საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ა. შავგულიძე

ტექნიკური ხაზვის პროპედევტიკური კურსი

საქართველოს განათლების სამინისტრომ დაამტკიცა დამხმარე სახელმძღვანელოდ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტებისათვის

თბილისი

2005

- უაკ 22.151.3
515
შ.153

გათვალისწინებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში შემსვლელთათვის. მისი გამოყენება შეუძლიათ საინჟინრო სპეციალობის სტუდენტებს, გრაფიკული მეთოდებით დაინტერესებულ პირებს, მათ შორის, საშუალო სკოლებისა და უმაღლესი სასწავლებლების ხაზვის პედაგოგებს, ასპირანტებს, მაძიებლებსა და მაგისტრანტებს.

ნაშრომი შესრულებული და აპრობირებულია სტუ-ს საინჟინრო გრაფიკისა და სამრეწველო დიზაინის დეპარტამენტში.

რეცენზენტები: პროფ. მ/შ გ.წულეისკირი,
დოც. რ.გოგალაძე

რედაქტორი დოც. ი.ბაციკაძე

გრაფიკული ილუსტრაციები შესრულებულია
ინჟინერ-პროგრამისტ ვ.ფარცხალაძის მიერ

ISBN 99940-14-72-2

წინათქმა

გამოსახულებები, რომლებსაც საინჟინრო საქმეში იყენებენ, უნდა აკმაყოფილებდეს ორ მოთხოვნას. ეს მოთხოვნებია: ხელსაყრელი ზომვადობა და თვალსაჩინოება.

ხელსაყრელი ზომვადობა ნიშნავს ნახაზზე გამოსახული საგნის ყოველი ელემენტის მარტივად გაზომვას მინიმალური დამხმარე გეომეტრიული აგებებისა და გამოთვლების პირობებში. საინჟინრო ნახაზი, რომლის მიხედვითაც უნდა დამზადდეს მასზე გამოსახული საგანი, აუცილებლად უნდა იყოს მეტრულად განსაზღვრული ანუ მისგან შესაძლებელია ყველა მეტრული ამოცანისათვის (ამოცანას, რომელიც გაზომვებთანაა დაკავშირებული საინჟინრო გრაფიკაში, მეტრული ამოცანა ეწოდება) საჭირო ინფორმაციის მიღება. ზომვადობის პირობა, როგორც წესი, არ ცვლის მიღებული ფიგურის ფორმას. გამონაკლისების არსებობა კი დაკავშირებულია იმ გარემოებასთან, რომ ორიგინალის ერთ მაგეგმილებელ წრფეზე განლაგებულ ანუ კონკურენციაში მყოფ წერტილებს ერთი და იგივე გამოსახულებები აქვთ.

თვალსაჩინოება ნიშნავს იმას, რომ გამოსახულება უნდა ჰგავდეს ორიგინალს. გამოსახულების დანახვა დამკვირვებელში უნდა იწვევდეს ისეთ მხედველობით შტაბეჭდილებას, რომელიც ახლოს იქნება იმ შთაბეჭდილებასთან,რასაც დამკვირვებელი მიიღებდა უშუალოდ ორიგინალის დანახვის დროს.

ზომვადობის და თვალსაჩინოების მოთხოვნები წინააღმდეგობრივია და ერთის დაკმაყოფილება მხოლოდ მეორის უგულებელყოფის შემთხვევაშია შესაძლებელი. მაგალითად, საინჟინრო ნახაზებში უპირატესობა მხოლოდ ხელსაყრელ ზომვადობას აქვს მინიჭებული, თუმცა არსებობს ე.წ. კომპრომისული ვარიანტები. რაც შეეხება სასწავლო ნახაზებს, აქ ერთბაშად ორი მეთოდის გამოყენებაა რეკომენდებული. ესენია — მონჟის ეპიური და აქსონომეტრია. პირველში ზომვადობის პრინციპებია პრევალირებული, ხოლო მეორეში — თვალსაჩინოების. წინამდებარე ნაშრომში, სწორედ ეს ორი მეთოდია განხილული და ნაჩვენებია მათი ერთობლივი გამოყენების მაგალითები.

ნაშრომი სამი თავისაგან შედგება. პირველში განხილულია გეომეტრიული ხაზვის, ხოლო მეორეში — გეგმილური ხაზვის ელემენტები. რაც შეეხება მესამე თავს - იგი დათმობილი აქვს ტექნიკური ხაზვის სასწავლო და სპეციალურ ამოცანებს.

ნაშრომი მთავრდება დანართით, რომელშიც შეტანილია სავარჯიშო მაგალითები.

ნაშრომის კონსტრუქციული სქემა და საკითხების მოცულობა ისეა შერჩეული, რომ მისი გამოყენებით მკითხველმა მოახერხოს იმ ხარვეზის შევსება, რომელიც მას საშუალო სკოლიდან აქვს გამოყოლილი (სამწუხაროდ, საშუალო სკოლაში ხაზვის კურსი, ჯერ კიდევ, ერთობ დაბალ დონეზე ისწავლება!) და ამასთან ერთად, შეძლოს ისეთი სამუშაო მდგომარეობის დაკავება, რომელიც უზრუნველყოფს მხაზველობითი გეომეტრიისა და ხაზვის სპეციალური კურსებ-

ის წარმატებულ შესწავლას უმაღლეს სკოლაში. სწორედ ამგვარი მიზნობრივი დანიშნულება უდევს საფუძვლად ამ ნაშრომს, რომელიც საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში შემსვლელთათვის არის განკუთვნილი, რომლის გამოყენებაც შეუძლიათ აგრეთვე საინჟინრო სპეციალობათა სტუდენტებს, ხაზვის პედაგოგებს, ასპირანტებს, მაძიებლებს, მაგისტრანტებსა და საერთოდ, ტექნიკური ხაზვის ელემენტარული საფუძვლების შესწავლით დაინტერესებულ პირებს.

ნაშრომში მოხსენებულია ფიგურების სხვადასხვა სირთულე (სულ ოთხი). ამ ტერმინების საორიენტაციო შინაარსი ასეთია:

1-ლი სირთულის ფიგურა – წახნაგოვანი ზედაპირების მარტივი ურთიერთობით შედგენილი ფიგურა, რომელსაც შიგა სიღრუეები არ გააჩნია;

მე-2 სირთულის ფიგურა – წახნაგოვანი და მრუდი ზედაპირების ურთიერთობით შედგენილი ფიგურა, რომელიც შეიცავს ზედაპირების თანაკვეთის უმარტივეს შემთხვევებს;

მე-3 სირთულის ფიგურა მე-2 სირთულის ფიგურის ანალოგიაა იმ განსხვავებით, რომ იგი შეიცავს შიგა ფორმებსაც (სიღრუეები, გამჭოლი ხვრელები, ღარები, ამონაჭრები და მისთანები);

მე-4 სირთულის ფიგურა მე-3 სირთულის ფიგურის ანალოგიაა იმ პირობით, რომ სხვადასხვა ფიგურების ერთობლიობით შექმნილია რეალური ტექნიკური ფორმა-დეტალი.

ოთხივე სირთულის ფიგურა შესაძლოა იყოს როგორც სიმეტრიული, ასევე ასიმეტრიული.

წინამდებარე დამხმარე სახელმძღვანელო შედგენილია ჩემს მიერ მრავალი წლის განმავლობაში შედგენილ და სხვადასხვა დროს გამოქვეყნებული ხაზვის სახელმძღვანელოების ბაზაზე.

პირველი თავი

უმარტივესი გეომეტრიული აგებანი სიბრტყეზე და მათი გამოყენება ბრტყელი ფიგურების ხაზვაში – გეომეტრიული ხაზვის ელემენტები

1. ნახაზი და მისი დანიშნულება. სახაზავი ხელსაწყო-იარაღები და მასალები

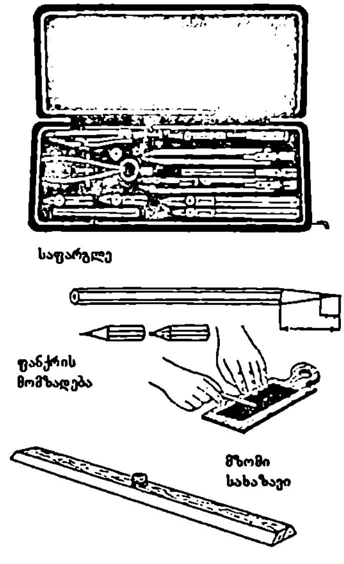
1. ნახაზი არის საგნის გრაფიკული გამოსახულება, რომლის მიხედვითაც შესაძლებელია ამ საგნის დამზადება ან უკვე დამზადებულის შემოწმება სინამდვილესთან, მისი შესაბამისობის განსაზღვრის თვალსაზრისით.

დანიშნულების მიხედვით ნახაზი რამდენიმე სახისაა. წიგნში შეხვდებით სამუშაო, კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური სახის ნახაზებს. გარდა ამისა, გაეცნობით სხვადასხვა სახის ესკიზებსა და სქემებს, შეისწავლით სასწავლო დანიშნულების ნახაზებს, რომლებშიც დასაშვებია ზოგიერთი სტანდარტული პირობითობიდან უმნიშვნელო გადახვევა, მაგრამ, როგორც წესი, ყოველი ასეთი გადახვევა მოქცეული იქნება შესაბამისი სტანდარტის რეკომენდაციების ფარგლებში.

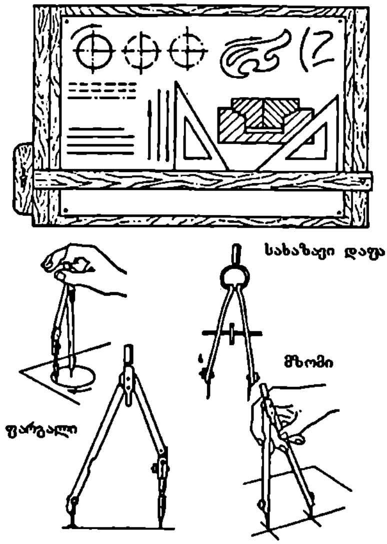
ნახაზების შესრულების მეთოდებში იგულისხმება გრაფიკული გამოსახულებების აგების გეომეტრიული საფუძვლები, სტანდარტული პირობითობა, სახაზავი ხელსაწყოების ხმარების მეთოდიკა. ეს ჩამონათვალი შესაძლოა მივიჩნიოთ შესასრულებელი სამუშაოს ძირითად სქემად. საქმე ისაა, რომ ნახაზის შედგენასა და კითხვაში დაოსტატება სწორედ ამ ჩამონათვალში მოცემული სამი უმთავრესი პრობლემის დაძლევის გზითაა შესაძლებელი.

გრაფიკული აგებების გეომეტიულ საფუძვლებს და ნახაზების შესრულების სტანდარტულ პირობითობას შეისწავლით გზადაგზა, მთელი კურსის განმავლობაში. სწავლას დაიწყებთ ე.წ. "ბრტყელი" ფიგურების ხაზვით, შემდეგ გადახვალთ სივრცითი ფიგურების ხაზვაზე, რისთვისაც გამოიყენებთ დაგეგმილების ორ კლასიკურ მეთოდს — მონჟის ეპიურსა და აქსიომეტრიას. ვიდრე ამ რთულ საქმეს შევუდგებოდეთ, მოგიწევთ ზოგიერთი მოსამზადებელი სამუშაოს შესრულება: სახაზავი ხელსაწყო-იარაღების და მასალების (სახაზავი ქაღალდი, ფანქრები, საშლელი და სხვ.) შეძენა, სამუშაო კუთხის მოწყობა (სურ. 1,2), ხაზვის, როგორც სასწავლო დისციპლინის კავშირის გაცნობა პლანიმეტრიისა და სტერეომეტრიის საწყის ცნებებთან.

2. გეომეტრია სწავლობს ბრტყელი და სივრცითი ფიგურების მრავალ თვისებას, რაც განაპირობა ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობის მოთხოვნებმა. გეომეტრიის განვითარების პროცესმა გამოიწვია მისი, როგორც ერთიანი მეცნიერების დიფერენცირება და ცალკე განშტოებების ჩამოყალიბება ამოცანის შინაარსის მიხედვით. ასე წარმოიშვა გეომეტრიის ერთ-ერთი განშტოება — მხაზველობითი გეომეტრია, რომელიც სივრცითი ობიექტების თვისებებსა და ურთიერთდამოკიდებულებას მათი გრაფიკული ასახვის მეშვეობით შეისწავლის. მხაზველობითი გეომეტრი-



სურ.1



სურ.2

ის, როგორც ხაზვის თეორიული ბაზისის საწყისი ცნებები სასკოლო გეომეტრიის კურსში შედის. გეომეტრიის სასკოლო კურსის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა მოზარდში სივრცითი წარმოდგენის განვითარება. ამავე მიზანს ისახავს ხაზვის კურსიც. გეომეტრია, ისევე, როგორც მთელი მათემატიკა, ადამიანს უყალიბებს ლოგიკური აზროვნების უნარს, ხოლო ამ უნარის სარეალიზაციო ერთ-ერთი უბანი ხაზვაა. გეომეტრიული მტკიცებანი გამოკვეთილ და ლაკონურ მსჯელობას მოითხოვს, რითაც ადამიანში მსჯელობის განვითარებას ეყრება საფუძველი. ზუსტად ასევეა ხაზვაშიც. ჩვენი რჩევაა გაიხსენოთ პლანიმეტრიისა და სტერეომეტრიის საწყისი ცნებები, სახელდობრ: გეომეტრიის ძირითადი ცნებები და განსაზღვრებები, გეომეტრიული აგებანი სიბრტყეზე, ფიგურის ასახვის ცნება, კონგრუენტული ფიგურები, სიმეტრია, პარალელურობა და პერპენდიკულარულობა, აქსიომების სისტემა, ურთიერთპარალელური წრფე და სიბრტყე, ურთიერთპარალელური სიბრტყეები, პარალელური გეგმილი, სიბრტყის პერპენდიკულარი, ურთიერთპერპენდიკულარული სიბრტყეები, ორთოგონალური გეგმილები და სხვ. უნდა გვახსოვდეს, რომ ხაზვის კურსის გააზრებულად შესწავლა გეომეტრიის შესაბამისი საკითხების შესწავლის გარეშე შეუძლებელია. აქ საყურადღებოა ის გარემოება, რომ ხაზვა ხელობაც არის და ხელოვნებაც. თქვენი ინტერესების სფეროში ხაზვა ისე უნდა იქნეს შემოყვანილი, როგორც ხელოვნება. საქმე ისაა, რომ ხაზვის კუსრისადმი მხოლოდ ამგვარი მიდგომითაა შესაძლებელი ისეთი

თვისებების განვითარება, როგორიცაა მაგალითად, სივრცითი აზროვნება, ხედვის, შედარების, დაკვირვების, ანალიზის, სინთეზის უნარი, თვალზომის, სიზუსტისა და სიმეტრიის გრძნობა. დაიხსომეთ, რომ ყველა ეს თვისება მეტ-ნაკლებად საჭიროა ნებისმიერი ტექნიკური სპეციალობის თანამედროვე ადამიანისათვის.

2. ნახაზის გაფორმების სტანდარტული პირობითობა

1. ხაზვაში გამოყენებული ყველა პირობითობა სახელმწიფო სტანდარტითაა[1] დაკანონებული.

ნახაზების გაფორმებისათვის დადგენილ სტანდარტულ წესებს ხაზვის კურსის გავლის მთელი პერიოდის განმავლობაში, საჭიროების მიხედვით, სხვადასხვა ადგილას შევისწავლით. ამჯერად გავეცნოთ იმ უპირველეს სტანდარტებს, რომელთა შესწავლაც აუცილებელია მანამ, სანამ ნახაზების პრაქტიკულად შესრულებას შეუდგებოდეთ;

2. *სახაზავი ფორმატები* დადგენილია სახელმწიფო სტანდარტებით, რომლის მიხედვით ნახაზების შესრულება დასაშვებია ხუთ ძირითად ფორმატზე, მათი ზომებია: 841×1189; 594×841; 420×594; 297×420 და 210×297 (ზომები მოცემულია მმ-ით). თუ ამ ჩამონათვალს დავაკვირდებით, იოლად შევამჩნევთ, რომ ყოველი ახალი ფორმატი, პირველის შემდეგ, წარმოქმნილია წინამდგომის მოკეცვით გრძელ გვერდზე.

შევნიშნოთ, რომ სამომხმარებლო ქაღალდის ზომები რამდენადმე მეტია სტანდარტულთან შედარებით. აქ იგულისხმება ის გარემოება, რომ ნახაზს, ჩარჩოს ხაზის გარდა, აქვს შემოჭრის ხაზიც და ფორმატის სტანდარტული ზომა სწორედ ნახაზის დამთავრებისა და ფურცლის შემოჭრის შემდეგ დარჩენილი ზომების შესაბამისია. სამომხმარებლო ქაღალდის სტანდარტული აღნიშვნა ასეთია: A0; A1; A2; A3; A4;

3. *მასშტაბი* არის ნახაზზე მოცემული მონაკვეთის სიგრძის შეფარდება ამ მონაკვეთით გამოხატულ ნამდვილ სიგრძესთან. სახელმწიფო სტანდარტით დადგენილია შემდეგი სახის მასშტაბები:

შემამცირებელი მასშტაბი: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000.

გამადიდებელი მასშტაბი: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

ნატურალური მასშტაბი: 1:1.

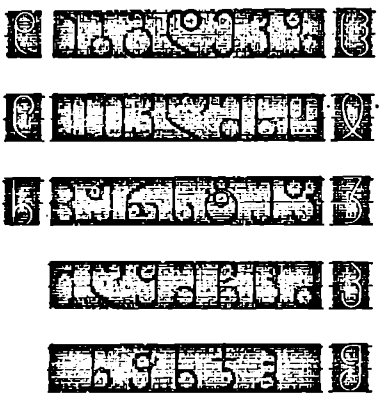
---

[1]სტანდარტი (ინგ.) ტიპობრივი სახე, ნიმუში, საწარმოო, მათ შორის სასწავლო ნახაზების შესრულება და გაფორმება საკონსტრუქტორო დოკუმენტაციის ერთიანი სისტემის, სტანდარტების მიხედვით.

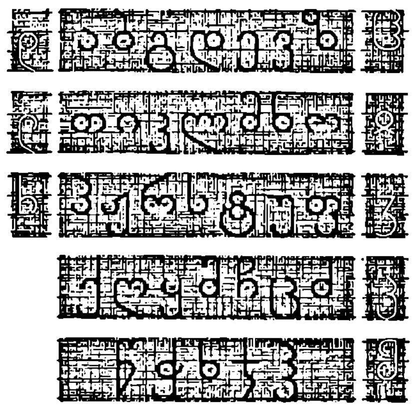
თუ მასშტაბი ჩაწერილია მისთვის განკუთვნილ გრაფაში, იგი აღინიშნება 1:2; 1:5 და ა.შ., ხოლო ყველა დანარჩენ შემთხვევაში მას უკეთდება აღნიშვნა: მ 1:2, მ 1:5 და ა.შ;

4. *სამხაზველო წერის დედანი* არის წერის ნიმუშთა კრებული, რომელიც შეიცავს კალიგრაფიულად შესრულებულ ასოებს, სიტყვებს, წინადადებებსა და მცირე ტექსტებს. წარწერები ნახაზზე კარგი კალიგრაფიით უნდა იყოს შესრულებული, რაც აადვილებს ნახაზის წაკითხვას და ხელს უწყობს გამოხაზული საგნების უშეცდომოდ დამზადებას.

ქართული სამხაზველო წერის დედანი სახელმწიფო სტანდარტით ჯერ დაკანონებული არ არის, მაგრამ არსებობს ცნობილი გრაფიკოსის ემირ ბურჯანაძისა და არქიტექტორ თინათინ თევზაძის მიერ შექმნილი დედანი, რომელიც წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ სამხაზველო საქმეში (სურ. 3 და სურ. 4).



სურ.3



სურ.4

მე-5 სურათზე შესაბამისად ნაჩვენებია, ლათინური და ბერძნული ანბანის ნიმუშები, რომლებიც სახელმწიფო სტანდარტით ნახაზებისთვისაა რეკომენდებული. მე-5 სურათზე აგრეთვე მოცემულია ამავე სტანდარტით დაშვებული არაბული და რომაული ციფრების მოხაზულობა, დიამეტრის, რადიურისა და კვადრატის აღმნიშვნელი პირობითი ნიშნების ნიმუშები.

საერთაშორისო სტანდარტით სამხაზველო საქმისათვის რეკომენდებულია გრაფემის (ბერძნულია და ქართულად ასო-ნიშნის მოხაზულობას ნიშნავს) შემდეგი ნომრები: 20; 14; 10; 7,5; 3,5; 2,5. გრაფემის ნომერი და ასო-ნიშნის სიმაღლე (აღინიშნება h-ით და იზომება მმ-ით) ერთი და იგივე რიცხვით აღინიშნება. მაგალითად, №20 გრაფემის სიმაღლე 20 მმ-ია.

სურ.5

სამხაზველო წერის დედანში ასო-ნიშნების ნორმატიული მოხაზულობისა და ზომების დასაცავად, გამოიყენება საწერი ბადე.

საწერი ბადის აგება ხდება ასე: ასო-ნიშნის სიმაღლეს (h) ყოფენ გარკვეული რაოდენობის ტოლ ნაწილებად (d) და ამის შესაბამისად ავლებენ ჰორიზონტალური და ვერტიკალური (ან ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან 75^0-იან კუთხით დახრილი) ხაზების სისტემას. ამ გზით იქმნება ბადე, რომლის უმცირესი ელემენტია d გვერდიანი კვადრატი (ან რომბი). სწორედ, ამ უმცირესი ელემენტის მეშვეობით ხორციელდება ყოველი ასო-ნიშნის მოხაზულობის, მისი ცალკეულ ელემენტებს შორის პროპორციული დამოკიდებულების და წინასწარდადგენილი ნორმების შესაბამისი სხვა მოთხოვნების დაცვა.

წინამდებარე სახელმძღვანელოში გამოყენებულია h-ის დაყოფის ამგვარი ნორმები: d=1/17h (სურ.3), d=1/23h (სურ.4) და d=1/10h (სურ.5).

ხაზვის კურსი არ ითვალისწინებს სამხაზველო წერის დედნის დეტალურ შესწავლას და ამის გამო მე-3, მე-4 და მე-5 სურათები, რომლებზეც საწერ ბადეში ასო-ნიშნების მოთავსების ნიმუშებია ნაჩვენები, მხოლოდ სასწავლო ნახაზების მცირე ტექსტებისა და ასოითი აღნიშვნების გაფორმებაში სწორი ორიენტაციის ჩამოყალიბების მიზნითაა მოცემული;

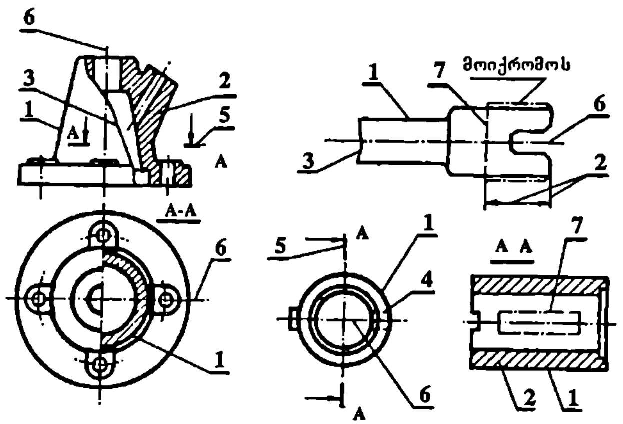
5. *ხაზთა ტიპები* დადგენილია სახელმწიფო სტანდარტით. ნახაზში გამოყენებულია ხაზების სტანდარტული კლასიფიკაცია (იხ.ცხრილი). პირობით ნიშნებთან და სიმბოლოებთან ერთად, გარკვეული ანალოგიით არის ხაზვის ანბანი.

დასახელება	მოხაზულობა	S-თან ფარდობა
მთლიანი ძირითადი		S
მთლიანი წვრილი		S/3 ÷ S/2
მთლიანი ტალღური		S/3 ÷ S/2
წყვეტილი		S/3 ÷ S/2
წვრილი წერტილ-წყვეტილი		S/3 ÷ S/2
გასქელებული წერტილ-წყვეტილი		S/3 ÷ S/2
გაწყვეტილი		S/3 ÷ S/2

შენიშვნა: ცხრილში S სიმბოლოთი აღნიშნულია ხაზის სისქე, რომელიც იზომება მმ-ით. სასწავლო ნახაზებისათვის S≈1÷3 მმ.

ხაზების კლასიფიკაციის მეშვეობით უზრუნველყოფილია ნახაზის თავისუფალი კითხვა, გამოსახულებაში კონსტრუქციული ელემენტების გამოყოფა, ძირითადი და დამხმარე ხაზების ურთიერთისაგან განსხვავება, ხილული და უხილავი კონტურების გარჩევა და სხვ.

ნახაზის ხაზები შესაძლოა გაიყოს ორ ჯგუფად. პირველში ერთიანდება ფიგურის ცალკეული ელემენტების გამომსახველი (ხილული და უხილავი კონტურები), ხოლო მეორეში - დამხმარე ინფორმაციის მატარებელი (მაგ., ღერძის, ზომის, წახაზვის და სხვ.) ხაზები.



სურ.6

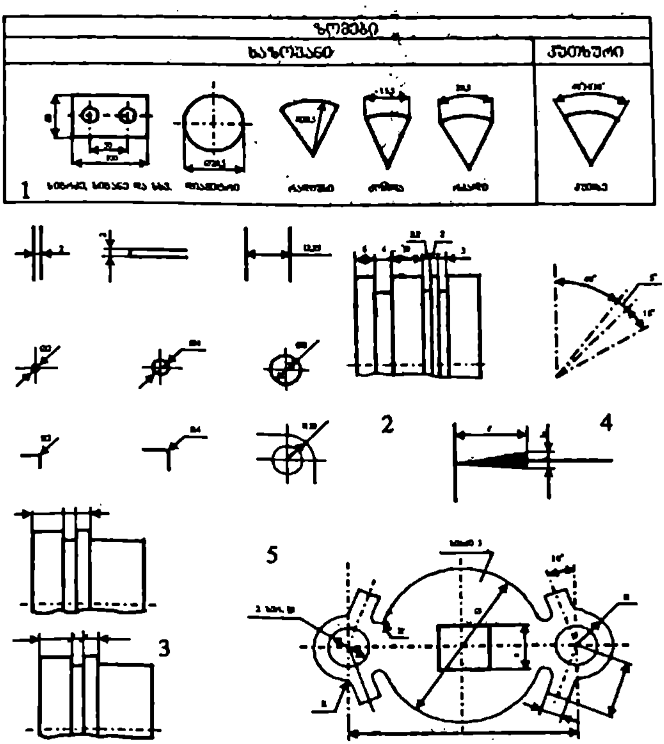
მე-6 სურათზე ნაჩვენებია ხაზების სტანდარტული კლასიფიკაციის ანუ ხაზთა ტიპების პრაქტიკული გამოყენების ნიმუშები. სურათზე ნაჩვენები პოზიციის ნომრები (1,2,3...) შეესაბამება ცხრილში მოცემულ ხაზთა ტიპების რიგით ნომრებს (მაგ., 1 – მთლიანი ძირითადი ხაზი, 2 – მთლიანი წვრილი ხაზი). ჩვენ ამ სურათს კიდევ დავუბრუნდებით შესაბამისი თემების შესწავლისას.

მითითება: 1. ნახაზი წინასწარ სრულდება მეტად მკრთალი და წვრილი ხაზებით, სტანდარტით რეკომენდებული კლასიფიკაციის დაუცველად. ამით შესაძლებელი ხდება ნახაზის შესრულების პირველ ეტაპზე მასში საჭირო შესწორებების შეტანა სახაზავი ზედაპირის დაუზიანებლად, რბილი საშლელის გამოყენებით, მხოლოდ ნახაზის გულმოდგინე შემოწმებისა და მასთან ზედმეტი ნახაზების მოშლის შემდეგ არის რეკომენდებული ნახაზზე დარჩენილი ხაზების შემოვლება სტანდარტული კლასიფიკაციის გათვალისწინებით;

2. ნახაზი სრულდება ფანქრით. ამასთან, ნახაზის შესრულების პირველ ეტაპზე რეკომენდებულია მაგარი ან ნახევრად მაგარი (H და HB), ხოლო მეორეზე - რბილი (B და 2B) ფანქრების გამოყენება;

3. ტერმინოლოგიაში გარკვევის მიზნით დავიხსომეთ, რომ ტერმინები "ხაზი" და "წირი" (კერძო შემთხვევაში "წრფე") სინონიმებია, მაგრამ ხაზვაში ამ ტერმინებს ერთმანეთისაგან განასხვავებენ. სახელდობრ "ხაზი" იხმარება მაშინ, როცა ნახაზის ამ ელემენტს მატერიალური დატვირთვაც აქვს და ნახაზზე მისი დაფიქსირება შესაბამისი სისქით ხორციელდება, ხოლო მაშინ, როცა ამავე ელემენტს ე.ი. "ხაზს" მხოლოდ მათემატიკური ფუნქცია აკისრია და იგი განიხილება, როგორც უგანზომილებო ფიგურის – წერტილის მიერ გავლილი გზა ანუ ტრაექტორია, ტექსტში "წირის" (კერძო შემთხვევაში "წრფის") სახელით მოიხსენიება;

4. *ზომების დაწერის წესები.* სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით საგნის ზომებზე მსჯელობა, რა მასშტაბითაც უნდა იყოს იგი გამოსახული, შეიძლება მხოლოდ მასზე მიწერილი ზომების მიხედვით.



სურ.7

ამჯერად, ნახაზზე ზომების დაწერის სტანდარტული წესებიდან შეისწავლით მხოლოდ ძირითადს და სასწავლო ნახაზისათვის აუცილებელს (სურ.7).

ა) ზომები არის ხაზოვანი და კუთხური. ხაზოვანი ზომა აქვს, მაგალითად, ფიგურის სიგრძეს, სიგანეს, სიმაღლეს, წრეწირის დიამეტრს, წრეწირის რკალის რადიუსს და ა.შ. კუთხური ზომა კი კუთხის სიდიდეს (სურ. 7-1);

ნახაზის ხაზოვანი ზომა იზომება მილიმეტრებით, კუთხური ზომა კი – გრადუსებით. კუთხური ზომის განზომილების ერთეულის ჩვენება ნახაზზე სავალდებულოა;

ბ) ნახაზზე ზომა გამოისახება ზომის აღმნიშვნელი რიცხვით და ხაზით;

გ) უნდა გვახსოვდეს, რომ ყოველი მონაკვეთი თუ კუთხე იზომება მხოლოდ ერთხელ, ამასთან არ არის საჭირო იმ მონაკვეთის ან კუთხის ზომის დაწერა, რომელიც მიიღება აგებით;

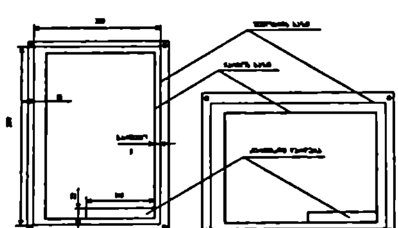
დ) ისარი, რომლითაც ბოლოვდება ზომის ხაზი, მახვილით ეყრდნობა კონტურს, ზომის გამოტანას, ღერძს ან სხვა ხაზებს (სურ. 7-2). საჭიროების შემთხვევაში სათანადო ადგილის უქონლობისას დასაშვებია ისრების შეცვლა წერტილებით ან ზომის ხაზისადმი 45^0-ით დახრილი ჭდეებით (სურ. 7-3). ისრის მოხაზულობა და მისი ელემენტების შეფარდებითი დამოკიდებულება კონტურის ხაზის სისქესთან, გადიდებული მასშტაბით, ცალკეა ნაჩვენები (l=6÷10s, b=2s, s კონტურის ხაზის სისქეა, სურ. 7-4).

ზომების დასმის ზოგადი წესები, მათ შორის დიამეტრის, რადიუსისა და კვადრატის პირობითი ნიშნები ნაჩვენებია 7-5 სურათზე.

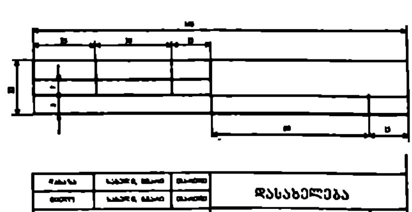
ზომის დასმის წესები და მათი გრაფიკული ინტერპრეტაცია (იხ. სურ.7), როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ზოგადი და ძირითადია. ზომის დასმის სხვა წესებს გაეცნობით შესაბამისი თემების შესწავლისას.

5. *ნახაზის ჩარჩო და ძირითადი წარწერა* ნახაზისათვის ის მნიშვნელოვანი ელემენტებია, რისი შესრულებაც წინ უნდა უძღოდეს თვით ნახაზის შესრულების დაწყებას.

ქვემოთ შეხვედებით მოთხოვნას ფურცლის მომზადების შესახებ. გაითვალისწინეთ, რომ ამ მოთხოვნაში იგულისხმება კონკრეტული მაგალითისათვის შესაფერისი ფურცლის არჩევა. შემოჭრისა და ჩარჩოს ხაზების შესრულება, ადგილის გამოყოფა ძირითადი წარწერისათვის და მისი შევსება. ყოველივე ეს ნაჩვენებია მე-8 და მე-9 სურათებზე.



სურ.8



სურ.9

3. უმარტივესი გეომეტრიული აგებანი სიბრტყეზე

1. წინა მასალაში თქვენ გაეცანით ხაზვის კურსთან დაკავშირებულ ზოგად საკითხებს და ნახაზების გაფორმების სტანდარტულ პირობითობას. ახლა შეგვიძლია დავიწყოთ სიბრტყეზე გეომეტრიული აგებების შესწავლა და მოვემზადოთ ე.წ. "ბრტყელი"ფიგურების ხაზვისათვის.

გეომეტრიულ აგებაში იგულისხმება გეომეტრიული ამოცანის ამოხსნა სახაზავი ხელსაწყოების, მაგალითად, სახაზავისა და ფარგლის გამოყენებით.

გეომეტრიული აგება ერთგვარი (აგების) ამოცანაა, რომელიც შეიცავს:

ა) მითითებას მოცემული ელემენტების (წერტილი, წრფე, წრეწირი) შესახებ;

ბ) მითითებას საძიებელი ელემენტის შესახებ;

გ) მითითებას იმ საშუალებებზე, რომლის მეშვეობითაც უნდა აიგოს საძიებელი ელემენტი.

აგების ამოცანაში იგულისხმება გეომეტრიული ფიგურის აგება, მაგრამ, ამოცანის გადაწყვეტა მარტო ამ ფიგურის აგებით არ განისაზღვრება. საძიებელი ფიგურის აგებას წინ უნდა უძღოდეს ოპტიმალური ხერხი და დამტკიცება იმისა, რომ სწორედ ამ ხერხით მიიღწევა წინასწარმოთხოვნილი თვისებების მქონე ფიგურის აგება. ამგვარად, აგების ამოცანა მხოლოდ მაშინ ითვლება გადაწყვეტილად, როცა მითითებულია აგების ხერხი და დამტკიცებულია ამ გზით მიღებული შედეგის ერთადერთობა.

სახაზავის გამოყენებით შეგიძლიათ ნებისმიერი წრფის გავლება, წრფის გავლება მოცემულ წერტილზე, მოცემულ ორ წერტილზე. სახაზავი არ იძლევა არავითარი სხვა ოპერაციის შესრულების შესაძლებლობას. მაგალითად, არ შეიძლება სახაზავის მეშვეობით წრფეზე მონაკვეთების მოზომვა ან მონაკვეთის ნაწილებად დაყოფა, მიუხედავად იმისა, რომ სახაზავს დანაყოფებიც აქვს.

ფარგლით შეგიძლიათ მითითებული ცენტრითა და რადიუსით შემოხაზოთ წრეწირი. გარდა ამისა, ფარგლით შესაძლოა მოცემულ წრფეზე, მოცემული წერტილიდან, მოზომოთ მოცემული მონაკვეთი. ამასთან, უმჯობესია თუ ასეთ შემთხვევაში ისარგებლებთ არა ფარგლით, არამედ მზომით, რომელსაც, ფარგლისგან განსხვავებით, ორივე ფეხში ნემსი აქვს ჩასმული.

გავიხსენოთ სიბრტყეში გეომეტრიული ადგილის ცნება. ეს არის სიბრტყის წერტილების ერთობლიობა, რომელსაც ახასიათებს გარკვეული თვისება, მაგალითად, ცნობილია, რომ წრეწირი ეწოდება სიბრტყის ყველა იმ წერტილის სიმრავლეს, რომელიც ამ სიბრტყის მოცემული წერტილიდან (ცენტრი) მოცემული დადებითი მანძილით (რადიუსი) არის დაშორებული;

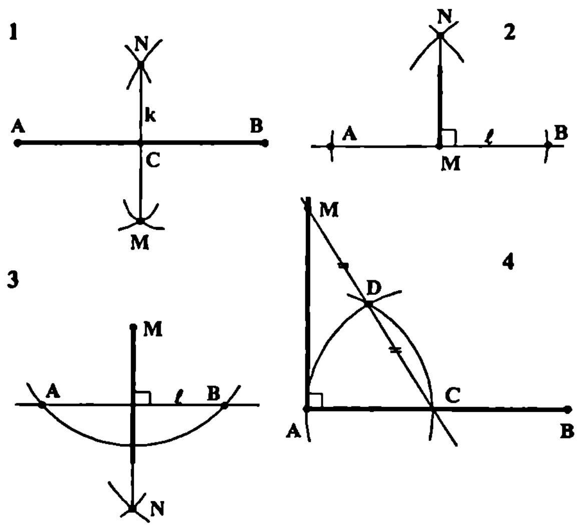
2. *მონაკვეთის გაყოფა შუაზე:* მოცემულია [AB] და საჭიროა მისი შუაზე გაყოფა (სურ.10-1).

