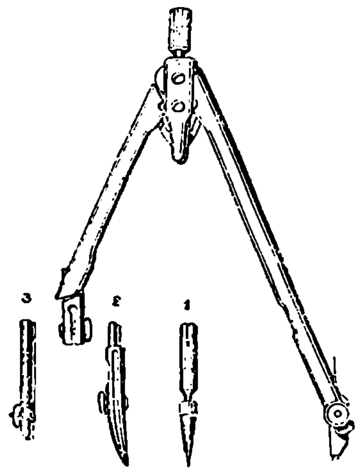
საფარგლე („გოტოვალნია“)

საფარგლე არის განსაკუთრებულ ბუდეში მოთავსებული სახაზავი ძირითადი ნაწილები და ამიტომ მას ძირითადი იარაღი ეწოდება. საფარგლე მზადდება სხვადასხვა სიდიდის, რაც დამოკიდებულია მასში მოთავსებული ნაწილების რაოდენობაზე.

მარტივი საფარგლე (ნახ. 3) შეიცავს: ფარგალს, საზომ ფარგალს, ხაზკალამს („რეისფედერს“ სწორი ხაზებისათვის), დამატებით მუხლას და სხვა დამხმარე ნაწილებს.



ნახ. 3



ნახ. 4.

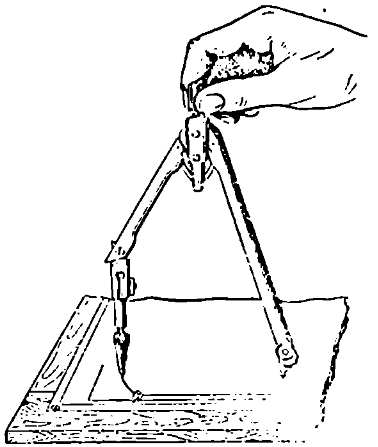
ფ ა რ გ ა ლ ი (ნახ. 4) ორი ფეხისაგან შედგება: ერთი ფეხი ბოლოვდება ნემსაწვეროთი (რომელსაც საცენტრე ბოლო ქვია), მეორე ფეხი კი მოწყობილია ისე, რომ შეიძლება-მასზე მოთავსდეს-ფანქრიანი ბოლო (1), წრიული ხაზკალამი (2) და ნემსაწვერიანი ბოლო (3). ამ უკანასკნელ შემთხვევაში ფარგალს ორივე ბოლო ნემსაწვერიანი ექნება და, ის საზომ ფარგლად გამოიყენება.

ფარგლის ფეხები ერთმანეთთან შეერთებულია სახსრულად და მეორე ფეხი კი თავისთავად კიდევ სახსრულია, რაც საშუალებას იძლევა ხაზვის დროს დავაყენოთ ის ზედაპირის მართობულად.

ფარგლის შემოწმება ხდება შემდეგნაირად: ფარგლის ფეხებს დაიჭერენ ცალ-ცალკე ხელში და თანდათანობით აწარმოებენ გაშლას და დაკეცვას. ამ

მოქმედების დროს აკვირდებიან: ფარგლის დაკეცვის ან გაშლისას იყო თუ არა ერთნაირი წინააღმდეგობა ფარგლის ფეხების შემაერთებელ სახსარში. თუ წინააღმდეგობა არა ერთნაირია, ეს იმას ნიშნავს, რომ ფარგალი ცუდი ხარისხისაა. ასევე გაისინჯება ფარგლის ყველა სახსრული შეერთება.

ფარგლის ხმარების სწორი წესი შემდეგში მდგომარეობს (ნახ. 5): ფარგალი, როგორც ვიცით, იხმარება წრეხაზის რკალების შემოსახაზავად და ეს რკალები საჭიროების მიხედვით იხაზება სხვადასხვა სიდიდის რადიუსით; რადიუსის სიდიდის ცვლილება იწვევს სახაზავი ზედაპირის მიმართ ფარგლის ფეხების დახრილობის ცვლილებას; ეს უკანასკნელი კი იწვევს — ფანქრით ხაზვის დროს, ფარგლის ფეხების თვითნებურად გაშლას, ხოლო ტუშით ხაზვისას. პირველ ცდომილებას ემატება გავლებული ხაზების სისქეთა სხვადასხვაობა. როგორც პირველი, ისე მეორე ხაზვაში არაა სასურველი, ამიტომ უნდა გამოვიყენოთ ფარგლის ფეხების ბოლოების მოხრის საშუალება და ის დავაყენოთ სახაზავი ზედაპირის მიმართ მართობულად; ეს ნათლად ჩანს 5 ნახაზზე. ამ ნახაზზე მოცემულია ფარგლის ხელში წესიერად დაჭერის წესი, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ ფარგლის ხმარების დროს მხაზველი უნდა ცდილობდეს ხელი ეკიდოს მხოლოდ სახელურზე და შეძლებისამებრ ეცადოს — გარკვეულ გაშლილობაზე დაყენების შემდეგ ფარგლის ფეხებს ხელით არ შეეხოს. რკალების შემოხაზვის დროს საცენტრე ფეხი უნდა იყოს სახაზავი ზედაპირის მართობულად და ეს მართობულობა ბრუნვის დროს დარჩეს უცვლელი.



ნახ. 5.

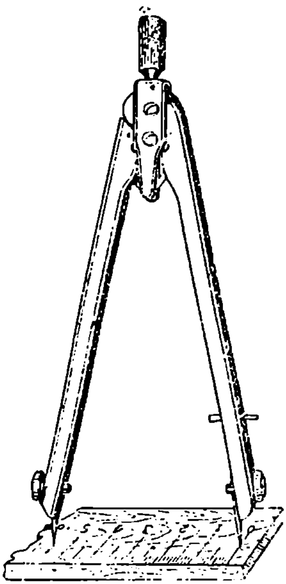
საფარგლის ნაწილს წარმოადგენს საზომი ფარგალიც (ნახ. 6), რომელიც შედგება ნემსაწვერიანი ორი ერთმანეთთან სახსრულად შეერთებული ფეხისაგან.

საზომი ფარგლის ფეხების შეერთების შემოწმებას ვაწარმოებთ ისე, როგორც სახაზავი ფარგლის ფეხები შევამოწმეთ.

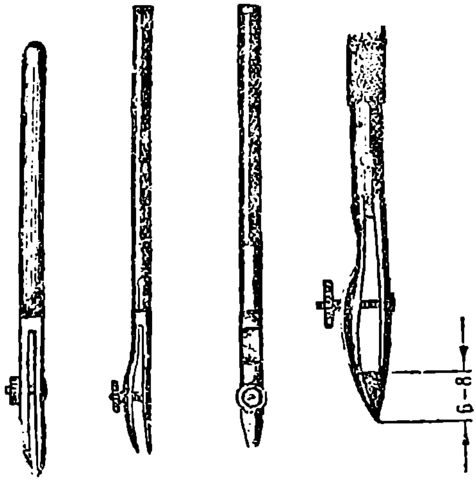
საზომი ფარგალი იხმარება: მოცემული სწორი ხაზის მონაკვეთების სიგრძის რიცხვით სიდიდეებში გამოსასახავად; ან რიცხობრივი მნიშვნელობით მოცემული მონაკვეთის სწორ ხაზზე მოსაზომავად. ხაზკალამი ან სატუშე კალამი („რეისფედერი“) შედგება ფოლადის ორი ფირფიტისაგან (ნახ. 7), რომელიც შეერთებულია სახელურთან (ხის, ლითონის ან ძვლის ღერო); ფირფიტების ურთიერთ დაშორების რეგულირება ხდება პატარა ხრახნის საშუალებით.

ხაზკალამი იხმარება ხაზების ტუშით შემოვლისათვის და მას ძალიან სიფაქიზე ესაჭიროება, როგორც ხმარების, ისე შენახვის დროსაც.

ხაზკალამის შემოწმება ხდება უშუალოდ ხაზის გავლების დროს და მას უკვირდებიან, ტუშით გავლებული ხაზები როგორც წვრილი, ისე მსხვილი ყველგან ერთნაირი სიმსხოსი იყოს.



ნახ. 6.

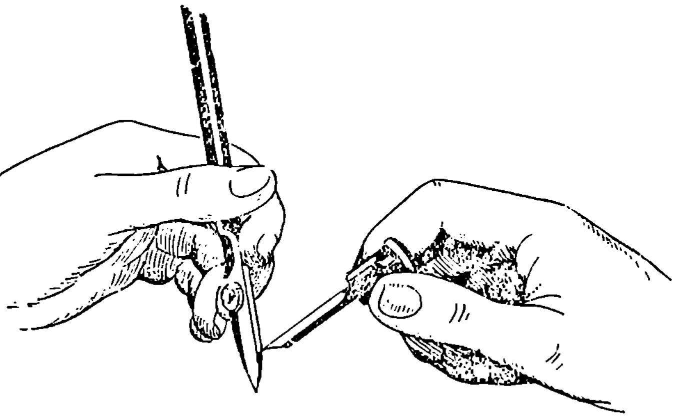


ნახ. 7.

მე-7 ნახაზზე მოცემულია ხაზკალამში ტუშის ჩასხმის სიმაღლე = 6—8 მმ. ეს კი იღება იმ დროს, როცა ხაზკალამის ფირფიტების ბოლოები ერთი-მეორეს ეხებიან, ე. ი. როცა ხაზკალამი დაყენებულია წვრილი ხაზების გასავლებად. ამის შემდეგ სწარმოებს მისი რეგულირება ხრახნის საშუალებით სასურველ სისქემდე, რომელსაც ადარებენ წინასწარ აღებული ხაზის (წინასწარ შერჩეული სიმსხოს ხაზი გავლებულია იმავე ქაღალდზე, შემოჭრის ხაზის გარეთ, როგორც ნიმუში) სისქეს. ხაზკალამში ტუშის ჩასხმის შემდეგ სწრაფად უნდა გადავიდეთ ხაზების გავლებაზე, რომ ტუშმა (როგორც ჩქარა ორთქლადმა) გაშრობა არ მოგვასწროს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ხაზკალამის ნაპირები დაიფარება გამხმარი ტუშით და ამ დროს გავლებული ხაზები გამოვა არათანაბარი სისქის, რაც ნახაზის დიდ ნაკლად ითვლება. ხაზკალამში ტუშის ჩასხმა ხდება სპეციალური კალმით, რომელიც ტუშის ჭურჭლის საცობზე არის მიმაგრებული (ნახ. 8), ან სხვა კალმით, რომელიც ხაზკალამს ტუშს წვეთობით მიაწვდის; ეს მოქმედება ნაჩვენებია მე-8 ნახაზზე.

ფანქრით შესრულებული ნახაზის ტუშით შემოვლა ხდება შემდეგი წესით:

ხაზკალამი უნდა მოძრაობდეს მარცხნიდან მარჯვნივ და ამავე მიმართულებით ისე უნდა იყოს დახრილი 70° — 80°-მდე. ხაზკალამის დახრის კუთხის ცვალებადობა გამოიწვევს მის მიერ გავლებული ხაზის სისქის სხვადასხვაობას.



ნახ. 8

ამიტომ ხაზკალმის დახრილობა უნდა იყოს უცვლელი, რისთვისაც ხაზის გავლების დროს ხელი უნდა სრიალებდეს სახაზავზე და თითებში მოქცეული ხაზკალამი ხელის გულთან უცვლელი დახრით იყოს დამაგრებული (თითქოს თითები ხელის სხვა ნაწილთან გაქვავებულია), ხაზკალამი უნდა მოძრაობდეს ერთ სიბრტყეზე, რომელიც სახაზავი ზედაპირის მართობულია.

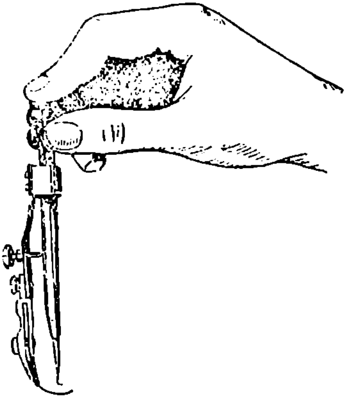
მუშაობის პროცესში თუ ხაზკალმიდან ტუშის გამოსვლა შეწყდა ან შეფერხდა, აუცილებლად ხაზვა უნდა შევაჩეროთ — გავწმინდოთ ხაზკალამი ბამბით, ახლად ჩავასხათ მასში ტუში და განვაგრძოთ მუშაობა.

ხაზვის დამთავრების შემდეგ მყისვე გაიწმინდება ხაზკალამი ბამბით ან რბილი ნაჭრით (ქსოვილისაგან) და შეინახება საფარგლეში.

ჩვენს მიერ განხილული საფარგლე შეიცავს სხვა დამხმარე ნაწილებსაც, როგორიც არის: დამატებითი მუხლა (დიდი რადიუსიანი წრეხაზების შემოხაზვის დროს ჩაემატება სახაზავი ფარგლის ფეხს და გაიზრდება რადიუსი); ხრახნების მოსაბრუნებელი, გრაფიტის სათადარიგო გულებისა და ნემსების ბუდე და სხვ.

ტექნიკაში უფრო ზუსტი სამუშაოებისათვის გამოყენებულია უფრო დიდი ზომის საფარგლეები, რომლებიც შეიცავს ზუსტი სამუშაოებისათვის საჭირო ნაწილებს. ასეთი ნაწილებიდან განვიხილოთ ხშირად გამოყენებული — მოძრავ ცენტრიანი პატარა რადიუსიანი წრეხაზების შემოსახაზავი ფარგალი („კარაკინი“), რომელიც შედგება ღერძისაგან (ღერძის ერთი ბოლო მთავრდება თითის დასაჭერი რგოლით და მეორე ბოლო—ნემსაწვერით; ამ უკანასკნელს საცენტრე ბოლო ეწოდება); ღერძის გარშემო ბრუნავს მეორე ფეხი (ნახ. 9), რომლის გაშლილობის სარეგულირებელად ამ ფეხში გადის და ღერძს ებჯინება მარე-

გულირებული ხრახნი. მბრუნავი ფეხის დაბოლოება შეიძლება შეიცვალოს, როგორც ხაზკალმით (ნახ. 9), ისე ფანქრიანი ბოლოთი. მისი ხმარების წესი ამ ნახაზიდან ნათლად ჩანს.

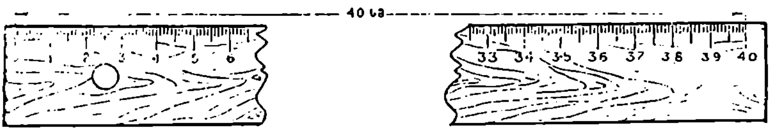


ნახ. 9.

საფარგლის ნაწილში შედის აგრეთვე ზუსტი საზომი (მიკრომეტრული საზომი ფარგალი); ამ საზომის ფეხები ერთ მხარეს ბოლოვდება ნემსაბოლოთი და მეორე მხარეს კი შეერთებულია ზამბარასთან, რომელიც ცდილობს ფეხები სულ გაშლილ მდგომარეობაში ამყოფოს. ამ ფეხებში გატარებულია მარეგულირებელი ხრახნი, რომელიც შუა ნაწილში რგოლს შეიცავს. რგოლი ხრახნს აბრუნებს და ეს იწვევს ფეხების რეგულირებას.

სახაზავი

სახაზავი ხისგან მზადდება; მასზე დაჭდეულია დანაყოფები (მილიმეტრებში და სანტიმეტრებში). სიგრძით ის კეთდება დაახლოებით 30—80 სანტიმეტრამდე. სასკოლო სახაზავი ჩვეულებრივად 30—40 სანტიმეტრის სიგრძისა მზადდება.

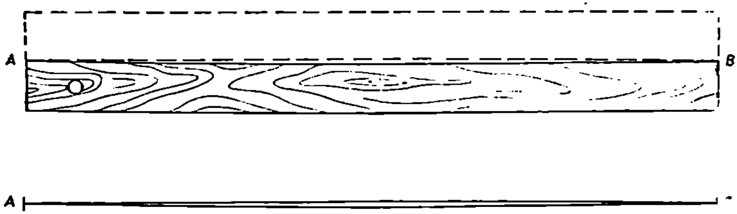


ნახ. 0.

სახაზავის გვერდები უნდა იყოს სწორხაზობრივი, რადგან ის იხმარება სწორი ხაზების გასავლებად. სახაზავს ზოგჯერ გამოიყენებენ საზომი ფარგლის საშუალებით სწორი ხაზის მონაკვეთის სიგრძის გასაზომავად, ან საზომი ფარგლის გარკვეულ სიდიდეზე გასაშლელად. სახაზავის შემოწმება ხდება ჯერ უბრალოდ, თვალით განჭვრეტით და შემდეგ კი ზუსტად სწორი ხაზების გატარებით (ნახ. 11). აღებულ ორ წერტილს (A და B) შორის გავავლოთ სწორი ხაზი და გადავაბრუნოთ სახაზავი მეორე მხარეს ისე, რომ A და B წერტილებს იგივე გვერდი მოხვდეს, და გავავლოთ ამ წერტილებზე მეორე სწორი ხაზი. ეს ხაზები უნდა გავავლოთ მაგარი ფანქრით და, რაც შეიძლება, წვრილი. თუ სახაზავის აღების შემდეგ A და B წერტილებს შორის ორივე ხაზი ერთიმეორეს ემთხვევა ან პარალელურია, მაშინ სახაზავის გვერდებიც სწორხაზო-

ბრივია. თუ ხაზები ისე გატარდა, როგორც ეს მე-11 ნახაზზეა, მაშინ სახაზავის გვერდი სწორი არ არის და ის ხაზვის დროს არ გამოიყენება.

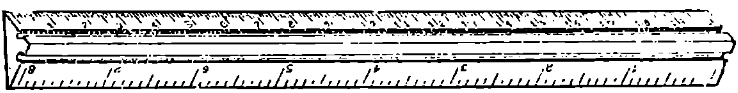
სახაზავი დაფისათვის მზადდება სპეციალური სახაზავი („რეისშინა"), რომელიც წარმოადგენს გრძელი სახაზავის ბოლოზე პატარა ორი სახაზავის



ნახ. 11.

დამაგრებას დიდი სახაზავის მართობულად. ეს პატარა სახაზავები, ამ შემთხვევაში დაფის ნაპირის საბრჯენის როლს ასრულებენ. ერთი ამათგანი ბრუნავს ერთი პატარა ხრახნის გარშემო და მისი დაყენება შეიძლება სასურველი დახრით, ე. ი, დაფის ერთი გვერდის მიყრდნობით დიდი სახაზავი ჰორიზონტალური მდგომარეობიდან დაიხრება რაღაც გარკვეული კუთხით.

ხაზვაში გვხვდება მასშტაბური სახაზავი, რომელიც უფრო მეტად გასაზომ, ან ზომის ასაღებ სამუშაოებზე იხმარება. ასეთი სახაზავი (ნახ. 12) ზოგჯერ შეიცავს დანაყოფებს ნახევარი მილიმეტრის სიდიდით. ამ სახაზავს ხაზების



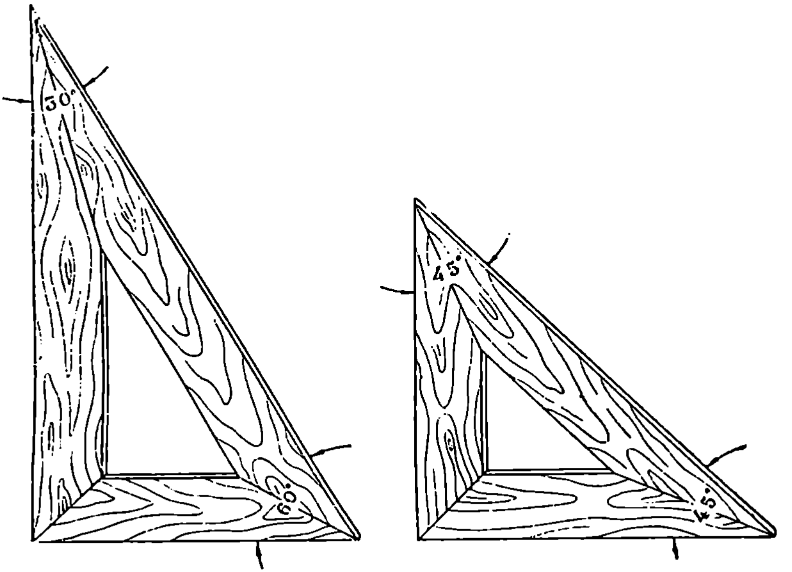
ნახ. 12.

გასატარებლად არ ხმარობენ, რადგან მისი სწორი გვერდი თხელი (მახვილი) ნაპირით მთავრდება და ფანქრის წვეროს ჩქარა აფუჭებს. ამავე დროს ხაზკალმის გავლება მასზე შეუძლებელია, რადგანაც ტუში მოხვდება სახაზავის ნაპირს და გამოიღვრება.

სამკუთხედები

ხაზვაში იხმარება მართკუთხა (90°) სამკუთხედი, რომელიც უმეტესად ხისაგან ან ცელულოიდისაგან მზადდება (ნახ. 13). იმ მართკუთხა სამკუთხედს, რომელსაც ორივე კათეტი ტოლი აქვს უწოდებენ 45°-ან სამკუთხედს (რადგან ორივე მახვილი კუთხე ტოლია და თითოეული ცალ-ცალკე 45°-ს უდრის). იმ მართკუთხა სამკუთხედში, რომელსაც კათეტები სხვადასხვა სიგრძის აქვს, —

მახვილი კუთხეებიდან ერთი 60° (უმოკლეს კათეტთან) და მეორე 30° (უგრძეს კათეტთან) უდრის. ამ სამკუთხედების გვერდების სისწორეზე შემოწმება ისეთივე წესით ხდება, როგორც სახაზავის გვერდისა. მხოლოდ მართი კუთხის სისწორის შემოწმება კი ნაჩვენებია მე-14 ნახაზზე.

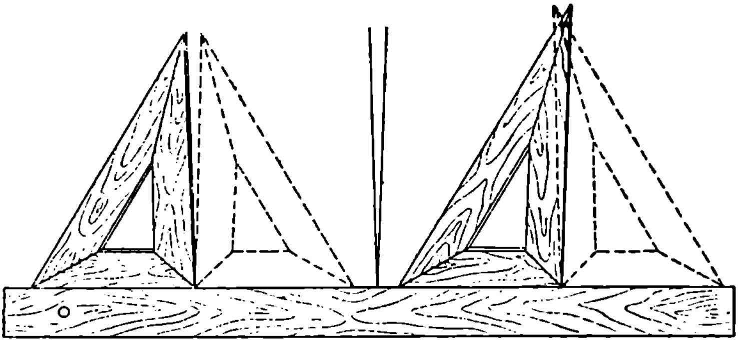


ნახ. 13.

გავლებულია სწორი ხაზი, რომელზედაც აღებულია წერტილი. ამ ხაზზე ხშირად სტოვებენ სახაზავს (ნახ. 14. ეს უფრო მოხერხებულია) და მას მარცხენა ხელით დაამაგრებენ; აღებულ წერტილზე დაამთხვევენ შესამოწმებელ სამკუთხედს ისე, რომ მართი კუთხის წვერო ამ წერტილზე იდოს და ერთი კათეტი კი სახაზავს ეყრდნობოდეს. გავატაროთ სწორი ხაზი (წვრილი მთლიანი) მეორე კათეტზე; გადავაბრუნოთ სამკუთხედი მეორე მხარეს ისე, რომ იგივე კათეტი სახაზავს ეყრდნობოდეს და მართი კუთხის წვერო იმავე წერტილზე იყოს. გავავლოთ მეორე კათეტზე სწორი ხაზი. თუ ამ ერთი და იგივე კათეტზე გატარებულმა სწორმა ხაზმა მოგვცა რაიმე კუთხე (ნახ. 14), მაშინ შემოწმებული სამკუთხედის კუთხე არ ყოფილა 90°-ანი. მაშ, ეს კუთხე მეტია ან ნაკლებია 90°-ზე. ორივე ეს შემთხვევა მოცემულია მე-14 ნახაზზე. ამ შემთხვევაში სამკუთხედი ხაზვისათვის არ გამოდგება.

სამკუთხედი იხმარება: ზოგიერთი კუთხის ასაგებად; სწორი ხაზის რომელიმე წერტილზე ამ ხაზის მართობის გასავლებად; სწორი ხაზის პარალელური ხაზის გასავლებად და სხვ. სამკუთხედების გამოყენებას ჩვენ განვიხილავთ ცოტა

გვიან სხვადასხვა მაგალითის განხილვის დროს; საერთოდ კი ხაზვაში სამკუთხედი ძალიან ფართოდ არის გამოყენებული, რადგან ის გრაფიკული აგების დროს აადვილებს ამოცანის შესრულებას.



ნახ. 14

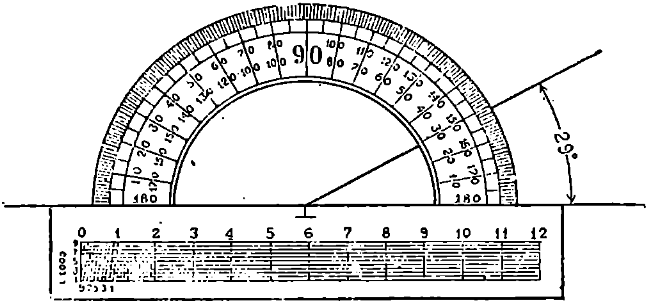
მრუდსახაზი (მრუდთარგა, „ლეკალო“)

მრუდსახაზი, როგორც სახელწოდებიდან ჩანს, იხმარება მრუდე ხაზების გამოსახაზავად. მისი გვერდები შეიცავს სხვადასხვა სიმრუდის მქონე მრუდეების ერთიმეორესთან ისე შეერთებას, რომ გადასვლის წერტილი შეუმჩნეველი იყოს (ნახ. 15), ე. ი. სხვადასხვა მრუდები ერთიმეორესთან არიან შეერთებული მდოვრე გადასვლით. მრუდსახაზის გამოყენება ხდება სიბრტყეზე მიღებული წერტილების ისე შესაერთებლად, რომ მათი გადასვლა იყოს თანდათანობითი, შეუმჩნეველი. მრუდსახაზი მზადდება ხისაგან ან ცელულოიდისაგან, წინასწარ გამოხაზულ მრუდებზე მორგებით. ამიტომ მისი გამოყენებაც ასე თანდათან მორგებით ხდება, ე. ი. რამოდენიმე წერტილის ერთიმეორესთან მდოვრედ შესაერთებლად თანდათანობით ხდება შესაფერი მრუდის გამოძებნა. დანარჩენს უფრო დეტალურად განვიხილავთ, როცა მრუდსახაზის გამოყენებას ცოტა გვიან შევხვდებით.

ნახ. 15.

ტრანსპორტირი

ტრანსპორტირი (ნახ. 16) იხმარება სხვადასხვა სიდიდის კუთხეების ასაგებად ან აგებული კუთხის გრადუსებში გასაზომავად. ტრანსპორტირი გეომეტრიიდან ცნობილი ხელსაწყოა და აქ ჩვენ მას დეტალურად აღარ განვიხილავთ, მხოლოდ მოკლედ შევეხებით მის გამოყენებას. ტრანსპორტირის ცენტრი თავსდება გასაზომი ან ასაგები კუთხის წვეროზე — მისი ერთი გვერდი დაემთხვევა გასაზომი კუთხის ერთ გვერდს (რომელიც მოხვდება 180°-ზე ან იქვე 0°-ზე), მეორე გვერდი გადაკვეთს (მოცემული კუთხის გაზომვის შემთხვევაში) ნახევარი წრეხაზის რკალს, სადაც დაგრადუირებულია შესაბამი რკალის სიდიდე გრა-



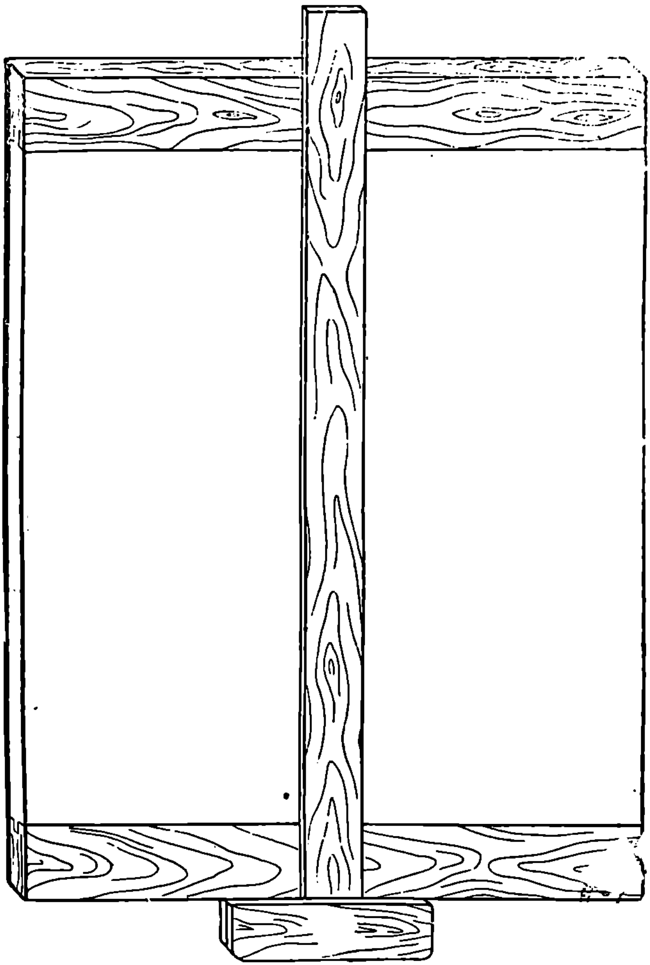
ნახ. 16

დუსებში; რკალზე მივიღებთ ანათვალს. ამ შემთხვევაში ის=29°-ს. ან, თუ მოცემული კუთხე იქნებოდა გრადუსებში გამოხატული და მისი აგება დაგვჭირდებოდა, მაშინ გარკვეული რიცხვის გასწვრივ აღვნიშნავდით წერტილს და მას შევაერთებდით წინასწარ აღებული სწორი ხაზის (რომელიც ნულოვან ხაზს გაყვა) წერტილთან, რომელიც ტრანსპორტირის ცენტრზე იყო მოთავსებული.

სახაზავი დაფა

სახაზავი დაფა უმთავრესად ცაცხვის ხისაგან კეთდება. ხე კარგად გახმობის (რამოდენიმე წლით) შემდეგ უნდა გასწორდეს, ერთი მხარე ძალიან გლუვი უნდა იქნეს. გვერდები — სწორხაზოვანი ზედაპირები და ერთი-მეორესთან მართობული. ჩვეულებრივად სახაზავი დაფა კეთდება სიგრძით 100 და განით 70 სანტიმეტრი. სასკოლო სახაზავი დაფა კი უნდა იყოს სიგრძით 35 და განით 25 სანტიმეტრი. მე-17 ნახაზზე მოცემულია სახაზავი დაფა (I) და მასზე დაფის სახაზავი (II).

საკონსტრუქტორო განყოფილებებში ან სპეციალურ სამხაზველოებში გამოიყენება სპეციალური დაფები, რომლებიც მოწყობილია მაგიდებზე. მოძრავი მექანიზმის საშუალებით მხაზველს შეუძლია ასეთი დაფები სასურველ სიმაღ-

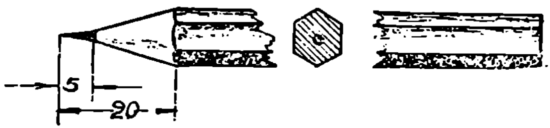


ნახ. 17.

ლეზე დააყენოს და მისცეს მათ სასურველი დახრილობაც. სახაზავ დაფაზე გამოყენებულია სპეციალური სახაზავი (ნახ. 17), რომლის საშუალებით გაივლება ჰორიზონტალური და შვეული ხაზები, რითაც მიღწეულია ძალიან გამარტივება ნახაზის აგების დროს.

ფანქარი

ხაზვაში ხმარებული ფანქრებიდან განიხილება ორგვარი ფანქარი, რომლებიც გრაფიტის სიმაგრის მიხედვით შეიძლება ასე განაწილდეს: 1) რბილი ფანქრები — „HB“, „B“, „2B“, „3B“, „4B“ და ა. შ. უფრო რბილდება; 2) მაგარი ფანქრები — „H“, „2H“, „3H“, „4H“ და ა შ. უფრო მაგრდება.



ნახ. 18.

ხაზვაში, ჯერ ხმარობენ მაგარ ფანქარს, რომელსაც წვერს წაუთლიან კარგად (ნახ. 18) და შემდეგ კი რბილი ფანქრით აწარმოებენ ნახაზის შემოვლას; მაგარი ფანქრით შესრულებული ნახაზი გასუფთავდება ზედმეტი ხაზებისაგან და შემდეგ წარმოებს მისი გაფორმება რბილი ფანქრით. ეს ხდება იმიტომ, რომ რბილი ფანქრით გატარებული ხაზის ამოშლა ქაღალდზე ძალიან ძნელია. მე-18 ნახაზზე ნაჩვენებია ფანქრის წვერის წათლის წესი.

სახაზავი ქაღალდი

სახაზავი ქაღალდი უნდა იყოს თეთრი, სუფთა და გლუვი ზედაპირიანი; სახაზავი ქაღალდი კარგი ხარისხისა იქნება, თუ მასზე მელნით გატარებული ხაზი არ გაიშალა (ქაღალდი მელნით არ უნდა გაიჟღინთოს). მაღალი ხარისხის ქაღალდზე ტუშით გავლებული ხაზი რომ ამოვფხიკოთ და იმავე ადგილზე ხელმეორედ ტუშით ხაზი გავატაროთ, ის არ უნდა გაიშალოს.

სახაზავ ქაღალდს, გარკვეული ზომით გამოჭრილს, უწოდებენ ფორმატს, რომელიც საკავშირო სტანდარტის (3450 — 46) მიხედვით მზადდება სიგანით 880 მილიმეტრი და სიგრძით 1240 მილიმეტრი. ხაზვის დროს ნახაზის გვერდები ფუჭდება და მოითხოვს ჩამოჭრას, რაც მოხდება ხაზვის დამთავრების შემდეგ. ამიტომ საკავშირო სტანდარტის (3450—46) მიერ დაწესებულია ნორმალური ქაღალდის — ფორმატის ზომა 814×1152 მმ და ეს აღინიშნება a0-ით. ამის შემდეგ უგრძესი გვერდის ორზე გაყოფით ვღებულობთ 1 ცხრილში მოცემულ ფორმატების a1, a2, a3, a4, a5 და a6-ის ზომებს.

ცხრილი 1.

აღნიშვნა	a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6
ფურცლის ზომა—ფორმატი მმ-ში.	814×1152	576×814	407×576	288×407	203×288	144×203	101×1 44

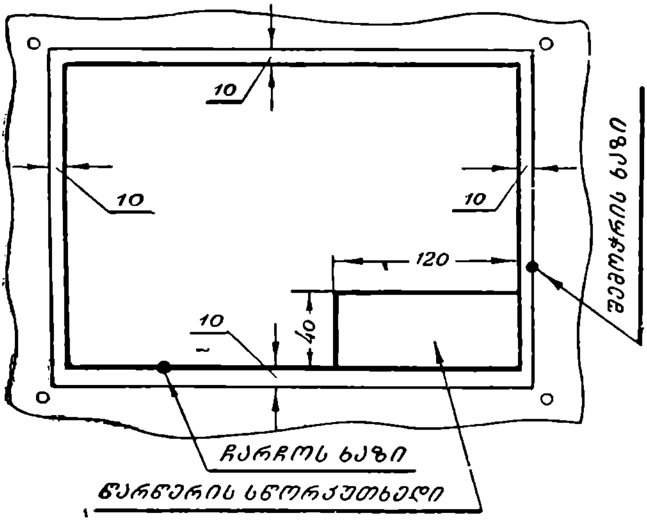
1 ცხრილში მოცემული ზომები შეეფარდება დამთავრებული ნახაზის ფურცლის ზომებს. ამიტომ, ვიდრე ხაზვა დაიწყებოდეს, სახაზავ ქაღალდზე დაიხაზება: შემოჭრის ხაზი, ჩარჩოს ხაზი და წარწერისათვის („შტამპი“) მართკუთხედი, რომელიც ჩარჩოს ხაზს ებრჯინება მარჯვენა ქვედა კუთხეში. ამის შემდეგ დაიწყება ხაზვა, რომლის დამთავრების შემდეგ გასუფთავდება ნახაზი და შემოჭრის ხაზზე შემოიჭრება ქაღალდი, რაც მოგვცემს აღნიშნული ზომის ფორმატს.

სტანდარტის მიხედვით, გარდა აღნიშნული ზომებისა, კერძო შემთხვევებში დასაშვებია შემდეგი ზომის ქაღალდების ხმარება:

უგრძესი გვერდის გადიდებით $1^1/_2$, 2, $2^1/_2$, 3-ჯერ და ა. შ.

უმოკლესი გვერდის გადიდებით $1^1/_2$, $2^1/_2$, 3, $3^1/_2$-ჯერ და ა. შ.

სასკოლო ფორმატები იღება a4 (203×288 მმ) და კერძო შემთხვევაში a5 (144×203 მმ). მე-19 ნახაზზე გამოხაზულია სახაზავი ქაღალდის ფორმატი, რომელიც უგრძესი გვერდით მოთავსებულია ჰორიზონტალურად, რაც აუცი-

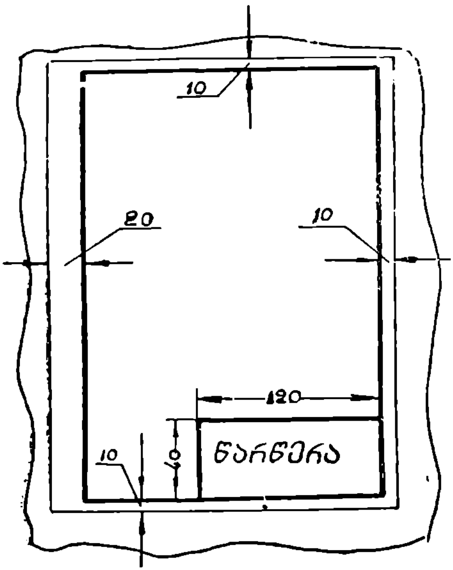


19.

ლებლად არ შეიძლება მივიჩნიოთ, რადგან ის დამოკიდებულია მასზე გამოსახაზავი ნახაზისათვის საჭირო მდებარეობაზე, ე. ი. თუ ნახაზი მოითხოვს, მაშინ სახაზავი ქაღალდი მხაზველისათვის დადგება უმცირესი გვერდით ჰორიზონტალურად (ნახ. 20). შემოჭრის ხაზსა და ჩარჩოს ხაზს შორის მანძილი იღება: a0, a1, a2, a3 ფორმატებისათვის 10 მილიმეტრი და a4, a5, a6 ფორმატებისათვის 5 მილიმეტრი. მე-20 ნახაზზე გამოხაზულია ქაღალდის ფორმატი, როცა ის მზადდება ასაკინძად, რომელსაც მარცხენა მხრიდან შემოჭრის ხაზსა და ჩარჩოს ხაზს შორის უტოვებენ 20—25 მილიმეტრს.

ჩარჩოს ხაზის შიგნით მარჯვენა ქვედა კუთხეში გამოხაზულია მართკუთხედი, რომლის სიგრძე=120 მილიმეტრს და სიგანე კი=40 მილიმეტრს.

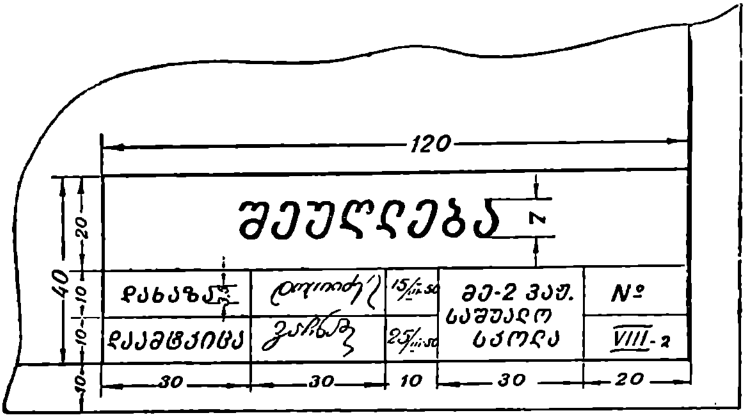
შენიშვნა: ტექნიკუმების ხაზვის მასწავლებელთა საკავშირო თათბირზე (რომელიც შედგა 1949 წ. ქ. მოსკოვში) მიღებული გადაწყვეტილებით ნებადართულია გეომეტრიული და გეგმილური ხაზვის დროს წარწერის მართკუთხედი ავიღოთ ზომით 40×173 მმ.



ნახ. 20.

ეს მართკუთხედი არის წარწერისათვის რომლის ზომები და წარწერის შინაარსი მოცემულია 21-ე ნახაზზე. ამ ნახაზზე ზემოაღნიშნული წარწერისათვის განკუთვნილი მართკუთხედი (ნახ. 20) გადიდებულია და შესრულებულია მასზე ის, რაც ყველა ნახაზზე უნდა შესრულდეს. მართკუთხედი დაყოფილია შემდეგნაირად: გატარებულია ჰორიზონტალური მიმართულებით ორი პარალელური სწორი ხაზი, რომლებიც წარწერის სწორკუთხედს ჰყოფს სამ ზოლად— ზემოდან პირველი ზოლის სიგანე=20 მილიმეტრს; მეორე და მესამე ზოლების სიგანე კი=10 მილიმეტრს. ამ სწორკუთხედის მარცხენა გვერდიდან გადავზომავთ 30 მილიმეტრს და გავავლებთ შვეულ სწორ ხაზს, რომელიც სამივე ჰორიზონტალურ ზოლს გადაკვეთს; ამის შემდეგ გადავზომავთ მარჯვენით კიდევ 30 მილიმეტრს და გავავლებთ შვეულ ხაზს მხოლოდ ქვედა ორი ზოლის გადაკვეთამდე და ა. შ. ან ისე დაიყოფა, როგორც 21-ე ნახაზზეა გამოხაზული. ჰორიზონტალურ პირველ ზოლში იწერება ჯერ ზომსადარი შემოკლებულად — ზ. 1 : 1, რაც ნიშნავს, რომ გამოხაზული სხეულის სიდიდე და ნახაზის სიდიდე (უცვლელია) თანატოლია. თუ იქნებოდა ზ. 1 : 2, ეს იმას ნიშნავდა, რომ სხეული თავის ნახაზზე ორჯერ დიდია. ეს წარწერა გეომეტრიულ ხაზვაში არ არის საჭირო და ამიტომ პირველი ზოლი შეიძლება მთლიანად ნახაზის დასახელებას დავუთმოთ. მეორე ჰორიზონტალური ზოლის პირველ დანაყოფში იწერება „დახაზა". ამის შემდეგ — მოწაფის გვარი გარკვეული ხელთნაწერით, შემდეგ ნახაზის დასრულების რიცხვი, მესამე ჰორიზონტალურ ზოლის პირველ დანაყოფში იწერება „შეამოწმა"; შემდეგ მასწავლებლის გვარი ხელნაწერით და შემდეგ კი შემოწმების რიცხვი. ორივე ზოლის საერთო ნაწილში იწერება

სკოლის დასახელება შემოკლებით, მხოლოდ გარკვევით; შემდეგ დარჩენილ ზედა უჯრაში იწერება ნახაზის ნომერი (ამ შემთხვევაში სავალდებულო სამუშაოს ნომერი), ქვედა უჯრაში კი იმ კლასის ნომერი, რომელშიც იმყოფება მხაზველი. ნახაზის დასახელება დაიწერება № 7 შრიფტით, დანარჩენი კი № 3,5 შრიფტით.



ნახ. 21.

ნახაზზე წასაწერი შრიფტი

ნახაზის დამთავრების შემდეგ, მის გაფორმებას (წარწერა, ზომის ხაზების გამოტანა, ისრების გამოხაზვა და ისრებში ზომის აღმნიშვნელი რიცხვების ჩაწერა) დიდი მნიშვნელობა აქვს. ნახაზზე წესიერი და მარტივი წარწერა აადვილებს ნახაზის წაკითხვას (გაგებას) და ალამაზებს ნახაზს. საკავშირო სტანდარტის (1454—46) მიერ მოცემულია 8 ნომრის მიხედვით სხვადასხვა სიმაღლის შრიფტი: 20; 14; 10; 7; 5; 3,5; 2,5; 1,5; აქ მოცემული რიცხვები ამავე დროს შრიფტის ნომერსაც ნიშნავს და მის სიმაღლესაც მილიმეტრებში.

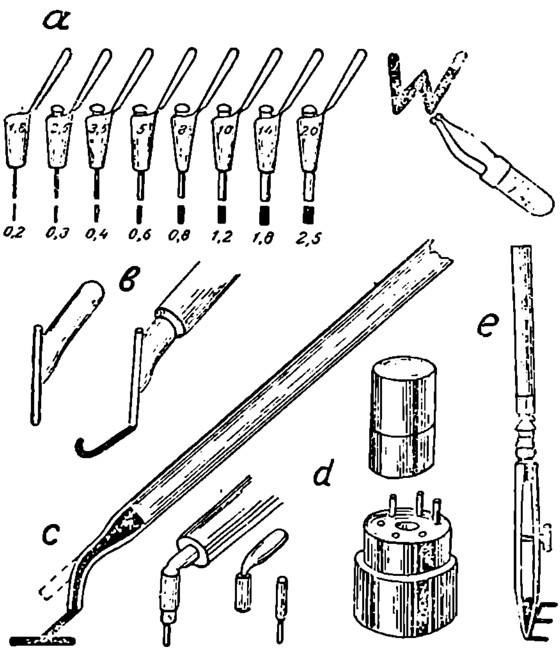
შრიფტის სიმაღლესა (ასოს სიმაღლე) და ასოს დანარჩენ ზომებს შორის შემდეგი დამოკიდებულება არსებობს: ასოს განი დაახლოებით = სიმაღლის $^2/_3$-ს; ასოს შემოსავლები ხაზის სისქე დაახლოებით = სიმაღლის $^1/_8$-ს; ასოებს შორის დაშორება დაახლოებით = სიმაღლის $^1/_3$-ს; სიტყვებს შორის დაშორება იღება არა ნაკლები ერთი ასოს განისა; სტრიქონებს შორის მანძილი იღება დაახლოებით სიმაღლის 1,4.

ასოების და ციფრების დახრა ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან იღება 75°. ზემოთ მოყვანილი დამოკიდებულების (ასოს სიმაღლესა და დანარჩენ ზომებს შორის) მიხედვით შედგენილია ცხრილი, სადაც წინასწარ გამოანგარიშებული ზომები მოცემულია ყველა ნომრის შრიფტისათვის.

ცხრილი 2.

შრიფტის ზომები	20	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5
ასოებისა და ციფრების სიმაღლე	20	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5
ასოებისა და ციფრების სიგანე გარდა ზ, თ, ო, ტ, უ, ფ ასოებისა.	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5	1
ზ, თ, ო, ტ, უ, ფ ასოების სიგანე.	20	14	10	7	5	3,5	2.5	1.5
მანძილი ასოებს შორის	7	5	3	2	2	1,5	1	0,5
ასოებისა და ციფრების შემოსავლები ხაზის სისქე	2	2	1,5	1	0,7	0,5	0,4	0,3
მანძილი სტრიქონებს შორის	25	20	15	12	10	7	5	3

როგორც ამ ცხრილიდან ვხედავთ, ზოგიერთი განიერი ასოს სიგანის შეფარდება სიმაღლესთან$=1$, ე. ი. განიერი ასოებისათვის სიმაღლე და სიგანე ერთი და იგივეა.



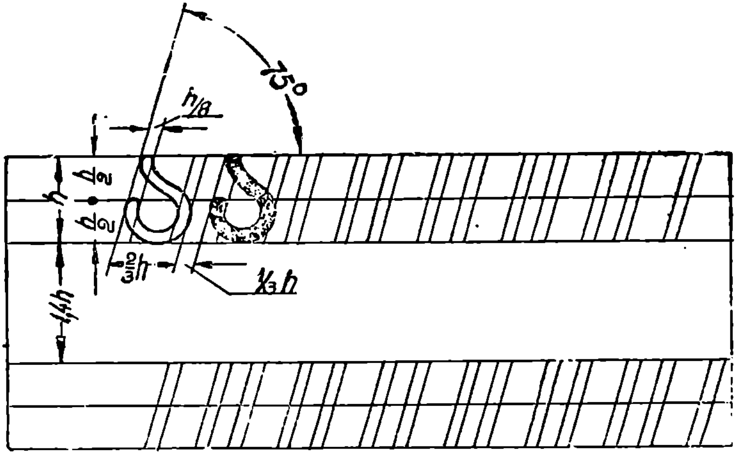
ნახ. 22.

ასოების დასაწერად იხმარება სხვადასხვა ხელსაწყო - იარაღები: წინასწარ დამზადებულია ყველა ნომრის შრიფტისათვის ცალ-ცალკე ცელულოიდის თხელი ფირფიტა — თარგი (ნორმოგრაფი, ტრაფარეტი), რომელზედაც ამოჭრილია პარალელოგრამები; ამ პარალელოგრამების სიგანე და სიმაღლე, აგრეთვე ერთიმეორისაგან დაშორება თითოეული შრიფტისათვის მოცემულ (ცხრილი 2) ზომებს შეესაბამება, დახრაც$=15^{\circ}$-ს, ე. ი. შრიფტის დახრას; თითოეულ თარგზე ასეთი პარალელოგრამები დალაგებულია ერთ სწორ ხაზზე რამდენიმე ცალი; მას აწერია შრიფტის ნომერი. ასეთი თარგებისათვის არსებობს სპეციალური კალმები (ნახ. 22), რომლებიც გარკვეული სისქის ხაზებს ავლებენ,

ე. ი. ყოველი ნომრის თარგს თავისი შესაფერი ნომრის კალამი ეკუთვნის და ამ კალმებზედაც ისეთივე ნომერი აწერია, რაც თარგზე. 22-ე ნახაზზე გამოხაზულია სხვადასხვა წესით დამზადებული ასეთი კალმები, რომელთა საშუალებით მიიღება სხვადასხვა სიმსხოს ხაზი. ეს ხაზები კი თავიანთი ნომრის შრიფტის ასოების შემოვლის ხაზის სისქის ტოლია.

22-ე ნახაზზე (a) გამოხაზულია ასეთი კალმების ერთი სახე, ნომრებისა და მისგან მიღებული ხაზების სიმსხოთა ჩვენებით, ამ ძაბრისებრ კალამში ჩაისხმება ტუში, ასევე ისხმება ტუში შუშის მილისაგან მოხრილ კალამში (c) და ხაზკალამში (e); დანარჩენი კალმები (b და d) ტუშში ჩაიწება.

თარგითა და ამ კალმების საშუალებით ასოების წერა ხდება ძალიან სწრაფად, ამიტომ სამხაზველო დაწესებულებებში წარწერა თითქმის ყოველთვის მათი საშუალებით ხდება. ასოების წერას ძალიან ამარტივებს რუსული შრიფტისათვის დამზადებული თარგები, რადგან პარალელოგრამების ნაცვლად ამოჭრილია ასოების ფორმა.

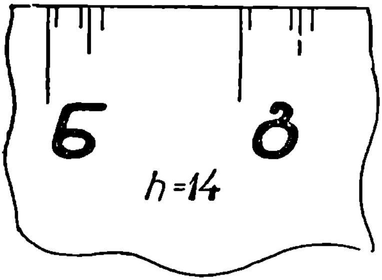


ნახ. 23.

იმ შემთხვევაში, როცა მხაზველს ზემოაღნიშნული შრიფტის საწერი ხელსაწყო არ მოეპოვება, მან წინასწარ უნდა დაამზადოს (ფანქრით, წვრილი მთლიანი ხაზით) შრიფტისათვის საჭირო ბადე (ნახ. 23), სადაც გავლებულია პარალელური ორი სწორი ხაზი, ერთმანეთიდან ასოს სიმაღლის (შრიფტის ნომერი) ტოლი მანძილით დაშორებული. ამ პარალელურ ხაზებს შორის გავლებულია შუაგამყოფი სწორი ხაზი; მიღებული სამი პარალელური ხაზი გადაიკვეთება 75°-ით დახრილი სწორი ხაზით (ეს არის შრიფტის დახრა). ამ დახრილი ხაზიდან პარალელური სამი ხაზის ქვედა ხაზზე გადაიზომება სათანადო შრიფტის ნომრის მიხედვით ე-2 ცხრილიდან ამოკრებილი ასოს ზომები, შემდეგი თანმიმდევრობით: ასოს შემოსავლები ხაზის სისქე; ასოს განს

გამოკლებული, გაორკეცებული ასოს შემოსავლები ხაზის სისქე; ასოს შემოსავლები ხაზის სისქე (სამივე გადანაზომის ჯამი=ასოს განს); ასოებს შორის დაშორება; ასოს შემოსავლები ხაზის სისქე და ა. შ. მეორდება ერთი და იგივე ზომები აღნიშნული თანმიმდევრობით, ვიდრე შეხვდებოდეს განიერ ასოებს, რომელთა განი ასოს სიმაღლის ტოლია (ამ შემთხვევაში შეიცვლება მარტო ასოს განი). ამ წესით მიღებულ (ყველა ასოსათვის) წერტილებზე სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით გაივლება 75°-ით დახრილი ხაზის პარალელური ხაზები, რითაც სამივე პარალელური ხაზი ერთნაირად დაიყოფა. შრიფტისათვის საჭირო მიღებული ბადე სრულდება ფანქრით და მკრთალად (რომ მისი ამოშლა ადვილი იყოს).

მიღებულ ბადეში სწარმოებს ასოების წერა ქვემოთ მოყვანილი შრიფტების მიხედვით, ჯერ წვრილი ხაზებით (ნახ. 23) და შემდეგ გაშავდება ფანქრით ან ტუშით (იმის მიხედვით, თუ რითი იწერება შრიფტი). თუ წარწერა უნდა დაიტუშოს, შემოსავლები ხაზები პარალელური წვრილი ხაზებით შემოივლება ჯერ ფანქრით, შემდეგ ტუშით და ამის შემდეგ წარმოებს შემოსავლები ხაზების დაფარვა ტუშით.



ნახ. 24.

ზემოაღნიშნული წესით შრიფტისათვის ბადის დამზადება მოითხოვს დიდ დროს, ამიტომ მხაზველს შეუძლია გამოიყენოს წინასწარ დამზადებული თარგი (ნახ. 24), რომელიც ყველა შრიფტისათვის მზადდება ცალ-ცალკე. ის წარმოადგენს უბრალო, სწორნაპირიან ქაღალდს, რომელზედაც დანიშნულია ხუთი წერტილი ნორმალური ასოსათვის და ხუთიც განიერი ასოსათვის; ამ ხუთი წერტილის მიღება ხდება იმავე წესით, როგორც ბადისათვის საჭირო პარალელური ხაზები დავყავით. პირველი და მეოთხე წერტილი აღნიშნავს ასოს განს; მეორე და მესამე წერტილები განსაზღვრავს ასოს შემოსავლები ხაზის სისქეს, მეოთხე და მეხუთე წერტილებს შორის მანძილი უდრის ასოებს შორის დაშორებას. ყველა ეს ზომები ამოკრეფილია მე-2 ცხრილიდან. 24-ე ნახაზზე ასო „ნ“ ნიშნავს ნორმალური ასოების ზომებს და ასო „გ“ ნიშნავს განიერი ასოების ზომებს. აღნიშნული თარგის გამოყენება ხდება შემდეგნაირად: 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 ვაგრძელებთ, სანამ არ შევხვდება განიერი ასოები. განიერი ასოებისათვის გამოვიყენებთ „გ“ დანაყოფებს, შემდეგ ვუბრუნდებით „ნ“ დანაყოფებს და ა. შ. ვიდრე მივიღებდეთ ყველა ასოსათვის საჭირო დანაყოფებს; ამის შემდეგ ბადის დამზადება სწარმოებს პირველად განხილული წესით.

ნახ. 25.

ეს ხერხი იძლევა ნაკლებ შეცდომას და სრულდება ძალიან ჩქარა, რის გამოც ის უფრო მიზანშეწონილია. ასეთი წესით დამზადებული ბადის ყველა დანაყოფს ზემოდან ფანქრით მკრთალად ეწერება ასოები, რომლებიც შრიფტის დაწერის შემდეგ ამოიშლება.

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: ბადის დამზადების დროს საჭირო 75°-თ დახრილი ხაზის გასავლებად ხმარობენ ორ სამკუთხედს, რომლებსაც მახვილი კუთხეებით დაადებენ ერთი-მეორეს ისე, რომ 45°-ან კუთხეს მიედგას 30°-ნი კუთხე.

23-ე ნახაზზე მოცემული წესით იწერება ქართული მრგვალი ასოები, რომლებსაც, ფანქრით შესრულების შემდეგ, სპეციალური წვრილი კალმით შემოავლებენ; ჯერ ციფრებისა და ასოების შემოვლის ხაზებს წვრილი ორი ხაზით (ფანქრით გამოხაზულ ხაზებს გავყვებით) შემოვუვლით, შემდეგ კი ამ ორ ხაზს შორის დარჩენილ ზოლს გავაშავებთ და მივიღებთ შემოვლის ხაზის სისქეს.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ მე-2 ცხრილში მოცემულია განიერ ასოებად ზ; ო; ტ; უ; რომლებიც, როგორც 25-ე ნახაზიდან ჩანს, შეიძლება ნორმალური ასოების განით გამოიხაზოს. 25-ე ნახაზზე მოცემულია როგორც კუთხური, ისე მრგვალი ქართული ასოების გამოხაზვის წესი.

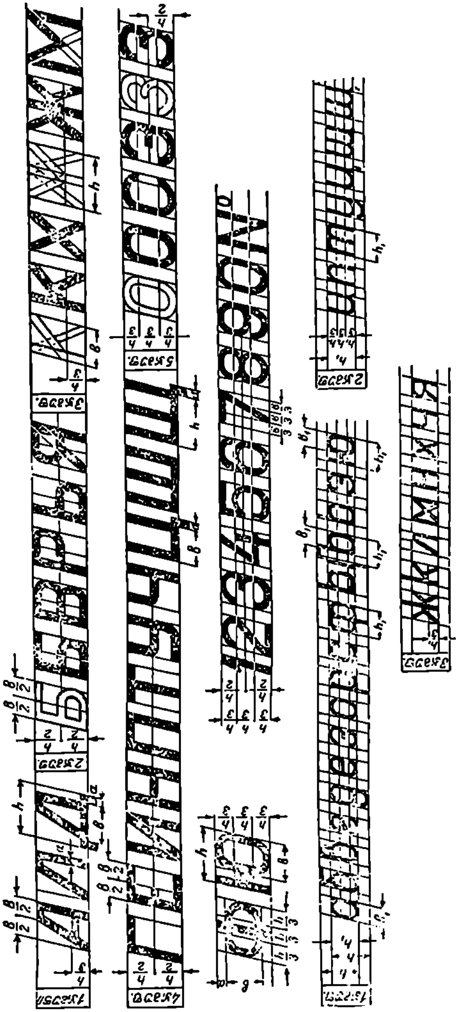
კუთხური ასოების ხაზვის დროს იხმარება ხაზკალამი, რომელიც დაყენებულია ისე, რომ მისგან მიიღება ასოს შემოსავლები ხაზის სისქე, მხოლოდ 10 ნომრის შრიფტამდე; 10 ნომერს ზევით კი დაგვჭირდება ხაზის გავლება ორჯერ. კუთხური ასოების წერა ძალიან ადვილია და ჩქარა სრულდება. ის არ მოითხოვს შემოვლების ხაზების სისქეებისათვის დამატებით დაყოფას; არც წინასწარ ფანქრით ორმაგი წვრილი ხაზებით ასოს შემოვლის ხაზის გამოხაზვას. მისი შესრულება ხდება უბრალო ბადის დამზადებით. სადაც გამოხაზული იქნება პარალელოგრამები — სიმაღლით შრიფტის ნომრის ტოლი და სიგანით ასოს განის ტოლი. ასეთი ასოების წერა ხდება სამკუთხედით და სახაზავით ჯერ ჰორიზონტალური ხაზების და შემდეგ 75°-თ დახრილი ხაზების გავლებით. ამის შემდეგ სხვა ყველა დანარჩენი ხაზები გაივლება.