[AB]-ს ბოლო წერტილებიდან, მონაკვეთის ორივე მხარეს შემოხაზეთ წრეწირის რკალები, რომელთა რადიუსები დაახლოებით [AB]-ს ნახევარზე მეტი იქნება. ამ რკალების თანკვეთის M და N წერტილების შემაერთებელი k წრფე [AB]-ს შუაზე გამყოფი იქნება: [AC]=[CB];

3. *ურთიერთპერპენდიკულარული წრფეების აგება:* განვიხილოთ სამი შემთხვევა:

1) მოცემულია l და $M \in l$ წერტილი. ავაგოთ $MN \perp l$ (სურ.10-2).

M-დან, როგორც ცენტრიდან შემოვხაზოთ ნებისმიერი რადიუსის წრეწირი და დავნიშნოთ მისი l-თან თანკვეთის A და B წერტილები.



სურ.10

A-დან, როგორც ცენტრიდან შემოვხაზოთ $R>[AM]$ რადიუსიანი რკალი. ამავე რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი B-დან, როგორც ცენტრიდან, პირველად შემოხაზული რკალის გადაკვეთამდე. თანკვეთის N წერტილი შევაერთოთ M-თან;

2) მოცემულია l და $M \notin l$ წერტილი. ავაგოთ $MN \perp l$ (სურ.10-3).

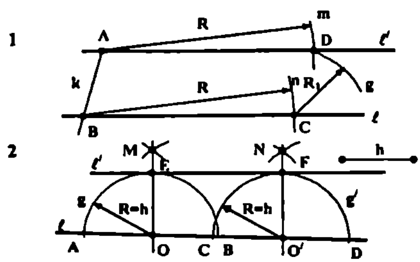
M-დან, როგორც ცენტრიდან შემოვხაზოთ ნებისმიერი რადიუსის წრეწირი და დავნიშნოთ მისი l-თან თანკვეთის A და B წერტილები. A-დან, როგორც ცენტრიდან შემოვხაზოთ $R>[Ml]$ რადიუსიანი რკალი და დავნიშნოთ ამ უკანასკნელის l-თან თანკვეთის A და B წერტილები. ამ წერტილეპიდან, როგორც ცენტრებიდან, შემოვხაზოთ იმავე რადიუსით რკალები და დავნიშნოთ მათი თანკვეთის N წერტილი. N წერტილი შევაერთოთ M-თან. $MN \perp l$;

3) მოცემულია AB. ავაგოთ $AM \perp AB$ (სურ.10-4).

დავნიშნოთ ნებისმიერი $C \in [AB]$ წერტილი. A და C წერტილებიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ $R=[AC]$ რადიუსიანი რკალები და დავნიშნოთ მათი თანკვეთის D წერტილი. C და D წერტილების შემაერთებელ წრფეზე, D-დან მოვზომოთ [CD]-ს ტოლი მონაკვეთი და დავნიშნოთ M წერტილი. M შევაერთოთ A-თან. $MA \perp AB$;

მითითება: მე-10 სურათზე ნაჩვენები აგეგები დამყარებულია მონაკვეთის შუაპერპენდიკულარის იმ თვისებაზე, რომ მისი ნებისმიერი წერტილი ტოლი მანძილითაა დაშორებული მოცემული მონაკვეთის ბოლოებიდან.

4. *მოცემული წრფისადმი პარალელური წრფის აგება.* განვიხილოთ ორი შემთხვევა:



სურ.11

1) მოცემულია l წრფე და $A\notin l$ წერტილი. ავაგოთ l' წრფე შემდეგი პირობით: $A\in l'\|l$ (სურ.11-1). A-ზე გავავლოთ l-ის მკვეთი ნებისმიერი k წრფე და დავნიშნოთ $B=k\cap l$ წერტილი. A და B წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, ნებისმიერი R რადიუსით, შემოვხაზოთ რკალები (m და n), დავნიშნოთ, $C=n\cap l$ წერტილი და ამ უკანასკნელიდან, როგორც ცენტრიდან შემოვხაზოთ $R_1=[AB]$ რადიუსიანი რკალი (g). დავნიშნოთ $D=g\cap m$ წერტილი და ეს უკანასკნელი შევაერთოთ A-თან. მივიღებთ $A\notin l\|l'$;

მითითება: აგება დამყარებულია პარალელოგრამის თვისებებზე და ამიტომ, აგების ამ ხერხს გეომეტრიაში პარალელოგრამის ხერხი ეწოდება.

2) მოცემულია l წრფე და h მანძილი. ავაგოთ l-სადმი პარალელური და მისგან h-ით დაშორებული l' წრფე (სურ.11-2).

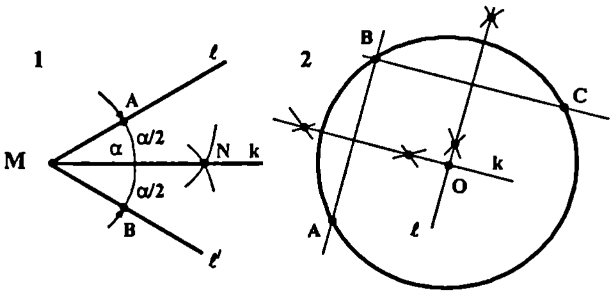
მოცემულ l-ზე ავიღოთ ორი ნებისმიერი O და O' წერტილები. O-დან, როგორც ცენტრიდან შემოვხაზოთ R=h რადიუსიანი წრეწირის g რკალი და დავნიშნოთ $A=g\cap l$ და $B=g\cap l$ წერტილები. იგივე გავიმეოროთ O'-ის მიმართ და დავნიშნოთ $C=g'\cap l$ და $D=g'\cap l$ წერტილები. ავაგოთ [AB] და [CD] მონაკვეთების შუა პერპენდიკულარები OM და O'N. დავნიშნოთ $E=g\cap OM$ და $F=g'\cap O'N$ წერტილები. მიღებული l'(EF) წრფე საძიებელი წრფე იქნება;

მითითება: ურთიერთპერპენდიკულარული და ურთიერთპარალელური წრფეების აგება შეიძლება რეისშინისა და სამკუთხედის ან ორი სამკუთხედის გამოყენებით.

გრაფიკული სამუშაოების შესრულებისათვის ერთობ მნიშვნელოვანია ორი სამკუთხედის (30^0-იანი და 45^0-იანი) ან რეისშინისა და სამკუთხედის ერთობლივი გამოყენება. დაიხსომეთ, რომ ამ ხელსაწყოების კომბინირებულად გამოყენებაში გაწაფვა, რაც მხოლოდ სპეციალური ვარჯიშის შედეგად მიიღწევა, ძალზე დაგეხმარებათ გრაფიკული სამუშაოს უფრო სწრაფად და ზუსტად შესასრულებლად.

5. *კუთხის გაყოფა შუაზე.* მოცემულია l და l' გადაკვეთილ წრფეთა შორის მდებარე α კუთხე. საჭიროა α-ს გაყოფა შუაზე (სურ. 12-1).

მოცემული კუთხის წვეროდან (M) შემოვხაზოთ ნებისმიერი რადიუსის რკალი და დავნიშნოთ ამ უკანასკნელის კუთხის გვერდებთან თანკვეთის A და B წერტილები. A-დან და B-დან, როგორც ცენტრებიდან შემოვხაზოთ ტოლი რადიუსის რკალები და დავნიშნოთ მათი თანკვეთის N წერტილი. N შევაერთოთ M-თან. მიღებული k(MN) წრფე მოცემული კუთხის შუაზე გამყოფი წრფე იქნება.



სურ.12

მითითება: აგება დამყარებულია კუთხის ბისექტრისის თვისებაზე.

6. *სამი არაერთ წრფეზე მდებარე წერტილზე წრეწირის შემოვლება.* მოცემულია A, B და C წერტილები. გავავლოთ ამ წერტილებზე გამავალი წრეწირი (სურ.12-2).

ავაგოთ [AB] და [BC]-ს შუაპერპენდიკულარები k და l.

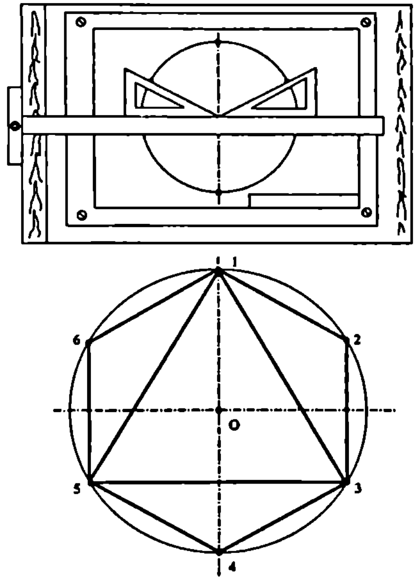
$O=k\cap l$ საძიებელი წრეწირის ცენტრი იქნება, ხოლო R=[OA]=[OB]=[OC] ამავე წრეწირის რადიუსი.

მითითება: აგება დამყარებულია წრეწირის, როგორც წერტილთა გეომეტრიული ადგილის ცნებაზე.

პრაქტიკაში არის შემთხვევებში, როცა მოცემულია წრეწირის რკალი და საჭიროა ცენტრის აგება. ასეთ შემთხვევაში საკმარისია რკალზე ავიღოთ ნებისმიერი სამი წერტილი, რის შემდეგაც საძიებელი ცენტრის აგება განხილული მაგალითის ანალოგიური გამოვა.

7. *წრეწირის დაყოფა ექვს და სამ ტოლ ნაწილად.* გავიხსენოთ, რომ წრეწირის სიგრძის 1/6 რკალის მომჭიმავი ქორდა ამ წრეწირის რადიურის ტოლია. აქედან, ცხადია დასმული ამოცანის პასუხი, მაგრამ მაინც საინტერესოა მისი გადაწყვეტის გრაფიკული ხერხი რეისშინისა და 30^0-იანი სახაზავი სამკუთხედის გამოყენებით, რაც მე-13 სურათზეა ნაჩვენები და დამატებით განმარტებას არ ითხოვს. ამავე სურათზე ნაჩვენებია წრეწირში ჩახაზული ტოლგვერდა სამკუთხედი და წესიერი ექვსკუთხედი;

8. *მოცემული მონაკვეთის ტოლ ნაწილებად დაყოფა.* მოცემული [AB]-ს ერთ-ერთ ბოლოზე (მაგ., A) გავავლოთ მონაკვეთისადმი რაიმე კუთხით დახრილი k სხივი (სურ. 14-1) და A-დან მოვზომოთ მასზე იმდენი ტოლი მონაკვეთი,



სურ.13

რამდენ ტოლ ნაწილადაც გვინდა [AB]-ს დაყოფა (ვთქვათ, 3). დავნიშნოთ 1, 2, 3 წერტილები და 3 შევაერთოთ B-თან. 1 და 2 წერტილებში გავავლოთ 3B-ს პარალელური სხივები. ეს სხივები [AB]-ს გაყოფენ სამ ტოლ ნაწილად.

მითითება: აგება დამყარებულია თალესის თეორემაზე.

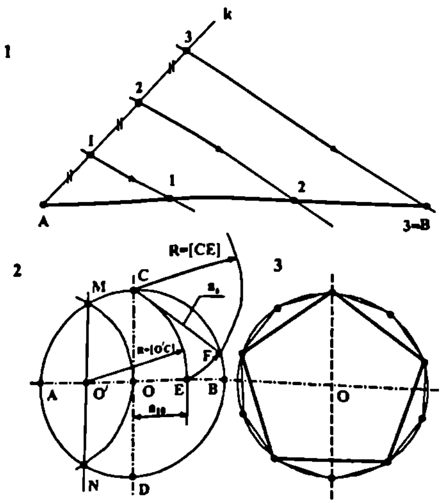
9. *წრეწირის დაყოფა ხუთ ტოლ ნაწილად:* ავაგოთ [AO]-ს MN შუაპერპენდიკულარი (სურ.14-2) და დავნიშნოთ O' წერტილი. ამ უკანასკნელიდან, როგორც ცენტრიდან, R=[O'C] რადიუსით, შემოვხაზოთ რკალი და დავნიშნოთ E წერტილი. C წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ R=[CE] რადიუსიანი რკალი და დავნიშნოთ F წერტილი, მიღებული a_5=[CF] იქნება მოცემული წრეწირის 1/5 ნაწილი.

შევნიშნოთ, რომ 14-2 სურათზე ნაჩვენები [OE]=a_{10} არის ამავე წრეწირის 1/10 ნაწილი.

მითითება: აგება დამყარებულია წრეწირში ჩახაზული მრავალკუთხედის გვერდის გამოსათვლელ ფორმულაზე

$$a_n = 2R\sin\frac{180^0}{n},$$

სადაც n მრავალკუთხედის გვერდების რიცხვია, ხოლო R — ამ მრავალკუთხედზე შემოხაზული წრეწირის რადიუსი.



სურ.14

მაგალითად, წესიერი n-კუთხედის გვერდის სიგრძე, თუ n=3,4,6,8,10, შესაბამისად, იქნება:

$$a_3 = R\sqrt{3}; \quad a_4 = R\sqrt{2}; \quad a_6 = R;$$

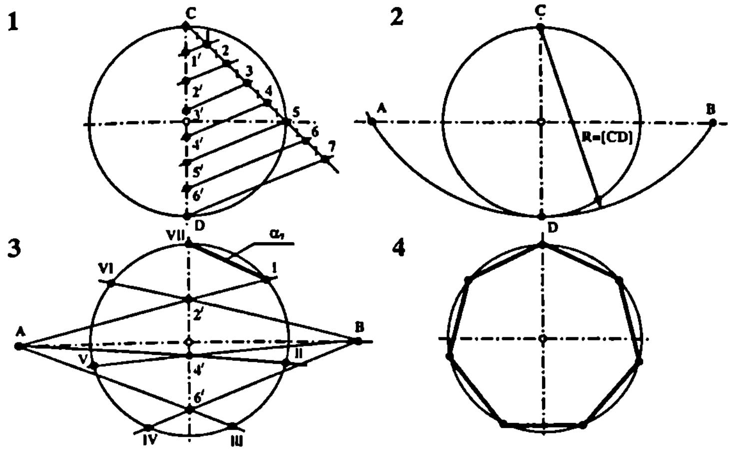
$$a_8 = R\sqrt{2-\sqrt{2}}; \quad a_{10} = \frac{R(\sqrt{5}-1)}{2}.$$

14-3 სურათზე ნაჩვენებია წრეწირში ჩახაზული წესიერი ხუთკუთხედი და ათკუთხედი.

10. *წრეწირის დაყოფა ნებისმიერი რაოდენობის ტოლ ნაწილებად.* მოცემული წრეწირის ერთ-ერთი დიამეტრი (ვთქვათ, CD სურ.15-1) დავყოთ იმდენ ტოლ ნაწილად, რამდენადაც მოითხოვს თვით წრეწირის დაყოფა (ვთქვათ n=7). ეს დაყოფა 15-1 სურათზე შესრულებულია ჩვენთვის უკვე ცნობილი ხერხით (იხ.სურ. 14-1).

დიამეტრის C ბოლოდან, როგორც ცენტრიდან, მოცემული წრეწირის დიამეტრის ტოლი რადიუსით (R=[CD]) შემოვხაზოთ წრეწირის რკალი, დავნიშნოთ A და B წერტილები (სურ.15-2). მიღებული წერტილები შევაერთოთ CD დიამეტრის დაყოფის ლუწ ან კენტრიცხვიან წერტილებთან და დავნიშნოთ შემაერთებელი წრფეების წრეწირთან გადაკვეთის წერტილები – I, II, III, IV, V, VI და VII (სურ.15-3).

15-4 სურათზე ნაჩვენებია წრეწირში ჩახაზული წესიერი შვიდკუთხედი.



სურ.15

ᲛᲘᲗᲘᲗᲔᲑᲐ: არსებობს წესიერი მრავალკუთხედების უსასრულო სიმრავლე, მაგრამ არა ყველა წესიერი მრავალკუთხედის აგებაა შესაძლებელი ფარგლისა და სახაზავის გამოყენებით. მაგალითად, როცა n=3, 4, 5, 6, 15 – მაშინ მრავალკუთხედის აგება ფარგლით და სახაზავით შეიძლება, მაგრამ როცა n=7, 9, 11, 13 ..., ამავე ხელსაწყოებით წრეწირის ტოლ ნაწილებად დაყოფა არ ხერხდება და საჭიროა სხვა ხერხები.

წრეწირის ტოლ ნაწილებად დაყოფის ხერხი, რომელიც მე-15 სურათზეა ნაჩვენები, ნაკლებად ზუსტია, მაგრამ სიმარტივის გამო სავსებით მისაღებია სასწავლო ნახაზებისათვის.

4. მაგალითები უმარტივესი ბრტყელი ფიგურების ხაზვაში

განვიხილოთ და შევასრულოთ სავარჯიშოები, რომლებიც ე.წ. ბრტყელი ფიგურების ხაზვასთან იქნება დაკავშირებული.

ჯერ განვმარტოთ თუ რას გულისხმობს ბრტყელი ფიგურის ცნება და შემდეგ შევუდგეთ საკუთრივ მაგალითების შესრულებას.

ობიექტმა (საგანმა) ფიზიკურად რომ იარსებოს, აუცილებელია მას ჰქონდეს სამი განზომილება — სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე. იდეალურად ბრტყელი საგნები ბუნებაში არ არსებობს. ასე, რომ ტერმინი "ბრტყელი" პირობითია და რაიმე ობიექტის მოხაზულობას, მისი მხოლოდ ერთი მხრიდან დამზერის გამოსახულებას გულისხმობს. ამ პირობითობაში დაშვებულია, რომ თვალიდან გამომავალი სხივები ურთიერთპარალელურია და გამოსახულების სიბრტყის მიმართ პერპენდიკულარული.

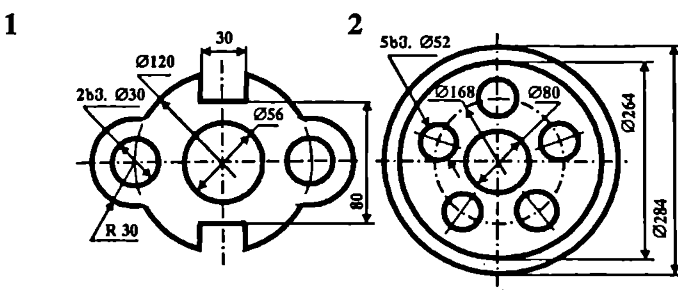
ამის შედეგია ის, რომ ხატი ანუ ობიექტის გამოსახულება ნამდვილია და ნატურისაგან არ განსხვავდება. ამასთან, თუ ქვემოთ განხილული მაგალითებისათვის შერჩეულ ობიექტებს სისქესაც მივანიჭებთ, მაშინ ისინი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, როგორც რეალურად არსებული, ფურცვლოვანი მასალისაგან დამზადებული ფირფიტები — საფენის, სახურავის, კორპუსისა და მისთანების სახით. როგორც ხედავთ, ფირფიტებისათვის, ზემოთ მოყვანილი პირობითობის დაშვებით, სამგანზომილებიანი ობიექტების სიბრტყეზე ასახვის პრობლემა ძალზე მარტივად წყდება, მაგრამ წინასწარ შევნიშნოთ, რომ ყოველთვის ამის გაკეთება არ შეიძლება და საჭიროა ე.წ. დაგეგმილების მეთოდების გამოყენება, რის შესწავლასაც მოგვიანებით დავიწყებთ.

წინასწარ შევნიშნოთ, რომ ქვემოთ განხილული მაგალითების შესრულებაში საერთოა ის სამი ეტაპი, რომელიც ნახაზის შედგენის დროს უნდა იყოს დაცული. ესენია: მაგალითის გარჩევა, მასშტაბის შერჩევა მოცემული სახაზავი ფართის შესაბამისად და ნახაზის შესრულება ზომების ჩვენებით.

პირველი მაგალითი (სურ.16-1)

1) *მაგალითის გარჩევა.* მე-16-1-ლ სურათზე ნაჩვენებია ფიგურა, რომელსაც საფენი ეწოდება. მისი გამოხაზვისათვის საკმარისია კონცენტრული წრეწირებისა და მასთან დაკავშირებული ტეხილების აგება. ნახაზის შესრულება ხაზთა ტიპების სტანდარტული კლასიფიკაციის (სურ.6) დაცვასაც გულისხმობს (მაგალითში გამოყენებულია სულ სამი ტიპის ხაზი: კონტურის, ღერძის და ზომების დასმის). ამასთან სასურველია, თუ გავიხსენებთ ფურცლის ჩარჩოს შემოხაზვის, ძირითადი წარწერის შესრულების (სურ.8) და ზომების დასმის (სურ.7) წესებს;

2) *მასშტაბების შერჩევა.* აღებულ შემთხვევაში რეკომენდებულია ნახაზის შესრულება 297X210 ფორმატის სახაზავ ფურცელზე. მასშტაბის შერჩევა უნდა



სურ.16

მოხდეს ჩარჩოს ხაზისა და ძირითადი წარწერისათვის ადგილის გამოყოფის შემდეგ დარჩენილი სამუშაო ფართობის მიხედვით. ამასთან, სამუშაო ფართობი უნდა იყოს რაციონალურად გამოყენებული. თუ დავაკვირდებით 16-1 სურათზე

მოცემული ფიგურის გაბარიტულ ზომებს იოლად მივალთ იმ მოსაზრებამდე, რომ აქ საჭირო არ არის არც გამადიდებელი და არც შემამცირებელი მასშტაბის ხმარება და იგი შეიძლება ნატურალური ზომით დავტოვოთ, ე.ი. გამოვიყენოთ მ 1:1;

3) *ნახაზის შესრულება ზომების ჩვენებით.* სამუშაო ფართობის დაახლოებით შუა ადგილზე დავნიშნოთ წერტილი (გამოსახულების საორიენტაციო ცენტრი) და გავავლოთ მასზე ორი ურთიერთპერპენდიკულარული ღერძის ხაზი ანუ ავაგოთ სიმეტრიის ღერძები. შევნიშნოთ, რომ მოცემულ ფიგურას სიმეტრიის ორი ღერძი (ვერტიკალური და ჰორიზონტალური) აქვს.

მოცემული დიამეტრების შესაბამისად, ჯერ ავაგოთ შიგა, ხოლო შემდეგ გარე წრეწირი და დავნიშნოთ ამ უკანასკნელის ჰორიზონტალურ ღერძთან თანკვეთის წერტილები. ამ წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, შემოვხაზოთ მოცემული ტოლდიამეტრიანი წრეწირები, ხოლო შემდეგ — მოცემული რადიუსით წრეწირის რკალები, გარე წრეწირის გადაკვეთამდე. გავავლოთ ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ღერძების პარალელური და მისგან მოცემული მანძილით დაშორებული ოთხი წრფე. დავნიშნოთ ამ წრფეების თანკვეთისა და გარე წრეწირთან გადაკვეთის წერტილები ისე, როგორც ეს თვით მაგალითშია მითითებული. ვიზუალურად გამოვყოთ ფიგურის კონტური და დავიწყოთ მისი შემოვლება.

ძირითადი გამოსახულების მთლიანად დამთავრების შემდეგ, მაგალითის მიხედვით განვახორციელოთ ზომების დასმა. ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ აქ, ერთი და იგივე მონაკვეთი ორჯერ არ არის გაზომილი (გარე წრეწირის შიგა არეში შეჭრილი ტეხილი). ერთხელ იზომება ერთი და იმავე დიამეტრის წრეწირებიც, შესაბამისი პირობითობის დაცვით (ჩვენ შემთხვევაში ასეთი ორია და ამაზე მიუთითებს პირობითი აღნიშვნა — 2ხვ ф 30"), ("ხვ" შემოკლებულია და განვრცობილად "ხვრელს" ნიშნავს). ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ ზომების ჩვენებაში გათვალისწინებულია ფიგურის სიმეტრიულობა და ამასთან, დაცულია ზომების საჭირო და საკმარისი რაოდენობით მოცემის მოთხოვნები.

მეორე მაგალითი (სურ.16-2)

1) *მაგალითის გარჩევა.* როგორც მე-16-2 სურათიდან ჩანს, წინა მაგალითისაგან განსხვავებით, აქ საჭიროა წრეწირის ხუთ ტოლ ნაწილად გაყოფა და ამის შესაბამისი აგებების გახსენება (იხ.სურ.14-2). ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ ამჯერად, მოცემული ფიგურა სიმეტრიულია მხოლოდ ერთის, სახელდობრ, ვერტიკალური ღერძის მიმართ. ფიგურის სახელია "სახურავი";

2) *მასშტაბის შერჩევა.* ფიგურის გაბარიტული ზომებისა და სახაზავი ფართობის (იხაზება 210X297 ფორმატის სახაზავ ფურცელზე) შედარებით, აღებულ შემთხვევაში საჭიროა შემამცირებელი მასშტაბის (სახელდობრ, მ 1:2) გამოყენება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ფიგურის ყოველი ზომა, ნახაზის შესრულების დროს, უნდა გაიყოს 2-ზე.

დაიხსომეთ, რომ თქვენ მიერ შესრულებულ ნახაზში მოცემული რიცხვები იქნება, მაგრამ სინამდვილესთან მისი შეუსაბამობა (თქვენ შემთხვევაში ყოველი რიცხვი 2-ზეა გაყოფილი) განიმარტება ძირითადი წარწერის შესაბამის გრაფაში მასშტაბის ჩვენებით 1:2;

3) *ნახაზის შესრულება ზომების ჩვენებით.* სახაზავი ფართობის დააზლოებით შუა ადგილას აიღეთ წერტილი და გაავლეთ ურთიერთპერპენდიკულარული ორი ღერძის ხაზი. დაიხსომეთ, რომ ნახაზის შესრულება ყოველთვის სიმეტრიის ღერძების აგებით იწყება (თუ რასაკვირველია, ფიგურა სიმეტრიულია). მოცემული ზომების მიხედვით ააგეთ კონცენტრული წრეწირები. იმ წრეწირის აგების შემდეგ, რომელზეც 5 ხვრელი ა განლაგებული, დაყავით იგი ხუთ ტოლ ნაწილად და დაყოფის წერტილების ორიენტირება მოახდინეთ მე-16-მე-2 სურათზე ნაჩვენები შემთხვევის მიხედვით.

ნახაზის შესრულების შემდეგ შეუდგეთ ზომების დასმას. ამ შემთხვევაშიც ყურადღება მიაქციეთ ზომების დასმის სტანდარტულ წესებს და, რაც მთავარია, მათ რაოდენობას საჭიროებისა და საკმარისობის თვალსაზრისით.

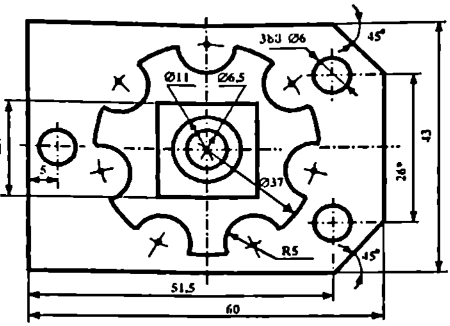
მესამე მაგალითი (სურ.17)

1) *მაგალითის გარჩევა.* როგორც მე-17 სურათიდან ჩანს, წინა მაგალითებიდან განსხვავებით, აქ საჭიროა წრეწირის გაყოფა შვიდ ტოლ ნაწილად.

გარდა ამისა ფიგურა ასიმეტრიულია, როგორც ჰორიზონტალური, ასევე ვერტიკალური ღერძების მიმართ. აქედან გამომდინარე, საყურადღებოა ზომების შერჩევისა და ჩვენების განსხვავებაც. ფიგურის სახელია საყრდენი;

2) *მასშტაბის შერჩევა.* გაბარიტული ზომებისა და სახაზავი ფართობის (ნახაზი სრულდება 210X297 ფორმატის სახაზავ ფურცელზე) გათვალისწინებით ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია გამადიდებელი მასშტაბის (სახელდობრ მ 2:1) გამოყენება;

3) *ნახაზის შესრულება ზომების ჩვენებით.* სახაზავი ფართობის საორიენტაციო ცენტრში გავავლოთ ორი ურთიერთპერპენდიკულარული ცენტრის ხაზი და მათი თანკვეთის წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან მოცემული დიამეტრებით შემოვხაზოთ ორი კონცენტრული წრეწირი. ამავე ცენტრის მიმართ ავაგოთ კვადრატი და წრეწირი, რომელსაც შემდგომ დავყოფთ შვიდ ტოლ ნაწილად, სურათზე ნაჩვენები ორიენტაციით. დაყოფის წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, მოცემული რადიუსით, დიდი წრეწირის შიგა არეში, შემოვხაზავთ წრეწირის რკალებს, მოცემული ზომებისა და განლაგების მიხედვით ავაგებთ სამი პატარა წრეწირის ცენტრს და მოცემული დიამეტრებით შემოვხაზავთ წრეწირებს. ძირითადი ცენტრის მიმართ შემოვხაზავთ სწორკუთხედს და მის კუთხეებს, მოცემული ზომებით ჩამოვჭრით სწორკუთხედს გვერდების მიმართ 45^0 კუთხით დახრილი მონაკვეთებით. არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ გამოსახულების მასშტაბია 2:1 და ამის გამო, სურათიდან აღებული ყოველი ზომის რიცხვი, ფიგურის გამოსახულების აგების დროს უნდა გამრავლდეს 2-ზე, ხოლო გამოსახულებაზე ზომების დაწერისას კი დარჩეს უცვლელი.



სურ.17

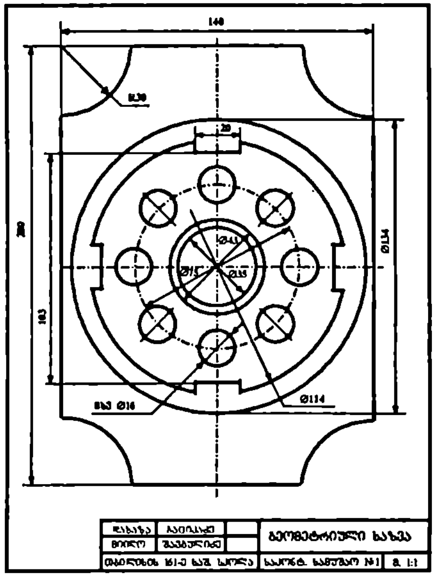
შესრულებული ნახაზის დეტალური ანალიზის შემდეგ, რაც გამოიხატება თქვენ მიერ აგებული გამოსახულების შედარებით ორიგინალთან (სურ.17) და იმის დადასტურებაში, რომ თქვენი ნახაზი სრულ შესაბამისობაშია მასთან, შეგიძლიათ შეუდგეთ ხაზის შემოვლებას ხაზების სტანდარტული კლასიფიკაციის გათვალისწინებით. შევნიშნოთ, რომ ისევე, როგორც წინა მაგალითებში, აქაც სულ სამი ტიპის ხაზია გამოყენებული. ესენია: კონტურის (მთლიანი მსხვილი), ცენტრის (გრძელი წერტილწყვეტილოვანი), ზომის გამოტანისა და ზომის რიცხვების დასმის (წვრილი მთლიანი) ხაზები.

ზომების ჩვენებაში შეგიძლიათ შეიტანოთ თქვენი კორექტივი ორიგინალზე ნაჩვენებ ვარიანტში, მაგრამ უნდა შეგეძლოთ იმის დასაბუთება, რომ თქვენი ვარიანტიც არ ეწინააღმდეგება ზომების დასმის სტანდარტულ წესებს.

ყურადღება მიაქციეთ ერთ-ერთ ზომას, რომელიც ვარსკვლავითაა აღინიშნული (26*). საქმე ისაა, რომ მონაკვეთი, რომელიც ამ ზომითაა განსაზღვრული (ფიგურის მარჯვენა განაპირა კონტური), აგებითაც გამოდის, მაგრამ ამ ზომის ჩვენებას სტანდარტი მაინც მიზანშეწონილად მიიჩნევს და მას საცნობარო ზომა ეწოდება. ჩვენ ამ საკითხს მომავალში კვლავ დავუბრუნდებით.

მითითება: მე-18 სურათზე ნაჩვენებია პირველ ეტაპზე (პუნქტი 1,4) მიღებული ინფორმაციის შემაჯამებელი მაგალითი.

დაიხსომეთ, რომ ხაზვის კურსის შესწავლის ძირითადი ფორმა არის გრაფიკული სამუშაოს შესრულება. ამ მიზანს ემსახურება ყველა განხილული მაგალითი. ხაზვის კურსის შესწავლის ამ ეტაპზე მკითხველმა უკვე უნდა იცოდეს უმარტივესი გეომეტრიული აგებანი სიბრტყეზე, ნახაზების გაფორმების ძირითადი სტანდარტული წესები, სახაზავი ხელსაწყო-იარაღების ხმარება. განვლილი მასალა ამზადებს საფუძველს ხაზვის შემდგომი ნაწილის, სახელდობრ, გეომეტრიული შეუღლებების შესასწავლად, რისი გაკეთებაც მომდევნო პუნქტშია გათვალისწინებული.



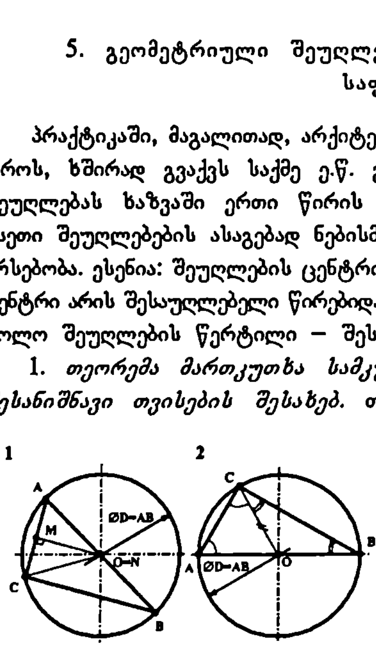
სურ.18

5. გეომეტრიული შეუღლებების თეორიის ელემენტარული საფუძვლები

პრაქტიკაში, მაგალითად, არქიტექტურული თუ ტექნიკური ფორმების ხაზვის დროს, ხშირად გვაქვს საქმე ე.წ. გეომეტრიულ შეუღლებებთან. გეომეტრიულ შეუღლებას ხაზვაში ერთი წირის მეორეში მდოვრედ გადასვლას უწოდებენ. ასეთი შეუღლებების ასაგებად ნებისმიერ შემთხვევაში საჭიროა სამი ელემენტის არსებობა. ესენია: შეუღლების ცენტრი და შეუღლების ორი წერტილი. შეუღლების ცენტრი არის შესაუღლებელი წირებიდან ტოლი მანძილებით დაშორებული წერტილი, ხოლო შეუღლების წერტილი – შესაუღლებელი წირების შეხების წერტილი.

1. *თეორემა მართკუთხა სამკუთხედზე შემოხაზული წრეწირის ერთი შესანიშნავი თვისების შესახებ.* თქვენ უკვე იცით, რომ სამ წერტილზე ერთადერთი წრეწირი გადის, ე.ი. სამკუთხედზე მხოლოდ ერთი წრეწირის შემოხაზვა შეიძლება. შევნიშნოთ, რომ მართკუთხა სამკუთხედისათვის ასეთი წრეწირის ცენტრის მდებარეობა განსაკუთრებულია.

მაგალითად, განვიხილოთ ACB მართკუთხა სამკუთხედი (სურ.19-1).



სურ.19

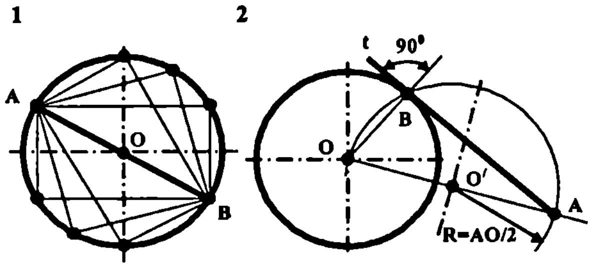
A და C წვეროებიდან თანაბრად დაშორებული წერტილები AC კათეტის MN შუაპერპენდიკულარზე მდებარეობს, რომელიც თავის მხრივ CB კათეტის პარალელურია. თალესის თეორემის მიხედვით შედგენილი [AM]=[MC] ტოლობიდან გამომდინარეობს [AN]=[NB] ტოლობა, რის გამოც [NC]=[NA]=[NB].

აქედან შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ N წერტილი მოცემულ მართკუთხა სამკუთხედზე შემოწერილი წრეწირის ცენტრია (N=0), ხოლო AB ჰიპოტენუზა – ამ წრეწირის დიამეტრი.