26-ე ნახაზზე მოცემულია რუსული ასოების წერის წესი, რომლებიც ჯგუფებადაა დალაგებული, ფორმის მიხედვით; აქვე მოცემულია ციფრებისა და სასტრიქონო ასოების გამოხაზვის წესი. ამ ნახაზიდან ნათლად ჩანს ყოველი ასოს გამოხაზვის წესი; ამიტომ მის შესრულებას ვთხოვთ მკითხველს. აქ მოგვყავს ამ ნახაზზე ხმარებული აღნიშვნების განმარტება:

h — ციფრებისა და ასოების სიმაღლე; b — ციფრებისა და ასოების სიგანე; a — შემოსავლები ხაზის სისქე: h_1 — სასტრიქონო ასოების სიმაღლე; b_1 — სასტრიქონო ასოების სიგანე.

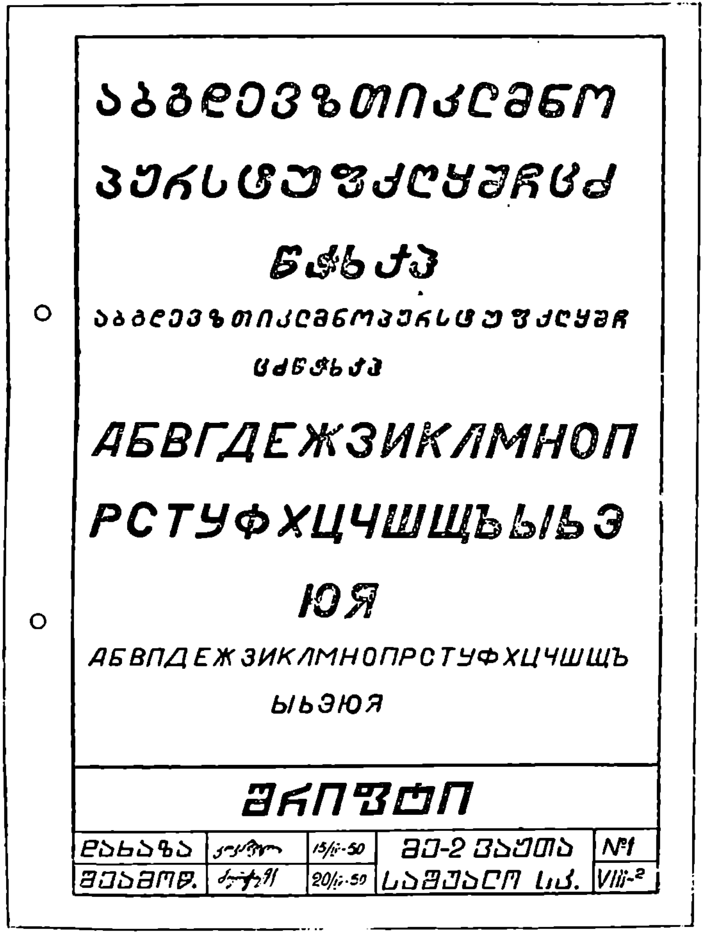
ზემოთ მოყვანილი აღნიშვნების მიხედვით ასოების ზომებს შორის არის შემდეგი მიახლოებითი დამოკიდებულება: $b \approx {}^2/_3 h$; $h_1 \approx {}^2/_3 h$; $b_1 \approx {}^2/_3 h_1$ და $a \approx {}^1/_8 h$.

27-ე ნახაზზე მოცემულია სავალდებულო სამუშაო № 1 (საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამა — 1949 წელი), რომელიც შეიცავს № 10 და № 5 შრიფტით როგორც ქართული, ისე რუსული ასოების წერას. ეს სავალდებულო სამუშაო სრულდება ფანქრით და ამიტომ შრიფტისათვის ბადის დამზადება ხდება



Фиг. 26.

ძალიან წვრილი და მსუბუქად გავლებული ხაზებით, რომელიც ასოების შემოსავლები ხაზების ორმაგი ხაზით შემოვლის შემდეგ ამოიშლება და ამ ორმაგ ხაზებს შორის ხდება ასოს შემოსავლები ხაზის გაშავება რბილი ფანქრით შემდეგ ნახაზის გასუფთავება შეუძლებელია).



ნახ. 27.

ჩვენ ზემოთ გვქონდა განხილული ასოების წერის წესები, რომლებსაც ამ შემთხვევაშიაც გამოვიყენებთ. მხოლოდ, როგორც პირველი შემთხვევა ნახაზის ფორმატის გამოხაზვისა, გვინდა განვიხილოთ შემდეგი: 1) შემოჭრის ხაზის

შემოვლა; 2) ნახაზის ჩარჩოს ჩახაზვა; 3) წარწერისათვის მართკუთხედის (40×120 მმ) ჩახაზვა და 4) შრიფტისათვის ბადის გამოხაზვის თანმიმდევრობა. ვგულისხმობთ, რომ აღებულია ნებისმიერი ფორმის ქაღალდი; რომლის მარცხენა ნაპირზე გავავლოთ სწორი შვეული ხაზი და ამ ხაზზე ავიღოთ ქაღალდის ზედა ნაპირთან ახლოს ნებისმიერი წერტილი. დავადოთ სახაზავი ამ ხაზზე ისე, რომ ნული მოხვდეს წერტილზე და ქვევით გადავთვალოთ 288 მილიმეტრი, აღვნიშნოთ მეორე წერტილიც. სახაზავის ადგილიდან დაუძვრელად მასზე მივადოთ სამკუთხედი კათეტით და გავასრიალოთ, ვიდრე მეორე კათეტი დაემთხვევა პირველ წერტილს, დავამაგროთ სამკუთხედი სახაზავთან ერთად მარცხენა ხელით და მეორე კათეტზე გავავლოთ სწორი ხაზი; გავანთავისუფლოთ სამკუთხედი ისე, რომ სახაზავი არ დავძრათ ადგილიდან და გავასრიალოთ სამკუთხედი სახაზავზე, ვიდრე მეორე კათეტი არ დაემთხვევა მეორე წერტილს; დავამაგროთ სამკუთხედი მარცხენა ხელით სახაზავთან და მეორე წერტილზე გავლით, მეორე კათეტზე გავავლოთ სწორი ხაზი; დავადვათ სახაზავი პირველ წერტილზე გავლებულ სწორ ხაზზე და გავაგრძელოთ ეს ხაზი (თუ საჭიროება მოითხოვს); ასევე მოვიქცეთ მეორე წერტილზე გავლებულ სწორ ხაზზეც. გადავზომოთ, როგორც პირველ, ისე მეორე წერტილიდან მარჯვნივ (სახაზავი ნულით დავადვათ წერტილზე და მარჯვნივ გადავთვალოთ 203 მმ სწორ ხაზზე) 203 მილიმეტრი და დავნიშნოთ წერტილები; მიღებული წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით. მივიღეთ მართკუთხედი, რომლის სიგანე=203 მილიმეტრს და სიგრძე=288 მილიმეტრს (ეს არის ა4 ფორმატი). მიღებული მართკუთხედის გვერდები არის შემოჭრის ხაზები, რომლებზედაც ნახაზის დამთავრების შემდეგ ხდება შემოჭრა, ამიტომ ეს ხაზები ნახაზზე არ რჩება. მიღებული მართკუთხედის მარცხენა ზედა და ქვედა წვეროებიდან მარჯვნივ გადავზომოთ 20 მილიმეტრი და მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზი; მარჯვენა ზედა და ქვედა წვეროებიდან მარცხნით გადმოვზომოთ 10 მილიმეტრი და მიღებული წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით; ამ ორ პარალელურ ხაზზე, როგორც ზემოდან, ისე ქვემოდან გადავზომოთ 10 მილიმეტრი და მიღებული წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზებით. მივიღებთ მართკუთხედს, რომლის სიგანე=173 მმ და სიგრძე — 268 მილიმეტრს. მიღებული მართკუთხედი არის ნახაზის ჩარჩო. ამ მართკუთხედის მარჯვენა ქვედა კუთხეში ჩაიხაზება წარწერისათვის მართკუთხედი (21-ე ნახაზზე განხილული წესით), რომლის სიგრძე=120 მმ და სიგანე=40 მილიმეტრს.

ჩარჩოში, როგორც მარცხენა, ისე მარჯვენა გვერდების პარალელურად გავავლოთ გვერდებიდან 5 მილიმეტრით დაშორებული შვეული ხაზები; ეს ხაზები გაივლება ფანქრით მკრთალად (მაგარი ფანქრით) და განსაზღვრავს ნახაზის დაშორებას ჩარჩოდან, ამიტომ ამ ხაზებს ვუწოდოთ — შვეული დამხმარე ხაზები (ცხადია, ნახაზის დამთავრების შემდეგ ისინი ამოიშლება). დამხმარე შვეულ ხაზებზე, როგორც მარცხენა, ისე მარჯვენა ზედა ბოლოებიდან ქვემოთ გადმოვზომოთ 15 მილიმეტრი და გავავლოთ სწორი ხაზი. მიღებული ხაზის ბოლოებიდან გადავზომოთ შვეულ ხაზებზე ქვემოთ 10 მილიმეტრი და მიღებული წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით. მივიღეთ პარალელური ხაზები, ერთი-მეორისაგან 10 მილიმეტრით დაშორებული. გადავ-

ზომოთ მეორე ხაზის ბოლოებიდან ქვემოთ 15 მილიმეტრი და მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზი; გადავზომოთ ამ ხაზის ბოლოებიდან ქვემოთ 10 მილიმეტრი და მიღებული წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით; ამ ხაზის ბოლოებიდან ქვევით გადავზომოთ 15 მილიმეტრი და მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზი; ამ ხაზის ბოლოებიდან გადავზომოთ ქვევით 10 მილიმეტრი და მიღებულ წერტილზე გავავლოთ სწორი ხაზი: მივიღეთ 10 მილიმეტრიანი სამი ზოლი, რომლებიც ერთი-მეორისაგან დაშორებულია 15 მილიმეტრით; ეს ზომები ამოღებულია მე-2 ცხრილიდან, სადაც 10 მილიმეტრი არის № 10 შრიფტის ასოების სიმაღლე და 15 მილიმეტრი კი — სტრიქონებს შორის მანძილი. ამ სამ სტრიქონში წინათ განხილული წესით ჩაიწერება № 10 შრიფტით ქართული მრგვალი ასოები.

უკანასკნელი სტრიქონის ქვედა ხაზის ბოლოებიდან დამხმარე შვეულ ხაზებზე ქვევით გადავზომოთ 10 მილიმეტრი და მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზი; ამ სწორი ხაზის ბოლოებიდან ქვევით გადავზომოთ 5 მილიმეტრი და მიღებული წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით; მიღებული ხაზის ბოლოებიდან ქვევით გადავზომოთ 10 მილიმეტრი და მიღებულ წერტილებზე გავავლოთ სწორი ხაზი; ამ ხაზის ბოლოებიდან ქვევით გადავზომოთ 5 მილიმეტრი და გავავლოთ სწორი ხაზი. მივიღეთ ორი 5 მილიმეტრიანი ზოლი, ერთი-მეორისაგან 10 მილიმეტრით დაშორებული; ეს არის მე-2 ცხრილიდან ამოღებული ზომები № 5 შრიფტის ასოების სიმაღლე 5 მილიმეტრი და სტრიქონებს შორის მანძილი — 10 მილიმეტრი. ამ ზოლებში იწერება ქართული მრგვალი ასოები. ქართული ასოებისათვის განკუთვნილ ზოლებიდან გამოვტოვებთ 15 მილიმეტრს, ე. ი. უკანასკნელი ზოლიდან დამხმარე შვეულ ხაზებზე გადავზომავთ 15 მილიმეტრს და გავავლებთ სწორ ხაზს; ამის შემდეგ ვიმეორებთ იმავე მოქმედებას, რაც შევასრულეთ ქართული ასოებისათვის. გამოვხაზავთ 10 მილიმეტრიან სამ ზოლს და 5 მილიმეტრიან ორ ზოლს. ამ ზოლებს შორის დაშორებას ავიღებთ ისეთივეს, როგორც ქართული ასოებისათვის ავიღეთ. 10 მილიმეტრიან ზოლებში იწერება № 10 შრიფტით რუსული ასოები და 5 მილიმეტრიან ზოლში კი — № 5 შრიფტით რუსული ასოები.

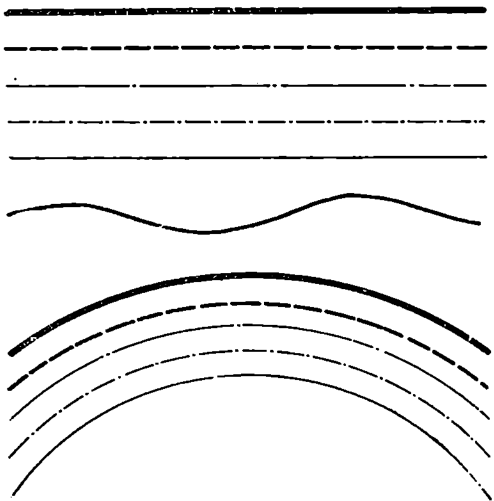
მიღებულ ზოლებს გავყოფთ შუაზე და თითოეულის შუაგამყოფ ხაზს გავავლებთ წვრილი და რაც შეიძლება მკრთალი ხაზებით. ამის შემდეგ ზემოთ განხილული თარგის დახმარებით ვაწარმოებთ თითოეული ზოლის დაყოფას, ცხრილიდან ამოკრეფილი ასოების ზომებით (ეს ზომები წინასწარ დამზადებულ თარგებზე გვაქვს) ამით დამთავრდება შრიფტისათვის ბადის დამზადება, რაც მაგარი ფანქრით შესრულდება.

გამოხაზულ ბადეში ასოების წერა ჩვენ განვიხილეთ 23-ე ნახაზზე, სადაც ჯერ ვაწარმოეთ მაგარი ფანქრით ასოს შემოსავლები ხაზია სისქის შემოვლა ორმაგი წვრილი (მაგარი ფანქრით) ხაზებით, შემდეგ ნახაზი გასუფთავდება ზედმეტი ხაზებისაგან და რბილი ფანქრით გაშავდება ასოების შემოვლის ხაზები. ასეთივე წესით შევასრულებთ ამ ნახაზში მოყვანილ ასოების ჩაწერას როგორც ქართულს, ისე რუსულს, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ რუსული ასოებისათვის უფრო მეტად გამოგვადგება სწორი ხაზების სახაზავით გავლება.

ხაზვაში გამოყენებული ხაზები და მათი პირობითი აღნიშვნა

ხაზვას საერთაშორისო ტექნიკურ ენას ეძახიან, რადგანაც ნახაზის წაკითხვა (გაგება) შეუძლია ყოველ ტექნიკურად განვითარებულ პიროვნებას, რომელმაც ხაზვა კარგად იცის, მიუხედავად იმისა, იცის თუ არა დამხაზველის ენა ნახაზის წამკითხველმა.

ზემოაღნიშნული შესაძლებელი გახადა ხაზვაში ყოველგვარი აღნიშვნის სტანდარტიულობამ, რაც დადგენილია სტანდარტიზაციის კომიტეტის მიერ. ყველა მხაზველი ვალდებულია ხაზოს ისე, როგორც სტანდარტით არის მოცემული. ხაზვაში ხმარებული ხაზების სტანდარტიულობა, საკავშირო სტანდარტის (3456 — 46) მიერ მოცემულია რამოდენიმე ფორმით (ნახ. 28). განვიხილოთ ეს ხაზები: 28-ე ნახაზის პირველი ხაზი (ზევიდან) არის კონტურის ხაზი, რომელიც იხმარება სხეულზე არსებული ხილვადი ხაზების ქაღალდზე (ნახაზზე) გამოსახაზავად, კონტურის ხაზი სისქით აიღება 0,4-დან 1,2 მილიმეტრამდე, ე. ი. კონტურის ხაზის გამოსახაზავად შეგვიძლია ვიხმაროთ: 0,4 მილიმეტრის სისქის ხაზიდან 1,2 მილიმეტრის სისქემდე ყველა მთლიანი ხაზი, რომლის შერჩევა ხდება ნახაზის სიდიდის მიხედვით. ეს ხაზი შეიძლება სხეულზე იყოს გამოკვეთილი მკაფიოდ (სიბრტყეების კვეთით მიღებული წიბოები), ან არ იყოს მკაფიოდ გამოკვეთილი (ბრუნვითი სხეულების მსახველები).



ნახ. 28.

მეორე ხაზი არის უხილავი კონტური, რომელიც სხეულზე არის და მას ეფარება სხეულის სხვა ნაწილი; ჩვენ მას ვუწოდებთ — წყვეტილ (უხილავ კონტურს) ხაზს.

წყვეტილი ხაზის მონაკვეთების სიგრძე = 4 მილიმეტრს და მონაკვეთებს შორის მანძილი = 1 მილიმეტრს; სისქით აიღება დაახლოებით კონტურის ხაზის სისქის ნახევარი ან მესამედი; თუ კონტურის ხაზის სისქეს აღვნიშნავთ „B" ასოთი, მაშინ წყვეტილი ხაზის სისქე აღინიშნება — $\frac{1}{2}B - \frac{1}{3}B$.

მესამე ხაზი (ნახ. 28) არის ღერძის, ცენტრის ანუ სიმეტრიის ხაზი, რომელიც სისქით აიღება $\frac{1}{4}B$ (კონტურის ხაზის სისქის მეოთხედი) და ნაკლებიც. მონაკვეთების სიგრძე დაახლოებით აიღება 20 მილიმეტრი, მონაკვეთებს შორის მანძილი წერტილის ჩათვლით დაახლოებით 1,5 — 2 მილიმეტრამდე; იგი იხმარება: სიმეტრიული სხეულების გამოხაზვის დროს სიმეტრიის ხაზად, ღერძების (ბრუნვითი სხეულების ბრუნვის ღერძებად) ხაზად და ცენტრის ხაზად (წრეხაზების ცენტრების აღსანიშნავად).

მეოთხე ხაზი (ნახ. 28) არის წყვეტილწერტილოვანი ხაზი, რომელიც სისქით აიღება კონტურის ხაზის სისქის მეოთხედი ($\frac{1}{4}$ B) და ნაკლებიც. მონაკვეთების სიგრძე დაახლოებით 4 მილიმეტრი თითოეულის, მონაკვეთებს შორის მანძილი — 1,5 — 2 მილიმეტრამდე იხმარება დამახასიათებელი წერტილების მოსაძებნად. იგი დამხმარე ხაზია, რომელიც გეომეტრიულ და პროექციულ ხაზვაში დიდად გამოიყენება; პროექციულ ხაზვაში მას ხმარობენ საწყისი წრეხაზების და ბრუნვითი ტანების საწყისი მსახველების გამოსახაზავად.

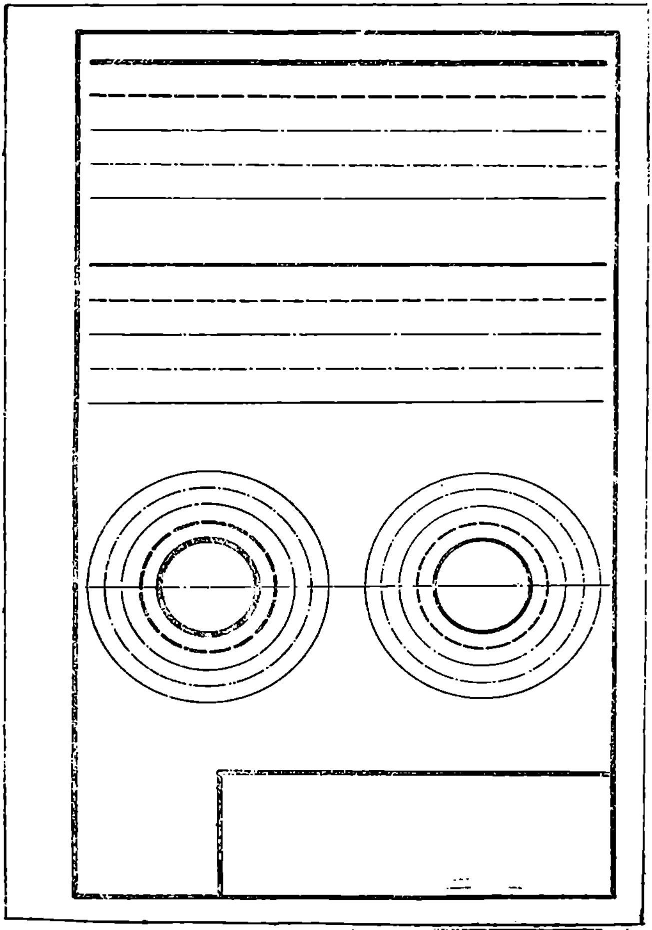
მეხუთე ხაზი (ნახ. 28) არის მთლიანი დამხმარე ხაზი; სისქით აიღება კონტურის ხაზის სისქის — $\frac{1}{4}B$ და ნაკლებიც; იხმარება ნახაზზე ზომების გამოსატანად, ისრების ხაზად, სხეულის ნაგულისხმევად ჭრის დროს ნახაზზე ჭრილების საჩვენებლად (წახაზვისათვის) და გეომეტრიულ ხაზვაში მოცემულ ხაზად.

მეექვსე ხაზი (ნახ. 28) არის ამოტეხის ანუ ამოჭრის ხაზი, რომელიც სისქით აიღება კონტურის ხაზის სისქის ნახევარი ან მესამედი, ის არის ნაგულისხმევად ისეთი ნაწილობრივი ამოჭრის ხაზი, რომელიც ღერძის ხაზზე არ გადის.

ზემოაღნიშნული ხაზები იხაზება როგორც სწორხაზოვნურად, ისე წრეხაზულად (ნახ. 28); ამ ნახაზზე მოცემულია ყველა ხუთივე ხაზის გამოხაზვის წესი ორივე სახით, და მხაზველმა უნდა იცოდეს, რომ ამ ხაზებით შეიძლება მიღწეულ იქნეს ნახაზის წაკითხვა ისე, როგორც ასოებით იკითხება ნაწერი; ამიტომ ყველა ერთი და იგივე ტიპის (სახელწოდების) ხაზები ერთსა და იმავე ნახაზზე (ერთსა და იმავე ფორმატზე) უნდა დაიხაზოს ზუსტად ერთი და იგივე როგორც ფორმით, ისე სისქითაც.

29-ე ნახაზზე გამოხაზულია ხაზვაში ხმარებული ხაზების ტიპები, როგორც სწორხაზოვნურად, ისე რკალების სახით; ეს ნახაზი სრულდება სავალდებულო სამუშაოს (№ 2) სახით, რომელიც გათვალისწინებულია საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამით (1949 წ.); ამიტომ აქ მოგვყავს მისი გამოხაზვის წესი, როგორც ქაღალდის ფორმატის, ისე მასზე გამოხაზული ყველა ტიპის ხაზების.

ჩვენს მიერ განხილული წესით (ნახ. 20) უნდა გამზადდეს სახაზავი ქაღალდი ზომით 203×288 მმ. ქაღალდის მარცხენა ნაპირზე ვატარებთ სწორ ხაზს; ამ ხაზის ზემო ნაწილზე ავიღებთ წერტილს, რომელზედაც დავადებთ სამკუთხედს ისე, რომ სწორი კუთხის წვერი დაემთხვეს აღებულ წერტილს და ერთი კათეტი გაყვეს პირველად გატარებულ სწორ ხაზს; გავავლოთ სწო-



ნახ. 29.

რი ხაზი მეორე კათეტზე, რომელიც პირველის მართობული იქნება; პირველი წერტილიდან ქვემოთ გადმოვზომოთ 288 მილიმეტრი (სახაზავი ნულით დავადოთ პირველ წერტილზე და ქვემოთ გადავთვალოთ 288 მმ); მეორე წერტილზედაც ავმართოთ მართობი სამკუთხედის საშუალებით (ისე, როგორც პირველ წერტილზე); მიღებულ მართობებზე, როგორც პირველზე, ისე მეორეზე, მარცხნიდან მარჯვნივ გადავზომოთ 203 მილიმეტრი (სახაზავი ნულით დავადოთ ჯერ პირველ წერტილზე და გადავთვალოთ მარჯვნივ 203 მმ, ასევე მეორე წერტილზეც); მიღებული წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით და მივიღებთ მართკუთხედს, რომლის ზომები იქნება 203×288 მილიმეტრი. მიღებული მართკუთხედის გვერდები არის შემოჭრის ხაზი (ნახ. 20), რომელზედაც ნახაზის დამთავრების შემდეგ ხდება ქაღალდის შემოჭრა ისე, რომ ეს ხაზები აღარ დარჩება ნახაზზე (ისინი იქცევიან ქაღალდის ნაპირებად). მიღებულ მართკუთხედში ვაწარმოებთ ჩარჩოს ჩახაზვას შემდეგნაირად: ავიღოთ საზომი ფარგალი და გავშალოთ 20 მილიმეტრზე, დავაბრჯინოთ ფარგლის ერთი წვერო მიღებული მართკუთხედის მარცხენა ზედა კუთხეზე და გადავზომოთ მარჯვნივ; მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ; ასევე შევასრულოთ მარცხენა ქვედა კუთხიდან; დავადოთ სახაზავი მიღებულ ორ წერტილს და გავატაროთ სწორი ხაზი; გავშალოთ საზომი ფარგალი 10 მილიმეტრზე, დავაბრჯინოთ ერთი წვერო ხაზის ზედა ბოლოზე და ქვემოთ გადმოვზომოთ, მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ; დავადოთ სახაზავი ნულით მიღებულ წერტილს და ამ ხაზზე გადმოვზომოთ 268 მილიმეტრი, მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ; გავშალოთ საზომი ფარგალი 10 მილიმეტრზე და გადავზომოთ მართკუთხედის მარჯვენა ზედა და ქვედა წვეროებიდან მარცხნივ, მიღებული ორი წერტილი შევაერთოთ სწორი ხაზით; ამ ხაზის ზედა ბოლოდან ქვევით გადმოვზომოთ 10 მილიმეტრი; დავადოთ სახაზავი ნულით ამ წერტილს და ქვევით გადავთვალოთ 268 მილიმეტრი, მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ; ავიღოთ რბილი ფანქარი და სახაზავით შევაერთოთ მიღებული ოთხივე წერტილი, მივიღებთ მართკუთხედს ზომით 173×268 მილიმეტრს. მიღებული მართკუთხედი არის ნახაზის ჩარჩო, რომელიც იხაზება კონტურის სისქის (დაახლოებით 1 მილიმეტრი).

წარწერისათვის ჩარჩოს (ნახ. 21) ჩახაზვა ხდება შემდეგნაირად: ნახაზის ჩარჩოს მარჯვენა ქვედა წვეროდან მარცხნით გადმოვზომოთ 120 მილიმეტრი (დავადოთ სახაზავი ნულით მარჯვენა ქვედა წვეროზე და გადმოვთვალოთ 120 მილიმეტრი) და აღვნიშნოთ წერტილი: მარჯვენა ქვედა წვეროდან (ისევ იმ მართკუთხედის) ზემოთ გადავზომოთ 40 მილიმეტრი; ჩარჩოს ქვედა ხაზზე მიღებული წერტილიდან ავმართოთ მართობი სამკუთხედის საშუალებით (ერთ კათეტს დავამთხვევთ ჩარჩოს ქვედა ხაზს ისე, რომ მართიკუთხის წვერო დაემთხვეს მიღებულ წერტილს, მეორე კათეტზე გავავლებთ სწორ ხაზს); ამ მართობზე გადავზომავთ 40 მილიმეტრს; მიღებული წერტილი შევუერთოთ მარჯვენა ქვედა წვეროდან 40 მილიმეტრით დაშორებულ წერტილს (წარწერის ჩარჩოს ხაზებიც იმავე სისქის იხაზება, რაც ნახაზის ჩარჩოს ხაზებია) მივიღეთ მართკუთხედი, სიგრძით 120 მილიმეტრი და სიგანით 40 მილიმეტრი, რომლის ორ გვერდს წარმოადგენს ჩარჩოს მარჯვენა და ქვედა ხაზები.

ახლა განვიხილოთ 29-ე ნახაზის შესრულების წესი, რომელიც დიდ დახმარებას გაუწევს ახალგაზრდა მხაზველს. ავიღოთ საზომი ფარგალი, გავშალოთ 10 მილიმეტრზე, გადმოვზომოთ ნახაზის ჩარჩოს მარცხენა ზედა და ქვედა წვეროებიდან მარჯვნივ, მარჯვენა ზედა და ქვედა წვეროებიდან მარცხნივ. მიღებულ მარცხენა ზედა და ქვედა წერტილებზე დავადოთ სახაზავი, გავატაროთ მაგარი ფანქრით მკრთალი ხაზი, ასევე მარჯვნივაც. მიღებულ ხაზებს ვუწოდოთ ჩარჩოს შიგნითა შვეული ხაზები (ეს ხაზები საჭიროა დამხმარე ხაზებად პარალელური ხაზების გატარებისათვის და ამავე დროს საზღვარიცაა, რომლის იქით ჩარჩოსაკენ არავითარი ხაზი არ უნდა გატარდეს).

გავშალოთ საზომი ფარგალი 10 მილიმეტრზე, გადავზომოთ მარცხენა და მარჯვენა შვეულ ხაზებზე ზემოდან ქვემოთ ხუთი წყვილი წერტილი; ავიღოთ რბილი ფანქარი, სახაზავით გავატაროთ პირველ წყვილ წერტილზე კონტურის ხაზი სისქით 1,2 მილიმეტრი (ეს არის ხილვადი კონტურის ხაზის მაქსიმალური სისქე). გავატაროთ მეორე უხილავი კონტურის ხაზი, ე. ი. წყვეტილი ხაზი, სისქით დაახლოებით 0,6 მილიმეტრი (ეს არის კონტურის ხაზის სისქის ნახევარი); მონაკვეთების სიგრძეები ავიღოთ 4 მილიმეტრი, მონაკვეთებს შორის დაშორება — 1 მილიმეტრი (ეს ზომები მიახლოებით აიღება სახაზავის დანაყოფებთან თვალზომითი შეფარდებით).

ავიღოთ მაგარი ფანქარი და სახაზავით გავატაროთ მესამე წყვილ წერტილზე ღერძის ხაზი, შეძლებისამებრ წვრილი (ე. ი. კონტურის ხაზის სისქის $^1/_4$ და ნაკლები); მონაკვეთების სიგრძეა 20 მილიმეტრი, მონაკვეთებს შორის მანძილი — დაახლოებით 1,5 მილიმეტრი წერტილის ჩათვლით.

დავადოთ სახაზავი მეოთხე წყვილ წერტილს და გავატაროთ წერტილის საძებნი წყვეტილწერტილოვანი ხაზი, სისქით ისეთივე, როგორც ღერძის ხაზი; მონაკვეთებს შორის მანძილიც ისეთივე, როგორც ღერძის ხაზი; მონაკვეთის სიგრძეები — დაახლოებით 4 მილიმეტრი.

დავადოთ სახაზავი მეხუთე წყვილ წერტილს და გავატაროთ მთლიანი დამხმარე ხაზი, სისქით ისეთივე, როგორც ღერძის ხაზი (ყველა დამხმარე ხაზი ერთი და იგივე სისქის უნდა იყოს).

გავშალოთ საზომი ფარგალი 20 მილიმეტრზე, გადავზომოთ მეექვსე წყვილი წერტილი. გავშალოთ საზომი ფარგალი 10 მილიმეტრზე, გადავზომოთ კიდევ ოთხი წყვილი წერტილი. ავიღოთ რბილი ფანქარი და სახაზავით მეექვსე წყვილ წერტილზე გავატაროთ კონტურის ხაზი, სისქით 0,4 მილიმეტრი (კონტურის ხაზის მინიმალური სისქე). დავადოთ სახაზავი მეშვიდე წყვილ წერტილს და რბილი ფანქრით გავატაროთ უხილავი (წყვეტილი) კონტურის ხაზი, სისქით 0,2 მილიმეტრი (თვალზომით); მონაკვეთების სიგრძე — დაახლოებით 4 მილიმეტრი, მათ შორის მანძილი — 1 მილიმეტრი.

ავიღოთ მაგარი ფანქარი და მერვე წყვილ წერტილზე სახაზავით გავატაროთ ღერძის ხაზი, შეძლებისამებრ წვრილი; მონაკვეთების სიგრძე — 20 მილიმეტრი, მონაკვეთებს შორის მანძილი — 1,5 მილიმეტრი.

გავატაროთ მეცხრე წყვილ წერტილზე სახაზავით წერტილის საძებნი წვრილი წყვეტილწერტილოვანი ხაზი, სისქით ისეთივე, როგორც ღერძის ხაზი; მონაკვეთების სიგრძე — 4 მილიმეტრი, მონაკვეთებს შორის მანძილი — 1,5 მილიმეტრი.

გავატაროთ მეათე წყვილ წერტილზე მთლიანი დამხმარე წვრილი ხაზი; სისქით ისეთივე, როგორც ღერძის ხაზი.

გავშალოთ საზომი ფარგალი 50 მილიმეტრზე, გადავზომოთ უკანასკნელი, ე. ი. ბოლო წერტილებიდან (მეათე წყვილი წერტილები) ქვემოთ; მიღებული წერტილები დავნიშნოთ; ავიღოთ მაგარი ფანქარი და ამ ორ წერტილზე გავატაროთ ღერძის ხაზი. გავშალოთ საზომი ფარგალი 35 მილიმეტრზე, გადავზომოთ ამ ღერძის ხაზის ბოლოებიდან ორი წერტილი (მარცხენა ბოლოდან მარჯვნივ და მარჯვენა ბოლოდან მარცხნივ); ეს ორი წერტილი ავიღოთ, როგორც კონცენტრული წრეების ცენტრები. ჩავდოთ ფარგალში რბილი ფანქრის გული, გავშალოთ ფარგალი 15 მილიმეტრზე და შემოვხაზოთ მარცხენა ცენტრიდან წრეხაზი, კონტურის ხაზის სისქით — 1,2 მილიმეტრი, მარჯვენა ცენტრიდან შემოვხაზოთ წრეხაზი კონტურის ხაზის სისქით — 0,4 მილიმეტრი. გავშალოთ ფარგალი 20 მილიმეტრზე, შემოვხაზოთ წრეხაზი მარცხენა ცენტრიდან წყვეტილი ხაზით, 0,6 მილიმეტრის სისქის; მონაკვეთების სიგრძე — 4 მილიმეტრი, მონაკვეთებს შორის მანძილი — 1 მილიმეტრი. მარჯვენა ცენტრზედაც შემოვხაზოთ წრეხაზი, ფარგლის ამავე გაშლილობით, წყვეტილი ხაზით — სისქით 0,2 მილიმეტრი; მონაკვეთების სიგრძე და მათი ურთიერთდაშორება იგივეა, რაც მარცხენა წრეხაზებისათვის.

გამოვიღოთ რბილი ფანქრის გული ფარგლიდან და ჩავდოთ მაგარი („H“) ფანქრის გული; გავშალოთ ეს ფარგალი 25 მილიმეტრზე და მარცხენა ცენტრზე შემოვხაზოთ წრეხაზი ღერძის ხაზით, შეძლებისამებრ წვრილი; მონაკვეთის სიგრძე — 20 მილიმეტრი, მონაკვეთებს შორის მანძილი — 1,5 მილიმეტრი. ასეთივე წრეხაზი შემოვხაზოთ მარჯვენა ცენტრზედაც. გავშალოთ ფარგალი 30 მილიმეტრზე, შემოვხაზოთ წრეხაზი წყვეტილწერტილოვანი წერტილის საძებნი ხაზით, სისქე ავიღოთ ღერძის ხაზისებრი, მონაკვეთებს შორის მანძილი იგივეა, რაც ღერძის ხაზით შემოხაზული წრეხაზისათვის ავიღეთ, მონაკვეთების სიგრძე დაახლოებით 4 მილიმეტრი. მარჯვენა ცენტრზედაც შემოვხაზოთ იგივე, რაც მარცხენა ცენტრზე შემოვხაზეთ. გავშალოთ ფარგალი 35 მილიმეტრზე და, როგორც მარცხენა, ისე მარჯვენა ცენტრებზე შემოვხაზოთ წრეხაზები მთლიანი დამხმარე ხაზით; სისქე ავიღოთ ღერძის ხაზისებრი.

მარჯვენა ქვედა კუთხეში გამოხაზული წარწერის მართკუთხედი შევავსოთ 21-ე ნახაზის მიხედვით (დაყოფა მოხდება აღნიშნული ნახაზის მიხედვით და შემდეგ ჩაიწერება ქვემოთ მოყვანილი ცვლილებით იგივე, რაც ამ ნახაზზეა).

პირველ ჰორიზონტალურ ზოლში ნაცვლად „შეუღლებ“-ისა ჩავწეროთ — „ხაზები“ № 7 შრიფტით, მეორე ზოლის პირველ უჯრაში ჩაიწერება „დახაზა“ № 3,5 შრიფტით; მეორე უჯრაში მოწაფე ჩაწერს თავის გვარს ხელთნაწერით, მხოლოდ გარკვევით; მესამე უჯრაში მოწაფე ჩაწერს ნახაზის დამთავრების თარიღს; მესამე ზოლის პირველ უჯრაში იწერება „დაამტკიცა“ № 3,5 შრიფტით; ამ ზოლის მეორე უჯრაში მასწავლებელი ჩაწერს თავის გვარს და მესამე უჯრაში კი ჩაწერს ნახაზის ჩათვლის თარიღს; მეორე და მესამე ზოლის საერთო უჯრაში მოწაფე ჩაწერს სკოლის დასახელებას № 3,5 შრიფტით; დარჩენილი ორი უჯრიდან ზედაში ჩაიწერება სავალდებულო სამუშაოს ნომერი, ამ შემთხვევაში „№ 2“ (რადგან ეს სავალდებულო სამუშაო არის

ჰეორე ნომერი) და ქვედა უჯრაში კი — იმ კლასის აღნიშვნა, რომელშიაც არის მოწაფე (ამ შემთხვევაში VIII).

ამ ნახაზს დიდი მნიშვნელობა აქვს მომავალი მუშაობისათვის, როგორც ხაზვის „ასოების“ შემცველ ნახაზს; ამიტომ მოსწავლე მას დიდი სერიოზულობით უნდა მოეპყრას. თუ პირველი ხუთი ხაზის (მაქსიმალური სისქის მიხედვით) გამოხაზვის დროს მიიღო ყველა მონაკვეთები სათანადოდ ტოლი, როგორც სისქით, ისე სიგრძით და, ასეთივე თანმიმდევრულად მიიღო მისი შესაფარდი მარცხენა კონცენტრული წრეხაზები, ასევე მეორე ხუთი ხაზი (ზემოდან 6. 7, 8, 9 და 10) და მისი შესაფარდი მარჯვენა კონცენტრული წრეხაზები, მაშინ მხაზველს მომავალი მუშაობა არ გაუჭირდება; წინააღმდეგ შემთხვევაში, მან უნდა ივარჯიშოს სახლში, ცალკე ქაღალდზე, ვიდრე ზემოაღნიშნულს მიაღწევდეს.

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: 29-ე ნახაზი გამოხაზულია შემცირებული და, ის გამოდგება მხოლოდ თვალსაჩინოებისათვის, ამიტომ მეორე სავალდებულო სამუშაო უნდა შესრულდეს ზემოთ მოყვანილი განმარტების საფუძველზე.

მართობული სწორი ხაზების გავლება

ურთიერთმართობული სწორი ხაზების გავლება სახაზავისა და სამკუთხედის საშუალებით

გეომეტრიული ნახაზების ადვილად წაკითხვის (გაგების) თვალსაზრისით, პირობით შევთანხმდეთ შემდეგზე: მოცემულ ხაზად გამოვიყენოთ მთლიანი წვრილი დამხმარე ხაზი; საძებნ ხაზად (ამოცანის პასუხად) გამოვიყენოთ კონტურის ხაზი და აგებათა მსვლელობის ნათელსაყოფად, ე. ი. დამახასიათებელი წერტილების საპოვნელად კი — წყვეტილწერტილოვანი (მოკლე მონაკვეთებიანი, მონაკვეთების სიგრძე = 4 მმ, მათ შორის მანძილი = 1 მმ) ხაზი.

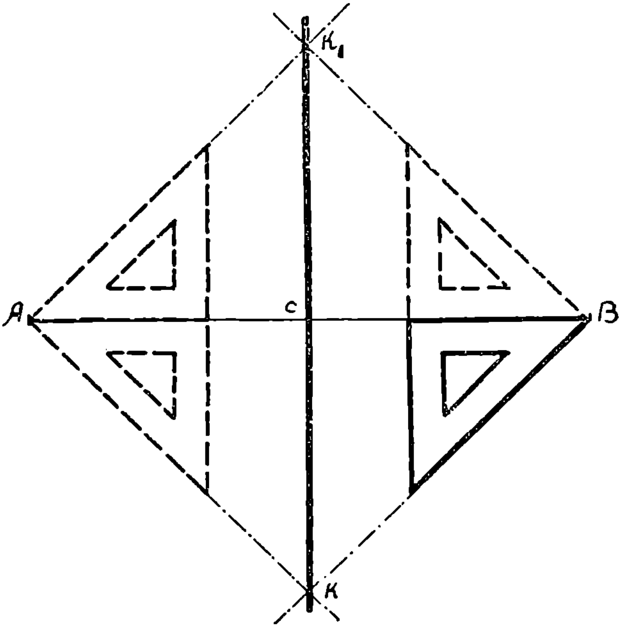
თუ ორი სწორი ხაზი ერთიმეორესთან ადგენს 90°-ან კუთხეს, მაშინ ეს ხაზები ურთიერთ პერპენდიკულარულია.

ჩვენ სიტყვა პერპენდიკულარის ნაცვლად ვიხმაროთ სიტყვა მართობი და სიტყვა პერპენდიკულარულის ნაცვლად კი სიტყვა მართობული.

როგორც ვიცით, სამკუთხედის კათეტები ერთიმეორესთან ჰქმნიან 90°-ან კუთხეს, ე. ი. ურთიერთ მართობულნი არიან და ეს თვისება შეიძლება გამოვიყენოთ ურთიერთ მართობული ხაზების გატარების დროს.

მოცემული AB სწორი ხაზის მონაკვეთის შუაწერტილზე მართობული სწორი ხაზის გავლება. მოცემულია სწორი ხაზის მონაკვეთი AB და უნდა ვიპოვოთ შუაწერტილზე გამავალი სწორი ხაზი (ეს ამოცანა იგივეა, რაც სწორი ხაზის მონაკვეთის ორ ტოლ ნაწილად გაყოფა). დავადოთ სამკუთხედი ამ მონაკვეთზე ისე, რომ კათეტი დაემთხვეს მონაკვეთს და მახვილი კუთხის წვერო — მონაკვეთის ბოლო წერტილს (ნახ. 30). მონაკვეთის ბოლო წერტილიდან გავატაროთ ჰიპოტენუზზე სწორი წყვეტილწერტილოვანი ხაზი. ასევე

მოვიქცეთ მონაკვეთის მეორე ბოლოზე (ამ შემთხვევაში ჯერ A წერტილზე, შემდეგ B წერტილზე); ავიღოთ სახაზავი (თუ AB მონაკვეთი ისეთი სიგრძის არის, რომ სამკუთხედის ჰიპოტენუზა დამხმარე K წერტილს ვერ მიწედა), დავამთხვიოთ მონაკვეთის ბოლოებიდან გატარებულ სწორ ხაზზე და განვაგრ-



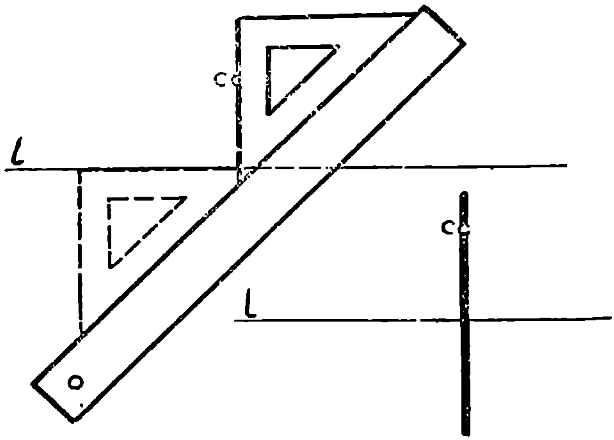
ნახ. 30.

ძოთ ისინი ერთი-მეორის (K წერტილზე) გადაკვეთამდე. ასეთივე წესით გავატაროთ დახრილი ხაზები მონაკვეთის მეორე მხარესაც K_1 წერტილში გადაკვეთამდე; მივიღებთ ორ წერტილს K და K_1. მიღებული წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით (კონტურის ხაზის სისქით), რომელიც იქნება AB მონაკვეთის მართობული და შუაგამყოფიც (C წერტილი AB მონაკვეთის შუა წერტილია).

მოცემული სწორი ხაზის ნებისმიერ C წერტილზე მართობული სწორი ხაზის გავლება. ამ ამოცანის შესრულება შეიძლება მრავალი ხერხით, რაც დამოკიდებულია ამოცანის გამოყენებით მნიშვნელობაზე; როცა საჭიროა სწორი ხაზის ნებისმიერ წერტილზე მართობის ამართვა, მოვიქცევით შემდეგნაირად: დავამთხვევთ სახაზავს სწორ ხაზზე, მივადგამთ მას სამკუთხედს ერთ-ერთი კათეტით და გავასრიალებთ სახაზავზე, ვიდრე აღებულ წერტილზე არ მოხდება

მეორე კათეტი. დავამაგროთ სამკუთხედი მარცხენა ხელით და გავატაროთ სწორი ხაზი მეორე კათეტზე; ეს იქნება ნებისმიერ წერტილზე ამართული მართობი.

როცა საჭიროა l სწორ ხაზზე აღებულ ნებისმიერ C წერტილზე მართობული სწორი ხაზის გავლება, მოვიქცეთ შემდეგნაირად: დავამთხვიოთ სამკუთხედი ერთი კათეტით მოცემულ l სწორ ხაზზე. მივაბრჯინოთ სახაზავი ჰიპოტენუზზე (ნახ. 31) და დავამაგროთ იგი მარცხენა ხელით; გავასრიალოთ სამკუთხედი სახაზავზე, ვიდრე მეორე კათეტი C წერტილს არ დაემთხვევა. დავამაგროთ სამკუთხედი მარცხენა ხელით და მეორე კათეტზე გავავლოთ სწორი ხაზი (კონტურის ხაზის სისქით); მიღებული ხაზი იქნება l სწორი ხაზის მართობული და C ნებისმიერ წერტილზე გამავალი.

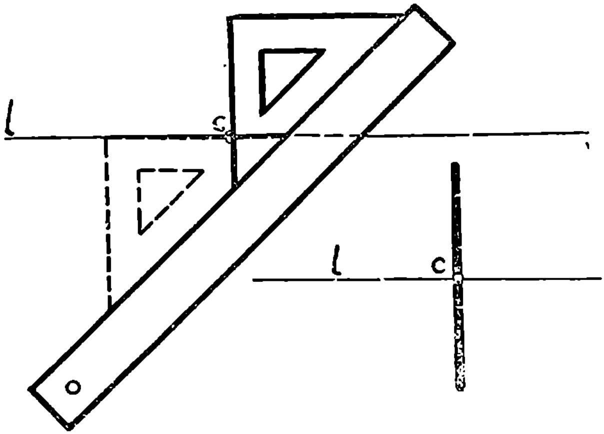


ნახ. 31.

ამავე წესით გაივლება მოცემული სწორი ხაზის მონაკვეთის ბოლო წერტილზე მართობი; ამიტომ მკითხველს ვავალებთ დამოუკიდებლად მის შესრულებას.

მოცემული სწორი ხაზის გარეშე მდებარე C წერტილზე ამ ხაზის მართობული ხაზის გავლება. ამ შემთხვევაშიც განვიხილოთ ორი ხერხი: 1) როცა საჭიროა C წერტილზე გავლება l სწორი ხაზისა მართობული ხაზის ისე, რომ არ იყოს სავალდებულო მისი ურთიერთ გადაკვეთა; დავამთხვიოთ სახაზავი მოცემულ ხაზს და დავამაგროთ მარცხენა ხელით. დავადოთ სამკუთხედი კათეტით ამ სახაზავზე და გავასრიალოთ აღებულ წერტილზე მეორე კათეტის დამთხვევამდე; დავამაგროთ სამკუთხედი სახაზავთან ერთად მარცხენა ხელით და გავატაროთ სწორი ხაზი (კონტურის ხაზის სისქის) C წერტილზე გავლით; ეს ხაზი იქნება საძებნი მართობი.

2) როცა საჭიროა l სწორი ხაზის გარეშე მდებარე C წერტილზე ისეთი სწორი ხაზის გავლება, რომელიც ჰკვეთს ამ ხაზს და მისი მართობულია. ამ შემთხვევაში უნდა მოვიქცეთ შემდეგნაირად: დავამთხვიოთ სამკუთხედი ერთი კათეტით მოცემულ ხაზზე (ნახ. 32); მივაბრჯინოთ სახაზავი ჰიპოტენუზაზე და დავამაგროთ იგი მარცხენა ხელით; გავასრიალოთ სამკუთხედი სახაზავზე, ვიდრე მეორე კათეტი არ დაემთხვევა C, წერტილს და დავამაგროთ იგი სახა-



ნახ. 32.

ზავთან ერთად მარცხენა ხელით; მეორე კათეტზე გავავლოთ სწორი (კონტურის ხაზის სისქით) ხაზი C წერტილზე გავლით. ეს ხაზი იქნება საძებნი ხაზი.

ამ ამოცანის შესრულების დროს შეიძლება შევგვხვდეს. შემთხვევა, როცა სამკუთხედის პირველი გასრიალების დროს კათეტმა არ გაიაროს C წერტილზე (C წერტილის l სწორი ხაზიდან დიდი მანძილით დაშორების გამო, ან შეიძლება თვალით ვერ გამოვზომოთ ზუსტად სამკუთხედის l ხაზზე დამთხვევის სათანადო ადგილი); ამ შემთხვევაში პირველი გასრიალების შემდეგ სამკუთხედს დავამაგრებთ მარცხენა ხელით მაშინ, როცა პირველი კათეტი აცდება წერტილს; სახაზავს მივაბჯენთ პირველ კათეტზე და დავამაგრებთ მარცხენა ხელით; სამკუთხედს გავასრიალებთ სახაზავზე, ვიდრე მეორე კათეტი არ დაემთხვევა C წერტილს და მეორე კათეტზე გავავლებთ სწორ ხაზს, ეს ხაზი იქნება საძებნი მართობი.

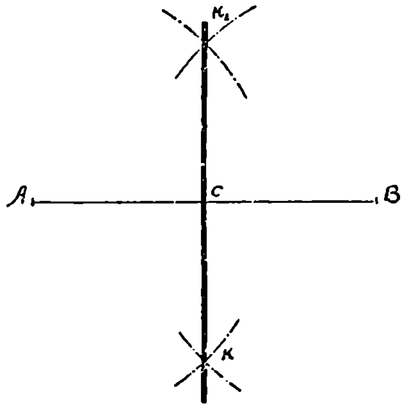
ზემოთ მოყვანილი მაგალითების შესრულება სახაზავით და სამკუთხედით არ არის ზუსტი, რადგან ყოველგვარი დამთხვევა ხდება თვალზომით და არა ზუსტად; სამაგიეროდ ის სასწრაფოა და, როგორც დავინახეთ, სრულდება უბრალოდ სახაზავით და სამკუთხედით, ან ორი სამკუთხედით.

ამ ამოცანების შესრულებას მხაზველისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან კარგ მხაზველს ძალიან დახელოვნებული უნდა ჰქონდეს: თვალები, სახაზავის ან სამკუთხედის სწორ ხაზზე დამთხვევის სიზუსტისათვის, და ხელები კი სახაზავისა და სამკუთხედის წესიერად დამაგრებაზე და მოხერხებულად მის გასრიალება-გადაადგილებაზე.

ურთიერთ მართობული სწორი ხაზების გატარება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით

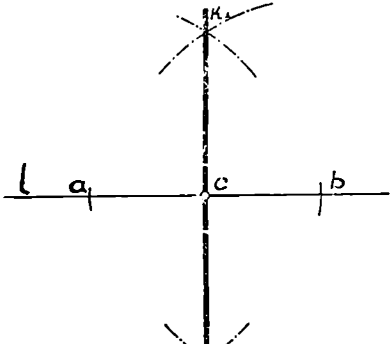
ჩვენ განვიხილეთ ურთიერთ მართობული სწორი ხაზების გავლება სამკუთხედისა და სახაზ ვის საშუალებით. ახლა კი განვიხილოთ იმავე ამოცანების ამოხსნა უფრო ზუსტად, ზუსტი იარაღების გამოყენებით.

მოცემული სწორი ხაზის AB მონაკვეთის მართობული და შუაგამყოფი სწორი ხაზის გატარება. ამ ამოცანის შესასრულებლად მოვიქცეთ შემდეგნაირად: გავშალოთ ფარგალი AB მონაკვეთის ნახევარზე მეტი გაშლილობით (ეს იღება თვალზომით, მიახლოებით; წინააღმდეგ შემთხვევაში დამხმარე წერტილებს ვერ მივიღებთ); შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალები წყვეტილწერტილოვანი ხაზებით, როგორც A ისე B წერტილებიდან (ნახ. 33) AB მონაკვეთის ორივე მხარეს ურთიერთ გადაკვეთამდე; რკალების გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ K და K_1 ასოებით; შევაერთოთ K და K_1 წერტილები სწორი (კონტურის ხაზის სისქის) ხაზით. ეს ხაზი AB მონაკვეთს გაჰყოფს შუა C წერტილზე და იქნება ამ მონაკვეთის მართობული. ეს ამოცანა იგივეა, რაც მონაკვეთის ორ ტოლ ნაწილად გაყოფა.



ნახ. 33

მოცემული სწორი ხაზის ნებისმიერ C წერტილზე მართობული სწორი ხაზის გატარება. ამოცანის შესასრულებლად გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი გაშლილობით და ნემსაწვერო (საცენტრე) დავაბჯინოთ C წერტილზე; შემოვხაზოთ რკალები ორივე მხარეს მოცემული სწორი ხაზის გადაკვეთამდე (ნახ. 34); მივიღებთ გადაკვეთის ორ a და b წერტილს, რომლებიც თანაბრად არიან დაშორებული მოცემული C წერტილიდან. ამ წერტილებს მივიღებთ მონაკვეთის ბოლოებად და, როგორც პირველ შემთხვევაში, a და b წერტილებიდან შემოვხაზავთ ნებისმიერ, მხოლოდ ნახევარზე მეტი გაშლილობის რკალებს (აქ მიღებული ab მონაკვეთია ნაგულისხმევი) მოცემული სწორი ხაზის ორივე



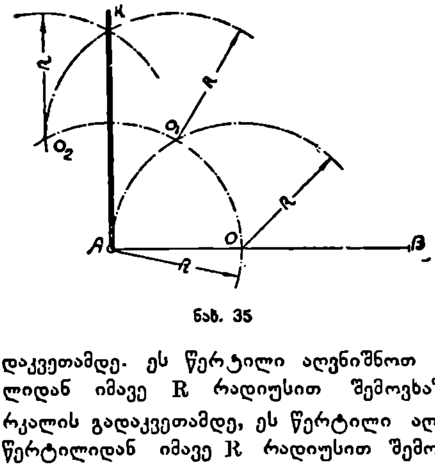
ნახ. 34.

მხარეს ურთიერთ გადაკვეთამდე. გადაკვეთის წერტილებს აღვნიშნავთ K და K_1 ასოებით და ამ წერტილებს შევაერთებთ სწორი (კონტურის ხაზის სისქის) ხაზით. მიღებული KK_1 სწორი ხაზი არის მოცემული ხაზის მართობული და ნებისმიერ C წერტილზე გამავალი.

ეს ამოცანა შეიძლება შესრულდეს რკალების მხოლოდ ერთ მხარეს შემოხაზვით, ე. ი. გვექნება მარტო K წერტილი; ამ შემთხვევაში სახაზავს დავადებთ K და C წერტილზე და გავატარებთ სწორ ხაზს, რომელიც მართობული იქნება მოცემული ხაზის, მაგრამ, როგორც ვიცით, ორ წერტილზე სწორი ხაზი უფრო ზუსტად გაივლება, რამდენადაც უფრო შორს იქნება ეს ორი წერტილი ერთიმეორისაგან.

მოცემული სწორი ხაზის მონაკვეთის ბოლო წერტილზე მართობის ამართვა

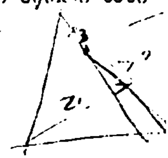
ამ შემთხვევაში შეიძლება მონაკვეთი გავაგრძელოთ და ეს ამოცანა დავიყვანოთ განხილულ მაგალითზე; მაგრამ ჩვენ განვიხილოთ შემთხვევა, როცა ნახაზის არეში არ შეიძლება მონაკვეთის გაგრძელება (მონაკვეთი აღებულია ქაღალდის ნაპირზე, ან სხვა ნახაზი უშლის ხელს). მოცემულია სწორი ხაზის მონაკვეთი AB; საჭიროა ავმართოთ მართობი მონაკვეთის ბოლო A წერტილიდან (ნახ. 35). გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი R რადიუსის ტოლად, ფარგლის ნემსაწვერიანი ბოლო (საცენტრე) დავაბჯინოთ AB მონაკვეთის ბოლო A წერტილზე და შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი AB მონაკვეთის გადაკვეთამდე. ეს წერტილი აღვნიშნოთ O ასოთი; მიღებულ O წერტილიდან იმავე R რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე, ეს წერტილი აღვნიშნოთ O_1 ასოთი; მიღებულ O_1 წერტილიდან იმავე R რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე. ეს წერტილი აღვნიშნოთ O_2 ასოთი; მიღებულ O_2 წერტილიდან იმავე R რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი მესამე რკალის გადაკვეთამდე, ეს წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი, დავადოთ სახაზავი K წერტილზე და AB მონაკვეთის ბოლო A წერტილზე, შევაერთოთ ეს წერტილები სწორი (კონტურის ხაზის სისქის) ხაზით; მიღებული AK სწორი ხაზი არის AB მონაკვეთის მართობული და A ბოლო წერტილზე გამავალი (ეს ხაზი შეიძლება გაგრძელდეს საჭიროების მიხედვით).

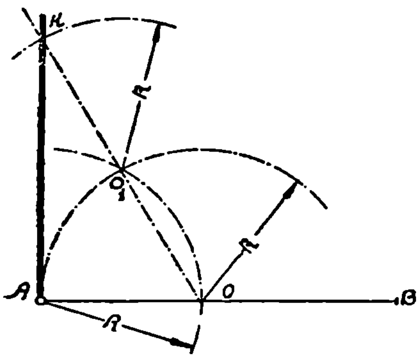


ნახ. 35

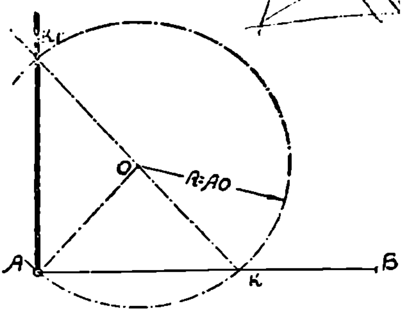
განვიხილოთ იგივე მაგალითი, სხვა ხერხით შესრულებული. მოცემულია სწორი ხაზის მონაკვეთი AB, საჭიროა A წერტილში ავ-

მართოთ AB მონაკვეთის მართობული სწორი ხაზი (ნახ. 36). გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი R რადიუსის ტოლად, დავაბრჯინოთ ფარგლის ნემსაწვეროიანი (საცენტრე) ბოლო A წერტილზე და შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი AB მონაკვეთის გადაკვეთამდე; ავღნიშნოთ ეს წერტილი O ასოთი. შემოვხაზოთ O წერტილიდან R რადიუსით წრეხაზის რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ O_1 ასოთი; შემოვხაზოთ ამავე R რადიუსით წრეხაზის რკალი O_1 წერტილიდან დაახლოებით (თვალზომით) საძებნი მართობის მიმართულებით; დავადოთ სახაზავი O და O_1 წერტილზე და გავატაროთ სწორი ხაზი (დამხმარე წყვეტილწერტილოვანი), მესამე რკალის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. შევაერთოთ სწორი (კონტურის ხაზის სისქის) ხაზით K წერტილი A წერტილთან და გავაგრძელოთ (საჭიროების მიხედვით). მიღებული სწორი ხაზი არის AB მონაკვეთის მართობული და გადის A წერტილზე.





ნახ. 36.



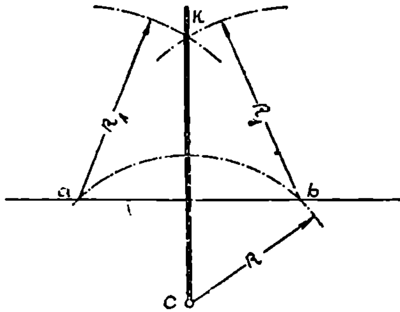
ნახ. 37.

განვიხილოთ იგივე მაგალითი მესამე ხერხით შესრულებული, რომელიც არის ყველა ხერხზე მარტივი, მაგრამ ყველაზე უფრო არაზუსტი.

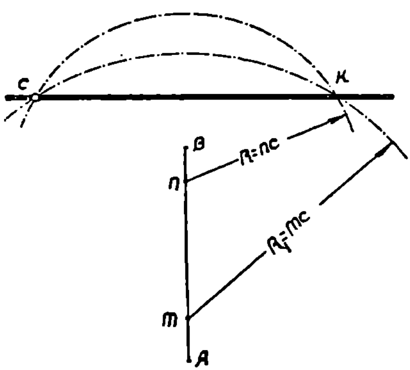
მოცემულია სწორი ხაზის მონაკვეთი AB, საჭიროა გავატაროთ AB მონაკვეთის მართობული სწორი ხაზი, A წერტილზე (მონაკვეთის ბოლო წერტილზე, ნახ. 37). AB მონაკვეთის გარეთ ავიღოთ ნებისმიერი წერტილი O; დავაბრჯინოთ ფარგლის ნემსაწვეროიანი (საცენტრე) ბოლო O წერტილზე და გავშალოთ ფარგალი ვიდრე ფანქრიანი ბოლო დაემთხვეოდეს A წერტილზე. O წერტილზე როგორც ცენტრზე OA რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი (დამხმარე ხაზით). ამ რკალის გადაკვეთა AB მონაკვეთთან აღვნიშნოთ K ასოთი. დავადოთ სახაზავი K და O წერტილებზე და გავატაროთ სწორი (დამხმარე) ხაზი რკალის მეორე წერტილთან გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ K_1 ასოთი. დავდოთ სახაზავი K_1 და A წერტილებზე, შევაერთოთ ეს წერტილები სწორი (კონტურის ხაზის სისქის) ხაზით. ეს იქნება AB მონაკვეთის მართობული და მის

ბოლო A წერტილზე გამავალი სწორი ხაზი. ეს ხერხი ნაკლებად ზუსტია, რადგან O და K წერტილები ერთიმეორესთან ახლო არიან და, როგორც აღვნიშნეთ, სწორი ხაზის გატარების დროს ასეთი შემთხვევა გვაძლევს შეცდომას; K_1 წერტილი გადაადგილდება რკალზე, ე. ი. მართობულობა დაირღვევა.

სწორი ხაზის გატარება მოცემულ წერტილზე მოცემული სწორი ხაზის მართობულად (წერტილი სწორზე არ ძევს), ამ ამოცანას ჩვენ განვიხილავთ ორი შემთხვევისათვის: 1. *მოცემულია სწორი ხაზი l და მის გარეშე მდებარე წერტილი* C (C წერტილზე გამავალი მართობი ჰკვეთს მოცემულ l სწორს) გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი R რადიუსის ტოლად, მაგრამ ისე, რომ გადაკვეთოს მოცემული l ხაზი ორ წერტილში (ნახ. 38). ცენტრად მივიღოთ მოცემული წერტილი და R რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი მოცემულ l ხაზის ორ წერტილზე გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილები აღვნიშნოთ a და b ასოებით. ამ a და b წერტილებზე, როგორც ცენტრებზე, შემოვხაზოთ ნებისმიერი R_1 რადიუსით რკალები (შეიძლება $R_1 = R$) მოცემული სწორი ხაზის მეორე მხარეზე (შეიძლება მოცემულ წერტილის მხარეზედაც, მაგრამ ნაკლებად ზუსტი იქნება) ურთიერთ გადაკვეთამდე; რკალების ეს გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. დავადოთ სახაზავი მოცემულ C წერტილზე და რკალების გადაკვეთის K წერტილზე; გავატაროთ სწორი (კონტურის ხაზის სისქის) ხაზი მოცემულ C წერტილიდან დამხმარე K წერტილამდე (თუ საჭიროება მოითხოვს შეიძლება ამ ხაზის გაგრძელება ორივე მიმართულებით). მიღებული ხაზი არის საძებნი მართობი. ამ შემთხვევაში შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ეს ხაზი არის მართობი, დაშვებული სწორი ხაზის გარეშე წერტილიდან მოცემულ სწორზე.



ნახ. 38.



ნახ. 39.

2) *მოცემულია სწორი ხაზის მონაკვეთი* AB *და მის გარეშე მდებარე წერტილი* C (C წერტილზე გამავალი მართობი არ კვეთს მოცემულ AB მონაკვეთს). ეს ამოცანა შევასრულოთ ისე, რომ AB

მონაკვეთი არ გავაგრძელოთ (AB მონაკვეთის გაგრძელებით ეს ამოცანა დაიყვანება პირველ ამოცანაზე). ავიღოთ AB მონაკვეთზე ნებისმიერი m და n (ნახ. 39) წერტილები. დავაბრჯინოთ ფარგლის საცენტრე ბოლო n წერტილზე და, როგორც ცენტრზე, nc = R რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი. დავაბრჯინოთ ფარგლის საცენტრე ბოლო m წერტილზე და, როგორც ცენტრზე, mc = R, რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. დავადოთ სახაზავი c და K წერტილებზე და გავატაროთ სწორი (კონტურის ხაზის სისქის) ხაზი. ეს იქნება AB მონაკვეთის მართობული.

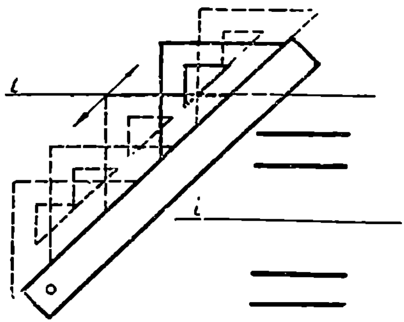
პარალელური სწორი ხაზების გავლება

პარალელური სწორი ხაზების გავლება შეიძლება როგორც სახაზავითა და სამკუთხედით, ისე ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით. პირველი ხერხი უფრო სასწრაფო და პრაქტიკულად მოხერხებულია, ვიდრე მეორე, მაგრამ მეორე ხერხი გაცილებით უფრო ზუსტია.

ხაზვაში ხშირად გვხვდება შემთხვევა, როცა ურთიერთპარალელური ხაზების გატარება პირველი ხერხით არ შეიძლება (როცა ძალიან დიდი სიზუსტეა საჭირო), ან მეორე ხერხის გამოყენება (დროს სიმცირის გამო) მიზანშეუწონელია. ამიტომ ჩვენ აქ განვიხილავთ როგორც ერთს, ისე მეორესაც.

ურთიერთპარალელური სწორი ხაზების გავლება სამკუთხედის და სახაზავის დახმარებით

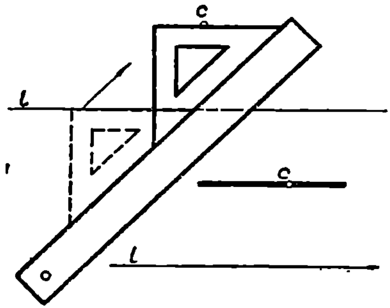
მოცემული l სწორი ხაზის პარალელური ხაზების გავლებას სამკუთხედისა და სახაზავის დახმარებით ვაწარმოებთ შემდეგნაირად: სამკუთხედი ერთ-ერთი კათეტით დავამთხვიოთ მოცემულ l სწორ ხაზს (ნახ. 40) და დავამაგროთ იგი მარცხენა ხელით; ჰიპოტენუზზე მივაბრჯინოთ სახაზავი; სახაზავი დავამაგროთ მარცხენა ხელით და სამკუთხედი კი გავანთავისუფლოთ; გავასრიალოთ სამკუთხედი უძრავად დამაგრებულ სახაზავზე საჭირო მიმართულებით; ამ დროს იგივე კათეტი გადაადგილდება მოცემული სწორი ხაზის (ე. ი. რომელ ხაზზედაც დავამთხვიეთ პირველად) პარალელურად. როცა გვინდა გავატაროთ მოცემული ხაზის პარალელური, სამკუთხედს სახაზავთან ერთად დავამაგრებთ



ნახ. 40.

უძრავად მარცხენა ხელით და იმავე კათეტზე გავატარებთ ხაზს. ეს იქნება მოცემულის პარალელური ხაზი.

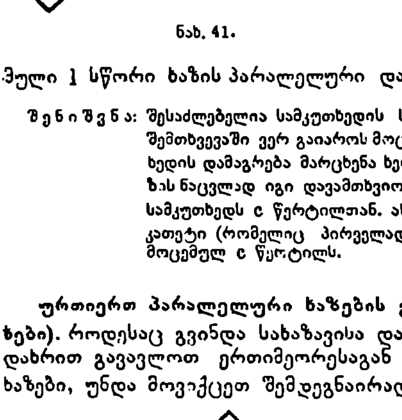
მოცემულ წერტილზე მოცემული სწორი ხაზის პარალელური ხაზის გავლება სამკუთხედისა და სახაზავის დახმარებით. მოცემულია l სწორი ხაზი და C წერტილი (ნახ. 41); უნდა გავატაროთ მოცემულ C წერტილზე მოცემული l სწორი ხაზის პარალელური ხაზი. სამკუთხედი ერთ-ერთი კათეტით დავამთხვიოთ მოცემულ l სწორ ხაზს და დავამაგროთ იგი მარცხენა ხელით; მივაბჯინოთ სახაზავი ჰიპოტენუზაზე; სახაზავი დავამაგროთ მარცხენა ხელით სამკუთხედი კი გავანთავისუფლოთ. გავასრიალოთ სამკუთხედი სახაზავზე, ვიდრე იგივე კათეტი არ დაემთხვევა მოცემულ C წერტილს. დავამაგროთ სამკუთხედი სახაზავთან ერთად უძრავად და იმავე კათეტზე გავატაროთ სწორი ხაზი, რომელიც იქნება მოცემული l სწორი ხაზის პარალელური და მოცემულ C წერტილზე გამავალი.



ნახ. 41.

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: შესაძლებელია სამკუთხედის სახაზავზე გასრიალებით იმავე კათეტმა პირველ შემთხვევაში ვერ გაიაროს მოცემულ c წერტილზე; მაშინ საჭირო იქნება სამკუთხედის დამაგრება მარცხენა ხელით; სახაზავი გავანთავისუფლოთ და ჰიპოტენუზის ნაცვლად იგი დავამთხვიოთ იმ კათეტზე, რომელიც უფრო ჩქარა მიიყვანს სამკუთხედს c წერტილთან. ასეთ გადაადგილებას ვაწარმოებთ, ვიდრე იგივე კათეტი (რომელიც პირველად დავამთხვიეთ მოცემულ ხაზს) არ დაემთხვევა მოცემულ c წერტილს.

ურთიერთ პარალელური ხაზების გავლება (წახაზვის—„შტრიხვის"—ხერხები). როდესაც გვინდა სახაზავისა და სამკუთხედის საშუალებით გარკვეული დახრით გავავლოთ ერთიმეორესაგან ტოლი მახძილით დაშორებული სწორი ხაზები, უნდა მოვიქცეთ შემდეგნაირად (ნახ. 42): გავავლოთ მოცემული სწორი ხაზის მიმართ გარკვეული დახრილობის ხაზი, დავადოთ სამკუთხედი ერთ-ერთი კათეტით ამ ხაზს და დავამაგროთ მარცხენა ხელით; მივაბჯინოთ ამ სამკუთხედის ჰიპოტენუზზე სახაზავი და დავამაგროთ იგი მარცხენა ხელით სამკუთხედთან ერთად ისე, რომ სამკუთხედი დამაგრებული იყოს საჩვენებელი და შუა თითით, სახაზავი კი დანარჩენი სამი თითით; დავასრიალოთ სამკუთხედი სახაზავზე ისე, რომ სახაზავი ისევ იმ სამი თითით გვეჭიროს და სამკუთხედს კი ვამოძრავებდეთ ორი თითით; სამკუთხედს შევაჩერებთ იქ, სადაც საჭიროა და იმავე კათეტზე გავავლებთ სწორ ხაზს, რომელიც პირველად გავლებული



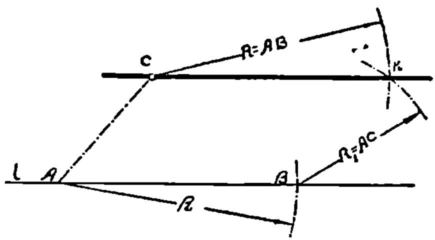
ნახ. 42.

ხაზის პარალელური იქნება და დაშორებული მისგან გარკვეული მანძილით, რომელსაც მხაზველი თვალზომით განსაზღვრავს; ასეთ ურთიერთ პარალელურ ხაზებს გავავლებთ საჭირო რაოდენობით და ერთიმეორისაგან ტოლ მანძილით დაშორებულს, რომელსაც მხაზველი განსაზღვრავს თვალზომით.

ურთიერთპარალელური სწორი ხაზების გავლება ფარგლისა და სახაზავის დახმარებით

მოცემულ წერტილზე მოცემული სწორი ხაზის პარალელური ხაზის გავლება. ამ ამოცანის შესრულება შეიძლება სხვადასხვა ხერხით, ჩვენ კი განვიხილოთ მათგან უფრო გამოყენებული სამი ხერხი.

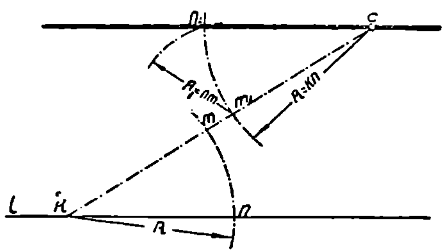
I. შევასრულოთ დასმული ამოცანა პარალელოგრამის აგების წესით. მოცემულია l სწორი ხაზი და წერტილი C (ნახ. 43). C წერტილიდან გავატაროთ სწორი ხაზი, ნებისმიერი დახრილობით, მოცემული სწორი ხაზის გადაკვეთამდე. მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ A ასოთი. A წერტილიდან ნებისმიერი R რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი მოცემული ხაზის გადაკვეთამდე. მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ B ასოთი. იმავე $R = AB$ რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი მოცემულ C წერტილიდან. გავშალოთ ფარგალი და $R_1 = AC$ რადიუსით B წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ რკალი მეორე რკალის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. C და K წერტილები შევაერთოთ სწორი (კონტურის-ხაზის სისქის) ხაზით. ეს იქნება მოცემული l სწორი ხაზის პარალელური და მოცემულ C წერტილზე გამავალი სწორი ხაზი.



ნახ. 43.

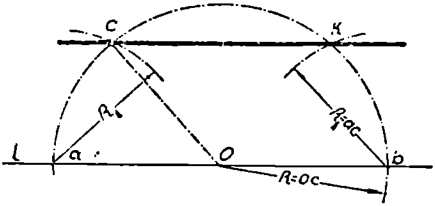
II. შევასრულოთ იგივე ამოცანა ცენტრალური კუთხეების ტოლობათა თვისების გამოყენებით.

მოცემულია l სწორი ხაზი და წერტილი C (ნახ. 44). C წერტილიდან გავატაროთ სწორი ხაზი ნებისმიერი დახრილობით (არა ნაკლები 30°-სა), მოცემულ სწორი ხაზის გადაკვეთამდე; მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. K წერტილზე, როგორც ცენტრზე, შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი ნებისმიერად აღებულ R რადიუსით. ამ რკალის გადაკვეთა მოცემულ l სწორხაზთან აღვნიშ-



ნახ. 44.

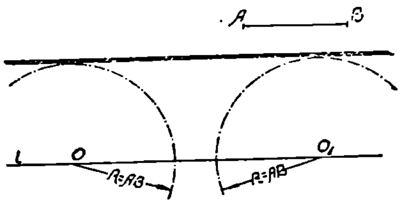
ნოთ n ასოთი და CK ნაკვეთთან კი-- m ასოთი. C წერტილზე, როგორც ცენტრზე შემოვხაზოთ რკალი იმავე $R = Kn$ რადიუსით, რომლის გადაკვეთა CK მონაკვეთთან აღვნიშნოთ m_1 ასოთი. m_1 წერტილზე, როგორც ცენტრზე, შემოვხაზოთ რკალი $R_1 = nm$ რადიუსით; ამ რკალის მეორე რკალთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ n_1 ასოთი. შევაერთოთ სწორი (კონტურის ხაზის სისქის) ხაზით C და n_1 წერტილები; მივიღებთ საძებნ სწორ ხაზს, რომელიც გადის მოცემულ C წერტილზე და მოცემული l სწორი ხაზის პარალელურია.



ნახ. 45.

III. შ ე ვ ა ს რ უ ლ ო თ ი გ ი ვ ე ა მ ო ც ა ნ ა წ რ ე ხ ა ზ ი ს დ ა ხ მ ა რ ე ბ ი თ. მოცემულია l სწორი ხაზი და წერტილი C (ნახ. 45). ავიღოთ მოცემულ ხაზზე ნებისმიერი წერტილი O. გავშალოთ ფარგალი $R = OC$ რადიუსის გაშლილობით და O წერტილზე, როგორც ცენტრზე, შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, მოცემულ l სწორი ხაზის a და b წერტილში გადაკვეთამდე. გავშალოთ ფარგალი $R_1 = ac$ რადიუსის ტოლად და B წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან შემოვხაზოთ რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. გავატაროთ C და K წერტილებზე სწორი ხაზი, ეს ხაზი იქნება მოცემული ხაზის პარალელური და მოცემულ C წერტილზე გამავალი.

მოცემული დაშორებით, მოცემული სწორი ხაზის პარალელური ხაზის გატარება. მოცემულია l სწორი ხაზი და AB სწორი ხაზის მონაკვეთი (ეს მონაკვეთი შეიძლება მოცემული იყოს რიცხვითი მნიშვნელობით); უნდა გავატაროთ სწორი ხაზი მოცემულ ხაზის პარალელურად და მისგან AB მონაკვეთის ტოლი მანძილის დაშორებით. ამ ამოცანის შესრულება განვიხილოთ ორი ხერხით.



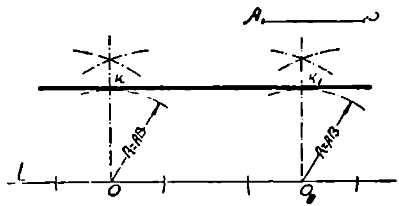
ნახ. 46

I. წ რ ე ხ ა ზ ი ს რ კ ა ლ ე ბ ი ს დ ა ხ მ ა რ ე ბ ი თ. დავნიშნოთ l სწორ ხაზზე ნებისმიერი ორი წერტილი O და O_1 (ნახ. 46).

გავშალოთ ფარგალი მოცემული AB მონაკვეთის ტოლად, $R = AB$ რადიუსით, O და O_1 წერტილებზე, როგორც ცენტრებზე, შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალები. დავადოთ სახაზავი ორივე წრეხაზის რკალებს საერთო მხებად და გავატაროთ სწორი ხაზი. ეს იქნება საძებნი ხაზი, რომელიც პარალელურია მოცემული l სწორი ხაზის და მისგან AB მონაკვეთის ტოლი მანძილითაა დაშორებული.

ეს ხერხი თავისი სიმარტივით სასწრაფოა, მაგრამ არა ზუსტი. მისი არასიზუსტე გამოწვეულია შეხების წერტილის თვალზომით განსაზღვრისაგან.

II. *იგივე ამოცანა ამოვხსნათ მართობების საშუალებით.* მოცემულ l სწორ ხაზზე დავნიშნოთ ორი ნებისმიერი წერტილი O და O_1 (ნახ. 47). როგორც O, ისე O_1 წერტილზე ავმართოთ l სწორი ხაზის მართობები, ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით (იხილეთ ნახ. 34-ზე განხილული მაგალითი — ნებისმიერ წერტილზე მართობის ამართვა). გავშალოთ ფარგალი მოცემულ AB მონაკვეთის ტოლად და, როგორც O, ისე O_1 წერტილიდან შესაბამის მართობებზე მოვზომოთ წერტილები K და K_1. გავატაროთ K და K_1 წერტილებზე სწორი ხაზი, რომელიც იქნება l სწორი ხაზის პარალელური და მისგან AB მონაკვეთის ტოლი მანძილით დაშორებული. ეს ხერხი უფრო ზუსტია, რადგან გარკვეულ ორ წერტილზე გვიხდება სწორი ხაზის გატარება.

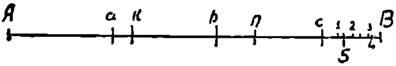


ნახ. 47.

სწორი ხაზის მონაკვეთის დაყოფა ტოლ ნაწილებად

ჩვენს მიერ ადრე განხილული წესით შეიძლება მონაკვეთის გაყოფა: 2; 4; 8; 16; 32 და ა. შ. ტოლ ნაწილებად. ეს ადვილია და გამომდინარეობს მონაკვეთის ორ ტოლ ნაწილად გაყოფიდან. აქ ჩვენ მონაკვეთს რამდენიმეჯერ ვყოფთ ორ ტოლ ნაწილად. მაგრამ პრაქტიკაში ხშირად ვხვდებით მონაკვეთის გაყოფას: 3; 5; 6; 7; 9; 10; 11 და ა. შ. ტოლ ნაწილებად. ასეთ შემთხვევაში მიმართავენ ორ ძირითად ხერხს:

1) მონაკვეთს გამოსახავენ რიცხვითი მნიშვნელობით (გაზომავენ სიგრძეს მილიმეტრებში) და გაყოფენ საჭირო რიცხვზე, 2) გაყოფას აწარმოებენ გრაფიკული წესით.



ნახ. 48.

პირველი მკითხველისათვის ცნობილია გეომეტრიიდან და ამიტომ აქ არ მოგვყავს მისი შესრულების მაგალითები.

განვიხილოთ მეორე ხერხი, ე. ი. *მონაკვეთის დაყოფა გრაფიკულად ნებისმიერი რაოდენობის ტოლ ნაწილებად.* ამ ხერხის განხილვა მოგვიხდება ორი წესით: I. *მონაკვეთის გაყოფა ტოლ ნაწილებად თანდათანობით,* მიახლოებით, *ფარგლით და თვალზომით.* ეს წესი მკითხველისათვის ცნობილია მათემატიკიდან; ამიტომ ჩვენ აქ მოგვყავს ერთი მარტივი მაგალითი.

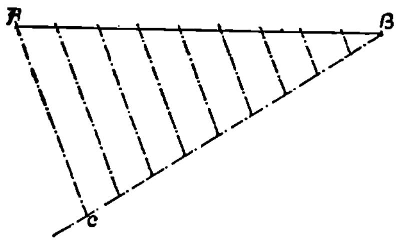
მოცემულია სწორი ხაზის მონაკვეთი AB, რომელიც უნდა გავყოთ 3 ტოლ ნაწილად (ნახ. 48). გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი გაშლილობით, რომელიც თვალზომით AB მონაკვეთის მესამედს უდრის.

A წერტილიდან B წერტილისაკენ გადავზომოთ ამ გაშლილობის ფარგლით სამჯერ Aa=ab=bc; დაგვრჩა cB მონაკვეთი.

გავშალოთ ფარგალი ახლა cB მონაკვეთის ერთი მესამედის ტოლად (თვალზომით) და C წერტილიდან B წერტილისაკენ გადავზომოთ სამჯერ; C—1=1—2=2—3; დაგვრჩა 3—B. გავშალოთ ფარგალი 3—B მონაკვეთის მესამედზე (თვალზომით) და 3 წერტილიდან B წერტილისაკენ გადავზომოთ სამჯერ; ვთქვათ, დაემთხვა B წერტილზე (რაც მცირეა მონაკვეთი, იმდენად ადვილი ასაღებია თვალზომით მისი მესამედი). ეს მცირედი გაშლილობა (რომელიც =3—4 მონაკვეთს) დავუმატოთ C—1 მონაკვეთს და მიღებული C—5 მონაკვეთი კი დავუმატოთ Aa მონაკვეთს; მივიღებთ K წერტილს; $AK=Kn=nB=\frac{1}{3}AB$.

შენიშვნა: თუ თვალზომით აღებული მონაკვეთი მეტია მესამედზე, მაშინ მიმატების ნაცვლად ვაკლებთ.

II. **მონაკვეთის გაყოფა ნებისმიერ ტოლ ნაწილებად დახრილი ხაზის გამოყენებით.** მოცემულია AB მონაკვეთი, რომელიც უნდა გავყოთ 9 ტოლ ნაწილად (ნახ. 49). გავატაროთ B წერტილიდან (ან A წერტილიდან) დამხმარე ნებისმიერად დახრილი სწორი ხაზი. გავშალოთ საზომი ფარგალი ნებისმიერად და B წერტილიდან ამ ხაზზე გადავზომოთ იმდენი მონაკვეთი, რამდენ ტოლ ნაწილადაც ვყოფთ AB-ს (ამ შემთხვევაში 9 ტოლ ნაწილად). უკანასკნელი წერტილი აღვნიშნოთ C ასოთი. შევაერთოთ C წერტილი A წერტილთან სწორი ხაზით. სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით გავატაროთ AC ხაზის პარალელური BC ხაზის დაყოფის ყველა წერტილებიდან, რომლებიც AB მონაკვეთს გაყოფს 9 ტოლ ნაწილად.



ნახ. 49.

კუთხეების აგება

კუთხეების აგება და აგებული კუთხის გაზომვა ხდება კუთხის საზომი იარაღით — ტრანსპორტირით. ხშირია შემთხვევა, როცა საჭირო კუთხის აგება ხდება სამკუთხედების ან ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით.

პირველ შემთხვევას, ე. ი. ნებისმიერი სიდიდის კუთხის აგებას და აგებული კუთხის გაზომვას ტრანსპორტირის საშუალებით, ჩვენ აქ არ განვიხილავთ, რადგან იგი მკითხველმა კარგად იცის მათემატიკიდან; ამავე დროს ის ჩანს მე-16 ნახაზიდან, სადაც ცენტრზე გამავალი სწორი ხაზი უნდა დავამთხვიოთ გასაზომავი ან ასაგები კუთხის გვერდს ისე, რომ ტრანსპორტირის ცენტრი დაემთხვეს კუთხის წვეროს. კუთხის გაზომვის დროს კუთხის მეორე გვერდი თვითონ გვიჩვენებს გრადუსების აღმნიშვნელ რკალზე კუთხის სიდიდესა და კუთ-

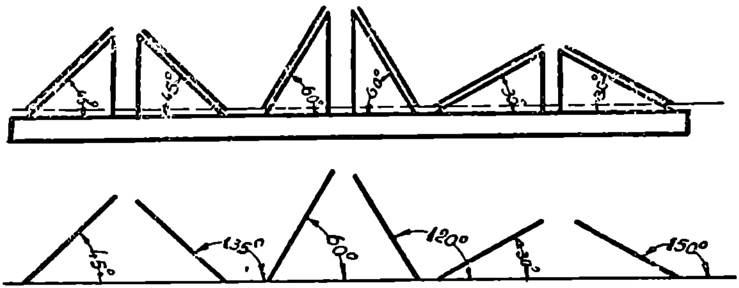
ხის აგების დროს—ამ რკალზე აღნიშნული გრადუსების მიხედვით დავნიშნავთ საჭირო რიცხვის გასწვრივ წერტილს, რომელსაც შევაერთებთ ასაგები კუთხის წვეროსთან და მივიღებთ საჭირო კუთხეს.

ზოგიერთი კუთხის აგება უტრანსპორტიროდ

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა ზოგიერთი კუთხის აგება ხდება სამკუთხედებით ან ფარგლითა და სახაზავით; ამ შემთხვევებს ჩვენ განსაკუთრებულ ყურადღებას ვაქცევთ, იმიტომ რომ ისინი თავისი სიმარტივით ძალიან ხშირად გამოიყენება პრაქტიკაში.

სამკუთხედებით და სახაზავით ზოგიერთი კუთხის აგება

50-ე ნახაზზე გამოხაზულია: 45°-ანი, 135°-ანი, 60° ანი, 120°-ანი 30°-ანი და 150°-ანი კუთხის აგების მაგალითები. ამ ნახაზზე შესრულებული მოქმედება თვით



ნახ. 50.

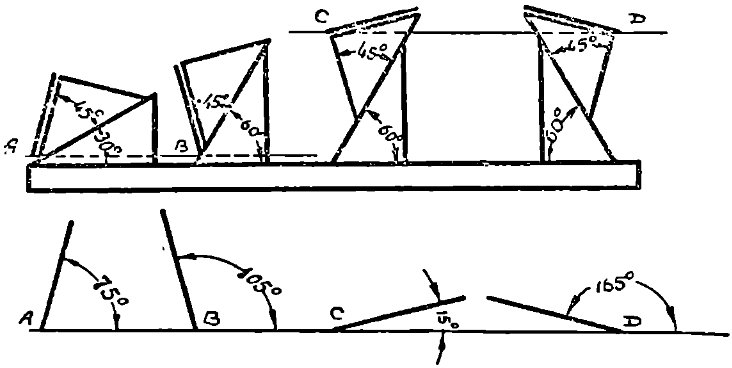
ნახაზიდანაც ნათელია და ამიტომ მისი შესრულების დეტალური ახსნა-განმარტება აქ ჩვენ არ მოგვყავს; ვიძლევით მხოლოდ შემდეგ მითითებას.

მოცემულ სწორ ხაზზე ან ჩვენს მიერ გავლებულ სწორ ხაზზე აღებულ წერტილზე კუთხის ასაგებად სახაზავი ამ ხაზზე არ უნდა დავამთხვიოთ, არამედ ის უნდა იყოს მისი პარალელური და მისგან 5—10 მილიმეტრით დაშორებული (ეს საჭიროა იმისათვის, რომ წერტილზე ხაზის გავლება უშუალოდ სამკუთხედის წვეროდან ძნელია). ამ მოქმედებას შევასრულებთ შემდეგნაირად: სამკუთხედს საჭირო გვერდით (ნახ. 50) დავამთხვევთ მოცემულ ხაზს და მეორე გვერდზე მივადებთ სახაზავს, რომელსაც დავამაგრებთ მარჯვენა ხელით; სამკუთხედს დავასრიალებთ საჭირო მიმართულებით ისე, რომ მოცემულ ხაზზე დამთხვეული გვერდი გადაადგილდეს ამ ხაზის პარალელურად და მისგან 5—10 მილიმეტრით დაშორებით (5 — 10 მმ განისაზღვრება თვალზომით, მიახლოებით); დავამაგრებთ სამკუთხედს და სახაზავს გადმოვიტანთ იმ გვერდზე, რომელიც მოცემული ხაზის პარალელურია და მასზე ზუსტად დამთხვეულს დავამაგრებთ მარცხენა ხელით; გავანთავისუფლებთ სამკუთხედს და გავასრიალებთ მას მოცემულ წერტილზე საჭირო გვერდის დამთხვევამდე,

დავამაგრებთ სამკუთხედს სახაზავთან ერთად უძრავად და მოცემულ წერტილზე გავლით გავატარებთ სწორ ხაზს, რომელიც მოგვცემს საჭირო კუთხეს.

მკითხველს ვთხოვთ ამ წესით შეასრულოს ყველა კუთხეების აგება, რომელიც განხილულია 50-ე ნახაზზე.

51-ე ნახაზზე შესრულებულია ორი სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით ზოგიერთი კუთხის აგება: 75°-ანი; 105°-ანი; 15°-ანი და 165°-ანი. ამ შემთხვევაში ვიქცევით შემდეგნაირად: ასაგები კუთხის სიდიდის მიხედვით შევარჩევთ სამკუთხედის ისეთ კუთხეებს, რომელთა ჯამი იძლეოდეს ასაგები კუთხის სიდიდეს. მაგ. (ნახ. 51), A წერტილზე უნდა ავაგოთ 75°-ანი კუთხე; ვირჩევთ სამკუთხედის 45°-ან კუთხეს და ჰიპოტენუზაზე ვამთხვევთ მეორე სამკუთხედს 30°-ანი წვეროთი ისე, რომ 30°-ანი კუთხე მოხვდეს 45°-ან კუთხესთან. ასე შეერთებულ ორივე სამკუთხედს ერთად გადავაადგილებთ, ვიდრე 45°-ანი სამკუთხედის კათეტი მოცემულ ხაზს არ დაემთხვევა; დავამაგრებთ მას მარცხენა ხელით და მეორე კათეტზე მივადებთ სახაზავს; სახაზავს



ნახ. 51.

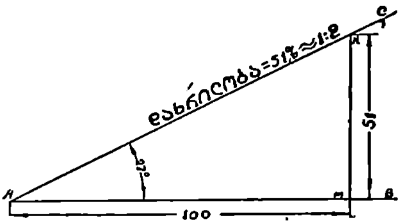
დავამაგრებთ მარჯვენა ხელით და სამკუთხედებს დავასრიალებთ სახაზავზე, ვიდრე მოცემულ ხაზზე დამთხვეული კათეტი არ გადაადგილდება საჭირო მიმართულებით, მოცემული ხაზიდან 5—10 მილიმეტრის დაშორებით. სამკუთხედებს დავამაგრებთ მარცხენა ხელით, სახაზავს კი გავანთავისუფლებთ; გადმოვიტანთ მას და დავამთხვევთ მოცემული ხაზის პარალელურ კათეტზე; დავამაგრებთ სახაზავს მარცხენა ხელით, სამკუთხედებს კი გავანთავისუფლებთ და გავასრიალებთ სახაზავზე, ვიდრე მეორე სამკუთხედის გვერდი არ დაემთხვევა მოცემულ ხაზზე დანიშნულ A წერტილს (სამკუთხედებს გავასრიალებთ სახაზავზე ერთად ორივეს და შემდეგ კი დაზუსტების დროს 45°-ან სამკუთხედის ჰიპოტენუზაზე, გავასრიალებთ მეორე სამკუთხედს); დავამაგრებთ სამკუთხედებს მარცხენა ხელით და A წერტილზე გავლით გავატარებთ სწორ ხაზს, რომელიც მოგვცემს 75°-ან კუთხეს. დანარჩენი კუთხეების აგება ხდება ანალოგიურად, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ 51-ე ნახაზზე B წერტილზე

აგებულია 105°-ანი კუთხე და ამის მიხედვით შერჩეულია ორი სამკუთხედი, 60°-ანი და 45°-ანი კუთხეებით ერთიმეორეზე დამთხვეული. ამავე ნახაზის C წერტილზე აგებულია 15°-იანი კუთხე, რისთვისაც აღებულია ორი სამკუთხედი, ერთიმეორეზე დამთხვეული 45° და 60°-იანი კუთხეებით, მაშინ მეორე კათეტი მოცემულ ხაზთან იძლევა 15°-ან კუთხეს.

იმავე ნახაზის D წერტილზე აგებულია 165°-ანი კუთხე, რომლის აგება ხდება იმავე წესით, რაც C წერტილზე შევასრულეთ, მხოლოდ სამკუთხედები მობრუნებულია მეორე მხარეს (ეს შეიძლებოდა იგივე დარჩენილიყო, რაც C წერტილზე და კუთხის ათვლა გვეწარმოებია მეორე მხარეს, ე. ი. 180°—15° = 165°).

ნებისმიერი კუთხის აგება დახრილობის გამოყენებით

ნებისმიერი სიდიდის კუთხის აგება, ან აგებული კუთხის გაზომვა შეიძლება დახრილობის გამოყენებით. სანამ ამ მაგალითს გადავწყვეტდეთ, მოკლედ განვიხილოთ, რ ა ს ნ ი შ ნ ა ვ ს დ ა ხ რ ი ლ ო ბ ა? ერთი სწორი ხაზის დახრა მეორე სწორის მიმართ არის დახრილობა, რომელიც შეიძლება მოცემული იქნეს (ან განისაზღვროს) ამ ორ ხაზს შორის მოთავსებული კუთხით (რომელიც 0°-დან იცვლება 90°-დე), ან ამ კუთხის გვერდებზე შეგვიძლია ავაგოთ მართკუთხა სამკუთხედი, სადაც ერთი ხაზი იქნება ერთ-ერთი კათეტი და მეორე ხაზი (რომლის დახრილობას ვეძებთ) კი ჰიპოტენუზა, დახრილობის განმსაზღვრელი კუთხე შეიძლება გამოისახოს ამ კუთხის პირდაპირ მდებარე კათეტის შეფარდებით მასთან მდებარე კათეტთან.



ნახ. 52.

ეს შეფარდება ანუ დ ა ხ რ ი ლ ო ბ ა შეიძლება განისაზღვროს: 1) უბრალო ფარდობით — 1 : 2; 1:6; 1:10 და ა. შ; 2) გრადუსებში—1°, 2°; 3° და ა. შ. 90°-დე; 3) პროცენტებში 1,7%; 3,5%; 7%; და ა. შ.

52-ე ნახაზზე განხილულია მაგალითი, როცა მოცემულია AB სწორი ხაზი და მის მიმართ გარკვეული დახრილობის მქონე AC სწორი ხაზი. გამოვარკვიოთ AC ხაზის დახრილობა AB ხაზის მიმართ. გადავზომოთ AB ხაზზე 100 მილიმეტრი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ M ასოთი. M წერტილიდან ავმართოთ AB-ს მართობული სწორი ხაზი, რომლის AC ხაზთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ K ასოთი.

განვიხილოთ მართკუთხა სამკუთხედი AMK; გაზომვის საფუძველზე მივიღებთ, რომ MK = 51 მილიმეტრს. AM ჩვენი გადაზომვის თანახმად = 100 მილიმეტრს. ჩვენ მიერ განმარტებული დახრილობის მიხედვით AC ხაზის დახრილობა იქნება

$\frac{MK}{AM}=\frac{51}{100}\approx 1:2$; აქედან შეიძლება დავწეროთ $\operatorname{tg}(\measuredangle KAM)=\frac{MK}{AM}=\frac{51}{100}$;

განვსაზღვრავთ $\measuredangle KAM$, მივიღებთ $\measuredangle KAM=27^\circ$, ე. ი. AC ხაზის დახრილობა შეიძლება გამოისახოს:

$$1)\ \frac{51}{100};\ 2)\ 27^\circ \text{ და } 3)\ 51\%.$$

ზემო აღნიშნული მოკლე განმარტების საფუძველზე შეგვიძლია შევადგინოთ შემდეგი ცხრილი.

ცხრილი 3.

კუთხე (°)	კათეტების შეფარდება	დახრილობა %	კუთხე (°)	კათეტების შეფარდება	დახრილობა %	კუთხე (°)	კათეტების შეფარდება	დახრილობა %
1	1,7/100	1,7	16	28,7/100	28,7	31	60,1/100	60,1
2	3,5/100	3,5	17	30,6/100	30,6	32	62,5/100	62,5
3	5,2/100	5,2	18	32,5/100	32,5	33	64,9/100	64,9
4	7,0/100	7,0	19	34,4/100	34,4	34	67,5/100	67,5
5	8,7/100	8,7	20	36,4/100	36,4	35	70,0/100	70,0
6	10,5/100	10,5	21	38,4/100	38,4	36	72,7/100	72,7
7	12,3/100	12,3	22	40,4/100	40,4	37	75,4/100	75,4
8	14,1/100	14,1	23	42,4/100	42,4	38	78,1/100	78,1
9	15,8/100	15,8	24	44,5/100	44,5	39	81,0/100	81,0
10	17,6/100	17,6	25	46,6/100	46,6	40	83,9/100	83,9
11	19,4/100	19,4	26	48,8/100	48,8	41	86,9/100	86,9
12	21,3/100	21,3	27	51,0/100	51,0	42	90/100	90,0
13	23,1/100	23,1	28	53,2/100	53,2	43	93,3/100	93,3
14	24,9/100	24,9	29	55,4/100	55,4	44	96,6/100	96,6
15	26,8/100	26,8	30	57,7/100	57,7	45	100/100	100

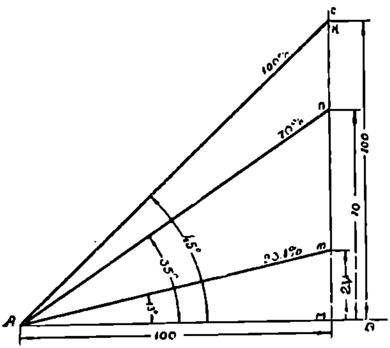
ამ ცხრილის ხმარების წესს ჩვენ კონკრეტული მაგალითების განხილვის დროს წარმოვუდგენთ მკითხველს, მხოლოდ აქ განვმარტავთ, რომ კათეტების შეფარდებათა რიცხვი არის: მრიცხველი ერთი კათეტის სიდიდე და მნიშვნელი კი მეორე კათეტის (რომლის მიმართ იზომება დახრილი ხაზის დახრილობა) სიდიდე.

ცხრილი 3-ის დახმარებით სხვადასხვა სიდიდის კუთხის აგება. გავატაროთ AB სწორი ხაზი (ნახ. 53), A წერტილიდან B წერტილისაკენ გადავზომოთ 100 მილიმეტრი. მიღებულ M წერტილიდან ავმართოთ AB ხაზის მართობული MC სწორი ხაზი. განვიხილოთ მაგალითები: ვთქვათ, საჭიროა A წერტილთან ავაგოთ: 13°; 35° და 45°-ანი კუთხეები. ცხრილი 3-დან ამოვწეროთ: 13°-ს გასწვრივ კათეტების შეფარდებიდან მრიცხველი — 23,1, 35°-ს გასწვრივ — 70,0 და 45°-ს გასწვრივ 100. MC ხაზზე M წერტილიდან გადავზომოთ 23,1 მილიმეტრი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ m ასოთი; M წერტილი შევაერთოთ სწორი ხაზით A წერტილთან და მივიღებთ

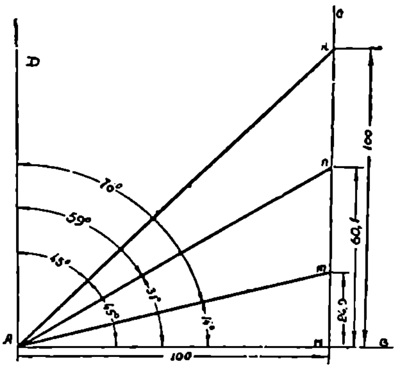
MAm=13°-ს. MC ხაზზე M წერტილიდან გადავზომოთ 70 მილიმეტრი, მივიღებთ n წერტილს, n წერტილი სწორი ხაზით შევაერთოთ A წერტილთან, მივიღებთ კუთხე MAC=35°-ს.

MC ხაზზე M წერტილიდან გადავზომოთ 100 მილიმეტრი და მიღებული K წერტილი სწორი ხაზით შევაერთოთ A წერტილთან, მივიღებთ ∢MAK=45°-ს. ასეთივე წესით შეიძლება აგებული იქნას ნებისმიერი სიდიდის ყოველი კუთხე 45°-დე. 45°-ს ზევით 90°-დე ჩვენ გამოვიყენებთ იმავე წესს, მაგრამ ავაგებთ საძებნი კუთხის 90°-დე დამატებით კუთხეს. 54-ე ნახაზზე განხილულია 45°-ზე მეტი კუთხის აგება 90°-დე.

გავატაროთ AB სწორი ხაზი (ნახ. 54), A წერტილზე ავმართოთ AB ხაზის მართობული AD სწორი ხაზი, რომლის მიმართ გაიზომება დახრილობა, ე. ი. კუთხეები გრადუსებში; A წერტილიდან B წერტილისაკენ გადავზომოთ 100 მილიმეტრი და მიღებულ M წერტილიდან ავმართოთ AB ხაზის მართობული MC სწორი ხაზი.



ნახ. 53.



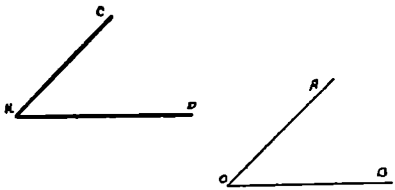
ნახ. 54.

განვიხილოთ ნებისმიერი კუთხეების აგება, რომლებიც მეტია 45°-ზე. 45°-ან კუთხეს ავაგებთ 53-ე ნახაზზე განხილული წესით. ავაგოთ 59°-ანი კუთხე (ნახ. 54), რისთვისაც 90°—59°=31°; მიღებული 31°-ანი კუთხის ასაგებად გამოვიყენოთ განხილული წესი ე. ი. 31°-ს გასწვრივ ცხრილი 3-დან ამოვწეროთ კათეტების შეფარდების მრიცხველი — 60,1 მილიმეტრი; გადავზომოთ M წერტილიდან C წერტილისაკენ 60,1 მილიმეტრი და მიღებული n წერტილი შევაერთოთ სწორი ხაზით A წერტილთან, მიღებული ∢DAn=59°.

76°-ანი კუთხის ასაგებად მოვნახოთ 90°-დე შემავსებელი კუთხე ე. ი. 90°—76°=14°. ავაგოთ ეს კუთხე, რისთვისაც M წერტილიდან MC ხაზზე გადავზომოთ 14°-ს გასწვრივ აწოწერილი (ცხრილი 3) კათეტების შეფარდების მრიცხველი 24,9 მილიმეტრით და მიღებული M წერტილი შევაერთოთ A წერტილთან; მიღებული ∢DAM=76°-ს.

მოცემული კუთხის ტოლი კუთხის აგება სამკუთხედისა და სახაზავის დახმარებით

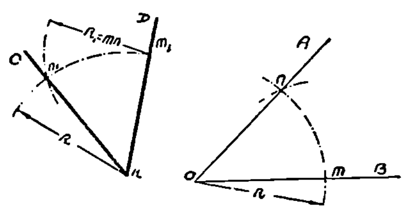
მოცემულია კუთხე AOB, K წერტილში უნდა ავაგოთ ამ კუთხის ტოლი კუთხე (ნახ. 55). დავამთხვიოთ სამკუთხედის ერთი კათეტი OB გვერდს, დავამაგროთ ის მარცხენა ხელით; მივადგათ სახაზავი ჰიპოტენუზას და ის დავამაგროთ მარჯვენა ხელით; სამკუთხედი გავასრიალოთ სახაზავზე, ვიდრე იგივე კათეტი მოცემულ K წერტილზე არ გაივლის; სამკუთხედი დავამაგროთ მარცხენა ხელით და გავატაროთ K წერტილიდან იმავე კათეტზე სწორი ხაზი (სწორი ხაზის გატარება ხდება O-დან B-ს მიმართულებით); სამკუთხედის ერთ-ერთი კათეტი დავამთხვიოთ OA გვერდს და ჰიპოტენუზაზე ან მეორე კათეტზე (რომელსაც ირჩევს მხაზველი იმისდა მიხედვით, თუ საით უნდა გადაადგილდეს სამკუთხედი) მივადოთ სახაზავი, რომელიც დავამაგროთ მარცხენა ხელით; გავასრიალოთ სამკუთხედი სახაზავზე, ვიდრე იგივე კათეტი K წერტილს არ დაემთხვევა; დავამაგროთ სამკუთხედი მარცხენა ხელით და K წერტილიდან იმავე კათეტზე გავატაროთ სწორი ხაზი (O-დან A წერტილის მიმართულებით); მივიღებთ CKD კუთხეს, რომელიც AOB კუთხის ტოლია (როგორც ერთ მხრივ მიმართული პარალელურ გვერდებიანი კუთხეები).



ნახ. 55.

მოცემული კუთხის ტოლი კუთხის აგება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით

მოცემულია კუთხე AOB და წერტილი K; საჭიროა K წერტილზე ავაგოთ ამ კუთხის ტოლი კუთხე (ნახ. 56). K წერტილზე გავავლოთ ნებისმიერი მიმართულების KD სწორი ხაზი; O წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან შემოვხაზოთ ნებისმიერი R რადიუსით რკალი მოცემული კუთხის გვერდების გადაკვეთამდე; რკალისა და კუთხის გვერდების გადაკვეთა აღვნიშნოთ m და n ასოებით. K წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ იმავე R რადიუსით რკალი KD ხაზის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ m_1 ასოთი. m_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ $R_1 = mn$ რადიუსით რკალი, რომლის პირველ რკალთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ n_1 ასოთი.



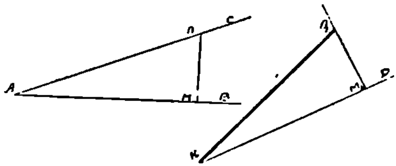
ნახ. 56.

გავატაროთ K და n_1 წერტილებზე KC სწორი ხაზი, რომელიც მოგვცემს $\measuredangle CKD = \measuredangle AOB$ (როგორც თანატოლ რკალიანი ცენტრალური კუთხეები).

მოცემული კუთხის ტოლი კუთხის აგება დახრილობის გამოყენებით

მოცემულია კუთხე $\measuredangle BAC$ და KD სწორი ხაზი (ან შეიძლება მოცემული იყოს მარტო წერტილი), უნდა ავაგოთ K წერტილზე BAC კუთხის ტოლი კუთხე.

AB გვერდზე A წერტილიდან გადავზომოთ ნებისმიერი სიდიდის AM მონაკვეთი (ნახ. 57), ამავე სიდიდის მონაკვეთი გადავზომოთ მოცემულ KD სწორ ხაზზე K წერტილიდან, $KM_1 = AM$. M წერტილზე ავმართოთ AB გვერდის მართობი AC გვერდის გადაკვეთამდე, გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ n ასოთი. M_1 წერტილზედაც ავმართოთ KD ხაზის მართობული სწორი ხაზი და ამ ხაზზე M_1 წერტილიდან გადავზომოთ Mn მონაკვეთის ტოლი; მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ n_1 ასოთი; n_1 წერტილი შევუერთოთ K წერტილს სწორი ხაზით. მივიღებთ $\measuredangle DKn_1 = \measuredangle BAC$; როგორც $AM = KM_1$, $Mn = M_1n_1$ (აგების თანახმად); $\frac{Mn}{AM} = An$ გვერდის დახრილობას AB ხაზის მიმართ;



ნახ. 57.

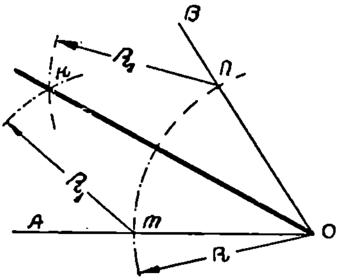
$\frac{M_1n_1}{KM_1} = Kn_1$ გვერდის დახრილობას KD ხაზის მიმართ. ამ ტოლობათა მარცხენა მხარეების ტოლობის საფუძველზე მარჯვენა მხარეებიც ტოლნი არიან, ე. ი. An გვერდის დახრილობა $= Kn_1$ გვერდის დახრილობას, ამიტომ ჩვენს მიერ განმარტებული დახრილობის საფუძველზე (თუ დახრილობა ტოლია, ეს იმას ნიშნავს, რომ დახრილობის მაჩვენებელი კუთხეებიც ტოლია) კუთხეები BAC და M_1Kn_1 ტოლნი იქნება.

კუთხეების გაყოფა ტოლ ნაწილებად

კუთხის ტოლ ნაწილებად გაყოფა შეიძლება: 1) სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით, 2) ტრანსპორტირის საშუალებით და 3) ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით. რადგან პირველი ხერხით კუთხის გაყოფა პრაქტიკულად ნაკლებად ხდება, ამავე დროს მეორე ხერხით, ე. ი. ტრანსპორტირით, კუთხის გაყოფა მკითხველისათვის გეომეტრიიდან ცნობილია და ის რიცხობრივ გაყოფაზე დაიყვანება, რომელიც ხშირად იძლევა არა მთელ რიცხვებს, რომლის ტრანსპორტირზე ათვლა ზოგჯერ შეუძლებელიც ხდება, ამიტომ ჩვენ აქ განვიხილავთ კუთხის გაყოფის მაგალითებს მხოლოდ ფარგლისა და სახაზავის დახმარებით.

კუთხის გაყოფა ორ ტოლ ნაწილად ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით

მოცემულია კუთხე AOB, რომელიც უნდა გაიყოს ორ ტოლ ნაწილად (ნახ. 58); O წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ R ნებისმიერი რადიუსით წრეხაზის რკალი მოცემული კუთხის გვერდების m და n წერტილებზე გადაკვეთამდე. შემოვხაზოთ რკალები, როგორც m ისე n წერტილიდან R_1 ნებისმიერი რადიუსით ურთიერთ გადაკვეთამდე; ამ რკალების გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. K და O წერტილზე გავატაროთ სწორი ხაზი, რომელიც მოცემულ AOB კუთხეს გაყოფს ორ ტოლ ნაწილად $\angle AOK = \angle BOK$; ამ წესით გაიყოფა ორ ტოლ ნაწილად, როგორც ბლაგვი, ისე მართი კუთხეც.

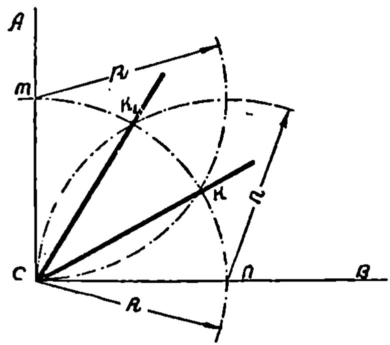


ნახ. 58.

ეს წესი მკითხველისათვის მათემატიკიდან ცნობილია, როგორც მოცემული კუთხის ბისექტრისის პოვნა.

მართი კუთხის სამ ტოლ ნაწილად გაყოფა ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით

მოცემულია ACB მართი კუთხე, რომელიც უნდა გავყოთ სამ ტოლ ნაწილად. C წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან ნებისმიერი R რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი მოცემული კუთხის გვერდების გადაკვეთამდე; რკალისა და მოცემული კუთხის გვერდების გადაკვეთა აღვნიშნოთ m და n ასოებით (ნახ. 59). როგორც m, ისე n წერტილზე, იმავე R რადიუსით შემოვხაზოთ რკალები. ამ რკალების პირველ რკალთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ K და K_1 ასოებით.

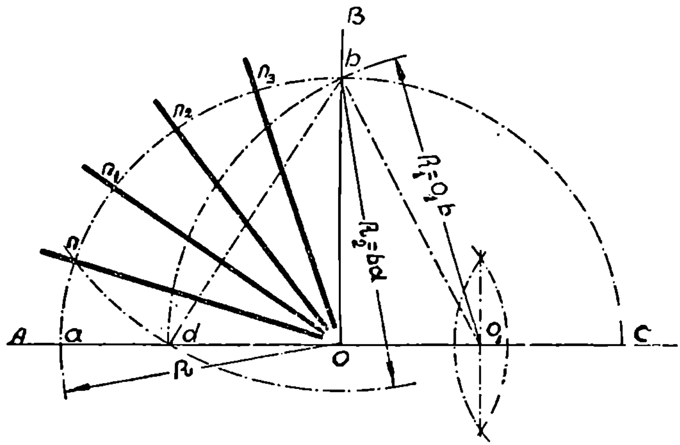


ნახ. 59.

გავატაროთ C წერტილიდან სწორი ხაზები CK და CK_1, რომლებიც მოცემულ მართკუთხედს გაყოფს სამ ტოლ ნაწილად. ეს წესი გამოიყენება მხოლოდ სწორი კუთხისათვის და მას პრაქტიკულად დიდი გამოყენება აქვს (წრეხაზის 12 ტოლ ნაწილად დაყოფა, 30°-ანი კუთხის აგება და სხვ.).

მართი კუთხის ხუთ ტოლ ნაწილად გაყოფა ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით

მოცემულია AOB მართი კუთხე, რომელიც უნდა გაიყოს ხუთ ტოლ ნაწილად. გავაგრძელოთ AO კათეტი სწორი ხაზით (ნახ. 60); O წერტილზე, როგორც ცენტრზე, შემოვხაზოთ ნებისმიერი R რადიუსით წრეხაზის რკალი, რომლის გადაკვეთა AO სწორ ხაზთან ავღნიშნოთ მარცხნით — a ასოთი, მარჯვნით — c ასოთი და OB კათეტთან კი — b ასოთი. ვიპოვოთ OC მონაკვეთის O_1 შუა წერტილი; O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $R_1 = O_1B$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი AO გვერდის d წერტილზე გადაკვეთამდე. B წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $R_2 = bd$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი abc რკალის გადაკვეთამდე. ამ რკალების გადაკვეთის წერტილი ავღნიშნოთ n ასოთი.



ნახ. 60.

გავშალოთ ფარგალი an რკალის ტოლად და a წერტილიდან ab რკალზე მოვზომოთ an რკალის ტოლი რკალები, რომელთა ბოლოები ავღნიშნოთ n_1; n_2 და n_3 წერტილებით. an რკალი ab რკალზე მოიზომება ხუთჯერ. მიღებულ n, n_1, n_2 და n_3 წერტილებზე O წერტილიდან გავატაროთ სწორი ხაზები, რომლებიც მოცემულ AOB მართკუთხეს გაყოფს ხუთ ტოლ ნაწილად,

$\angle aon = \angle non_1 = \angle n_1on_2 = \angle n_2on_3 = \angle n_3ob = \frac{\angle AOB}{5}$. ეს წესი გამოდგება მხოლოდ მართი კუთხისათვის. საერთოდ ნებისმიერი სიდიდის კუთხის ნებისმიერ ტოლ ნაწილებად დაყოფას აწარმოებენ ამ კუთხის შესაბამი რკალის ნებისმიერ ტოლ ნაწილად დაყოფის საშუალებით. რკალის ნებისმიერი რიცხვით ტოლ ნაწილებად დაყოფა ხდება მიახლოებით, თანდათანობით, რომელიც ჩვენს მიერ განხილულ, მონაკვეთის მიახლოებით, ტოლ ნაწილებად დაყოფის წესით სრულდება.