დაუმტკიცებლად მოვიყვანოთ ორი თეორემა:

ა) AB დიამეტრიანი წრეწირის ყველა წერტილი AB ჰიპოტენუზის მქონე მართკუთხა სამკუთხედის წვეროებია (სურ.19-2);

ბ) AB ჰიპოტენუზის მქონე მართკუთხა სამკუთხედის წვეროები AB დიამეტრიან წრეწირზე მდებარეობს (სურ.20-1).

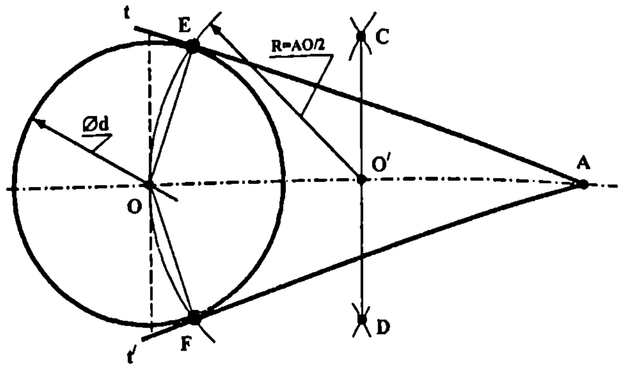


სურ.20

ამ ორი თეორემის შეჯამებას ეფუძნება მესამე დასკვნითი თეორემა: მოცემული ჰიპოტენუზის მქონე ყველა მართკუთხა სამკუთხედის წვეროთა სიმრავლე არის წრეწირი, რომლის დიამეტრიც ჰიპოტენუზაა.

ეს თეორემა შესაძლებლობას გვაძლევს ავხსნათ წრეწირის გარეთ მდებარე მოცემულ წერტილზე გამავალი მხების (t) აგების მარტივი წესი (სურ.20-2). სახელდობრ, თუ AB წრფე O ცენტრიან წრეწირს ეხება B წერტილში, მაშინ B არის იმ მართკუთხა სამკუთხედის წვერო, რომლის ჰიპოტენუზაა OA, რის გამოც იგივე B, მოცემული წრეწირისა და OA დიამეტრიანი წრეწირის თანკვეთის წერტილი გამოდის.

2. *წრეწირის გარეთ მდებარე წერტილზე ამ წრეწირისადმი მხების გავლება.* მოცემულია A წერტილი და d დიამეტრიანი წრეწირი ისე, რომ A წრეწირის გარე არეშია მოთავსებული. ავაგოთ მხები (t) (სურ.21). ამისათვის [OA] ჩვენთვის ცნობილი ხერხით (სურ. 10) გავყოთ შუაზე და მოვნიშნოთ O' წერტილი. ამ უკანასკნელიდან, როგორც ცენტრიდან შემოვხაზოთ $R=\frac{[OA]}{2}$ რადიუსიანი წრეწირი, დავაფიქსიროთ აგებული და მოცემული წრეწირების თანკვეთის



სურ.21

E და F წერტილები. t(AE) საძიებელი მხები იქნება, ხოლო t'(AF) – ამ ამოცანის მეორე პასუხი.

6. მაგალითები გეომეტრიული შეუღლებების ხაზვაზე

ვიდრე უშუალოდ აგების ამოცანებს შევეხებოდეთ, მოვახდინოთ მცირე ექსკურსი ელემენტარულ გეომეტრიასა და ტერმინოლოგიაში გრაფიკული სამუშაოების სიზუსტის შემოწმების საშუალებათა განსაზღვრის მიზნით. გავიხსენოთ ჩვენთვის საინტერესო ზოგიერთი დებულება:

აქსიომა პარალელურ წრფეთა შესახებ, რომელიც ევკლიდეს გეომეტრიისათვის არის ძალაში, მიუთითებს იმას, რომ მოცემულ წერტილზე მოცემული წრფის პარალელურად მხოლოდ ერთადერთი წრფე გადის. აქედან გამომდინარეობს, რომ, თუ წრფე ორი პარალელური წრფიდან ერთთან გადაკვეთილია, მაშინ იგი გადაკვეთილია მეორესთანაც; ერთი და იმავე წრფისადმი გავლებული პერპენდიკულარი და დახრილი, გადაკვეთილი წრფეებია; თუ ორი წრფე ცალ-ცალკე რაიმე მესამე წრფის პარალელურია, მაშინ ეს ორი წრფეც ურთიერთპარალელურია; ევკლიდეს აქსიომა, რომელიც სამ არაკოლინეარულ (არა ერთ წრფეზე მდებარე) წერტილზე მხოლოდ ერთი სიბრტყის გავლებას უშვებს, იმ შედეგს იძლევა, რომ ორ გადაკვეთილ (ერთი საერთო წერტილის მქონე) ან პარალელურ (საერთო წერტილის არმქონე) წრფეზე მხოლოდ ერთი სიბრტყე გადის.

განვიხილოთ მაგალითები.

პირველი მაგალითი (სურ.22)

ორი პარალელური წრფის შეუღლება წრეწირის რკალით (სამი შემთხვევა, როდესაც მოცემულია შესაუღლებელი წრფეები (k_1 და k_2) და შეუღლების წერტილები (A და A_1), ხოლო მოსაძებნია შეუღლების ცენტრი (O) და რადიუსი (R).

ა) შეუღლების მოცემული A და A_1 წერტილები შევაერთოთ წრფის მონაკვეთით და ამ უკანასკნელის შუა წერტილიდან ანუ შეუღლების ცენტრიდან (O), $R = \frac{[AA_1]}{2}$ რადიუსიანი რკალით შევაუღლოთ მოცემული k_1 და k_2 პარალელური წრფეები (სურ. 22-1);

ბ) $[AA_1]$ გავყოთ შუაზე. მივიღებთ შეუღლების დამატებით A_2 წერტილს. ამის შემდეგ შეუღლების განხორციელება წინა შემთხვევის ანალოგიურია (სურ. 22-2);

გ) $[AA_1]$-ის შუა წერტილი (A_2), შეუღლების დამატებითი წერტილი იქნება. მოცემული A-დან აღვმართოთ მართობი $[AA_2]$-ის შუაპერპენდიკულარის გადაკვეთამდე (O_1). ამ უკანასკნელიდან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ $R_1=[O_1A]$ რადიუსიანი რკალი A-დან A_2-მდე. ეს იქნება შეუღლების პირველი ნახევარი, ანალოგიურად განხორციელდება შეუღლების მეორე ნახევარი (სურ. 22-3).

მეორე მაგალითი (სურ.22)

მართი, მახვილი და ბლაგვი კუთხეების შეუღლება წრეწირის რკალით (სამი შემთხვევა, როცა მოცემულია შესაუღლებელი წრფეები (k_1 და k_2) და შეუღლების რადიუსი (R), ხოლო მოსაძებნია შეუღლების ცენტრი (O) და წერტილები (A_1 და A_2).

ა) მოცემული წრფეების თანკვეთის C წერტილიდან, კუთხის ორივე გვერდზე მოვზომოთ R-ის ტოლი მონაკვეთები. მივიღებთ შეუღლების A_1 და A_2 წერტილებს. საძიებელი შეუღლების ცენტრი (O) კი განისაზღვრება ამ წერტილებიდან აღმართული პერპენდიკულარების თანკვეთით (სურ.22-4);

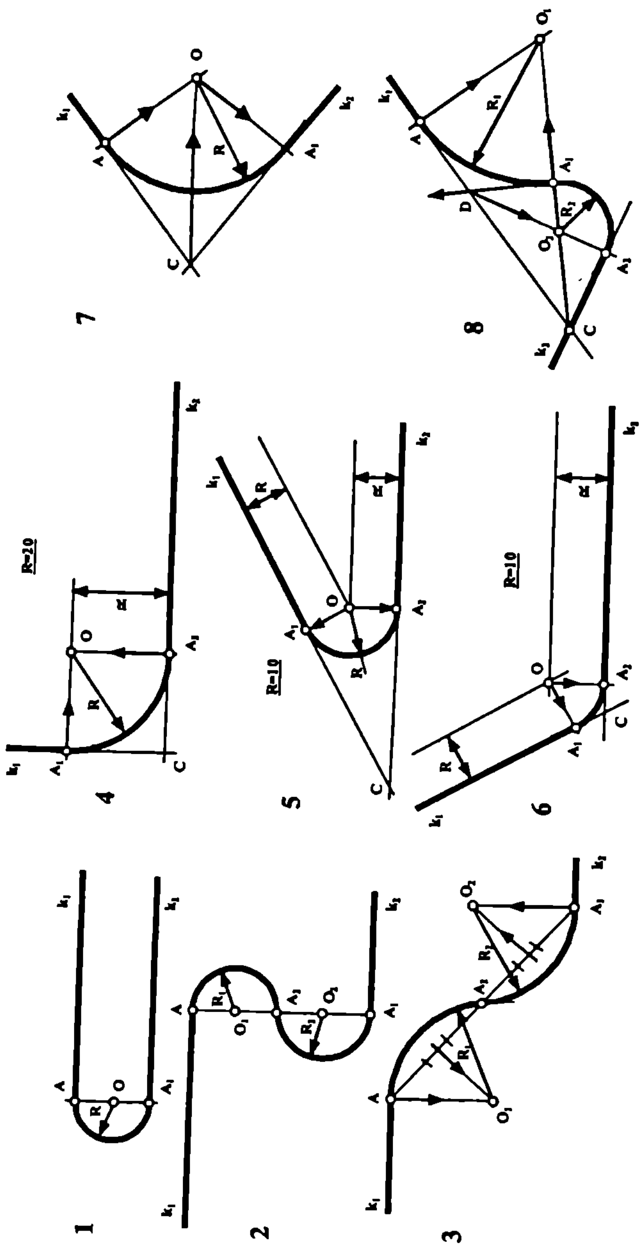
ბ) გავავლოთ მოცემული მახვილი კუთხის გვერდების (k_1 და k_2) პარალელური და მათგან მოცემული R მანძილით დაშორებული წრფეები. ამ წრფეების თანკვეთის წერტილი შეუღლების საძიებელი ცენტრი (O) იქნება, ხოლო შეუღლების წერტილები – ცენტრიდან, კუთხის გვერდებზე დაშვებული პერპენდიკულარების A_1 და A_2 ფუძეები (სურ.22-5);

გ) 22-6 სურათზე ნაჩვენებია ბლაგვი კუთხის შეუღლების ნიმუში, რაც წინა შემთხვევის ანალოგიურია და დამატებით ახსნას არ საჭიროებს.

მესამე მაგალითი (სურ.22)

წრფეთა შეუღლების კერძო შემთხვევები (ორი შემთხვევა, როცა მოცემულია გადაკვეთილ წრფეთა (k_1 და k_2) შეუღლების ერთი წერტილი (A) და საჭიროა შეუღლების ცენტრის (O) რადიუსისა (R) და მეორე წერტილის (A_1) მოძებნა.

ა) გავავლოთ C კუთხის ბისექტრისა (იხ.სურ.12-1) და დავენიშნოთ შეუღლების მოცემული წერტილიდან (A) შესაბამისი გვერდის (k_1) მიმართ აღმართულ პერპენდიკულართან მისი თანკვეთის წერტილი (O). ეს იქნება საძიებელი ცენტრი. შეუღლების მეორე წერტილის მოსაძებნად საკმარისია ცენტრიდან (O) მეორე გვერდზე (k_2) დაშვებული პერპენდიკულარის ფუძის განსაზღვრა (A_1), რაც შეეხება შეუღლების რადიუსს (R), იგი განისაზღვრება აგებით და განსახილველ მაგალითში [OA]-ის ტოლია (სურ.22-7);



ნახ.22

ბ) ავაგოთ $C=k_1 \cap k_2$ კუთხის ბისექტრისა და დავნიშნოთ ამ უკანასკნელის, A-დან k_1-სადმი აღმართულ პერპენდიკულართან, თანკვეთის წერტილი (O_1). ამით განისაზღვრება პირველი შემაუღლებელი რკალის ცენტრი და რადიუსი ($R_1=[O_1A]$). O_1-დან შემოხაზული R_1 რადიუსიანი რკალის თანკვეთა C კუთხის ბისექტრისასთან მოგვცემს შეუღლების A_1 წერტილს. დავნიშნოთ A_1-დან $[CO_1]$-ის მიმართ აღმართული პერპენდიკულარის k_1-თან თანკვეთის D წერტილი. D კუთხის ბისექტრისა C კუთხის ბისექტრისასთან თანკვეთაში შეუღლების მეორე რკალის O_2 ცენტრს მოგვცემს, ხოლო ამავე ბისექტრისის თანკვეთა შესაუღლებელ მეორე წრფესთან (k_2)-შეუღლების A_2 წერტილს. მეორე რკალის რადიუსი განისაზღვრება აგებით და განსახილველ მაგალითში $[O_2A_1]$-ის ტოლია (სურ.22-8).

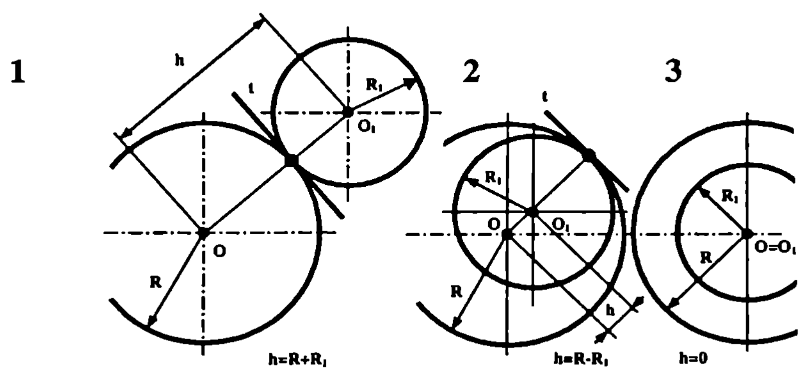
მეოთხე მაგალითი (სურათები 23, 24, 25, 26, 27)

მითითება: მაგალითის თემაში გეომეტრიული შეუღლებების აგება ორ ძირითად დებულებაზეა დაყრდნობილი:

ა) წრფისა და წრეწირის შეუღლების შემთხვევაში; წრეწირის ცენტრი მდებარეობს წრფის კუთვნილი შეუღლების წერტილიდან ამავე წრფისადმი გავლებულ პერპენდიკულარზე;

ბ) ორი წრეწირის შემთხვევაში, ამ წრეწირების ცენტრების შემაერთებელი წრფე გადის შეუღლების წერტილში და ამავე წერტილში მხების პერპენდიკულარულია.

პირველ დებულებაში დასარწმუნებლად მე-5 პუნქტში განხილული მასალაც კმარა და დამატებით ახსნას არ ითხოვს. მეორისათვის კი, კვლავ მოვახდინოთ მცირე ექსკურსი პლანიმეტრიაში და გავიხსენოთ ერთ სიბრტყეზე მდებარე წრეწირების ურთიერთმდებარეობის შემთხვევები (სურ. 23).



სურ.23

ორი წრეწირის ერთ სიბრტყეში ურთიერთმდებარეობა განისაზღვრება ამ წრეწირების ცენტრებს შორის არსებული მანძილის (h) და რადიუსების (R და

R_1) ურთიერთდამოკიდებულებით. მაგ., თუ ცენტრებს შორის მანძილი რადიუსე-ბის ჯამის ტოლია, ე.ი. თუ $h=R+R_1$ (სურ.23-1), მაშინ წრეწირებს მხოლოდ ერთი საერთო წერტილი აქვთ. ასეთი წრეწირების შესახებ ამბობენ, რომ მათ აქვთ გარე თანახება და საერთო წერტილს შეხების წერტილს უწოდებენ. ხოლო, როცა $h=R-R_1$ (სურ.23-2), მაშინ წრეწირებს აქვთ შიგა თანახება და მცირერადიუსიანი წრეწირების ყველა წერტილი, შეხების წერტილის გარდა, დიდრადიუსიანი წრეწირის შიგა არეშია მოქცეული.

შევნიშნოთ, რომ როცა ცენტრებს შორის მანძილი $h=O$, მაშინ, წრეწირებს საერთო ცენტრი უჩნდებათ ($O=O_1$) და მათ კონცენტრულ წრეწირებს უწოდებენ (სურ.23-3).

წრფისა და წრეწირის შეუღლება წრეწირის რკალით. განვიხილოთ ოთხი შემთხვევა:

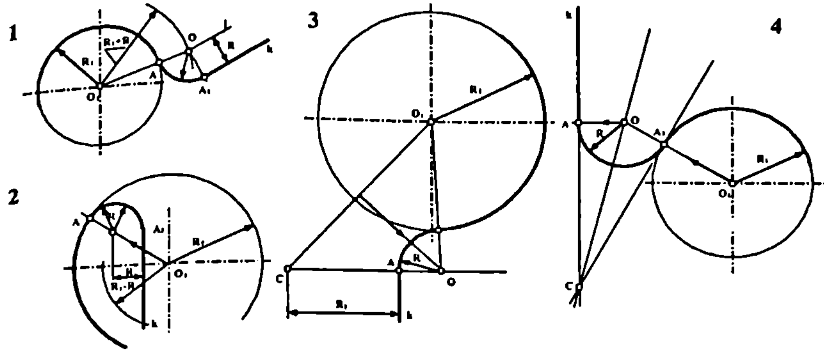
პირველი (სურ.24-1) – მოცემულია R_1 რადიუსიანი წრეწირი, k წრფე და შეუღლების R რადიუსი. საჭიროა ავაგოთ შეუღლება. შეუღლების ელემენტების (ცენტრი და წერტილები) მოსაძებნად ავაგოთ მოცემული წრეწირის კონცენტრული, $R+R_1$ რადიუსიანი წრეწირი და k წრფის პარალელური და მისგან R მანძილით დაშორებული *l* წრფე. დავნიშნოთ ამ უკანასკნელის კონცენტრულ წრეწირთან თანკვეთის O წერტილი (შეუღლების ცენტრი). შეუღლების წერტილების განსაზღვრისათვის O შევაერთოთ მოცემული წრეწირის ცენტრთან და იმავე O-დან დავუშვათ პერპენდიკულარი k წრფეზე. შემაერთებელი წრფის წრეწირთან თანკვეთის წერტილი საძიებელი შეუღლების ერთი წერტილი (A) იქნება, მეორე კი O-დან k-ზე დაშვებული პერპენდიკულარის ფუძე (A_1);

მეორე (სურ.24-2) – მოცემულია k წრფე, R_1 რადიუსიანი წრეწირი და შეუღლების R რადიუსი. საჭიროა შეუღლების ცენტრისა (O) და წერტილების (A და A_1) განსაზღვრა.

მოცემული წრეწირის O_1 ცენტრიდან შემოხაზოთ ($R-R_1$) რადიუსიანი წრეწირის რკალი მოცემული k წრფის პარალელური და მისგან R მანძილით დაშორებული წრფის გადაკვეთამდე (O). მივიღებთ შეუღლების O ცენტრს. OO_1 წრფის მოცემული წრეწირის თანკვეთაში, მივიღებთ შეუღლების A წერტილს, ხოლო O-დან K-ზე დაშვებული პერპენდიკულარის A_1 ფუძე საძიებელი შეუღლების მეორე წერტილი იქნება;

მესამე (სურ.24-3) – მოცემულია k წრფე, R_1 რადიუსიანი წრეწირი და შეუღლების A წერტილი k წრფეზე, საჭიროა შეუღლების ცენტრის (O) რადიუსის (R_1) და მეორე წერტილის (A_1) განსაზღვრა.

მოცემულ A-ზე გავავლოთ k-ს პერპენდიკულარი, მასზე A-დან მოვზომოთ მოცემული R_1-ის ტოლი მონაკვეთი და დავნიშნოთ C წერტილი. $[O_1C]$-ს შუაპერპენდიკულარის გადაკვეთა A-ზე გამავალ k-ს პერპენდიკულართან შეუღლების საძიებელი O ცენტრი იქნება, ხოლო ამ უკანასკნელის O_1-თან შემაერთებელი წრფის მოცემულ წრეწირთან თანკვეთის წერტილი (A_1) - საძიებელი შეუღლების მეორე წერტილი;



სურ.24

მეოთხე (სურ.24-4) – მოცემულია k წრფე, R_1 რადიუსიანი წრეწირი და შეუღლების წერტილი (A_1) წრეწირზე. საჭიროა შეუღლების ცენტრის (O), რადიუსის (R) და მეორე წერტილის (A) განსაზღვრა.

მოცემულ A_1 წერტილში გავავლოთ მოცემული წრეწირის მხები და დავნიშნოთ k-სთან ამ უკანასკნელი თანკვეთის C წერტილი. მოცემული წრეწირის ცენტრისა (O_1) და შეუღლების წერტილის (A_1) შემაერთებელი წრფის თანკვეთა C კუთხის ბისექტრისასთან შეუღლების საძიებელი ცენტრი (O) იქნება, ხოლო ამ უკანასკნელიდან k-ზე დაშვებული პერპენდიკულარის ფუძე – საძიებელი შეუღლების მეორე წერტილი (A).

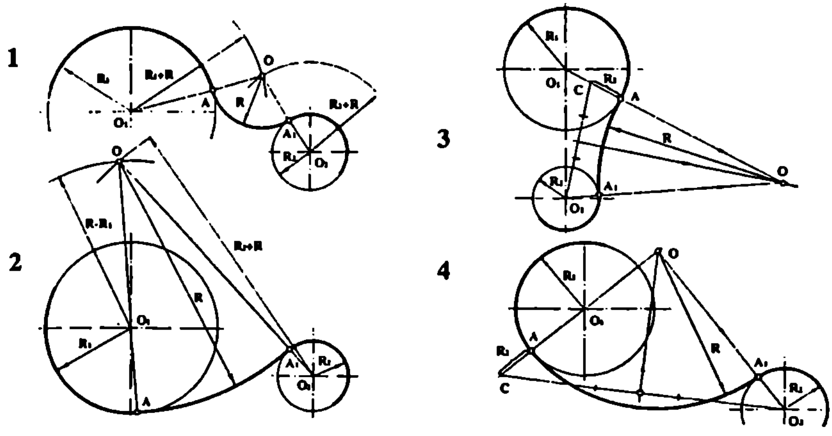
ორი წრეწირის შეუღლება მესამე წრეწირის რკალით. განვიხილოთ ოთხი შემთხვევა:

პირველი (სურ.25-1) – მოცემულია R_1 და R_2 რადიუსიანი წრეწირები და მათი შემაუღლებელი წრეწირის რკალის R რადიუსი. საჭიროა შეუღლების ცენტრისა (O) და წერტილების (A და A_1) განსაზღვრა (პირველი ვარიანტი).

მოცემული წრეწირის ცენტრებიდან (O_1 და O_2) შემოვხაზოთ შესაბამისად R_1+R და R_2+R რადიუსიანი რკალები. ამ რკალების თანკვეთის O წერტილი საძიებელი შეუღლების O ცენტრი იქნება, ხოლო ამ უკანასკნელის O_1 და O_2 ცენტრებთან შემაერთებელი წრფეების თანკვეთა შესაბამის წრეწირებთან – საძიებელი შეუღლების A და A_1 წერტილები;

მეორე (სურ.25-2) – მოცემულია R_1 და R_2 რადიუსიანი წრეწირები და მათი შემაუღლებელი წრეწირის რკალის R რადიუსი. საჭიროა შეუღლების ცენტრისა (O) და წერტილების (A და A_1) განსაზღვრა (მეორე ვარიანტი).

მოცემული წრეწირების O_1 და O_2 ცენტრებიდან შემოვხაზოთ შესაბამისად R-R_1 და R+R_2 რადიუსიანი რკალები. ამ რკალების თანკვეთის O წერტილი საძიებელი შეუღლების ცენტრი იქნება, ხოლო ამ უკანასკნელის O_1 და O_2



სურ.25

ცენტრებთან შემაერთებელი წრფეების თანკვეთა შესაბამის წრეწირთან საძიებელი შეუღლების A_1 და A_2 წერტილებია;

მესამე (სურ.25-3) – მოცემულია R_1 და R_2 რადიუსიანი წრეწირები და შეუღლების ერთ-ერთი წერტილი (A). საჭიროა ცენტრის (O) რადიუსის (R) და მეორე წერტილის (A_1) განსაზღვრა (პირველი ვარიანტი).

მოცემული R_1 რადიუსიანი წრეწირის O_1 ცენტრი შევაერთოთ შეუღლების მოცემულ A წერტილთან. $[OA_1]$-ზე მოვზომოთ $[AC]=R_2$ და დავნიშნოთ C წერტილი. ეს უკანასკნელი შევაერთოთ მოცემული R_2 რადიუსიანი წრეწირის O_2 ცენტრთან, ავაგოთ $[C_1O_2]$-ს შუაპერპენდიკულარი და დავნიშნოთ ამ უკანასკნელის O_1A წრფესთან თანკვეთის O წერტილი – საძიებელი შეუღლების ცენტრი. O-სა და O_2-ის შემაერთებელი წრფის თანკვეთა R_2 რადიუსიან წრეწირთან საძიებელი შეუღლების მეორე წერტილი (A_1) იქნება, ხოლო შეუღლების საძიებელი რადიუსი (R) გამოვა აგებით – $R=[OA]=[OA_1]$;

მეოთხე (სურ.25-4) – მოცემულია R_1 და R_2 რადიუსიანი წრეწირები და შეუღლების ერთ-ერთი წერტილი (A), საჭიროა ცენტრის (O), რადიუსის (R) და შეუღლების მეორე წერტილის (A_1) განსაზღვრა (მეორე ვარაანტი).

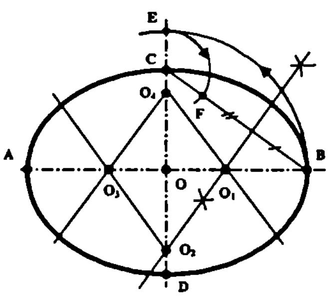
მოცემული R_1 რადიუსიანი წრეწირის O_1 ცენტრი შევაერთოთ შეუღლების მოცემულ A წერტილთან. $[OA_1]$-ზე მოვზომოთ $[AC]= R_2$ და დავნიშნოთ C წერტილი. ეს უკანასკნელი შევაერთოთ მოცემული R_2 რადიუსიანი წრეწირის O_2 ცენტრთან. ავაგოთ $[C_1O_2]$-ს შუაპერპენდიკულარი და დავნიშნოთ ამ უკანასკნელის O_1A წრფესთან თანკვეთის O წერტილი – საძიებელი შეუღლების ცენტრი. O-სა და O_2-ის შემაერთებელი წრფის თანკვეთა R_2 რადიუსიან წრეწირთან საძიებელი

შეუღლების მეორე წერტილი (A_1) იქნება, ხოლო შეუღლების საძიებელი რადიუსი გამოვა აგებით – $R=[OA]=[OA_1]$.

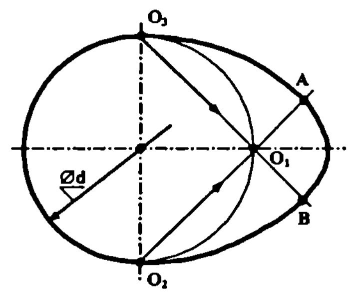
ოვალი და მისი აგება მოცემული დიდი და პატარა ღერძებით (სურ.26). ოვალი არის ოთხი შეუღლებული წრეწირის რკალი. განვიხილოთ შემთხვევა, როცა ოვალს სიმეტრიის ორი ღერძი აქვს და მისი აგებისათვის ცნობილია დიდი (AB) და პატარა (CD) ღერძების სიგრძე.

დავნიშნოთ ოვალის O ცენტრი და გავავლოთ მასზე სიმეტრიის ურთიერთ-პერპენდიკულარული ორი ღერძი. ერთზე მოვზომოთ AB, ხოლო მეორეზე CD მონაკვეთები., O-დან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ OB რადიუსიანი რკალი და დავნიშნოთ პატარა ღერძთან მისი თანკვეთის E წერტილი. C-დან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ CE რადიუსიანი რკალი მოცემული ღერძების C და B ბოლოების შემაერთებელი მონაკვეთის გადაკვეთამდე (F). ავაგოთ [FB]-ს შუა-პერპენდიკულარი და დავნიშნოთ მისი თანკვეთის წერტილი დიდ და პატარა ღერძებთან (O_1 და O_2). ავაგოთ O_1-ის სიმეტრიული O_3 და O_2-ის სიმეტრიული – O_4 წერტილები. მათი ჯვარედინი შეერთებით მივიღებთ შესაუღლებელი რკალების საზღვრებს. O_1-დან შემოვხაზოთ O_1B რადიუსიანი რკალი. ამავე რადიუსით ავაგოთ რკალი O_3 ცენტრიდან. O_2-დან შემოვხაზოთ O_2C რადიუსიანი რკალი. ამავე რადიუსით ავაგოთ რკალი O_4 ცენტრიდან.

ოვოიდი და მისი აგება (სურ.27). ოვოიდი, ოვალის მსგავსად ოთხი წრეწირის რკალის შეუღლებით მიიღება, მაგრამ ოვალისაგან განსხვავებით მას მხოლოდ სიმეტრიის ერთი ღერძი აქვს და ფორმა, ნაცვლად ოვალურისა კვერცხისებრია.



სურ.26



სურ.27

ოვოიდის აგება სხვადასხვაგვარად შეიძლება და ეს დამოკიდებულია გამოსავალ მონაცემებზე. განვიხილოთ შემთხვევა, როცა მოცემულია წრეწირის d დიამეტრი და საჭიროა ოვოიდის აგება.

დავნიშნოთ O წერტილი და შემოვხაზოთ მოცემული დიამეტრის (d) წრეწირი. დავნიშნოთ ამ უკანასკნელის სიმეტრიის ღერძთან (ჩვენ შემთხვევაში მას

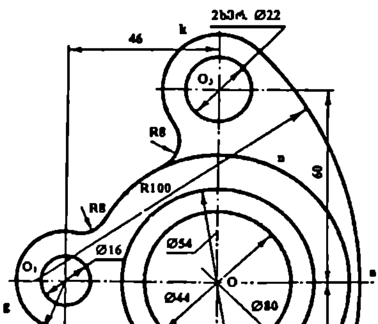
ჰორიზონტალური მდებარეობა უკავია) თანკვეთის O_1 წერტილი და შევაერთოთ იგი O_2 და O_3 წერტილებთან. ამით მივიღებთ შესაუღლებელი რკალების საზღვრებს. O_2-დან, როგორც ცენტრიდან, შემოვხაზოთ O_2O_3 რადიუსიანი რკალი და დავნიშნოთ A წერტილი. იგივე გავიმეოროთ O_3-ის მიმართ და დავნიშნოთ B წერტილი. AB რკალი ავაგოთ O_1 ცენტრიდან $O_1B= O_1A$ რადიუსით (როგორც ნახაზის შესრულების მიმდინარეობიდან ჩანს, რკალის რადიუსი მიიღება აგებით).

7. გეომეტრიული შეუღლებების გამოყენება ტექნიკურ ფორმებში

წინა ორ პუნქტში (5 და 6) თქვენი ცოდნა შეივსო ახალი ინფორმაციით, რომელსაც გეომეტრიული შეუღლებების სახელით გავეცანით. ახლა საჭიროა მიღებული ცოდნის ფიქსირება და რეალიზება შესაბამისი შინაარსის ამოცანებში. სწორედ ამ მიზანს ემსახურება ისეთი „ბრტყელი" ფიგურის ნახაზების შესრულება, რომელიც გეომეტრიული შეუღლებების აგების ცოდნას მოითხოვს.

გავარჩიოთ 28-ე სურათზე ნაჩვენები მაგალითი და მის მიხედვით შევასრულოთ ნახაზი:

ნახაზის შესრულება დავიწყოთ ფურცლის მომზადებით, მოცემული ფიგურის (კრონშტეინის) გაბარიტული ზომების გათვალისწინებით ავირჩიოთ სახაზავი ფორმატი და გამოსახულების მასშტაბი. აღებულ შემთხვევაში მიზანშეწონილი იქნება თუ ავიღებთ ნატურალურ (1:1) მასშტაბს და 210×297 ფორმატის სახაზავ ფურცელს. სახაზავი ფართის ოპტიმალურად გამოყენების მიზნით, ფურცელი ისე დავაკრათ სახაზავ დაფაზე, რომ ფიგურის ჰორიზონტალური ღერძი (a) ფურცლის მოკლე ნაპირის პარალელური იყოს.



სურ.28

პირველად შემოვხაზოთ ჩარჩოს ხაზი და გამოვყოთ ადგილი ძირითადი წარწერისათვის. დარჩენილი ფართობის დაახლოებით შუა ადგილას დავნიშნოთ O წერტილი და გავავლოთ მასზე ვერტიკალური (b) და ჰორიზონტალური (a) ღერძები. მზომი გავშალოთ 46 მმ-ზე და O-დან a-ზე დავნიშნოთ O_1 წერტილი. ასევე მოვიქცეთ b-ს მიმართაც და დავნიშნოთ მასზე O_2 და O_3 წერტილები, რომლებიც O-ს მიმართ იქნება სიმეტრიულად განლაგებული და მისგან 60 მმ-ით დაშორებული

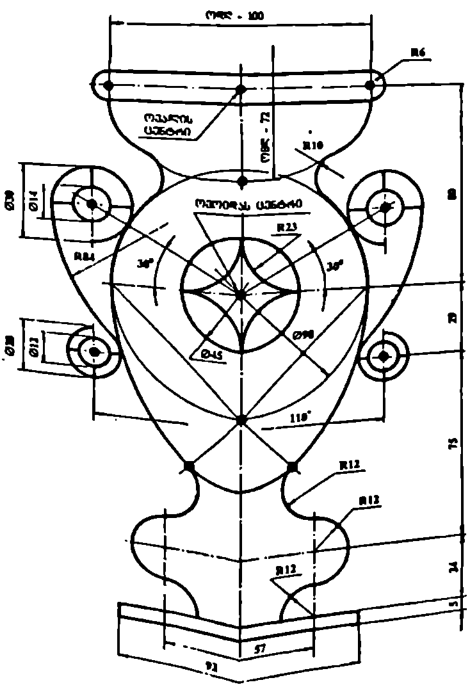
($[OO_2]=[OO_3]=60$). ეს იქნება მოცემული გამოსახულების ჩონჩხი, რომელზეც უნდა აიგოს მთელი გამოსახულება.

მოცემული ზომებით O, O_1, O_2, და O_3 ცენტრებზე შემოვხაზოთ კონცენტრული წრეწირები. ამ წრეწირებიდან შეუღლებას ექვემდებარება k, l, n და g წრეწირები. განვიხილოთ თითოეული შეუღლება ცალ-ცალკე:

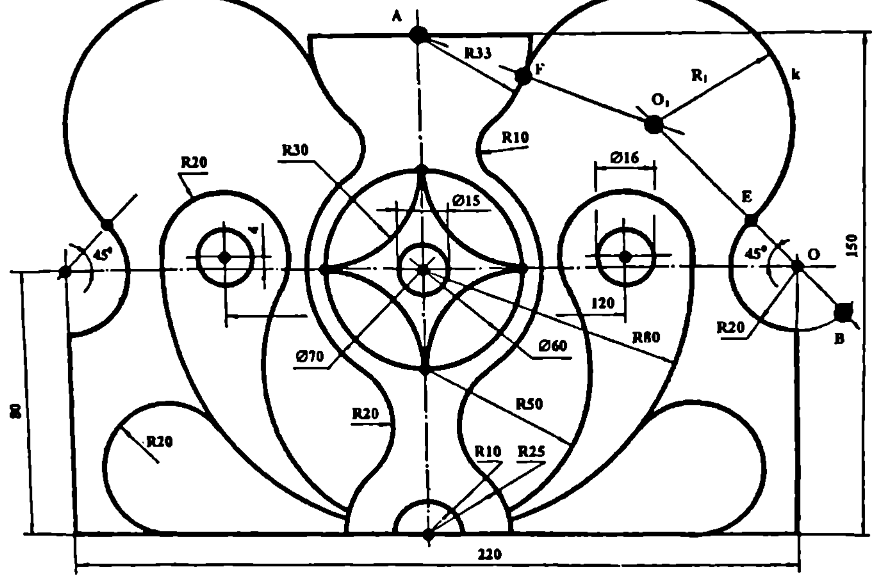
1) g-სა და n-ის შეუღლება ხორციელდება სიმეტრიულად განლაგებულ ორ ადგილზე, $R=8$ რადიუსიანი წრეწირის რკალით. აქ შეუღლების აგება განიხილება, როგორც ორი წრეწირის მესამე წრეწირით შეუღლების მაგალითი და სრულდება 25-1 სურათზე ნაჩვენები გზით;

2) k და l წრეწირები n-თან აგრეთვე $R=8$ რადიუსიანი რკალით არის შეუღლებული. აქ ამოცანა დაიყვანება ორი წრეწირის მესამე წრეწირის რკალით შეუღლებაზე და სრულდება 25-1 სურათის მიხედვით;

3) k და l წრეწირების შესაუღლებლად მოცემულია $R=100$ რადიუსიანი წრეწირის რკალი. აქ ამოცანა დაიყვანება ორი წრეწირის მესამე წრეწირით შეუღლების აგებაზე, მაგრამ მოითხოვს 25-ე სურათზე ნაჩვენები მაგალითების ბაზაზე მიღებული ცოდნის გააზრებულად გამოყენებას.