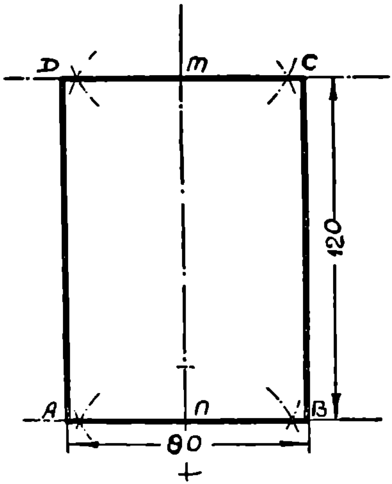
გეომეტრიული ნაკვეთების გამოხაზვა გვერდებისა და კუთხეების მოცემული რიცხვითი სიდიდეების მიხედვით

გეომეტრიული ნაკვეთების გამოხაზვას ჩვენ განვიხილავთ როგორც სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით, ისე ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით. სიმეტრიული გეომეტრიული ნაკვეთების აგება შეიძლება სიმეტრიულობის თვისებების გამოყენებით და ამ თვისებათა გამოუყენებლადაც.

ვინაიდან სიმეტრიის ღერძის (სიმეტრიის ხაზის) გამოყენებას გეგმილურ და ტექნიკურ ხაზვაში დიდი მნიშვნელობა აქვს, ამიტომ ჩვენც პირველად განვიხილავთ მაგალითებს სიმეტრიის თვისებათა გამოყენებით და შემდეგ კი ჩვეულებრივ საერთო წესით.

მართკუთხედის გამოხაზვა მოცემული გვერდების მიხედვით

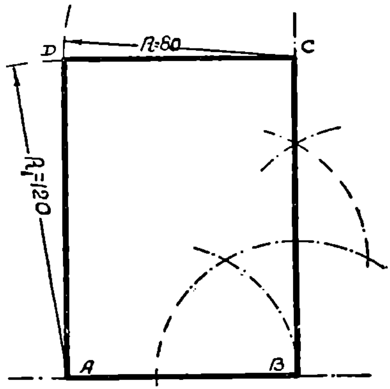
ავაგოთ ისეთი მართკუთხედი, რომლის სიგრძე=120 მილიმეტრს და სიგანე=80 მილიმეტრს. ამ შემთხვევაში გამოვიყენოთ მართკუთხედის სიმეტრიულობა. გავავლოთ შვეულად სიმეტრიის ღერძი; ავიღოთ ნებისმიერად ამ ღერძზე m წერტილი (ნახ. 61); გავშალოთ ფარგალი 120 მილიმეტრზე, გადავზომოთ m წერტილიდან ქვემოთ და დავნიშნოთ n წერტილი. გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი რადიუსით, შემოვხაზოთ რკალები, როგორც m, ისე n წერტილების ორივე მხარეს, მიღებული წერტილები აღვნიშნოთ (ნახაზზე ასოებს არ დავაწერთ, ვინაიდან ვიხილავთ მკითხველისათვის კარგად ცნობულ — ნებისმიერ წერტილზე მართობული სწორი ხაზის გავლებას). ამ წერტილებიდან ნებისმიერი რადიუსით შემოხაზული რკალების გადაკვეთის წერტილებზე გავატარებთ m და n წერტილებზე გამავალ ღერძის ხაზის მართობულ ხაზებს (ეს ხაზები ურთიერთ პარალელურები იქნებიან, როგორც ერთი და იგივე სწორი ხაზის მართობები).



ნახ. 61.

გავშალოთ საზომი ფარგალი 40 მილიმეტრზე და როგორც m წერტილიდან, ისე n წერტილიდან მოვზომოთ მარცხნივ და მარჯვნივ წერტილები; მიღებული წერტილები აღვნიშნოთ, A,B,C და D ასოებით. მიღებული A,B,C,D წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზებით; მივიღებთ ABCD ოთხკუთხედს, რომელიც არის საძებნი მართკუთხედი, მისი გვერდები გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქით.

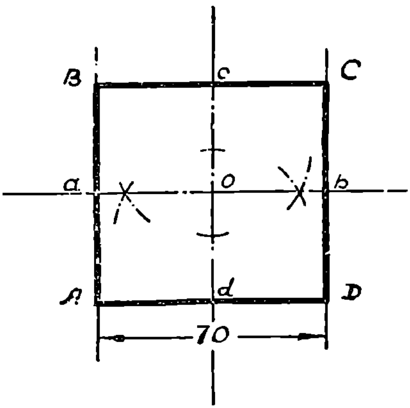
იგივე ამოცანა შევასრულოთ სიმეტრიის თვისებების გამოუყენებლად. გავატაროთ სწორი ხაზი და ამ ხაზზე ავიღოთ ნებისმიერი A წერტილი (ნახ. 62). A წერტილიდან მარჯვნივ მოვზომოთ 80 მილიმეტრი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ B ასოთი. B წერტილზე, როგორც მონაკვეთის ბოლო წერტილზე (ცნობილი ერთ-ერთი ხერხით), ავმართოთ AB მონაკვეთის მართობული სწორი ხაზი; ამ ხაზზე B წერტილიდან გადავზომოთ 120 მილიმეტრი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ C ასოთი. გავშალოთ ფარგალი $R=80$ მილიმეტრი რადიუსით და C წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალი; გავშალოთ ფარგალი $R_1=120$ მილიმეტრი რადიუსით და A წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე; ამ რკალების გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ D ასოთი. D წერტილი შევაერთოთ სწორი ხაზით, როგორც A ისე B წერტილთან; მივიღებთ ABCD ოთხკუთხედს, რომელიც არის საძებნი მართკუთხედი; მიღებული ABCD მართკუთხედის გვერდები გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქით.



ნახ. 62.

კვადრატის გამოხაზვა მოცემული გვერდის მიხედვით

ამ შემთხვევაში კვადრატის აგება ისეთივე წესით ხდება, როგორც მართკუთხედის, მაგრამ იმ განსხვავებით, რომ კვადრატის გვერდები, როგორც ცნობილია, ურთიერთ თანატოლია. აქ ჩვენ განვიხილავთ კვადრატის აგებას მისი სიმეტრიულობის თვისებების გამოყენებით. ავაგოთ კვადრატი, როცა მისი გვერდი=70 მილიმეტრს. ვიცით, რომ კვადრატი სიმეტრიულია როგორც შვეული, ისე ჰორიზონტალური ღერძის მიმართ; ამიტომ ეს ამოცანა შეგვიძლია შევასრულოთ ორი ურთიერთ მართობული ღერძის საშუალებით. გავავლოთ ურთიერთ მართობული სიმეტრიის ხაზები (ნახ. 63). ამ ხაზების გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ O ასოთი; O წერტილიდან მოვზომოთ მონაკვეთები:



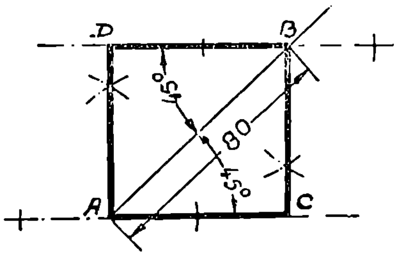
ნახ. 63.

oa=ob=oc=od=35 მილიმეტრი. მიღებულ a და b წერტილებზე გავატაროთ cd მონაკვეთის პარალელური AB და CD სწორი ხაზები; c და d წერტილებზე გავატაროთ ab მონაკვეთის პარალელური BC და AD მონაკვეთები. მივიღებთ ABCD ოთხკუთხედს, რომელიც არის საძიებელი კვადრატი; ABCD კვადრატის გვერდები გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქით.

ასეთივე წესით აიგებოდა განხილული მართკუთხედი (ნახ. 61), ან ისეთივე წესით შეგვეძლო აგვეგო ეს კვადრატი, როგორც მართკუთხედები ავაგეთ. ამ მაგალითის შესრულებას სიმეტრიის თვისებათა გამოუყენებლად ვანდობთ მკითხველს.

კვადრატის გამოხაზვა მოცემული დიაგონალის მიხედვით

ავაგოთ კვადრატი, როცა მისი დიაგონალი=80 მილიმეტრს. გავატაროთ სწორი ხაზი (ჰორიზონტალურად) და ავიღოთ მასზე A წერტილი (ნახ. 64). 45°-ანი სამკუთხედი კათეტით დავამთხვიოთ ამ სწორ ხაზზე ისე, რომ მახვილი კუთხის წვერო მოხვდეს A წერტილზე. A წერტილიდან ჰიპოტენუზაზე გავატაროთ სწორი ხაზი; გავშალოთ საზომი ფარგალი 80 მილიმეტრზე და A წერტილიდან გადავზომოთ დახრილ ხაზზე; მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ B ასოთი. დავამთხვიოთ 45°-ანი სამკუთხედი ჰიპოტენუზით ამ დახრილ ხაზზე ისე, რომ მახვილი კუთხის წვერო მოხვდეს B წერტილზე და კათეტი დადგეს პირველად გატარებული ხაზის პარალელურად, რომელზედაც B წერტილიდან გავატაროთ სწორი ხაზი.



ნახ. 64.

A წერტილიდან ავმართოთ, B წერტილზე გამავალი ჰორიზონტალური ხაზის მართობული სწორი ხაზი, რომელთა გადაკვეთა აღვნიშნოთ D ასოთი; B წერტილიდან ავმართოთ A წერტილზე გამავალი ჰორიზონტალური სწორი ხაზის მართობული სწორი ხაზი, რომლის გადაკვეთა აღვნიშნოთ C ასოთი. მივიღებთ ADBC ოთხკუთხედს, რომელიც არის საძებნი კვადრატი. მიღებული კვადრატის გვერდები გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქით.

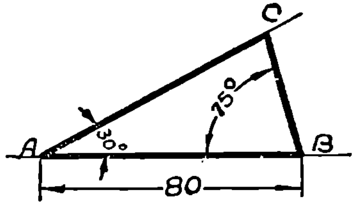
სამკუთხედების გამოხაზვა

სამკუთხედის გამოხაზვა შეიძლება სხვადასხვა ხერხით, რომელიც დამოკიდებულია მოცემულ სიდიდეთა რაოდენობაზე და შინაარსზე; ამიტომ ჩვენ აქ განვიხილავთ მხოლოდ სამ ზოგად შემთხვევას.

1. *სამკუთხედის გამოხაზვა მოცემული ერთი გვერდით და მასთან მდებარე ორი კუთხით.*

ავაგოთ ისეთი სამკუთხედი, რომლის გვერდი=80 მილიმეტრს, მასთან მდებარე კუთხეები კი: — ერთი=30°-ს და მეორე=75°-ს (ეს კუთხეები ისე

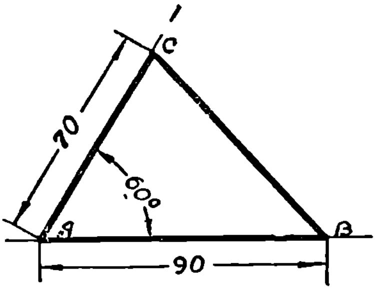
უნდა შევარჩიოთ, რომ მათი ჯამი ნაკლები იყოს სამკუთხედის შინაგან კუთხეთა ჯამზე, ე. ი. 180°-ზე); ავიღოთ სახაზავი და მაგარი ფანქარი; გავატაროთ სწორი ხაზი (მთლიანი წვრილი ხაზით); ავიღოთ საზომი ფარგალი, გავშალოთ 80 მილიმეტრზე და მოვზომოთ ამ გაშლილობის ტოლი AB მონაკვეთი აღებულ სწორზე. ავიღოთ არათანასწორ კათეტიანი სამკუთხედი და კათეტით დავამთხვიოთ ამ მონაკვეთზე ისე, რომ 30°-ანი მახვილი კუთხის წვერო მოხვდეს A წერტილზე (ნახ. 65); გავატაროთ ჰიპოტენუზზე სწორი ხაზი A წერტილიდან. ავიღოთ 45°-ანი სამკუთხედი და კათეტით დავამთხვიოთ AB მონაკვეთზე ისე, რომ 45°-ანი კუთხის წვერო მოხვდეს მონაკვეთის მეორე ბოლოზე, ე. ი. B წერტილზე; ამ სამკუთხედის ჰიპოტენუზზე დავამთხვიოთ 30°-ანი სამკუთხედი ჰიპოტენუზით ისე, რომ 30°-ანი კუთხის წვერო მოხვდეს მონაკვეთის B წერტილზე. გავატაროთ სწორი ხაზი მონაკვეთის ბოლო B წერტილიდან 30°-ანი სამკუთხედის კათეტზე; ამ ორი დახრილი ხაზის ურთიერთ გადაკვეთაზე იქნება საძებნი სამკუთხედის მესამე წვერო, რომელიც აღვნიშნოთ C ასოთი. მიღებული ABC სამკუთხედის გვერდები გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქით.



ნახ. 65.

2. სამკუთხედის გამოხაზვა მოცემული ორი გვერდით და მათ შორის მდებარე კუთხით.

ავაგოთ სამკუთხედი, როცა მოცემულია: ერთი გვერდი=70 მილიმეტრს და მეორე გვერდი=90 მილიმეტრს, მათ შორის კუთხე=60°-ს. ავიღოთ სახაზავი და მაგარი ფანქარი; გავატაროთ სწორი ხაზი (მოცემული, ე. ი. მთლიანი წვრილი ხაზით); დავნიშნოთ ამ სწორ ხაზზე A წერტილი; 60°-ანი სამკუთხედი კათეტით დავამთხვიოთ ამ სწორ ხაზს ისე, რომ 60°-ანი კუთხის წვერო მოხვდეს A წერტილზე (ნახ. 66). ჰიპოტენუზზე გავატაროთ სწორი (მთლიანი წვრილი) ხაზი; გავშალოთ საზომი ფარგალი 90 მილიმეტრზე და კუთხის წვეროდან, ე. ი. A წერტილიდან გადავზომოთ ერთ-ერთ გვერდზე; მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ B ასოთი.



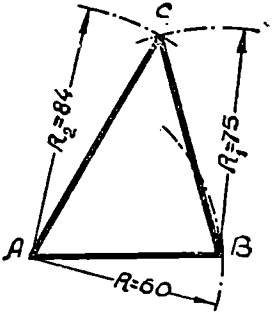
ნახ. 66.

გავშალოთ ფარგალი 70 მილიმეტრზე და იმავე A წერტილიდან მოვზომოთ მეორე გვერდზე, მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ C ასოთი. მივიღეთ საძიებელი ABC სამკუთხედი, რომლის გვერდები გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქით.

3. სამკუთხედის გამოხაზვა მოცემული სამი გვერდით.

ავაგოთ სამკუთხედი, როცა მოცემულია სამივე გვერდი: ერთი გვერდი=60 მმ-ს; მეორე=75 მმ-ს; მესამე=84 მმ-ს (ამ შემთხვევაში უდიდესი გვერდი ისე უნდა შეირჩეს, რომ ის ნაკლები იყოს ორი დანარჩენი გვერდის ჯამზე).

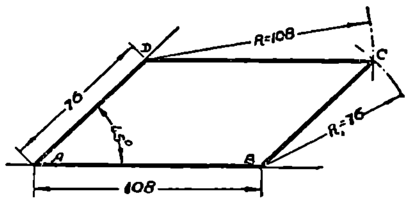
ავიღოთ ფარგალი და გავშალოთ 60 მილიმეტრზე; ნებისმიერ A წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალი (წყვეტილწერტილოვანი, წერტილის საძებნი ხაზით); ამ რკალზე ავიღოთ რომელიმე წერტილი და აღვნიშნოთ ის B ასოთი (ნახ. 67). გავშალოთ ფარგალი 75 მილიმეტრზე და შემოვხაზოთ რკალი B წერტილიდან. გავშალოთ ფარგალი 84 მილიმეტრზე და შემოვხაზოთ რკალი A წერტილიდან მეორე რკალის გადაკვეთამდე. მიღებული წერტილი არის საძებნი სამკუთხედის მესამე წვერო; ეს წერტილი აღვნიშნოთ C ასოთი. შევაერთოთ სწორი (კონტურის ხაზის სისქის) ხაზებით სამივე წერტილი; მივიღებთ საძებნ ABC სამკუთხედს.



ნახ. 67.

პარალელოგრამის გამოხაზვა მოცემული ორი გვერდით და მათ შორის მდებარე კუთხით

ავაგოთ პარალელოგრამი, როცა მისი ერთი გვერდი=108 მილიმეტრს, მეორე გვერდი=76 მილიმეტრს და მათ შორის კუთხე=45°-ს. გავავლოთ სწორი ხაზი (წვრილი მთლიანი ხაზით, როგორც მოცემული ხაზი). ავიღოთ ამ ხაზზე A წერტილი და ამ წერტილზე ავაგოთ 45°-ანი კუთხე (ნახ. 68). გავშალოთ საზომი ფარგალი 108 მილიმეტრზე; აგებული კუთხის წვეროდან, ე. ი. A წერტილიდან, გადავზომოთ 108 მილიმეტრი პირველად გავლებულ სწორ ხაზზე, მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ B ასოთი. გავშალოთ ფარგალი 76 მილიმეტრზე, კუთხის წვეროდან, ე. ი. A წერტილიდან, გადავზომოთ მეორე გვერდზე ეს მანძილი და აღვნიშნოთ D ასოთი. გავშალოთ ფარგალი 108 მილიმეტრზე და D წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალი. გავშალოთ ფარგალი 76 მილიმეტრზე და B წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე; მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ C ასოთი. შევაერთოთ C წერტილი როგორც B, ისე D წერტილთან; მიღებული ABCD ოთხკუთხედი არის საძებნი პარალელოგრამი, რომლის გვერდები გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქით.

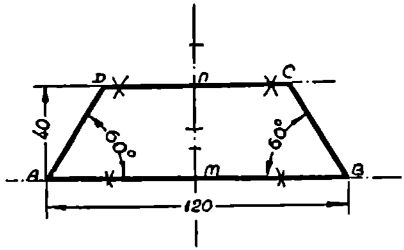


ნახ. 68.

ტრაპეციის გამოხაზვა

ავაგოთ ტრაპეცია, როცა მოცემულია: ერთი ფუძე = 120 მილიმეტრს, მასთან მდებარე კუთხეები თანატოლია და = 60°-ს, სიმაღლე = 40 მილიმეტრს.

გავატაროთ შვეულად ღერძის ხაზი (გამოვიყენოთ ასაგები ტრაპეციის სიმეტრიულობა); ავიღოთ ამ ღერძის ხაზზე m წერტილი (ნახ. 69), გავშალოთ საზომი ფარგალი 40 მილიმეტრზე და m წერტილიდან მოვზომოთ ზემოთ, მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ n ასოთი. გავატაროთ როგორც m, ისე n წერტილზე ღერძის ხაზის მართობული სწორი ხაზები (რომელიც ტარდება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით). გავშალოთ საზომი ფარგალი 60 მილიმეტრზე და m წერტილიდან როგორც მარცხნივ, ისე მარჯვნივ მოვზომოთ მანძილები mA და mB. მიღებულ როგორც A ისე B წერტილზე ავაგოთ AB მონაკვეთის მიმართ 60°-ით დახრილი, ერთი-მეორისაკენ მიმართული სწორი ხაზები, რისთვისაც AB მონაკვეთზე დავამთხვიოთ სამკუთხედი უმოკლესი კათეტით ისე, რომ 60°-ანი კუთხე დაემთხვეს A წერტილს; A წერტილიდან ჰიპოტენუზზე გავატაროთ სწორი ხაზი. ასევე მოვიქცეთ B წერტილზედაც. A და B წერტილზე გავლებული 60°-თ დახრილი ხაზების გადაკვეთა n წერტილზე გავლებულ სწორ ხაზთან აღვნიშნოთ C და D ასოთი. მიღებული ABCD ოთხკუთხედი არის საძებნი ტრაპეცია, რომლის გვერდები და ფუძეები გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქით.

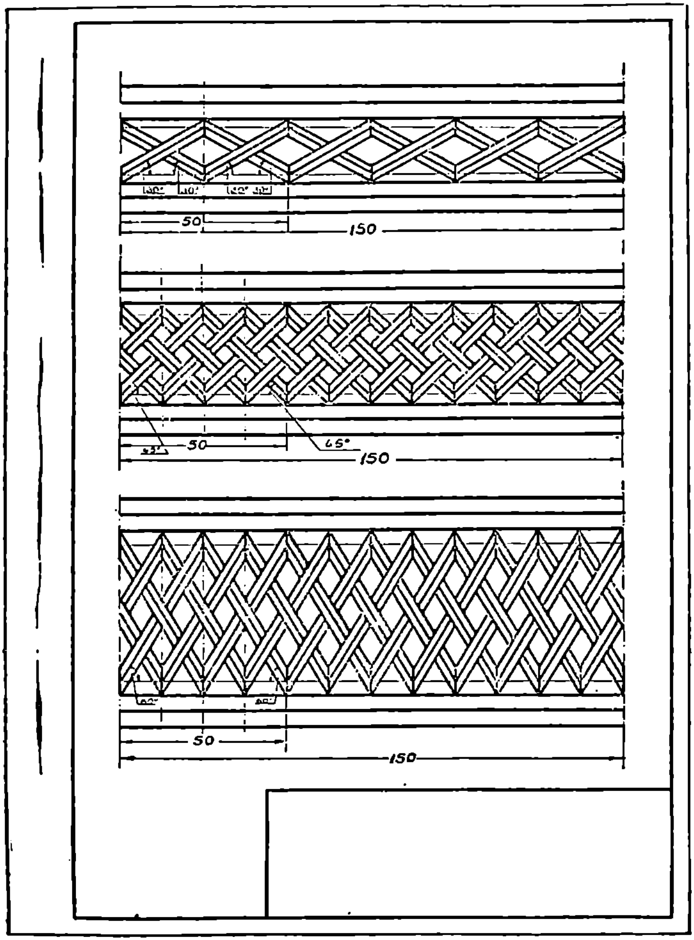


ნახ. 69.

70-ე ნახაზზე გამოხაზულია ისეთი სწორხაზოვანი მარტივი ორნამენტი, სადაც გამოყენებულია 30°-ანი, 45°-ანი და 60°-ანი კუთხეების აგება. ამავე დროს გამოყენებულია მონაკვეთის გაყოფა 2, 3 და 4 ტოლ ნაწილად (სამკუთხედების საშუალებით) და მართობის ამართვის ხერხები. ამავე ორნამენტზე ხდება სხვადასხვა სისქის ხაზების გავლება ურთიერთ პარალელურად და სხვ. ეს ორნამენტი გათვალისწინებულია საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამაში (1949 წ.) როგორც მე-3 სავალდებულო სამუშაო. ამიტომ ის შესრულებულია 203×288 მმ ქაღალდზე (ფორმატი ა 4). ამ ნახაზზე გამოხაზულია სამი მარტივი ერთი და იგივე სტილის (ქართული სწორხაზოვანი ძველი სტილი) ორნამენტი.

ზემოდან პირველი ორნამენტი („უზორი“) იხაზება შემდეგნაირად: აღებულია სწორი ხაზის მონაკვეთი სიგრძით 150 მმ; გაყოფილია ის სამ ტოლ ნაწილად და თითოეული ეს მესამედი სიგრძით = 50 მილიმეტრს. სინამდვილეში კი ეს მონაკვეთი (ზომით 50 მმ) არის ერთი კვანძის სიგრძე, ამიტომ შეგვეძლო უშუალოდ კვანძის, როგორც ძირითადი ელემენტის ზომიდან დაგვეწყო აგება. ამ 50 მილიმეტრიანი მონაკვეთის მარცხენა ბოლო წერტილიდან — მარჯვნივ და მარჯვენა ბოლო წერტილიდან — მარცხნივ ავაგებთ

30°-ან კუთხეებს; ამ კუთხეების გვერდების გადაკვეთის წერტილი განსაზღვრავს ორნამენტის სიგანეს, რომელზედაც გავლებულია (სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით) პირველად გავლებული ჰორიზონტალური ხაზის მართობი, რომელიც ამ მონაკვეთს (ძირითად კვანძს) გაყოფს ორ ტოლ ნაწი-



ნახ. 70.

ლად. მიღებულ შუა წერტილიდან როგორც მარცხნივ, ისე მარჯვნივ ავაგებთ 30°-ან კუთხეს, რომელიც იქნება შემობრუნებული — ნახევარი კვანძის სიგანით გადაადგილებული კვანძის წვერო და ამავე დროს პირველი კვანძის შუა

წერტილიდან, მეორე კვანძის დასაწყისი. ასეთივე აგებას ვაწარმოებთ სამივე კვანძისათვის. 30°-ით დახრილი ხაზის პარალელურად, როგორც ზემოდან, ისე ქვემოდან მთელ სიგრძეზე გატარებულია პარალელური ტეხილი ხაზები, რომელთა ურთიერთ დაშორება=5 მილიმეტრს (ე. ი. თითოეული ხაზების ურთიერთ დაშორება=2,5 მმ-ს). ურთიერთ პარალელური ტეხილი ხაზები გავლებულია ისე, რომ ის იძლეოდეს წნულის სახეს. ორნამენტის როგორც ზევით, ისე ქვევით გავლებულია ორი პარალელური (ჰორიზონტალური) ერთიმეორისაგან 5 მილიმეტრით დაშორებული სწორი ხაზი, რომელთა სისქე მეტია, ვიდრე ტეხილი ხაზის სისქე. რამდენად მეტია კვანძის სიგრძე, იმდენად მეტი მიიღება ორნამენტის სიგანეც.

ზემოდან მეორე ორნამენტი, როგორც აღვნიშნეთ, იმავე სტილის ორნამენტია, მაგრამ ცოტათი უფრო რთული. ამ შემთხვევაშიაც კვანძის სიგრძე=50 მილიმეტრს და ასეთი კვანძი აღებულია სამი, ე. ი. 150 მილიმეტრიანი მონაკვეთი გაყოფილია სამ ტოლ ნაწილად. ძირითადი კვანძის (ე. ი. 50 მმ მონაკვეთის) მარცხენა ბოლოდან მარჯვნივ და მარჯვენა ბოლოდან მარცხნივ აგებულია 45°-თ დახრილი ხაზები, რომელთა გადაკვეთა იძლევა წნულის სიმაღლეს; ამ წერტილიდან გავლებულია მართობი, რომელიც აღებულ (50 მმ-ან) მონაკვეთს გაყოფს ორ ტოლ ნაწილად; მიღებული (25 მმ-ანი) მონაკვეთი გავყოთ შუაზე (ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით); მივიღებთ ძირითად კვანძს (50 მმ-ან მონაკვეთს), გაყოფილს ოთხ ტოლ ნაწილად. ასეთივე ხერხით გაიყოფა დანარჩენი კვანძებიც. მიღებული წერტილებიდან გავავლებთ 45°-თ დახრილ ხაზს (45°-ანი სამკუთხედის საშუალებით), რომელთა მიმართულება 70-ე ნახაზიდან ნათლად ჩანს. მიღებული ტეხილი ხაზების როგორც ზემოდან, ისე ქვემოდან გავატარებთ პარალელურ ხაზებს ერთმანეთისაგან 5 მილიმეტრით დაშორებულს (ე. ი. თითოეული ხაზების ურთიერთ დაშორება==2,5 მმ-ს) ისე, რომ ის იძლეოდეს წნულის სახეს. მიღებული წნულის როგორც ზემოდან, ისე ქვემოდან გავატარებთ პარალელურ (ჰორიზონტალურ) ხაზებს ერთმანეთისაგან 5 მილიმეტრით დაშორებულს; ამ ხაზების სისქე მეტია, ვიდრე წნულის ხაზების სისქე. ნახაზზე გავლებულია მთლიანი წვრილი ხაზით პირველად აღებული სწორი ხაზი და მისი პარალელური, ორნამენტის წნულის შუახაზის წვეროებზე გამავალი სწორი ხაზი. დანარჩენი ხაზები, რომლებიც წყვეტილი წერტილოვანია, გავლებულია მხოლოდ ერთ კვანძზე, როგორც მართობული ხაზები, რომლებიც ნახაზის გასარკვევად არის აგებული; სინამდვილეში კი არავითარი დამხმარე ხაზი არ უნდა დარჩეს ორნამენტზე. ძირითადი მონაკვეთი შეიძლებოდა გაგვეყო 3; 4; 5; 6 და ა. შ. ნებისმიერ ნაწილებად, რის მიხედვით მივიღებდით წნულის სირთულეს; დანარჩენი, როგორც აგება, ისე სტილი უცვლელი დარჩებოდა.

70-ე ნახაზის ზემოდან მე-3 ორნამენტის აგება იგივე წესით ხდება, რაც მე-2 ორნამენტში განვიხილეთ, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ნაცვლად 45°-ანი დახრისა, აქ გვექნება 60°-ანი დახრა, რომელიც 60°-ანი სამკუთხედით აიგება; დანარჩენი აგებას, რადგანაც ანალოგიურია, ჩვენ აქ არ მოვიყვანთ და ვანდობთ მკითხველს შემდეგი მითითებით. სამივე ორნამენტი აიგება ჯერ მაგარი ფანქრით (წვრილი ხაზებით); ამის შემდეგ გამოირკვევა

წნულისათვის ტეხილი ხაზის ხილვადობა და უხილადობა, ე. ი. რომელი ტეხილი ხაზები დაიფარება (ქვევიდან უელის) და რომელი გამოჩნდება (ზევიდან უელის). ამ დროს კი რბილი ფანქრით ტარდება ტეხილი ხაზები და წნულის მიღების შემდეგ გასქელდება დანარჩენი ხაზებიც.

ამ ორნამენტების აგებას მკითხველმა განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიაქციოს, რადგან ის შეიცავს განვლილი მასალის გამოყენების ნიმუშებს და, ამავე დროს ესაჭიროება ძალიან დიდი სიზუსტე. გარდა სიზუსტისა, ეს ნახაზი არკვევს მხაზველის მხატვრულ ნიჭს და გემოვნებას, თვალზომით სიმეტრიულობის, განსაზღვრას და ხაზვის დროს სიფაქიზეს.

70-ე ნახაზის მარჯვენა კუთხეში გამოხაზულია წარწერისათვის მართკუთხედი, ზომით 40×120 მილიმეტრი. როგორც აღვნიშნეთ, შეიძლებოდა კერძო შემთხვევაში ეს მართკუთხედი აგვეგო ზომით 40×173 მილიმეტრზე (წარწერა უფრო ადვილათ დაეტევა).

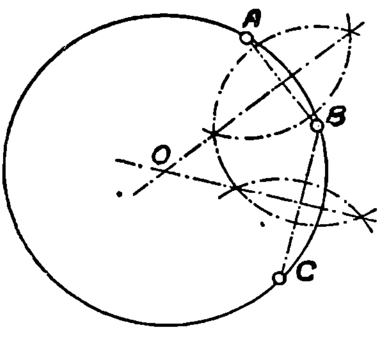
წარწერის მართკუთხედში დაიწერება პირველ ზოლში „ორნამენტი", დანარჩენში კი იგივე, რაც მე-2 სავალდებულო სამუშაოში დაიწერა, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ნაცვლად „№ 2" (მეორე სავალდებულო), დაიწერება „№ 3" (როგორც მესამე სავალდებულო სამუშაო).

წრეხაზის ან მისი რკალის ცენტრის პოვნა

წრეხაზის ან მისი რკალის ცენტრის პოვნა შეიძლება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით, ან სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით. პირველი ხერხი უფრო ზუსტი და მოხერხებულია, ვიდრე მეორე. განვიხილოთ ორივე შემთხვევა.

მოცემული წრეხაზის ან მისი რკალის ცენტრის პოვნა ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით

მოცემულია წრეხაზი, რომლის ცენტრი ნახაზზე გაურკვეველია და საჭიროა მისი პოვნა. დავნიშნოთ მოცემულ წრეხაზზე სამი ნებისმიერი წერტილი: A, B და C; ეს წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზებით (ნახ. 71). ამ შემთხვევაში შეიძლებოდა წერტილების ერთი-მეორესთან შეუერთებლადაც შეგვესრულებია ეს ამოცანა, მაგრამ მკითხველისათვის ცნობილია მონაკვეთის შუა წერტილზე მართობის გატარების წესი, რომელსაც აქ გამოვიყენებთ და ამავე დროს ჩვენთვის ცნობილია, რომ ქორდის შუაწერტილზე გამავალი მართობული სწორი ხაზი გაივლის ამ ქორდის შესაბამ რკალის ცენტრზე. AB და BC ქორდების შუა წერტილზე გამავალი მართობული სწორი ხაზების გადაკვეთა მოხდება ორივე ქორდის საერთო წრეხაზის ცენტრზე (ერთ და იგივე



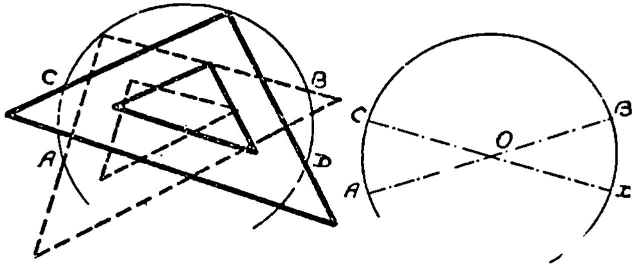
ნახ. 71.

წრეხაზის რკალებს მხოლოდ ერთი ცენტრი აქვთ, რომელიც ამავე დროს არის წრეხაზის ცენტრიც).

გამოვიყენოთ ზემოაღნიშნული თვისება და, როგორც AB, ისე BC ქორდების შუაწერტილებზე გავატაროთ მართობული სწორი ხაზები, რომელთა გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ O ასოთი. O წერტილი არის მოცემული წრეხაზის საძებნი ცენტრი. მონაკვეთების შუა წერტილზე მართობის გატარების წესს აქ არ ვიხილავთ, რადგან ის რამოდენიმეჯერ შეხვდა მკითხველს. მოცემულ სამ წერტილზე (რომლებიც ერთ სწორ ხაზზე არ ძევს) წრეხაზის ან მისი რკალის შემოხაზვა სრულდება 71-ე ნახაზის ანალოგიურად და ამიტომ მის შესრულებას მკითხველს ვანდობთ.

წრეხაზის ან მისი რკალის ცენტრის პოვნა სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით

მოცემულია წრეხაზის რკალი, რომლის ცენტრი გაურკვეველია და საჭიროა მისი პოვნა. ეს ამოცანა შევასრულოთ წრეხაზში მის დიამეტრზე დაყრდნობილი კუთხის თვისების გამოყენებით. დავამთხვიოთ სამკუთხედი მართი კუთხის წვეროთი მოცემულ წრეხაზის რკალზე (ნახ. 72); კათეტების გადა-



ნახ. 72

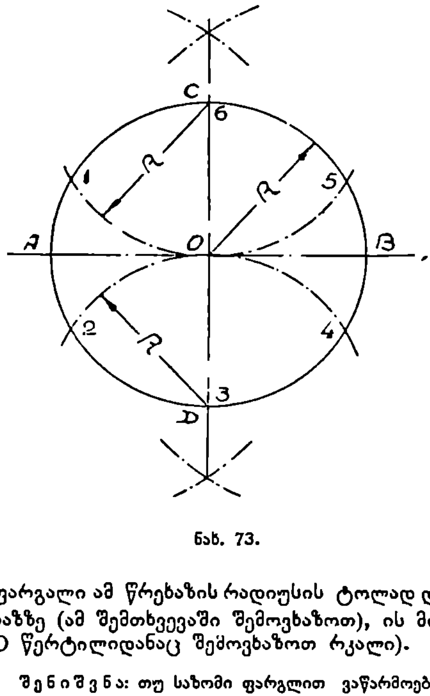
კვეთა მოცემულ რკალთან აღვნიშნოთ A და B ასოებით. შემოვაბრუნოთ სამკუთხედი ნებისმიერად ისე, რომ მართი კუთხის წვერო ისევ წრეხაზის რკალზე იდოს (შეიძლება სამკუთხედი შემოვაბრუნოთ მართი კუთხის წვეროზე, ე. ი. მართი კუთხის წვერო დავტოვოთ წრეხაზის იმავე წერტილზე, რომელზედაც პირველად დავამთხვიეთ). კათეტების რკალთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ C და D ასოებით. შევაერთოთ სწორი ხაზით მიღებული წერტილები: A წერტილი B წერტილთან და C წერტილი კი D წერტილთან. მიღებული სწორი ხაზის AB და CD მონაკვეთების ურთიერთ გადაკვეთა მოგვცემს საძებნ O ცენტრს. თუ მოცემული იქნება მთლიანი წრეხაზი, ცხადია, ამოცანა იმავე წესით ამოიხსნება, რაც რკალისათვის იყო განხილული.

წრეხაზის ტოლ ნაწილებად გაყოფა

განვიხილოთ წრეხაზის დაყოფა ტოლ ნაწილებად, ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით.

წრეხაზის გაყოფა 6 ტოლ ნაწილად

ამ ამოცანის შესასრულებლად გამოვიყენოთ წრეხაზის დამოკიდებულება მის რადიუსთან (წრეხაზზე რადიუსი გადაიზომება 6-ჯერ).



ნახ. 73.

მოცემულია წრეხაზი, რომლის რადიუსი=75 მილიმეტრს; საჭიროა ამ წრეხაზის დაყოფა 6 ტოლ ნაწილად (ნახ. 73). გავატაროთ მოცემულ წრეხაზში ჰორიზონტალური AB დიამეტრი. გავავლოთ ამ დიამეტრის მართობულად CD დიამეტრი, რისთვისაც გამოვიყენოთ მონაკვეთის (ამ შემთხვევაში AB დიამეტრის) შუა წერტილზე მართობის გატარების წესი, ე. ი. A და B წერტილებიდან შემოვხაზოთ ნებისმიერი გაშლილობით რკალები AB დიამეტრის ორივე მხარეს ურთიერთ გადაკვეთამდე. გადაკვეთის ეს წერტილები შევაერთოთ ცენტრის ხაზით, რომელიც გაივლის O წერტილზე (წრეხაზის ცენტრზე) და წრეხაზის გადაკვეთით მოგვცემს C და D წერტილებს. გავშალოთ ფარგალი ამ წრეხაზის რადიუსის ტოლად და C წერტილიდან გადავზომოთ წრეხაზზე (ამ შემთხვევაში შემოვხაზოთ), ის მოთავსდება 6-ჯერ (ამ შემთხვევაში D წერტილიდანაც შემოვხაზოთ რკალი).

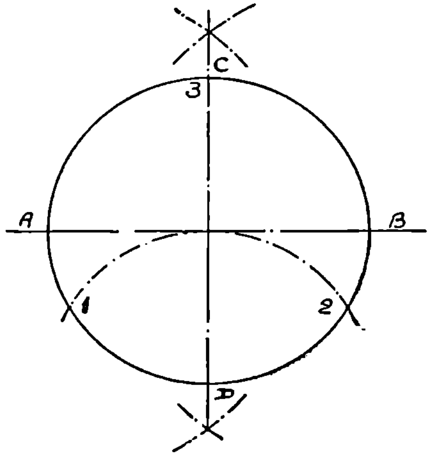
შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: თუ საზომი ფარგლით ვაწარმოებთ გადაზომვას და წრეხაზზე წერტილების განლაგებას არავითარი მნიშვნელობა არ ექნება, მაშინ ერთ-ერთი რომელიმე წერტილიდან წრეხაზზე გადავზომავთ რადიუსის ტოლ გაშლილობას და ის მოთავსდება 6-ჯერ. ამ შემთხვევაში ურთიერთ მართობული დიამეტრების გატარებაც არაა საჭირო.

წრეხაზის 3 ტოლ ნაწილად გაყოფა

წრეხაზის 3 ტოლ ნაწილად გაყოფა გამომდინარეობს წრეხაზის 6 ტოლ ნაწილად გაყოფიდან, ე. ი. ვასრულებთ იმავე მოქმედებას, რაც წრეხაზის 6 ტოლ ნაწილად გაყოფის დროს შევასრულეთ და მიღებული წერტილებიდან ავიღებთ თითოს გამოკლებით სამ წერტილს.

მოცემულია წრეხაზი, რომელშიაც გავავლოთ ურთიერთ მართობული AB

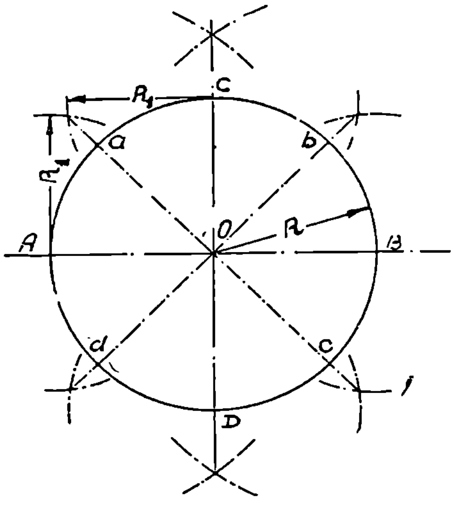
და CD დიამეტრები (ნახ. 74). გავშალოთ ფარგალი რადიუსის ტოლად და D წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალი მოცემული წრეხაზის ორ წერტილზე გადაკვეთამდე. ამ ამოცანის შესრულება შეიძლება დიამეტრების გაუტარებლად; მაშინ საჭირო იქნება ჯერ 6 წერტილის მიღება და შემდეგ იქიდან თითო გამოკლებით სამი წერტილის აღება.



ნახ. 74.

წრეხაზის გაყოფა 4 და 8 ტოლ ნაწილად

წრეხაზის 4 ტოლ ნაწილად გაყოფისათვის საჭიროა გავატაროთ ურთიერთ მართობული ორი დიამეტრი, რომელთა ბოლოები მოგვცემს წრეხაზის 4 ტოლ ნაწილად დაყოფას. ამავე წრის 8 ტოლ ნაწილად გაყოფისათვის საკმარისია გავატაროთ კიდევ ორი ურთიერთ მართობული დიამეტრი, რომლებიც პირველად გატარებული დიამეტრებიდან 45°-ით იქნებიან მობრუნებული. შევასრულოთ ეს ორივე ამოცანა ერთ ნახაზზე.



ნახ. 75.

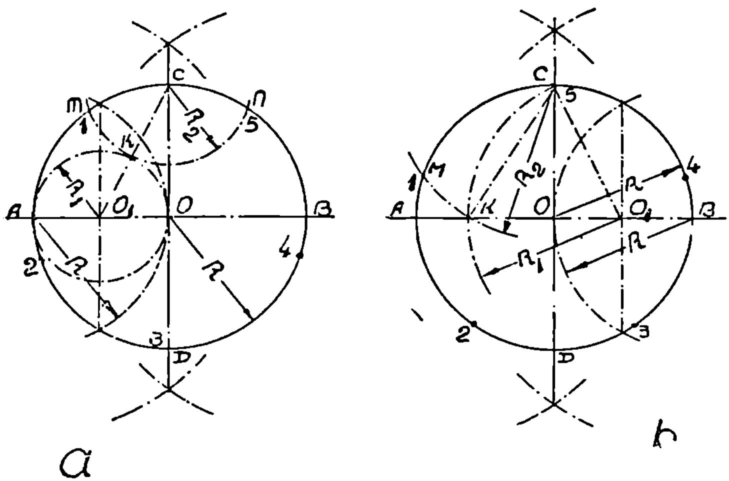
მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი (ნახ. 75), რომელიც უნდა გაიყოს 4 და 8 ტოლ ნაწილად. გავატაროთ მოცემულ წრეხაზში ჰორიზონტალური AB დიამეტრი და მისი მართობული CD დიამეტრი. AB და CD დიამეტრების ბოლოები მოცემულ წრეხაზს გაყოფენ 4 ტოლ ნაწილად.

მოცემული წრეხაზის 8 ტოლ ნაწილად გაყოფისათვის განვიხილოთ მიღებული კუთხეები: $\angle AOC = \angle COB = \angle BOD = \angle AOD = 90°$. გავყოთ თითოეული ამ კუთხეთაგანი ორ ტოლ ნაწილად (კუთხის გაყოფის ცნობილი წესით) და მივიღებთ კიდევ 4 წერტილს (a, b, c, d), რომლებიც წინათ მიღებული

(A, B, C, D) წერტილების შესაბამი რკალების შუა წერტილებია. ე. ი. მივიღებთ წრეხაზის 8 ტოლ ნაწილად გაყოფას.

წრეხაზის 5 და 10 ტოლ ნაწილად გაყოფა

მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი (ნახ. 76 ა), რომელიც უნდა გაიყოს 5 და 10 ტოლ ნაწილად. გავავლოთ ჰორიზონტალური AB დიამეტრი. AB დიამეტრის მართობულად, ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით, გავავლოთ CD დიამეტრი, რომელიც უნდა აიგოს რაც შეიძლება ზუსტად, რადგან მთელი მომავალი მუშაობის სიზუსტე დამოკიდებულია ამ დიამეტრების ურთიერთ მართობობის სიზუსტეზე. ვიპოვოთ R=OA მონაკვეთის შუა წერტილი, რისთვისაც გამოვიყენოთ მოცემული წრეხაზი, და A წერტილიდან შემოვხაზოთ



ნახ. 76.

იმავე R=OA რადიუსით რკალი, რომელიც მოცემულ წრეხაზს გაჰკვეთს ორ წერტილში, რომელთა შეერთება სწორი ხაზით OA მონაკვეთს გადაჰკვეთს შუა O_1 წერტილზე. მიღებულ O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ $R_1=AO_1$ რადიუსით წრეხაზი (რომლის დიამეტრი=R=AO). შევაერთოთ O_1 წერტილი C წერტილთან სწორი ხაზით. O_1C სწორი ხაზის მონაკვეთი O_1 წერტილზე შემოხაზულ წრეხაზს გადაკვეთს K წერტილზე. დავაბრჯინოთ ფარგლის საცენტრე ბოლო C წერტილზე და $R_2=CK$ რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი მოცემული წრეხაზის ორ წერტილზე გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილები აღვნიშნოთ m და n ასოებით.

გავშალოთ საზომი ფარგალი mn ქორდის ტოლად, ის მოცემულ წრეხაზზე მოთავსდება 5-ჯერ, ე. ი. მივიღებთ წრეხაზს, 5 ტოლ ნაწილად დაყოფილს.

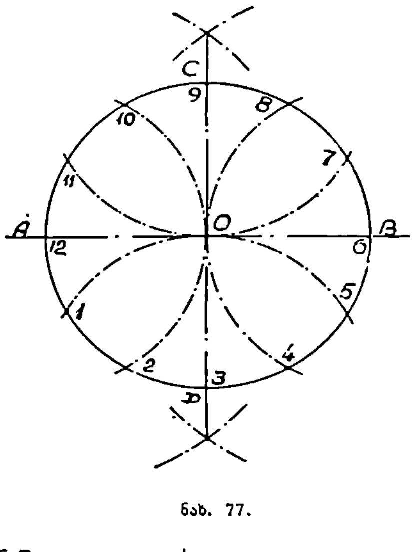
გავშალოთ საზომი ფარგალი mc ქორდის ტოლად, ის მოცემულ წრეხაზზე მოთავსდება 10-ჯერ, ე. ი. მივიღებთ წრეხაზის 10 ტოლ ნაწილად გაყოფას.

განვიხილოთ მეორე ხერხით იმავე ამოცანის ამოხსნა. მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი (ნახ. 76 b) გავავლოთ AB ჰორიზონტალური და CD მისი მართობული დიამეტრები (ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით). ვიპოვოთ BO მონაკვეთის შუა წერტილი, რისთვისაც B წერტილიდან $R=OB$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი მოცემულ წრეხაზის ორ წერტილში გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით, რომელიც BO მონაკვეთს გადაკვეთს O_1 შუა წერტილზე. გავშალოთ ფარგალი $R_1=O_1C$ რადიუსის ტოლად და O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ რკალი AO მონაკვეთის K წერტილზე გადაკვეთამდე. გავშალოთ ფარგალი CK მონაკვეთის ტოლად და C წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $R_2=CK$ რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი მოცემულ წრეხაზის M წერტილზე გადაკვეთამდე. გავშალოთ საზომი ფარგალი CM ქორდის ტოლად და გადავზომოთ M წერტილიდან მოცემულ წრეხაზზე; იგი მოთავსდება 5-ჯერ; ე. ი. მივიღებთ წრეხაზის 5 ტოლ ნაწილად დაყოფას. მოცემულ წრეხაზზე მიღებული წერტილების ცენტრთან შეერთებით შეიძლება მივიღოთ 5 ურთიერთ ტოლი ცენტრალური კუთხე, რომელთა ორ ტოლ ნაწილად გაყოფა მოგვცემს წრეხაზის 10 ტოლ ნაწილად გაყოფას.

წრეხაზის გაყოფა 12 ტოლ ნაწილად

წრეხაზის 12 ტოლ ნაწილად გაყოფისათვის გამოვიყენებთ სწორი კუთხის სამ ტოლ ნაწილად გაყოფას (როგორც ვიცით, წრეხაზში 4 ცენტრალური სწორი კუთხე ჩაიხაზება და თითოეულის 3 ტოლ ნაწილად გაყოფა მოგვცემს მთელი წრეხაზის 12 ტოლ ნაწილად გაყოფას).

მოცემულია წრეხაზი, რომელიც უნდა გაიყოს 12 ტოლ ნაწილად (ნახ. 77). გავატაროთ მოცემულ წრეხაზში AB და CD ურთიერთ მართობული დიამეტრები. გავშალოთ ფარგალი მოცემული წრეხაზის R რადიუსის ტოლად და დიამეტრების ბოლო (A, B, C, D) წერტილებიდან შემოვხაზოთ რკალები, მოცემულ წრეხაზის ორ წერტილზე გადაკვეთამდე. მივიღებთ წრეხაზის 12 ტოლ ნაწილად დაყოფას.



ნახ. 77.

ეს ამოცანა დაიყვანება წრეხაზის 6 ტოლ ნაწილად გაყოფაზე, ამიტომ ისინი ერთიმეორის ანალოგიურია.

წრეხაზის ნებისმიერი რაოდენობის ტოლ ნაწილად გაყოფა ქორდათა ცხრილის გამოყენებით

გარკვეული სიზუსტით წინასწარ გამოანგარიშებულია 3-დან 26-დე ტოლ ნაწილად გაყოფილი წრეხაზის ქორდის სიგრძე, ე. ი. თუ მოცემულია რაღაც R რადიუსის მქონე წრეხაზი და გვსურს მისი გაყოფა ნებისმიერ (26-დე) რიცხვზე 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 მოცემულ რიცხვით ტოლ ნაწილებად.

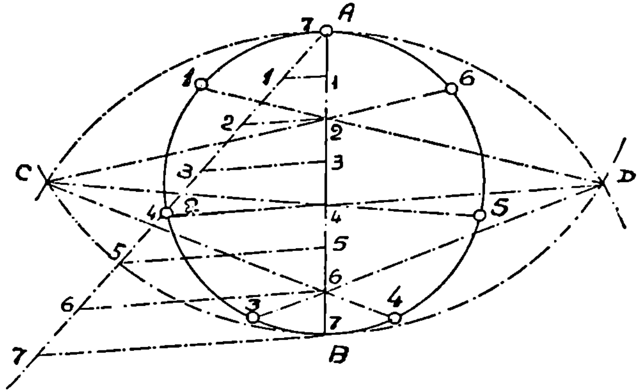
ცხრილი 4

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 დაყოფის 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 $R=30$ მმ; საჭიროა ამ წრეხაზის გაყოფა 15 ტოლ ნაწილად. მოვნახოთ მე-4 ცხრილში 15-ის ქვეშ კოეფიციენტი, რომელიც $=0,416$; გადავამრავლოთ მოცემული რადიუსის სიგრძე $R=30$ ამ რიცხვზე და მივიღებთ ქორდის სიგრძეს; ე. ი. $0,416 \cdot 30=12,48$ მმ. გავშალოთ საზომი ფარგალი 12,5 მილიმეტრის ტოლად და გადავზომოთ მოცემულ წრეხაზზე ერთი რომელიმე წერტილიდან; 12,5 მმ მოცემულ წრეხაზზე მოთავსდება 15-ჯერ, ე. ი. მოცემული წრეხაზი გაიყოფა 15 ტოლ ნაწილად. ასეთი გაყოფა მიახლოებითია, რადგან ზოგჯერ ქორდის სიგრძეს ვიღებთ მიახლოებით (ჩვენს შემთხვევაში $12,48 \approx 12,5$). ამიტომ მოგვიხდება მიღებული წერტილების გადაადგილება თანდათანობით დაზუსტების საშუალებით. ამ ამოცანის გრაფიკულ შესრულებას ვთხოვთ მკითხველს.

წრეხაზის ნებისმიერ ტოლ ნაწილებად გაყოფა გრაფიკულად

მოცემულია წრეხაზი (ნახ. 78), რომელიც უნდა გავყოთ 7 ტოლ ნაწილად. ამ ამოცანის შესრულება ქორდათა ცხრილის საშუალებით ძალიან მარტივად ხდება, მაგრამ, როგორც პრაქტიკულად ზოგჯერ გამოყენებული ხერხი, განვიხილოთ მისი გრაფიკულად გაყოფის წესი. გავატაროთ მოცემულ წრეხაზში AB ნებისმიერი მიმართულების დიამეტრი. გავშალოთ ფარგალი AB დიამეტრის ტოლად და, როგორც A, ისე B წერტილებიდან შემოვხაზოთ წრეხაზის



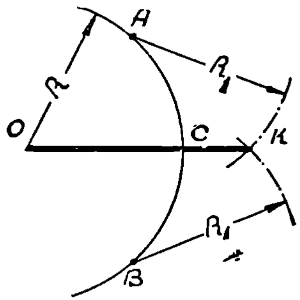
ნახ. 78.

რკალები ურთიერთ გადაკვეთამდე. ამ რკალების გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ C და D ასოებით. AB დიამეტრი გავყოთ იმდენ ტოლ ნაწილად (მონაკვეთის ნებისმიერი რიცხვით ტოლ ნაწილად გაყოფის წესით), რამდენ ტოლ ნაწილადაც უნდა გაიყოს მოცემული წრეხაზი (ამ შემთხვევაში 7 ტოლ ნაწილად). როგორც C, ისე D წერტილიდან გავატაროთ სწორი ხაზები AB დიამეტრზე მიღებულ წერტილებზე თითოს გამოტოვებით და გავაგრძელოთ ის მოცემულ წრეხაზის მეორე წერტილზე გადაკვეთამდე, რომელიც აღვნიშნოთ, როგორც მოცემულ წრეხაზის დანაყოფთა წერტილები; ასეთ წერტილებს მოცემულ წრეხაზზე მივიღებთ 7-ს, ე. ი. მივიღებთ წრეხაზის 7 ტოლ ნაწილად დაყოფას. ეს წესი იძლევა საკმაო სიზუსტით მოცემულ რიცხვის მიხედვით წრეხაზის დაყოფას ტოლ ნაწილებად.

წრეხაზის რკალის შუაზე გაყოფა

მოცემულია წრეხაზის AB რკალი და საჭიროა მისი ორ ტოლ ნაწილად გაყოფა (ნახ. 79). A და B წერტილი შეგვიძლია ვიგულისხმოთ სწორი ხაზით შეერთებულად, მაშინ გამოვიყენებთ მონაკვეთის ორ ტოლ ნაწილად გაყოფას. გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი R_1 რადიუსის ტოლად და როგორც A ისე B წერტილებიდან შემოვხაზოთ რკალები ურთიერთ K წერტილზე გადაკვეთამდე. შევაერთოთ სწორი ხაზით K წერტილი O წერტილთან (ამ შემთხვევაში მოცემულ რკალის ცენტრთან).

OK სწორი ხაზი მოცემულ რკალს გადაკვეთს C წერტილში, რომელიც იქნება საძებნი შუა წერტილი. ამ ამოცანის შესრულება სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით ხდება იმავე წესით, რაც მონაკვეთის შუა წერტილის პოვნის დროს გამოვიყენეთ. ამიტომ მის გრაფიკულ აგებას ჩვენ აქ არ განვიხილავთ და ვთხოვთ მკითხველს მის შესრულებას.



ნახ. 79.

მოცემულ წრეხაზის რკალის ტოლ ნაწილებად გაყოფა მიახლოებით ფარგლის საშუალებით თვალზომით ხდება ისე, როგორც მონაკვეთის შემთხვევაში განვიხილეთ. თუ მოცემულია რკალის ორ ტოლ ნაწილად გაყოფა, ის შეიძლება შესრულდეს მოცემული რკალის ბოლოების სწორი ხაზით შეერთებით და მიღებული ქორდის ორ ტოლ ნაწილად გაყოფით. ქორდის, როგორც მონაკვეთის, შუა წერტილის პოვნის შემდეგ, ამ წერტილზე და მოცემული რკალის ცენტრზე ატარებენ სწორ ხაზს, რომელიც მოცემულ რკალს გაჰკვეთს შუა წერტილზე. ამ მაგალითის ზოგად ამოხსნას აქ არ განვიხილავთ, რადგან იგი სრულდება უშუალოდ რკალზე ისე, როგორც მონაკვეთზე, რაც ჩვენ ზემოთ გვქონდა განხილული. ე. ი. მოცემული რკალის გაყოფა მოცემულ ნებისმიერ ნაწილებად ხდება უშუალოდ რკალზე გადაზომვით, თვალზომით, შემდეგ დარჩენილ განსხვავების განაყოფს დავუმატებთ ან გამოვაკლებთ ფარგლის გაშლილობას და ასე რამოდენიმეჯერ, თანდათანობით გაყოფით მივიღებთ თითქმის. შეიძლება ითქვას, ზუსტად გაყოფას.

წესიერი მრავალკუთხედების გამოხაზვა

წესიერი მრავალკუთხედების გამოხაზვა ხდება სხვადასხვა ხერხით, რომელიც დამოკიდებულია ამოცანის პირობაზე და აგების საშუალებაზე.

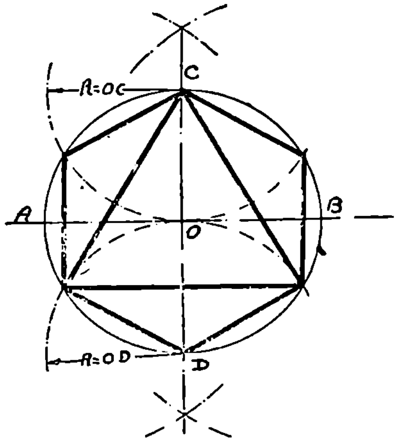
ჩვენ აქ შევეცდებით მკითხველს მივცეთ რამოდენიმე მაგალითი, რის შემდეგ მას არ გაუჭირდება ნებისმიერი ამოცანის შესრულება.

წესიერი ექვსკუთხედისა და წესიერი სამკუთხედის ჩახაზვა წრეში

ეს ამოცანა შესრულდება წრეხაზის 6 და 3 ტოლ ნაწილად გაყოფის საშუალებით, რის შემდეგ მიღებულ წერტილებს შევაერთებთ საჭირო თანმიმდევრობით და მივიღებთ ამოცანის პასუხს.

მოცემულია წრეხაზი, რომელშიც უნდა ჩაიხაზოს წესიერი ექვსკუთხედი და სამკუთხედი. გავატაროთ მოცემულ წრეხაზში ურთიერთ მართობულად AB და CD დიამეტრები (ნახ. 80); მიღებულ C და D წერტილებიდან (CD დიამეტრის ბოლოებიდან) შემოვხაზოთ $R = OC = OD$ რადიუსით წრეხაზის რკალები, რომელთა გადაკვეთა მოცემულ წრეხაზთან მოგვცემს 4 წერტილს; ეს

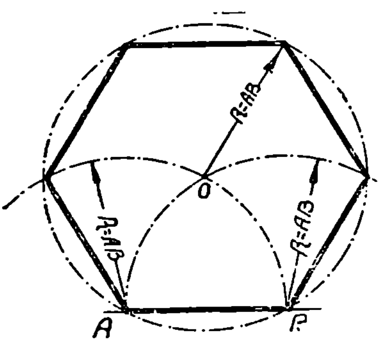
წერტილები C და D წერტილებთან ერთად იქნება წრეხაზში ჩახაზული წესიერი ექვსკუთხედის წვეროები. შევაერთოთ მიღებული წერტილები (სწორი, კონტურის ხაზის სისქე ხაზით) თანმიმდევრობით და მივიღებთ წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ ექვსკუთხედს. შევაერთოთ წრეხაზზე მიღებული წერტილები თითოს გამოშვებით ერთი-მეორესთან და მივიღებთ წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ სამკუთხედს.



ნახ. 80.

წესიერი ექვსკუთხედის გამოხაზვა მისი მოცემული გვერდის მიხედვით

ეს ამოცანაც შეიძლება შესრულდეს განხილული წესით, რადგან წესიერი ექვსკუთხედის გვერდის სიგრძე ტოლია ამ ექვსკუთხედზე შემოხაზული წრეხაზის რადიუსის; მაგრამ ჩვენ აქ განვიხილავთ შემთხვევას, როცა მოცემულია ექვსკუთხედის გვერდი, რომელზედაც უნდა აიგოს წესიერი ექვსკუთხედი (ე. ი. უნდა ვიპოვოთ წრეხაზის ცენტრი ისე, რომ მოცემული მონაკვეთი დარჩეს ჩახაზული ექვსკუთხედის გვერდად). მოცემულია ასაგები წესიერი ექვსკუთხედის ერთი გვერდი AB (ნახ. 81). გავავლოთ სწორი ხაზი და მასზე მოვკვეთოთ AB მონაკვეთი; A და B წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, შემოვხაზოთ R=AB რადიუსით, წრეხაზის რკალების ურთიერთ გადაკვეთამდე. ამ რკალების გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ O ასოთი; O წერტილი არის იმ წრეხაზის ცენტრი, რომელშიაც ჩახაზული წესიერი ექვსკუთხედის ერთი გვერდი = AB მონაკვეთს.

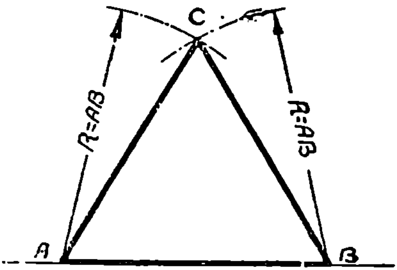


ნახ 81.

O წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, R=AB რადიუსით შემოვხაზოთ დამხმარე წრეხაზი.

გავშალოთ საზომი ფარგალი AB მონაკვეთის სიგრძის ტოლად და A წერტილიდან გადავზომოთ მიღებულ წრეხაზზე და ის მოთავსდება 6-ჯერ. მიღებული წერტილები შევაერთოთ ნახაზზე ნაჩვენები თანმიმდევრობით და მივიღებთ AB გვერდზე აგებულ წესიერ ექვსკუთხედს.

მოცემულია წესიერი სამკუთხედის ერთი გვერდი AB. საჭიროა ავაგოთ ამ გვერდის მიხედვით წესიერი (ტოლ გვერდა) სამკუთხედი. გავატაროთ სწორი ხაზი და, ამ ხაზზე მოვკვეთოთ მოცემული AB მონაკვეთი (ნახ. 82). A და B წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, შემოვხაზოთ R=AB რადიუსით წრეხაზის რკალები, რომელთა ურთიერთ გადაკვეთა აღვნიშნოთ C ასოთი. C წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ როგორც A, ისე B წერტილს. მიღებული სამკუთხედი იქნება საძებნი წესიერი სამკუთხედი, რომლის გვერდები AB==AC=BC (ე. ი. ტოლგვერდა სამკუთხედია).

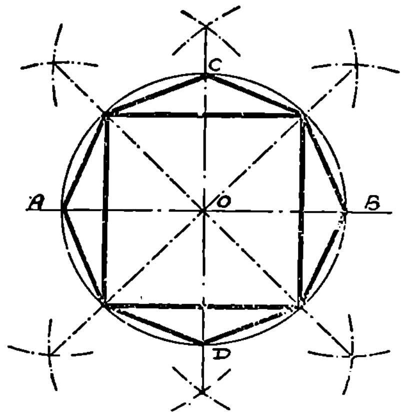


ნახ. 82.

კვადრატისა და წესიერი რვაკუთხედის ჩახაზვა წრეში

ამ ამოცანის შესრულება გამომდინარეობს წრეხაზის 4 და 8 ტოლ ნაწილად გაყოფიდან, რის შემდეგ მიღებული წერტილების სწორი ხაზით შეერთება მოგვცემს წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ ოთხკუთხედს (კვადრატს) და რვაკუთხედს.

მოცემულია წრეხაზი (ნახ. 83), რომელშიაც უნდა ჩაიხაზოს კვადრატი და წესიერი რვა კუთხედი. გავატაროთ ურთიერთ მართობი AB და CD დიამეტრები, რომელთა ბოლო წერტილები (A, B, C, D) მოცემულ წრეხაზზე მოგვცემს ოთხ წერტილს. ამ წერტილებიდან ნებისმიერი რადიუსით შემოვხაზოთ რკალები ურთიერთ გადაკვეთამდე. რკალების გადაკვეთის წერტილების შემაერთებელი სწორი ხაზი მოცემულ წრეხაზს გაჰკვეთს კიდევ 4 წერტილზე, რომელთა შეერთება სწორი ხაზებით მოგვცემს მოცემულ წრეხაზში ჩახაზულ კვადრატს. მიღებული კვადრატის წვეროები შევაერთოთ დანარჩენ ოთხ წერტილთან და მივიღებთ წრეში ჩახაზულ წესიერ რვაკუთხედს.

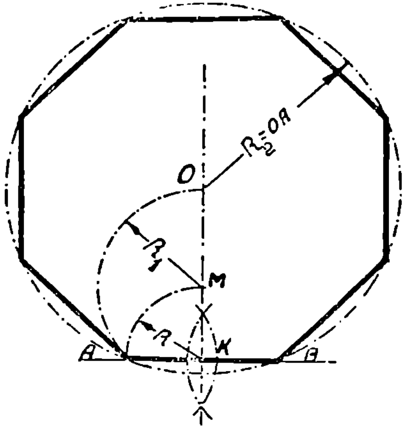


ნახ. 83.

წესიერი რვაკუთხედის გამოხაზვა მისი მოცემული ერთი გვერდის მიხედვით

მოცემულია მონაკვეთი AB, რომელზედაც უნდა აიგოს ისეთი წესიერი რვაკუთხედი, რომლის გვერდი იქნება AB მონაკვეთი.

გავატაროთ სწორი ხაზი და ამ ხაზზე მოვკვეთოთ AB მონაკვეთი (ნახ. 84). ვიპოვოთ AB მონაკვეთის შუა წერტილი K და მასზე გავატაროთ AB მონაკვეთის მართობული სწორი ხაზი, რომელზედაც K წერტილიდან მოვზომოთ R=AK მონაკვეთი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ M ასოთი. M წერტილიდან R=AM რადიუსით მოვხაზოთ რკალი, რომლის გადაკვეთა AB მონაკვეთის მართობულ KM სწორ ხაზთან აღვნიშნოთ O ასოთი. გავშალოთ ფარგალი $R_2=OA$ რადიუსის ტოლად და O წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ დამხმარე წრეხაზი. გავშალოთ საზომი ფარგალი AB მონაკვეთის ტოლად და A წერტილიდან გადავზომოთ მიღებულ წრეხაზზე; AB მონაკვეთი ამ წრეხაზზე მოთავსდება 8-ჯერ. მიღებული წერტილები შევაერთოდ სწორი ხაზებით, ნახაზზე აღნიშნული მიმდევრობით და მივიღებთ საძებნ წესიერ რვაკუთხედს.

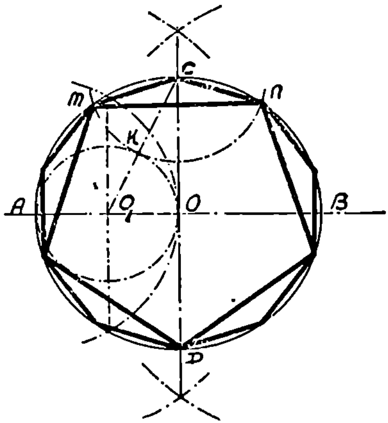


ნახ. 84.

წრეხაზში წესიერი ხუთკუთხედისა და წესიერი ათკუთხედის ჩახაზვა

ამ ამოცანის შესასრულებლად გამოვიყენოთ წრეხაზის 5 და 10 ტოლ ნაწილებად გაყოფა. მოცემულია წრეხაზი (ნახ. 85), რომელშიაც უნდა ჩაიხაზოს წესიერი ხუთკუთხედი და წესიერი ათკუთხედი. გავატაროთ ურთიერთ მართობული AB და CD დიამეტრები (ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით), ვიპოვოთ AO რადიუსის შუა წერტილი, რომლისათვისაც A წერტილიდან R=OA რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი მოცემულ წრეხაზის ორ წერტილზე გადაკვეთამდე; მიღებული წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით, რომელიც AO მონაკვეთს გაყოფს ორ ტოლ ნაწილად, მიღებული შუა წერტილი აღვნიშნოთ O_1 ასოთი; O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან $AO_1=O_1O$ რადიუსით შემოვხაზოთ წრეხაზი. O_1 წერტილი შევაერთოთ C წერტილთან სწორი ხაზით, რომლის გადაკვეთა დამხმარე წრეხაზთან აღვნიშნოთ K ასოთი. დავაბრჯინოთ ფარგლის საცენტრე ბოლო C წერტილზე და CK რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი, მოცემული წრეხაზის ორ წერტილზე გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილები აღვნიშნოთ m და n ასოებით. თუ შევაერთებთ m და n წერტილებს

სწორი ხაზით, მივიღებთ წრეხაზში ჩახაზული წესიერი ხუთკუთხედის ერთ გვერდს, რომლის გადაზომვა მოცემულ წრეხაზზე მოგვცემს ხუთკუთხედის 5 წვეროს. შევაერთოთ მიღებული წერტილები სწორი ხაზებით და მივიღებთ საძებნ წესიერ ხუთკუთხედს.



ნახ. 85.

შევაერთოთ m წერტილი C წერტილთან და მივიღებთ საძებნი ათკუთხედის ერთ გვერდს, რომლის გადაზომვით მოცემულ წრეხაზზე მივიღებთ 10 წერტილს. მიღებული წერტილების სწორი ხაზებით შეერთება ნახაზზე ნაჩვენები მიმდევრობით მოგვცემს მოცემულ წრეხაზში ჩახაზულ წესიერ ათკუთხედს.

წესიერი, ნებისმიერი რიცხვის მქონე, მრავალკუთხედის გამოხაზვა მისი მოცემული გვერდის მიხედვით

ამ ამოცანის შესრულება შეიძლება წინასწარ შედგენილი ცხრილის მიხედვით, სადაც მოცემულია წესიერი მრავალკუთხედის გვერდისა და მასზე შემოხაზული წრეხაზის რადიუსს შორის დამოკიდებულება, ე. ი. ცხრილი 4 გადაკეთებულია და შედგენილია ცხრილი 5. ამ ცხრილში a ასოთი აღნიშნულია წესიერი მრავალკუთხედის გვერდის სიგრძე, რომელიც, გადამრავლებული ცხრილში მოცემულ შესაბამ კოეფიციენტზე, მოგვცემს წრეხაზის R რადიუსს; მიღებული R რადიუსით შემოხაზულ წრეხაზზე მოცემული a მრავალკუთხედის გვერდი გადაიზომება საჭირო რაოდენობით.

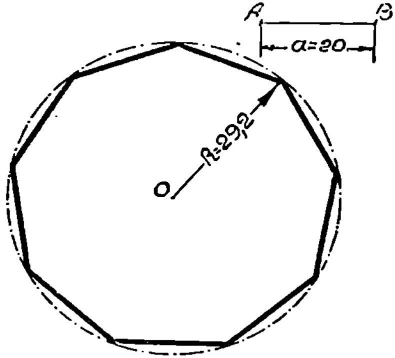
ცხრილი 5

წესიერი მრავალკუთხედის გვერდების რიცხვი	3	4	5	6	7
შემოხაზული წრეხაზის R რადიუსი	0,577 a	0,707 a	0,851 a	1,0 a	1,152 a
წესიერი მრავალკუთხედის გვერდების რიცხვი	8	9	10	11	12
შემოხაზული წრეხაზის R რადიუსი	1,307 a	1,462 a	1,618 a	1,776 a	1,932 a.

განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითი ამ ცხრილის გამოყენებით (ნახ. 86). მოცემულია AB მონაკვეთი, რომლის სიგრძე=20 მილიმეტრს. ავაგოთ ისეთი

წესიერი ცხრაკუთხედი, რომლის გვერდი იქნება AB მონაკვეთის სიგრძის ტოლი. ამოვწეროთ ამ ცხრილიდან ცხრაკუთხედის შესაბამისი კოეფიციენტი— 1,462; როგორც განვმარტეთ, ამოწერილი რიცხვი უნდა გავამრავლოთ $a = AB = 20$ მილიმეტრზე, გვექნება: $R = a \cdot 1,462 = 20 \cdot 1,462 = 29,22$, ე. ი. $R \approx 29,2$ მილიმეტრს.

ავიღოთ ნებისმიერი O წერტილი და ამ წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან. შემოვხაზოთ R = 29,2 მმ რადიუსიანი დამხმარე წრეხაზი. გავშალოთ საზომი ფარგალი 20 მილიმეტრზე და მიღებულ წრეხაზზე გადავზომოთ ფარგლის აღნიშნული გაშლილობა, ის დაახლოებით მოთავსდება 9-ჯერ. დარჩენილი სხვაობა თვალზომით გავყოთ 9 ნაწილად და დავუმატოთ ან გამოვაკლოთ მიღებულ გაშლილობას, ე. ი. მიახლოებით ხდება მისი დაზუსტება; მიღებულ წერტილებს შევაერთებთ სწორი ხაზებით ისე, როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები. მივიღებთ საძებნ ცხრაკუთხედს.



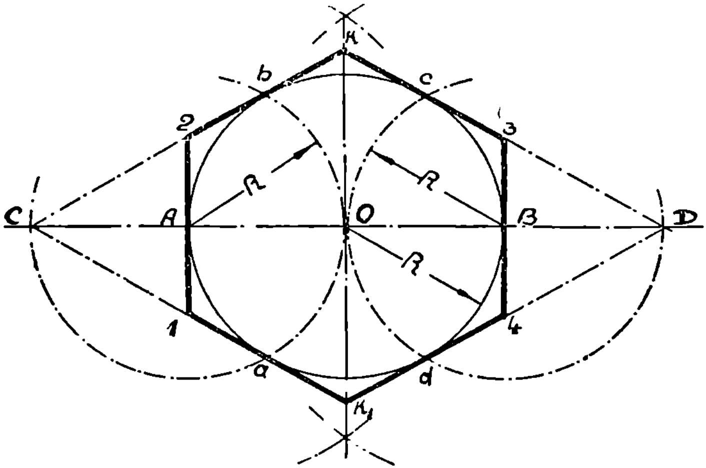
ნახ. 86.

წესიერი ექვსკუთხედის შემოხაზვა წრეხაზზე

მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი, რომელზედაც უნდა შემოიხაზოს წესიერი ექვსკუთხედი. ავიღოთ ნებისმიერი O წერტილი; O წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ R რადიუსიანი წრეხაზი (ნახ. 87). გავავლოთ ამ წრეხაზში ურთიერთ მართობული ცენტრის ხაზები. ჰორიზონტალური ცენტრის ხაზის მოცემულ წრეხაზთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ A და B ასოებით. A წერტილიდან R=OA რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი, რომლის მოცემულ წრეხაზთან გადაკვეთა აღვნიშნოთ a და b ასოებით; ამ რკალის გადაკვეთა ჰორიზონტალურ ცენტრის ხაზთან კი—C ასოთი. B წერტილიდან შემოვხაზოთ იმავე R=BO რადიუსიანი რკალი, რომლის გადაკვეთა მოცემულ წრეხაზთან აღვნიშნოთ c და d ასოებით; ამ რკალის ჰორიზონტალურ ცენტრის ხაზთან კი—D ასოთი.

შევაერთოთ სწორი ხაზით C წერტილი როგორც a, ისე b წერტილებთან, და განვაგრძოთ შვეული ცენტრის ხაზთან გადაკვეთამდე. ასევე მოვიქცეთ D წერტილიდანაც და მივიღებთ Dc და Dd სწორხაზებს. Cb და Dc სწორი ხაზების გადაკვეთა უნდა მოხდეს შვეულ ცენტრის ხაზზე ერთ წერტილში. ასევე Ca და Dd სწორი ხაზების გადაკვეთაც უნდა მოხდეს იმავე შვეულ ხაზზე და ერთ წერტილში (ეს ამოწმებს მხაზველის ზუსტ მუშაობას). გადაკვეთის ეს წერტილები აღვნიშნოთ K და K_1 ასოებით, გავატაროთ KK_1 სწორი ხაზის პარალელური, როგორც A, ისე B წერტილებიდან, რომელთა გადაკვეთა CK,

CK_1 და DK, DK_1 სწორ ხაზებთან აღვნიშნოთ: 1; 2; 3 და 4 წერტილებით. მიღებული წერტილები: 1; 2; K; 3; 4 და K_1 არის მოცემულ წრეხაზზე შემოხაზული წესიერი ექვსკუთხედის წვეროები, რომელთა სწორი ხაზებით შეერთება საძებნ ექვსკუთხედს მოგვცემს.



ნახ. 87.

კვადრატისა და წესიერი რვაკუთხედის შემოხაზვა წრეხაზზე

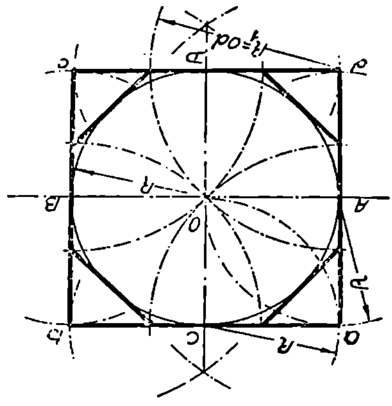
მოცემულია R რადიუსის მქონე წრეხაზი, რომელზედაც უნდა შემოვხაზოთ კვადრატი და წესიერი რვაკუთხედი. ავიღოთ ნებისმიერი O წერტილი და ამ წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ მოცემული R რადიუსიანი წრეხაზი.

გავავლოთ ამ წრეხაზში ურთიერთ მართობული AB და CD დიამეტრები. ამ დიამეტრების ბოლო წერტილებიდან იმავე R რადიუსით შემოვხაზოთ რკალები ურთიერთ გადაკვეთამდე (ნახ. 88). ამ რკალების გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ a, b, c და d ასოებით. მიღებული წერტილები a, b, c და d შევაერთოთ სწორი ხაზებით ნახაზზე ნაჩვენები თანმიმდევრობით. მივიღებთ მოცემულ წრეხაზზე შემოხაზულ კვადრატს.

გავშალოთ ფარგალი $R_1 = Od = Oa = Ob = Oc$ რადიუსის ტოლად და მიღებული კვადრატის a, b, c და d წვეროებიდან შემოვხაზოთ რკალები კვადრატის გვერდების გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზებით და მივიღებთ მოცემულ წრეხაზზე შემოხაზულ წესიერ რვაკუთხედს.

89-ე ნახაზზე შესრულებულია მე-4 საგალდებულო სამუშაო, რომელიც გათვალისწინებულია საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამაში (1949 წ.). ეს საგალდებულო სამუშაო შეიცავს ისეთ ორ ორნამენტს (ჩუქურთმს, უზორს), რო-

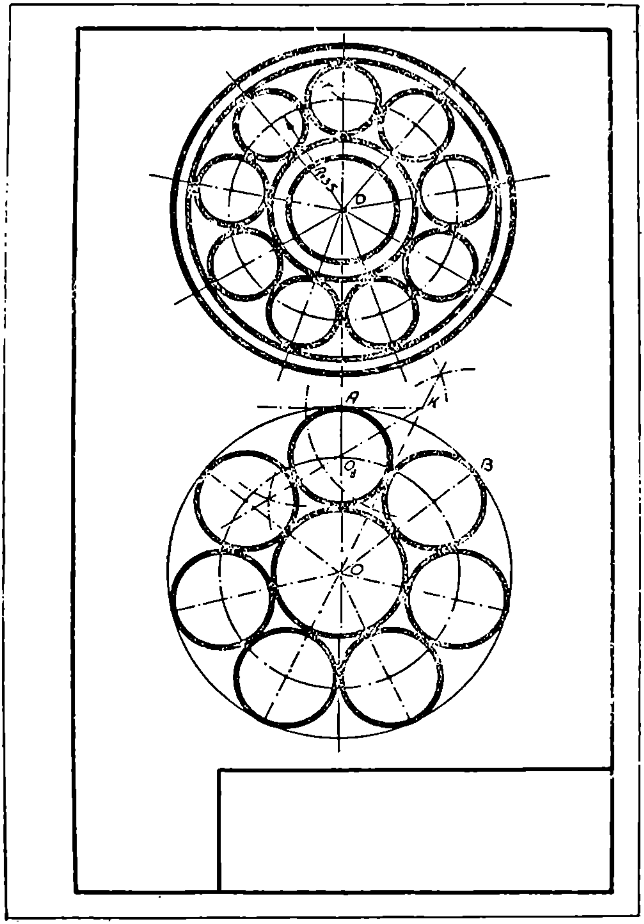
ნელშიაც გამოყენებულია წრეხაზის ტოლ ნაწილებად დაყოფა. ზემოდან პირველ ორნამენტად გამოყენებულია შემდეგი ამოცანის ამოხსნა: „გავავლოთ ცხრა წრეხაზი 12 მილიმეტრი რადიუსით ისე, რომ თითოეული ეხებოდეს ორ მოსაზღვრე წრეხაზს“. ეს ამოცანა პრაქტიკაში გვხვდება ბურთულა საკისრების დამზადების დროს, სადაც—12 მილიმეტრი არის ბურთულას (სფეროს) რადიუსი. უნდა გამოიჩარხოს ისეთი წრეხაზული ბუდე, რომელშიაც ჩალაგებული 9 ასეთი ბურთულა (ნახ. 89) იმოძრავებს თავისუფლად და ამავე დროს შეეხება ერთიმეორეს. ამ ამოცანას პრაქტიკულად დიდი მნიშვნელობა აქვს. განვიხილოთ მისი აგების წესი: გამოვიყენოთ წრეხაზის 9 ტოლ ნაწილად დაყოფა; მაშინ წესიერი ცხრაკუთხედის წვეროები იქნება საძებნი 9 ცენტრი, რომლებზედაც შემოიხაზება 12 მმ რადიუსიანი წრეხაზები; წესიერი ცხრაკუთხედის გვერდი კი – ამ ცენტრების შემაერთებელი სწორი ხაზის მონაკვეთი, რომელიც ტოლი იქნება ბურთულას დიამეტრის, ე. ი. ჩასახაზი წრეხაზის დიამეტრის. აქედან გამომდინარე, საჭიროა გამოიხაზოს წესიერი ცხრაკუთხედი, რომლის გვერდის სიგრძე$=2\cdot r=2\cdot 12=24$ მმ. ამისათვის კი საჭიროა მოვნახოთ ისეთი წრეხაზი, რომელიც გაივლის ამ წესიერი ცხრაკუთხედის წვეროებზე (ასეთ წრეხაზს უწოდებენ წესიერ ცხრაკუთხედზე შემოხაზულ წრეხაზს, ან, რაც იგივეა, ვიპოვოთ ისეთი წრეხაზი, რომელშიაც ჩახაზული წესიერი ცხრაკუთხედის გვერდის სიგრძე$=24$ მმ).



ნახ. 88.

ამ ამოცანის შესასრულებლად გამოვიყენოთ მეხუთე ცხრილი, მივიღებთ შემდეგს: წესიერ ცხრაკუთხედზე შემოხაზული წრეხაზის რადიუსი $R=1,462\,a$. ჩვენს შემთხვევაში a არის იმ წესიერი ცხრაკუთხედის გვერდი, რომელიც უდრის მოცემული წრეხაზის (ბურთულას) ორ რადიუსს, ე. ი. $a=2\cdot r=2\cdot 12=$ $=24$ მმ. თუ ჩავსვამთ a-ს მნიშვნელობას, მივიღებთ $R=1,462\cdot 24=35,1$ მილიმეტრს. თუ შემოვხაზავთ R რადიუსით, ე. ი. 35,1 მილიმეტრით წრეხაზს და 24 მილიმეტრს გადავზომავთ ამ წრეხაზზე, . მივიღებთ ცხრა ნაწილად დაყოფილ წრეხაზს; თითოეული წერტილიდან შემოხაზული წრეხაზები მოცემული რადიუსით, ე. ი. 12 მილიმეტრით, მოგვცემს ამოცანის პასუხს.

განვიხილოთ ამავე ნახაზის მეორე ორნამენტი, სადაც შესრულებულია შემდეგი ამოცანა—მოცემულ $R=50$ მმ რადიუსიან წრეხაზში ჩავხაზოთ შვიდი წრეხაზი ისე, რომ ისინი ეხებოდეს მოცემულ წრეხაზს და თანმიმდევრობით ერთმანეთსაც. ეს ამოცანაც პრაქტიკულად გამოყენებულია ბურთულა საკის-



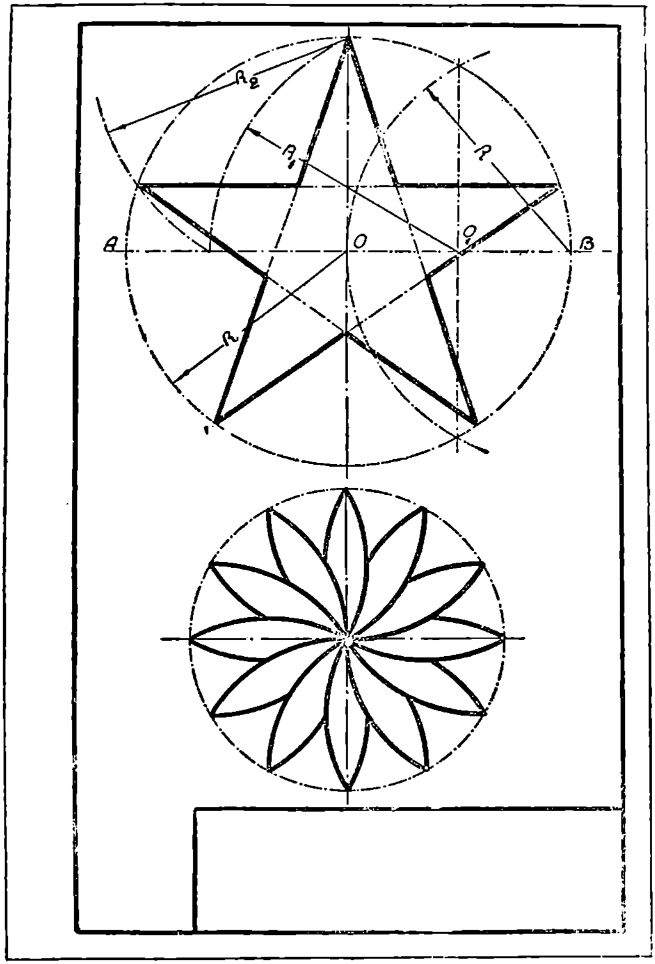
ნახ. 89

რების დამზადებაში, როცა მოცემულია ბურთულების ბუდე და საჭიროა შვიდი ისეთ დიამეტრიან ბურთულას შერჩევა, რომლებიც ამ ბუდეში მოთავსდებიან წესიერად.

ამ შემთხვევაში გამოვიყენოთ მეოთხე ცხრილი (ქორდათა ცხრილი). მოცემული პირობის თანახმად უნდა მოვნახოთ ისეთი ქორდა (ჩვენს შემთხვევაში „a") რომელიც მოცემული რადიუსის მქონე წრეხაზს შვიდ ტოლ ნაწილად გაყოფს. ამ ცხრილიდან ამოვიღებთ ქორდის სიგრძის გამომსახველ სიდიდეს 0,868 R, ე. ი. ქორდის სიგრძე $a=0,868$ R; ჩავსვათ $R=50$ მმ და გვექნება $a=0,868 \cdot 50=43,4$ მილიმეტრს. ეს რიცხვები გამოვიყენოთ ჩვენი მაგალითისათვის.

ავიღოთ ფარგალი მაგარი ფანქრის გულით და გავშალოთ 50 მილიმეტრზე; შემოვხაზოთ წრეხაზი. ავიღოთ საზომი ფარგალი და გავშალოთ 43,4 მილიმეტრზე (აქ შემთხვევაში წრეხაზში ჩახაზული წესიერი შვიდკუთხედის გვერდია); მოცემულ წრეხაზზე გადავზომოთ შვიდი წერტილი ავიღოთ ნებისმიერი ორი მოსაზღვრე წერტილი A და B, გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერად და, როგორც A ისე B წერტილიდან წრის გარეთ შემოვხაზოთ ურთიერთ გადამკვეთი რკალები; რკალების გადაკვეთის წერტილი სწორი ხაზით შევაერთოთ წრეხაზის ცენტრთან (O წერტილთან) და განვაგრძოთ. A წერტილი შევუერთოთ O წერტილს. ავიღოთ ნებისმიერად გაშლილი ფარგალი; A წერტილიდან, როგორც მონაკვეთის ბოლო წერტილიდან, ავმართოთ მართობი (მონაკვეთის ბოლო წერტილიდან მართობის ამართვის წესის გამოყენებით). მიღებული მართობი განვაგრძოთ დიამეტრის გაგრძელების გადაკვეთამდე. გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი. გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერად და K წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ რკალი AKO კუთხის გვერდების გადაკვეთამდე; კუთხის გვერდების რკალთან გადაკვეთის წერტილებიდან შემოვხაზოთ ურთიერთ გადამკვეთი რკალები (ისე, როგორც რკალის ან კუთხის შუაზე გაყოფა გავაკეთეთ); რკალების გადაკვეთის წერტილი შევუერთოთ K წერტილს; ამ AKO კუთხის ბისექტრისისა და AO რადიუსის გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ O_1 წერტილით; აქ O_1 წერტილი არის საძებნი წრის ცენტრი. გავშალოთ ფარგალი OO_1 მონაკვეთის ტოლად; O წერტილიდან შემოვხაზოთ ამ გაშლილობით წრეხაზი, შევაერთოთ (სწორი წყვეტილ წერტილოვანი ხაზებით) მოცემულ წრესაზზე მიღებული წერტილები O წერტილთან; ამ ხაზების დამხმარე წრეხაზთან (ე. ი. OO_1 რადიუსით შემოხაზულწრეხაზთან) გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ, როგორც ცენტრები. ავიღოთ ფარგალი რბილი ფანქრის გულით და O_1A გაშლილობით შემოვხაზოთ წრეხაზები დამხმარე წრეხაზზე მიღებულ შვიდივე ცენტრიდან (კონტურის ხაზის სისქით).

რადგანაც მიღებული ორნამენტები ერთი ფორმატის ქაღალდზეა მოთავსებული, ამიტომ ერთსახელა ხაზები უნდა იყოს ერთი და იგივე სისქისა და ფორმის: მოცემული წრეხაზები გამოხაზული იქნება მთლიანი წვრილი ხაზით, საძებნი წრეხაზები—ერთი და იგივე სისქის კონტურის ხაზით; მეორე ორნამენტში ცენტრებზე გამავალი წრეხაზი იხაზება ღერძის ხაზის ფორმისა და სისქის, დანარჩენი ხაზები კი—წყვეტილწერტილოვანი (წერტილის საძებნი)



Ezb 40.

ხაზებით. ორივე ორნამენტი, როგორც ერთი და იგივე სავალდებულო სამუშაო, იხაზება ერთ ფორმატზე (ზომით 203×288 მმ). მარჯვენა ქვედა კუთხეში, ე. ი. წარწერის მართკუთხედში, რომლის ზომა არის 40×120 ან (40×173) ჩაიწერება: „ორნამენტი", დანარჩენი იგივე, რაც წინათ განვიხილეთ, და სავალდებულო სამუშაოთა ნომერი აქ და იწერება № 4.

90-ე ნახაზზე გამოხაზულია იგივე სავალდებულო სამუშაო, ე. ი. № 4 მხოლოდ განხილულია სხვა მაგალითები. ამ ნახახის ზემოდან პირველი ორნამენტი წარმოადგენს მოცემულ წრეხაზში გამოხაზულ ხუთქიმიან ვარსკვლავს, რომლის აგება წრეხაზის ხუთ ტოლ ნაწილად გაყოფიდან გამომდინარეობს, რაც ჩვენ ზემოთ განვიხილეთ, და ნახაზიდანაც მისი აგება ნათლად ჩანს. ამ ორნამენტის აგება იწყება ასე: ნებისმიერად შემოხაზული R რადიუსიანი წრეხაზის $R = OB$ მონაკვეთის O_1 შუა წერტილის პოვნის შემდეგ, O_1 წერტილიდან R_1 რადიუსით შემოვხაზავთ რკალს OA მონაკვეთის გადაკვეთამდე; ცენტრად მივიღებთ შეეული დიამეტრის ზედა ბოლოს და R_2 რადიუსით შემოვხაზავთ რკალს დამხმარე R რადიუსიანი წრის გადაკვეთამდე. R_2 რადიუსის სიგრძე წრეხაზზე გადაიზომება ხუთჯერ.

მეორე ორნამენტში გამოყენებულია წრეხაზის 12 ტოლ ნაწილად გაყოფა, რომელიც ჩვენ ზემოთ განვიხილეთ, შემდეგ კი—დამხმარე წრეხაზის რადიუსით შემოხაზულია რკალები წრეხაზზე მიღებულ ყველა წერტილიდან.

შეუღლება

შეუღლება, ე. ი. ორ სხვადასხვა სიმრუდის რადიუსიანი ხაზის მდოვრედ გადასვლა ნიშნავს: ერთი სიმრუდის მქონე ხაზი ისე გადავიდეს მეორე სიმრუდის მქონე ხაზზე, რომ გადასვლის ეს წერტილი შეუმჩნეველი იყოს. ამ ამოცანის შესრულებისათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს 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 ჭარბ თხევადობას და ჩაჯდომის (გაცივების დროს მოცულობის შემცირების) კოეფიციენტის შემცირებას; წნევით დამუშავების დროს კი მოითხოვს გაცილებით მეტი ენერგიის დახარჯვას (დაწნევის ძალის გაზრდას). მიუხედავად ზემოაღნიშნულისა, წიბოების სიმახვილეს ზოგჯერ უარყოფითი მნიშვნელობაც აქვს. ამიტომ, სამანქანათმშენებლო ხაზვაში შეუღლებას დიდი მნიშვნელობა აქვს. შეუღლებებს ვხვდებით სამშენებლო საქმეშიაც: სხვადასხვაგვარი თაღების გვირაბებისა და არქიტექტორული კომპოზიციების გამოხაზვის დროს.

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

სწორი ხაზის შეუღლება წრეხაზის რკალთან

ეს ამოცანა შეიძლება განხილული იქნეს მრავალი შემთხვევისათვის. ჩვენ კი განვიხილოთ ორი კერძო შემთხვევა: 1) როცა მოცემულია წერტილი (რომელზედაც უნდა გაიაროს შესაუღლებელმა სწორმა ხაზმა) და წრეხაზის რკალი: 2) როცა მოცემულია სწორი ხაზი (რომელიც უნდა შეუუღლდეს წრეხაზის რკალს) და წრეხაზის რკალი.

პირველი შემთხვევიდან განვიხილოთ ორი მაგალითი.

ა) შეუღლების წერტილი ძევს შესაუღლებელ წრეხაზზე და

ბ) წერტილი ძევს შესაუღლებელი წრეხაზის გარეთ.

მეორე შემთხვევიდანაც განვიხილოთ ორი მაგალითი:

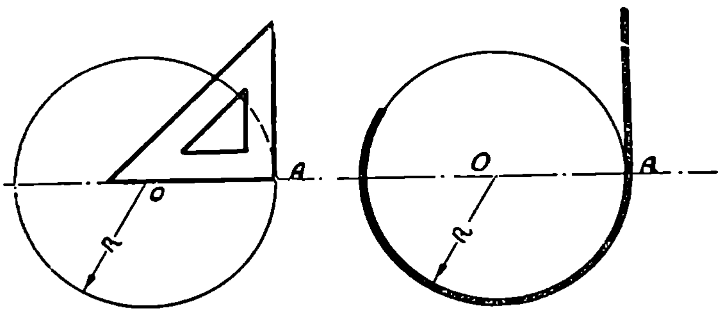
ა) სწორი ხაზი არ კვეთს წრეხაზს და

ბ) სწორი ხაზი კვეთს წრეხაზს (სწორი ხაზი მოცემულია წრეხაზის შიგნით).

გამოხაზვა მდოვრედ გადასვლისა სწორიდან—წრეხაზზე, როცა გადასვლის წერტილი ძევს წრეხაზზე. ამ მაგალითის შესრულება შეიძლება როგორც სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით, ისე ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით. განვიხილოთ ორივე ხერხი.

გამოხაზვა მდოვრედ გადასვლისა სწორიხაზიდან—წრეხაზზე, როცა შეუღლების წერტილი ძევს წრეხაზზე (სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით).

მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი და მასზე მდებარე A წერტილი, რომელზედაც უნდა გავატაროთ სწორი ხაზი, ისე რომ ის იყოს მოცემული წრეხაზის მხები ამ წერტილზე, ე. ი. ვიპოვოთ ისეთი სწორი ხაზი, რომელიც A წერტილზე შეუუღლდება მოცემულ წრეხაზს.



ნახ. 91.

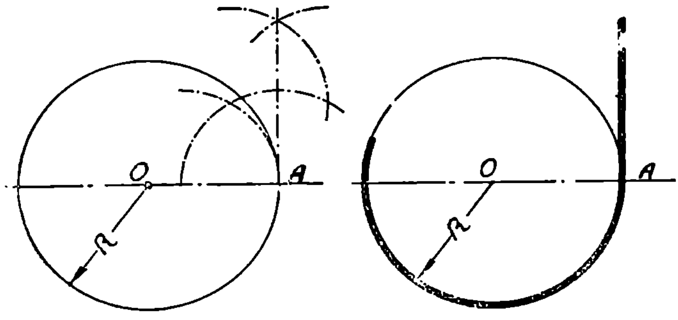
ავიღოთ ნებისმიერი წერტილი O რომელზედაც შემოვხაზოთ R რადიუსიანი წრეხაზი (ნახ. 91); ავიღოთ ამ წრეხაზზე ნებისმიერი წერტილი A; A წერტილი სწორი ხაზით შევაერთოთ O წერტილთან (ეს იქნება სიმრუდის რადიუსი, ამ შემთხვევაში მოცემული წრეხაზის რადიუსი) და ავმართოთ რადიუსის მართობი წრეხაზზე აღებულ A წერტილზე სამკუთხედის საშუალებით.

ავიღოთ ფარგალი რბილი ფანქრის გულით და O ცენტრიდან შემოვხაზოთ საძებნი ხაზის სისქის რკალი (A წერტილიდან წრეხაზის სიგრძის ნახევარზე მეტი);

ავიღოთ იგივე რბილი ფანქარი და სახაზავი დავადოთ მხებს ისე, რომ ფანქრის წვერი ზუსტად დაედოს შეუღლების წერტილს და ამ წერტილიდან გავატაროთ იმავე სისქის სწორი ხაზი, რომელიც ამართულ მართობს გაჰყვება. ამ ამოცანის ტუშით შესრულება უფრო ადვილია და იგი სრულდება აღნიშნული თანმიმდევრობით.

გამოხაზვა მდოვრედ გადასვლისა სწორი ხაზიდან—წრეხაზზე, როცა შეუღლების წერტილი ძევს მოცემულ წრეხაზზე ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით.

მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი და მასზე მდებარე A წერტილი, რომელზედაც უნდა გავატაროთ სწორი ხაზი ისე, რომ ის იყოს მოცემული წრეხაზის მხები A წერტილში, ე. ი. ვიპოვოთ ისეთი სწორი ხაზი, რომელიც A წერტილში შეუღლდება მოცემულ წრეხაზთან. ავიღოთ ფარგალი მაგარი ფანქრის გულით, გავშალოთ მოცემული R რადიუსის ტოლად და ნებისმიერ O წერტილიდან შემოვხაზოთ წრეხაზი (მოცემული ხაზის სისქის). ავიღოთ ამ წრეხაზზე ნებისმიერად A წერტილი (ნახ. 92) და შევაერთოთ იგი წრეხაზის



ნახ. 92

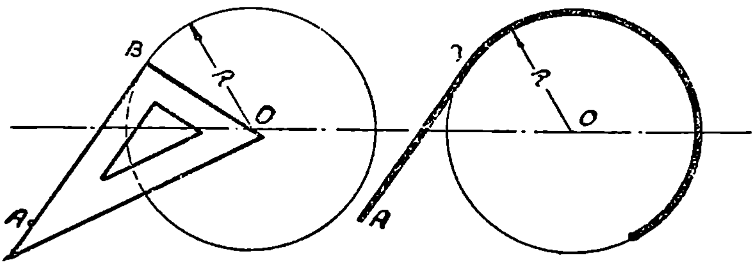
ცენტრთან (O წერტილთან). გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი გაშლილობით და A წერტილიდან, როგორც მონაკვეთის ბოლო წერტილიდან, შემოვხაზოთ რკალი; პირველი რკალისა და OA რადიუსის გადაკვეთის წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე; პირველი და მეორე რკალის გადაკვეთის წერტილიდან შემოვხაზოთ მესამე რკალი პირველი რკალის გადაკვეთამდე; პირველი და მესამე რკალის გადაკვეთის წერტილიდან შემოვხაზოთ მეოთხე რკალი მესამე რკალის გადაკვეთამდე. მიღებული წერტილი და წრეხაზზე მდებარე A წერტილი შევაერთოთ სწორი ხაზით. ეს არის მოცემული წრეხაზის მხები A წერტილში, რომელიც ამავე დროს არის საძებნი ხაზი. ავიღოთ ფარგალი რბილი ფანქრის გულით, შემოვხაზოთ წრეხაზის ცენტრიდან

კონტურის ხაზის სისქის რკალი A წერტილიდან წრეხაზის ნახევარზე მეტი სიგრძით; იმავე რბილი ფანქრით A წერტილიდან გავასქელოთ მიღებული მხები. ეს ამოცანა ტუშით სრულდება გაცილებით უფრო ადვილად, ვიდრე ფანქრით, რადგანაც თანაბარი სისქის ხაზების გავლება სატუშე კალმით უფრო ადვილია.

სწორი ხაზიდან წრეხაზზე მდოვრედ გადასვლის გამოხაზვა, როცა წერტილი ძევს შესაუღლებელი წრეხაზის გარეთ. განვიხილოთ ამ მაგალითის შესრულება, როგორც სამკუთხედის. ისე ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით.

სწორი ხაზიდან წრეხაზზე მდოვრედ გადასვლის გამოხაზვა, როცა შეუღლების წერტილი არ ვიცით სად ძევს, მაგრამ მოცემულია წრეხაზის გარეშე მდებარე წერტილი, რომელზედაც უნდა გაიაროს სწორმა ხაზმა (სამკუთხედის საშუალებით).

მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი და მის გარეშე მდებარე A წერტილი, რომელზედაც უნდა გაიაროს მოცემულ წრეხაზთან შესაუღლებელმა სწორმა ხაზმა. ავიღოთ ფარგალი მაგარი ფანქრის გულით, გავშალოთ ის მოცემული R რადიუსის ტოლად და ნებისმიერად აღებულ O წერტილიდან შემოვხაზოთ წრეხაზი (მოცემული ხაზის სისქის). ავიღოთ წრეხაზის გარეთა A წერტილი ნახ. 93). დავადოთ სამკუთხედი წრეხაზის ცენტრს ერთი კათეტით ისე, რომ



ნახ. 93.

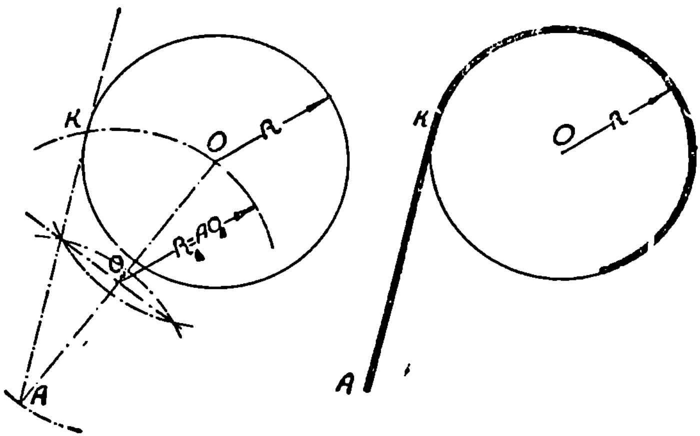
მეორე კათეტი გადიოდეს მოცემულ A წერტილზე და სწორი კუთხის წვერო მოთავსდეს წრეხაზზე. დავნიშნოთ წრეხაზზე ეს წერტილი, რომელიც ამ შემთხვევაში აღნიშნულია B ასოთი. B წერტილი არის მოცემულ A წერტილზე გამავალი სწორი ხაზის მოცემულ წრეხაზთან შეხების წერტილი, ე. ი. არის აღნიშნული სწორი ხაზის მოცემულ წრეხაზთან შეუღლების წერტილი. შეუღლების O ცენტრიდან, ამ შემთხვევაში მოცემულ წრეხაზის ცენტრიდან, R რადიუსის ტოლი გაშლილობით, რბილი ფანქრის გულიანი ფარგლით შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი B წერტილიდან წრეხაზის სიგრძის ნახევრამდე (კონტურის ხაზის სისქის). AB მონაკვეთიც გავასქელოთ რკალის სისქემდე.

ეს ამოცანა უფრო ზუსტად სრულდება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით, ამიტომ უფრო ხშირად მეორე ხერხი (ფარგლით აგება) გამოიყენება.

გამოხაზვა მდოვრედ გადასვლისა სწორი ხაზიდან წრეხაზზე, როცა არ ვიცით სად ძევს შეუღლების წერტილი, მაგრამ მოცემულია წრეხაზის გარეშე მდებარე წერტილი, რომელზედაც უნდა გაიაროს სწორმა ხაზმა (ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით).

მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი და მის გარეშე მდებარე A წერტილი, რომელზედაც უნდა გაიაროს მოცემულ წრეხაზთან შესაუღლებელმა სწორმა ხაზმა.

ავიღოთ ნებისმიერი წერტილი O, რომელზედაც, როგორც ცენტრზე, შემოვხაზოთ R რადიუსიანი წრეხაზი (მოცემული ხაზით), ავიღოთ ამ წრეხაზის გარეშე A წერტილი, რომელიც სწორი ხაზით შევაერთოთ O წერტილთან (ნახ. 94). გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი გაშლილობით და როგორც O, ისე A წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალები ურთიერთ ორ წერტილზე გადაკვეთამდე (ვასრულებთ მონაკვეთის შუა წერტილის პოვნას), გადაკვეთის წერტილები შევაერთოთ სწორი ხაზით, რომელიც AO მონაკვეთს გაჰკვეთს O_1 შუა წერტილში.



ნახ. 94.

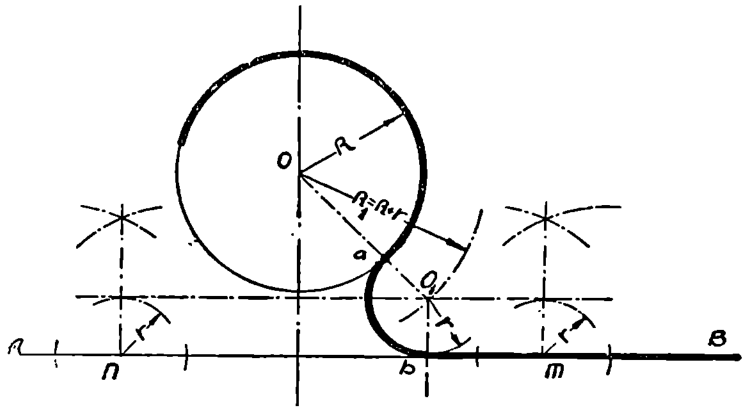
O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი, რომლის რადიუსი $R_1 = AO_1 = OO_1 \cdot K$ ასოთი ავღნიშნოთ წერტილი, რომელსაც მივიღებთ რკალის წრეხაზთან გადაკვეთით. K წერტილი არის შეუღლების წერტილი, ე. ი. A წერტილზე გამავალი სწორი ხაზის მოცემულ წრეხაზთან შეხების წერტილი. ავიღოთ ფარგალი რბილი ფანქრის გულით და K წერტილიდან წრეხაზის სიგრძის ნახევრამდე შემოვხაზოთ კონტურის ხაზის სისქის რკალი, რომლის ცენტრი იქნება O წერტილი. ისეთივე რბილი ფანქრის გულით გავასქელოთ AK მონაკვეთი ისე, რომ გადასვლის წერტილი არ ემჩნეოდეს.

სწორი ხაზისა და წრეხაზის რკალის შეუღლება მოცემული რადიუსით

სწორი ხაზის შეუღლება წრეხაზის რკალთან მოცემული რადიუსით როცა მოცემული ხაზი არ ეხება მოცემულ წრეხაზს. მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზი და AB სწორი ხაზის მონაკვეთი, რომელიც მოცემულ წრეხაზს არ ეხება; მოცემულია შეუღლების r რადიუსი, რომლითაც ეს AB მონაკვეთი უნდა გადავიყვანოთ მოცემულ წრეხაზზე მდოვრედ. AB მონაკვეთის დაშორება მოცემული წრეხაზის ცენტრიდან არ უნდა აღემატებოდეს წრეხაზის R რადიუსისა და გაორკეცებული შეუღლების რადიუსის ჯამს.

როგორც შესავალში აღვნიშნეთ, შეუღლებისათვის საჭიროა ვიპოვოთ: შეუღლების ცენტრი და შეუღლების წერტილი; განვიხილოთ მოცემული მაგალითის ამოხსნის წესი (ნახ. 95).

გავშალოთ ფარგალი მოცემული R რადიუსის ტოლად და ნებისმიერ O წერტილიდან, როგორც მოცემული წრეხაზის ცენტრიდან, შემოვხაზოთ წრეხაზი წვრილი მთლიანი ხაზით (მოცემული ხაზის სისქის). გავავლოთ სწორი ხაზის AB მონაკვეთი ისე, რომ ის არ ეხებოდეს წრეხაზს და მისი ცენტრიდან დავაშოროთ არა ნაკლები $R+2r$-ისა; სადაც R წრეხაზის რადიუსია და r შეუღლების რადიუსი.



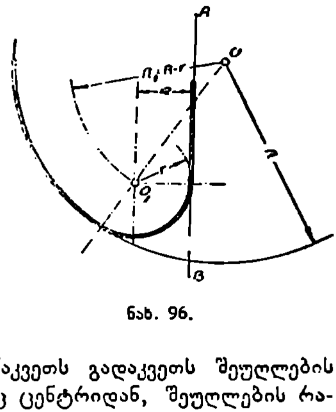
ნახ. 95.

ვიპოვოთ შეუღლების ცენტრი: რისთვისაც გავატაროთ AB მონაკვეთის პარალელური სწორი ხაზი, წრის მხარეზე r შეუღლების რადიუსის ტოლი დაშორებით. პარალელური ხაზის გატარებისათვის გამოვიყენოთ ერთ-ერთი ხერხი; ამ შემთხვევაში AB მონაკვეთზე ავიღოთ ორი ნებისმიერი m და n წერტილი და ავმართოთ ამ წერტილებიდან მართობები. გავშალოთ ფარგალი r შეუღლების რადიუსის ტოლად და როგორც m, ისე n წერტილიდან დავნიშნოთ ამ მართობებზე წერტილები; მიღებულ წერტილებზე გავატაროთ

სწორი ხაზი. გავშალოთ ფარგალი $R_1=R+r$ გაშლილობით და O წერტილიდან შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი AB მონაკვეთის პარალელური ხაზის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ O_1 ასოთი. O_1 წერტილი არის შეუღლების ცენტრი. ვიპოვოთ შეუღლების წერტილები. O_1 წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ O წერტილს. ეს ხაზი წრეხაზს გადაკვეთს შეუღლების წერტილში. აღვნიშნოთ ეს წერტილი a ასოთი. O_1 წერტილიდან გავატაროთ სწორი ხაზი AB მონაკვეთის მართობულად, რომლის AB მონაკვეთთან გადაკვეთა ავღნიშნოთ b ასოთი. მივიღეთ საძებნი წერტილები; O_1 არის შეუღლების ცენტრი, a და b წერტილები კი—შეუღლების წერტილები. გავშალოთ ფარგალი r შეუღლების რადიუსის ტოლად, საცენტრე ბოლო დავაბრჯენოთ O_1 წერტილში და a წერტილიდან b წერტილამდე შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი (რბილი ფანქრის გულით, კონტურის ხაზის სისქის); დავაბრჯენოთ ფარგალი O წერტილზე და R რადიუსის გაშლილობით a წერტილიდან გავასქელოთ მოცემული წრეხაზის რკალი. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია მკითხველს მოვაგონოთ, რომ ჯერ უნდა შემოიხაზოს რკალი და შემდეგ კი—გატარდეს ამ რკალის სისქის სწორი ხაზი. აქაც ასე მოვიქცევით და მივიღებთ ამოცანის პასუხს.

სწორი ხაზის შეუღლება წრეხაზის რკალთან მოცემული რადიუსით, როცა სწორი ხაზი მოცემულია წრეხაზის შიგნით (ე. ი. კვეთს წრეხაზს).

მოცემულია R რადიუსიანი წრეხაზის რკალი და მისი გამკვეთი AB მონაკვეთი. შეუღლების რადიუსი $=r$. O წერტილიდან შემოვხაზოთ R რადიუსიანი წრეხაზი; გავატაროთ AB მონაკვეთი შეუღლად (ნახ. 96). შეუღლების ცენტრის საპოვნელად, გავატაროთ AB მონაკვეთის პარალელური ხაზი მისგან r შეუღლების რადიუსის ტოლი დაშორებით. გავშალოთ ფარგალი $R_1 = R-r$-ის ტოლად და O წერტილიდან შემოვხაზოთ რკალი პარალელური ხაზის გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ O_1 წერტილით, რომელიც იქნება შეუღლების ცენტრი. შეუღლების წერტილის საპოვნელად O წერტილი შევუერთოთ O_1 წერტილს (ცენტრების შემაერთებელი სწორი ხაზია) და გავაგრძელოთ მოცემულ რკალთან გადაკვეთამდე; მიღებული წერტილი არის შეუღლების ერთი წერტილი; O_1 წერტილიდან AB სწორი ხაზის მართობულად



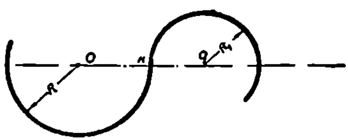
ნახ. 96.

გავატაროთ სწორი ხაზი, რომელიც AB მონაკვეთს გადაკვეთს შეუღლების მეორე წერტილზე. O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შეუღლების რადიუსის ტოლი გაშლილობით შემოვხაზოთ კონტურის ხაზის სისქის რკალი შეუღლების წერტილებს შორის. იმავე სისქის კონტურით გავასქელოთ მოცემული როგორც სწორი ხაზი ისე რკალიც.

წრეხაზის რკალების ურთიერთ შეუღლება

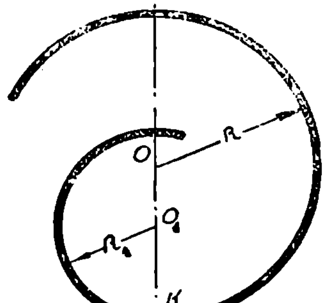
წრეხაზების რკალების ურთიერთ შეუღლება გარეგანი შეხებით. ეს ამოცანა ტექნიკურად მრავალი მაგალითებით განიხილება; ჩვენ კი განვიხილოთ ერთი კერძო შემთხვევა, სადაც მოცემულია ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის ერთი რკალის გადასვლა მეორე რკალზე ისე, რომ გადასვლის წერტილი შეუმჩნეველი იყოს (ნახ. 97). მოცემულია ერთი წრეხაზის R რადიუსი და მეორე წრეხაზის R_1 რადიუსი; $OO_1 = R + R_1$ (ცენტრებს შორის მანძილი უდრის მოცემული რადიუსების ჯამს).

გავავლოთ ღერძის ხაზი, რომელზედაც ავიღოთ O წერტილი; გავშალოთ ფარგალი (რბილი ფანქრის გულით) R რადიუსის ტოლად და აღებულ O ცენტრიდან საძებნი ხაზის სისქით (კონტურის ხაზის სისქის) შემოვხაზოთ რკალი აღებული სწორი ხაზის K წერტილზე გადაკვეთამდე; K წერტილი არის შეუღლების წერტილი. გავშალოთ ფარგალი R_1 რადიუსის ტოლად და ფანქრიანი წვერო დავაბრჯინოთ შეუღლების K წერტილზე; სადაც საცენტრე წვერო მოხვდება აღებულ სწორს — იქნება მეორე ცენტრი, რომელიც აღვნიშნოთ O_1 ასოთი. O_1 ცენტრიდან შემოვხაზოთ იმავე სისქის წრეხაზი მეორე მიმართულებით: ეს იქნება წრეხაზის სხვადასხვა რადიუსიანი რკალების მდოვრედ გადასვლა გარეგანი შეხებით.



ნახ. 97.

წრეხაზების რკალების ურთიერთ შეუღლება შინაგანი შეხებით. მოცემულია ერთი წრეხაზის R რადიუსი და მეორე წრეხაზის R_1 რადიუსი; ამ წრეხაზების ცენტრები O და O_1 ორივე იმყოფება R რადიუსიანი წრეხაზის დიამეტრზე, სადაც $OO_1 = R - R_1$ გავავლოთ ღერძის (ცენტრის) ხაზი; გავშალოთ ფარგალი (რბილი ფანქრის გულით) R რადიუსის ტოლად და ღერძის (ცენტრის) ხაზზე აღებულ O წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ წრეხაზი (საძებნი, ე. ი. კონტურის ხაზის სისქის) ღერძის ხაზის K წერტილზე გადაკვეთამდე; K წერტილი არის შეუღლების წერტილი. გავშალოთ ფარგალი R_1 რადიუსის ტოლად და ფანქრიანი წვერო დავამთხვიოთ K წერტილზე, საცენტრე ბოლო კი მოვახვედროთ წრეხაზის შიგნით დიამეტრზე. ეს წერტილი აღვნიშნოთ O_1 ასოთი; O_1 წერტილიდან, როგორც ცენტრდან შემოვხაზოთ რკალი ისე, რომ ამ რკალების ურთიერთ გადასვლის K წერტილი იყოს შეუმჩნეველი.

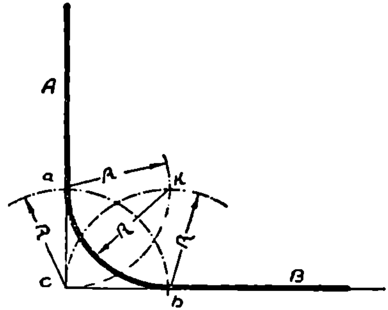


ნახ. 98.

ორი ურთიერთ გადამკვეთი სწორი ხაზის მოცემული რადიუსით შეუღლება

ეს ამოცანა მრავალი სხვადასხვა შემთხვევისათვის შეიძლება განვიხილოთ, რაც დამოკიდებული იქნება ამ დახრილი ხაზების ხასიათზე (შეიძლება კვეთდეს ან არ კვეთდეს ერთიმეორეს). ჩვენ განვიხილოთ პრაქტიკულად უფრო ხშირი შემთხვევები, როდესაც ეს გადამკვეთი სწორი ხაზები შეადგენენ: მართ კუთხეს, მახვილ კუთხეს და ბლაგვ კუთხეს.