სურ.29

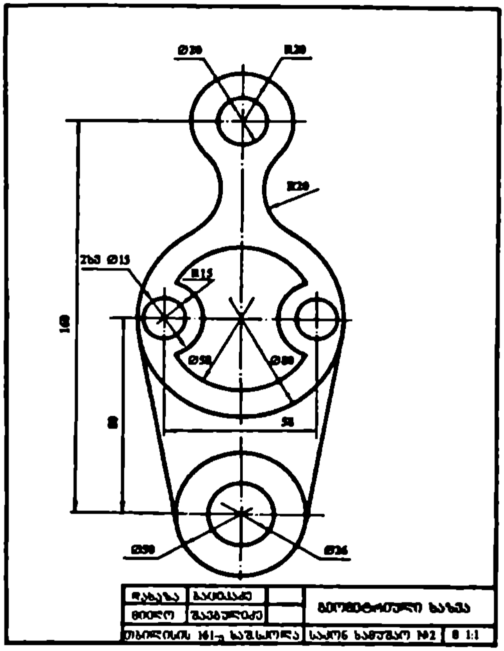


სურ.30

მოცემული ფიგურების დანარჩენი ელემენტების (წრეწირების) აგებ
ნახაზიდანაც ნათლად ჩანს და დამატებით განმარტებას არ საჭიროებს.

ნახაზის შესრულების დასკვნითი ეტაპია გეომეტრიული აგებების სიზუსტი
დეტალური შემოწმება, აგრეთვე მოცემულობასთან (სურ.28) სრული შესაბამისობი
შემოწმების თვალსაზრისით.

29-ე და 30-ე სურათებზე ნაჩვენებია შედარებით რთული მაგალითებ
რომელთა შესრულება მოითხოვს გეომეტრიული აგებების საკითხში შეძენილ
მთელი ცოდნის გააზრებულად გამოყენებას. მაგალითისათვის გავარჩიოთ 30-
სურათზე ნაჩვენები ფიგურის ზედა ნაწილში, მარჯვენივ განლაგებული ელემენტი
(მარცხნივ სიმეტრიული ელემენტია) აგება. აქ განიხილება ორი წრეწირი
მესამე წრეწირის რკალით (k) შეუღლების ის შემთხვევა, როცა ცნობილი
(ნახაზზე ფიქსირებულია) შესაუღლებელი წრეწირები (განსახილველ მაგალითში
ერთის რადიუსია 33, ხოლო მეორის – 20) და შეუღლების ერთი, სახელდობრ
E წერტილი (ნახაზზე კორდინირებულია კუთხით 45^0 და ფიქსირებული წრეწირით
– ასეთ შემთხვევაში, უკვე ცნობილია, შეუღლების საჭირო ცენტრის (O_1
რადიუსის (R_1) და შეუღლების მეორე წერტილის (F) განსაზღვრა. მართალი
ეს შემთხვევა 25-4 სურათზე განხილულის ანალოგიურია, მაგრამ, განხილული
გამოყენება გარკვეულ ჩაფიქრებასაც მოითხოვს. ამის გამო განსახილველი ელემენტი
აგების ხაზები დატოვებულია სურათზე.



სურ.31

მითითება: 31-ე სურათზე ნაჩვენებია მეორე ეტაპზე მიღებული ინფორმაციის შემაჯამებელი მაგალითი. მეორე ეტაპზე განხილული მასალა ეყრდნობოდა პირველზე განვლილ მასალას და უმთავრესად შეიცავდა გეომეტრიული შეუღლებებისათვის საჭირო ელემენტარული თეორიისა და პრაქტიკის საკითხებს. პირველი ეტაპის ანალოგიურად, აქაც დაცული იყო მჭიდრო კავშირი გეომეტრიის შესაბამის საკითხებთან. გახსოვდეთ, რომ ხაზვის კურსის გონივრული შესწავლა მხოლოდ ამგვარი გზით არის შესაძლებელი. რასაკვირველია, ხაზვაში გამოყენებული აგებების მექანიკურად დახსომებაც შეიძლება, მაგრამ სულ სხვა შედეგია მაშინ, როცა ყოველი გრაფიკული სამუშაო, თუნდაც ელემენტარული, შესაბამის თეორიულ ბაზაზეა დაფუძნებული. მკითხველმა ალბათ უკვე შენიშნა, რომ ჩვენ მიერ განხილული ნებისმიერი მაგალითი მოითხოვს მასში შემავალი აგებების ღრმა ცოდნას და მისი მექანიკურად გადახაზვის შესაძლებლობები გამორიცხულია.

ამით ჩვენ ვამთავრებთ ხაზვის პროპედევტიკული კურსის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ნაწილს — გეომეტრიულ ხაზვას. შეგახსენებთ, რომ ეს ჩვენ მიერ უკვე განვლილი ნაწილი ძირითადი საფუძველია ხაზვის დანარჩენი ნაწილისათვის და მომავლის შედეგები ორგანულადაა დაკავშირებული სიბრტყეზე გამოსახულებათა აგების საფუძვლიან ცოდნასთან.

მეორე თავი

სივრცითი ფიგურების სიბრტყეზე შექცევადი ასახვის გრაფიკული მეთოდები და მათი გამოყენება

8. პარალელური გეგმილების გეომეტრიული არსი და ნახაზის შექცევადობის პირობა მონჟის სისტემის მაგალითზე

იმის გამო, რომ საშუალო სკოლებში, სამწუხაროდ ნაკლებად ექცევა ყურადღება საერთოდ გეომეტრიისა და კერძოდ, სტერეომეტრიის სწავლების საკითხს, მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ, დაუმტკიცებლად მოგვეყვანა სტერეომეტრიის ზოგიერთი უმთავრესი დებულება და მასზე დაგვეფუძნებინა ხაზვის შემდგომი ნაწილი. აქ რასაკვირველია, ჩვენი მიზანი არ არის სტერეომეტრიის საკითხების შესწავლა და ამგვარი მიდგომა მხოლოდ ზემოაღნიშნული დამოკიდებულებით წარმოქმნილი ხარვეზების ნაწილობრივი შევსების სურვილით არის ნაკარნახები. ასე, რომ ვიდრე ჩვენ სათქმელს შევუდგებოდეთ, მოვახდინოთ მცირე ექსკურსი სასკოლო გეომეტრიაში.

ჩვენ გვინდა ვიცოდეთ, თუ რას ეფუძნება სივრცითი ფიგურების სიბრტყეზე გრაფიკული ასახვა და მეთოდები, როგორია ამ საფუძვლების გეომეტრიული ბუნება.

გეომეტრია შეისწავლის საგნების ფორმებსა და ზომებს. საგანი, რომელიც მხოლოდ ამ თვისებით ხასიათდება, გეომეტრიული ფიგურა ეწოდება. გეომეტრიაში ნებისმიერი ფიგურა განიხილება, როგორც წერტილთა სიმრავლე. ყოველი ფიგურა შეიძლება იყოს ბრტყელიც და არაბრტყელიც. ფიგურა ბრტყელია, როცა მისი ყველა წერტილი ერთი სიბრტყის კუთვნილია, ხოლო არაბრტყელი, როცა იგი ამ პირობას არ აკმაყოფილებს.

გეომეტრიაში ყოველი ახალი ცნება განისაზღვრება უკვე ცნობილი ცნებების საფუძველზე. აქედან სრულიად ნათელია რაღაც ძირითადი ცნებების წინასწარი დაშვების აუცილებლობა. მაგალითად, ფიგურის განსაზღვრისათვის გამოიყენება თავის მხრივ განუსაზღვრელი ორი ცნება — "წერტილი" და "სიმრავლე". გეომეტრიაში, გარდა აღნიშნულისა, კიდევ სამი ცნებაა განუსაზღვრელი. ესენია: "წრფე", "სიბრტყე" და "მანძილი".

განუსაზღვრელი ცნებების თვისებები ასახულია სტერეომეტრიის აქსიომებში. ეს აქსიომები განყენებულ ფორმაში რეალური სივრცის თვისებებს ასახავს, რაც სტერეომეტრიის პრაქტიკაში (აღებულ შემთხვევაში - ხაზვაში!) მრავალმხრივი გამოყენების ფუნდამენტური საფუძველია.

ცნობილია, რომ წრფესა და წერტილზე, რომელიც ამ წრფეს არ ეკუთვნის, ორ გადაკვეთილ, აგრეთვე ორ პარალელურ წრფეებზე, ერთადერთი სიბრტყე გადის, მაგრამ შეიძლება არ იცოდეთ, რომ ევკლიდეს სივრცეში:

1) მოცემულ წერტილზე, მოცემული წრფის პარალელურად ერთი და მხოლოდ ერთი წრფის გავლებაა შესაძლებელი;

2) წრფესა და სიბრტყეს ერთი საერთო წერტილი შეიძლება ჰქონდეს და თუ ასეთი მეორეც არსებობს, ეს იმას ნიშნავს, რომ ეს წრფე მთლიანად ამ სიბრტყის კუთვნილია;

3) თუ წრფეს სიბრტყესთან საერთო წერტილი არ აქვს, მაშინ ასეთი წრფე და სიბრტყე ურთიერთპარალელურია, რაც იმას ნიშნავს, რომ წრფე პარალელურია ამ სიბრტყეში მდებარე რაიმე წრფისა (წრფისა და სიბრტყის პარალელურობის ნიშანი);

4) თუ ერთი სიბრტყის ორი გადამკვეთი წრფე, შესაბამისად პარალელურია მეორე სიბრტყის ორი გადამკვეთი წრფისა, მაშინ ეს სიბრტყეები პარალელურია (ორი სიბრტყის პარალელურობის ნიშანი);

5) ორი სიბრტყის თანკვეთაში ერთი და მხოლოდ ერთი წრფე მიიღება;

6) თუ ორი პარალელური სიბრტყე იკვეთება მესამე სიბრტყით, მაშინ გადაკვეთის წრფეები პარალელურია;

7) მოცემულ წერტილზე შესაძლოა გავავლოთ მოცემული სიბრტყის პარალელური ერთი და მხოლოდ ერთი სიბრტყე;

8) წრფესა და სიბრტყეს ურთიერთპერპენდიკულარული ეწოდება, თუ წრფე პერპენდიკულარულია ამ სიბრტყეში მდებარე ყოველი წრფისა. ამ განსაზღვრებიდან ჩანს, რომ ურთიერთპერპენდიკულარული წრფე და სიბრტყე იკვეთება და აქვთ ერთი და მხოლოდ ერთი საერთო წერტილი.

თუ წრფე პერპენდიკულარულია ამ სიბრტყეში მდებარე ორი გადაკვეთილი წრფისა, მაშინ წრფე და სიბრტყე ურთიერთპერპენდიკულარულია (წრფისა და სიბრტყის ურთიერთპერპენდიკულარულობის ნიშანი);

9) მოცემულ წერტილზე შეიძლება მოცემული სიბრტყის პერპენდიკულარული ერთი და მხოლოდ ერთი წრფის გავლება. სიბრტყის პერპენდიკულარულ წრფეს ამ სიბრტყის პერპენდიკულარი ეწოდება;

10) თუ სიბრტყე გადის მეორე სიბრტყის პერპენდიკულარზე, მაშინ ის, ამ სიბრტყის პერპენდიკულარულია (ორი სიბრტყის პერპენდიკულარულობის ნიშანი);

11) სიბრტყის ორი პერპენდიკულარი ურთიერთპარალელური წრფეებია, თუ ორი პარალელური წრფიდან ერთი პერპენდიკულარულია სიბრტყისა, მაშინ მეორეც ამ სიბრტყის პერპენდიკულარულია.

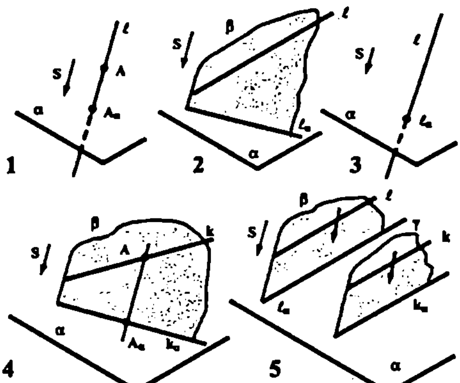
დანაპირების თანახმად მოვიყვანეთ ხაზვის ახალი ნაწილის შესწავლისათვის აუცილებლად საჭირო თერთმეტი დებულება, რომლებიც ჩვენგან აპრიორულად უნდა მიიღოთ, ხოლო როცა მათი პრაქტიკული გამოყენების დრო დაგიდგებათ, ეს დებულებები უკვე რამდენადმე ნაცნობი იქნება და მათი რეალიზაციისათვის საჭირო გარკვეული ცოდნაც გექნებათ დაგროვილი.

გთხოვთ დაიხსომოთ ჩამოთვლილი დებულებების პირობითი ნუმერაცია. ქვემოთ ყოველი თეორიული საკითხის ახსნისას მითითებული იქნება იმ დებულებების ნომერი, რომელსაც ემყარება მოცემული ახსნა.

1. *პარალელური დაგეგმილება სიბრტყეზე.* მოცემულია α სიბრტყე და $s \nparallel \alpha$ წრფე (სურ.32-1). ავაგოთ ნებისმიერი $A \notin \alpha$ წერტილი და გავავლოთ მასზე $l \| s$ წრფე. ამის შედეგად, 1-ლი, მე-2 და მე-3 დებულების თანახმად, მივიღებთ ერთადერთ A_α-ს, რაც სიმბოლურად ჩაიწერება ასე:

$$l \cap a = A_\alpha.$$

α სიბრტყეს ვუწოდოთ გეგმილთა სიბრტყე, s წრფეს – დაგეგმილების მიმართულება, l წრფეს – მაგეგმილებელი წრფე, A წერტილს – დასაგეგმილებელი ობიექტი, A_α-ს – A წერტილის პარალელური გეგმილი α სიბრტყეში, ხოლო მთელ ამ პროცესს, რომლის შედეგადაც განხორციელდა სივრცის ნებისმიერი წერტილის დაგეგმილება სიბრტყეზე, წინასწარ მოცემული მიმართულების პარალელურად – პარალელური დაგეგმილება სიბრტყეზე.



სურ.32

განვიხილოთ პარალელური დაგეგმილების ზოგიერთი თვისება:

1) წერტილის გეგმილი ისევ წერტილია, რადგან იგი განიხილება, როგორც წრფისა და სიბრტყის თანკვეთის შედეგი (დებულება 2);

2) თუ წრფე დაგეგმილების მიმართულების პარალელური არ არის, მაშინ მისი გეგმილი ისევ წრფეა, რადგან ეს უკანასკნელი განიხილება, როგორც ორი სიბრტყის თანკვეთის წრფე (სურ.32-2), (დებულება 5);

შევნიშნოთ, რომ თუ წერტილის დაგეგმილება შეიძლება განხორციელდეს მაგეგმილებელი წრფით (სურ.32-1), წრფის დაგეგმილება შეიძლება განხორციელდეს მაგეგმილებელი სიბრტყით (სურ.30-2).

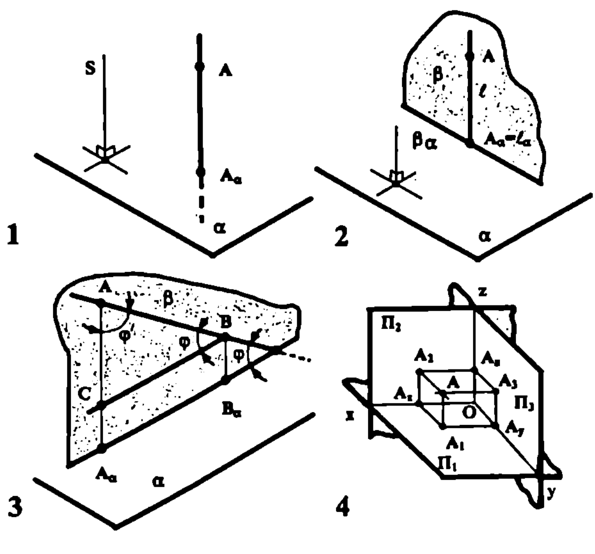
3) დაგეგმილების მიმართულების პარალელური წრფის გეგმილი წერტილია (სურ.32-3);

4) თუ წერტილი ეკუთვნის წრფეს, მაშინ ამ წერტილის გეგმილი წრფის გეგმილზე ძევს (სურ. 32-4), რაც სიმბოლურად შეიძლება ჩაიწეროს ასე: *თუ* $A \in k$, მაშინ $A_\alpha \in k_\alpha$;

5) პარალელურ წრფეთა გეგმილები პარალელური წრფეებია (სურ.32-5). საქმე ისაა, რომ პარალელურ წრფეთა დაგეგმილება ურთიერთპარალელური სიბრტყეების მეშვეობით ხორციელდება (დებულება 4), ხოლო გეგმილთა სიბრტყე ამ შემთხვევაში ორი პარალელური სიბრტყის გადამკვეთია. მე-6 დებულების ძალით $k_\alpha \| l_\alpha$.

2. *ორთოგონალური დაგეგმილება სიბრტყეზე და ნახაზის შექცევადობის პირობა მონჟის სისტემის მაგალითზე.* დავინტერესდეთ პარალელური დაგეგმილების კერძო შემთხვევით, როცა დაგეგმილების მიმართულება გეგმილთა სიბრტყის პერპენდიკულარულია (სურ.33-1).

ვთქვათ, მოცემულია α გეგმილთა სიბრტყე და დაგეგმილების $s \perp \alpha$ მიმართულება. ავიღოთ ნებისმიერი A წერტილი და გავავლოთ მასზე $l \| s$ წრფე. მე-11 დებულების თანახმად $l \perp \alpha$. მე-8 დებულების თანახმად კი l გადაკვეთს α-ს და მივიღებთ ერთადერთ A_α წერტილს. აქედან გამომდინარეობს 33-1 სურათზე ნაჩვენები გეომეტრიული სქემა, რომელიც ასახავს დაგეგმილების პროცესს, რომელსაც ორთოგონალური ანუ მართკუთხა დაგეგმილება ეწოდება. ამ სქემის აღწერა სხვადასხვაგვარად შეიძლება: A წერტილზე გავლებულია α-ს პერპენდიკულარული ერთადერთი l წრფე (დებულება 9), რომელსაც გეგმილთა სიბრტყესთან (α) ერთადერთი თანკვეთის წერტილი (A_α)აქვს (დებულება 8). ეს არის ორთოგონალური დაგეგმილების პირდაპირი ამოცანა. სახელდობრ, როცა მოცემულია დასაგეგმილებელი ობიექტი (A) და ვეძებთ მის გეგმილს (A_α).



სურ.33

როგორც მსჯელობიდან მტკიცდება, დაგეგმილების ამოცანას ერთადერთი ამონახსნი აქვს. აქვე შევნიშნოთ, რომ, თუ იმავე ამოცანას შებრუნებულად დავაყენებთ, ე.ი. მოცემული იქნება გეგმილი და ვისურვებთ ამ გეგმილის მიხედვით დასაგეგმილებელი ობიექტის განსაზღვრას, ადვილად მივალთ იმ დასკვნამდე, რომ ამ შემთხვევაში გვექნება ამონახსნთა უსასრულო სიმრავლე. ეს გამოწვეული იქნება იმით, რომ A-ზე გამავალი $l \perp \alpha$ წრფის კუთვნილი წერტილების უსასრულო სიმრავლე A_α გეგმილში აღმოჩნდება ასახული.

ყურადღება მიაქციეთ l-ზე გამავალ β სიბრტყეს (სურ.33-2), რომელიც α-ს პერპენდიკულარულია (დებულება 10). ასეთ სიბრტყეს მაგეგმილებელი სიბრტყე ეწოდება. შევნიშნოთ, რომ, თუ მაგეგმილებელი წრფე ერთ წერტილზე აგეგმილებს ამ წრფის კუთვნილი წერტილების უსასრულო სიმრავლეს, მაგეგმილებელი სიბრტყე ერთ წრფეზე აგეგმილებს ამ სიბრტყის კუთვნილ წერტილთა უსასრულო სიმრავლეს. აქედან გამომდინარე $A_\alpha = l_\alpha$ არის l წრფის, ხოლო β_α – β სიბრტყის ორთოგონალური გეგმილი α სიბრტყეში. აქვე შევნიშნოთ ისიც, რომ $|AA_\alpha|$ არის მანძილი A წერტილიდან α სიბრტყემდე, რაც იმას ნიშნავს, რომ ორთოგონალურ გეგმილებში მანძილი წერტილიდან გეგმილთა სიბრტყემდე, ამავე წერტილიდან მის ორთოგონალურ გეგმილამდე მანძილით ანუ $|AA_\alpha|$-ით იზომება.

ორთოგონალური დაგეგმილებისას გეგმილთა სიბრტყე "ხისტად" არის დაკავშირებული დაგეგმილების მიმართულებასთან. ეს გამოწვეულია იმით, რომ დაგეგმილების მიმართულების შეცვლა იწვევს გეგმილთა სიბრტყის მდებარეობის შეცვლას და პირიქით. ამის გამო ორთოგონალურ დაგეგმილებაში მონაკვეთსა და დაგეგმილების მიმართულებას შორის მდებარე φ' კუთხე მარტივ დამოკიდებულებაშია ამავე მონაკვეთის გეგმილთა სიბრტყესთან დახრის φ კუთხესთან (სურ.33-3). სახელდობრ, რადგანაც ΔABC მართკუთხაა, ამიტომ $\varphi' = 90^0 - \varphi$.

აქედან გამომდინარე, ორთოგონალურ დაგეგმილებაში მონაკვეთის გეგმილის სიგრძის შეფარდება თვით მონაკვეთის სიგრძესთან, რასაც მხაზველობით გეომეტრიაში დაგეგმილების კოეფიციენტს უწოდებენ და K სიმბოლოთი აღნიშნავენ, შეიძლება გამოისახოს, როგორც φ კუთხის ფუნქცია:

$$K_{AB} = \frac{[A_\alpha B_\alpha]}{[AB]} = \cos\varphi$$

ამ დამოკიდებულებიდან გამომდინარეობს შემდეგი ორი დასკვნა:

1) ორთოგონალურ გეგმილებში დაგეგმილების კოეფიციენტი იცვლება ნულის და ერთის ფარგლებში, რაც სიმბოლურად ჩაიწერება ასე:

$$0 \leq K \leq 1;$$

2) $[A_\alpha B_\alpha] = [AB]\cos_\varphi$ აქედან შეგვიძლია დავწეროთ:

$$[AB] = \frac{[A_\alpha B_\alpha]}{\cos\varphi}.$$

შენიშვნა: მასალა, რომელიც დაგეგმილების კოეფიციენტის განსაზღვრას მონაკვეთსა და მის გეგმილს შორის დამოკიდებულებას ეხება, ყველასათვის სავალდებულო არ არის, მხოლოდ განსაკუთრებით დაინტერესებულთათვის არის განკუთვნილი. ამ მასალის შესწავლისათვის აუცილებელია სტერეომეტრიის შესაბამისი საკითხების ცოდნა.

უკვე ვიცით, რომ განხილულ შემთხვევაში (სურ.33-1 და სურ.33-2) დაგეგმილების პირდაპირ ამოცანას ერთადერთი ამონახსნი აქვს, ხოლო შებრუნებულს — ამონახსენთა უსასრულო სიმრავლე. ახლა დავინტერესდეთ ისეთი გეომეტრიული სისტემით, რომელიც უზრუნველყოფს სივრცის ნებისმიერი წერტილის შექცევად ასახვას ანუ დაგეგმილების, როგორც პირდაპირი, ასევე შებრუნებული ამოცანის ცალსახად ამოხსნას.

მხაზველობით გეომეტრიაში საამისოდ მრავალი მეთოდია რეკომენდებული. ამჯერად, შევისწავლოთ მათ შორის პრაქტიკაში ყველაზე მეტად გავრცელებული, სამ ურთიერთპერპენდიკულარულ სიბრტყეზე ფიგურების ორთოგონალური დაგეგმილება ანუ მონჟის[1] სისტემა და ეპიური. ჯერ განვიხილოთ სისტემა (სურ.33-4).

ავიღოთ სამი ურთიერთპერპენდიკულარულ გეგმილთა სიბრტყე და თითოეული აღვნიშნოთ შესაბამისად Π_1, Π_2 და Π_3 სიმბოლოებით.

პრაქტიკული მიზნებიდან გამომდინარე, Π_1 სიბრტყეს ჰორიზონტალური მდებარეობა მივაკუთვნოთ და შესაბამისად მას ჰორიზონტალური გეგმილთა სიბრტყე ვუწოდოთ.

წარმოვიდგინოთ, რომ დამკვირვებელი Π_1-ის ზემოთაა და მისთვის Π_2 ფრონტალურადაა განლაგებული, აქედან გამომდინარე, Π_2-ს ფრონტალური გეგმილთა სიბრტყე დავარქვათ, რაც შეეხება Π_3-ს წარმოვიდგინოთ, რომ იგი დამკვირვებლის მარჯვნივ მდებარეობს და შესაბამისად პროფილური მდებარეობა უჭირავს. ამის გამო, მას პროფილური გეგმილთა სიბრტყე ვუწოდოთ.

გეგმილთა სიბრტყეების თანკვეთის წრფეებს გეგმილთა ღერძები ვუწოდოთ და სიმბოლურად აღვნიშნოთ ასე:

$$X=P_1 \cap P_2$$
$$Y=P_1 \cap P_3$$
$$Z=P_2 \cap P_3$$

სამივე ღერძის საერთო წერტილი ანუ სათავე O სიმბოლოთი აღვნიშნოთ. ავიღოთ ნებისმიერი A წერტილი და იგი ორთოგონალურად დავაგეგმილოთ სამივე სიბრტყეზე (სურ.33-4). შესაბამისად მივიღებთ A_1-ს ანუ A წერტილის ჰორიზონტლურ გეგმილს, A_2-ს ანუ A წერტილის ფრონტალურ გეგმილს და A_3-ს ანუ A წერტილის პროფილურ გეგმილს.

---

[1]გასპარ მონჟი — ფრანგი მეცნიერი და საზოგადო მოღვაწე (1746-1818), მხაზველობითი გეომეტრიის, როგორც მეცნიერებისა და სასწავლო დისციპლინის ფუძემდებელი

სამ გეგმილთა სიბრტყეზე A წერტილის ორთოგონალური დაგეგმილებისათვის დაგვჭირდა შესაბამისად სამი პერპენდიკულარის დაშვება. როგორც ადრე იყო აღნიშნული, ყოველ ასეთ პერპენდიკულარს მაგეგმილებელი წრფე ეწოდება. შევნიშნოთ, რომ ამ პერპენდიკულარების ყოველი წყვილი განსაზღვრავს მაგეგმილებელ სიბრტყეს. მაგ., AA_1 და AA_2 პერპენდიკულარები განსაზღვრავს $AA_1A_xA_2$ მაგეგმილებელ სიბრტყეს, რომელიც Π_1 და Π_2 გეგმილთა სიბრტყეებისა და შესაბამისად X ღერძის პერპენდიკულარულია. დააკვირდით და შენიშნეთ, რომ X ღერძის პერპენდიკულარულია A_1A_x და A_2A_x წრფეებიც. ანალოგიურად შეგვიძლია ვიმსჯელოთ დანარჩენ ორ გეგმილთა სიბრტყის და, შესაბამისად, ღერძის მიმართაც. 33-4 ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ ყველა პერპენდიკულარის ერთობლიობა ქმნის $AA_1A_xA_2A_ZA_3A_YO$ პარალელეპიპედს, რომლის ერთ-ერთი წვერო (A) დასაგეგმილებელი ობიექტია. ამ პარალელეპიპედს მაგეგმილებელი პარალელეპიპედი ეწოდება. არ არსებობს A-საგან განსხვავებული სხვა წერტილი, რომლის დაგეგმილებაც ამავე პარალელეპიპედს შეეძლოს.

მაგეგმილებელი პარალელეპიპედის წიბოების ყოველი ოთხეული განსაზღვრავს მანძილს A-დან შესაბამის გეგმილთა სიბრტყემდე. მაგალითად, $|AA_1|=|A_2A_x|=|A_ZO|=|A_3A_Y|$ არის მანძილი A-დან Π_1-მდე.

როგორც ვხედავთ, სამი ურთიერთპერპენდიკულარულ გეგმილთა სიბრტყის სისტემაში, სივრცის ნებისმიერ წერტილს სამი გეგმილი შეესაბამება (თითოეულზე ცალ-ცალკე), ხოლო ამ სამი გეგმილის მიხედვით განისაზღვრება სივრცის ერთადერთი წერტილი. ამ დასკვნიდან ის აზრი გამომდინარეობს, რომ მონჟის სისტემაში დაგეგმილების, როგორც პირდაპირ (მოცემულია ობიექტი და ვეძებთ მის გეგმილს), ასევე შებრუნებულ (მოცემულია გეგმილი და ვეძებთ ობიექტს) ამოცანას სრულიად განსაზღვრული ხასიათი აქვს.

თუ დასაგეგმილებელი წერტილი გეგმილთა სიბრტყეზე მდებარეობს, მაშინ მისი მაგეგმილებელი პარალელეპიპედი მართკუთხედად გადაგვარდება, ხოლო როცა წერტილი გეგმილთა ღერძის კუთვნილია — წრფედ.

მონჟის სისტემის მიხედვით იქმნება მონჟის ეპიური ანუ თანამედროვე ნახაზის თეორიული საფუძველი, რის შესახებაც ქვემოთ გვექნება საუბარი.

9. მონჟის ეპიურის გეომეტრიული არსი და ძირითადი ფიგურების ასახვა

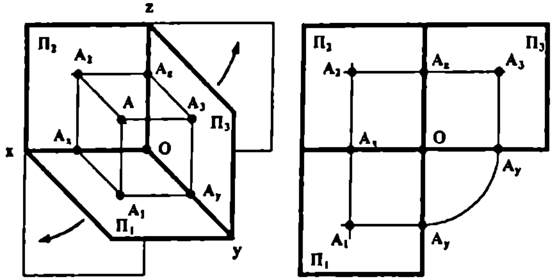
წინა პუნქტში შევისწავლეთ დაგეგმილების სისტემა, რომლითაც სამ ურთიერთპარალელურ სიბრტყეზე შეგვიძლია ავსახოთ (დავაგეგმილოთ) სივრცის ნებისმიერი წერტილი და შესაბამისად, ნებისმიერი სხვა ფიგურაც, როგორც წერტილების ერთობლიობა. ყოველი ფიგურა ამ სისტემაში განისაზღვრება ორთოგონალური გეგმილების სამეულით — ჰორიზონტალური, ფრონტალური და პროფილური გეგმილებით.

1. *მონჟის ეპიურის წარმოქმნა.* სიტყვა ეპიური ფრანგულია და ქართულად დაგეგმილების შედეგად მიღებულ გამოსახულებას ნიშნავს. ასეთი გამოსახულების მისაღებად უნდა გამოვიკვლიოთ 33-4 სურათზე ნაჩვენები სისტემის რეკონსტრუქცია: სამი ურთიერთპერპენდიკულარული სიბრტყისაგან ($\Pi_1\Pi_2\Pi_3$) შედგენილი კუთხე, რომელსაც სამწახნაგა კუთხე ეწოდება, გავჭრათ OY ღერძზე და, შესაბამისად, OX და OZ ღერძების გარშემო ბრუნვით Π_1 და Π_3 გეგმილთა სიბრტყეები შევათავსოთ Π_2 გეგმილთა სიბრტყესთან ისე, როგორც ეს 34-ე სურათზეა ნაჩვენები. ასეთი შეთავსებისას დაიშლება მაგეგმილებელი პარალელეპიპედი, მაგრამ ამ დაშლის შემდეგაც იგი სრულიად განსაზღვრული დარჩება და აი, რატომ:

Π_1 და Π_3 გეგმილთა სიბრტყეების Π_2-თან შეთავსების შედეგად $AA_1A_xA_2$ წახნაგი, რომელსაც ჩვენ ზემოთ Π_1-სა და Π_2-სადმი მაგეგმილებელი სიბრტყე ვუწოდეთ, გადაგვარდება $A_1A_xA_2$ წრფედ, რომელიც, თავის მხრივ, OX-ის პერპენდიკულარული იქნება. ამ პერპენდიკულარს მომავალში ვერტიკალური კავშირის წრფეს ვუწოდებთ. თუ დავაკვირდებით იოლად შევამჩნევთ, რომ $AA_1A_xA_2$ მართკუთხედია. მართკუთხედში კი, ისევე როგორც ნებისმიერ პარალელოგრამში, მოპირდაპირე გვერდები ტოლია. აქედან, $[AA_1]=[A_2A_X]$ და $[AA_2]=[A_1A_X]$. შეთავსების შემდეგ მართალია დაიკარგება $[AA_1]$ და $[AA_2]$ გვერდები, მაგრამ უცვლელი დარჩება $[A_2A_X]$ და $[A_1A_X]$, რომლებიც შესაბამის გეგმილთა სიბრტყეებს ეკუთვნის ($[A_1A_X]\in\Pi_1$; $[A_2A_X]\in\Pi_2$), ამის გამო ასეთი მობრუნებისა და შეთავსების შედეგად ისინი თავის სიდიდეს არ შეიცვლიან. ამ მსჯელობიდან იმ დასკვნის გაკეთება შეიძლება, რომ ეპიურზე დარჩენილი $[A_2A_X]$ ცალსახად განსაზღვრავს მანძილს A-დან Π_1-მდე და $[A_1A_X]$ A-დან Π_2-მდე. ასე, რომ გეგმილების A_1 და A_2 წყვილი ერთადერთ A წერტილს განსაზღვრავს სივრცეში.

ანალოგიური მსჯელობის საფუძველზე, აღნიშნული შეთავსების შედეგად, $AA_2A_ZA_3$ წახნაგი, რომელიც Π_2-სა და Π_3-სადმია მაგეგმილებელი, გადაგვარდება $A_2A_ZA_3$ წრფედ. ეს უკანასკნელი OZ-ის პერპენდიკულარული იქნება და მას მომავალში ჰორიზონტალური კავშირის წრფეს ვუწოდებთ. ცხადია, რომ აქაც ეპიურზე დარჩენილი $[A_2A_Z]$ და $[A_3A_Z]$ ცალსახად განსაზღვრავს მანძილს შესაბამისად A-დან Π_3-მდე და A-დან Π_2-მდე. თუ ზემოთ მოყვანილ მსჯელობას კიდევ ერთხელ გადავავლებთ თვალს, იოლად დავასკვნით, რომ ეპიურზე დარჩენილი სამი გეგმილიდან ნებისმიერი წყვილი, ცალსახად განსაზღვრავს მესამეს, მაგ., თუ ცნობილია A_1 და A_2, ცალსახად განისაზღვრება A_3; A_2-ისა და A_3-ის მეშვეობით — A_1 და A_1-სა და A_3-ის მეშვეობით — A_2. გთხოვთ, კარგად დაიხსომოთ ეს ბოლო დებულება და გაითვალისწინოთ, რომ იგი ძალაშია მხოლოდ წერტილისათვის. წრფისა და სიბრტყის შემთხვევაში გვექნება გამონაკლისებიც, რაზეც ცოტა მოგვიანებით ვისაუბრებთ.

ამრიგად, 34-ე სურათზე ნაჩვენებია მონჟის სისტემის შედეგად მიღებული ეპიური.

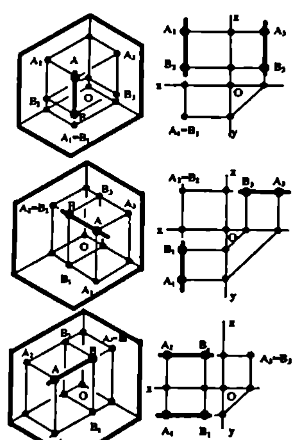


1 2

სურ.34

2. ფიგურის ხედების ცნება დაგეგმილების თვალსაზრისით და მათი განლაგების პირობითობა წერტილის მაგალითზე. ადრე, როცა მონჟის სისტემას ვაყალიბებდით, ჩვენ ვახსენეთ დამკვირვებელი, რომელიც სახით ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყისადმი იყო მიმართული, ხოლო მის მარჯვნივ მდებარეობდა პროფილის სიბრტყე, შემდეგ დავიწყეთ გეგმილთა სიბრტყეების შეთავსება (სურ.34) და სხვა შესაძლებელი შემთხვევებიდან ავარჩიეთ Π_1-ის ბრუნვა ზემოდან ქვემოთ, ხოლო Π_2-სა მარცხნიდან მარჯვნივ.

ასეთი არჩევანი შემთხვევითი არ იყო და იგი გამომდინარეობდა იმ საერთაშორისო სტანდარტის მოთხოვნებიდან, რომელიც ფრონტალური გეგმილის მიმართ ჰორიზონტალური და პროფილური გეგმილების განლაგებას შესაბამისად “ქვემოთ” და “მარჯვნივ” ითვალისწინებს. ეს არის გეგმილების განლაგების ე.წ. მარჯვენა ანუ ევროპული სისტემა. დავუბრუნდეთ ისევ დამკვირვებლის პოზიციას და შევნიშნოთ, რომ პირობით მისი თვალიდან გამომავალი სხივები Π_2-ის პერპენდიკულარულია და ამის გამო Π_2-ზე მიღებულ გამოსახულებას ფიგურის წინა ხედი ჰქვია (იგულისხმება, რომ ფიგურა, ჩვენ შემთხვევაში, არის წერტილი და მოთავსებულია დამკვირვებლის თვალსა და ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყეს შორის). ასეთი პირობითობის ანალოგიით ჰორიზონტალური გეგმილი ფიგურის ზედა ხედია, ხოლო პროფილური – ფიგურის მარცხენა გვერდის ხედი. ამ საკითხს კვლავ დავუბრუნდებით, როცა სივრცითი ფიგურების ნახაზების შესრულებას დავიწყებთ.