ორი ურთიერთ მართობული სწორი ხაზის (მართი კუთხის) მოცემული რადიუსით შეუღლება. მოცემულია მართი კუთხე ACB და შეუღლების R რადიუსი (ნახ. 99). უნდა ვიპოვოთ ამ ორი სწორი ხაზის (AC და BC) ერთიმეორესთან R რადიუსიანი რკალით შეუღლების ცენტრი და შეუღლების წერტილები, რომელთა დახმარებით ეს ორი სწორი ხაზი უნდა გადავიყვანოთ ერთიმეორეზე მდოვრედ ისე, რომ შეუღლების წერტილები შეუმჩნეველი დარჩეს. ავაგოთ ACB მართი კუთხე (წვრილი მთლიანი ხაზით, როგორც მოცემული კუთხე); გავშალოთ ფარგალი შეუღლების R რადიუსის ტოლად და მართი კუთხის წვეროდან (C წერტილიდან), როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ რკალი AC და BC გვერდების გადაკვეთამდე; გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ a და b ასოებით.

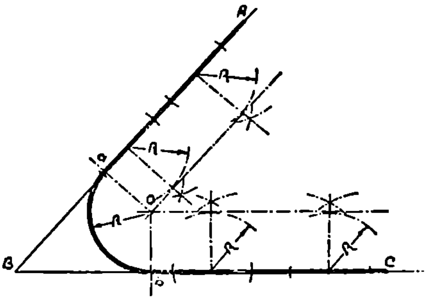


ნახ. 99.

a და b წერტილებიდან შემოვხაზოთ იმავე რადიუსით რკალები ურთიერთ გადაკვეთამდე; რკალების გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ K ასოთი; ეს არის შეუღლების ცენტრი. a და b წერტილები არის შეუღლების ზღვრები. ავიღოთ ფარგალი რბილი ფანქრის გულით და შეუღლების ცენტრიდან შემოვხაზოთ საძებნი ხაზის სისქით წრეხაზის რკალი შეუღლების წერტილებს შორის. ავიღოთ იგივე რბილი ფანქარი და სახაზავით იმავე სისქის ხაზებით გავაგრძელოთ შეუღლების წერტილებიდან კუთხის გვერდები: მივიღეთ მართი კუთხის შეუღლება მოცემული რადიუსით, რაც ტუშით შემოვლის დროსაც იმავე თანმიმდევრობით ხდება, როგორც ფანქრით.

მახვილი კუთხის მოცემული რადიუსით შეუღლება. მოცემულია მახვილი კუთხე ABC და შეუღლების რადიუსი R. ვიპოვოთ AB ხაზის შეუღლება BC ხაზთან R რადიუსიანი მრუდით ისე, რომ გადასვლის წერტილები შეუმჩნეველი იყოს. ავმართოთ კუთხის ორივე გვერდზე ორ-ორი მართობი (მართობის ამართვის განხილული წესით, რომელიც ნახაზიდან ნათლად ჩანს); გავშალოთ ფარგალი შეუღლების R რადიუსის ტოლად და მოვზომოთ ამ მართობებზე წერტილები (ნახ. 100). ავიღოთ მაგარი ფანქარი და სახაზავით გავატაროთ მიღებულ წერტილზე მახვილი კუთხის გვერდების პარალელური სწორი ხაზები (პარალელური ხაზების გატარების წესიც ამ ნახაზიდან ნათ-

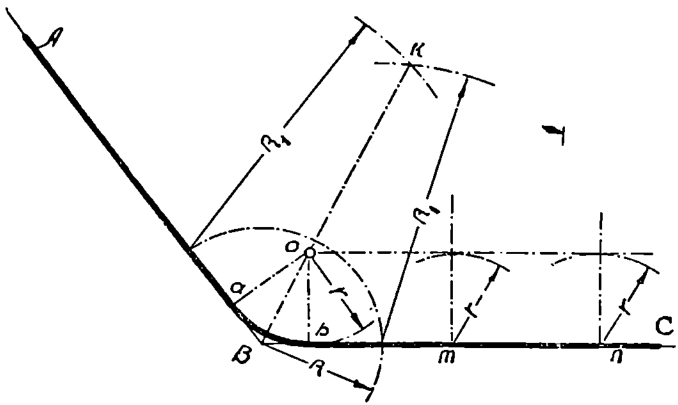
ლად ჩანს) ურთიერთ გადაკვეთამდე; გადაკვეთის წერტილი აღვნიშნოთ O ასოთი, რომელიც არის შეუღლების ცენტრი. დავუშვათ მართობები შეუღლების ცენტრიდან, ე. ი. O წერტილიდან კუთხის AB და BC გვერდებზე; ამ მართობების AB და BC გვერდებთან გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ a და b ასოებით. მიღებული წერტილები, ამ შემთხვევაში a და b



ნახ. 100.

არის შეუღლების წერტილები. ავიღოთ ფარგალი რბილი ფანქრის გულით და შეუღლების R რადიუსის ტოლი, ე. ი. $R=Oa_1=Ob$ მონაკვეთის გაშლილობით, O წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, შემოვხაზოთ საძებნი ხაზის (კონტურის ხაზის) სისქით წრეხაზის რკალი a-დან b წერტილამდე. ავიღოთ იგივე ფანქარი და სახაზავით გავაგრძელოთ შეუღლების წერტილებიდან იმავე სისქის ხაზით მახვილი კუთხის გვერდები: მივიღებთ მახვილი კუთხის შეუღლებას მოცემული შეუღლების რადიუსით.

ბლაგვი კუთხის მოცემული რადიუსით შეუღლება. მოცემულია ბლაგვი კუთხე ABC და შეუღლების რადიუსი r. ამ შემთხვევაში გამოვიყენოთ ბისექტრისისა და გვერდის პარალელური ხაზის გადაკვეთით შეუღლების ცენ-



ნახ. 101.

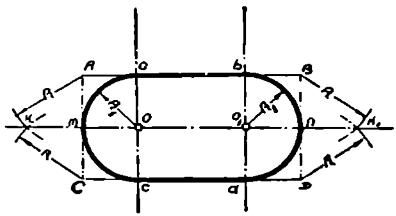
ტრის პოვნის წესი. ავიღოთ ფარგალი მაგარი ფანქრის გულით და გავშალოთ ნებისმიერი R რადიუსის ტოლად. B წერტილიდან შემოვხაზოთ წრეხაზის რკალი ბლაგვი კუთხის გვერდების გადაკვეთამდე (ნახ. 101) ამ გადა-

კვეთის წერტილებიდან ნებისმიერი R_1 გაშლილობით შემოვხაზოთ რკალები ურთიერთ გადაკვეთამდე; გადაკვეთის ეს წერტილი ავღნიშნოთ K ასოთი. სწორი ხაზით შევაერთოთ K წერტილი B წერტილთან (მივიღებთ ABC კუთხის ბისექტრისას). ბლაგვი კუთხის ერთ რომელიმე გვერდზე (ამ შემთხვევაში BC გვერდზე) მდებარე ნებისმიერ m და n წერტილზე ავმართოთ მართობები (სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით); გავშალოთ ფარგალი შეუღლების r რადიუსის ტოლად და, როგორც m ისე n წერტილიდან გადავზომოთ მართობებზე. მიღებულ წერტილებზე გავატაროთ სწორი ხაზი, რომელიც პარალელური იქნება BC გვერდის. BC გვერდის პარალელური ხაზის კუთხის ბისექტრისასთან გადაკვეთა ავღნიშნოთ C წერტილით, რომელიც არის შეუღლების ცენტრი. შეუღლების წერტილების საპოვნელად O წერტილიდან, როგორც AB, ისე BC გვერდებზე დაუშვათ მართობული სწორი ხაზები, რომელთა გადაკვეთა შესაბამ გვერდებთან ავღნიშნოთ a და b ასოებით (a და b არის შეუღლების წერტილები). O წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, r შეუღლების რადიუსის ტოლი გაშლილობით, რბილი ფანქრის გულიანი ფარგლით შემოვხაზოთ რკალი a და b წერტილებს შორის (კონტურის ხაზის სისქით). იმავე ფანქრით გავასქელოთ aA და bB მონაკვეთები ისე, რომ a და b წერტილები გახდეს შეუმჩნეველი.

ორი პარალელური სწორი ხაზის შეუღლება

ორი პარალელური სწორი ხაზის შეუღლება შეიძლება სხვადასხვა შემთხვევაში, რასაც პრაქტიკულად ძალიან ხშირად ვხვდებით. აქ განვიხილოთ მხოლოდ ორი შემთხვევა: მოცემული პარალელური ხაზები მართობის ერთ მხარეზეა და პარალელური ხაზები მართობის სხვადასხვა მხარეზეა.

ორი პარალელური სწორი ხაზის მონაკვეთების შეუღლება, როცა ისინი მართობის ერთ მხარეზეა. მოცემულია AB და CD პარალელური მონაკვეთები, რომლებიც უნდა შეუღლდეს. ამ შემთხვევაში შეუღლების რადიუსი გრაფიკულად მიიღება; იგი ამ ხაზებს შორის მანძილის ნახევრის ტოლი იქნება. შევაერთოთ მონაკვეთების ბოლოები, A წერტილი C წერტილთან და B წერტილი D წერტილთან (ნახ. 102). მიგიღებთ მართკუთხედს, რომელშიაც გავატაროთ AB და CD

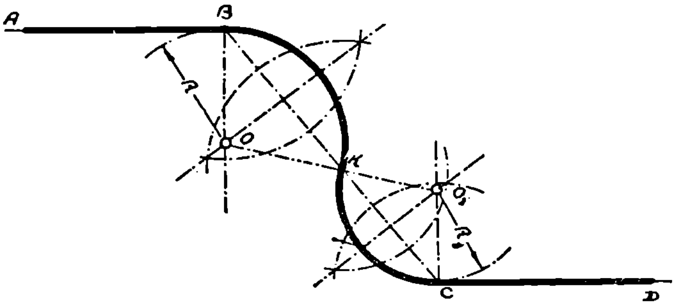


ნახ. 102.

გვერდებს შორის სიმეტრიის ხაზი; რისთვისაც გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი R რადიუსის ტოლად და A, C, B და D წერტილებიდან შემოვხაზოთ ურთიერთ გადამკვეთი რკალები, რომელთა გადაკვეთის K და K_1 წერტილი შევაერთოთ ღერძის ხაზით (სიმეტრიის ხაზით). ამ ხაზის გადაკვეთის წერტილები ავღნიშნოთ m და n ასოებით. გავშალოთ საზომი ფარგალი $mC = mA = nB = nD = \frac{AC}{2} = \frac{BD}{2}$ მონაკვეთის ტოლად; გადავზომოთ ეს სი-

დიდე A, C, m წერტილებიდან მარჯვნივ შესაბამ სწორ ხაზებზე და B, n, D წერტილებიდან კი მარცხნივ მივიღებთ: a, O, c, b, O_1, d წერტილებს, სადაც O და O_1 წერტილები არის შეუღლების ცენტრები, ხოლო a, c, b, d წერტილები კი შეუღლების წერტილები. გავშალოთ ფარგალი $R_1 = Oa = Oc = O_1b = O_1d$ შეუღლების რადიუსის ტოლად და, როგორც O, ისე O_1 შეუღლების ცენტრებიდან, შემოვხაზოთ რკალები შეუღლების a, c და b, d წერტილებამდე (კონტურის ხაზის სისქით). გავასქელოთ რკალების სისქემდე ab და cd მონაკვეთები ისე, რომ გადასვლა მოხდეს მდოვრედ, ე. ი. a, b, c, d წერტილები გახდეს შეუმჩნეველი.

ორი პარალელური სწორი ხაზის მონაკვეთების შეუღლება, როცა ისინი მართობის სხვადასხვა მხარეზეა. მოცემულია AB და CD მონაკვეთები (ნახ. 103). შევაუღლოთ ისინი შეუღლების სხვადასხვა რადიუსებით. B წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ C წერტილს. ავიღოთ BC ხაზზე ნებისმიერი K



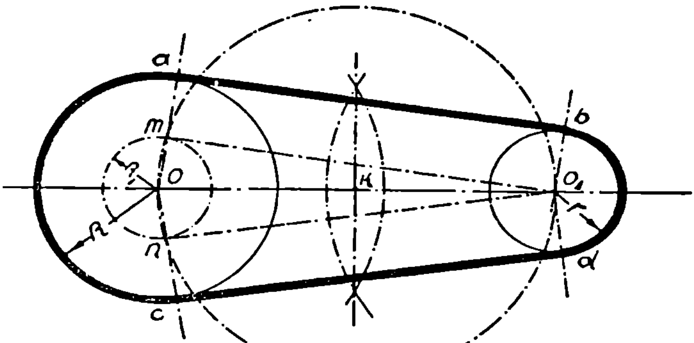
ნახ. 103.

წერტილი; B და C წერტილებიდან ავმართოთ მოცემული მონაკვეთების მართობები; გავატაროთ BK მონაკვეთის შუა წერტილზე მართობი (ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით) B წერტილზე ამართული მართობის გადაკვეთამდე, გადაკვეთის ეს წერტილი აღვნიშნოთ O ასოთი. ასევე მოვიქცეთ CK მონაკვეთის შუა წერტილზედაც, და მივიღებთ მართობების გადაკვეთის მეორე წერტილს, რომელიც აღვნიშნოთ O_1 ასოთი. O და O_1 წერტილები არის შეუღლების ცენტრები; საკონტროლოდ თუ შევაერთებთ O წერტილს O_1 წერტილთან სწორი ხაზით, ის გაივლის K წერტილზე (წინააღმდეგ შემთხვევაში შეუღლებას ვერ მივიღებთ). ავიღოთ ფარგალი რბილი ფანქრის გულით, გავშალოთ $R = OB = OK$ შეუღლების რადიუსის ტოლად და O წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, შემოვხაზოთ რკალი B წერტილიდან K წერტილამდე (კონტურის ხაზის სისქით); ასეთივე სისქის რკალი შემოვხაზოთ O_1 ცენტრიდან $R_1 = O_1C = O_1K$ რადიუსით K წერტილიდან C წერტილამდე. AB და CD მონაკვეთებიც გავასქელოთ ამავე სისქის ხაზებით ისე, რომ შეუღლების წერტილები ნახაზზე არ ემჩნეოდეს.

ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება

ეს შემთხვევა შეიძლება განხილული იქნას სხვადასხვა მაგალითებით, მაგრამ, ჩვენ განვიხილავთ ორ ძირითად შემთხვევას: როცა შეუღლება ხდება გარეგანი შეხებით და, როცა შეუღლება ხდება შინაგანი შეხებით. თითოეულ მათგანის შესრულებას განვიხილავთ სამკუთხედის საშუალებით და ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით.

ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით გარეგანი შეხებით. მოცემულია R რადიუსიანი და r რადიუსიანი წრეხაზები, რომელთა ცენტრებს შორის მანძილი OO_1 გარკვეულია (ნახ. 104).



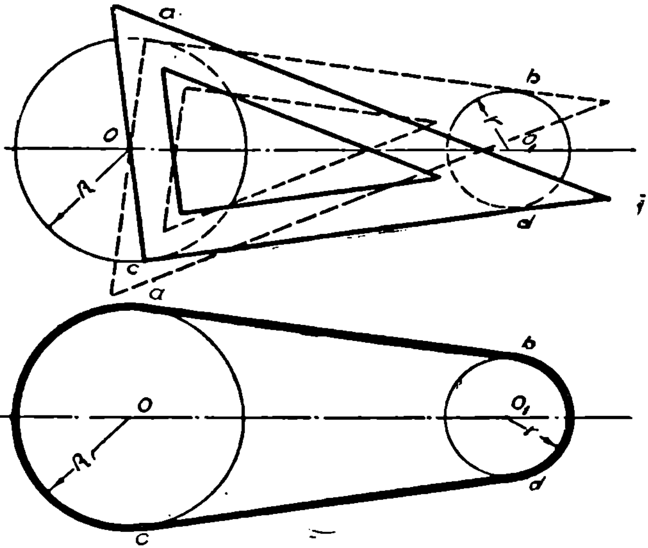
ნახ. 104.

გავშალოთ ფარგალი $R_1 = R - r$ რადიუსის ტოლად და O ცენტრიდან შემოვხაზოთ დამხმარე წრეხაზი (წყვეტილწერტილოვანი ხაზით); OO_1 ცენტრებს შორის შუა წერტილის საპოვნელად, გავშალოთ ფარგალი ნებისმიერი გაშლილობით და ორივე ცენტრიდან შემოვხაზოთ რკალები, რომელთა ურთიერთ გადაკვეთის წერტილების სწორი ხაზით შეერთება გვაძლევს K (შუა) წერტილს. დავაბჯინოთ ფარგალი K წერტილზე და გავშალოთ $KO = KO_1$ მონაკვეთის ტოლად; K წერტილიდან შემოვხაზოთ წრეხაზი, რომელიც გაივლის ორივე ცენტრზე. ამ დიდი წრეხაზის გადაკვეთა ალვნიშნოთ დამხმარე წრეხაზის ორივე წერტილზე m, n ასოებით. შევაერთოთ m და n წერტილები O_1 წერტილთან (მეორე წრეხაზის ცენტრთან); შევაერთოთ პირველი წრეხაზის O ცენტრი დამხმარე წრეხაზის ორივე m და n წერტილთან და განვაგრძოთ მოცემულ წრეხაზის გადაკვეთამდე; მივიღებთ მოცემულ დიდ წრეხაზზე ორ წერტილს, რომლებიც ალვნიშნოთ a და c ასოებით.

გავატაროთ მეორე წრეხაზის O_1 ცენტრიდან მართობი O_1m და O_1n სწორი ხაზების მიმართ; ამ მართობების გადაკვეთა მეორე (პატარა) წრეხაზთან ალვნიშნოთ b და d ასოებით. მიღებული a, b, c, d წერტილები შეუღლების წერტილებია. გავშალოთ ფარგალი (რბილი ფანქრის გულით) R რადიუსის

ტოლად და O წერტილიდან, როგორც შეუღლების ცენტრიდან, შემოვხაზოთ ac რკალი კონტურის ხაზით. გავშალოთ ფარგალი r რადიუსის ტოლად და O_1 ცენტრზე შემოვხაზოთ bd რკალი. იმავე სისქის ხაზით გავასქელოთ ab და cd მონაკვეთებიც რკალების სისქემდე ისე, რომ შეუღლების წერტილები შეუმჩნეველი გახდეს. განვიხილოთ იგივე მაგალითი სამკუთხედით შესრულებული.

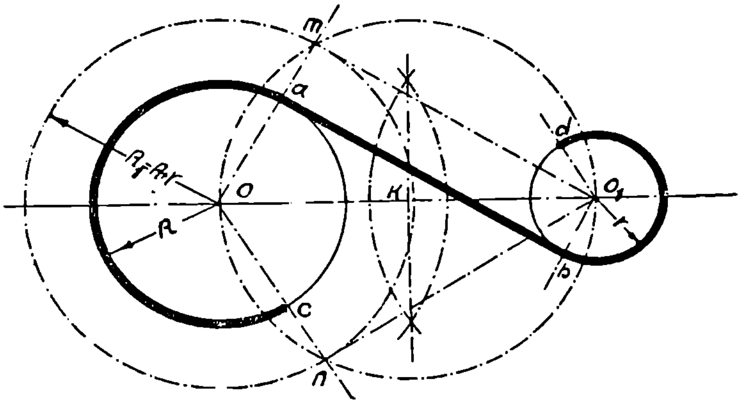
ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით, გარეგანი შეხებით. მოცემულია R და r რადიუსიანი წრეხაზები, რომელთა O და O_1 ცენტრებს შორის მანძილი გარკვეულია (ნახ. 105). დავადვათ სამკუთხედი უდიდეს წრეხაზს ისე, რომ ერთი



ნახ. 105.

კათეტი გადიოდეს O წერტილზე (წრეხაზის ცენტრზე), მეორე კათეტი კი გადიოდეს მეორე წრეხაზის მხებად და სწორი კუთხის წვერო იდოს წრეხაზზე. აღვნიშნოთ სწორი კუთხის წვეროს მდებარეობა დიდ წრეხაზზე a ასოთი, მეორე კათეტის მეორე წრეხაზთან შეხების წერტილი კი—b ასოთი; გადმოვაბრუნოთ სამკუთხედი მეორე გვერდზე და წრეხაზების მეორე მხარესაც ისეთივე წესით დავნიშნოთ ორი წერტილი c და d. მიღებული წერტილები a, b, c, d არის შეუღლების წერტილები; O და O_1 არის შეუღლების ცენტრები და R, r კი — შეუღლების რადიუსები. როგორც ვხედავთ შეუღლებისათვის საჭირო სამივე პირობა მიღებული გვაქვს, შევაუღლოთ ეს წრეხაზები ზემოთ აღნიშნული თანამიმდევრობით: ჯერ შემოვხაზოთ რკალები და შემდეგ კი გავასქელოთ სწორი ხაზები. როგორც ჩანს, ეს ამოცანა სამკუთხედით მარტივათ შესრულდა, მაგრამ, ამავე დროს ის ნაკლებად ზუსტია.

ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით. მოცემულია R და r რადიუსიანი, გარკვეული O, O_1 ცენტრებს შორის მანძილით დაშორებული წრეხაზები, რომლებიც უნდა შეუღლდეს ჯვარედინათ (შინაგანი შეხებით). გავშალოთ ფარგალი $R_1=R+r$ რადიუსის ტოლად და უდიდესი წრეხაზის O წერტილიდან შემოვხაზოთ დამხმარე წრეხაზი (ნახ. 106); ვიპოვოთ OO_1 მონაკვეთის შუა წერტილი K (ისეთივე წესით, როგორც გარეგანი შეხებით). K წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ $KO=KO_1$ რადიუსიანი წრეხაზი, რომლის გადაკვეთა დამხმარე წრეხაზთან აღვნიშნოთ m და n ასოთი. შევაერთოთ სწორი ხაზით Om და On წერტილები, რომლებიც გადაკვეთს მოცემულ დიდ წრეხაზს ორ წერტილზე; ეს წერტილები აღვნიშნოთ a და c ასოთი.



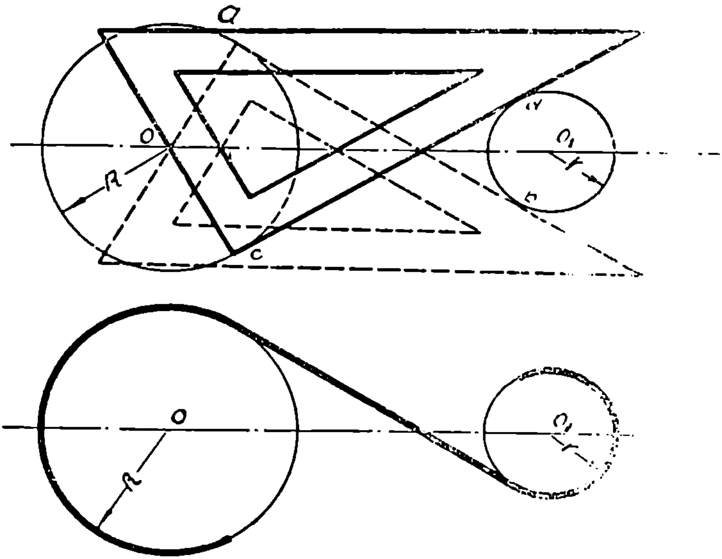
ნახ. 106.

m წერტილი და n წერტილი სწორი ხაზით შევუერთოთ O_1 წერტილს (პატარა წრეხაზის ცენტრს). ავმართოთ O_1 წერტილიდან mO_1 მონაკვეთის მართობი ღერძის მეორე მხარეს, ასევე მოვიქცეთ nO_1 მონაკვეთისათვისაც. ამ მართობების მეორე წრეხაზთან გადაკვეთის წერტილები აღვნიშნოთ b და d ასოებით. მიღებული a, b, c, d წერტილები არის შეუღლების წერტილები; O და O_1 შეუღლების ცენტრები და R, r კი — შეუღლების რადიუსები. გავშალოთ ფარგალი R რადიუსის ტოლად და O ცენტრიდან შემოვხაზოთ ac რკალი (კონტურის ხაზის სისქის). გავშალოთ ფარგალი r რადიუსის ტოლად და O_1 ცენტრიდან შემოვხაზოთ bd რკალი იმავე სისქის ხაზით. დავადოთ სახაზავი ab მონაკვეთს ისე, რომ ფანქრის წვერო ზუსტად ემთხვეოდეს a და b წერტილებს; შევაერთოთ ab მონაკვეთი რკალების სისქის ხაზით. ასეთივე წესით შეიძლება შეერთდეს c და d წერტილებიც. ნახაზზე დატოვებულია შეუერთებელი c და d წერტილები (აგებათა თანმიმდევრობის უფრო ნათელსაყოფად).

განვიხილოთ იგივე მაგალითი სამკუთხედით შესრულებული.

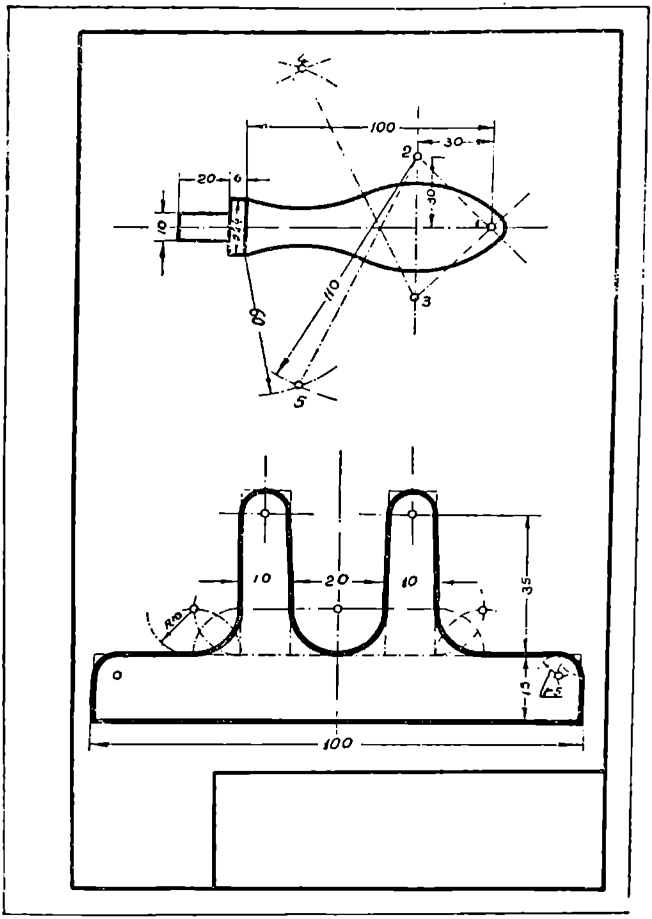
ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით შინაგანი შეხებით. მოცემულია R და r რადიუსიანი წრეხაზები, რომლებიც უნდა შეუღლდეს სწორი ხაზით (ჯვარედინად). OO_1 ცენტრებს შორის მანძილი მოცემულია (ან ნახაზიდან გარკვეულია).

დავადოთ სამკუთხედი უდიდეს წრეხაზს ისე, რომ ერთი კათეტი გადიოდეს დიდი წრეხაზის ცენტრზე და მეორე კათეტი იყოს მხებად მეორე წრეხაზისა, ცენტრებს შორის შემაერთებელი OO_1 მონაკვეთის გადაკვეთით. ამ დროს სწორი კუთხის წვერო უნდა იდოს დიდ წრეხაზზე. დავნიშნოთ წერტილები a



ნახ. 107.

და b. გადმოვაბრუნოთ სამკუთხედი და იგივე მოქმედება შევასრულოთ წრეხაზების მეორე გვერდებზე; მიღებული წერტილები ალვნიშნოთ c და d ასოებით. მიღებული a, b, c, d წერტილები არის შეუღლების წერტილები; O და O_1 შეუღლების ცენტრები; R და r კი — შეუღლების რადიუსები. როგორც ვხედავთ, შეუღლებისათვის საჭირო სამივე პირობა მიღებული გვაქვს. შევაუღლოთ ეს წერტილები ზემოთ განხილული თანმიმდევრობით, ე. ი. ჯერ შემოვხაზოთ რკალები და შემდეგ კი — შევაერთოთ ისინი სწორი იმავე სისქის ხაზებით. 108-ე ნახაზზე შესრულებულია მე-5 სავალდებულო სამუშაო, რომელიც გათვალისწინებულია საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამაში (1949 წ.). ეს სავალდებულო სამუშაო შეიცავს ისეთ ორ მაგალითს, სადაც:



ნახ. 108.

პირველი შეიცავს წრეხაზის რკალების შეუღლებას, როგორც შინაგანი ისე გარეგანი შეხებით, მეორე კი — სწორი ხაზების შეუღლებას, როცა ისინი ურთიერთ პარალელურია ან ურთიერთ მართობული.

განვიხილოთ პირველი მაგალითის შესრულების წესი. როგორც ნახაზიდან ვხედავთ, ამ მაგალითში განხილულია სახელურის გამოხაზვის ხერხები, რომელიც შემდეგი თანმიმდევრობით სრულდება: გავატაროთ ღერძის ხაზი; ავაგოთ ამ ღერძის ხაზზე მართკუთხედი სიგანით 10 მმ და სიგრძით 20 მმ. ამ მართკუთხედს მივახაზოთ მეორე მართკუთხედი, განით 6 მილიმეტრი და სიგრძით 24 მილიმეტრი. გადავზომოთ მეორე მართკუთხედის მარჯვენა ნაპირიდან ღერძზე 100 მილიმეტრი; მიღებული წერტილი მივიღოთ შეუღლების პირველ ცენტრად. შეუღლების პირველი ცენტრიდან ღერძზე მარცხნივ გადმოვზომოთ 30 მილიმეტრი და მიღებულ წერტილზე გავატაროთ ღერძის ხაზის მართობული სწორი ხაზი. გავშალოთ ფარგალი 30 მილიმეტრზე და გადავზომოთ მიღებული წერტილიდან ამ მართობზე ღერძის ხაზის ორივე მხარეს; მივიღებთ ორ წერტილს: ესენი იქნება შეუღლების მეორე (ღერძის ხაზის ზემოთ) და მესამე (ღერძის ხაზის ქვემოთ) ცენტრები. გავშალოთ ფარგალი 110 მილიმეტრზე და შემოვხაზოთ, როგორც მეორე, ისე მესამე შეუღლების ცენტრებიდან (ღერძის მეორე მხარეს) რკალები მოპირდაპირე მიმართულებით. გავშალოთ ფარგალი 60 მილიმეტრზე და შემოვხაზოთ რკალები მეორე მართკუთხედის მარჯვენა ზედა და ქვედა წვეროებიდან თავისივე მხარეზე პირველად გავლებული რკალების გადაკვეთამდე. გადაკვეთის წერტილები იქნება შეუღლების მეოთხე (ღერძის ზემოთ) და მეხუთე (ღერძის ქვემოთ) ცენტრები. შეუღლების ზღვრების საპოვნელად შევაერთოთ: მეორე და მეხუთე ცენტრები, მესამე და მეოთხე ცენტრები. გავშალოთ ფარგალი 60 მილიმეტრზე და შეუღლების მეოთხე და მეხუთე ცენტრებიდან შემოვხაზოთ რკალები მეორე მართკუთხედის მარჯვენა ზედა და ქვედა წვეროებიდან ზღვრებამდე.

შეუღლების მეორე ცენტრი შევუერთოთ პირველს და განვაგრძოთ. ასევე შევუერთოთ მესამე ცენტრი პირველს და განვაგრძოთ.

გავშალოთ ფარგალი 50 მილიმეტრზე და, როგორც მეორედან, ისე მესამე ცენტრიდან, შემოვხაზოთ რკალები ზღვრების გადაკვეთამდე. მარცხენა წერტილზე ის უკვე შეუუღლდება პირველ რკალებს; გავშალოთ ფარგალი პირველი ცენტრიდან ბოლო შეუღლების წერტილამდე და პირველი ცენტრიდან შევაუღლოთ დარჩენილი ბოლო. მიღებული შეუღლებანი და მართკუთხედები გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქემდე.

მეორე მაგალითად გამოხაზულია მანქანის ისეთი მარტივი ნაწილი, სადაც გამოყენებულია: ორი პარალელური ხაზის შეუღლება, მოცემული რადიუსით მართიკუთხის შეუღლება. ეს მაგალითი შემდეგი თანმიმდევრობით სრულდება: გავატაროთ ღერძის ხაზი (შვეულად), რომელზედაც ავიღოთ ნებისმიერი წერტილი და ამ წერტილზე გავატაროთ ღერძის ხაზის მართობული სწორი ხაზი (თარაზულად). პირველი წერტილიდან (რომელიც ღერძზე ავიღეთ) ზემოთ გადავზომოთ 15 მილიმეტრი; ამ მეორე წერტილზე გავატაროთ პირველ წერტილზე გამავალი ხაზის პარალელური; როგორც პირველი,

ისე მეორე წერტილებიდან, მარცხნივ და მარჯვნივ გადავზომოთ 50 მილიმეტრი; მიღებული 4 წერტილი შევაერთოთ; მივიღებთ მართკუთხედს, რომლის სიგრძე = 100 მილიმეტრს და სიგანე = 15 მილიმეტრს. მიღებულ მართკუთხედზე მეორე წერტილიდან, როგორც, მარცხნივ, ისე მარჯვნივ ორჯერ გადავზომოთ 10 მილიმეტრი და მიღებულ წერტილებზე გავატაროთ ღერძის ხაზის პარალელური ხაზები; მიღებულ ორ წყვილ, ღერძის ხაზის პარალელურ ხაზებზე ქვევიდან ზევით გადავზომოთ 40 მილიმეტრი და გავატაროთ სწორი ხაზი: მივიღებთ კიდევ ორ მართკუთხედს, რომელთა სიგანე = 10 მილიმეტრს და სიგრძე = 40 მილიმეტრს. მართკუთხედების ღერძის ხაზის მხარეზე მყოფი გვერდები შევაუღლოთ ერთი-მეორესთან პარალელური ხაზების შეუღლების წესით. ასევე შევაუღლოთ თითოეული მართკუთხედების ზედა წვეროებიც. ამ მართკუთხედების მარცხენა და მარჯვენა განაპირა გვერდები დიდ მართკუთხედთან შევაუღლოთ მართი კუთხის შეუღლების წესით, როცა შეუღლების რადიუსი = 10 მილიმეტრს. დიდი მართკუთხედის მარცხენა ზედა და მარჯვენა ზედა წვეროები შევაუღლოთ, როგორც მართი კუთხე, როცა შეუღლების რადიუსი = 5 მმ. მიღებული შეუღლების რკალები შემოვხაზოთ კონტურის სისქის ხაზებით; ასეთივე სისქის გავხადოთ სწორი ხაზის მონაკვეთებიც. ამ ნახაზის ახსნის დროს ჩვენ დეტალურად არ განვიხილეთ შეუღლებათა ზოგიერთი მარტივი მაგალითები, არც პარალელური და მართობული ხაზების გავლებაზე შევჩერებულვართ იმ იმედით, რომ მკითხველი, თუ მას დაავიწყდება აგებათა აღნიშნული ხერხები, მიმართავს ამავე სახელმძღვანელოში ზემოთ განხილულ მაგალითებს. მიღებული სავალდებულო სამუშაოს შესრულება ხდება a4 ფორმატზე, ე. ი. ქაღალდის ზომა იქნება 203×288 მილიმეტრი, 108 ნახაზზე გამოხაზული ფორმით; ჩარჩოს მარჯვენა ქვედა კუთხეში გამოიხაზება წარწერის მართკუთხედი 40×120 მილიმეტრი, ან 40×173 მილიმეტრი. წარწერის მართკუთხედში ჩაიწერება ისე, როგორც მე-4 სავალდებულო სამუშაოზე, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ მე-4-ს მაგიერ ჩაიწერება მე-5 სავალდებულო სამუშაო.

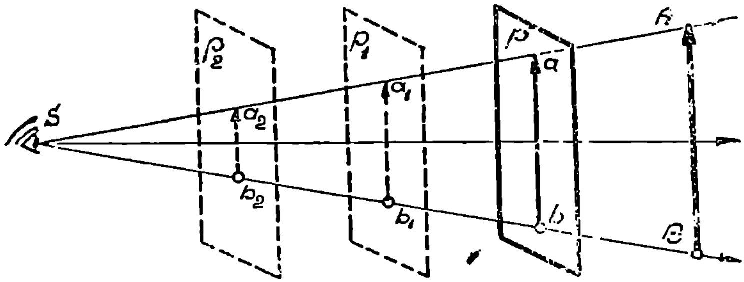
გეგმილური ხაზვის საფუძვლები

რომელიმე საგნის ერთ სიბრტყეზე (ქაღალდზე, დაფაზე) გამოსახვისათვის არსებობს სხვადასხვა მეთოდი. ამ მეთოდებიდან დამკვირვებელზე ყველაზე უფრო კარგ შთაბეჭდილებას სტოვებს განჭვრეტითი (პერსპექტიული) გამოსახულება, რომელიც შემდეგი წესით მიიღება: თუ მხედველობის ორგანოდან გამომავალი სხივები, რომლებიც სივრცეში მოთავსებულ AB სხეულის დამახასიათებელ წერტილებზე გადის და ჰკვეთს გამჭვირვალე P სიბრტყეს (ნახ. 109); მაშინ ამ AB სხეულის სურათი (გამოსახულება), P სიბრტყეზე იქნება ab. a წერტილს ეწოდება A წერტილის გეგმილი (ჩრდილი, გამოსახულება), b წერტილს ეწოდება B წერტილის გეგმილი; ab გამოსახულებას კი — ეწოდება AB სხეულის გეგმილი.

aA და bB სწორ ხაზებს, რომლებიც ამ შემთხვევაში S წერტილიდან გამოდიან — ეწოდება მაგეგმილებელი ხაზები; S წერტილს (მხედველობის ორ-

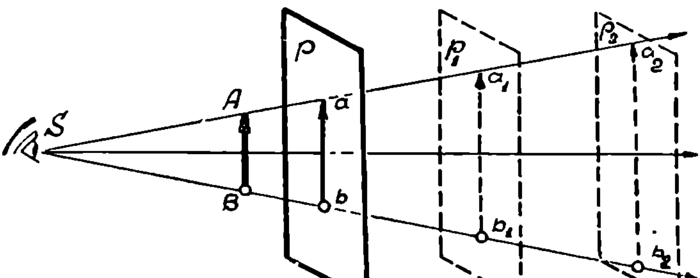
განოს), საიდანაც მაგეგმილებელი ხაზები (სხივები) გამოდიან — ეწოდება გეგმილთ ცენტრი; იმ სიბრტყეს (ჩვენს შემთხვევაში P სიბრტყეს), რომელზედაც ვღებულობთ სხეულის გამოსახულებას (სურათს) — ეწოდება სასურათო ან გეგმილთსიბრტყე; მთლიანად განხილულ მოქმედებას კი — ეწოდება დაგეგმილება.

როგორც აღვნიშნეთ, ამ შემთხვევაში მაგეგმილებელი ხაზები ერთი (S) ცენტრიდან გამოდიან, ამიტომ ასეთ დაგეგმილებას ცენტრალური დაგეგმი-



ნახ. 109.

ლება ეწოდება. მართალია, ასეთი, ე. ი. ცენტრალური დაგეგმილება დამკვირვებელზე ახდენს კარგ შთაბეჭდილებას (რადგან დამკვირვებლის თვალიც ამ სისტემაზეა აგებული), მაგრამ მას ახასიათებს (ტექნიკური გამოყენების თვალსაზრისით) ნაკლოვანებაც, რაც შემდეგში მდგომარეობს: ცენტრალური დაგეგმილების დროს საგნის გამოსახულების (გეგმილის) სიდიდე დამოკიდებუ-

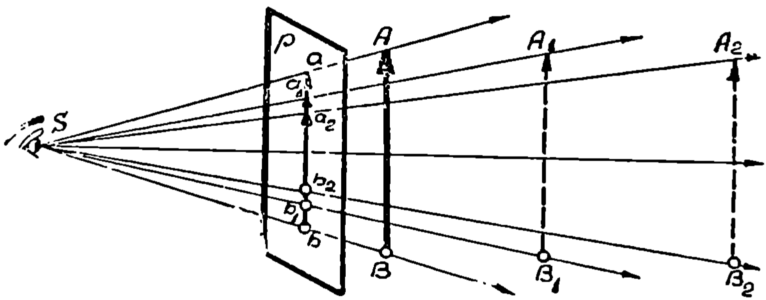


ნახ. 110.

ლია გეგმილთსიბრტყის მდებარეობაზე და ის, თუ თვით სხეულზე არ გავატარეთ (ე. ი. დასაგეგმილებელი სხეული გეგმილთსიბრტყეზე ძევს), არასდროს ნამდვილ სიდიდეს არ მოგვცემს; ეს ნათლად ჩანს 109-ე ნახაზიდან, სადაც AB-ს გეგმილი ერთ შემთხვევაში არის ab; მეორე შემთხვევაში — a_1b_1 და მესამე შემთხვევაში — a_2b_2; რომლებიც ნამდვილ სიდიდეზე ნაკლებია. მაგ-

რამ, თუ გეგმილთ P სიბრტყეს გადავიტანთ ისე, რომ გეგმილთ ცენტრი და AB დასაგეგმილებელი სხეული ერთ მხარეზე იყოს და გეგმილთ P სიბრტყე კი — მეორე მხარეზე, მაშინ მივიღებთ გადიდებულ გამოსახულებას (ნახ. 110). პირველ შემთხვევაში AB სხეულის გეგმილი P გეგმილთსიბრტყეზე იქნება ab, მეორე შემთხვევაში a_1b_1 და მესამე შემთხვევაში კი — a_2b_2; როგორც ნახაზიდან ჩანს, ეს გეგმილები მუდამ დიდია AB სხეულზე (სანამ AB თვით P სიბრტყეზე არ მოთავსდება).

ახლა განვიხილოთ ისეთი შემთხვევა, როცა დაგეგმილების S ცენტრსა და P გეგმილთსიბრტყეს შორის მანძილი უცვლელია, ვცვალოთ დასაგეგმილებელი AB სხეულის დაშორება გეგმილთ S ცენტრიდან, ე. ი. ვიხილავთ ისეთ შემთხვევას, რომელიც მხედველობის ორგანოს აგებულობის ანალოგიურია (ნახ. 111). პირველ შემთხვევაში განვიხილოთ AB დასაგეგმილებელი სხეულის გამოსახულება P გეგმილთ (სასურათო) სიბრტყეზე; ეს გამოსახულება წარმოადგენს ab გეგმილს. ვიგულისხმოთ, რომ AB სხეული გადაადგილდა

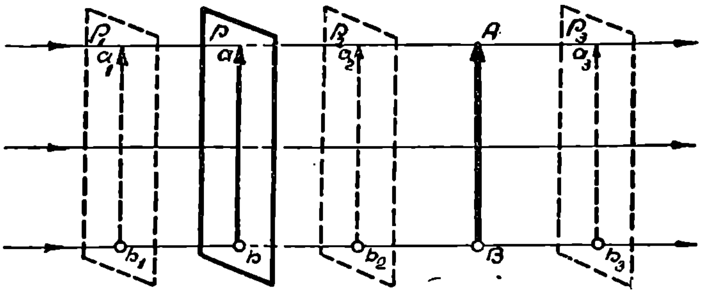


ნახ. 111.

და დაშორდა P გეგმილთსიბრტყეს, ან, უფრო სწორად რომ ვთქვათ, გეგმილთ ცენტრს (S წერტილს) რაღაც გარკვეული სიდიდით, — BB_1 მონაკვეთის ტოლად; მაშინ A_1B_1, რომელიც AB-ს ტოლია, P სიბრტყეზე დაგეგმილდება და მოგვცემს a_1b_1 გეგმილს; როგორც ნახაზიდან ჩანს, $a_1b_1 < ab$. განვიხილოთ მესამე შემთხვევა, როცა A_2B_2 გადაადგილდა რაღაც BB_2 მონაკვეთის ტოლად, მაშინ A_2B_2, რომელიც AB-ს ტოლია, P სიბრტყეზე დაგეგმილდება და მოგვცემს a_2b_2 გეგმილს, სადაც $a_2b_2 < a_1b_1 < ab$; თუ დავუკვირდებით 111-ე ნახაზს და ყურადღებას მივაქცევთ აქ მოყვანილ მოკლე განმარტებას, ადვილად დავრწმუნდებით, რომ ასეთი დაგეგმილების დროს საგნის გამოსახულების (გეგმილის) სიდიდე დამოკიდებულია გეგმილთ ცენტრსა და დასაგეგმილებელ სხეულს შორის მანძილზე, ე. ი. რამდენად მეტია დაშორება (მანძილი) გეგმილთ ცენტრიდან დასაგეგმილებელ სხეულამდე, იმდენად ნაკლებია ამ სხეულის გეგმილის სიდიდე, ან, უფრო სწორად რომ ვთქვათ (როგორც სინამდვილეში ხდება), რამდენადაც უფრო შორს მოვათავსებთ დამკვირვებლის თვალს ერთ და იგივე სხეულიდან, იმდენად უფრო პატარა გამოსახულებას (გეგმილს) მივიღებთ. აქედან შეიძლება გამოვიყვანოთ შემდეგი

დასკვნა: ცენტრალური დაგეგმილების დროს დასაგეგმილებელი სხეულის გეგმილის (გამოსახულების) სიდიდე დამოკიდებულია გეგმილთ ცენტრსა და დასაგეგმილებელ სხეულს შორის მანძილზე. ამიტომ, ცენტრალური დაგეგმილების დროს (როცა გვაქვს 111-ე ნახაზზე მოცემული შემთხვევა, ან რაც დამკვირვებლის მხედველობის ორგანოში ხდება), ის საგნები, რომლებიც გეგმილთ ცენტრთან უფრო ახლო არიან, დაგეგმილდებიან უფრო დიდად, ან კიდევ, რაც უფრო შორს არიან, დაგეგმილდებიან უფრო პატარად. ამიტომ არის, რომ, როდესაც გავყურებთ გასწვრივ დიდ შენობას, ახლო მდებარე ფანჯრები უფრო დიდი გვეჩვენება, ვიდრე უფრო შორს მდებარე ფანჯრები; სინამდვილეში კი ისინი ერთი და იგივე სიდიდისანი არიან (ამისი მაგალითი ჩვენ ამ სახელმძღვანელოს შესავალ ნაწილში უჩვენეთ პირველი ნახაზით).

თუ ვიგულისხმებთ გეგმილთ S ცენტრს უსასრულოდ შორს, მაშინ შეიძლება მაგეგმილებელი ხაზები ვიგულისხმოთ ურთიერთ პარალელურად და

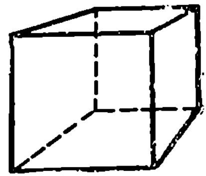


ნახ. 112.

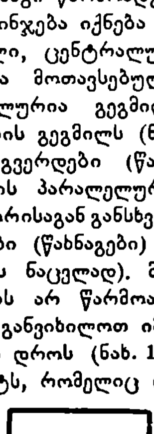
ცენტრალური დაგეგმილების ნაცვლად მივიღებთ პარალელურ დაგეგმილებას. ეს პარალელური სხივები (მაგეგმილებელი ხაზები) გეგმილთსიბრტყესთან თუ 90°-ს კუთხეს შეადგენენ (ე. ი. მაგეგმილებელი ხაზები მართობულია გეგმილთსიბრტყის), მივიღებთ პარალელურ, მართკუთხა, მართობულ („ორთოგონალურ“) დაგეგმილებას და ზემოაღნიშნული ნაკლოვანებაც (გეგმილების სიდიდეთა დამახინჯებაც) მოისპობა. ამის მარტივად დამტკიცებისათვის განვიხილოთ 112-ე ნახაზი. როგორც ამ ნახაზიდან ვხედავთ, მაგეგმილებელი ხაზები ურთიერთ პარალელურია და ისინი P გეგმილთ სიბრტყესთან 90°-ან კუთხეს ქმნიან. AB სხეულის გეგმილი P გეგმილთსიბრტყეზე იქნება ab, რომელიც AB-ს ტოლია; ასეთივე სიდიდეს მივიღებთ AB-ს დაგეგმილებით, თუ P სიბრტყეს გადავაადგილებთ პარალელურად, ან P გეგმილთსიბრტყეს დავტოვებთ ადგილზე და AB-ს გადავაადგილებთ პარალელურად. მართკუთხა პარალელური დაგეგმილების დროს დასაგეგმილებელი საგნის დაშორებას გეგმილთსიბრტყიდან, მის გეგმილზე არავითარი გავლენის მოხდენა არ შეუძლია, და ამ შემთხვევისათვის დაიწერება $ab = a_1b_1 = a_2b_2 = a_3b_3 = AB$.

პარალელური დაგეგმილების დროს, თუ გეგმილთსიბრტყეზე მაგეგმილებელი ხაზები არ ქმნიან 90°-ან კუთხეს, ე. ი. მაგეგმილებელი სხივები გეგმილთსიბრტყეს ეცემიან ირიბულად (არა მართობულად), მივიღებთ პარალელურ ირიბკუთხა დაგეგმილებას. ასეთ დაგეგმილებას ირიბკუთხა აქსონომეტრიასაც (აქსონომეტრია ბერძნული ზმნა არის და ნიშნავს ღერძების მიმართულებით ზომვას) უწოდებენ.

განვიხილოთ ზემოაღნიშნული დაგეგმილების მეთოდების გამოყენება რაიმე გეომეტრიული ტანების დაგეგმილების შემთხვევაში. მაგალითების განხილვის დროს გეომეტრიულ ტანებიდან ავირჩიოთ კუბი, რადგან მისი ყველა წახნაგი წარმოადგენს თანატოლ კვადრატს და მისი გეგმილებაში რაიმე დამახინჯება იქნება უფრო შესამჩნევი. 113-ე ნახაზზე მოცემულია კუბის გეგმილი, ცენტრალური დაგეგმილებით. კუბი სივრცეში ისეა მოთავსებული, რომ მისი ორი წახნაგი პარალელურია გეგმილთსიბრტყის. თუ განვიხილავთ ამ კუბის გეგმილს (ნახ. 113), ადვილი შესამჩნევია, რომ ის გვერდები (წახნაგები), რომლებიც გეგმილთსიბრტყის პარალელური იყო, მოგვცემს კვადრატებს (ერთიმეორისაგან განსხვავებული სიდიდით), დანარჩენი გვერდები (წახნაგები) კი მოგვცემს ტრაპეციას (კვადრატის ნაცვლად). მართალია, გეგმილი დასაგეგმილებელ კუბს არ წარმოადგენს, მაგრამ მისი მსგავსია.

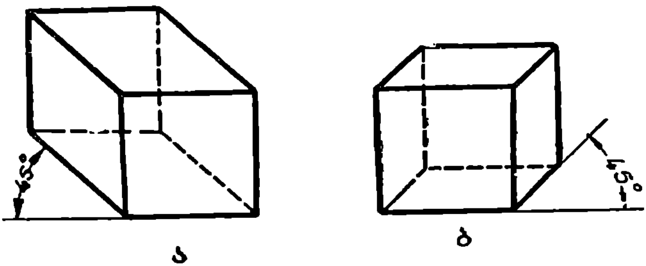

ნახ. 113.

განვიხილოთ იმავე კუბის გეგმილი პარალელური მართკუთხა დაგეგმილების დროს (ნახ. 114). ასეთ დაგეგმილებით კუბის გეგმილი იძლევა კვადრატს, რომელიც დასაგეგმილებელი კუბის წახნაგის ტოლია. მკითხველი ადვილად მიხვდება, რომ კუბი სივრცეში ისეა დაყენებული, რომ მისი ორი წახნაგი პარალელურია გეგმილთსიბრტყის და დანარჩენი ოთხი წახნაგი კი — მართობული. ამ ნახაზიდან ძნელი წარმოსადგენია, რომ ეს გეგმილი არის კუბის და არა პრიზმის, რომელსაც ფუძე კვადრატი აქვს, ან თვით კვადრატის, რომელიც გეგმილთსიბრტყის პარალელურია. ამიტომ, ასეთი დაგეგმილების დროს ერთ სიბრტყეზე გეგმილები ვერ იძლევა ნათელ წარმოდგენას დასაგეგმილებელ საგანზე და, ამიტომ იძულებული ვართ განვიხილოთ საგნის გეგმილი 2, 3 ან მეტ გეგმილთსიბრტყეზე, რასაც ჩვენ ქვევით უფრო დაწვრილებით განვმარტავთ.


ნახ. 114.

უფრო მეტი თვალსაჩინოებისათვის ხაზვაში გამოიყენებენ დაგეგმილების ისეთ მეთოდს, როდესაც გეგმილთ ერთ სიბრტყეზე დაგეგმილების დროს ერთდროულად მივიღებთ საგნის სამ გამოსახულებას ისე, რომ თითქოს საგანს ვუცქერით ცოტა გვერდიდან და ზემოდან; ასეთი დაგეგმილებისათვის ყველაზე გავრცელებულია ირიბკუთხა პარალელური დაგეგმილება (რომელზედაც ზემოთ გვქონდა ლაპარაკი), ან, რაც იგივეა, ირიბკუთხა აქსონომეტრია. ასეთი დაგეგმილების დროს კუბის გეგმილი გვაძლევს ორ თანატოლ

კვადრატს, და ოთხ თანატოლ პარალელოგრამს (ნახ. 115ა), რომლებიც ისეა შეერთებული, რომ წინა კვადრატი ხილვადია და უკანა — უხილავი; ზედა და ქვედა წახნაგებიდან ერთი პარალელოგრამი ხილვადია და ერთიც უხილავი; ასევე გვერდითი წახნაგებიდან, ერთი პარალელოგრამი ხილვადია და მეორე კი უხილავი, ე. ი. ერთდროულად ვხედავთ სამ წახნაგს, რომელთაგან ერთი კვადრატია (გეგმილი სიბრტყის პარალელური წახნაგის გეგმილი) და დანარჩენი ორი კი — პარალელოგრამი, რომელთა გვერდები ტოლია და უდრის



ნახ. 115.

კვადრატის გვერდს ანუ კუბის წიბოს სიგრძეს. ასეთ დაგეგმილებას ფრონტალურ დაგეგმილებას უწოდებენ. ხშირად ფრონტალური დაგეგმილების დროს ჩვენგან მიმართულ წიბოებს, რომლებიც 45°-თ არიან აწეული ჰორიზონტალური მიმართულებიდან, სიგრძით შეამცირებენ ორჯერ (ნახ. 115 ა), ე. ი. აიღებენ ნამდვილი სიდიდის 0,5-ს; მაშინ ასეთ დაგეგმილებას უწოდებენ კაბინეტურ დაგეგმილებას.

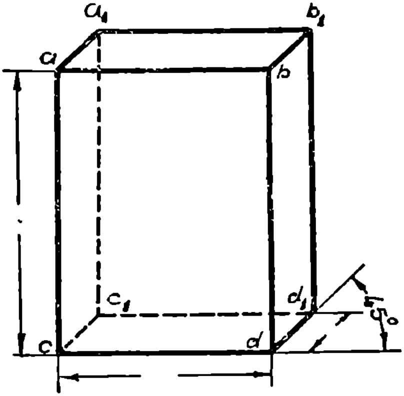
ფრონტალური (კაბინეტური) დაგეგმილებით მართკუთხა პარალელეპიპედის გამოსახვა

გეომეტრიიდან ვიცით, რომ მართკუთხა პარალელეპიპედი წარმოადგენს ისეთ გეომეტრიულ ტანს, რომლის ფუძეები და გვერდები მართკუთხედებს წარმოადგენენ. როგორც ვიცით, კაბინეტური დაგეგმილების დროს პარალელეპიპედის ორი წახნაგი (წინა და უკანა) უცვლელად გამოისახება გეგმილთსიბრტყეზე. ამიტომ პირველად (წვრილი მთლიანი დამხმარე ხაზით) გამოვხაზოთ პარალელეპიპედის წინა წახნაგი, რომელიც ისეთ მართკუთხედს წარმოადგენს, რომლის სიმაღლე უდრის პარალელეპიპედის სიმაღლეს და განი კი პარალელეპიპედის ფუძის სიგრძეს. გამოხაზული მართკუთხედის წვეროები აღვნიშნოთ a, b, c, d ასოებით (ნახ. 116). ამ მართკუთხედის მარჯვენა ქვედა წვეროდან (ამ შემთხვევაში d წერტილიდან) გავატაროთ სწორი ხაზი, რომელიც ჰორიზონტალური მიმართულებიდან აწეულია 45°-თ. გადავზომოთ ამ სწორ დახრილ ხაზზე პარალელეპიპედის განის ნახევარი და მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ d_1 ასოთი. გავავლოთ (სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით) dd_1 მონაკვეთის პარალელური ხაზები დანარჩენ (a, b და c) წვე-

როებიდანაც და გადავზომოთ dd_1 მონაკვეთის ტოლი, ე. ი. $dd_1=aa_1=bb_1=cc_1$. მიღებული წერტილები შევაერთოთ 116-ე ნახაზზე ნაჩვენები თანმიმდევრობით.

ნახაზის ზედმეტი ხაზებიდან გასუფთავების შემდეგ მიღებული პარალელეპიპედის წიბოები, რომლებიც ხილვადია, ამ შემთხვევაში: dd_1; bb_1 და aa_1, გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქემდე (დაახლოებით 1 მილიმეტრი). დანარჩენი წიბოები კი, რომლებიც უხილავია, ამ შემთხვევაში: a_1c_1, cc_1 და c_1d_1 გამოვხაზოთ წყვეტილი (უხილავი კონტურის) ხაზით.

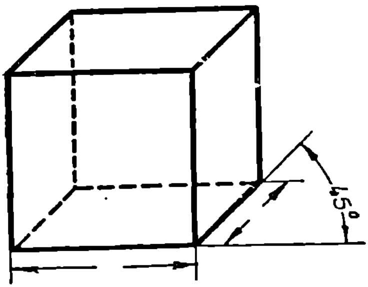
მიღებულ გამოსახულებაზე ზომები დაიწერება ნამდვილი სიდიდის მიხედვით, ე. ი. dd_1 წიბოს სიგრძეს დავაწერთ გამოხაზული სიგრძის ორჯერ მეტს; ac და cd წიბოების სიგრძე კი უცვლელნი გამოიხაზენ და ამიტომ მათი ზომებიც უცვლელნი დარჩებიან.



ნახ. 116.

ფრონტალური (კაბინეტური) დაგეგმილებით კუბის გამოსახვა

კუბის დაგეგმილება ხდება პარალელეპიპედის დაგეგმილების ანალოგიურად და ამავე დროს, ჩვენ ის შესავალ ნაწილში განვიხილეთ, ამიტომ მკითხველისათვის ნათელია მისი გამოსახვის ხერხები. მოცემულ (ამ შემთხვევაში ჩვენს მიერ წარმოდგენილი) კუბის წიბოს სიგრძის მიხედვით გამოვხაზოთ კვადრატი (ნახ. 117). კვადრატის წვეროებიდან ვავლებთ 45°-ანი კუთხით დახრილ ხაზებს, რომლებზედაც გადავზომავთ კვადრატის გვერდის ნახევარს (როგორც ჩვენგან მიმართული 45°-თ დახრილი ხაზები). მიღებულ წერტილებს შევაერთებთ და გასუფთავების შემდეგ კონტურის ხაზით შემოვუვლით ხილვად წიბოებს; უხილავ წიბოებს კი გამოვხაზავთ წყვეტილი ხაზით. ზომის დაწერა კუბზე საერთოდ მიღებულია მხოლოდ ერთი წიბოსათვის, მაგრამ ჩვენ აქ დავაწეროთ ჩვენგან მიმართულ წიბოსაც, რომ მკითხველმა ადვილად წარმოიდგინოს კაბინეტური დაგეგმილების დროს ჩვენგან მიმართული წიბოების განახევრება.