1

2

3

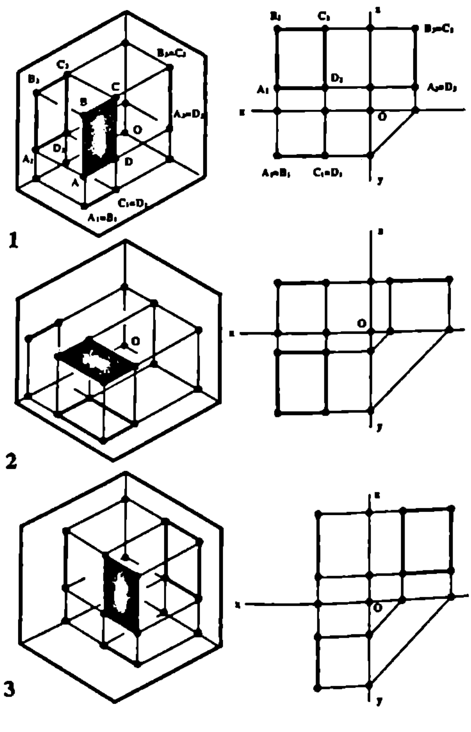
სურ.35

შევნიშნოთ, რომ გეგმილთა სიბრტყეების შეთავსების შემდეგ გეგმილთა ღერძები უკვე აღარ არის შესაბამისი გეგმილთა სიბრტყეების თანკვეთის შედეგი, მაგრამ მათი არსებობა ნახაზზე მაინც მიზანშეწონილია, როგორც მეზობელ გეგმილთა სიბრტყეებს შორის დადებული საზღვრისა. ამის გამოყენება დაგვჭირდება მაშინ, როცა მონჟის კოორდინირებულ სისტემას ვისწავლით და მის მიხედვით სივრცის ერთ სიბრტყეზე შექცევადი ასახვის აქსიომეტრულ მეთოდს განვიხილავთ.

3. *კერძო მდებარეობის წრფისა და სიბრტყის ასახვა.* იმის გამო, რომ ორ წერტილზე ერთადერთი წრფე გადის და არაერთ წრფეზე მდებარე სამ წერტილზე – ერთადერთი სიბრტყე, მონჟის ეპიურზე წერტილის განსაზღვრის შემდეგ, წრფესა და სიბრტყის განსაზღვრაც სრულიად ცხადია.

დავინტერესდეთ კერძო მდებარეობის, სახელდობრ, მაგეგმილებელი წრფეებით. თუ წრფე Π_1-ის პერპენდიკულარულია, მაშინ მას ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი წრფე ეწოდება (სურ.35-1).

ანალოგიურად, არჩევენ ფრონტალურად (სურ.35-2) და პროფილურად (სურ.35-3) მაგეგმილებელ წრფეებს.



სურ.36

განვიხილოთ ეპიურზე სიბრტყის ასახვა კერძო შემთხვევებისათვის, სახელდობრ, როცა სიბრტყე პერპენდიკულარულია რომელიმე გეგმილთა სიბრტყისა. ასეთი განლაგების სიბრტყეებს შესაბამისად ეწოდება: ჰორიზონტალურად (სურ.36-1), ფრონტალურად (სურ.36-2) და პროფილურად (სურ.36-3) მაგეგმილებელი.

პრაქტიკული მიზნებიდან გამომდინარე 36-ე სურათზე ნაჩვენებია სიბრტყეების ნაწილები, მართკუთხედები, რომელთა გვერდებიც ზემოთ განხილული კერძო მდებარეობის წრფეების მაგალითია. 36-1 სურათზე მოცემული მართკუთხედის ორი გვერდი ჰორიზონტალურად, დანარჩენი ორი კი - პროფილურად მაგეგმილებელია. გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ მართკუთხედის გვერდების ამგვარი განლაგების გამო მართკუთხედი ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში თავის კონკრეტულ ფიგურებზეა ასახული ($ABCD=A_2B_2C_2D_2$), დანარჩენ

ორ სიბრტყეზე კი მისი გეგმილები წრფის მონაკვეთებია. მოგვიანებით ამ საკითხს კვლავ დავუბრუნდებით.

განვიხილოთ ABCD მართკუთხედის ჰორიზონტალური გეგმილი $A_1B_1C_1D_1$ (სურ.36-1) და ვნახოთ, რამ განაპირობა მისი წრფის მონაკვეთზე ასახვა. საქმე ისაა, რომ ABCD მართკუთხედის სიბრტყე ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელია და ჩვენთვის უკვე ცნობილი თვისების გამო (იხ. სურ.33-2) ასეთი განლაგების სიბრტყეში მოქცეული ნებისმიერი ფიგურის ჰორიზონტალური გეგმილი, სიბრტყის ჰორიზონტალურ გეგმილთან ანუ წრფესთან არის შეთავსებული. რაც შეეხება იმას, რომ AB გვერდი (ასევე - CD) ერთ წერტილშია ასახული, ეს განპირობებულია AB-სა და Π_1-ის ურთიერთპერპენდიკულარულობით (იგივე ითქმის CD-ზე).

თუ დავაკვირდებით $A_1B_1C_1D_1$ გეგმილს (სურ.36-1), იოლად შევამჩნევთ, რომ იგი არის მართკუთხედის ყველა ელემენტის: ოთხი წვეროს, ოთხი გვერდის, და შესაბამისად, მის შიგა არეში მოქცეული ნებისმიერი ფიგურის, გეგმილების ერთობლიობა. ანალოგიურ დასკვნას გამოვიტანთ ყველა დანარჩენ შემთხვევაშიც (იხ. სურ.36-2; 36-3).

4. *ხილვადობის პირობითობა.* სამყაროს მატერიალური ობიექტები ძირითადად არაგამჭვირვალე საგნებია. ამიტომ მათი ხილვადობა, როგორც უშუალოდ დამზერის, ასევე ფოტოგრაფირების დროს განსხვავებულია - ახლოს მდებარე საგნები მთლიანად ან ნაწილობრივ ფარავს შედარებით შორს მდებარე საგნებს. ამიტომ სივრცითი ობიექტების სიბრტყეზე ასახვისას ხილვადი და უხილავი ფიგურების ერთმანეთისაგან განსხვავება ერთობ მნიშვნელოვანია.

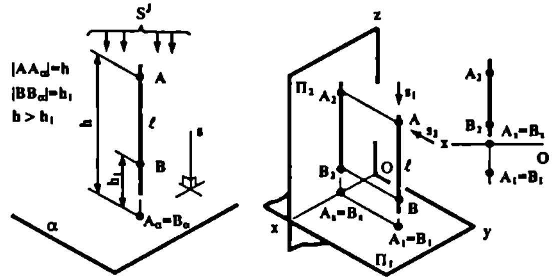
უკვე ვიცით, რომ ორთოგონალურ დაგეგმილებაში მზერის მიმართულება (s) გეგმილთა სიბრტყის პერპენდიკულარულია, ამასთან მზერის სხივები ურთიერთპარალელურ სხივებად განიხილება. მიუხედავად იმისა, რომ ამგვარი დაშვება პირობითია და სიზუსტეს მოკლებული, ამ გზით ხილვადობის პირობითობის გადაწყვეტა ნახაზის გათვალსაჩინოებაში ერთობ დადებითი შედეგებით ხასიათდება.

განვიხილოთ 37-1 სურათი, სადაც ნაჩვენებია ორი, ერთ მაგეგმილებელ წრფეზე (l) მდებარე, წერტილის (A და B) ორთოგონალური გეგმილების აგება. გასაგები მიზეზის გამო A_α და B_α ურთიერთშეთავსებადია (A_α=B_α), მაგრამ ნახაზიდან ჩანს, რომ ამ ორი წერტილიდან A უფრო დიდი მანძილითაა დაშორებული გეგმილთა სიბრტყიდან (α), ვიდრე B, რაც სიმბოლურად შესაძლოა ჩავწეროთ ასე:

$$[AA_\alpha]=h$$
$$[BB_\alpha]=h_1$$

ვინაიდან $h>h_1$, ამის გამო A წერტილი უფრო შორსაა α-დან ვიდრე B, ვისარგებლოთ ამგვარი პირობითობით და განვიხილოთ იგივე საკითხი მონჟის სისტემისა და ეპიურისათვის (სურ.37-2).

ვთქვათ, მოცემულია ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყის l პერპენდიკულარზე განლაგებული ორი წერტილი(A და B). ასეთ შემთხვევაში A და B



1 2

სურ.37

წერტილების ჰორიზონტალური გეგმილები, როგორც უკვე ვიცით, ერთ წერტილშია შეთავსებული (A_1=B_1), იმის გასარკვევად, თუ მოცემული წერტილებიდან ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყის მიმართ რომელია "ხილვადი" და რომელი "უხილავი" (ჩვენი შეთანხმებით ხილვადია ის, რომელიც მეტი მანძილითაა დაშორებული Π_1-დან). ჯერ დავაკვირდეთ მონჟის სისტემას და ყურადღება მივაქციოთ იმას, რომ წერტილიდან Π_1-მდე მანძილი ამავე წერტილის ფრონტალური გეგმილიდან გეგმილთა ღერძამდე მანძილის ტოლია, რაც ჩაიწერება ასე: $[AA_1]=[A_2A_X]$ და $[BB_1]=[B_2B_X]$.

ამ შემთხვევაში, ეპიურის მიხედვით $[A_2A_X]>[B_2B_X]$ გამოდის, რომ A წერტილი მეტი მანძილითაა დაშორებული Π_1-დან ვიდრე B, ე.ი. A „ხილვადია", ხოლო B "უხილავი". აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეზე ხილვადობის დასადგენად გამოიყენება ფრონტალური გეგმილები. ანალოგიური მსჯელობით ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყეზე ხილვადობის საკითხის გამორკვევა ხორციელდება ჰორიზონტალური, ხოლო პროფილურზე — ფრონტალური (ან ჰორიზონტალური) გეგმილების გამოყენებით.

ამ მსჯელობიდან გამომდინარეობს, რომ ერთსა და იმავე მაგეგმილებელ წრფეზე განლაგებული ორი წერტილიდან ხილვადია ის, რომელიც უფრო დიდი მანძილითაა დაშორებული ამ გეგმილთა სიბრტყესთან.

10. მართკუთხა პარალელეპიპედი და მისი ნახაზი

ჩვენ შევისწავლეთ სამ ურთიერთპერპენდიკულარულ სიბრტყეზე სივრცის შექცევადი ასახვის მეთოდი, რომელსაც მონჟის ეპიური ვუწოდეთ და განვიხილეთ წერტილის, კერძო მდებარეობის წრფეებისა და ასევე კერძო მდებარეობის სიბრტყის ნაწილების (მართკუთხედების) გეგმილების აგების პროცესი. ამით საფუძველი მოვუმზადეთ სივრცითი ფიგურების სიბრტყეზე ასახვის უმარტივესი ამოცანისათვის საჭირო ცოდნას. ახლა, უკვე შეგვიძლია ვისაუბროთ ე.წ. გეომეტრი-

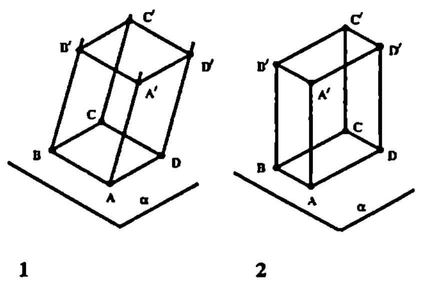
ული ფიგურების გეგმილების აგების პროცესებზე, მაგრამ ჯერ განვმარტოთ, თუ რა იგულისხმება ტერმინში - „გეომეტრიული ფიგურა".

მოვიყვანოთ მაგალითი: 30 მმ დიამეტრის თუჯის ბირთვი და ამავე დიამეტრის რეზინის ბურთი მრავალი თვისებით განსხვავდება ერთმანეთისაგან, მაგრამ გეომეტრიული თვალსაზრისით, როგორც ერთის, ისე მეორის ზედაპირი 30 მმ-იანი დიამეტრის სფეროა. აქედან გამომდინარე, ფიგურას, რომელსაც წართმეული აქვს ყველა თვისება გარდა გეომეტრიულისა, გეომეტრიულ ფიგურას უწოდებენ.

უკვე ითქვა, რომ ნებისმიერი ფიგურა არის წერტილთა სიმრავლე. ახლა ყურადღება მივაქციოთ იმას, რომ ფიგურის გეგმილების აგებისას სულაც არ არის საჭირო ამ სიმრავლის ყველა ელემენტის (ჩვენ შემთხვევაში წერტილი) გეგმილის აგება. მაგ., წრფის განმსაზღვრელია ორი წერტილი, ხოლო სიბრტყისა — არაერთ წრფეზე მდებარე სამი წერტილი.

დაიხსომეთ, რომ ყოველ ფიგურაში სავსებით შესაძლებელია გამოიყოს ისეთი წერტილების სასრული რაოდენობა, რომლებიც ცალსახად უზრუნველყოფენ ამ ფიგურის ეპიურზე განსაზღვრას.

1. *მართკუთხა პარალელეპიპედი, როგორც გეომეტრიული ფიგურა.* α სიბრტყეში ავაგოთ ABCD პარალელოგრამი (სურ.38-1), მის ყველა წვეროზე გავავლოთ პარალელური სხივები, რომლებიც α სიბრტყეში არ მდებარეობს, ამ სხივებზე სათავიდან გადავდოთ ტოლი სიგრძის [AA'], [BB'], [CC'], [DD']. ამ ოთხი მონაკვეთის ბოლოები იმ გეომეტრიული ფიგურის წვეროებია, რომლის ექვსი წახნაგი პარალელოგრამია. ასეთ ფიგურას გეომეტრიაში პარალელეპიპედი ეწოდება. პარალელეპიპედის კერძო შემთხვევაა კარგად ცნობილი მართკუთხა პარალელეპიპედი (ასანთის კოლოფი), რომლის ყველა წახნაგი მართკუთხედია (სურ.38-2). მას აქვს რვა წვერო, თორმეტი წიბო და ექვსი წახნაგი. წვეროების, წიბოებისა და წახნაგების ერთობლიობას პარალელეპიპედის ბადე ეწოდება. ამგვარი ფიგურის გეგმილის ასაგებად კი საკმარისია მხოლოდ წვეროების, როგორც დამოუკიდებელი წერტილების გეგმილების აგება და მათი შეერთება იმ თანმიმდევრობით, როგორითაც ისინი შეერთებულია თვით ფიგურაში (სურ.38).



სურ.38

პარალელეპიპედის გეგმილების აგების საკითხი ამით დასრულდებოდა, რომ ზოგიერთი მოვლენა არ იყოს ანგარიშგასაწევი. ეს გახლავთ ფიგურის ნახაზის შესრულების სიმარტივე და ნახაზზე მისი გაზომვის პრაქტიკული მიზნებისადმი დაქვემდებარება, რაზეც ქვემოთ გვექნება საუბარი. მანამ კი შევნიშნოთ: მართკუთხა პარალელეპიპედის არაპარალელური წიბოების სიგრძეებს ამ პარალელეპიპედის ხაზოვანი ზომები ანუ

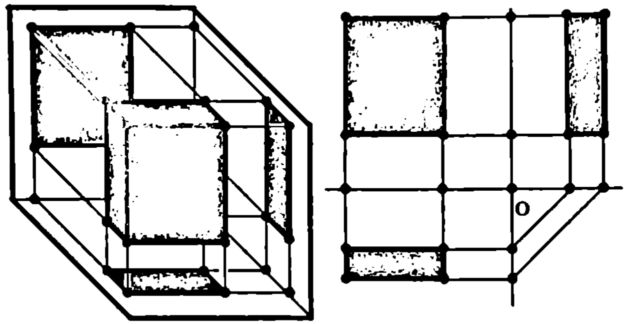
განზომილებები ეწოდება. პარალელეპიპედს სამი განზომილება აქვს. ესენია: სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე.

2. პარალელეპიპედის ბადის გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ კერძო განლაგების მნიშვნელობა ფიგურის გაზომვისა და ნახაზის შესრულების პროცესის გამარტივების თვალსაზრისით.

გავიხსენოთ 33-3 სურათი და ყურადღება მივაქციოთ AB მონაკვეთის გეგმილთა α სიბრტყესთან დახრის φ კუთხეს. ორთოგონალურ გეგმილებში φ იცვლება 0-დან 90^0-მდე, როცა $\varphi=0$, მაშინ AB მონაკვეთი თავის კონგრუენტულ მონაკვეთზე გეგმილდება, ხოლო როცა $\varphi=90^0$, მაშინ ხდება მაქსიმალური დამახინჯება და იგი, როგორც დაგეგმილების მიმართულების პარალელური წრფე — წერტილად გეგმილდება. ყველა სხვა შემთხვევაში, ე.ი. როცა $0<\varphi<90^0$, AB მონაკვეთის გეგმილის სიგრძე ნაკლებია მის ნამდვილ სიგრძესთან შედარებით.

მონაკვეთი, რომელიც რომელიმე გეგმილთა სიბრტყის პერპენდიკულარულია, დანარჩენი ორისადმი პარალელური გამოდის და შესაბამისად, ამ ორზე თავისი ნამდვილი სიგრძით გეგმილდება (იხ. სურ.35). ზემოთ, კერძო მდებარეობის მართკუთხედების განხილვისას (იხ.სურ. 36) ითქვა, რომ გეგმილთა სიბრტყეზე, რომლის მიმართ მოცემული მართკუთხედი პარალელურია, იგი დაუმახინჯებლად, ანუ თავის კონგრუენტულ მართკუთხედად გეგმილდება. ახლა კვლავ დავუბრუნდეთ ამ საკითხს: გავითვალისწინოთ, რომ პარალელეპიპედის ყველა წახნაგი მართკუთხედია და იგი ისე მოვათავსოთ სამ გეგმილთა სიბრტყის სისტემაში, რომ ყოველმა წახნაგმა ზემოაღწერილი კერძო განლაგება დაიკავოს გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ. როგორც 39-ე სურათიდან ჩანს, მოცემული მართკუთხა პარალელეპიპედის წინა და უკანა წახნაგი Π_2-ის პარალელურია, გვერდითი წახნაგები Π_3-ისა, ხოლო ფუძეები — Π_1-ის. პარალელეპიპედის ბადის გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ამგვარი განლაგებით მიღწეულია ის, რომ ყოველ გეგმილთა სიბრტყეზე ფიგურის სამი განზომილებიდან ორი დაუმახინჯებლად არის ასახული. მაგალითად, სიგრძე და სიგანე Π_1-ზე, სიგანე და სიმაღლე Π_2-ზე, ხოლო სიგანე და სიმაღლე Π_3-ზე თავისი ნამდვილი სიდიდითაა დაგეგმილებული. ყურადღება მიაქციეთ თვით ნახაზის შესრულების სიმარტივესაც, რომელიც ფიგურის თვალსაჩინოების ხარჯზეა მიღწეული.

ნახაზის თვალსაჩინოება ცალკე მსჯელობის საგანია და მას შემდგომ განვიხილავთ. ახლა კი დავუბრუნდეთ ისევ 39-ე სურათს, რომელზეც სამგანზომილებიანი ფიგურა (ე.ი. ფიზიკურად არსებული სხეული, რომელსაც აქვს სიგრძეც, სიგანეც და სიმაღლეც) ასახულია მართკუთხედების სახით. დააკვირდით და დაიხსომეთ, რომ ნებისმიერი ეს მართკუთხედი უბრალოდ მართკუთხედი კი არ არის, არამედ ყოველი მათგანი პარალელეპიპედის ყველა ელემენტის — რვა წვეროს, თორმეტი წიბოს და ექვსი წახნაგის გეგმილების ერთობლიობაა.



სურ.39

უკვე ითქვა: ფიგურის ნახაზის აგების სიმარტივე და ზომვადობა მიღწეულია თვალსაჩინოების ხარჯზე. ახლა შევნიშნოთ, რომ გარკვეული ვარჯიშის შემდეგ ეპიურზე მოცემული პარალელეპიპედი ისეთივე თვალსაჩინო გახდება, როგორც მას დამკვირვებელი უშუალოდ დაინახავდა სივრცეში ან აღიქვამდა მისი ფოტოსურათის ნახვის შემთხვევაში. ის, რაც ამგვარი ვარჯიშის შედეგად მიიღწევა, არის უნარი, რომელიც ადამიანს შესაძლებლობას აძლევს სივრცეში წარმოადგინოს ფიგურა მისი ბრტყელი გამოსახულების ანუ ეპიურის მიხედვით. თუ აქ შედარებას მოვიშველიებთ, ისევე როგორც მუსიკოსს, რომელიც უყურებს ნოტებს და ესმის მელოდია, ხაზვის მცოდნე ადამიანს ნახაზის მიხედვით უნდა შეეძლოს იქ გამოსახული საგნის აღწერა სივრცეში. მონჟის ეპიური კი ამისი უმძლავრესი საშუალებაა და სასურველი შედეგების მიღწევა ზემოთ აღნიშნული სავარჯიშოების სწორად შესრულებაზეა დამოკიდებული.

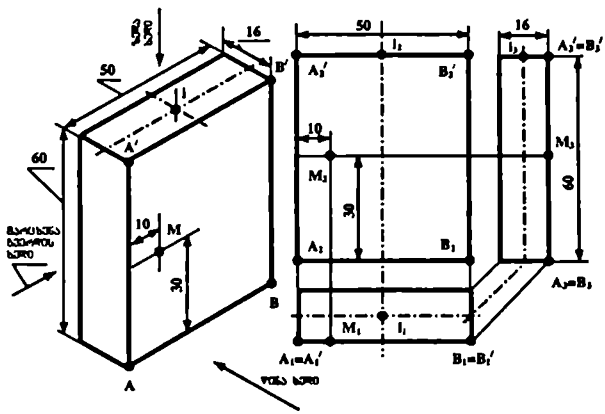
დაიხსომეთ, რომ ნახაზის მიხედვით შეგიძლიათ განავითაროთ ნებისმიერი სპეციალობის ადამიანისათვის საჭირო ორი უმნიშვენელოვანესი თვისება: სივრცითი წარმოდგენა და წარმოსახვა.

3. *პარალელეპიპედის გეგმილების (ხედების) აგება.* ვთქვათ, მოცემულია პარალელეპიპედი (სურ.40-1) და საჭიროა მისი გეგმილების ანუ ხედების აგება (სურ.40-2).

მოცემული ამოცანის შესრულება დავიწყოთ ხედების შერჩევით (მე-10 სურათზე მითითებულია ისრებით). შემდეგ გავაანალიზოთ ზომები და სახაზავი ფართობის მიხედვით (210×297) ავარჩიოთ მასშტაბი (ვთქვათ მ 1:1). სახაზავ ფართობზე გამოვყოთ ადგილები ხედებისათვის, ამასთან წარმოვიდგინოთ, რომ პარალელეპიპედი ფუძით დგას Π_1-ზე და მისი დიდი წახნაგი (ხედი წინიდან) პარალელურია Π_2-ის მიმართ. ხედებისათვის მონიშნულ ადგილებზე ავაგოთ მოცემული ფიგურის სიმეტრიის ღერძის (i) გეგმილები (i_1, i_2, i_3). ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ ფიგურის გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ჩვენ მიერ არჩეული განლაგების გამო i ღერძი ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი იქნება.

მე-40 სურათზე ასოითი აღნიშვნები გაკეთებულია მხოლოდ ერთ წახნაგზე ($AA'B'B$). ეს წახნაგი ჩვენი შერჩევით Π_2-ის პარალელურია და ამის გამო ფრონტალური გეგმილი დაუმახინჯებლად გამოხატავს მის ნამდვილ სახეს. აქედან სავსებით ცხადია, მოცემული ზომების მიხედვით, $A_2A_2'B_2'B_2$ სწორკუთხედის ანუ პარალელეპიპედის ერთ-ერთი წახნაგის ფრონტალური გეგმილის (ჩვენ შემთხვევაში წინა ხედის) აგება.

ამავე წახნაგის ჰორიზონტალური და ფრონტალური გეგმილების აგებაც ნახაზიდან ჩანს და დამატებით განმარტებას არ ითხოვს, რადგანაც იგი სრულ ანალოგიაშია 36-ე და 39-ე სურათებზე ნაჩვენებ შემთხვევებთან. ამავე მიზეზის გამო განმარტებას არ საჭიროებს დანარჩენი წახნაგების გეგმილების ანუ ხედების აგების პროცესი.



1 2

სურ.40

დავინტერესდეთ $AA'B'B$ წახნაგის კუთვნილი M წერტილის გეგმილების აგებით. მოცემული ზომებით ამ გეგმილების აგების პროცესი, რომელიც M_2-ის აგებით იწყება, სიძნელეს არ წარმოადგენს და ნახაზიდანაც ნათლად ჩანს, მაგრამ აქ საყურადღებოა ერთი გარემოება, რომელიც საინტერესოა, როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისით. სახელდობრ, განვიხილოთ ის შემთხვევა, როცა M_2-ის განმსაზღვრელი ზომები მოცემული არ არის და ნახაზზე მისი მხოლოდ ერთი გეგმილია (M_2) დაფიქსირებული, და ცნობილია ის წახნაგი, რომელსაც იგი ეკუთვნის ($M \in AA'B'B$). ასეთ შემთხვევაში, კუთვნილების პირობის გათვალისწინებით (იხ.სურ.33-2) ცალსახად განისაზღვრება დანარჩენი გეგმილები: $M_1 \in A_1A_1'B_1'B_1$ და $M_3 \in A_3A_3'B_3'B_3$. ბუნებრივად ისმის კითხვა, თუ რამდენად შესაძლებელია ამოცანის ასევე ცალსახად გადაწყვეტა

მაშინ, თუ M_2-ის ნაცვლად მოცემული იქნება M_1 ან M_3. ამ კითხვაზე პასუხი ასეთია: კუთვნილების ცოდნის მიუხედავად ვერც მხოლოდ M_1-ით განისაზღვრება დანაკლისი გეგმილები და ვერც მხოლოდ M_3-ით. საქმე ისაა, რომ $AA'B'B$ მართკუთხედი მაგეგმილებელია Π_1-სა და Π_3-ის მიმართ, რის გამოც ამ ფიგურის კუთვნილი ნებისმიერი წერტილის ჰორიზონტალური გეგმილი ფიგურის ჰორიზონტალურ გეგმილს უთავსდება, ხოლო პროფილური — პროფილურს და ყოველ მათგანში წერტილთა უსასრულო სიმრავლეა ასახული. ეს კი იწვევს იმას, რომ აღებულ შემთხვევაში, M_2-საგან განსხვავებით, არც M_1-ს და არც M_3-ს არ შეუძლია პარალელეპიპედის ზედაპირის კუთვნილი არც ერთი კონკრეტული წერტილის ცალსახად განსაზღვრა.

ჩვენ ზემოთ მივუთითეთ, რომ მოცემული ზომებით M-ის გეგმილების აგების პროცესი M_2-დან დაგვეწყო. მოყვანილი მსჯელობიდან უკვე ნათელია ამ რეკომენდაციის აზრი. საქმე ისაა, რომ მოცემულ შემთხვევაში მოცემული ზომებით, სწორედ იმ გეგმილის მოძებნას მივეცით უპირატესობა, რომლის მიხედვითაც დანარჩენი ორი, მოცემული ზომებისგან დამოუკიდებლად, აგებით გამოდის (მე-40 სურათზე M_2-ის კოორდინირება განხორციელებულია ზომებით (10 და 30), ხოლო M_1-სა და M_3-ის აგება ნაჩვენებია ისრებით).

ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ მე-3 და მე-4 პუნქტებში (იხ.სურ.39, 40) ფიგურის ნახაზის შედგენის იდენტური პროცესებია განხილული, მაგრამ განსხვავება მათ შორის მაინც არსებობს. საქმე ისაა, რომ პირველ შემთხვევაში დაგეგმილების თეორიაა პრევილირებული, ხოლო მეორეში — ნახაზის შესრულების ტექნიკური მხარე. ასე რომ, ამ ორი საკითხის ერთობლივი განხილვით საგნის თეორიულ ბაზისშიც გაერკვევით და იმ ბაზისის პრაქტიკულ გამოყენებაშიც მიიღებთ გარკვეულ გამოცდილებას.

11. მრავალწახნაგა ზედაპირები და უმარტივესი მრავალწახნაგები

პარალელეპიპედის შესწავლით დავიწყეთ რეალურად არსებული ფიგურების ნახაზის შედგენის პროცესის შესწავლა. პირველ მაგალითად განვიხილეთ უმარტივესი გეომეტრიული სხეული, რომელიც წახნაგოვანი სხეულების ანუ მრავალწახნაგების ჯგუფს განეკუთვნება. განვაგრძოთ საუბარი ამ თემაზე.

1. *მრავალწახნაგა ზედაპირის ცნება.* სტერეომეტრიაში განიხილება ისეთი არაბრტყელი ფიგურების მაგალითები, რომლებიც რამდენიმე მრავალკუთხედის გაერთიანებაა. ასეთ ფიგურებს განეკუთვნება მაგალითად, პრიზმისა და პირამიდის ზედაპირები. ეს ფიგურები მარტივი მრავალწახნაგა ზედაპირის მაგალითებია.

მარტივი მრავალწახნაგა ზედაპირი ეწოდება სასრული რაოდენობის ისეთი მრავალკუთხედების გაერთიანებას, რომლებიც აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობებს:

1) ამ მრავალკუთხედების ნებისმიერი ორი წვეროსათვის არსებობს მრავალკუთხედების გვერდებისაგან შედგენილი ტეხილი, რომლის ბოლოები აღებული წვეროებია;

2) მრავალკუთხედების გაერთიანების ნებისმიერი წერტილი მოცემული მრავალკუთხედებიდან მხოლოდ ერთის წერტილია, ან ეკუთვნის მხოლოდ ორი მრავალკუთედის საერთო გვერდს, ან არის წვერო მხოლოდ ერთი მრავალწახნაგა კუთხისა, რომლის ბრტყელი კუთხეები მოცემული მრავალკუთხედების კუთხეებია.

მითითება: 1) ვთქვათ მოცემულია ABC... მრავალკუთხედი და S წერტილი, რომელიც ამ მრავალკუთხედის სიბრტყეს არ ეკუთვნის. ყველა სხივის გაერთიანებას, რომლებსაც საერთო S სათავე აქვთ და მოცემული მრავალკუთხედის წვეროებზე გადის, ეწოდება მრავალწახნაგა კუთხე, რომლისთვისაც S წვეროა, SA, SB, SC სხივები – წიბოები, ხოლო ASB, BSC კუთხეები – მრავალწახნაგა კუთხის ბრტყელი კუთხეები;

2) თუ მრავალკუთხედის ყველა გვერდი, მისი ნებისმიერი ერთი გვერდის მიმართ ერთ მხარესაა მოთავსებული – მრავალკუთხედს ამოზნექილი ეწოდება;

3) თუ მრავალწახნაგას ყველა წახნაგი, მისი ნებისმიერი ერთი წახნაგის მიმართ ერთ მხარესაა მოთავსებული – მრავალწახნაგას ამოზნექილი ეწოდება;

4) ამოზნექილი მრავალწახნაგა კუთხის ყველა ბრტყელი კუთხის სიდიდეთა ჯამი 360^0-ზე ნაკლებია.

გეომეტრიულ სხეულს, რომელიც შემოსაზღვრულია მრავალწახნაგა ზედაპირით მრავალწახნაგა ეწოდება. მისი ზედაპირის შემადგენელ მრავალკუთხედებს მოცემული მრავალწახნაგას წახნაგები ეწოდება. თუ მრავალწახნაგა n რაოდენობის წახნაგს შეიცავს, მაშინ მას n – წახნაგა, სხვაგვარად n – კუთხა მრავალწახნაგა ჰქვია.

ამოზნექილი მრავალწახნაგებიდან შევისწავლით მართკუთხა პრიზმასა და სწორ პირამიდას;

2. *მართკუთხა პრიზმა, როგორც მრავალწახნაგა ზედაპირით შემოსაზღვრული გეომეტრიული სხეული.* მრავალწახნაგას, რომლის ორი წახნაგი პარალელურ სიბრტყეში მდებარე n კუთხედებია, ხოლო დანარჩენი n წახნაგი – პარალელოგრამები, n კუთხა პრიზმა ეწოდება.

მართკუთხა პრიზმის არსებობის დასამტკიცებლად განვიხილოთ 41-ე სურათი. ვთქვათ მოცემულია ABCDE ამოზნექილი მრავალკუთხედი და მისი პარალელური α სიბრტყე. ავაგოთ ABCDE მართკუთხედის ორთოგონალური გეგმილი α სიბრტყეში ($A_\alpha B_\alpha C_\alpha D_\alpha E_\alpha$). მოცემული მრავალკუთხედის თითოეული გვერდი და მისი გეგმილი პარალელოგრამის მოპირდაპირე გვერდებია. ყველა ამ პარალელოგრამის, ABCDE მრავალკუთხედისა და მისი $A_\alpha B_\alpha C_\alpha D_\alpha E_\alpha$ გეგმილის გაერთიანება არის მრავალწახნაგა ზედაპირი. მრავალწახნაგას, რომელიც ამ ზედაპირით შეიძლება იყოს შექმნილი, მართკუთხა პრიზმა ეწოდება. ABCDE და

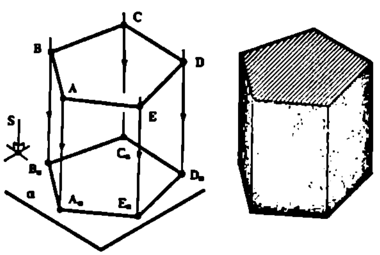
$A_\alpha B_\alpha C_\alpha D_\alpha E_\alpha$ მრავალკუთხედებს პრიზმის ფუძეები ჰქვია, ხოლო დანარჩენ წახნაგებს — გვერდითი წახნაგები.

თუ მართკუთხა პრიზმის ფუძეები წესიერი მრავალკუთხედებია, მაშინ მას წესიერი ეწოდება.

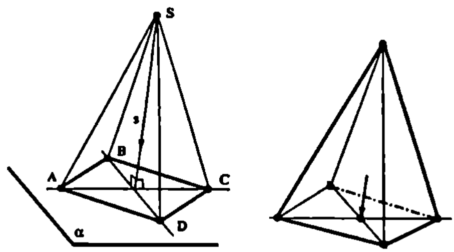
ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით ჩვენ მიერ ადრე განხილული გეომეტრიული სხეული (სურ.38) ისეთი მართკუთხა პრიზმა ყოფილა, რომლის ფუძეებიც და წახნაგებიც მართკუთხედებია;

3. *სწორი პირამიდა, როგორც მრავალწახნაგა ზედაპირით შემოსაზღვრული გეომეტრიული სხეული.* მრავალწახნაგას, რომლის ერთ-ერთი წახნაგი ნებისმიერი მრავალკუთხედია, ხოლო დანარჩენი წახნაგები — საერთო წვეროს მქონე სამკუთხედები, პირამიდა ეწოდება.

პირამიდის არსებობის დასამტკიცებლად ავიღოთ ABCD მრავალკუთხედი და მისი წვეროები შევაერთოთ წერტილთან (S), რომელიც ამ მრავალკუთხედის სიბრტყეს არ ეკუთვნის (სურ.42), მივიღებთ პირამიდას. S წერტილი იქნება ამ პირამიდის წვერო, ხოლო ABCD მრავალკუთხედი — ფუძე.



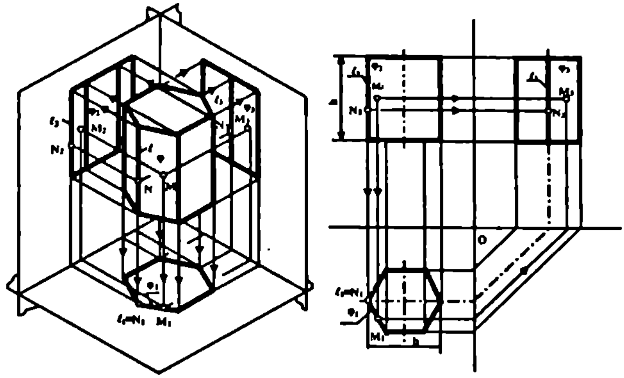
სურ.41



სურ.42

თუ პირამიდის ფუძე წესიერი მრავალკუთხედია, ხოლო S წვეროს ორთოგონალური გეგმილი ფუძის სიბრტყეში მდებარე მრავალკუთხედის ცენტრს ემთხვევა, მაშინ მას სწორი პირამიდა ეწოდება. სწორი პირამიდის ყველა წახნაგი კონგრუენტული ტოლფერდა სამკუთხედია;

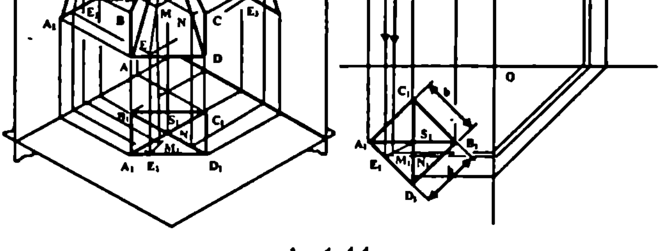
4. *მართკუთხა პრიზმის გეგმილების (ხედების) აგება.* ავიღოთ მართკუთხა წესიერი ექვსწახნაგა პრიზმა და მოვათავსოთ იგი სამი ურთიერთპერპენდიკულარულ გეგმილთა სიბრტყის სისტემაში ისე, როგორც ეს 43-ე სურათეზეა ნაჩვენები: Π_1-ის მიმართ ფუძეები პარალელურია, ხოლო გვერდითი წახნაგები — მაგეგმილებელი. ასეთი განლაგების გამო ფუძეები Π_1-ზე დაუმახინჯებლად აისახება, ხოლო Π_2-ზე და Π_3-ზე წრფის მონაკვეთების სახით. ამავე გეგმილთა სიბრტყეებზე პრიზმის წიბოები დაუმახინჯებლად დაგეგმილდება.



სურ.43

განვიხილოთ პრიზმის ზედაპირის კუთვნილი წერტილების გეგმილების განსაზღვრის პროცესი. ასეთი წერტილები შეიძლება გაიყოს ორ ჯგუფად: წერტილები, რომლებიც ეკუთვნის წახნაგებს (მაგ., M) და წერტილები, რომლებიც ეკუთვნის წიბოებს (მაგ., N). როგორც 43-ე სურათიდან ირკვევა $M \in \varphi$ და $N \in l$. ეპიურზე კუთვნილების ასახვის ჩვენთვის უკვე ცნობილი დებულებით, ამ წერტილების გეგმილების განსაზღვრა ძნელი არ არის და სურათიდანაც ნათლად ჩანს;

5. *წესიერი პირამიდის გეგმილების (ხედების) აგება.* ავიღოთ წესიერი ოთხწახნაგა პირამიდა და მოვათავსოთ იგი სამი ურთიერთპერპენდიკულარულ გეგმილთა სიბრტყის სისტემაში ისე, როგორც ეს 44-ე სურათზეა ნაჩვენები: პირამიდის ფუძე-კვადრატი პარალელურია Π_1-ის, წიბოების ერთი წყვილი (SA და SB) პარალელურია Π_2-ის, ხოლო მეორე წყვილი (SC და SD) – Π_3-ის. ასეთი განლაგების გამო ფუძე Π_1-ზე დაუმახინჯებლადაა დაგეგმილე-



სურ.44

ბული, ხოლო $П_2$ და $П_3$-ზე – წრფის მონაკვეთების სახით. გეგმილთა სიბრტყეებისადმი პარალელური წიბოები შესაბამის გეგმილთა სიბრტყეზე, მაგ., SA და SB $П_2$-ზე, ხოლო SC და SD $П_3$-ზე დაუმახინჯებლადაა დაგეგმილებული. ამრიგად, მოცემული ფიგურისა და გეგმილთა სიბრტყეების ურთიერთგანლაგებაში მოძებნილია ისეთი ოპტიმალური ვარიანტი, რომლის დროსაც მოცემული პირამიდის ნებისმიერი წიბოს და ფუძის ნებისმიერი გვერდის რომელიღაც გეგმილი მის ნამდვილ სიდიდეს გამოსახავს.

დაიხსომეთ, რომ ფიგურების ხაზვაში, ეპიურზე მათი ზომვადობის პირობის დაცვის მიზნით, ყოველთვის უნდა იზრუნოთ ანალოგიური ოპტიმალური ვარიანტის გამოსაძებნად.

დავინტერესდეთ პირამიდის ზედაპირის წერტილების გეგმილების აგებით. პრიზმის ანალოგიურად, აქაც გვაქვს წერტილების ორი ჯგუფი – წახნაგებისა და წიბოების კუთვნილი წერტილები.

ვთქვათ $M \in ASD$. ეს კუთვნილება შესაძლოა განვიხილოთ ასე: M ეკუთვნის რაიმე SE წრფეს, რომელიც თავის მხრივ ASD წახნაგის კუთვნილია, რაც იმით დასტურდება, რომ ამ წრფის განმსაზღვრელი ორი წერტილი, S და E, ASD წახნაგზეა მოთავსებული (S – სამკუთხედის წვეროა, ხოლო E – ფუძის AD გვერდის ერთ-ერთი წერტილი). ამგვარი მსჯელობის ეპიურზე რეალიზაციისათვის საკმარისია გავიხსენოთ წრფისა და წერტილის კუთვნილების პირობა: წერტილი ეკუთვნის წრფეს, თუ ამ წერტილის გეგმილები წრფის ერთსახელა გეგმილებთანაა შეთავსებული. როგორც 44-ე სურათიდან ჩანს, ეს პირობები დაცულია და შესაბამისად M ეკუთვნის ASD წახნაგს იმის გამო, რომ იგი ეკუთვნის ამ უკანასკნელის SE წრფეს.

44-ე სურათზე ნაჩვენები მაგალითებიდან შეგიძლიათ გაეცნოთ კიდევ ერთ საინტერესო კერძო შემთხვევას, წერტილის დანაკლისი გეგმილების განსაზღვრის საკითხში.

საილუსტრაციოდ ავირჩიოთ N წერტილი. როგორც ხედავთ იგი SD წიბოს ეკუთვნის. ახლა გამოვარკვიოთ, თუ N-ის სამი გეგმილიდან რომელ წყვილს შეუძლია ეპიურზე ცალსახად განსაზღვროს N-სა და SD-ს კუთვნილება. მაგ., ის, რომ $N_1 \in S_1D_1$ და $N_2 \in S_2D_2$ ჯერ კიდევ არ ნიშნავს იმას, რომ $N \in SD$. კუთვნილების სინამდვილე აუცილებლად დადასტურებულ იქნეს N_3-ის S_3D_3-თან კუთვნილებით ($N_3 \in S_3D_3$). საქმე ისაა, რომ SD მდებარეობს პროფილის სიბრტყის პარალელურ სიბრტყეში და იგი $П_1$-ზე და $П_2$-ზე ერთი და იმავე სიბრტყითაა დაგეგმილებული. ამის გამო, ამგვარი მდებარეობის მაგეგმილებელ სიბრტყეში მოქცეული ყოველი ფიგურა, თავის ჰორიზონტალურ და ფრონტალურ გეგმილს, შესაბამისად ამ სიბრტყის გეგმილში ანუ X ღერძის პერპენდიკულარულ წრფეში ღებულობს და ასეთ შემთხვევაში ჭეშმარიტი კუთვნილება ($N \in SD$) მხოლოდ პროფილურ სიბრტყეში დაკავშირებული ურთიერთგანლაგებით ირკვევა. სახელდობრ, თუ $N_3 \in S_3D_3$, მხოლოდ მაშინ შეგვიძლია დავასკვათ, რომ სივრცეში N ნამდვილად ეკუთვნის SD-ს.

12. მრავალწახნაგას ზედაპირის განფენა სიბრტყეზე და მაკეტის დამზადება

ქვემოთ გაეცნობით მონჟის ეპიურის პრაქტიკული გამოყენების კიდევ ერთ მხარეს — სივრცითი ფიგურების ზედაპირების სიბრტყეზე განფენის თეორიისა და პრაქტიკის ელემენტარულ საფუძვლებს.

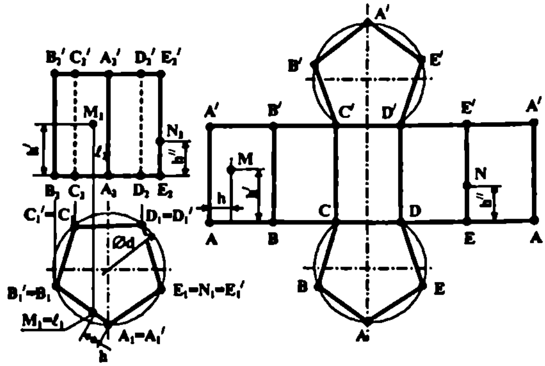
პრაქტიკაში ხშირად გვხვდება ფურცვლოვანი მასალისაგან (მაგ., მუყაოსაგან) მაკეტის დამზადების შემთხვევები. ამისათვისა საჭიროა წინასწარ, მონჟის ეპიურზე, შესრულდეს ფიგურის ნახაზი, ამ უკანასკნელის მიხედვით მომზადდეს ფიგურის ზედაპირის შლილი ანუ განფენა სიბრტყეზე და ბოლოს, ამგვარი შლილის მეშვეობით დამზადდეს თვით მაკეტი. მოქმედებათა ამ ჩამონათვალში ჯერჯერობით ცნობილია მხოლოდ ფიგურის ნახაზის შესრულების უმარტივესი მაგალითები. რაც შეეხება შლილის მომზადებისა და მაკეტის დამზადებისათვის საჭირო სხვა საკითხებს, საამისოდ დაგვჭირდება ზოგიერთი მასალის წინასწარი დამუშავება, რაზეც ქვემოთ გვექნება საუბარი.

1. *მრავალწახნაგა ზედაპირის სიბრტყეზე განფენის ცნება.* თუ მრავალწახნაგას ზედაპირის მოდელი დამზადებულია რაიმე უჭიმავი მასალისაგან, მაშინ ეს მოდელი შეიძლება რომელიმე წიბოს გასწვრივ გაიჭრას და ისე გაიშალოს, რომ იგი გარდაიქმნას რაიმე მრავალკუთხედის მოდელად. ამ მრავალკუთხედს მრავალწახნაგას ზედაპირის შლილი ანუ განფენა ეწოდება.

ამრიგად, მრავალწახნაგას ზედაპირის შლილი ბრტყელი ფიგურაა, რომელიც ამ ზედაპირის წახნაგების ერთ სიბრტყესთან შეთავსების შედეგად მიიღება. ამასთან, ყოველი წახნაგი განფენაზე წარმოგვიდგება თავისი ნამდვილი სახით. აქედან ცხადია, რომ განფენის აგება ყოველი წახნაგის ნამდვილი სახის განსაზღვრას გულისხმობს.

2. *მართკუთხა პრიზმის ზედაპირის განფენა სიბრტყეზე და მაკეტის დამზადება.* გავარჩიოთ 45-ე სურათი, სადაც ნაჩვენებია მართკუთხა ხუთწახნაგა პრიზმის ზედაპირის განფენა.

ჩვენ უკვე ვიცით, რომ აგება, ყოველი წასნაგის ნამდვილი სახის აგებას გულისხმობს. მოცემულ შემთხვევაში პრიზმის წახნაგები მართკუთხედებია, რომელთა სიმაღლე დაუმახინჯებლად Π_2-ზეა ასახული, ხოლო სიგანე — Π_1-ზე. აქედან, თუ გვინდა მაგალითად, $AA'B'B$ მართკუთხედის აგება, ამისათვის საჭირო ერთ ზომას AB-ს ჰორიზონტალური გეგმილიდან ავიღებთ ($AB \cong A_1B_1$), ხოლო მეორეს — ფრონტალურიდან ($AA' \cong A_2A_2'$). ასე განსაზღვრული მრავალკუთხედების ერთიმეორეზე მიდგმით არის მიღებული 45-ე სურათზე ნაჩვენები პრიზმის გვერდითი ზედაპირის შლილი (აქ იგულისხმება, რომ ზედაპირი გაჭრილია AA' წიბოზე). სრული ზედაპირის განფენისათვის საკმარისია გვერდით ზედაპირს დაემატოს ფუძეები, როგორც სურათიდან ჩანს, ფუძის ნებისმიერი გვერდი მიყენებული უნდა იყოს წახნაგის შესაბამის გვერდთან (ჩვენ შემთხვევაში ასეთ გვერდად არჩეულია CD).



სურ.45

განვიხილოთ პრიზმის ზედაპირზე მდებარე ორი წერტილის (M და N) გადატანა ეპიურიდან განფენაზე.

$M \in AA'B'B$. გავავლოთ M-ზე $l \in AA'B'B$ დამხმარე წრფე და ეს უკანასკნელი გადავიტანოთ განფენაზე, რისთვისაც h ზომა დაგვჭირდება, რომლის აღებაც უშუალოდ ჰორიზონტალური გეგმილიდანაა შესაძლებელი. რაც შეეხება l-ზე M-ის მოძებნას, ამისათვის საჭირო h' მონაკვეთი უშუალოდ გაიზომება ეპიურზე.

$N \in EE'$. N-ის გადატანისათვის რაიმე დამხმარე წრფე აღარ დაგვჭირდება და უშუალოდ ეპიურზე გაზომილი h'' მანძილით იოლად განისაზღვრება მისი მდებარეობა შლილზე.

თუ სურათზე ნაჩვენებ შლილს გადავიტანთ მუყაოზე, გამოვჭრით თარგს, მოვკეცავთ წიბოებზე და შევაწებებთ, მივიღებთ მოცემული პრიზმის მაკეტს.

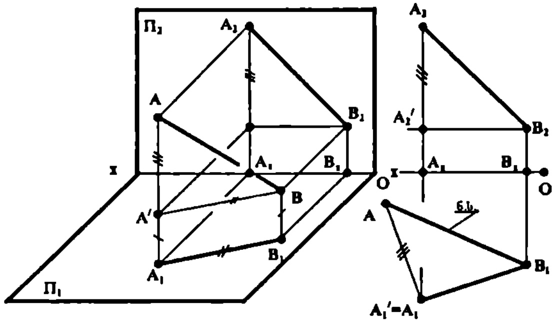
3. *მონაკვეთის ნამდვილი სიდიდის განსაზღვრა მისი გეგმილების მიხედვით.* წინა მაგალითში ასაგები წახნაგების გვერდები ისე იყო განლაგებული გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ, რომ საჭირო ელემენტების გაზომვა უშუალოდ ნახაზზე შეიძლებოდა. ახლა კი დავინტერესდეთ ისეთი შემთხვევით, როცა გასაზომ მონაკვეთს უჭირავს ზოგადი მდებარეობა, ე.ი. დახრილია ყველა გეგმილთა სიბრტყის მიმართ და შესაბამისად არც ერთი მისი გეგმილი მის ნამდვილ სიდიდეს არ გამოსახავს.

განვიხილოთ 46-ე სურათი, რომელზეც სწორედ ზოგადი მდებარეობის AB მონაკვეთის დაგეგმილების პროცესია ასახული. $AA'B$ სამკუთხედი მართკუთხაა, მისი ერთი კათეტი ($A'B$) არის A_1B_1 გეგმილის ტოლი, ხოლო მეორე (AA') – A და B წერტილების Π_1-დან ანუ, რაც იგივეა – A_2 და B_2 გეგმილების X ღერძთან დაშორებათა სხვაობა.

46-ე სურათიდან ნათლად ჩანს, რომ ასეთი მართკუთხა სამკუთხედის ჰიპოტენუზა გამოსახავს მოცემული მონაკვეთის ნამდვილ სიდიდეს. ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს შემდეგი დასკვნა:

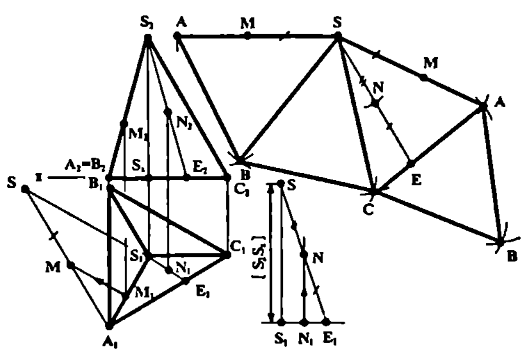
მონაკვეთის ნამდვილი სიდიდე უდრის ისეთი მართკუთხა სამკუთხედის ჰიპოტენუზას, რომლის ერთი კათეტი მონაკვეთის ჰორიზონტალური გეგმილია, ხოლო მეორე — ამ მონაკვეთის ბოლოების ფრონტალური გეგმილების **X** ღერძიდან დაშორებითი სხვაობა ($AA'=[A_2A_x]-[B_2B_x]$).

შევნიშნოთ, რომ განხილულ სამკუთხედში ერთ-ერთ კათეტად შესაძლოა აღებულ იქნეს ფრონტალური გეგმილი, მაშინ მეორე იქნება ჰორიზონტალური გეგმილის ბოლოების ღერძიდან დაშორებათა სხვაობა. ანალოგიურად შეიძლება მსჯელობა მაშინაც, თუ ერთ-ერთ კათეტად აღებული იქნება მონაკვეთის პროფილური გეგმილი (ბოლო ორი შემთხვევა 46-ე სურათზე ნაჩვენები არ არის, სასურველია მათი განხილვა საშინაო დავალების სახით და შესაბამისი ეპიურის აგება).



სურ.46

4. *წესიერი პირამიდის ზედაპირის განფენა სიბრტყეზე და მაკეტის დამზადება (სურ.47).* ეპიურის ანალიზი იოლად მიგვიყვანს იმ დასკვნამდე, რომ მოცემული პირამიდის ფუძე და, შესაბამისად, მისი გვერდები Π_1-ზე, ამ უკანასკნელთან კუთვნილების გამო, ნატურალური სიდიდით არის ასახული.



სურ.47

ასე, რომ შლილის აგებისათვის საჭირო სხვა მონაცემებიდან, მხოლოდ წიბოების ნატურალური სიგრძის გაზომვა მოგვიწევს, რადგანაც ისინი გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ზოგად მდებარეობაშია, და შესაბამისად, მათი არც ერთი გეგმილი ნატურალური ზომით არ არის ასახული ეპიურაზე. ამასთან შევნიშნოთ, რომ მოცემული პირამიდა წესიერია, რის გამოც მისი წიბოები ტოლი სიგრძის მონაკვეთებია და ამიტომ ერთ-ერთის გაზომვაც სავსებით საკმარისია.

მოცემული პირამიდის გვერდითი ზედაპირის შლილი განიხილება, როგორც მეზობელი გვერდებით ერთმანეთზე მიდგმული სამი ტოლფერდა სამკუთხედი, რომლებშიც ფერდები მოცემული პირამიდის წიბოებია, ხოლო ფუძეები — პირამიდის ფუძის შესაბამისი გვერდები. აქედან, თუ ჩვენთვის ცნობილი წესით ერთ-ერთ წიბოს გავზომავთ (ნახაზზე ნაჩვენებია SA წიბოს გაზომვა), მოცემულ ამოცანას დავიყვანთ სამკუთხედების გრაფიკული აგების ისეთ შემთხვევებზე, როცა სამივე გვერდია ცნობილი (იგულისხმება, როგორც გვერდითი ზედაპირი, ასევე ფუძე).

დავინტერესდეთ პირამიდის ზედაპირზე მდებარე ორი წერტილის შლილზე გადატანის პროცესით. როგორც სურათიდან ჩანს, ამ წერტილებიდან ერთი (M) წიბოს (SA) კუთვნილია, ხოლო მეორე (N) მოთავსებულია წახნაგზე (SAC). განსახილველ შემთხვევაში პირველის გადატანა შლილზე მარტივია და ნახაზზე ხაზაკითაა ნაჩვენები, ხოლო მეორესათვის (N) გამოყენებულია SE დამხმარე წრფე. შლილზე ჯერ ეს უკანასკნელია გადატანილი, ხოლო შემდეგ მისი კუთვნილი N წერტილი. ამისათვის, საჭირო მართკუთხა სამკუთხედი (SS_1E_1) აგებულია ცალკე.

თუ 47-ე სურათზე ნაჩვენები შლილის მიხედვით მუყაოსგან გამოვჭრით თარგს, მოვკვეცავთ წიბოებზე და შევაწებებთ, მივიღებთ მოცემული პირამიდის მაკეტს.

13. 1-ლი სირთულის ფიგურის* ნახაზის შედგენის მაგალითები

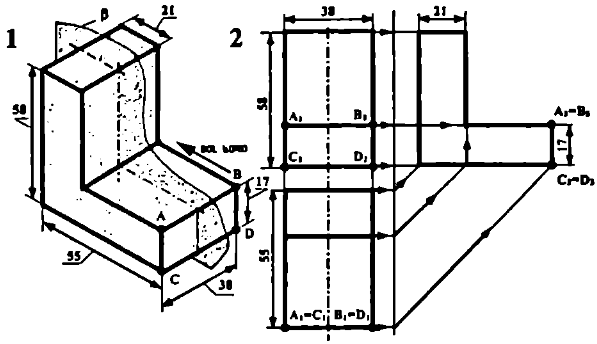
1. გავლილი მასალიდან უკვე ცნობილია ცალკეული გეომეტრიული სხეულების, სახელდობრ, პრიზმისა და პირამიდის გეგმილების აგება, მათი ზედაპირების სიბტრყეზე განფენა და მაკეტის დამზადება. ყოველივე ეს შესაძლებლობას გვაძლევს გადავიდეთ ხაზვის შესწავლის ახალ ეტაპზე და დავიწყოთ უკვე განხილული გეომეტრიული სხეულების მარტივი ურთიერთობით შედგენილი ფიგურების ხაზვა.

დააკვირდით 48-1 სურათზე ნაჩვენებ ფიგურას. ამ ფიგურის ანალიზით მივალთ იმ დასკვნამდე, რომ იგი ორი პარალელეპიპედის მარტივი ურთიერთობით არის შედგენილი. მიზნად დავისახოთ მოცემული ფიგურის ნახაზის შედგენა

---

* სახელმძღვანელოში ნახსენებია ფიგურების სხვადასხვა სირთულე (სულ ოთხი სირთულე), თუ როგორია ამ ტერმინების საორიენტაციო შინაარსი, იხ. წინათქმაში.

მონჟის ეპიურისა და ნახაზის გაფორმების სტანდარტული პირობითობის გამოყენებით. თქვენ უკვე იცით, რომ ასეთი სამუშაოს შესრულება გარკვეული თანამიმდევრობის დაცვას მოითხოვს. ესენია: ხედების და მასშტაბის შერჩევა, ნახაზის ანალიზი. ამ ჩამონათვალში მოცემული ყოველი ეტაპი განვიხილოთ ცალ-ცალკე.



სურ.48

1) ხედების შერჩევა. 48-1 სურათზე ნაჩვენები ფიგურის ანალიზმა, რომელიც შესავალშივე გავაკეთეთ, გვიჩვენა, რომ იგი ორი პარალელეპიპედისაგან არის შედგენილი. აქვე ყურადღება მივაქციოთ იმას, რომ მოცემული ფიგურისათვის არსებობს სიმეტრიის ერთადერთი β სიბრტყე (ეს უკანასკნელი გამოგვადგება ნახაზის შესრულების დროს, როცა ხედების აგების სიმეტრიის ღერძის აგებიდან დავიწყებთ).

ხედების შერჩევაში ვიხელმძღვანელოთ პრინციპით: მთავარ ხედად უნდა ავირჩიოთ მოცემული ფიგურისათვის ყველაზე მეტად დამახასიათებელი მხარე.

შენიშვნა: მომავალში, როცა რეალურად არსებული და გარკვეული ფუნქციის საგნების ხაზვასთან გვექნება საქმე, მთლიანად ჩვენზე აღარ იქნება დამოკიდებული მთავარი ხედის არჩევა და არჩევანს ნაწილობრივ მაინც, საგნის მუშა მდგომარეობაში დაყენება განსაზღვრავს. თუ რას ნიშნავს საგნის მუშა მდგომარეობა, ამის შესახებ მოგვიანებით გვექნება საუბარი.

მთავარი ხედის არჩევა 48-1 სურათზე ისრითაა ნაჩვენები. მთავარი ხედის არჩევასთან ერთად, აუცილებელია გამოსახაზი ფიგურის ცალკეული ელემენტებისა და მათ ურთიერთდამოკიდებულების შესწავლა. ამის საფუძველზე განისაზღვრება ფიგურის ყოველი მახასიათებელი წერტილი ანუ წვერო (წიბოების თანკვეთის ადგილი), ყოველი სიბრტყე ანუ წახნაგი (წიბოებით შემოსაზღვრული სიბრტყის ნაწილი). ამის შემდეგ საჭიროა ფიგურის გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ განლაგების შერჩევა. მოცემულ შემთხვევაში წარმოვიდგინოთ, რომ ფიგურა ქვედა ფუძით დგას ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეზე და მისი ზურგი ანუ მთავარი

ხედის მოპირდაპირე მხარე, ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყის პარალელურია. ფიგურის გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ამგვარი განლაგება უზრუნველყოფს მის დაუმახინჯებლად დაგეგმილებას ყოველ გეგმილთა სიბრტყეზე რომელიმე ორი მიმართულებით. მაგ., ფიგურის პირობითი სიგრძე (54 მმ) და სიმაღლე (64 მმ) Π_2-ზე დაუმახინჯებლად აისახება. ასევე Π_1-ზე დაუმახინჯებლად აისახება ფიგურის სიგრძე (54) და სიგანე (60), ხოლო Π_3-ზე ფიგურის სიგანე (60) და სიმაღლე (64). ეს გარემოება, გარდა იმისა, რომ ნახაზის შესრულებას საგრძნობლად ამარტივებს, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, მისი გაზომვისათვის საჭირო ფრიად ხელსაყრელ პირობებსაც შეგვიქმნის;

2) *მასშტაბის შერჩევა.* თუ სახაზავად ავირჩევთ 210-297 ფორმატის სახაზავ ფურცელს, მაშინ გამოსახაზი ფიგურის გაბარიტული ზომების გათვალისწინებით, მიზანშეწონილი იქნება ნატურალური (მ 1:1) მასშტაბის გამოყენება;

3) *მოცემული ფიგურის ნახაზის შესრულება.* სახაზავი ფურცელი გავყოთ დაახლოებით ოთხ ტოლ ნაწილად ანუ გამოვყოთ ადგილები ხედებისათვის. მთავარი ხედის ადგილზე და მის ქვემოთ გავავლოთ სიმეტრიის ღერძი, რაც შესაძლოა განხილულ იქნეს როგორც ფიგურის სიმეტრიის სიბრტყის (β) გეგმილი Π_2 და Π_1 გეგმილთა სიბრტყეზე (48-1 სურათზე ნაჩვენებია გრძელი წერტილ-წყვილი ნახაზით). როგორც ითქვა, მოცემული ფიგურა ორი პარალელეპიპედისაგან არის შედგენილი. ჩვენთვის უკვე ცნობილი გზით, მოცემული ზომების მიხედვით ავაგოთ როგორც ერთი, ისე მეორე პარალელეპიპედის გეგმილები. ეს გზა შესაძლოა განიმარტოს ასე: ფიგურაში გამორჩეულია მახასიათელები A, B, C, D და ა.შ. წერტილები. აგებულია მათი გეგმილები, შესაბამისად, Π_1, Π_2 და Π_3 სიბრტყეზე. ერთსახელა გეგმილები შეერთებულია იმავე თანამიმდევრობით, რომლითაც ისინი შეერთებულია თვით ფიგურაში (ნიმუშისათვის ნახაზზე ასოითი აღნიშვნები გაკეთებულია ფიგურის ერთ-ერთ, სახელდობრ, ABCD წახნაგებზე).

ცალკეული წერტილების (წვეროების) გეგმილებს შორის გეგმილური კავშირის ხაზების ჩვენება ნახაზზე საჭირო არ არის, მაგრამ ეს არ უნდა გავიგოთ ისე, რომ ნახაზის ამ უმთავრესი კომპონენტის უარყოფა დასაშვები იყოს, უბრალოდ, ნახაზზე მათი ჩვენება არ არის რეკომენდებული. რაც შეეხება მათ არსებობას და საჭიროების შემთხვევაში ცალსახად განსაზღვრავს, ეს ნახაზის შედგენის ურღვევი კანონია და მისი შეცვლა შესაბამისად დაუშვებელია. მომავალში გვექნება საუბარი გარკვეულ გამონაკლისებზე, მაგრამ ეს გამონაკლისები ძირითად ხედებს არასოდეს არ შეეხება;

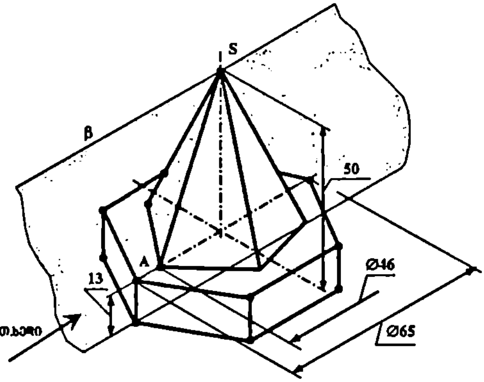
4) ფიგურის გაზომვის ცნება და ზომების დასმა. ფიგურის ნახაზის შესრულებისას ჩვენ გვჭირდებოდა ცალკეული ელემენტების ზომები, რისთვისაც ვსარგებლობდით თვალსაჩინო გამოსახულებაზე მიწერილი ზომებით. ამით ფაქტიურად განისაზღვრა კიდეც საჭირო ზომების ოდენობა და ეპიურზე მათი ჩვენების ადგილებიც, მაგრამ აქ ყურადღება უნდა მიაქციოთ ზომების ხედებში განაწილებას და იმ სტანდარტულ პირობითობას, რაზეც ადრე უკვე გვქონდა საუბარი.

განსახილველ შემთხვევაში მოცემული იყო ფიგურის თვალსაჩინო გამოსახულება ზომების ჩვენებით. სხვა შემთხვევაში შესაძლოა ფიგურა მოცემული იყოს ნატურაში და დაისვას საკითხი მისი ცალკეული ელემენტების გაზომვის შესახებ. ეს იმას ნიშნავს, რომ ყველა ელემენტი უნდა იქნეს გაზომილი სპეციალური მზომი ხელსაწყოების გამოყენებით. ჯერჯერობით შეგვიძლია შემოვიფარგლოთ მზომი სახაზავით (სასურველია ლითონის) და მზომი ფარგლით. სხვა, უფრო რთულ შემთხვევებზე მოგვიანებით გვექნება საუბარი;

5) შესრულებული ნახაზის ანალიზი. 48-ე სურათზე ნაჩვენები ორი გამოსახულების ერთმანეთთან შედარებით იოლად მივალთ იმ დასკვნამდე, რომ პირველი გაცილებით თვალსაჩინოა ვიდრე მეორე, მაგრამ მეორე გაცილებით იოლი ასაგებია ვიდრე პირველი. ამის გამო, პრაქტიკული მიზნებიდან გამომდინარე, უპირატესობა მეორეს აქვს მიკუთვნებული, თუმცა გარკვეული ვარჯიშის შემდეგ ამგვარი გამოსახულებაც ისევე თვალსაჩინო ხდება, როგორც პირველი. სწორედ, ასეთი ვარჯიშის ჩატარებას გულისხმობს ამ ორი გამოსახულების ერთობლივი ჩვენება და შესრულებული სამუშაოს ანალიზიც მათ ურთიერთშედარებაზეა დამყარებული. ანალიზი კი ნიშნავს მოცემული ფიგურის ყოველი ელემენტის გასინჯვას შემდეგი თვალსაზრისით: ყოველი ხედი უნდა წარმოადგენდეს მოცემული ფიგურის უკლებლივ, ყველა ელემენტის გეგმილების ერთობლიობას. ამის საილუსტრაციოდ გამოდგება A წვეროს მოძებნა სამივე გეგმილთა სიბრტყეში. ანალოგიურად უნდა გავაანალიზოთ ყველა წვეროს, წიბოსა და წახნაგის გეგმილების არსებობა ნახაზზე. ამასთან ყურადღება უნდა მიექცეს იმასაც, თუ რომელი ელემენტი, რომელ გეგმილთა სიბრტყეზეა დაუმახინჯებლად ასახული. მომავალში საქმე გაგიადვილდებათ, თუ მოცემულ მარტივ მაგალითში დეტალურად გაერკვევით წრფის მონაკვეთის ნამდვილი სახით ასახვის, წახნაგის დაუმახინჯებლად, წრფის მონაკვეთის წერტილზე ასახვის და წახნაგის წრფის მონაკვეთში ასახვის შემთხვევებში. მაგ., AB წიბოს ფრონტალური (A_2B_2) და ჰორიზონტალური (A_1B_1) გეგმილები მის ნამდვილ სიდიდეს გამოსახავენ, ხოლო პროფილურში ეს წიბო მაქსიმალურად დამახინჯდება და მთლიანად A_3=B_3 წერტილშია ასახული. ABCD წახნაგის ფრონტალური გეგმილი ($A_2B_2C_2D_2$) ანუ წინა ხედი გამოსახავს მის ნამდვილ სიდიდეს. რაც შეეხება დანარჩენს, იგი ასახულია წრფის მონაკვეთის სახით Π_1-ზე (A_1B_1=C_1D_1) და Π_3-ზე (A_3C_3=B_3D_3).

ანალოგიურად შეიძლება განხორციელდეს მოცემული ფიგურის ნებისმიერი ელემენტის მოძებნა ეპიურზე.

განვიხილოთ მეორე მაგალითი (სურ. 49-50), რომელიც განხილული მაგალითის ანალოგიურია და აქაც თვალსაჩინო გამოსახულების მიხედვით ფიგურის ნახაზის შესრულება მოითხოვება. მიუხედავად ამისა, ამ მაგალითში არის ზოგიერთი სიახლე, რაზეც ქვემოთ გვექნება საუბარი.



სურ.49

1) *ხედების შერჩევა.* მოცემულ ფიგურას სიმეტრიის ერთადერთი სიბრტყე (β) აქვს. ხედების შერჩევის დროს, აღებულ შემთხვევაში, სასურველია, თუ β-ს Π_1-სა და Π_2-ის მიმართ მაგეგმილებელ მდებარეობაში ავიღებთ. ამით Π_2-ზე მოცემული ფიგურა სწორედ იმ მხრიდან აისახება, საიდანაც იგი ყველაზე დამახასიათებლად ჩანს. ამასთან, სიმეტრიის ღერძი X ღერძის პერპენდიკულარული იქნება და იგი ფრონტალურ და ჰორიზონტალურ გეგმილებსაც სიმეტრიულ ნაწილებად გაყოფს (49-ე სურათზე მთავარი ხედი მითითებულია ისრით).

2) *მასშტაბის შერჩევა.* თუ ამ ნახაზის შესრულებასაც 297×210 ფორმატის ფურცელზე გადავწყვეტთ, მაშინ მოცემული ზომების შემოწმებით იოლად მივალთ იმ მოსაზრებამდე, რომ ამ შემთხვევაში საჭიროა 1:2 მასშტაბის გამოყენება.

3) *ნახაზის შესრულება.* სახაზავი ფართი გავყოთ ოთხ ნაწილად. ფრონტალური და ჰორიზონტალური გეგმილების (ხედების) ადგილას გავავლოთ სიმეტრიის ღერძი და დავიწყოთ ნახაზის შესრულება. მოცემულ შემთხვევაში, ხედების განლაგების არჩეული ვარიანტიდან გამომდინარე, უმჯობესია ჯერ ავაგოთ ზედა ხედი (სურ.50).

ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ ფიგურის შემადგენელი პრიზმა და პირამიდა განსაზღვრულია ფუძითა და სიმაღლით. სახელდობრ, პრიზმის ფუძე, რომელიც წესიერი ექსვსკუთხედია, მოცემულია მასზე შემოხაზული წრეწირის დიამეტრით, ხოლო პირამიდისა, რომელიც წესიერი ხუთკუთხედია, მოცემულია ამ ხუთკუთხედზე შემოხაზული წრეწირის დიამეტრით.

აქ, საყურადღებოა გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ფიგურის განლაგება, საქმე ისაა, რომ ამ არჩევანმა განაპირობა ორივე ფუძის Π_1-ზე დაუმახინჯებლად ასახვა და ზედა ხედის აგების დაყვანა მოცემულ წრეწირში წესიერი ექვსკუთხედისა და ხუთკუთხედის ჩახაზვაზე.

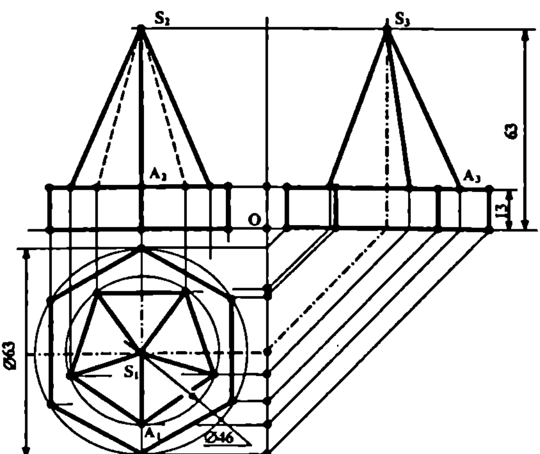
ზედა ხედის აგების შემდეგ ძნელი არ არის წინა და გვერდითი ხედების აგება. ნახაზის შემოვლებისას კი გათვალისწინებულია ხილვადობის პირობითო-

ბა. აქ, ორი შემთხვევაა საყურადღებო. ერთი, როცა ხილვადი და უხილავი წიბოები ერთმანეთს ემთხვევა და მეორე, როცა ასეთი დამთხვევა არ ხდება.