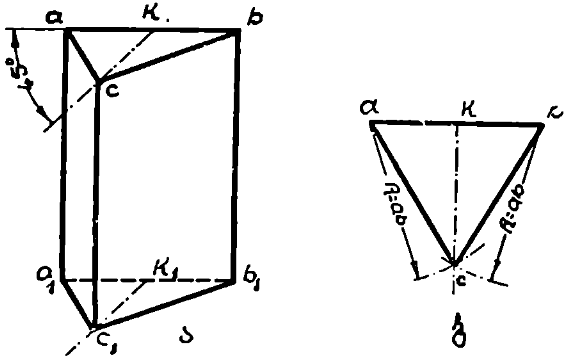


ნახ. 117.

ფრონტალური (კაბინეტური) დაგეგმილებით პრიზმის გამოსახვა

განვიხილოთ ისეთი სამკუთხა სწორი პრიზმის გამოსახვა კაბინეტური დაგეგმილებით, რომელსაც ფუძედ აქვს ტოლგვერდა სამკუთხედი. თვალსაჩინო გამოსახულების დროს საგნის დაყენება გეგმილთსიბრტყის მიმართ მხაზველზეა დამოკიდებული. დასაგეგმილებელი საგანი სივრცეში ისე უნდა დავაყენოთ, რომ ერთ სიბრტყეზე მისმა გამოსახულებამ თვით ამ საგანზე მოგვცეს ნათელი წარმოდგენა.

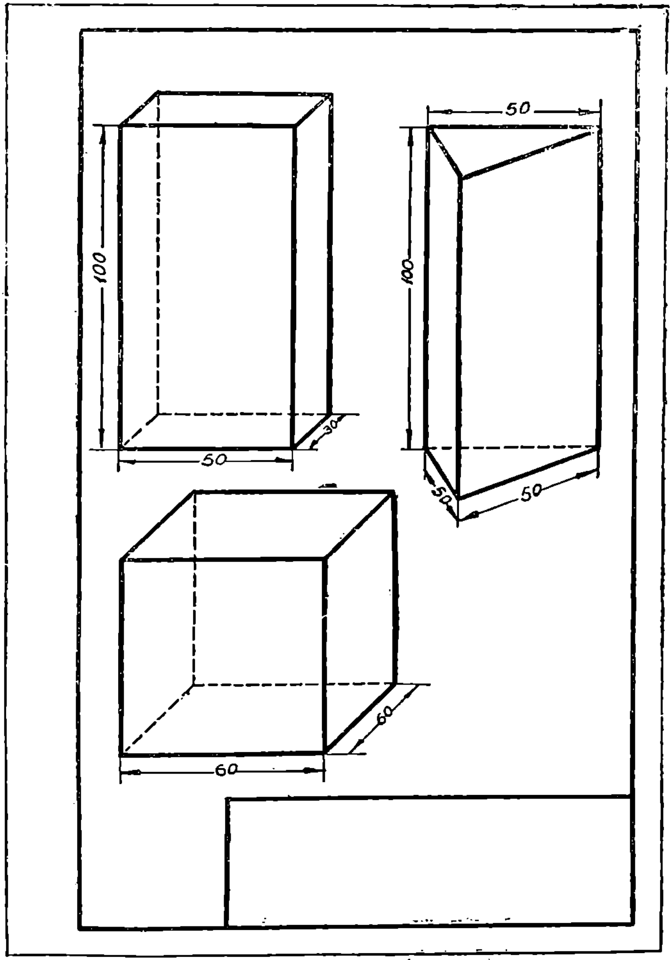
წარმოვიდგინოთ პრიზმი სივრცეში ისე, რომ მისი ერთი წიბო იყოს ჩვენკენ მიმართული, მაშინ, ცხადია, ერთი წახნაგი გეგმილთსიბრტყის პარალელურად დადგება და მასზე მოგვცემს ნამდვილ სიდიდეს (ნამდვილ სახეს)· ამიტომ ჯერ გამოვხაზოთ მიცემული ზომების მიხედვით მართკუთხედი (aba_1b_1), რომელიც წარმოადგენს პრიზმის ერთ წახნაგს (ნახ. 118 ა); ამ მართკუთხედის განი ტოლია პრიზმის ფუძის სამკუთხედის გვერდის და სიმაღ-



ნახ. 118.

ლე კი პრიზმის სიმაღლის. დანარჩენი წახნაგების მისაღებად საჭიროა ვიპოვოთ პრიზმის ფუძეების—სამკუთხედების დარჩენილი მესამე წვერო; რომელთა შეერთება გამოხაზული მართკუთხედის წვეროებთან მოგვცემს პრიზმის კაბინეტურ გეგმილს. აღნიშნული წვეროების ნახაზზე გადასატანად გამოვხაზოთ ფუძის სამკუთხედი abc (ნახ. 118 ბ). ვიპოვოთ ab გვერდის შუა წერტილი k და შევაერთოთ იგი c წერტილთან, მიღებული ck მონაკვეთი არის abc სამკუთხედის სიმაღლე.

როგორც ცნობილია, ტოლგვერდა სამკუთხედში ck მონაკვეთი ab გვერდის მართობია. ამ შემთხვევაში ab გვერდი გეგმილთსიბრტყის პარალელურია; ამიტომ ck მონაკვეთი კაბინეტური დაგეგმილების შემდეგ ab გვერდთან შეადგენს 45°-ან კუთხეს და სიდიდით განახევრდება (როგორც ჩვენკენ მიმართული, 45°-თ დახრილი წიბო). გადავიტანოთ k წერტილი ჩვენს მიერ-



ნახ. 119.

გამოხაზულ aba_1b_1 მართკუთხედზე: იგი ab გვერდის შუა წერტილზე მოთავსდება, ასევე ავიღოთ a_1b_1 გვერდის შუაწერტილზე k_1 წერტილი. გავატაროთ ab და a_1b_1 გვერდების მიმართ 45°-თ დახრილი ხაზები, რომლებზედაც გადავზომოთ ck მონაკვეთის ნახევარი. მიღებული წერტილები აღვნიშნოთ c და c_1 ასოებით. c და c_1 წერტილები არის პრიზმის ფუძეების მესამე წვეროები (რომლებსაც ვეძებდით), რომელთა შეერთება პრიზმის დანარჩენ წვეროებთან მოგვცემს პრიზმის კაბინეტურ გეგმილს. მიღებული ნახაზის ხილვადი წიბოები ამ შემთხვევაში: ab, ac, bc, aa_1, bb_1, cc_1, a_1c_1 და b_1c_1 გავასქელოთ კონტურის ხაზის სისქემდე; a_1b_1 კი, როგორც უხილავი, გავავლოთ წყვეტილი ხაზით. მიღებულ ნახაზზე დავაწეროთ მოცემული პრიზმის ნამდვილი ზომები.

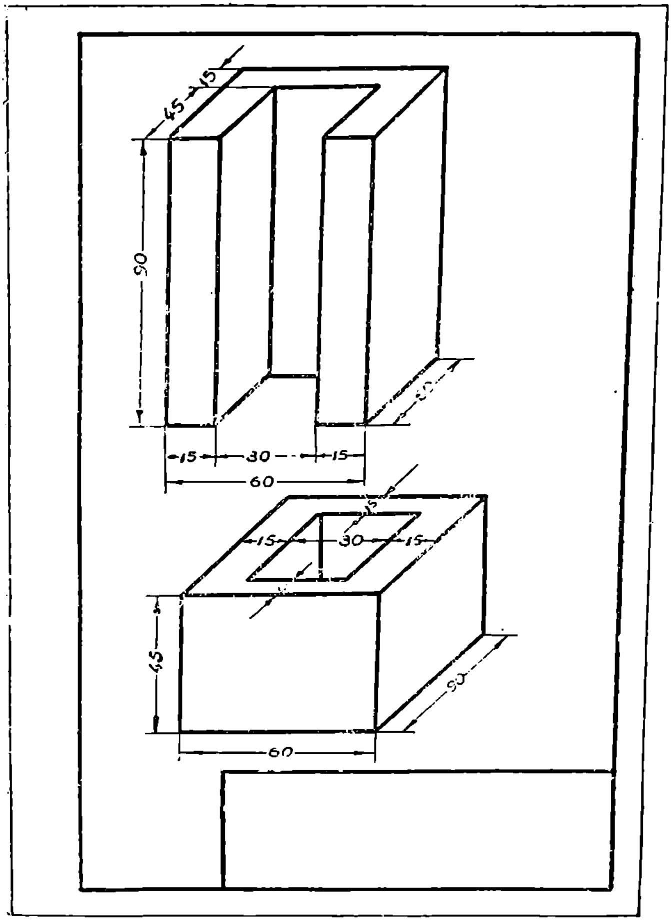
119-ე ნახაზზე გამოხაზულია მოცემული ზომებით უმარტივესი გეომეტრიული ტანების: კუბის, პარალელეპიპედისა და წესიერი სამკუთხა პრიზმის კაბინეტური გეგმილები, როცა ზომები მოცემულია. ეს ნახაზი შესრულებულია a4 ფორმატზე, ე. ი. 203×288 მმ ზომის ქაღალდზე და წარმოადგენს № 6 სავალდებულო სამუშაოს (საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამა, დამტკიცებულია 1949 წელს). ამ ნახაზის შესრულების პროცესი ჩვენს მიერ უკვე განხილულია და ის მკითხველს შეუძლია გამოხაზოს აღნიშნული წესით. ამ ნახაზის მარჯვენა ქვედა კუთხეში ჩაიწერება № 6 სავალდებულო სამუშაო, ნაცვლად ჩვენს მიერ განხილული № 5-სა.

120-ე ნახაზზე გამოსახულია კაბინეტური დაგეგმილებით ნატურიდან გამოხატვა მარტივი ფორმის ორი პრიზმისებრი სხეულის.

ეს ნახაზი სრულდება a4 ფორმატზე, ე. ი. 203×288 მმ ზომის ქაღალდზე და, ის წარმოადგენს № 7 სავალდებულო სამუშაოს (საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამა, დამტკიცებული 1949 წ.). ჩვენს მიერ შესრულებული ნახაზი მკითხველს საშუალებას მისცემს მოიგონოს ხატვის პროგრამიდან ცნობილი მეთოდები, და ეს სავალდებულო სამუშაო შეასრულოს ხელით, ნატურიდან, თვალზომით, უიარაღოდ. ჩვენს მიერ განხილული მასალის წესიერად შესწავლის შემდეგ ამ ამოცანის შესრულება სიძნელეს არ წარმოადგენს.

ნახატის შედგენის დროს მთავარი ყურადღება უნდა მიექცეს თვალზომით მუშაობას, ე. ი. საგნის ზომების პროპორციულად გადატანას ქაღალდზე. მიღებული ნახატის, რომელიც უფრო ნახაზს წააგავს, ჩრდილებით შესრულებას ჩვენ არ ვაწარმოებთ და მკითხველს ვუტოვებთ შესასრულებლად, იმ თვალსაზრისით, რომ მას ხატვის პროგრამიდან ასეთი სამუშაო ბევრი შეუსრულებია; საჭიროა ხატვიდან ხაზვაზე თანდათანობით ისე გადავიდეთ, რომ ხატვაში განვლილი მასალა გამოვიყენოთ ნატურიდან საგნის შავად (მიახლოებით) გამოსასახავად.

როგორც ვიცით, ნახატზე ზომების დაწერა საერთოდ არ არის მიზანშეწონილი და იგი ძალიან იშვიათად სრულდება, მაგრამ ჩვენს მიერ განხილული ნახატი, რომელიც კაბინეტური გეგმილებით არის მიღებული—შეიცავს ზომებს; ეს ზომები გამოსახატავი საგნის გაზომვის შედეგად არის მიღებული და ნახატის (რომელიც უფრო ნახაზის ხასიათს ატარებს) შესრულების შემდეგ დაიწერება ისე, როგორც არის ნაჩვენები 120-ე ნახაზზე.



Бэb. 120.

მართობული (ორთოგონალური) დაგეგმილების მეთოდები

გეგმილური ხაზვის მეთოდების შესწავლის დროს, ჩვენ განვიხილეთ, როგორც ცენტრალური, ისე პარალელური დაგეგმილება და აღვნიშნეთ, რომ ცენტრალური დაგეგმილების დროს მიღებული საგნის ნამდვილი სიდიდის დამახინჯების მოსასპობად შემოღებულია პარალელური დაგეგმილება (ე. ი. როცა გეგმილთ ცენტრი უსასრულოდ შორს არის და მაგეგმილებელი სხივები ურთიერთ პარალელურად იგულისხმება), როცა მაგეგმილებელი სხივები ურთიერთ პარალელურია და მართობია გეგმილთსიბრტყის; იქვე აღვნიშნეთ, რომ ასეთ დაგეგმილებას მართობული (ორთოგონალური) დაგეგმილება ეწოდება. ამ მეთოდით დაგეგმილებული საგნის გამოსახულება საშუალებას იძლევა ნახაზზე, გარკვეული ზომსადარით („მასშტაბით" — როცა ნახაზი სხეულის ნამდვილ სიდიდესთან შედარებით გარკვეული რიცხვით, რომელიც სტანდარტით არის ნებადართული, არის შემცირებული ან გადიდებული) წარმოვადგინოთ საგნის ნამდვილი სახე და მასზე დავაწეროთ საგნის ნამდვილი ზომები. დაგეგმილების ამ მეთოდის შესასწავლად განვიხილოთ საგნის დაგეგმილება ერთ, ორ და შემდეგ კი სამ გეგმილთსიბრტყეზე. შევთანხმდეთ, რომ სივრცეში აღებული წერტილი აღვნიშნოთ დიდი ასოთი, მაგ., A,B,C,D და ა. შ. მისი გეგმილები კი პატარა ასოთი, მაგ., a, b, c, d და ა. შ. საგნის გეგმილს ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე ვუწოდოთ ზემოდან ხედი (ზედხედი — გეგმა) და სიბრტყეს კი — თარზული გეგმილთსიბრტყე. საგნის გეგმილს შვეულ სიბრტყეზე ვუწოდოთ წინიდან ხედი (წინხედი, მთავარი ხედი) და სიბრტყეს კი — შვეული გეგმილთსიბრტყე. საგნის გეგმილს პროფილურ სიბრტყეზე ვუწოდოთ გვერდიდან ხედი (გვერდხედი) და სიბრტყეს კი — პროფილ გეგმილთსიბრტყე. გეგმილთსიბრტყეების ურთიერთ გადაკვეთის ხაზს ვუწოდოთ გეგმილთ ღერძი.

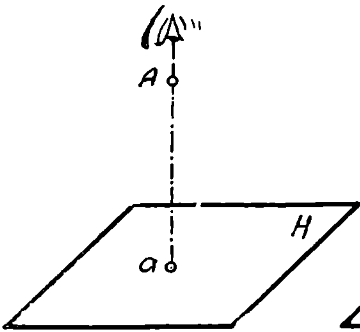
შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე A, B და ა. შ. წერტილის გეგმილი აღვნიშნოთ a′,b′ და ა. შ. (იკითხება „ა პრიმ", „ბ პრიმ"); თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე კი — a, b და ა. შ. პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე წერტილის გეგმილი აღვნიშნოთ a″,b″ და ა. შ. (იკითხება „ა ორი პრიმ", „ბ ორი პრიმ").

წერტილის გეგმილები

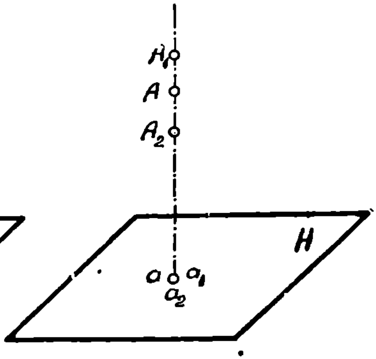
წერტილის დაგეგმილება ერთ სიბრტყეზე

წერტილის ერთ სიბრტყეზე მართობულად (ორთოგონალურად) დაგეგმილებისათვის საჭიროა მაგეგმილებელი სწორი ხაზი გავატაროთ მოცემულ წერტილზე გეგმილთსიბრტყის მართობულად და მაგეგმილებელი ხაზის გეგმილთსიბრტყესთან გადაკვეთის წერტილი იქნება სივრცეში აღებული (დასაგეგმილებელი) წერტილის გეგმილი. მოცემულია A წერტილი და H („ჰაშ") გეგმილთსიბრტყე. უნდა ვიპოვოთ ამ წერტილის გეგმილი აღნიშნულ სიბრტყეზე. A წერტილზე გავატაროთ H სიბრტყის მართობული სწორი ხაზი (ნახ. 121); ამ სწორი ხაზის, ე. ი. მაგეგმილებელი ხაზის გაკვეთა H სიბრტყესთან აღვნიშნოთ a ასოთი; ეს იქნება A წერტილის გეგმილი H სიბრტყეზე. თუ ამ

ნახაზს დავუკვირდებით, ადვილად დავრწმუნდებით, რომ a წერტილი შეიძლება იყოს ყველა იმ წერტილის გეგმილი, რომლებიც Aa სწორ ხაზზე მოთავსდება (ნახ. 122). მაგ., A წერტილის გეგმილი H სიბრტყეზე არის a წერტილი, A_1 წერტილის გეგმილი, რაკი A_1 იმავე მართობზე ძევს, მოხვდება იმავე წერტილზე; A_2 წერტილის გეგმილი იმავე მსჯელობით მიიღება a წერტილზე, ე. ი. a, a_1, a_2 წერტილები მოთავსდნენ ერთ წერტილზე. ასეთივე მდგომარეობას ექნება ადგილი ყველა იმ უამრავ წერტილებისათვის, რომლებიც Aa სწორ ხაზზე ძევს. აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ



ნახ. 121.



ნახ. 122.

საგნის ერთ სიბრტყეზე ამ მეთოდით დაგეგმილება საგანზე სრულ წარმოდგენას ვერ მოგვცემს (ე. ი. ერთ სიბრტყეზე წერტილის დაგეგმილება, ამ წერტილის სივრცეში მდგომარეობას ვერ განსაზღვრავს). ამიტომ საჭიროა საგნის ორ, სამ ან მეტ სიბრტყეზე დაგეგმილება (საგნის სირთულის მიხედვით).

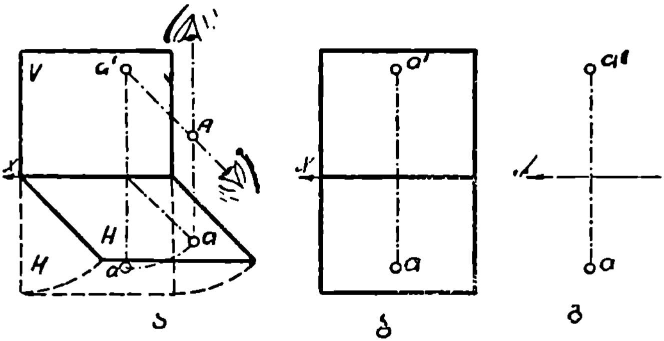
წერტილის დაგეგმილება ორ სიბრტყეზე

გეგმილთსიბრტყეები სივრცეში იღება ურთიერთ მართობულად, ე. ი. ისინი ჰქმნიან მართ ორ წახნაგა კუთხეს. განვიხილოთ ასეთ სიბრტყეებად, ისევ ზემოთ განხილული H თარაზული გეგმილთსიბრტყე და მის მართობულად შეეული გეგმილთსიბრტყე V („ვე"). მოცემულია სივრცეში A წერტილი, რომელიც უნდა დავაგეგმილოთ H და V გეგმილთსიბრტყეზე.

დავაგეგმილოთ A წერტილი ჯერ H სიბრტყეზე და შემდეგ V სიბრტყეზე. A წერტილზე გავატაროთ მართობული სწორი ხაზები, როგორც H ისე V გეგმილთ სიბრტყის მიმართ (ნახ. 123 ა); მივიღებთ a' და a წერტილებს, რომლებიც არის A წერტილის გეგმილები. ვინაიდან ჩვენ გამოხაზვას ვაწარმოებთ ერთ სიბრტყეზე (ქაღალდზე ან დაფაზე) და ეს სიბრტყეები კი სივრცეში ურთიერთ მართობებია, ამიტომ საჭიროა მათი შეთავსება ერთ სიბრ-

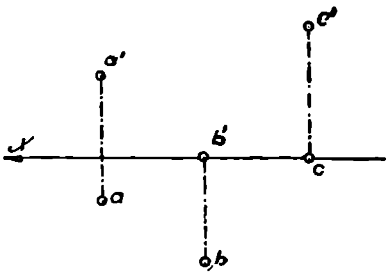
ტყეზე, რისთვისაც V სიბრტყე დავტოვოთ ადგილზე და H სიბრტყე ვაბრუნოთ გეგმილთღერძის გარშემო 90°-თ, ვიდრე ის V სიბრტყის გაგრძელებას დაემთხვეოდეს (ნახ. 123 ბ). გეგმილთ ღერძს, რომელიც მიიღება შვეული და თარზული გეგმილთსიბრტყეების კვეთით, ვუწოდოთ X („იქს“) ღერძი.

123 ა ნახაზიდან ადვილი დასამტკიცებელია, რომ a'a სწორი ხაზის მონაკვეთი X ღერძის მართობია (ვიგულისხმებთ Aa'a წერტილებზე გამავალ სიბრტყეს, რომელიც, ცხადია ორივე სიბრტყის მართობი იქნება, და ამავე დროს



ნახ. 123.

X ღერძისაც, ამიტომ, ამ ორი H და V სიბრტყის გამკვეთი Aa'a სიბრტყის მიერ მიღებული გადაკვეთის ხაზი მართობი იქნება X ღერძისაც და ეს ხაზი კი არის a'a სწორი ხაზი). აქედან შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ერთი და იგივე წერტილის შვეული და თარზული გეგმილები ძევს ისეთ სწორ ხაზზე, რომელიც X გეგმილთღერძის მართობია.



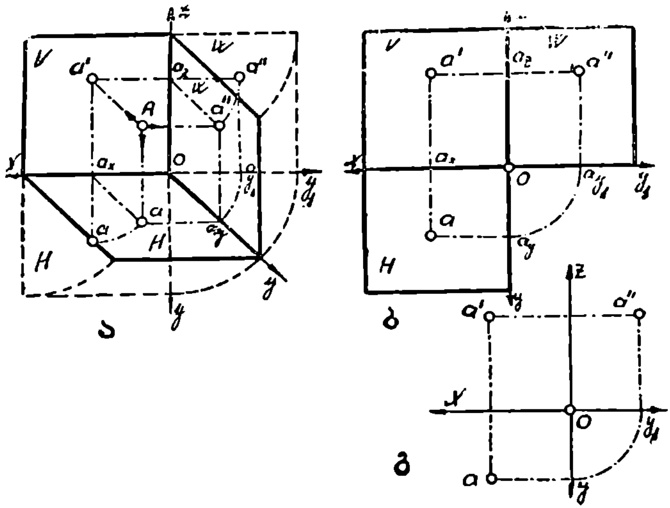
ნახ. 124.

თუ 123 ბ ნახაზზე სიბრტყეების განმსაზღვრელ ხაზებს მოვშლით, მივიღებთ შეთავსებული სიბრტყეების საბოლოო სახეს (ნახ. 123 გ) რომელსაც ხშირად „ეპიურას“ უწოდებენ.

განვიხილოთ მაგალითები (ნახ. 124), როცა A წერტილი სივრცეშია ისე, რომ არც ერთ გეგმილთსიბრტყეზე არ ძევს; B წერტილი თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე ძევს, მაშინ მისი შვეულ სიბრტყეზე გეგმილით გეგმილთღერძზე მოთავსდება; C წერტილი ძევს შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე, მაშინ მისი თარზულ სიბრტყეზე გეგმილი გეგმილთღერძზე მოთავსდება.

წერტილის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე

ჩვენს მიერ აღნიშნული იყო, რომ წერტილის გეგმილები ორ ურთიერთ მართობულ გეგმილთსიბრტყეზე სრულიად განსაზღვრავს ამ წერტილის სივრცეში მდებარეობას. მაგრამ წერტილის დაგეგმილების წესებს ემყარება, როგორც მონაკვეთის, ისე ნაკვთების და სხეულების დაგეგმილება. ამიტომ განვიხილოთ წერტილის დაგეგმილება სამ ურთიერთ მართობულ გეგმილთსიბრტყეზე. ჩვენს მიერ განხილულ ორ ურთიერთ მართობულ გეგმილთსიბრტყეს დავუმატოთ მესამე სიბრტყე, რომელიც ორივე სიბრტყის მართობული იქნება (ნახ. 125 ა). ასეთ სიბრტყეს ვიღებთ პროფილურად და მას ვუწოდებთ პროფილ გეგმილთსიბრტეს და აღვნიშნავთ W („დუბლვე“) ასოთი. ჩვენს მიერ განხილულ შემთხვევაში მიღებული გვქონდა ერთი (OX) გეგმილთღერძი, ახლა კი ეს ურთიერთ მართობული სამი სიბრტყე ერთი-მეორის გადაკვეთით იძლევა სამ ურთიერთ მართობ ხაზს, რომლებსაც გეგმილთღერძები ეწოდება. ეს გეგმილთღერძები პირობით შემდეგნაირად აღინიშნება: OX —



ნახ. 125.

შვეულისა და თარზული გეგმილთსიბრტყეების კვეთა; OY — პროფილურისა და თარზული გეგმილთსიბრტყეების კვეთა; OZ—შვეულისა და პროფილ გეგმილთსიბრტყეების კვეთა.

ამ ღერძების ურთიერთ გადაკვეთის წერტილი აღნიშნულია O, ასოთი, რომელიც წარმოადგენს სამ წახნაგა მართი კუთხის წვეროს.

განვიხილოთ სივრცეში აღებული A წერტილის დაგეგმილება ამ სამ გეგმილთსიბრტყეებზე: წერტილის შვეული და თარზული გეგმილების მიღებას ვასრულებთ წინათ განხილული წესით, ე. ი. A წერტილზე ვატარებთ

შვეულ გეგმილთსიბრტყის მართობულ სწორ ხაზს (ამ შემთხვევაში OY ღერძის პარალელურად), რომლის გადაკვეთის წერტილს შვეულ გეგმილთსიბრტყესთან აღვნიშნავთ a′-თ; ასევე თარაზული გეგმილთსიბრტყესთან A წერტილიდან გატარებული მართობის გაკვეთის წერტილს აღვნიშნავთ a ასოთი; პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილის საპოვნელად გავავლოთ A წერტილზე პროფილ გეგმილთსიბრტყის მართობული სწორი ხაზი (ამ შემთხვევაში OX ღერძის პარალელურად) და ვიპოვოთ მისი გაკვეთა ამ გეგმილთსიბრტყესთან. ამისათვის გავავლოთ A წერტილის თარაზულ გეგმილზე, ე. ი. a წერტილზე OX ღერძის პარალელური სწორი ხაზი OY გეგმილთღერძის გადაკვეთამდე; მიღებული წერტილი აღვნიშნოთ a_y-თ (ნახ. 125 ა), ამ წერტილიდან ავმართოთ OX ღერძის მართობი სწორი ხაზი (ამ შემთხვევაში OZ ღერძის პარალელურად) და ვიპოვოთ ამ ხაზის გადაკვეთის წერტილი, A წერტილზე გამავალ, პროფილ გეგმილთსიბრტყის მართობ ხაზთან. ეს გადაკვეთის წერტილი არის A წერტილის გეგმილი პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე, რომელიც აღინიშნება a″-ით. ამ წერტილის მიღება შეიძლება მეორე ხერხითაც, რომელიც 125 ა ნახაზიდან ნათლად ჩანს; ის იწყება A წერტილის შვეული a′ გეგმილიდან და ანალოგიურად სრულდება.

ვინაიდან ნახაზის შედგენა გვიხდება ერთ სიბრტყეზე (ქაღალდზე ან დაფაზე), ამიტომ საჭიროა ეს სამი გეგმილთსიბრტყე შევათავსოთ ერთ სიბრტყეზე ისე, რომ შვეული გეგმილთსიბრტყე დავტოვოთ ადგილზე, თარაზული სიბრტყე მოვაბრუნოთ OX ღერძის გარშემო 90°-თ შვეული სიბრტყის გაგრძელების შეთავსებამდე (ნახ. 125 ა). პროფილური სიბრტყე ვაბრუნოთ OX ღერძის გარშემო 90°-თ, ვიდრე შვეულ სიბრტყის მარჯვენივ გაგრძელებას შეუთავსდება. მივიღებთ სამივე გეგმილთ სიბრტყეს შეთავსებულს ერთ სიბრტყეზე (ნახ. 125 ბ) ამ ნახაზზე ნათლად ჩანს გეგმილთსიბრტყეზე და გეგმილთღერძებზე მყოფი წერტილების განლაგება ერთ სიბრტყეზე.

როგორც 125 ა ნახაზიდან ჩანს, OY გეგმილთღერძი გაიყო ორად: OY ღერძი წარმოადგენს OZ ღერძის გაგრძელებას და OY_1 კი—OX ღერძის გაგრძელებას (ნახ. 125 ბ). 125 ბ ნახაზის გამარტივებით მივიღებთ 125 გ ნახაზს, რომელიც გეგმილური ხაზვიდან ცნობილია, როგორც სამი ურთიერთ მართობული გეგმილთსიბრტყეთა შეთავსება ერთ სიბრტყეზე; ასეთ ნახაზს „ეპიურას“ უწოდებენ.

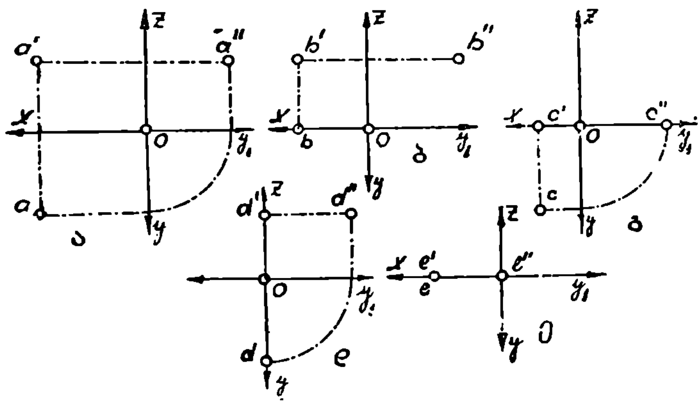
125 გ ნახაზზე ყოველგვარი დამხმარე წერტილები ამოშლილია და ზოგჯერ არც ღერძებს აწერენ ასოებს.

თუ დავუკვირდებით 125 ა ნახაზს, ადვილად დავრწმუნდებით, რომ სივრცეში წერტილის დაშორება პროფილ გეგმილთსიბრტყიდან გადაიზომება OX გეგმილთღერძზე O წერტილიდან მარცხნით. და $Oa_x = a'a_z = aa_y = Aa''$ (ამის დამტკიცება ხდება პარალელოგრამების მოპირდაპირე გვერდების ტოლობის გამოყენებით).

აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავწეროთ შემდეგი დასკვნა: შეთავსებულ გეგმილთსიბრტყეებზე („ეპიურაზე“) წერტილის შვეული და თარაზული გეგმილი ძევს ერთ სწორ ხაზზე, რომელიც OX გეგმილთღერძის მართობუ-

ლია და O წერტილიდან დაშორებულია იმ მანძილით, რა მანძილითაც დასაგეგმილებელი წერტილი არის დაშორებული პროფილ გეგმილთსიბრტყიდან.

იმავე 125 ა ნახაზიდან შეგვიძლია დავამტკიცოთ (როგორც პარალელოგრამის მოპირდაპირე გვერდები), რომ $Oa_y = a''a_z = Aa'$ და $a_za'' = Oa_z = a''a_y = Aa$. ამ ტოლობათა საფუძველზე განვიხილოთ 125 ბ ნახაზი და დავრწმუნდებით, რომ, თუ მოცემულია წერტილის შვეული და თარზული გეგმილი, და გვინდა ვიპოვოთ პროფილური გეგმილი, ამისათვის უნდა მოვიქცეთ შემდეგნაირად: a' წერტილზე გავატაროთ OX გეგმილთღერძის პარალელური (ამ შემთხვევაში $a'a_z$) სწორი ხაზი და OZ გეგმილთღერძთან გადაკვეთის a_z წერტილიდან მარჯვნით გადავზომოთ დასაგეგმილებელი წერტილის დაშორება შვეულ სიბრტყიდან (Aa'). ან, რაც იგივეა—a წერტილზე გავატაროთ OX ღერძის პარალელური OY გეგმილთღერძის გადაკვეთამდე (a_y); O წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ $R = Oa_y$ რადიუსით წრეხაზის რკალი OY_1 ღერძის გადაკვეთამდე (ay_1), მიღებულ ay_1 წერტილზე გავატაროთ OY_1 ღერძის მართობული სწორი ხაზი (OZ ღერძის პარალელურად); a' წერტილზე გავატაროთ OX ღერძის პარალელური სწორი ხაზი; ამ ხაზების გადაკვეთის a'' წერტილი არის დასაგეგმილებული წერტილის პროფილ



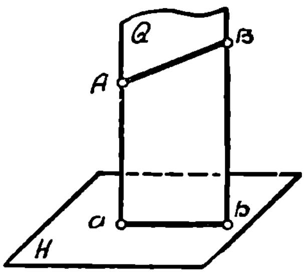
ნახ. 126.

გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილი. აქ მოყვანილი მსჯელობის საფუძველზე შეგვიძლია დავწეროთ შემდეგი დასკვნა: შეთავსებულ გეგმილთსიბრტყეებზე („ეპიურაზე“) წერტილის შვეული და პროფილური გეგმილები ძევს ისეთ სწორ ხაზზე, რომელიც OX გეგმილთღერძის პარალელურია და O_z ღერძიდან დაშორებულია იმ მანძილით, რა მანძილითაც დასაგეგმილებელი წერტილი არის დაშორებული შვეულ გეგმილთსიბრტყიდან.

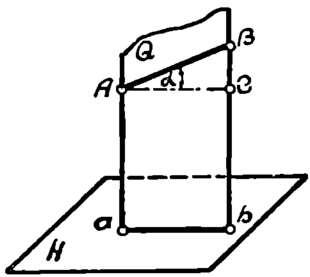
ზემოაღნიშნული დასკვნების საფუძველზე შეგვიძლია გავაკეთოთ მარტივი მაგალითები (ნახ. 126). 126ა ნახაზზე განხილულია მაგალითი, როცა მოცემული A წერტილი არც ერთ გეგმილთსიბრტყეზე არ ძევს. 126 ბ ნახაზზე—როცა B წერტილი ძევს შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე. 126 გ ნახაზზე — როცა C წერტილი ძევს თარაზულ გეგმილთსიბრტყეზე. 126 დ ნახაზზე—როცა D წერტილი ძევს პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე. 126 ე ნახაზზე — როცა E წერტილი ძევს გეგმილთღერძზე. დანარჩენ ღერძებზე მდებარე წერტილების გეგმილებიც ანალოგიურად მოინახება. მკითხველს ვთხოვთ, განსაკუთრებული ყურადღება მიაქციოს წერტილის გეგმილების განლაგებას და აქ მოყვანილი დასკვნების შინაარსს, რომელიც გეგმილური ხაზვის საფუძველია და ამ მხრივ ჩვენი შემდგომი მუშაობის დამახასიათებელია.

მონაკვეთის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე

გეგმილური გეომეტრიიდან ცნობილია, რომ სწორი ხაზის გეგმილი ისევ სწორი ხაზია; ამის დამტკიცება ადვილად შეიძლება. მოცემულია სწორი ხაზის მონაკვეთი AB და H გეგმილთსიბრტყე; ამ მონაკვეთის დაგეგმილებას ვახდენთ განხილული მაგალითების საფუძველზე, როგორც A, ისე B წერტილების ცალ-ცალკე დაგეგმილებით. H გეგმილთსიბრტყეზე მივიღებთ ორ წერტილს a და b-ს და ორ მაგეგმილებელ ურთიერთ პარალელურ მონაკვეთებს Aa Bb. ამ მაგეგმილებელ სწორ ხაზებზე გავატაროთ Q სიბრტყე (ნახ. 127). მა-



ნახ. 127.



ნახ. 128.

შინ AB მონაკვეთიც ამ Q სიბრტყეზე ძევს (როგორც A და B ამ სიბრტყეზე მდებარეა). Q სიბრტყე მართობია H სიბრტყის (რადგანაც მასზე მდებარე, ორი Aa და Bb სწორი ხაზები H სიბრტყის მართობულია). შევაერთოთ a და b წერტილები, მივიღებთ ab მონაკვეთს, რომელიც ერთ და იმავე დროს ორ სიბრტყეზე ძევს. ასეთი მონაკვეთი კი უნდა იყოს სწორი ხაზის მონაკვეთი. ეს ab მონაკვეთი არის AB მონაკვეთის გეგმილი H სიბრტყეზე; აქედან შეგვიძლია დავწეროთ შემდეგი დასკვნა:

სწორი ხაზის გეგმილი ისევ სწორი ხაზია.

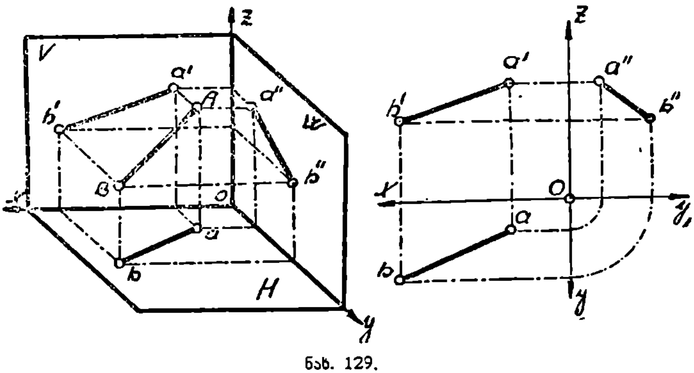
განვიხილოთ სწორი ხაზის მონაკვეთისა და მისი გეგმილის სიდიდეთა შორის დამოკიდებულება. Q სიბრტყეზე მდებარე AB მონაკვეთის A წერტილ-

ზე გავატაროთ ამ მონაკვეთის გეგმილის ab მონაკვეთის პარალელური AC სწორი ხაზი (ნახ. 128). მიღებული ოთხკუთხედი ACba წარმოადგენს პარალელოგრამს, რადგან მისი მოპირდაპირე გვერდები ურთიერთ პარალელურებია: Aa და Cb — როგორც ერთი სიბრტყის მართობი (ერთ სიბრტყეზე მაგეგმილებელი ხაზები), AC და ab — როგორც ჩვენს მიერ პარალელურად გატარებული ხაზები. პარალელოგრამში კი, როგორც ვიცით, მოპირდაპირე გვერდები ტოლია; ამიტომ AC=ab.

განვიხილოთ სამკუთხედი ABC. რადგან Bb ხაზი H სიბრტყის მართობია, ამიტომ ის ამ სიბრტყეზე მდებარე და b წერტილში გამავალ ab ხაზისაც მართობია. რადგან ab ხაზი AC ხაზის პარალელურია, ამ ab ხაზის მართობული Bb ხაზი ამ AC ხაზისაც მართობული იქნება, ე. ი. ACB კუთხე მართიკუთხე იქნება, ამგვარად ჩანს, რომ აღებული ACB სამკუთხედი მართკუთხაა. ამ მართკუთხა სამკუთხედში AC კათეტია და AB კი ჰიპოტენუზა. ამიტომ მათ შორის არსებობს ასეთი დამოკიდებულება: $AC=AB\cos\alpha$, სადაც α არის მოცემული AB ხაზის დახრილობა H სიბრტყისადმი, ე. ი. ის არის კუთხე AB ხაზსა და H სიბრტყეს შორის.

რადგან $AC=ab$, ამიტომ $ab=AB\cos\alpha$. ამ ფორმულიდან განხილული მეთოდით დაგეგმილების დროს შემდეგი დასკვნები შეგვიძლია დავწეროთ.

1. *სწორი ხაზის მონაკვეთის გეგმილის სიგრძე არასოდეს არ აღემატება თვით მონაკვეთის სიგრძეს, რადგან $\cos\alpha$ არ აღემატება ერთს.*



ნახ. 129.

2. *სწორი ხაზის მონაკვეთის გეგმილი თვით მონაკვეთის ტოლია, როდესაც ეს მონაკვეთი გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, რადგან მაშინ $\angle\alpha=0^\circ$, $\cos\alpha=1$ და ამიტომ $ab=AB$.*

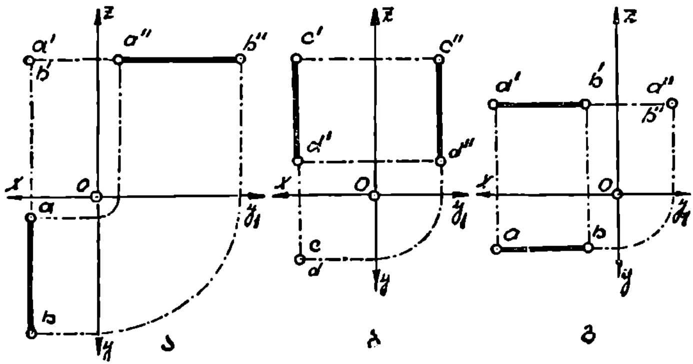
3. *სწორი ხაზის მონაკვეთის გეგმილი წარმოადგენს წერტილს, როდესაც მონაკვეთი გეგმილთსიბრტყის მართობია, რადგან მაშინ $\angle\alpha=90^\circ$, $\cos\alpha=0$ და ამიტომ $ab=0$.*

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა სწორი ხაზის მონაკვეთი AB სივრცეში არის გეგმილთსიბრტყეების მიმართ ზოგად (არც ერთი სიბრტყის მიმართ

განსაზღვრული მდებარეობა არ უკავია) მდებარეობაში (ნახ. 129). ამ ნახაზიდან ნათლად ჩანს მონაკვეთის დაგეგმილების თანმიმდევრობა, რაც წერტილის დაგეგმილების ანალოგიურად წარმოებს.

AB სწორი ხაზის მონაკვეთის დაგეგმილებისათვის საკმარისია ცალ-ცალკე, როგორც A, ისე B წერტილის დაგეგმილება სამივე გეგმილთსიბრტყეებზე და შემდეგ წერტილების გეგმილების შეერთება სწორი ხაზით. ეპიურაზე კი ჩვენ ვუჩვენებთ მესამე (W) სიბრტყეზე გეგმილის პოვნის ორივე შემთხვევას.

130-ე ნახაზზე განხილულია მაგალითები: როცა AB მონაკვეთი შვეული გეგმილთსიბრტყის მართობულია (ნახ. 130 ა); როგორც ნახაზიდან ჩანს, შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე მისი გეგმილი მოგვცემს წერტილს (ამის შესახებ დამტკიცება ჩვენს მიერ მოყვანილია 128-ე ნახაზზე), დანარჩენ გეგმილთსიბრტყეებთან მიმართ ის იქნება პარალელური, მაგრამ ჩვენს მიერ მოყვანილი მსჯელობის საფუძველზე (ნახ. 128) გეგმილთსიბრტყის პარალელური მონაკვეთის გეგმილი ამ სიბრტყეზე იქნება მისი ნამდვილი სიდიდის ტოლი; ამიტომ $ab = a''b'' = AB$. მისი გეგმილების გამოხაზვის წესები წერტილის გეგმილების წესებიდან გამომდინარეობს, რომელზედაც მკითხველს ვთხოვდით განსაკუთრებული ყურადღების მიქცევას.



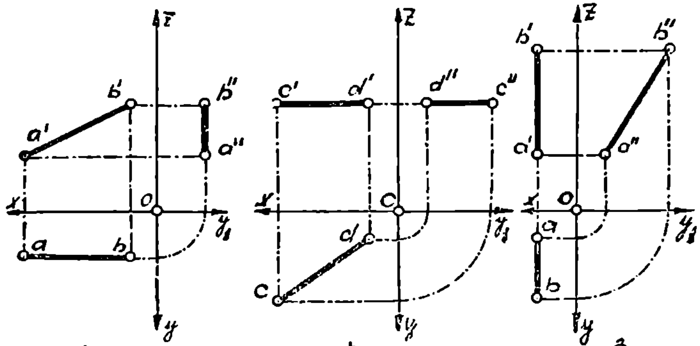
ნახ. 130.

130 ბ ნახაზზე გამოხაზულია შემთხვევა, როცა სწორი ხაზის CD მონაკვეთი თარზული გეგმილთსიბრტყის მართობულია, რომელზედაც მივიღებთ მის გეგმილს წერტილის სახით; დანარჩენი გეგმილები $c'd' = c''d'' = CD$.

130 გ ნახაზზე გამოხაზულია შემთხვევა, როცა AB სწორი ხაზის მონაკვეთი მართობულია პროფილ გეგმილთსიბრტყის; ზემოთ მოყვანილი მსჯელობით დამტკიცდება, რომ მისი გეგმილი პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე იქნება წერტილი და დანარჩენ ორ გეგმილთსიბრტყეზე კი მოგვცემს ნამდვილ სიდიდეს, ე. ი. $a'b' = ab = AB$.

131-ე ნახაზზე განხილულია სწორი ხაზის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე, როცა ის ერთ-ერთ რომელიმე გეგმილთსიბრტყის პარალელურია.

131 ა ნახაზზე გამოხაზულია შემთხვევა, როცა სწორი ხაზის მონაკვეთი AB პარალელურია შვეული გეგმილთსიბრტყის ისე, რომ დანარჩენ ორ სიბრტყის მიმართ დახრილია. წინა მსჯელობის საფუძველზე ადვილად დავრწმუნდებით, რომ AB მონაკვეთის შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილი $a'b'=AB$; ე. ი. შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე გამოვხაზავთ AB მონაკვეთის სიგრძის ტოლ $a'b'$ მონაკვეთს OX ღერძის მიმართ ნებისმიერი კუთხით დახრილს. თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილის საპოვნელად დავიხმართ ისევ წერტილის დაგეგმილების განხილულ მსჯელობას, რის საფუძველზედაც ვიცით, რომ წერტილის შვეულ გეგმილთსიბრტყიდან დაშორება გადაიზომება თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე OX გეგმილთღერძიდან ქვევით იმ სწორ ხაზზე, რომელიც მართობია OX გეგმილთღერძის. ამიტომ, როგორც a' ისე b' წერტილებზე გავატარებთ OX გეგმილთღერძის მართობულ სწორ ხაზებს,



ა ბ გ

ნახ 131.

რომლებზედაც გადავზომავთ A და B წერტილების დაშორებას შვეულ გეგმილთსიბრტყიდან, ეს დაშორებანი ერთი-მეორის ტოლია, ამიტომ a წერტილის დაშორება OX გეგმილთღერძიდან ტოლია b წერტილის დაშორების იმავე ღერძიდან. ე. ი. ab მონაკვეთი, რომელიც AB მონაკვეთის თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს წარმოადგენს, პარალელურია OX გეგმილთღერძის. ასეთივე მსჯელობით მივიღებთ $a''b''$ მონაკვეთს, რომელიც OZ გეგმილთღერძის პარალელურია.

131 ბ ნახაზზე გამოხაზულია მაგალითი, როცა CD სწორი ხაზის მონაკვეთი პარალელურია თარზულ გეგმილთსიბრტყის ისე, რომ დანარჩენი ორი გეგმილთსიბრტყის მიმართ დახრილია ნებისმიერი კუთხით. ამ შემთხვევაში CD მონაკვეთის თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილი cd მონაკვეთი იქნება სიგრძით CD მონაკვეთის ტოლი $cd=CD$ და OX გეგმილთღერძთან დახრილი ნებისმიერი კუთხით. შვეულ და პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილების მისაღებად გამოვიყენებთ წინა მაგალითის დროს მიღებულ მსჯელობას და მივიღებთ, რომ $c'd'$ პარალელურია OX გეგმილთღერძის, $c''d''$

კი პარალელურია OY_1 გეგმილთღერძის. 131 გ ნახაზზე განხილულია მაგალითი, როცა AB მონაკვეთი პარალელურია პროფილ გეგმილთსიბრტყის ისე, რომ დანარჩენი ორ გეგმილთსიბრტყის მიმართ დახრილია ნებისმიერი კუთხით. AB მონაკვეთის გეგმილი პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე a″b″ სიგრძით AB მონაკვეთის ტოლი იქნება, ე. ი. a″b″=AB და OZ გეგმილთღერძის მიმართ იქნება დახრილი ნებისმიერი კუთხით. დანარჩენი ორი გეგმილის მიღება განხილული მაგალითების ანალოგიურად ხდება, ე. ი. a′b′ და ab მონაკვეთები OZ გეგმილთღერძის პარალელურია (OX გეგმილთღერძის მართობული).

ბრტყელი ნაკვთების დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე.

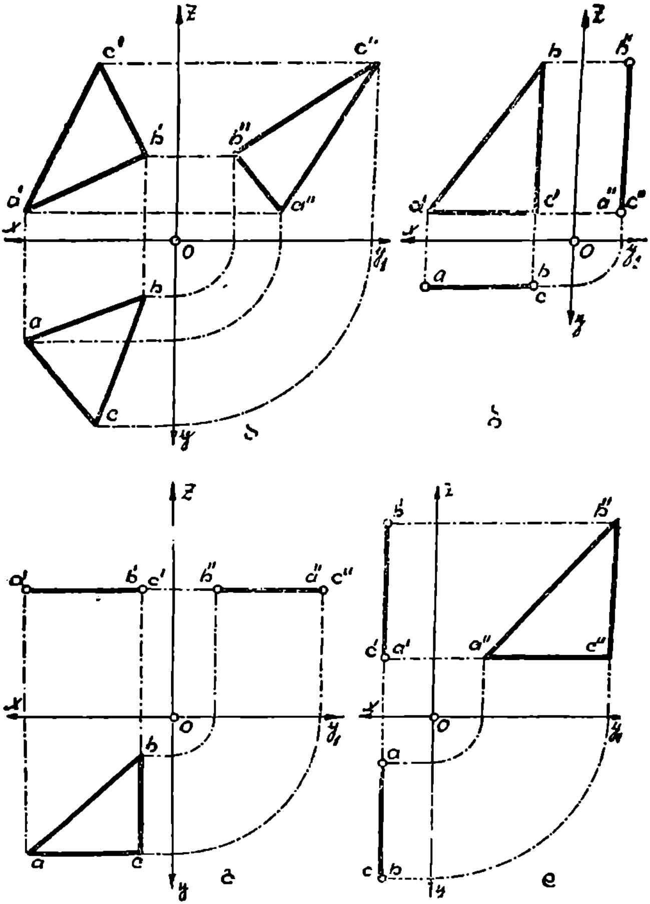
ელემენტარული გეომეტრიიდან (პლანიმეტრიიდან) ცნობილია, რომ ბრტყელი მრავალკუთხედი განისაზღვრება სწორი ხაზის მონაკვეთებით და ის ხასიათდება თავისი წვეროებით. აქედან გამომდინარე: ბრტყელი მრავალკუთხედების დაგეგმილება შეგვიძლია ვაწარმოოთ როგორც მონაკვეთების, ისე წერტილების დაგეგმილების საფუძველზე.

სამკუთხედების დაგეგმილების სხვადასხვა შემთხვევა

სამკუთხედების დაგეგმილების დროს უფრო მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ წერტილების დაგეგმილების მეთოდები. 132 ა ნახაზზე განხილულია ირიბკუთხა სამკუთხედის დაგეგმილების ზოგადი შემთხვევა, ე. ი. ABC სამკუთხედი არც ერთი გეგმილთსიბრტყის არც მართობულია და არც პარალელური. დაგეგმილებას ვაწარმოებთ სამკუთხედის წვეროების ABC წერტილების დაგეგმილების საფუძველზე. წერტილის დაგეგმილების წესებს მკითხველი კარგად არის დაუფლებული და ამიტომ აქ მას არ განვიხილავთ. ABC სამკუთხედის გეგმილები სამივე გეგმილთსიბრტყეზე დამახინჯებულია და ამიტომ ის ნამდვილ სახეს არც ერთ გეგმილთსიბრტყეზე არ იძლევა. 132 ბ ნახაზი წარმოადგენს ABC მართკუთხა სამკუთხედის გეგმილებს სამ გეგმილთსიბრტყეზე, როცა ის შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია.

სამკუთხედი პარალელურია გეგმილთსიბრტყის, ეს იმას ნიშნავს, რომ მისი სამივე გვერდი ამ გეგმილთსიბრტყის პარალელურია; ჩვენ კი გვქონდა აღნიშნული, რომ, თუ სწორი ხაზის მონაკვეთი გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, ის ამ სიბრტყეზე ნამდვილ სახეს (ნამდვილ სიდიდეს) მოგვცემს, ე. ი. ABC სამკუთხედის გვერდები: AB, BC და AC შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე ნამდვილი სიდიდით დაგეგმილდება. აქედან ცხადია, რომ ABC სამკუთხედიც შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე ნამდვილი სახით დაგეგმილდება. ამ მსჯელობის საფუძველზე შეიძლება დავწეროთ შემდეგი დასკვნა: **ბრტყელი ნაკვთების გეგმილები ამ ნაკვთების პარალელურ გეგმილთსიბრტყეზე ნამდვილ სახეს გვაძლევს.**

აღნიშნული დასკვნის საფუძველზე გამოვხაზავთ a′b′c′ სამკუთხედს, ABC სამკუთხედის გეგმილს შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე, რომელიც ამ სამკუთხედის ნამდვილ სახეს წარმოადგენს. თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილის მისა-



ნახ. 132.

ღებად a'b'c' წერტილებიდან გავატარებთ OX გეგმილთღერძის მართობულ სწორ ხაზებს, რომლებზედაც OX გეგმილთღერძიდან ქვევით გადავზომავთ თანაბარ მონაკვეთებს, რადგან A, B და C წერტილები თანაბრად არიან დაშორებული შვეულ გეგმილთსიბრტყიდან (როგორც შვეულ გეგმილთსიბრტყის პარალელურ სიბრტყეზე მდებარე წერტილები). მივიღებთ შესაბამისად a,b,c წერტილებს, რომლებიც OX გეგმილთღერძის პარალელურ სწორ ხაზზე დალაგდებიან. ასეთივე მსჯელობით მივიღებთ ABC სამკუთხედის გეგმილს პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე a"b"c" წერტილებს, დალაგებულს ერთ სწორ ხაზზე, რომელიც OZ გეგმილთღერძის პარალელურია და მისგან დაშორებული იმ მანძილით, რა მანძილითაც თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილია დაშორებული OX გეგმილთღერძიდან, რადგან შვეულ გეგმილთსიბრტყის პარალელური სიბრტყე მართობია როგორც თარზული, ისე პროფილ გეგმილთსიბრტყის.

ზემოაღნიშნული მსჯელობის საფუძველზე შეიძლება დავწეროთ შემდეგი დასკვნა: **გეგმილთსიბრტყის მართობული ბრტყელი ნაკვთის გეგმილი ამ სიბრტყეზე გვაძლევს მონაკვეთს.**

132 გ ნახაზზე განხილულია ACB მართკუთხა სამკუთხედის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე, როცა ის თარზული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია. ACB სამკუთხედის გეგმილი თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე იქნება acb სამკუთხედი, რომელიც დასაგეგმილებელი ACB სამკუთხედის ნამდვილ სახეს წარმოადგენს. დანარჩენ ორ გეგმილთსიბრტყეზე კი მოგვცემს მონაკვეთებს, რომლებიც გეგმილთღერძების პარალელურია.

132 დ ნახაზზე განხილულია ACB მართკუთხა სამკუთხედის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე, როცა ის პროფილ გეგმილთსიბრტყის პარალელურია.

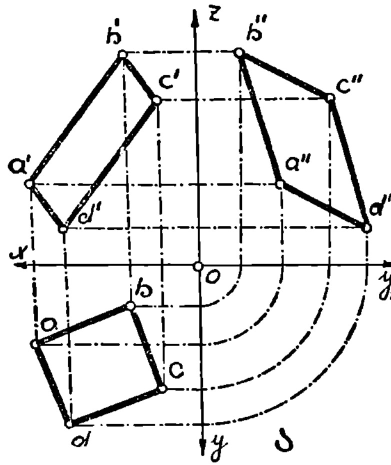
სამკუთხედი a"b"c" არის მოცემული ACB სამკუთხედის გეგმილი პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე, ეს გეგმილი ამ სამკუთხედის ნამდვილ სახეს წარმოადგენს. დანარჩენი გეგმილები მოგვცემს გეგმილთღერძის პარალელურ მონაკვეთებს.

ბრტყელი ოთხკუთხედის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე

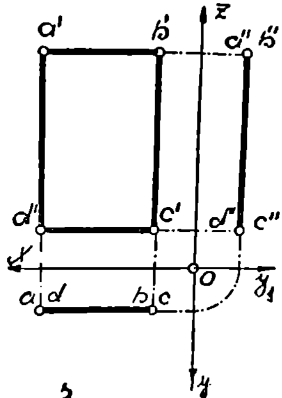
ოთხკუთხედების დაგეგმილების დასახასიათებლად ავიღოთ მართკუთხედის დაგეგმილების ოთხი შემთხვევა, რომლებიც სამკუთხედების დაგეგმილების ანალოგიურად წარმოებს.

133 ა ნახაზზე განხილულია ABCD მართკუთხედის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე, როცა ის ზოგად მდებარეობაშია. ABCD მართკუთხედის სამივე გეგმილი დამახინჯებულია და მისი მიღება ხდება მართკუთხედის წვეროების დაგეგმილების საფუძველზე.

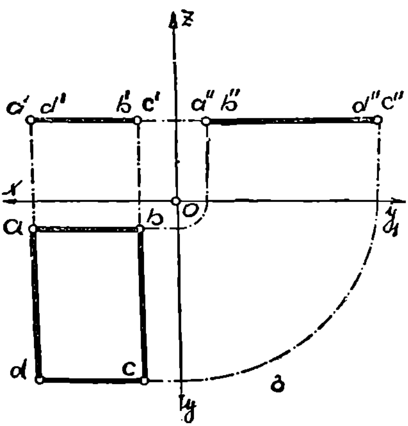
რადგან მართკუთხედის მდებარეობა სამივე სიბრტყის მიმართ განუსაზღვრელია, ამიტომ შვეულ და თარზულ გეგმილთსიბრტყეებზე გეგმილებს გამოვხაზავთ ნებისმიერად და პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე კი — განხილული წესით მოვნახავთ წერტილების მესამე გეგმილებს და შევაერთებთ საჭირო მიმდევრობით.


z
b'
b''
c'
c''
a'
a''
d'
d''
x
o
y1
b
a
c
d
y

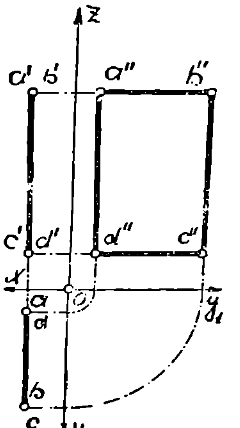
ა


z
a'
b'
d'' b''
d'
c'
d''
c''
x
o
y1
a d
b c
y

ბ


z
a' d'
b' c'
a'' b''
d'' c''
x
o
y1
a
b
d
c
y

გ


z
a' b'
a''
b''
c' d'
d''
c''
x
o
y1
a
d
b
c
y

დ

133 ბ ნახაზზე განხილულია ABCD მართკუთხედის დაგეგმილება, როცა ის შვეულ გეგმილთსიბრტყის პარალელურია. ჩვენს მიერ განხილული მაგალითების და დასკვნების საფუძველზე ადვილად დავრწმუნდებით, რომ ABCD მართკუთხედის გეგმილი ამ შემთხვევაში შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე იძლევა ნამდვილ სახეს $a'b'c'd'=ABCD$ და დანარჩენ ორ გეგმილთსიბრტყეზე კი მოგვცემს მონაკვეთებს.