პირველ შემთხვევაში უპირატესობა ხილვად წიბოს ეძლევა და იგი შესაბამის ხედში ხილვადი კონტურის ხაზით იხაზება (50-ე სურათზე ნაჩვენებ მაგალითში ყველა შემთხვევა ასეთია), ხოლო მეორეში - უხილავი წიბო შესაბამისად უხილავი კონტურის ხაზით (წყვეტილი) იხაზება (50-ე სურათზე ასეთი შემთხვევა ნაჩვენები არ არის და ამაზე მოგვიანებით შევჩერდებით). ამავე ნახაზში საყურადღებოა ის შემთხვევა, როცა წიბო სიმეტრიის ღერძების თანხვედენილია (სურ.50; SA წიბო წინა და ზედა ხედში). ყველა ასეთ შემთხვევაში უპირატესობა ხილვად კონტურს ენიჭება.

4) *ზომების დასმა.* მოცემული ფიგურის გაზომვისათვის საკმარისია სულ ოთხი ზომის ცოდნა. ესაა პრიზმისა და პირამიდის ფუძეების განმსაზღვრელი წრეწირების დიამეტრები (შესაბამისად 65 და 46) და სიმაღლეები (შესაბამისად 13 და 50). 50-ე სურათიდან ჩანს, რომ პირამიდის სიმაღლე მითითებული არ არის. აქ მითითებულია ფიგურის საერთო სიმაღლე (63). პირამიდის სიმაღლე კი, ასეთ შემთხვევაში, აგებით გამოდის და მისი ნახაზზე ჩვენება, როგორც ჭარბი ზომისა, საჭირო აღარ არის.

5) *შესრულებული ნახაზის ანალიზი.* როგორც განხილულ შემთხვევაში (სურ.48), აქაც ნახაზის ანალიზი ნიშნავს იმის შემოწმებას, თუ ფიგურის ყოველი გეგმილი რამდენად არის ფიგურის ყოველი ელემენტის (წვერო, წიბო, წახნაგი) გეგმილების ერთობლიობა. გთხოვთ ამ თვალსაზრისით თვითონვე შეამოწმოთ 50-ე სურათზე ნაჩვენები ნახაზი და დარწმუნდეთ მის სისრულეში, როგორც დაგეგმილების, ასევე გაზომვის თვალსაზრისით.



სურ.50

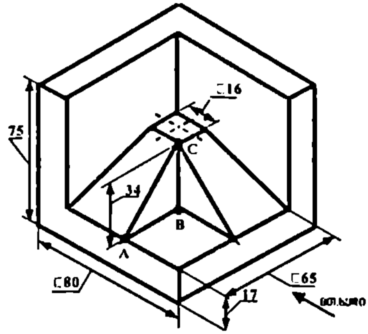
6) *ნახაზის მიხედვით მოცემული ფიგურის ზედაპირის განფენა სიბრტყეზე და მაკეტის დამზადება.* თქვენ უკვე იცით პრიზმის (სურ.45) და პირამიდის (სურ.47) ზედაპირების განფენა სიბრტყეზე. მოცემ-ულ შემთხვევაში განფენისათვის საჭირო ყოველ ელემენტს - პრიზმის ფუძეებსა (ზედა და ქვედა) და სიმაღლეს უშუალოდ ნახაზიდან აიღებთ. სახელდობრ, პრიზმის ფუძეები ზედა ხედშია ასახული დაუმახინჯებლად, ხოლო სიმაღლე წინა ხედში. ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ ყოველი წახნაგის სიგანე ფუძის შესაბამისი გვერდის ჰორიზონტალური გეგმილით გაიზომება. პირამიდის განფენისათვის საჭირო ზოგიერთი ზომის აღება ნახაზიდან შეიძლება. სახელდობრ, ფუძე ზედა ხედშია დაუმახინჯებლად ასახული, ხოლო S_3A_3 გეგმილი მოცემული პირამიდის ერთ-ერთი წიბოს სიგრძეს ზომავს, ვინაიდან მოცემული პირამიდის ხუთი წიბოდან მხოლოდ ეს ერთია Π_3-ის პარალელური და შესაბამისად ამ გეგმილთა სი-ბრტყეზე დაუმახინჯებლადაა ასახული. დანარჩენი ოთხი კი, სამივე გეგმილთა სიბრტყისადმი ზოგადადაა განლაგებული და ამის გამო, არც ერთი გეგმილი მათ ნამდვილ ზომას არ გამოსახავს. მიუხედავად ამისა, მათი გაზომვა ამ შემთხვევა-ში მაინც არ მოგიწევთ. საქმე ისაა, რომ მოცემული პირამიდა წესიერია და მისი ყოველი წიბო (შესაბამისად ყოველი წახნაგი) კონგრუენტული ფიგურაა.

განვიხილოთ კიდევ ერთი ტიპური მაგალითი (სურ.51).

თქვენ ალბათ უკვე შენიშნეთ, რომ ჩვენ მიერ განხილული ყოველი ახალი მაგალითი თითქმის მთლიანად შეიცავს წინა მაგალითის მონაცემებს, რასაც ემატება ახალი მაგალითისათვის დამახასაითებელი ზოგიერთი სიახლე. ასე, რომ ყოველი მაგალითის შესრულების მიზნობრივი დანიშნულება, ახალი მასალის შესწავლის პარალელურად, ძველის გამეორებასაც გულისხმობს.

1) *ხედების შერჩევა.* როგორც 51-ე სურათიდან ჩანს, მოცემული ფი-გურის ორი ხედი აბსოლუტურად იდენტურია. მიუხედავად ამისა, ჩვენ მთავარ ხედად აღებულ შემთხვევაში უნდა ავირჩიოთ სურათზე ისრით ნაჩვენები ვარი-ანტი. საქმე ისაა, რომ, თუ ჩვენ მთავარ ხედად ავირჩევთ იმას, რაც სურათზე მარცხენა გვერდის ხედად არის მიჩნეული, მაშინ მარცხენა გვერდხედში ფი-გურის კონტურის მნიშვნელოვანი ნაწილი გამოვა უხილავი, რასაც ჩვეულებრივ, თუ რაიმე სხვა პირობებით არ ვიქნებით შეზღუდული, ნახაზის შესრულებაში უნდა მოვერიდოთ. თუ ამის გათვალისწინებით გავაანალიზებთ ჩვენ არჩევანს, ადვილად დავასკვნით, რომ ამ შემთხვევაში ნახაზზე უხილავი კონტურის ხაზე-ბის ჩვენება საერთოდ არ იქნება საჭირო.

განსახილველ მაგალითში კიდევ ერთი, საყურადღებო სიახლეა ჩართული. სახელდობრ, ხედები ისეა შერჩეული, რომ ფიგურის სიმეტრიის ერთადერთი სიბრტყე (გთხოვთ ამ სიბრტყის მდებარეობა თვითონვე მიაკვლიოთ სურათზე!) არც ერთი გეგმილის სიბრტყის პარალელური არ არის. ასეთი მოქმედება გამა-რთლებულია, რადგან სიმეტრიის სიბრტყის, ვთქვათ, Π_1 და Π_2 სიბრტყეებთან პარალელობის შემთხვევაში ირღვევა ე.წ. ზომვადობის პირობა და აღნიშნულ



სურ.51

გეგმილთა სიბრტყეებზე ფიგურის მრავალი ელემენტი (გარდა სიმაღლეებისა), თავის კონ-გრუნეტულ ფიგურაზე ასახული არ იქნება.

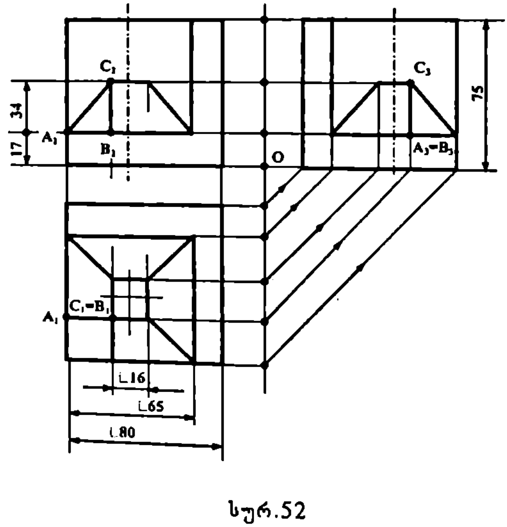
ამრიგად, ზემოთ მოყვანილი მსჯელობიდან დავრწმუნდით, რომ განსახილველი ფიგური-სათვის რაციონალურია 51-ე სურათზე მოცემუ-ლი ვარიანტი.

2) *მასშტაბის შერჩევა.* მოცემული მაგალითი შესაძლოა შესრულდეს როგორც 297×210, ასევე 297×420 ფორმატის სახ-აზავ ფურცელზე. პირველ შემთხვევაში რე-კომენდებულია 1:1, ხოლო მეორეში 2:1 მასშტაბის გამოყენება.

3) *ნახაზის შესრულება.* მოცემულ შემთხვევაში ნახაზის აგება შეიძლე-ბა დავიწყოთ, როგორც ზედა ხედის, ასევე მთავარი ხედის აგებიდან, გვერდითი ხედის აგება ნახაზზე მითითებულია ისრებით და დამატებით განმარტებებს არ საჭიროებს (სურ.52).

4) *ზომების დასმა.* აქ ეს საკითხი ადრე განხილულის ანალოგიურია, მაგრამ დამატებით საყურადღებოა ფიგურის ერთ-ერთი ელემენტის, სახელდობრ, წაკვეთილი პირამიდის ზედა და ქვედა ფუძის (კვადრატების) ზომის აღნიშვნა სპეციალური პირობითი ნიშნის გამოყენებით.

დააკვირდით და დაიხსომეთ, რომ აქაც, ფიგურის ყოველი ელემენტი გაზო-მილია ერთხელ; ნახაზზე გაზომილი არ არის ის ელემენტები, რომლებიც აგებით

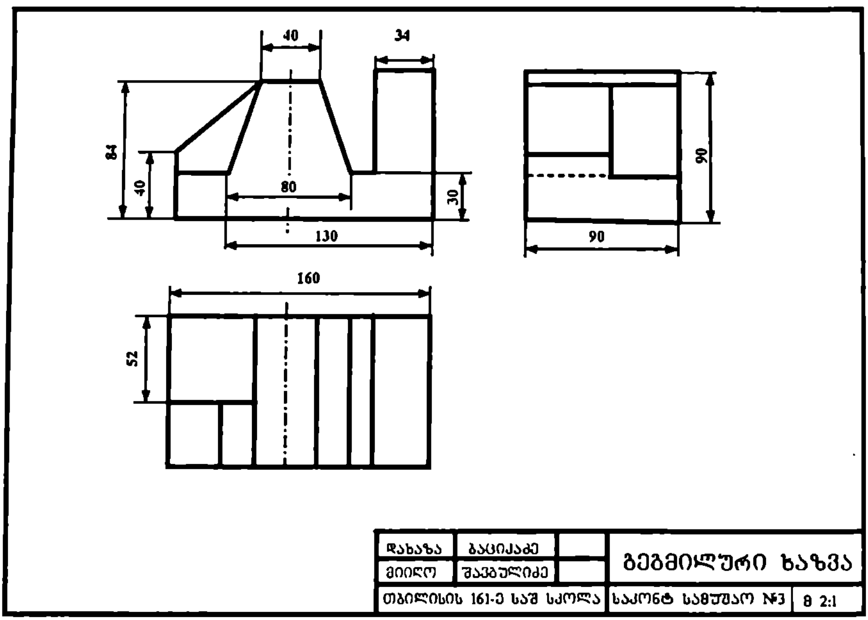


სურ.52

მიიღება. ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ პირამიდის ფუძეები გაზომილია იმ ხედში, რომელშიც ისინი თავის კონგრუენტულ ფიგურებზე, კვადრატებზე აისახება.

- 5) *შესრულებული ნახაზის ანალიზი.* ამაში დაგეხმარებათ თვით ფიგურის ანალიზი, რომელიც ხედების შერჩევის დროს ჩაატარეთ. ნახაზის დამთავრების შემდეგ გადასინჯეთ ყოველი ხედი და იხელმძღვანელეთ ადრე ჩამოყალიბებული წესით: ყოველი ხედი უნდა წარმოადგენდეს ფიგურის ყოველი ელემენტის გეგმილების ერთობლიობას. მაგალითისათვის შევამოწმოთ ABC მართკუთხა სამკუთხედი. Π_2-ზე იგი ასახულია თავის კონგრუენტულ სამკუთხედზე ($ABC=A_2B_2C_2$). Π_1-ზე – AB, ხოლო Π_3-ზე BC კათეტზე. ეს იმით არის გამოწვეული, რომ $\Delta ABC \parallel \Pi_2$, $BC \perp \Pi_1$, ხოლო $AB \perp \Pi_3$.

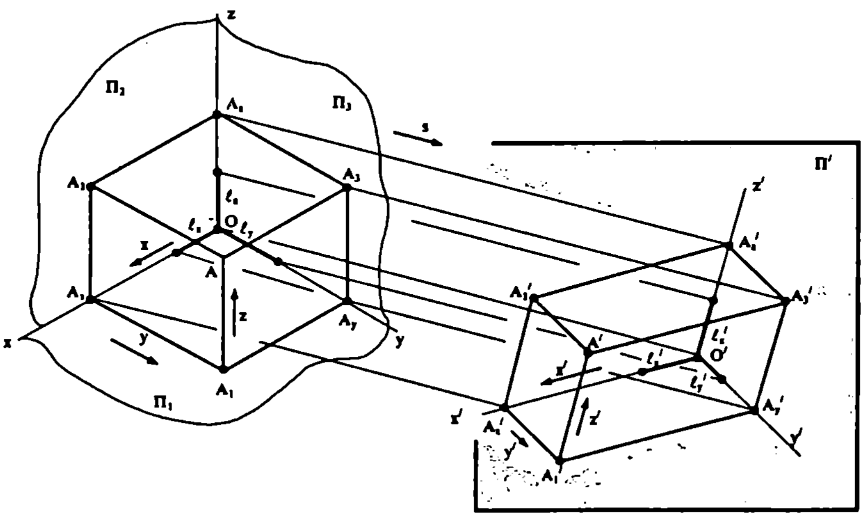
მკითხველს ვთხოვ დეტალურად განიხილოს 53-ე სურათზე ნაჩვენები მაგალითი. იგი შესაძლოა მიჩნეულ იქნეს, როგორც განვლილი მასალის შემაჯამებელი ნიმუში.



სურ.53

14. ერთ სიბრტყეზე სივრცის შექცევადი ასახვის აქსონომეტრიული მეთოდი

ზემოთ (იხ. მე-8 პუნქტი), როცა ჩვენ პირველად შევეხეთ ნახაზის შექცევადობის პირობას, ადვილად მივედით იმ დასკვნამდე, რომ ერთი გეგმილით წერტილის განსაზღვრა სივრცეში შეუძლებელია (სურ.33-1) და საჭიროა დაგეგმილების რაღაც სხვა სქემების მოძებნა, რომელიც ცალსახად იქნება გადაჭრილი დაგეგმილების, როგორც პირდაპირი (მოცემულია ობიექტი და ვეძებთ მის გეგმილს), ასევე შებრუნებული (მოცმეულია გეგმილი და ვეძებთ თვით ობიექტს) ამოცანა. ეს პრობლემა მაშინ, მონჟის სისტემის მაგალითზე გადავწყვიტეთ (სურ. 33-4). შემდგომ ამ სისტემის პრაქტიკაში გამოყენების მაგალითებით დავრწმუნდით, რომ მიუხედავად მრავალი სხვა დადებითი თვისებისა, მონჟის ეპიურზე მიღებული გამოსახულება ნაკლებად თვალსაჩინოა და გამოსახულების მთლიანად და თვალსაჩინოდ დანახვისათვის სპეციალური გავარჯიშებაა აუცილებელი, რისთვისაც დიდი დრო და შრომატევადი მუშაობის გაწევაა საჭირო. ამის გამო ხაზვაში შეისწავლება მონჟის სისტემისაგან განსხვავებული სხვა მეთოდიც, რომელიც ერთ სიბრტყეზე სივრცის შექცევადი ასახვის აქსონომეტრიული მეთოდის სახელითაა ცნობილი. აქსონომეტრია ბერძნული სიტყვაა და ქართულად ღერძებზე ზომვას ნიშნავს. ამ მეთოდის რთული და ერთობ საინტერესო შინაარსი ნაკლებად ეთანადება მის დასახელებას, მაგრამ ეს სახელი მას, როგორც კლასიკურ მეთოდს, ისტორიულად შემორჩა და გარდაქმნის მცდელობას სადღეისოდ აზრი არა აქვს.



სურ.54

აქსონომეტრია, საზოგადოდ დამოუკიდებელი, თავისი თეორიისა და პრაქტიკის მქონე დაგეგმილების მეთოდია, მაგრამ ხაზვის კურსში მისი შეტანის მიზანი ისაა, რომ მონჟის სისტემის ის ერთადერთი ნაკლი, რაც მის ნაკლებთვალსაჩინოებაში გამოიხატება, იქნეს კომპენსირებული მონჟის ეპიურისა და აქსონომეტრიის ერთობლივი გამოყენების საშუალებებით. ამიტომ, ჩვენ, აქსონომეტრიას მონჟის სისტემაზე დაყრდნობით განვიხილავთ.

1) *აქსონომეტრიის გეომეტრიული არსი.* განვიხილოთ 33-4 სურათი და გავარჩიოთ იგი ახლებური ინტერპრეტაციით (სურ.54), სახელდობრ, უცვლელად შემოვიტანოთ მონჟის სისტემის გეომეტრიული სქემა ანუ წერტილის სამ ურთიერთპერპენდიკულარულ გეგმილთა სიბრტყეზე ორთოგონალური დაგეგმილების ამსახველი სურათი და შევავსოთ იგი კოორდინატული მეთოდით. ეს იქნება დაგეგმილებისა და კოორდინატული მეთოდების სინთეზი. ამისათვის გავზომოთ $[OA_X]$, $[A_XA_1]$, $[A_1A]$ და ყოველი მათგანი აღვნიშნოთ x, y და z სიმბოლოებით, ზუსტად ისე, როგორც ეს დეკარტეს მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაშია. სახელდობრ, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ სივრცის ნებისმიერ A წერტილს ცალსახად უკავშირდება რიცხვთა სამეული (x,y,z) და ამ მონაცემებით იგი ცალსაცად განსაზღვრულია მოცემული სისტემის მიმართ.

ტერმინოლოგიის დასაზუსტებლად შევნიშნოთ, რომ იმ ელემენტებს, რომლებსაც მონჟის სისტემაში გეგმილთა სიბრტყეები (Π_1, Π_2, Π_3) და გეგმილთა ღერძები (OX, OY, OZ) ვუწოდეთ, დეკარტეს მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში, შესაბამისად საკოორდინატო სიბრტყეები ($OXY=\Pi_1$, $XOZ=\Pi_2$, $ZOY=\Pi_3$) და ღერძები (OX, OY, OZ) ეწოდება. კოორდინატული მეთოდით შევსებულ მონჟის სისტემას მონჟის კოორდინირებული სისტემა ეწოდება, ხოლო აქედან მიღებულ ეპიურს - მონჟის კოორდინირებული ეპიური.

ავირჩიოთ ნებისმიერი Π' სიბრტყე $s \nparallel \Pi'$ დაგეგმილების მიმართულება და ჩვენთვის უკვე ცნობილი გზით (სურ.33-1) ავაგოთ მოცემული სისტემისა და მასთან მიკუთნებული A წერტილის (სურ.54) პარალელური გეგმილი Π' სიბრტყეში (სურ.54).

O_{XYZ} სისტემას კოორდინატთა ნატურალური ბაზისი ვუწოდოთ, ხოლო OA_XA_1A ტეხილს – საკოორდინატო ტეხილი. თუ ამ ტეხილის მონაკვეთებს **e** ზომის ერთეულით ანუ ნატურალური მასშტაბით გავზომავთ, მივიღებთ A წერტილის ნატურალურ კოორდინატებს, სახელდობრ:

$$X=\frac{[OA_X]}{e};\quad Y=\frac{[A_XA_1]}{e};\quad Z=\frac{[A_1A]}{e}.$$

Π' სიბრტყეში O_{XYZ} სიბრტყეში დაგეგმილების შედეგად მიიღება $O'_{X'Y'Z'}$ ნატურალური სისტემის გეგმილი ანუ აქსონომეტრიული ბაზისი. ამასთან A' – მოცემული A წერტილის, ხოლო $A'A_X{}'A'_1A'$ ტეხილი – AA_XA_1A ტეხილის გეგმილი იქნება. ცხადია, ნატურალური მასშტაბის გეგმილებიq სათანადო ღერძებზე განლაგდება. მათ შესაბამისად e'_X, e'_Y და e'_Z სიმბოლოებით აღნიშნავენ.

A' გეგმილს მოცემული A წერტილის აქსონომეტრიული გეგმილი, მოკლედ აქსონომეტრია ეწოდება, ხოლო A_1' გეგმილს (მიიღება A_1-ის Π'-ში დაგეგმილებით) - მეორეული გეგმილი. შესაბამისად $O'A_X'A_1'A'$ ტეხილს აქსონომეტრიული საკოორდინატო ტეხილი ეწოდება, ხოლო $[O'A_X']$, $[A_X'A_1']$, $[A_1'A']$ მონაკვეთებს – აქსონომეტრიული საკოორდინატო მონაკვეთები, e ნატურალური მასშტაბის $(e_x e_y e_z)$ e' გეგმილს $(e_x'e_y'e_z')$ აქსონომეტრიული მასშტაბი ეწოდება. საზოგადოდ $e_x' \neq e_y' \neq e_z'$, რაც იმას ნიშნავს, რომ აქსონომეტრიის ყოველ ღერძს, ზოგად შემთხვევაში თავისი აქსონომეტრიული მასშტაბი აქვს.

A წერტილის აქსონომეტრია (A') მაშინ შეიძლება მიჩნეულ იქნეს განსაზღვრულად, როცა A'-თან ერთად ცნობილია ზემოთ აღნიშნული მეორეული გეგმილი (A_1') და დაცულია პირობა – $[A_1'A'] \| Z'$. მართლაც, მხოლოდ ანასახების A' და A_1' წყვილის არსებობის შემთხვევაშია შესაძლებელი A_1'-ზე Y'-ის პარალელური წრფის გავლება, ამ უკანასკნელის X'-თან თანკვეთის A_X' წერტილის დანიშვნა და შესაბამისად $O'A_X'A_1'A'$ ტეხილის განსაზღვრა.

54-ე სურათზე ნაჩვენები A_2' და A_3' წერტილები A წერტილის A_2 და A_3 გეგმილების აქსონომეტრიული გეგმილებია. შევნიშნოთ, რომ საჭიროების შემთხვევაში ნებისმიერ მათგანს შეუძლია შეასრულოს მეორეული გეგმილის ფუნქცია. აქედან ცხადია, რომ A წერტილის აქსონომეტრიული გეგმილის (A') დაწყვილება ერთ-ერთ მეორეულ გეგმილთან ან მეორეული გეგმილების ერთ-ერთი წყვილი, ცალსახად განსაზღვრავს აღებული წერტილის აქსონომეტრიის აგებისათვის საჭირო საკოორდინატო ტეხილს.

თუ e ნატურალური მასშტაბით გავზომავთ აქსონომეტრულ საკოორდინატო მონაკვეთებს, მივიღებთ მოცემული წერტილის აქსონომეტრულ კოორდინატებს, სახელდობრ:

$$X' = \frac{[O'A'_X]}{e};\ Y' = \frac{[A'_X A'_1]}{e};\ Z' = \frac{[A'_1 A']}{e}.$$

შევნიშნოთ, რომ ერთი და იმავე წერტილის ნატურალური და აქსონომეტრიული კოორდინატები ერთმანეთისაგან განსხვავდება.

დაუმტკიცებლად მოვიყვანოთ პარალეური გეგმილების ერთი თვისება: პარალელურ წრფეებში (ან ერთ წრფეში) მდებარე მონაკვეთების შეფარდება ამ მონაკვეთების გეგმილების შეფარდების ტოლია.

მოყვანილი თვისების თანახმად ნატურალური საკოორდინატო მონაკვეთები და ნატურალური მასშტაბები Π' სიბრტყეში მათი ასახვის შემდეგ, ერთი გარკვეული ღერძის მიმართულებით ერთნაირად მახინჯდება. აქედან, აქსონომეტრიული მასშტაბებით $(e_x'e_y'e_z')$ შესაბამისი აქსონომეტრიული საკოორდინატო მონაკვეთების $[O'A_X']$, $[A_X', A_1']$, $[A_1'A']$ გაზომვა, მოცემული წერტილის (A) ნატურალური კოორდინატების განსაზღვრის შესაძლებლობას იძლევა, სახელდობრ,

$$X = \frac{[O'A'_X]}{e'_x};\ Y = \frac{[A'_X A'_1]}{e'_y};\ Z = \frac{[A'_1 A']}{e'_z}.$$

2) *დაგეგმილების კოეფიციენტი.* ერთი და იმავე ნატურალური ერთეულის (e) შემთხვევაში, აქსონომეტრიული და ნატურალური კოორდინატების ფარდობას დაგეგმილების კოეფიციენტს (ზოგჯერ დამახინჯების მაჩვენებელს) უწოდებენ და შესაბამისად k_x, k_y, k_z სიმბოლოებით აღნიშნავენ. აქედან შეგვიძლია დავწეროთ:

$$k_x = \frac{X'}{X} = \frac{[O'A'_X]}{[OA_X]};$$

$$k_y = \frac{Y'}{Y} = \frac{[A'_X A'_1]}{[A_X A_1]};$$

$$k_z = \frac{Z'}{Z} = \frac{[A'_1 A']}{[A_1 A]}.$$

პრაქტიკაში აქსონომეტრიულ საკოორდინატო მონაკვეთებს ნატურალური მასშტაბით (e) ზომავენ. ამის გამო, აქსონომეტრიის აგება შეიძლება განხორციელდეს არა აქსონომეტრიული მასშტაბების გამოყენებით, არამედ დაგეგმილების მოცემული კოეფიციენტების მიხედვით.

მაგალითად, A წერტილის აქსონომეტრიის ასაგებად მას აკუთვნებენ ნატურალურ კოორდინატებს. ამის შედეგად, დაგეგმილების კოეფიციენტების მეშვეობით, იოლად განისაზღვრება აქსონომეტრიული კოორდინატები:

$$X' = k_X \cdot X;$$

$$Y' = k_Y \cdot Y;$$

$$Z' = k_Z \cdot Z.$$

თუ ცნობილია აქსონომეტრიული კოორდინატები, მაშინ, დაგეგმილების კოეფიცინეტების მეშვეობით ცალსახად განისაზღვრება მოცემული წერტილის ნატურალური კოორდინატები:

$$X = \frac{X'}{k_x}; \; Y = \frac{Y'}{k_y}; \; Z = \frac{Z'}{k_z}.$$

3) *აქსონომეტრიის სახეები.* დაგეგმილების კოეფიციენტების სიდიდეთა ტოლობის მიხედვით არჩევენ სამი სახის აქსონომეტრიას:

1) ტრიმეტრიას - როცა $k_x \neq k_y \neq k_z$;
2) დიმეტრიას - როცა $k_x = k_y \neq k_z$;
3) იზომეტრიას - როცა $k_x = k_y = k_z$.

დაგეგმილების s მიმართულების Π' სიბრტყესთან დახრის კუთხის (φ) მიხედვით აქსონომეტრია შეიძლება იყოს მართკუთხა ანუ ორთოგონალური (როცა $\varphi = 90^0$) და ირიბკუთხა (როცა $\varphi \neq 90^0$).

4) *პოლკეს თეორემა.* ნატურალურ და აქსონომეტრიულ ბაზისებს შორის დამოკიდებულების ჩვენთვის საინტერესო ასპექტში გარკვევისათვის დაუმტკიცე-

ბლად განვიხილოთ აქსონომეტრიის ერთ-ერთი ძირითადი დებულება, რომელიც პოლკეს თეორემის სახელით არის ცნობილი. ამ თეორემის მიხედვით აქსონომეტრიული ბაზისი ნებისმიერად შეიძლება იყოს შერჩეული. ეს იმას ნიშნავს, რომ სივრცეში ყოველთვის შეიძლება შეირჩეს ნატურალური მართკუთხა კოორდინატთა სისტემის ისეთი მდებარეობა, ნატურალური მასშტაბების ისეთი ზომა, აგრეთვე დაგეგმილების ისეთი მიმართულება, რომ ნებისმიერი აქსონომეტრიული ბაზისი აღმოჩნდეს ნატურალურ კოორდინატთა ბაზისის პარალელური გეგმილი. ცხადია, აქ უნდა გამოირიცხოს ის შემთხვევა, როცა აქსონომეტრულ ბაზისში ღერძები ურთიერთშეთავსებადი გამოდის. შევნიშნოთ, რომ აქსონომეტრიული მასშტაბები შესაძლოა მოცემული იყოს ნებისმიერად, მაგრამ იგივე არ ვრცელდება დაგეგმილების კოეფიციენტზე. საქმე ისაა, რომ აღნიშნული კოეფიციენტები დაგეგმილების კუთხეზეა დამოკიდებული, რაც განტოლებით (მოგვყავს დაუმტკიცებლად) გამოისახება ასე:

$$k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = 2 + ctg^2\varphi\,.$$

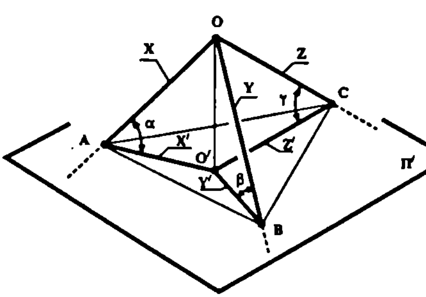
ორთოგონალური აქსონომეტრიისათვის, როცა $\varphi=90^0$ და შესაბამისად $ctg90^0=0$ მოყვანილი განტოლება შემდეგ სახეს იღებს:

$$k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = 2\,.$$

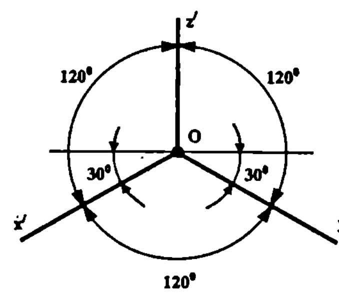
5) *სტანდარტული აქსონომეტრიული სისტემები.* აქსონომეტრიის სახეების სიმრავლიდან პრაქტიკაში გამოსაყენებლად მხოლოდ ხუთია რეკომენდებული. ესენია: ორთოგონალური იზომეტრია, ორთოგონალური დიმეტრია, ირიბკუთხა ფრონტალური დიმეტრია, ირიბკუთხა ფრონტალური იზომეტრია და ირიბკუთხა ჰორიზონტალური იზომეტრია.

ჩვენი პროგრამიდან გამომდინარე, დავინტერესდეთ ორთოგონალური იზომეტრიით და ირიბკუთხა ფრონტალური დიმეტრიით.

6) *ორთოგონალური იზომეტრია და ფრონტალური დიმეტრია.* ავიღოთ საერთო სათავის მქონე (O) სამი ურთიერთპერპენდიკულარული წრფე (xyz) და გადავკვეთოთ Π' სიბრტყით ისე, რომ ყოველი წრფე ამ სიბრტყისადმი ერთნაირად იყოს დახრილი (სურ.55). ავაგოთ O-სათვის ორთოგონალური გეგმილი (O') Π' სიბრტყეში. დავნიშნოთ Π'-თან წრფეთა თანკვეთის წერტილები



სურ.55



სურ.56

(A,B,C) და მიმდევრობით შევაერთოთ. O შევაერთოთ ΔABC-ს წვეროებთან და შემაერთებელი წრფეები შესაბამისად x', y' და z' სიმბოლოებით აღვნიშნოთ.

თუ მოვიჩნევთ, რომ O_{XYZ} სისტემა არის კოორდინატთა ნატურალური ბაზისი, მაშინ $O'_{X'Y'Z'}$ სისტემა, რომელიც შესაძლოა განხილულ იქნეს, როგორც O_{XYZ}-ის ორთოგონალური გეგმილი Π' სიბრტყეში, აქსონომეტრიული ბაზისი იქნება. ამასთან, იმის გამო, რომ $\alpha=\beta=\gamma$ (ჩვენივე დაშვებით) AO'O, BO'O და CO'O მართკუთხა სამკუთხედები ტოლია და შესაბამისად [AO']=[BO']=[CO'], შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ABC სამკუთხედი ტოლგვერდაა და მისი სიმაღლეები, რომლებიც გასაგები მიზეზით ერთმანეთთან 120^0-იანი კუთხეებითაა დაკავშირებული, შეიძლება განვიხილოთ, როგორც აქსონომეტრიის ერთ-ერთი სახის — იზომეტრიის ღერძები.

პრაქტიკული მიზნებიდან გამომდინარე ჩვეულებრივ Z' ღერძს ვერტიკალურ მდებარეობაში იღებენ. ამის გამო, დანარჩენი ორი ღერძი ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან 30^0-იანი კუთხით არის დახრილი (სურ.56).

დავინტერესდეთ ორთოგონალურ იზომეტრიაში დაგეგმილების კოეფიციენტების გამოთვლით. ჩვენ უკვე ვიცით, რომ აქსონომეტრიის ამ სახეში $k_X=k_Y=k_Z$ და $\varphi=90^0$. თუ მნიშვნელობებს შევიტანთ ორთოგონალური აქსონომეტრიის ძირითად ფორმულაში ($k_x^2+k_y^2+k_z^2=2$)მივიღებთ:

$3k_x^2=2$, აქედან

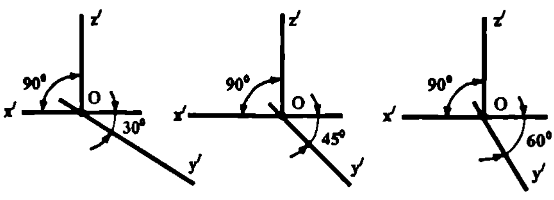
$$k_x^2=\sqrt{\frac{2}{3}}\approx 0{,}82.$$

პრაქტიკაში გამოიყენება ე.წ. დაყვანილი კოეფიციენტები, რაც იმას ნიშნავს, რომ 0,82 სიდიდე დამრგვალებულია ერთამდე და იზომეტრიაში:

$k_x=k_y=k_z\approx 1$

დაყვანილი კოეფიციენტების შემთხვევაში საგნის იზომეტრია ნატურალურთან შედარებით პროპორციულად 1,22-ჯერ გადიდებული გამოდის (1:0,82=1,22).

ირიბკუთხა ფრონტალურ დიმეტრიაში, გარდა იმისა, რომ დაგეგმილების კოეფიციენტი Y' ღერძის მიმართულებით განსხვავებულია დანარჩენი ორისგან, აქსონომეტრიის Π' სიბრტყეს XOZ საკოორდინატო სიბრტყის პარალელურად იღებენ. ამის გამო X' და Z' ღერძების მიმართულებით დაგეგმილების კოეფიციენ-



სურ.57

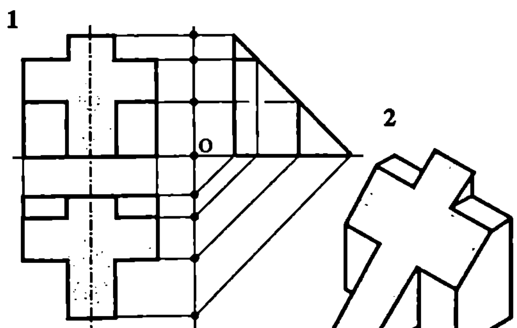
ტები ნულის ტოლია, ხოლო თვით ეს ღერძები ერთმანეთთან 90^0-იანი კუთხით არის დაკავშირებული.

პრაქტიკული მიზნებიდან გამომდინარე Z'-ს აქაც ვერტიკალურ მდებარეობაში იღებენ, რის გამოც X' ჰორიზონტალური მდებარეობით გამოდის, რაც შეეხება Y'-ს, იგი შესაძლოა ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან დახრილი იყოს 45^0, 30^0 ან 60^0-იანი კუთხეებით. არჩევანი დამოკიდებულია საგნის ფორმაზე, რაზეც ქვემოთ გვექნება საუბარი (სურ.57).

დაგეგმილების კოეფიციენტი Y'-ის მიმართულებით 0,47-ის ტოლია. ეს უკანასკნელი სიდიდე მიღებულია გამოთვლით, მაგრამ პრაქტიკაში მას ამ სახით არ იყენებენ და ამრგვალებენ 0,5-მდე.