133 გ ნახაზზე განხილულია მაგალითი, როცა ABCD მართკუთხედი პარალელურია თარზულ გეგმილთსიბრტყის, რომელზედაც მოგვცემს ნამდვილ სახეს, ე. ი. $abcd=ABCD$. დანარჩენი ორი გეგმილი არის გეგმილთღერძის პარალელური მონაკვეთები.

133 დ ნახაზზე განხილულია ABCD მართკუთხედის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე, როცა ის პარალელურია პროფილ გეგმილთსიბრტყის, რომელზედაც მივიღებთ ნამდვილ სახეს, ე. ი. $a''b''c''d''=ABCD$. დანარჩენი ორი გეგმილი არის გეგმილთღერძის პარალელური მონაკვეთები. განხილული მაგალითების კარგად შესწავლით და რამოდენიმე ტიპიური მაგალითების დამოუკიდებლად შესრულების შემდეგ მკითხველს არ გაუჭირდება გეომეტრიული ტანების დაგეგმილება, რადგან ისინი განისაზღვრებიან: წერტილებით, მონაკვეთებით ან ნაკვთებით.

გეომეტრიული ტანების დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე

როგორც აღვნიშნეთ, გეომეტრიული ტანები განისაზღვრება: დამახასიათებელი წერტილებით (წვეროებით, ცენტრებით, დიამეტრების ბოლო წერტილები და სხვ.), მონაკვეთებით (წიბოებით, დიაგონალებით, მსახველები და სხვ.), ბრტყელი ნაკვთებით (წახნაგებით, წრით და სხვ.), ან რაიმე მრუდე ზედაპირით. ამიტომ საკმარისია რომელიმე ამათგანის დაგეგმილებით მივიღოთ თვით გეომეტრიული ტანის გეგმილები.

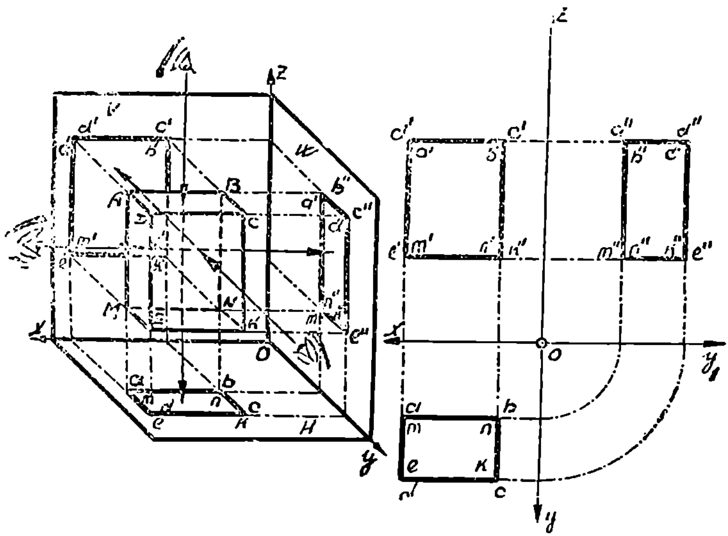
გეომეტრიული ტანების დაგეგმილების დასახასიათებლად განვიხილოთ პარალელეპიპედის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე (ნახ. 134). მოცემულია ABCDMNKE წესიერი პარალელეპიპედი, რომელიც გეგმილთსიბრტყეების მიმართ ისეა დაყენებული, რომ ორი უდიდესი წახნაგი პარალელურია შვეულ გეგმილთსიბრტყის და ფუძეები კი—თარზული გეგმილთსიბრტყის. მაშინ გვერდითი წახნაგები პარალელური იქნება პროფილ გეგმილთსიბრტყის. ABCDMNKE პარალელეპიპედის გეგმილები სამივე გეგმილთსიბრტყეებზე წარმოადგენს მართკუთხედებს.

შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე გამოსახულია პარალელეპიპედის წინა CDEK წახნაგი თავისი ნამდვილი სახით (რადგან ის ამ გეგმილთსიბრტყის პარალელურია). ეს წახნაგი ფარავს მის ტოლ უკანა ABNM წახნაგს. დანარჩენი წახნაგები ამ სიბრტყეზე მონაკვეთებად დაგეგმილდება (რადგან ისინი მართობია ამ სიბრტყის). შვეულ სიბრტყეზე გეგმილს მთავარი ხედი ან წინიდან ხედი (წინხედი) ეწოდება.

თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე მივიღებთ პარალელეპიპედის ზედა ფუძის, ABCD მართკუთხედის, ნამდვილ სახეს (რადგან ის თარზულ გეგმილთსიბრტყის პარალელურია), რომელიც დაფარავს მის ტოლ ქვედა ფუძეს,

MNKE მართკუთხედს. დანარჩენი წახნაგები ამ სიბრტყეზე მონაკვეთებად დაგეგმილდება (როგორც გეგმილთსიბრტყის მართობული წახნაგები). თარ-ზულ სიბრტყეზე გეგმილს უწოდებენ გეგმას ან ზემოდან ხედს (ზედხედს). პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე მივიღებთ პარალელეპიპედის გვერდითი წახნა-გის ნამდვილ სახეს ADEM მართკუთხედს, რომელიც დაფარავს მის ტოლ BCKN წახნაგს (როგორც პროფილური სიბრტყის პარალელური წახნაგები). დანარჩენი წახნაგები ამ სიბრტყეზე მონაკვეთებად დაგეგმილდება (როგორც ამ გეგმილთსიბრტყის მართობული წახნაგები). პროფილურ სიბრტყეზე გეგ-მილს უწოდებენ პროფილს, გვერდიდან ხედს (გვერდხედს).

ამ გეგმილთსიბრტყეების ერთ სიბრტყეზე შეთავსების შემდეგ მივიღებთ პარალელეპიპედის გეგმილებს (ნახ. 134): წინხედს, ზედხედს და გვერდხედს.



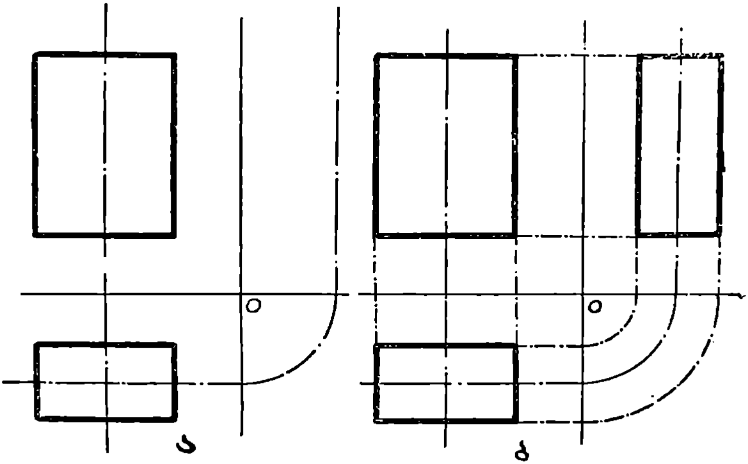
ნახ. 134.

ამ გეგმილებზე დაწერილი ასოები ნათელჰყოფს პარალელეპიპედის წვერო-ების (წერტილების) განლაგებას გეგმილებზე. ამიტომ რომელიმე საგნის და-გეგმილების დროს მხაზველს უნდა ჰქონდეს სივრცეში წარმოდგენილი 134-ე ნახაზის სახით დასაგეგმილებელი საგანი.

ამჯერად აქ მოყვანილი მოკლედ, მაგრამ განსაკუთრებული ყურადღების მისაპყრობი მასალის ახსნა-განმარტებით ვაკმაყოფილებთ გულისხმიერი მკით-ხველის მოთხოვნას გეგმილური ხაზვის ელემენტების შესწავლაზე და განვი-ხილავთ რამოდენიმე მაგალითს აღნიშნულის გამოყენებით.

პარალელეპიპედის ორი მოცემული გეგმილით მესამე გეგმილის პოვნა

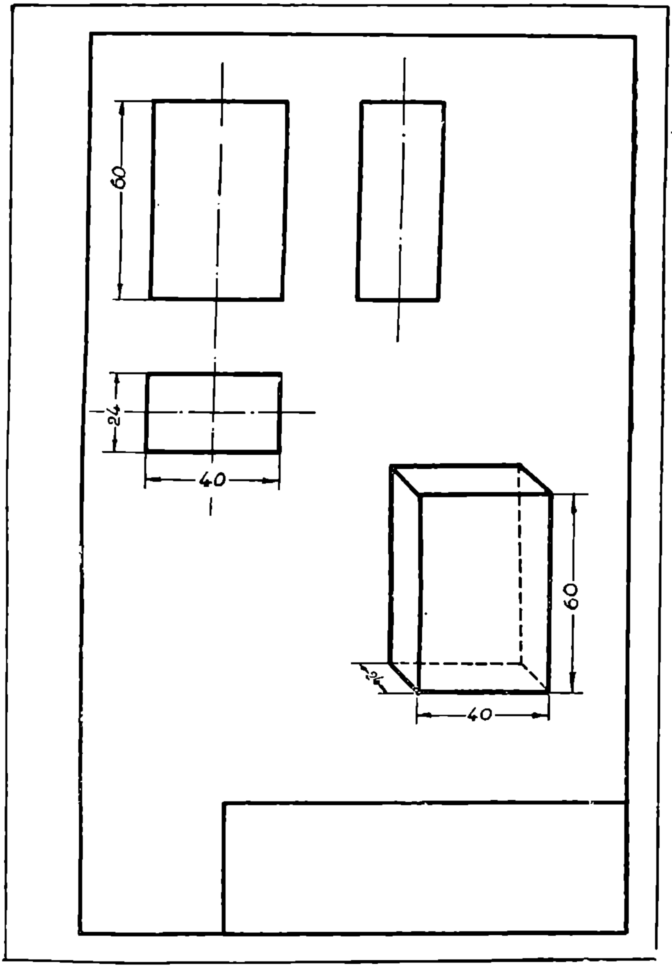
ორი მოცემული გეგმილით საგნის მესამე გეგმილის პოვნა დამოკიდებულია ამ საგნის სივრცეში წარმოდგენაზე, ე. ი. მხაზველმა უნდა წარმოიდგინოს, თუ რას წარმოადგენს მოცემული სხეული (როგორი გეომეტრიული ტანია, ან სხვადასხვა გეომეტრიული ტანები როგორ არიან შეერთებული სივრცეში), როგორ დგას ის გეგმილთსიბრტყეების მიმართ, და შემდეგ უნდა შეუდგეს ამოცანის ამოხსნას. ზოგჯერ, როცა მოცემული სხეული რთულია და მისი ორი გეგმილით წარმოდგენა ძნელია, მიმართავენ თვალსაჩინოდ მის გეგმილების გამოხაზვას აქსონომეტრიაში და თანდათანობით დააზუსტებენ სხეულზე სრულ წარმოდგენას. 135 ა ნახაზზე მოცემულია პარალელეპიპედის ორი ხედი (გეგმილი)—წინხედი და ზედხედი. ამ ორი გეგმილით მხაზველი წარმოიდგენს სივრცეში პარალელეპიპედის ფორმას და გეგმილთსიბრტყეების მიმართ მის



ნახ. 135.

მდებარეობას. ამოცანის პასუხის მიღება მხაზველს შეუძლია ორნაირად: ა) წვეროებზე აღნიშნოს წერტილები და ის შეათავსოს (ე. ი. იპოვოს წერტილების მესამე გეგმილი) მესამე გეგმილთსიბრტყეზე, შემდეგ კი შეაერთოს წერტილები; ბ) წარმოიდგინოს სივრცეში მდგომი პარალელეპიპედის გვერდითი წახნაგი, რომელიც ამ შემთხვევაში მართკუთხედს წარმოადგენს, და გამოხაზოს იგი მოცემულ გეგმილთღერძების მიმართ გარკვეულ ადგილზე, ან ისარგებლოს გეომეტრიული ტანის სიმეტრიულობით და, სიმეტრიის ღერძების საშუალებით, ის გამოხაზოს მესამე ხედში. ეს უკანასკნელი უფრო მიზანშეწონილია.

135 ბ ნახაზი წარმოადგენს დასმული ამოცანის პასუხს, რომელიც მიღებულია აღნიშნული მსჯელობის საფუძველზე, და მისი თვალსაჩინოდ წარმოდგენა კი მოცემულია 134-ე ნახაზზე.



ნახ. 136.

136-ე ნახაზზე წარმოდგენილია სამი გეგმილით პარალელეპიპედის გამოხაზვა, როცა ზომები მოცემულია, და მისი გამოხაზვა კაბინეტური დაგეგმილებით. ეს ნახაზი წარმოადგენს № 8 სავალდებულო სამუშაოს, რომელიც გათვალისწინებულია საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამაში (დამტკიცებული განათლების სამინისტროს მიერ 1949 წ.), და ის სრულდება 203×288 მმ ზომის ქაღალდზე. მოცემულია პარალელეპიპედის ზომები: სიგრძე=40 მილიმეტრს, სიგანე=24 მილიმეტრს და სიმაღლე=60 მილიმეტრს; ამ ზომების მიხედვით ავაგებთ პარალელეპიპედს, რომელსაც სივრცეში ვიგულისხმებთ ისე, რომ მისი უდიდესი წახნაგები იყოს პარალელური შვეულ გეგმილთსიბრტყის და ფუძეები კი—თარზულ გეგმილთსიბრტყის. გამოვიყენებთ საგნის სიმეტრიულობას და მოცემული ზომების მიხედვით ავაგებთ სიმეტრიის ღერძებზე მართკუთხედებს. წინხედზე (შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს) მივიღებთ მართკუთხედს ზომით 40×60 მილიმეტრს; ზედხედზე (თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს) მივიღებთ მართკუთხედს ზომით 24×40 მილიმეტრს; გვერდხედზე (პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს) მივიღებთ მართკუთხედს ზომით 24×60 მილიმეტრს.

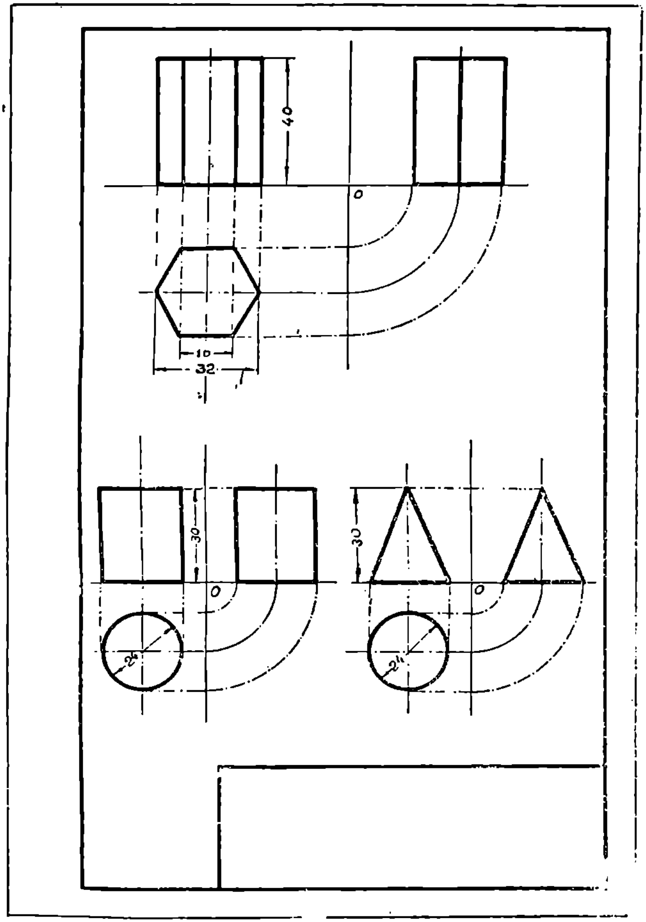
კაბინეტური დაგეგმილების დროს გამოვიყენებთ მიღებულ მართობულ (ორთოგონალურ) გეგმილებს.

ვინაიდან კაბინეტური გეგმილების დროს ის სიბრტყე, რომელიც მხედველობის ორგანოს პარალელურია, გვაძლევს უცვლელ სიდიდეს და ფორმას, გადმოვხაზოთ შვეულ სიბრტყეზე მიღებული გეგმილი, ე. ი. წინიდან ხედი (წინხედი) სივრცეში აღებული პარალელეპიპედისა და წარმოვიდგინოთ, რომ მას ვუცქერით ისე, როგორც შვეულ სიბრტყეზე დაგეგმილების დროს (გამოხაზვა იმავე წესით მიმდინარეობს, როგორც მართკუთხა-ორთოგონალურ დაგეგმილების დროს). გამოვარკვიოთ წიბოების მიმართულება და სიდიდე: ის წიბოები, რომლებიც ჩვენგან არის მიმართული, ჰორიზონტალურიდან აიწევა 45°-ანი კუთხით და ზომით განახევრდება. ეს წიბოები კი არის თარზულ გეგმილზე OX გეგმილთღერძის მართობი მონაკვეთები (წიბოების გეგმილები). გავატაროთ (45°-ანი სამკუთხედით) გამოხაზული მართკუთხედის წვეროებიდან სწორი ხაზები ფუძიდან 45°-ანი კუთხით აწეული, გადავზომოთ ამ ხაზებზე აღნიშნული წიბოების სიგრძის ნახევრები და მიღებული წერტილები, როგორც პარალელეპიპედის წვეროები, შევაერთოთ ნახაზზე ნაჩვენები თანმიმდევრობით. წარწერის მართკუთხედში ჩავწეროთ № 8 სავალდებულო სამუშაო.

137 ნახაზზე წარმოდგენილია — გამოხაზვა წესიერი პრიზმისა, ცილინდრისა და კონუსისა მოცემულ ზომათა მიხედვით.

ეს ნახაზი სრულდება a4 ფორმატის (203×288 მმ) ქაღალდზე და წარმოადგენს № 9 სავალდებულო სამუშაოს, რომელიც გათვალისწინებულია საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამით (დამტკიცებული განათლების სამინისტროს მიერ 1949 წ.).

ექვსკუთხა წესიერი პრიზმი სივრცეში დაყენებულია ისე, რომ მისი ორი მოპირდაპირე წახნაგი შვეული გეგმილთსიბრტყის პარალელურია და ფუძეები კი — თარზულ გეგმილთსიბრტყისა (ფუძით დგას თარზულ სიბრტყეზე).



ნახ. 137.

ამ შემთხვევაში პრიზმის წინხედი მოგვცემს სამ მართკუთხედს, რომელთაგან შუა იქნება წესიერი ექვსკუთხა პრიზმის ერთი წახნაგის ნამდვილი სახე (რომელიც შვეული სიბრტყის პარალელური იყო), დანარჩენი ორი (მარცხენა და მარჯვენა) კი—სიგანით ნამდვილი წახნაგების ნახევარი. ზედხედი მოგვცემს წესიერ ექვსკუთხედს და გვერდხედი კი — მოგვცემს ორ მართკუთხედს, რომელთა ორივეს სიგანე ერთად (ე. ი. მთლიანი გვერდხედის სიგანე) ზედხედში გამოხაზული წესიერი ექვსკუთხედის მოპირდაპირე გვერდების შორის მანძილის ტოლია. მოცემულია წესიერი ექვსკუთხა პრიზმის ზომები: პრიზმის სიმაღლე=40 მილიმეტრს, ფუძის ექვსკუთხედის ერთი გვერდის სიგრძე=16 მილიმეტრს (ამ შემთხვევაში გვერდითი წახნაგის სიგანე). პრიზმის გამოხაზვა ხდება ზემოთ მოყვანილი აღწერილობის საფუძველზე, ე. ი. წინხედზე გამოვხაზავთ სამ მართკუთხედს, რომელთაგან შუა მართკუთხედი იქნება სიგანით 16 მილიმეტრი და სიმაღლით 40 მილიმეტრი. მის მარცხნით და მარჯვენით მივუხაზავთ იმავე სიმაღლის მართკუთხედს, სიგანით 8 მილიმეტრს. ზემოაღნიშნულს ვასრულებთ წინასწარ გავლებულ სიმეტრიის ღერძის საშუალებით მართკუთხედის გამოხაზვის განხილული წესების საფუძველზე. ზედხედის გამოხაზვას ვაწარმოებთ წრეხაზში (რომლის რადიუსი=16 მმ) ჩახაზულ წესიერი ექვსკუთხედის გამოხაზვის წესით. გვერდხედზე გამოვხაზავთ ორ მართკუთხედს, რომლის სიგანეს განვსაზღვრავთ გრაფიკულად ზედხედიდან და სიმაღლეს კი — მოცემული პრიზმის სიმაღლით (ამ შემთხვევაში 40 მილიმეტრს). ზომებს დავაწერთ წინხედზე და ზედხედზე.

ცილინდრს სივრცეში წარმოვიდგენთ ისე, რომ ის ფუძით იყოს დადგმული თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე. წინხედზე, ე. ი. შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე მივიღებთ მართკუთხედს, რომლის სიგანე უდრის მოცემული ცილინდრის ფუძის დიამეტრს და სიმაღლე კი — მოცემულ ცილინდრის სიმაღლეს. ზედხედზე მივიღებთ წრეხაზს, რომლის დიამეტრი ტოლია მოცემული ცილინდრის ფუძის დიამეტრის. ცილინდრის გვერდხედი იგივეა, რაც წინხედი (როგორც ბრუნვითი ტანი შვეულ ღერძის მიმართ), და მას საერთოდ არ გამოხაზავენ; ჩვენ კი გამოვხაზოთ ის გეგმილების განლაგების ჩვენების თვალსაზრისით. ცილინდრის გეგმილებზე ზომებს დავაწერთ მხოლოდ წინხედს და ზედხედს, რაც ნახაზიდან ნათლად ჩანს.

კონუსის გამოხაზვა ხდება ცილინდრის გამოხაზვის ანალოგიურად, ე. ი. კონუსს სივრცეში წარმოვიდგენთ ისე, რომ ის ფუძით იდგეს თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე; მაშინ შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილი გვექნება ტოლფერდა სამკუთხედი (რადგან მოცემული კონუსი იყო სწორი), რომლის სიმაღლე უდრის მოცემული კონუსის სიმაღლეს, ამ შემთხვევაში 30 მილიმეტრს; ფუძე კი მოცემული კონუსის ფუძის წრეხაზის დიამეტრს, ამ შემთხვევაში 12 მილიმეტრს.

კონუსის წინხედის გამოსახაზავად გავავლებთ გეგმილთღერძებს და შვეულ სიმეტრიის ღერძს; სიმეტრიის ღერძზე OX გეგმილთღერძიდან გადავზომავთ კონუსის სიმაღლეს, ამ შემთხვევაში 30 მილიმეტრს, მივიღებთ კონუსის წვეროს გეგმილს; ფუძეზე გადავზომავთ სიმეტრიის ხაზის როგორც მარცხნით ისე მარჯვენით მოცემული კონუსის ფუძის წრეხაზის რადიუსის სიგრძეს; მი-

ღებულ წერტილებს შევაერთებთ წვეროსთან და მივიღებთ კონუსის წინხედს. ზედხედის გამოსახაზავად გავავლებთ ურთიერთ მართობულ ცენტრის ხაზებს და მათი გადაკვეთის წერტილიდან (რომელიც წინხედის სიმეტრიის ღერძის გაგრძელებაზე ძევს) შემოვხაზავთ მოცემული კონუსის ფუძის წრეხაზის რადიუსით (ამ შემთხვევაში 12 მილიმეტრით) წრეხაზს.

კონუსის გვერდხედს მივიღებთ იგივეს, რაც წინხედია და გამოხაზვასაც იმავე წესით ვაწარმოებთ. ზომებს დავაწერთ წინხედზე და ზედხედზე.

წარწერის მართკუთხედს შევავსებთ ისე, როგორც მე-8 სავალდებულო სამუშაოზე, მაგ № 8-ს მაგიერ ჩაიწერება № 9.

საგნის ნატურიდან ნახაზის შედგენის წესები

ამ სახელმძღვანელოს შესავალ ნაწილში მოცემული განმარტების საფუძველზე ჩვენ ჯერ განვიხილეთ გეომეტრიული ხაზვა, შემდეგ — გეგმილური ხაზვა და ახლა გადავდივართ ტექნიკურ ხაზვაზე, რომელსაც განვიხილავთ მარტივი მაგალითებით, ზოგადი წარმოდგენისათვის.

მანქანათმშენებლობის ხაზვაში საგნის ნატურიდან გამოხაზვა ფართოდ არის გამოყენებული და ის მოითხოვს განსაკუთრებული სამუშაოს 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). ამ ნახაზს დაეწერება ყველა საჭირო ზომა (რომელიც გამოხაზვისათვის დაგვჭირდება), მოხდება მისი ნაგულისხმევად გაჭრა და სტანდარტის მიხედვით ყოველი პირობითი აღნიშვნები, რაც გამოსახაზ სხეულზე მოგვცემს სრულ წარმოდგენას. ასეთნაირად შედგენილ ნახაზს ესკიზი ეწოდება.

2. შედგენილი ესკიზის საფუძველზე, საგნის ნახაზის შედგენა ხელსაწყოიარაღებით, რაც სრულდება ჯერ ფანქრით (მაგარი გრაფიტიანი) და შემდეგ კი ხაზებს შემოავლებენ ტუშით.

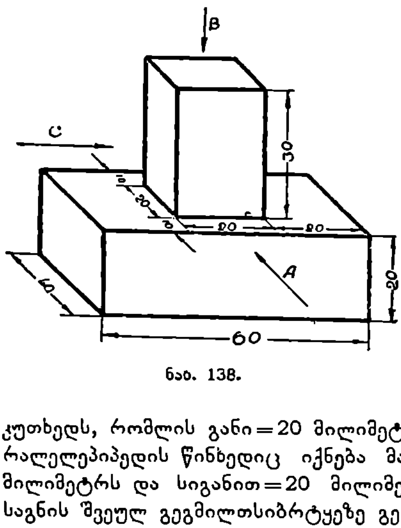
გამოსახაზავი საგნის სიდიდის მიხედვით შეიძლება დაგვჭირდეს, საგანთან შედარებით, ნახაზების გამოხაზვა გადიდებულად ან შემცირებულად, რაც იმას ნიშნავს, რომ ტექნიკურ ნახაზებში საგნები ყოველთვის თავისი ნამდვილი სიდიდით არ გამოიხაზება. ზოგჯერ ისეთი სიდიდის საგნების გამოხაზვაა საჭირო, რომ მათი ქაღალდზე მოთავსება შეუძლებელია, ან ისეთი პატარა საგნები გვხვდება გამოსახაზავათ, რომ მათი ნახაზი ძნელი გასარკვევი იქნება. პირველ შემთხვევაში საჭიროა რაღაც გარკვეული ფარდობით ნახაზის შემცირება და მეორე შემთხვევაში კი — გადიდება. ნახაზზე აღებული სწორი ხაზის მონაკვეთის სიგრძის შეფარდებას ამ მონაკვეთის ნამდვილ სიგრძესთან რიცხვითი ზომსადარი (მასშტაბი) ეწოდება. მაგ., თუ საგანზე მონაკვეთის სიგრძე = 40 მილიმეტრს და ჩვენ ნახაზზე ის აღვნიშნეთ 8 მილიმეტრის სიგრძე მონაკვეთით, მაშინ რიცხვითი ზომსადარი იქნება 8:40, ე. ი. 1:5 (ნახაზზე აღინიშნება ზ. 1:5); ან, თუ საგანზე მონაკვეთის სიგრძე = 2 მილიმეტრს და ჩვენ ნახაზზე ის გამოვხაზეთ 20 მილიმეტრის სიგრძე მონაკვეთით,

მაშინ რიცხვითი ზომსადარი იქნება 20:2, ე. ი. 10:1 (ნახაზზე აღინიშნება ზ. 10:1). პირველ შემთხვევაში ზომსადარი იქნება შემცირებული და მეორე შემთხვევაში კი — გადიდებული.

ტექნიკურ ხაზვაში გოსტ 3451-46-ის მიხედვით მიღებულია შემდეგი ზომსადარები: 1:2; 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100 და ა. შ. დასაშვებია 1:2,5; 1:4; 1:25. აქ მოყვანილი ფარდობის მიხედვით შეგვიძლია ნახაზი შევამციროთ ან გავადიდოთ. ნახაზზე ზომების დაწერა ხდება ნამდვილი სიგრძის გამომსახველი რიცხვით (მიუხედავად აღებული ზომსადარისა).

პრიზმისებრი საგნის გამოხაზვა ნატურიდან

წარმოვიდგინოთ რომ ნახაზს ვიღებთ ისეთი საგნისას, რომელიც შედგება პარალელეპიპედისა და ოთხკუთხა პრიზმისაგან (ნახ. 139). ეს საგანი ჩვენ აქ გამოვსახეთ კაბინეტური დაგეგმილებით, მხაზველს კი ის მოდელის სახით დამზადებული უჭირავს ხელში. როგორც მარტივი ფორმის საგანი, ჩვენ ის გამოვხაზოთ ესკიზის გადაუღებლად.



ნახ. 138.

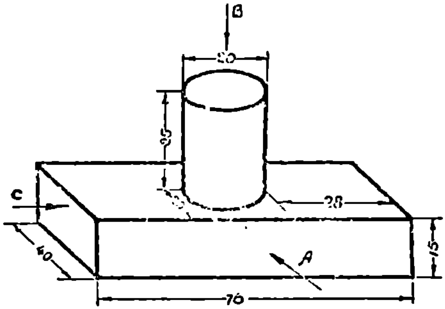
საგნის სივრცეში დაყენება მხაზველზეა დამოკიდებული და ის უნდა შევარჩიოთ ისე, რომ ნახაზი მივიღოთ მარტივი და ამავე დროს საგანზე გვაძლევდეს მკაფიო წარმოდგენას. ეს საგანი ვიგულისხმოთ თარზულ სიბრტყეზე დადგმულ პარალელეპიპედად ისე, რომ უდიდესი გვერდი ჩვენსკენ იყოს მომართული. მაშინ წინხედი, ე. ი. შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილი იქნება A ისრით ნაჩვენები წახნაგები, რომელიც სიმეტრიულია და გამოხაზვის დროს გამოვიყენოთ სიმეტრიის ღერძი. როგორც განვლილი მასალიდან ცნობილია, ოთხკუთხა პრიზმი მოგვცემს დაგეგმილების შემდეგ (შვეულ სიბრტყეზე) მართკუთხედს, რომლის განი = 20 მილიმეტრს და სიმაღლე = 30 მილიმეტრს; პარალელეპიპედის წინხედიც იქნება მართკუთხედი, რომელიც სიგრძით = 60 მილიმეტრს და სიგანით = 20 მილიმეტრს. ამგვარად მივიღებთ მოცემული საგნის შვეულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილს, რომელსაც ჩვენ წინხედი ვუწოდეთ. ამის შემდეგ გამოვხაზავთ ზედხედს, რომელიც მიიღება საგანზე B ისრის მიმართულებიდან შეხედვით. პრიზმის ზემოდან ხედი გვაძლევს კვადრატს, რომლის გვერდი = 20 მილიმეტრს და პარალელეპიპედი კი მოგვცემს მართკუთხედს, რომლის სიგანე = 40 მილიმეტრს და სიგრძე = 60 მილიმეტრს. ამ მართკუთხედისა და მასში ჩახაზული კვადრატის გამოხაზვას ვაწარმოებთ წინასწარ გავლებულ სიმეტრიის ღერძების საშუალებით.

პროფილ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილის, ე. ი. გვერდხედის გამოსახაზავად საგანს შევხედავთ C ისრის მიმართულებიდან, რაც მოგვცემს ორ მართკუთ-

ხედს, რომელთაგან: ერთი (ზედა მართკუთხედი) იქნება სიგანით 20 მილიმეტრი და სიგრძით (ამ შემთხვევაში სიმაღლეზე) 30 მილიმეტრი; მეორე მართკუთხედის (პარალელეპიპედის გვერდხედი) სიგრძე=40 მილიმეტრს და სიგანე=20 მილიმეტრს. ესენიც, როგორც სიმეტრიული ნაკვთები, გამოიხაზება სიმეტრიის ღერძების გამოყენებით. მიღებულ გეგმილებს ზომებს დავაწერთ წინათ განხილული წესით.

ცილინდრისებრი ფორმის საგნის გამოხაზვა ნატურიდან

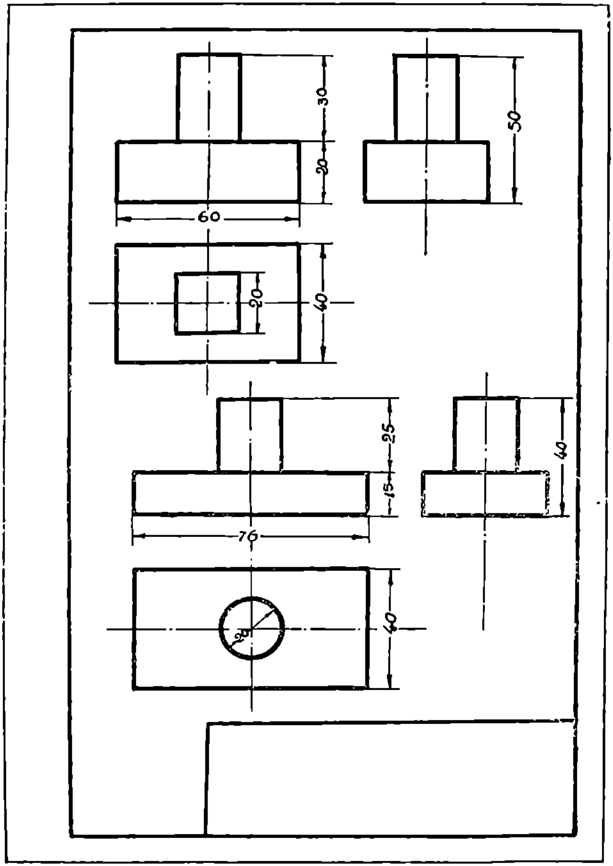
წარმოვიდგინოთ ისეთი სხეული, რომელიც შეიცავდეს ცილინდრს და პარალელეპიპედს, რომლის გეგმილების გამოხაზვაც გვინდა ნატურიდან, ე. ი. ასეთი საგანი წინასწარ უნდა დამზადდეს და მხაზველმა გადაიღოს მისგან ნასაზი. აქ ჩვენ ასეთ საგანს წარმოვადგენთ ირიბკუთხა დაგეგმილებით, ამ შემთხვევაში კაბინეტური (ფრონტალური) დაგეგმილებით (ნახ. 139). როგორც წინა შემთხვევაში გვქონდა განხილული, საგნის სიმარტივის გამო ესკიზის შედგენა არ არის საჭირო და უშუალოდ ვიწყებთ ნახაზის შედგენას ნატურიდან. ამ საგანს მხაზველი იგულისხმებს პარალელეპიპედად თარზულ გეგმილთსიბრტყეზე დადგმულს და წინხედს გადაიღებს A ისრის მიმართულებიდან. მაშინ ზედხედი იქნება B ისრის მიმართულებიდან შეხედვა და გვერდხედი კი — C ისრის მიმართულებიდან შეხედვა.



ნახ. 139.

როგორც განვლილი მასალიდან ვიცით, ცილინდრის წინხედი და გვერდხედი წარმოადგენს ერთი და იგივე სახის მართკუთხედს, ზედხედი კი — წრეხაზს. პარალელეპიპედის გამოხაზვა ჩვენს მიერ რამოდენიმეჯერ იყო განხილული. ამიტომ სრულიად დაიმედებული ვართ, რომ მკითხველს ამ საგნის გამოხაზვა არ გაუჭირდება. ნახაზის შედგენის შემდეგ ზომის დაწერას ვაწარმოებთ წინა მაგალითის მსგავსად, უშუალოდ საგნის გაზომვის შედეგად.

140-ე ნახაზზე გამოხაზულია ორივე ის საგანი, რომელიც ჩვენ 138 და 139-ე ნახაზზე განვიხილეთ; სადაც ნატურიდან გამოხაზვის წესები საკმაო დაწვრილებით იყო განხილული. ეს ნახაზი სრულდება № 10 სავალდებულო სამუშაოს სახით, რომელიც გათვალისწინებულია საშუალო სკოლის ათსვის პროგრამიდან (დამტკიცებული განათლების სამინისტროს მიერ 1949 წ.). ნახაზის დამთავრების შემდეგ წარწერის მართკუთხედს შევავსებთ ისე, როგორც წინა სავალდებულო სამუშაოზე, მაგრამ № 9-ის ნაცვლად ჩაიწერება № 10.



Бэб. 140.

ცნება გამოსახაზავი საგნის ნაგულისხმევად გაჭრაზე

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

ზემოაღნიშნული ნაგულისხმევი ჭრა წარმოებს საგნის რომელიმე გეგმილზე ისე, რომ ეს ნაგულისხმევი ამოჭრა მხოლოდ იმ გეგმილს ეკუთვნის და სხვა გეგმილის გამოხაზვაზე არავითარ გავლენას არ ახდენს, ე. ი. შეიძლება ერთი და იგივე საგნის სამივე გეგმილს დასჭირდეს ამოჭრის ჩვენება, მაგრამ სხვადასხვა ღერძებზე.

ამოჭრის დროს ნაგულისხმევად გატარებული მკვეთი სიბრტყეები თუ გადის ღერძის ხაზზე, მაშინ ამ სიბრტყის კვალად ისევ ღერძის ხაზი დარჩება და, თუ მკვეთი სიბრტყე ღერძზე არ გადის, მაშინ ამ სიბრტყის კვალს გაავლებენ წყვეტილწერტილოვანი ხაზით, რომლის მონაკვეთის სიგრძე = 4 მმ და მონაკვეთებს შორის მანძილი = 1,5 მილიმეტრს, სისქე კი — კონტურის ხაზის სისქის ნახევარს.

თუ ამოჭრა რთულია, მაშინ გეგმაზე (ზედხედზე) ვუჩვენებთ ჭრის მიმართულებას ასოებით. საერთოდ ნაგულისხმევი ჭრილების ნახაზზე ჩვენება ხდება წახაზვით (შტრიხვით), რომელიც ლითონებისათვის სრულდება: ურთიერთ პარალელური, წვრილი მთლიანი შავი ფერის, ერთი-მეორისაგან 1 მილიმეტრიდან 3 მილიმეტრამდე დაშორებული ხაზებით. წახაზვის ხაზები ღერძის ხაზებთან დახრილია 45°-ანი კუთხით. ამ წესით წახაზვა ხდება ნახაზის იმ ნაწილისა, რომელიც გამოსახავს საგნის მასიურ ნაწილს, რომელიც ნაგულისხმევად არის ამოჭრილი. ის ნაწილი კი, რომელიც ცარიელია (სიღრუეა — ფუყეა) დარჩება წაუხაზავი. საგნის ნაგულისხმევად ჭრას გვიჩვენებს ის სიბრტყე, რომელიც იმ გეგმილთსიბრტყის პარალელურია, რომელზედაც ვუჩვენებთ ამოჭრას; ამ სიბრტყის მართობი სიბრტყე კი, თუ ის ღერძზე გადის, აღინიშნება ისევ ღერძის ხაზით.

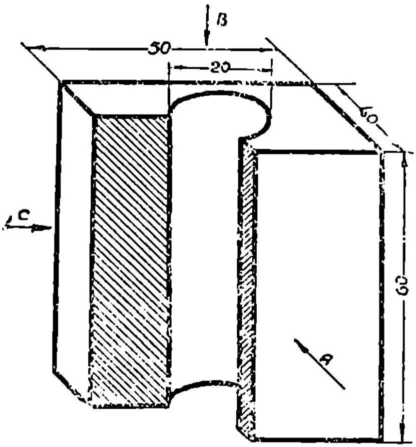
ამ მოკლე შესავლის შემდეგ განვიხილოთ მაგალითები ნაგულისხმევად ჭრის მარტივ შემთხვევებზე.

გამოხაზვა ღრუ (ფუყე) ოთხკუთხა სწორი პრიზმისა მარტივი ჭრით

ოთხკუთხა პრიზმის გამოხაზვის წესები ჩვენს მიერ რამდენიმეჯერ იყო განმარტებული.

მოცემულია ოთხკუთხა სწორი პრიზმი, რომელიც შეიცავს ცილინდრულ სიცარიელეს (ნახ. 141). ამ პრიზმის ზომებია: ფუძის სიგრძე = 50 მილიმეტრს სიგანე = 40 მილიმეტრს და პრიზმის სიმაღლე კი — 60 მილიმეტრს.

შეეულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილის (წინხედის) მისაღებად ამ საგანს. შევხედავთ A ისრის მიმართულებით, რაც მოგვცემს მართკუთხედს (პრიზმის წინახედი), რომლის სიგანე=50 მილიმეტრს და სიგრძე 60 მილიმეტრს. ამ მართკუთხედში ჩაიხაზება პატარა მართკუთხედი (უხილავი ცილინდრული სიღრუის წინხედი), რომელიც გამოიხაზება წყვეტილი ხაზებით (როგორც უხილავი); მისი სიგანე=20 მილიმეტრს (სიღრუის ცილინდრის დიამეტრს) და სიგრძე კი იქნება იგივე, რაც პრიზმის წინხედის სიგრძეა. ზედხედის მისაღებად ამ საგანს დავხედოთ B ისრის მიმართულებიდან, რაც მოგვცემს მართკუთხედს მასში ჩახაზული წრეხაზით, სადაც მართკუთხედის ზომები იქნება 40×50 მილიმეტრი და წრეხაზის დიამეტრი კი=20 მილიმეტრს.



ნახ. 141.

გვერდხედი მიიღება C ისრის მიმართულებიდან შეხედვით, რომელიც ისეთივე ფორმას მოგვცემს (ორ მართკუთხედს), რაც მივიღეთ წინხედზე, მხოლოდ გარეთა მართკუთხედის სიგანე=40 მილიმეტრს. ამ ნახაზზე ნაჩვენებია $\frac{1}{4}$-ზე ამოჭრა, რომელიც გავრცელდება მხოლოდ გვერდხედზე. წინხედზე ჭრილის ჩვენებისათვის ვიგულისხმებთ მარჯვენა მეოთხედს ამოჭრილს.

ნაგულისხმევი ამოჭრის შემდეგ მარჯვენა წყვეტილ ხაზს არაფერი აღარ ეფარება და ის გამოჩნდება კონტურის ხაზად.

წინხედზე და გვერდხედზე წავხაზავთ იმ ნაწილს, რომელმაც ნაგულისხმევად ჭრაზე მიიღო მონაწილეობა და არის მასიური; სიცარიელე — სიღრუე კი დარჩება წაუხაზავი.

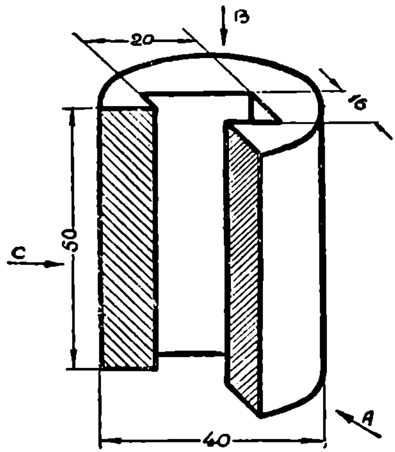
გამოხაზვა ღრუ (ფუყე) სწორი ცილინდრის

მოცემულია სწორი ცილინდრი (ნახ. 142), რომლის ფუძის დიამეტრი= =40 მილიმეტრს და სიმაღლე=50 მილიმეტრს. ამ ცილინდრში ამოჭრილია ოთხკუთხა პრიზმი, რომლის ფუძის ერთი გვერდის სიგრძე=20 მილიმეტრს და მეორე გვერდის სიგრძე=16 მილიმეტრს. შეეულ გეგმილთსიბრტყეზე გეგმილის — წინხედის მისაღებად აღნიშნულ საგანს შევხედოთ A ისრის მიმართულებით, მაშინ ცილინდრის გეგმილი იქნება მართკუთხედი, რომლის სიგანე=40 მილიმეტრს, სიგრძე=50 მილიმეტრს. ცილინდრის შიგნითა სიცარიელე, რომელიც ამ შემთხვევაში პრიზმს წარმოადგენს, დაგეგმილების შემდეგ მოგვცემს მართკუთხედს, რომლის სიგანე=20 მილიმეტრს და სიგრძე

კი იგივეა, რაც გარეთა მართკუთხედის. ეს მართკუთხედი გამოიხაზება წყვეტილი ხაზებით, რადგან მას ეფარება ცილინდრის გარეთა ნაწილი.

B ისრის მიმართულებიდან შეხედვით მივიღებთ ამ საგნის ზედხედს, რომელიც წარმოადგენს წრეხაზს (მოცემული ცილინდრის ფუძის წრეხაზს), რომლის დიამეტრი=40 მმ და მასში ჩახაზულია მართკუთხედი, რომლის სიგრძე=20 მილიმეტრს და სიგანე=16 მილიმეტრს.

C ისრის მიმართულებიდან შეხედვით (ნახ. 142) მივიღებთ გვერდხედს, რომელიც წინხედის მსგავსია, მხოლოდ შიგნითა მართკუთხედის სიგანე აქ უფრო პატარაა და ის=16 მილიმეტრს.



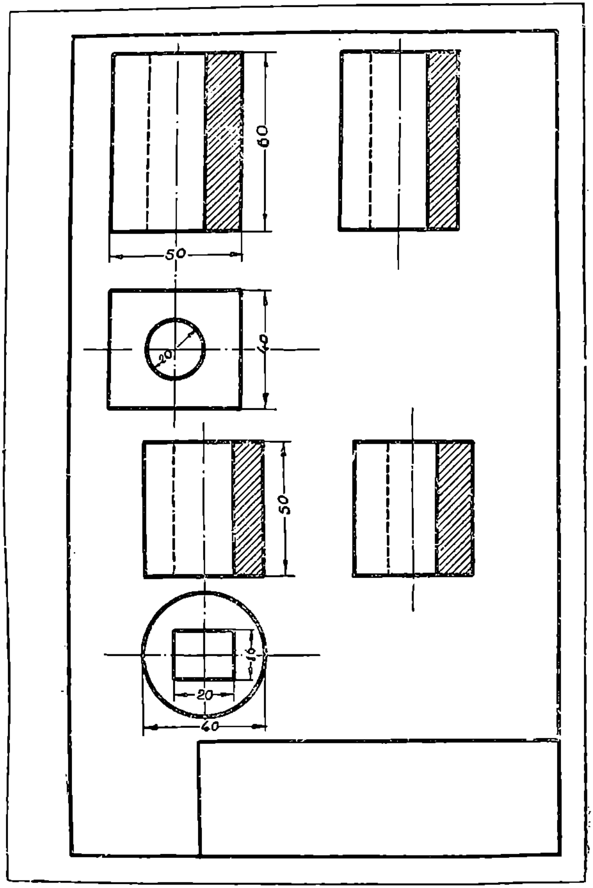
ნახ. 142.

უხილავი ნაწილების გამოსაჩენად (ამ შემთხვევაში შიგნითა სიცარიელის) ვაწარმოებთ მარტივ ჭრას 1/4-ზე. 142-ე ნახაზზე წარმოდგენილი ჭრა გამოჩნდება მხოლოდ გვერდხედზე; წინხედზე ჭრილის მისაღებად ვიგულისხმოთ მარჯვენა 1/4-ზე ამოჭრა, რომელიც, ცხადია, მხოლოდ წინხედზე გავრცელდება.

წყვეტილი ხაზები, რომლებსაც მისი დამფარავი ცილინდრის ნაწილი აჰოვაცალეთ, გახდება ხილვადი და გამოიხაზება კონტურის ხაზით. ჭრაში მონაწილეობამიღებულ მასიურ ნაწილებს წავხაზავთ ღერძის ხაზთან 45°-ანი კუთხით დახრილი 1 მილიმეტრით ერთი-მეორესთან დაშორებული წვრილი მთლიანი ხაზებით.

143-ე ნახაზზე გამოხაზულია განხილული (141 და 142 ნახ.) მაგალითები, მართობულ (ორთოგონალურ) გეგმილებში სამ სიბრტყეზე. ეს ნახაზი წარმოადგენს № 11 სავალდებულო სამუშაოს, რომელიც გათვალისწინებულია საშუალო სკოლის ხაზვის პროგრამაში (დამტკიცებული განათლების სამინისტროს მიერ 1949 წ.).

ამ ნახაზის დამთავრების შემდეგ შეივსება წარწერის მართკუთხედი, რომელშიაც ჩაიწერება № 11.



ნახ. 143.

ს ა რ ჩ ე ვ ი

	გვ.
ავტორისაგან	3
ხაზვის საგანი,—მისი შესწავლის მიზანი ·	5

აუცილებელი სახაზავი ხელსაწყო-იარაღები მათი ხმარების და შემოწმების წესები

საფარგლე („გოტოვალნია“)	7
სახაზავი	12
სამკუთხედები	13
მრუდსახაზი (მრუდთარგა, „ლეკალო“)	15
ტრანსპორტირი	16
სახაზავი დაფა ·	16
ფანქარი	18
სახაზავი ქაღალდი	18
ნახაზზე წასაწერი შრიფტი	21
ხაზვაში გამოყენებული ხაზები და მათი პირობითი აღნიშვნა	31

მართობული სწორი ხაზების გავლება

ურთიერთმართობული სწორი ხაზების გავლება სახაზავისა და სამკუთხედის საშუალებით	37
მოცემული AB სწორი ხაზის მონაკვეთის შუაწერტილზე, მართობული სწორი ხაზის გავლება	37
მოცემული სწორი ხაზის ნებისმიერ C წერტილზე მართობული სწორი ხაზის გავლება	38
მოცემული სწორი ხაზის გარეშე მდებარე C წერტილზე ამ ხაზის მართობული ხაზის გავლება	39

ურთიერთმართობული სწორი ხაზების გატარება

ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით	41
მოცემული სწორი ხაზის AB მონაკვეთის მართობული და შუაგამყოფი სწორი ხაზის გატარება	41
მოცემული სწორი ხაზის ნებისმიერ C წერტილზე მართობული სწორი ხაზის გატარება · ·	41
მოცემული სწორი ხაზის მონაკვეთის ბოლო წერტილზე მართობის ამართვა	42
სწორი ხაზის გატარება მოცემულ წერტილზე მოცემული სწორი ხაზის მართობულად (წერტილი სწორზე არ ძევს) ·	44

პარალელური სწორი ხაზების გავლება

ურთიერთპარალელური სწორი ხაზების გავლება სამკუთხედისა და სახაზავის დახმარებით	45
მოცემულ წერტილზე მოცემული სწორი ხაზის პარალელური ხაზის გავლება სამკუთხედისა და სახაზავის დახმარებით	46
ურთიერთპარალელური ხაზების გავლება (წახაზვის—„შტრიხვის“ ხერხები) ·	46

ურთიერთპარალელური სწორი ხაზების გავლება ფარგლისა და სახაზავის დახმარებით

მოცემულ წერტილზე მოცემული სწორი ხაზის პარალელური ხაზის გავლება 47
მოცემული დაშორებით, მოცემული სწორი ხაზის პარალელური ხაზის გატარება 48
სწორი ხაზის მონაკვეთის დაყოფა ტოლ ნაწილებად 49

კუთხეების აგება

ზოგიერთი კუთხის აგება უტრანსპორტიროდ

სამკუთხედებით და სახაზავით ზოგიერთი კუთხის აგება 51
ნებისმიერი კუთხის აგება დახრილობის გამოყენებით 53
მოცემული კუთხის ტოლი კუთხის აგება სამკუთხედისა და სახაზავის დახმარებით 56
მოცემული კუთხის ტოლი კუთხის აგება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით 56
მოცემული კუთხის ტოლი კუთხის აგება დახრილობის გამოყენებით 57
კუთხეების გაყოფა ტოლ ნაწილებად 57
კუთხის გაყოფა ორ ტოლ ნაწილად ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით 58
მართი კუთხის სამ ტოლ ნაწილად გაყოფა ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით 58
მართი კუთხის ხუთ ტოლ ნაწილად გაყოფა ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით 59

გეომეტრიული ნაკვთების გამოხაზვა გვერდებისა და კუთხეების მოცემული რიცხვითი სიდიდეების მიხედვით

მართკუთხედის გამოხაზვა მოცემული გვერდების მიხედვით 60
კვადრატის გამოხაზვა მოცემული გვერდის მიხედვით 61
კვადრატის გამოხაზვა მოცემული დიაგონალის მიხედვით 62
სამკუთხედების გამოხაზვა 62
პარალელოგრამის გამოხაზვა მოცემული ორი გვერდით და მათ შორის მდებარე კუთხით 64
ტრაპეციის გამოხაზვა 65

წრეხაზის ან მისი რკალის ცენტრის პოვნა

მოცემული წრეხაზის ან მისი რკალის ცენტრის პოვნა ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით 68
წრეხაზის ან მისი რკალის ცენტრის პოვნა სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით 69

წრეხაზის ტოლ ნაწილებად გაყოფა

წრეხაზის გაყოფა 6 ტოლ ნაწილად 70
წრეხაზის გაყოფა სამ ტოლ ნაწილად 70
წრეხაზის გაყოფა 4 და 8 ტოლ ნაწილად 71
წრეხაზის გაყოფა 5 და 10 ტოლ ნაწილად 72
წრეხაზის გაყოფა 12 ტოლ ნაწილად 73
წრეხაზის ნებისმიერი რაოდენობის ტოლ ნაწილად გაყოფა ქორდათა ცხრილის გამოყენებით 74
წრეხაზის ნებისმიერ ტოლ ნაწილებად გაყოფა გრაფიკულად 75
წრეხაზის რკალის შუაზე გაყოფა 75

წესიერი მრავალკუთხედების გამოხაზვა

წესიერი ექვსკუთხედისა და წესიერი სამკუთხედის ჩახაზვა წრეში 76
წესიერი ექვსკუთხედის გამოხაზვა მისი მოცემული გვერდის მიხედვით 77
წესიერი სამკუთხედის გამოხაზვა მისი მოცემული გვერდის მიხედვით 78
კვადრატისა და წესიერი რვაკუთხედის ჩახაზვა წრეში 78

წესიერი რეაკუთხედის გამოხაზვა მისი მოცემული ერთი გვერდის მიხედვით 79
წრეხაზში წესიერი ხუთკუთხედისა და წესიერი ათკუთხედის ჩახაზვა · 79
წესიერი, ნებისმიერი რიცხვის მქონე, მრავალკუთხედის გამოხაზვა მისი მოცემული გვერდის მიხედვით 80
წესიერი ექვსკუთხედის შემოხაზვა წრეხაზზე 81
კვადრატისა და წესიერი რვაკუთხედის შემოხაზვა წრეხაზზე · 82
შეუღლება · 87
სწორი ხაზის შეუღლება წრეხაზის რკალთან 88

სწორი ხაზისა და წრეხაზის რკალის შეუღლება მოცემული რადიუსით

სწორი ხაზის შეუღლება წრეხაზის რკალთან მოცემული რადიუსით, როცა მოცემული ხაზი არ ეხება მოცემულ წრეხაზს · 92
სწორი ხაზის შეუღლება წრეხაზის რკალთან მოცემული რადიუსით, როცა სწორი ხაზი მოცემულია წრეხაზის შიგნით (ე. ი. ჰკვეთს წრეხაზს) 93

წრეხაზის რკალების ურთიერთ შეუღლება

წრეხაზების რკალების ურთიერთ შეუღლება გარეგანი შეხებით 94
წრეხაზების რკალების ურთიერთ შეუღლება შინაგანი შეხებით 94

ორი ურთიერთ გადამკვეთი სწორი ხაზის მოცემული რადიუსით შეუღლება

ორი ურთიერთ მართობული სწორი ხაზის (მართი კუთხის) მოცემული რადიუსით შეუღლება · 95
მახვილი კუთხის მოცემული რადიუსით შეუღლება · 95
ბლაგვი კუთხის მოცემული რადიუსით შეუღლება 96

ორი პარალელური სწორი ხაზის შეუღლება

ორი პარალელური სწორი ხაზის მონაკვეთების შეუღლება, როცა ისინი მართობის ერთ მხარეზეა 97
ორი პარალელური სწორი ხაზის მონაკვეთების შეუღლება, როცა ისინი მართობის სხვადასხვა მხარეზეა 98

ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება

ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით, გარეგანი შეხებით 99
ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით, გარეგანი შეხებით · 100
ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება ფარგლისა და სახაზავის საშუალებით · 101
ორი სხვადასხვა რადიუსიანი წრეხაზის სწორი ხაზით შეუღლება სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით, შინაგანი შეხებით · 102
გეგმილური ხაზვის საფუძვლები 105
ფრონტალური (კაბინეტური) დაგეგმილებით მართკუთხა პარალელეპიპედის გამოსახვა · 110
ფრონტალური (კაბინეტური) დაგეგმილებით კუბის გამოსახვა · 111
ფრონტალური (კაბინეტური) დაგეგმილებით პრიზმის გამოსახვა · 112
მართობული (ორთოგონალური) დაგეგმილების მეთოდები · 116

წერტილების გეგმილები

წერტილის დაგეგმილება ერთ სიბრტყეზე · 116
წერტილის დაგეგმილება ორ სიბრტყეზე · 117

წერტილის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე 119
მონაკვეთის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე 122

ბრტყელი ნაკვთების დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე

სამკუთხედების დაგეგმილების სხვადასხვა შემთხვევა · 126
ბრტყელი ოთხკუთხედის დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე 128
გეომეტრიული ტანების დაგეგმილება სამ გეგმილთსიბრტყეზე · · 130
პარალელეპიპედის ორი მოცემული გეგმილით მესამე გეგმილის პოვნა · 132
საგნის ნატურიდან ნახაზის შედგენის წესები 137
პრიზმისებრი საგნის გამოხაზვა ნატურიდან · 138
ცილინდრისებრი ფორმის საგნის გამოხაზვა ნატურიდან · 139
ცნება გამოსახაზავი საგნის ნაგულისხმევად გაჭრაზე · 141
გამოხაზვა ღრუ (ფუყე) ოთხკუთხა სწორი პრიზმისა მარცხივი ჭრით · · 141
გამოხაზვა ღრუ (ფუყე) სწორი ცილინდრის · · 142

რედაქტორი ა. გულისაშვილი

ტექრედაქტორი ზ. პაპუკაშვილი

კორექტორი ე. ზუბიაშვილი

კონტროლიორ-კორექტორი მ. ბრეგაძე

გამომშვები ნ. კაკუშაძე

გადაეცა წარმოებას 17/III-50 წ. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26/IX-50 წ. უე 06211 ანაწყობის ზომა 7×11. ქაღალდის ზომა 70×108. სასტამბო ფორმათა რაოდენობა 9.25. საავტორო ფორმათა რაოდენობა 7. სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფორმათა რაოდენობა 9. ტირაჟი 3.000. შეკვ. № 556.

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოსთან არსებული საქპოლიგრაფგამომცემლობის ბეჭდვითი სიტყვის კომბინატი, თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. № 5.

Комбинат Печати Грузполиграфиздата при Совете Министров Грузинской ССР, Тбилиси, ул. Марджанишвили, № 5.

ფასი 6 მან.

С. БУРЧУЛАДЗЕ

ОСНОВЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Часть I

(На грузинском языке)

Госиздат Грузинской ССР

Тбилиси
1950