15. მონჟის ეპიურის მიხედვით ფიგურის აქსონომეტრიის აგება

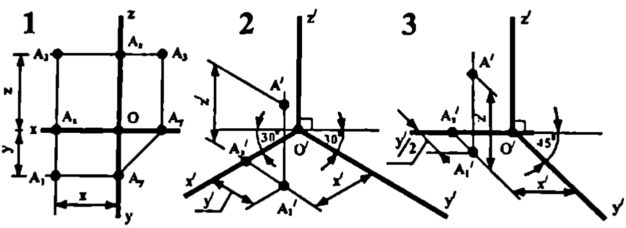
58-ე სურათზე ნაჩვენებია ფიგურის გამოსახულება მონჟის ეპიურზე (სურ.58-1) და ამავე ფიგურის ტექნიკური ნახატი ანუ აქსონომეტრია (სუ.58-2). მეორე, პირველთან შედარებით, გაცილებით თვალსაჩინოა, მაგრამ პირველის უპირატესობა, გამოსახულების აგებისა და გაზომვის თვალსაზრისით, ეჭვს არ იწვევს. უცქირო პირველს და წარმოადგინო მეორე, არც თუ ისე იოლია და როგორც ამის შესახებ ადრე უკვე შევნიშნეთ, სერიოზულ ვარჯიშს მოითხოვს. ამგვარი ვარჯიშის ერთ-ერთი გავრცელებული სახე სწორედ მონჟის ეპიურის მიხედვით აქსონომეტრიის აგებაა. საქმე ისაა, რომ მონჟის ეპიურზე მოცემული ფიგურის ნამდვილი სახე შესაძლოა დამკვირვებელმა ვერ წარმოადგინოს, მაგრამ ეპიურის მიხედვით აქსონომეტრიის აგება ფიგურის თვალსაჩინო წარმოდგენაში მას დიდად დაეხმარება. როდესაც ხაზვის, როგორც სასწავლო დისციპლინის, ერთ-ერთ ფუნქციად ადამიანში სივრცითი წარმოსახვისა და წარმოდგენის განვითარებას მიიჩნევენ, სწორედ ამგვარი ვარჯიშის შედეგად მიღწეული თვისებების გამომუშავება აქვთ მხედველობაში.



სურ.58

1) *მონჟის ეპიურისა და აქსონომეტრიის დაპირისპირება.* აქსონომეტრიის - გეომეტრიული სქემის ახსნისას, ჩვენ მიერ არჩეულ ვარიანტში, როცა აქსონომეტრია განიხილება, როგორც მონჟის სისტემისა და მასთან მიკუთვნებული დასაგეგმილებელი ობიექტების პარალელური გეგმილი, დაგეგმილების ეს ორი მეთოდი უკვე დაპირისპირებულია და ეპიურის მიხედვით აქსონომეტრიის აგების გზებსაც აქედან ეყრება საფუძველი.

59-ე სურათზე ნაჩვენებია წერტილი მონჟის ეპიურზე (სურ.59-1) და ამ უკანასკნელის მიხედვით წერტილის იზომეტრიისა (სურ.59-2) და ფრონტალური დიამეტრიის (სურ.59-3) აგების პროცესი. სამივე შემთხვევაში გამოყოფილია წერტილის განმსაზღვრელი საკოორდინატო მონაკვეთები და მათი გამოყენება დაგეგმილების დამრგვალებული კოეფიციენტების მიხედვით. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ნებისმიერი ფიგურა ეპიურზე განისაზღვრება მისი მახასიათებელი წერტილებით, მაშინ ეპიურის მიხედვით ფიგურის აქსონომეტრიის აგება ყოველთვის დაიყვანება 59-ე სურათზე ნაჩვენები სქემების მრავალჯერად გამოყენებაზე.



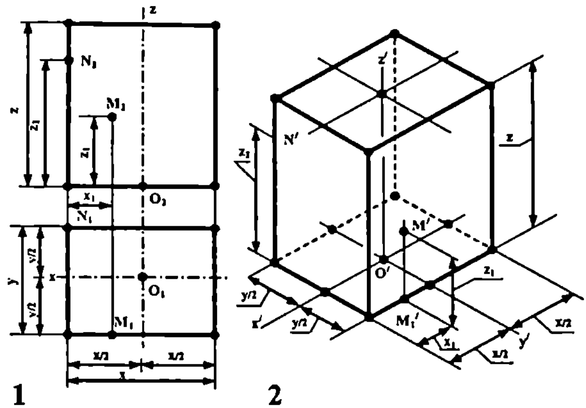
სურ.59

2) *მონჟის ეპიურზე მოცემული ფიგურის იზომეტრიის აგება.* 60-1 სურათზე ნაჩვენებია პარალელეპიპედის ორი ხედი (წინა და ზედა).

აღებულ შემთხვევაში ეს ორი მონაცემი ფიგურას მხოლოდ იმ შემთხვევაში განსაზღვრავს ცალსახად, თუ წინასწარ გვექნება ინფორმაცია, რომ აქ გამოსახულია პარალელეპიპედი. საქმე ისაა, რომ ჩვენ მომავალშიც ვიზრუნებთ ნახაზზე გამოსახულებათა რაოდენობის შემცირებაზე და საამისოდ არაერთ ნიშანს თუ დამატებით ინფორმაციას მოვიშველიებთ.

მოცემული პარალელეპიპედის იზომეტრიის ასაგებად (სურ.60-2) თავისუფალ ადგილზე დავნიშნოთ O' წერტილი, მივიჩნიოთ იგი მოცემული ფიგურის ქვედა ფუძის სიმეტრიის ღერძების თანკვეთის წერტილად, გავავლოთ მასზე იზომეტრიის ღერძები (X'Y'Z') და დავიწყოთ პარალელეპიპედის წვეროების აგება 59-2 სურათზე ნაჩვენები სქემით. ყველა წვეროს აქსონომეტრიის აგების შემდეგ შევაერთოთ ისინი იმავე თანამიმდევრობით, რა თანამიმდევრობითაცაა შეერთებული თვით ფიგურაში.

აქსონომეტრიაში, კერძოდ იზომეტრიაში, შეიძლება საგანი ერთბაშად სამი მხრიდან გამოჩნდეს. ჩვენ შემთხვევაში ხილვადია პარალელეპიპედის წინა, მარცხენა

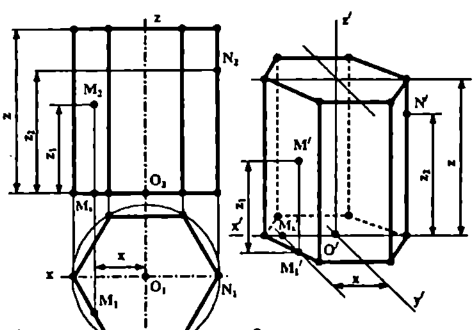


სურ.60

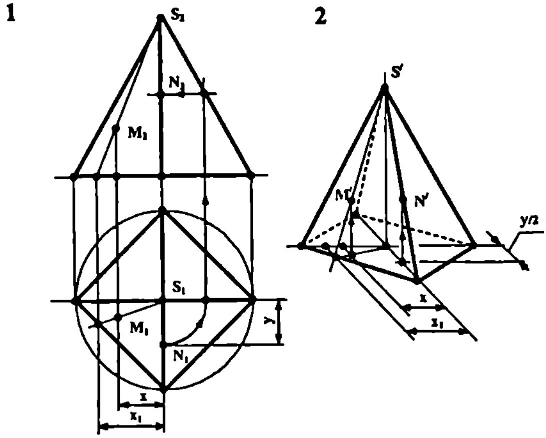
და ზედა წახნაგი. შევნიშნოთ, რომ აქსონომეტრიაში მხოლოდ ხილული კონ-ტური იხაზება და უხილავი კონტურის ჩვენებას მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევაში, გამონაკლისის წესით, მიმართავენ.

მე-60 სურათზე, პარალელეპიპედის ძირითადი ელემენტების (წვეროები, წიბოები, წახნაგები) გარდა, მისი ზედაპირის კუთვნილი წერტილების (M და N) აქსონომეტრიის აგებაც არის ნაჩვენები. ზომები მითითებულია სიმბოლოებით და მათი გამოყენება აქსონომეტრიის აგებაში დამატებით განმარტებას არ საჭიროებს.

3) *მონჟის ეპიურზე მოცემული ფიგურის ფრონტალური დიმეტრი-ის აგება.* 61-ე სურათზე ნაჩვენებია წესიერი ექვსწახნაგა პრიზმის თვალსაჩინო გამოსახულების აგება ფრონტალურ დიამეტრში, ამავე ფიგურის მონჟის ეპი-ურზე მოცემული გამოსახულების მიხედვით.



სურ.61



სურ.62

წინა მაგალითის ანალოგიურად, აქაც აგება დაყვანილია პრიზმის ცალკეული წვეროების, როგორც წერტილების აქსონომეტრიის აგებაზე უკვე ცნობილი სქემის მიხედვით (იხ.სურ.59-3). ამ სურათზეც, პრიზმის ძირითადი ელემენტების გარდა, ნაჩვენებია მისი ზედაპირის კუთვნილი ორი წერტილის (M და N) გადატანაც მონჟის ეპიურიდან ფრონტალურ დიმეტრიაში.

62-ე სურათზე ნაჩვენებია წესიერი ოთხწახნაგა პირამიდისა და მისი ზედაპრიის წერტილების ფრონტალური დიმეტრიის აგება მონჟის ეპიურის მიხედვით.

4) *საკოორდინატო სიბრტყეების პარალელური წრეწირების აქსონომეტრია.* საზოგადოდ, წრეწირის აქსონომეტრიული გეგმილი არის ელიფსი, რომლის აგებაც ჩვეულებრივ დაიყვანება ამ წრეწირის კუთვნილი წერტილების (სიმრავლე დამოკიდებულია მოთხოვნილ სიზუსტეზე) აქსონომეტრიის აგებაზე. კერძო შემთხვევაში წრეწირის აქსონომეტრია შეიძლება იყოს ამ წრეწირის დიამეტრის ტოლი წრფის მონაკვეთი (როცა წრეწირის სიბრტყე აქსონომეტრიის სიბრტყისადმი პერპენდიკულარულია) ან ამავე წრეწირის კონგრუენტული წრეწირი (როცა წრეწირის სიბრტყე აქსონომეტრიის სიბრტყის პარალელურია).

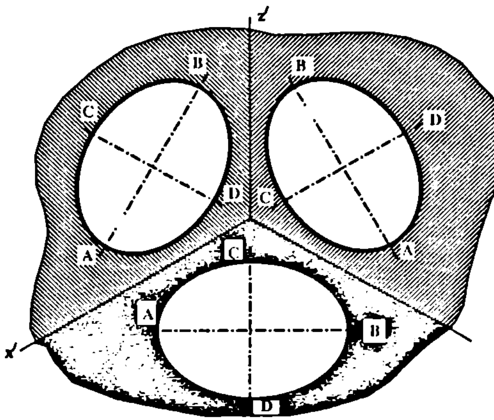
განვიხილოთ ისეთი წრეწირების იზომეტრიის აგება, რომელთა სიბრტყე რომელიმე საკოორდინატო სიბრტყის პარალელურია. წინასწარ შევნიშნოთ, რომ ასეთი მდებარეობის წრეწირის იზომეტრია არის ელიფსი, რომლის დიდი ღერძი AB პერპენდიკულარულია აქსონომეტრიის იმ ღერძისა, რომელიც მოცემული წრეწირის პარალელური საკოორდინატო სიბრტყის შექმნაში არ იღებს მონაწილეობას (სურ.63).

ორთოგონალურ იზომეტრიაში სამივე ასეთი ელიფსი ერთნაირია.

პრაქტიკაში ხშირად აღნიშნულ ელიფსებს ცვლიან მსგავსი ოვალებით. განვიხილოთ ასეთი ოვალების აგების სამი შემთხვევა, როცა მოცემული წრეწირი

განიხილება ჯერ Π_1-ის, ხოლო შემდეგ Π_2-ისა და Π_3-ის მიმართ პარალელურ სიბრტყეში მდებარე.

ვთქვათ მოცემულია R-რადიუსიანი წრეწირი (სურ.64-1) და საჭიროა ამ წრეწირის იზომეტრიის აგება, როცა მისი სიბრტყე ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყის პარალელურია.



სურ.63

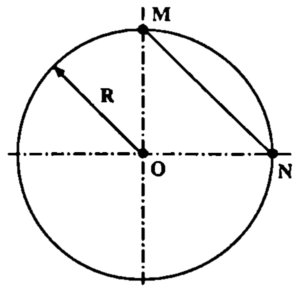
როგორც უკვე ითქვა, ამგვარი მდებარეობის წრეწირის იზომეტრია არის ელიფსი და გრაფიკული სამუშაოს შემცირების მიზნით, მიზანშეწონილია მისი შეცვლა ელიფსის მსგავსი ოვალით (სურ.64-2).

საჭიროებისამებრ აღებულ O_0 წერტილში (მონჟის ეპიურზე მოცემული წრეწირის ცენტრის იზომეტრია) გავავლოთ ასაგები ოვალის ღერძები ისე, რომ დიდი ღერძი O_0z' ღერძის პერპენდიკულარული იყოს, O_0 წერტილიდან გამოსულ, ოვალის დიდ ღერძთან 30^0-იანი კუთხით დახრილ სხივზე სათავიდან მოვზომოთ MN მონაკვეთი (მოცემულ წრეწირში ჩახაზული კვადრატის გვერდი). მიღებული A წერტილიდან დავუშვათ პერპენდიკულარები ოვალის პატარა და დიდ ღერძებზე. *OB* და *OC* მონაკვეთები მივიღოთ რადიუსებად და ცენტრიდან შემოვხაზოთ რკალები – O_0C რადიუსით პატარა და O_0B რადიუსით დიდი ღერძების გადაკვეთამდე. ამ გზით მიღებული O_1, O_2, O_3 და O_4 წერტილები იქნება გამოსახაზი ოვალის ცენტრები. მათი შეერთება, როგორც ეს 64-2 სურათზეა ნაჩვენები, მოგვცემს ოვალის შემადგენელი რკალების საზღვრებს. O_1 და O_2 ცენტრებიდან შემოსახაზი რკალების რადიუსი O_1C მონაკვეთის ტოლია, ხოლო O_3 და O_4 ცენტრებიდან შემოსახაზი რკალების რადიუსი – O_3B მონაკვე-

თის ტოლი. ამრიგად, ოვალის აგებისათვის საჭირო ყველა ელემენტი (რკალები, რადიუსები, საზღვრები და ცენტრები) მოძებნილია და მისი გამოხაზვა სიძნელეს არ წარმოადგენს.

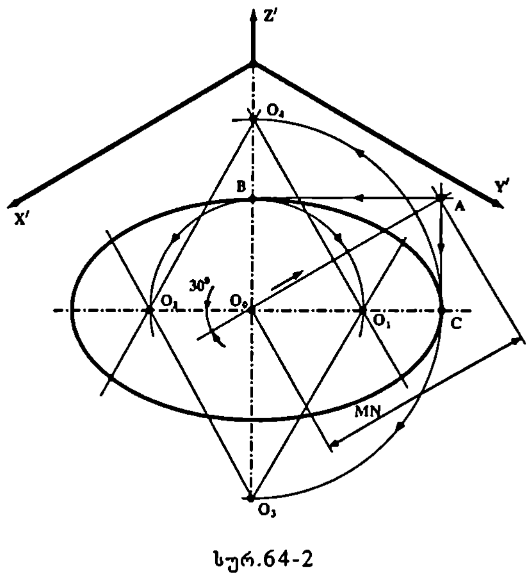
შევნიშნოთ, რომ ელიფსების შემცვლელი ოვალების აგების მრავალრიცხოვანი ხერხებიდან, ჩვენ მიერ შემოთავაზებული გრაფიკული ხერხი შედარებით დიდი სიზუსტით ხასიათდება.

64-3 და 64-4 სურათებზე ნაჩვენებია ოვალების აგების ის შემთხვევები, როცა წრეწირის სიბრტყე შესაბამისად Π_2 და Π_3 გეგმილთა სიბრტყეების პარალელურია. როგორც ამ სურათებიდან ჩანს, განსხვავება მხოლოდ ოვალების ღერძების მდებარეობაშია (იხ.სურ. 63), ხოლო, სხვა მხრივ გრაფიკული აგებები წინათ განხილულის ანალოგიურია და დამატებით განმარტებებს არ საჭიროებს.



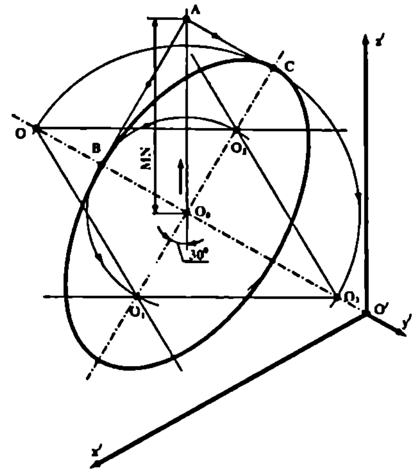
სურ.64-1

65-ე სურათზე გამოსახულია საკოორდინატო სიბრტყეების პარალელური წრეწირების აქსონომეტრიის აგება ირიბკუთხა ფრონტალურ დიმეტრიაში.



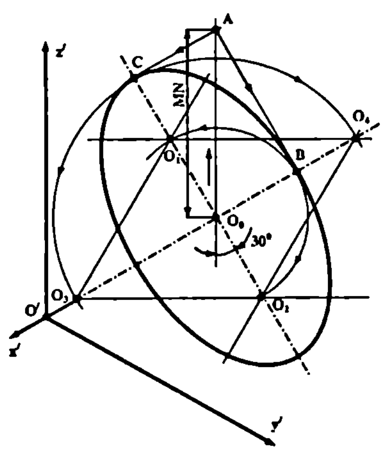
სურ.64-2

როგორც ვიცით, ამ სახის აქსონომეტრიაში აქსონომეტრიის სიბრტყე Π_2-ის და შესაბამისად XOZ საკოორდინატო სიბრტყის პარალელურია, რის გამოც XOZ-ში წრეწირი თავისივე დიამეტრის, ანუ კონგრუენტულ წრეწირზე აისახება. რაც შეეხება დანარჩენ ორს — აქ წრეწირი ელიფსის სახეს ღებულობს.



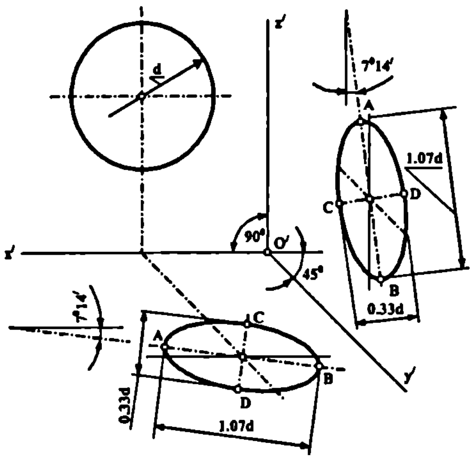
სურ.64-3

ელიფსების ღერძების განლაგება და ზომები ნაჩვენებია 65-ე სურათზე (d მოცემული წრეწირის დიამეტრია). ირიბკუთხა ფრონტალურ დიამეტრიაში ელიფსებს სხვადასხვაგვარად აგებენ. სახელდობრ, წინასწარ აგებენ პარალელოგრამებს (სურ.66), რომელთა გვერდების მიმართულება ფრონტალური დიამეტრიის ღერძების პარალელურია, ხოლო ამ გვერდების სიგრძეები d-სა (X'-სა და Z'–ის მიმართულებით) და $\frac{d}{2}$-ის (Y'-ის მიმართულებით) ტოლი (d აქაც წრეწირის დიამეტრია).



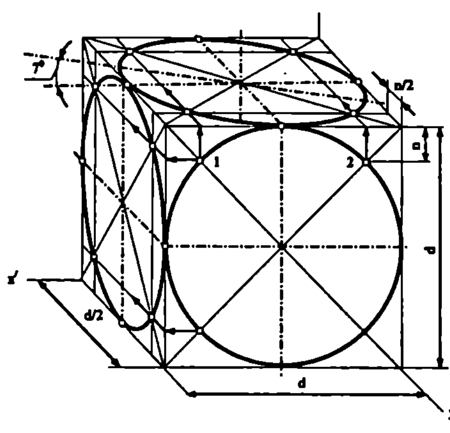
სურ.64-4

როგორც 66-ე სურათიდან ჩანს, ელიფსების აგება მათი ღერძების აგების შემდეგ, მახასიათებელი წერტილების მეშვეობით ხორციელდება.



სურ.65

ეს წერტილები ჯერ თვით წრეწირზე მოინიშნება, ხოლო შემდეგ ისინი გადააქვთ შესაბამის სიბრტყეში (გადატანის მიმართულება ნაჩვენებია ისრებით, ხოლო ზომები – სიმბოლოებით).



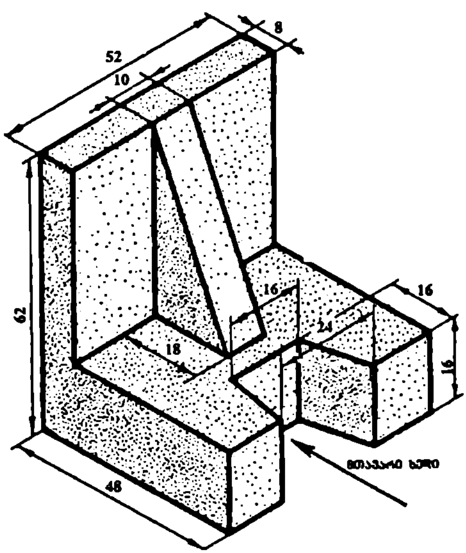
სურ.66

16. 1-ლი სირთულის ფიგურის ნახაზების შესრულების მაგალითი (მონჟის ეპიური და აქსონომეტრია)

თქვენ უკვე რამდენადმე დეტალურად შეისწავლეთ ფიგურის ნახაზის შესრულება მონჟის ეპიურზე და გაეცანით მონჟის ეპიურის მიხედვით აქსონომეტრიის აგების ზოგად წესებს. ახლა მიზნად დავისახოთ გავლილი მასალის შეჯამება და შევასრულოთ 1-ლი სირთულის ფიგურის ნახაზი მონჟის ეპიურზე ანუ ორთოგონალურ გეგმილებში და ამ უკანასკნელის მიხედვით ავაგოთ ამავე ფიგურის თვალსაჩინო გამოსახულება აქსონომეტრიაში. ამასთან, დავიცვათ აქამდე ნასწავლი ნახაზის გაფორმების სტანდარტული პირობითობა - ხედების განლაგება, ზომების დასმა, ხაზების კლასიფიკაცია, ნახაზის ჩარჩო და ძირითადი წარწერა.

1) *ნახაზის შესრულება მონჟის ეპიურზე.* გავარჩიოთ 67-ე სურათზე ნაჩვენები ფიგურა. სხვათა შორის, ასეთი ფიგურა შესაძლოა მოცემული იყოს ნატურაშიც. მისი შეცვლა მისივე თვალსაჩინო გამოსახულებით სავსებით შესაძლებელია და უფრო მოხერხებულიც ხაზვის კურსის შესწავლის მოცემულ ეტაპზე.

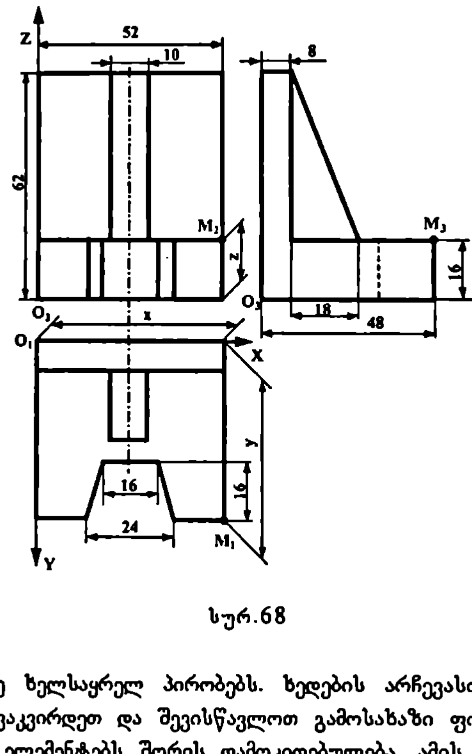
ჩვენი ამოცანის გადაწყვეტა უნდა დავიწყოთ ხედებისა და მასშტაბების შერჩევით მოცემული ფიგურის გაბარიტული ზომების მიხედვით. თუ ნახაზის შედგენას 210X297 ფორმატის სახაზავ ფურცელზე გადავწყვეტთ, მიზანშეწონილია ნატურალური მასშტაბის გამოყენება. გადავიდეთ ხედების შერჩევაზე.



სურ.67

თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ მთავარ ხედად უნდა ავირჩიოთ მოცემული ფიგურის ყველაზე მეტად დამახასიათებელი მხარე, თუმცა, როგორც უკვე ვთქვით, აქ, მომავალში გასათვალისწინებელი იქნება საგნის სამუშაო მდგომარეობა.

წარმოვიდგინოთ, რომ ფიგურა ფუძით დგას ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეზე და მისი ზურგი – ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყის პარალელურია. მცირე ანალიზით იოლად მივალთ იმ დასკვნამდე, რომ გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ფიგურის ამგვარი განლაგებით მივიღებთ ამ ფიგურის ცალკეული ელემენტების გაზომვისა და ნახაზზე გამოჩენის ანუ უხილავი კონტურის მინიმუმამდე



სურ.68

დაყვანის ყველაზე ხელსაყრელ პირობებს. ხედების არჩევასთან ერთად, ყურადღებით უნდა დავაკვირდეთ და შევისწავლოთ გამოსახაზი ფიგურის თითოეული ელემენტი და ამ ელემენტებს შორის დამოკიდებულება. ამის საფუძველზე უნდა განისაზღვროს დამახასიათებელი წერტილები (წვეროები), წრფის მონაკვეთები (წიბოები) და სიბრტყეები (წახნაგები). გთხოვთ კიდევ ერთხელ თვალი გადაავლოთ 67-ე სურათზე ნაჩვენებ ფიგურას და, ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე, შეარჩიოთ ხედები (მთავარი ხედის რეკომენდებული ვარიანტი სურათზე მინიშნებულია ისრით) და დაიწყოთ მთავარი ხედის შემდეგ ზედა ხედისა და, ბოლოს, მარცხენა გვერდის ხედის გამოხაზვა (სურ.68). შეგახსენებთ, რომ, მაგ., მთავარი ხედის აგება ნიშნავს მახასიათებელი წერტილების ანუ წვეროების ფრონტალური გეგმილების აგებას და მათ შეერთებას, როგორც ისინი შეერთებულია თვით

ფიგურაში. ანალოგიურად ხორციელდება დანარჩენი ხედების აგებაც. გავიხსენოთ, რომ მთავარი ხედის ანუ ფიგურის ფრონტალური გეგმილის მიმართ დანარჩენი ხედების ანუ გეგმილების განლაგება სტანდარტით ნაკარნახევი პირობების მიხედვით ასეთია: ზედა ხედი თავსდება მთავარი ხედის ქვემოთ, ხოლო მარცხენა გვერდის ხედი — მთავარი ხედის მარჯვენა მხარეს. ჩვეულებრივად, ნახაზებზე გეგმილური კავშირის ხაზების ჩვენება რეკომენდებული არ არის, მაგრამ ეს არ ნიშნავს ასეთი კავშირის დარღვევის შესაძლებლობას.

თითოეული ხედის აგების დროს, ბუნებრივია, დაგვჭირდება ფიგურის ცალკეული მონაკვეთების ზომები, რომლებსაც ვიღებთ ნატურიდან (როცა ფიგურა მოცემულია ნატურაში), ან ვსარგებლობთ თვალსაჩინო გამოსახულებაზე მიწერილი ზომებით (როცა მოცემულია ფიგურის სურათი). ამით თითქმის თავისთავად განისაზღვრება ზომების საჭირო რაოდენობა, მაგრამ ხედებზე მათი მიწერის დროს მკაცრად უნდა დავიცვათ შესაბამისი სტანდარტის მოთხოვნები (იხ. პუნქტი 2, მე-6 თავი).

ნახაზის მთლიანად დამთავრების შემდეგ (იგულისხმება შემოვლება, ზომების დასმა და მოცემულობასთან შესაბამისობის განმსაზღვრელი ანალიზი), შეგვიძლია გადავიდეთ მეორე ეტაპზე, რაზეც ქვემოთ გვექნება საუბარი.

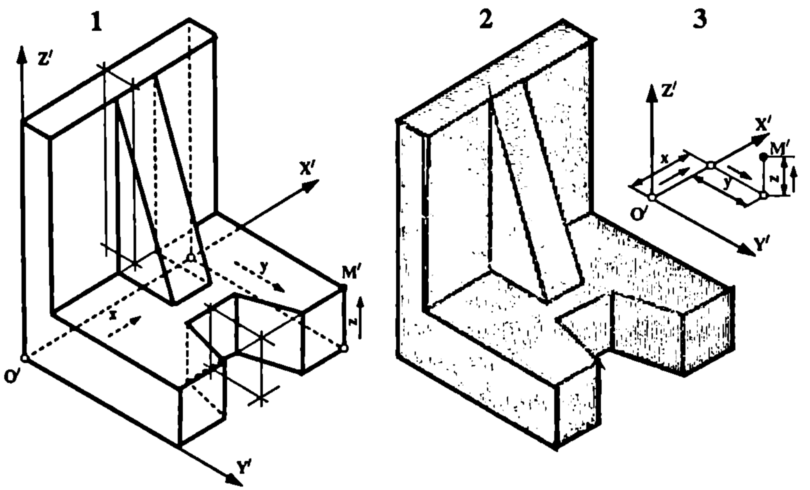
2) *მონჟის ეპიურის მიხედვით აქსონომეტრიის აგება.* განვიხილოთ 68-ე სურათზე ნაჩვენები ნახაზი ამჯერად მოცემული გამოსახულების გათვალსაჩინოების თვალსაზრისით და შევარჩიოთ აქსონომეტრიის სახე. აღებულ მარტივ შემთხვევაში თითქმის სულ ერთია რომელ სახეს ავირჩევთ. შედარებისათვის ავაგოთ მოცემული ფიგურის, როგორც იზომეტრია (სურ.69), ასევე ფრონტალური დიამეტრია (სურ.70).

იზომეტრიის აგება (სურ.69) დავიწყოთ ღერძების აგებით. ნატურალურ ბაზისზე დავნიშნოთ კოორდინატთა ღერძები (სათავის მოდების წერტილად მივიჩნიოთ ფიგურის უკანა, ქვედა, მარცხენა წვერო - O). ცალკეული წვეროების იზომეტრიის აგების მაგალითისათვის ავირჩიოთ M წერტილი, მოვნიშნოთ იგი ხედებში ($M_1M_2M_3$) და ავაგოთ მისი იზომეტრია (აგების სქემა 69-3 სურათზეა ნაჩვენები).

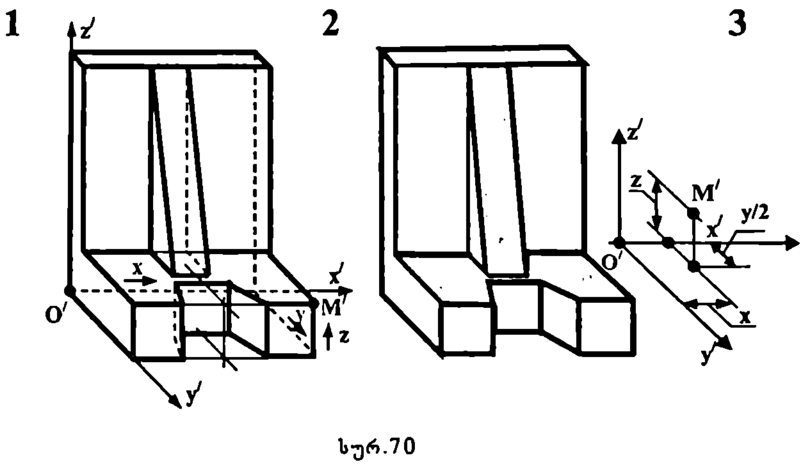
ამასთან გავიხსენოთ, რომ იზომეტრიაში დაგეგმილების კოეფიციენტები ერთნაირია და სტანდარტის დაშვებით დამრგვალებულია ერთამდე.

ფიგურის აქსონომეტრიის აგების შემდეგ (სურ.69-1), ნახაზზე იშლება ყველა დამხმარე ხაზი, მათ შორის უხილავი კონტურის ხაზებიც და გამოსახულების რელიეფური სახის მისაღებად ხდება მისი ხილვადი წახნაგების შრაფირება (სურ.69-2).

ფიგურის თვალსაჩინო გამოსახულების აგება ფრონტალურ დიმეტრიაში, განხილული მაგალითის ანალოგიურად, ღერძების აგებით დავიწყოთ (სურ.70-1). გამოსახულების აგების სქემა ფრონტალურ დიამეტრიაში იგივეა, რაც იზომეტრიაში. განსხვავებაა, მხოლოდ Y ღერძის მიმართულებით მოქმედ კოეფიციენტში, რომელიც სტანდარტული პირობითობით 0,5-მდეა დამრგვალებული (სურ.70-3). მოცემული ფიგურის ცალკეული წვეროების ასაგებად გამოყენებულია M წერტილის აგებისათვის მინიშნებული სქემა (სურ.70-3).



სურ.69



სურ.70

3) *შესრულებული ნახაზის ანალიზი.* ნახაზის ანალიზი ნიშნავს იმას, რომ ჯერ ფიგურის ორთოგონალური გეგმილები ანუ ხედები უნდა შედარდეს ნატურასთან (მოცემულობასთან), ხოლო შემდეგ გაირკვეს ერთი და იგივე ფიგურის მონჟისა და აქსონომეტრიის გამოყენებით აგებული გამოსახულების ურთიერთშესაბამისობა — ყოველი ხედი უნდა წარმოადგენდეს ფიგურის ყველა ელემენტის (წვეროები, წიბოები, წახნაგები) გეგმილების ერთობლიობას, მონჟის ეპიურზე მოცემული ფიგურის ყოველ ელემენტს უნდა შეესაბამებოდეს ერთი და მხოლოდ ერთი გამოსახულება აქსონომეტრიაში და პირიქით.

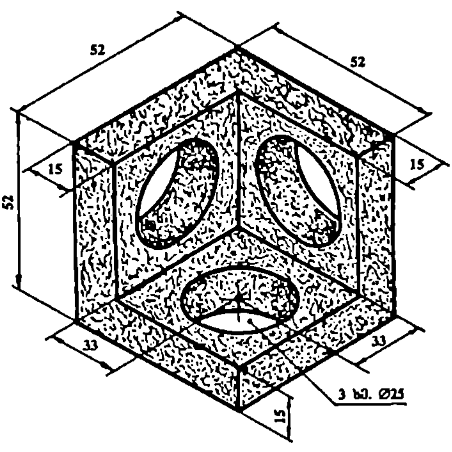
17. მე-2 სირთულის ფიგურის ნახაზის შესრულების მაგალითები – ხედები, ზომების დასმა, აქსონომეტრია

ქვემოთ ვნახავთ, განსახილველი ყველა მაგალითი წინა მაგალითების ტიპურია, განსხვავება კი ისაა, რომ ამ შემთხვევაში ფიგურას ცილინდრული ხვრელებიც აქვს. მონჟის ეპიურზე ცილინდრული ხვრელების გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ კერძო განლაგების გამო, ეს ცილინდრები, ცილინდრის ფუძეში ან წრეწირად გეგმილდება, ან ფუძეების და კიდურა მსახველების გეგმილებით შემოსაზღვრულ მართკუთხედად. რაც შეეხება აქსონომეტრიას, აქ მეტი სიახლეა – საჭიროა წრეწირის აქსონომეტრიის ელიფსის შემცველი ოვალების აგება.

1) *ნახაზის შესრულება მონჟის ეპიურზე.* გავარჩიოთ 71-ე სურათზე ნაჩვენები მოცემულობა. შევარჩიოთ მასშტაბი (მ 1:1) და ხედები, გამოვხაზოთ ხედები, დავსვათ ზომები, ნახაზიდან მოვშალოთ აგების ხაზები, შემოვავლოთ ხილვადი და უხილავი კონტური, შესრულებული ნახაზი გავაანალიზოთ (სურ.72).

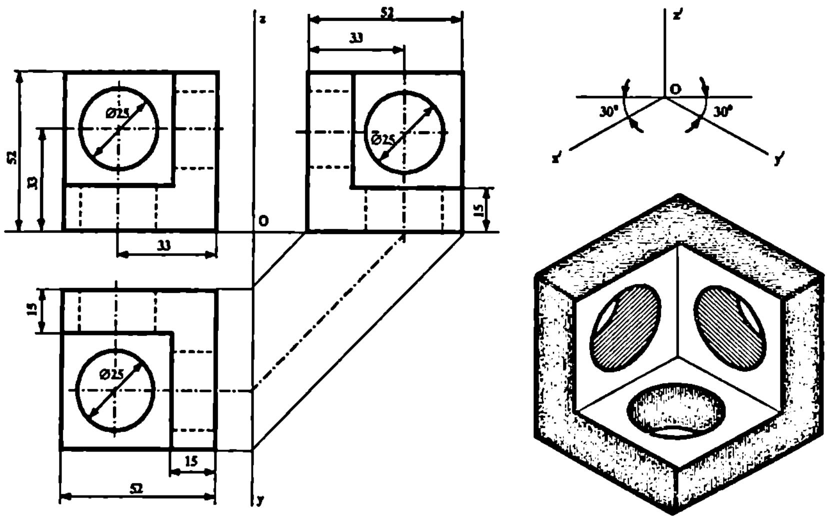
2) *მონჟის ეპიურის მიხედვით აქსონომეტრიის აგება.* ხედების აგების დამთავრების შემდეგ ავირჩიოთ აქსონომეტრიის სახე – იზომეტრია. ავაგოთ ღერძები და ჩვენთვის ცნობილი წესების დაცვით ფიგურის ყოველი მახასიათებელი წვეროს იზომეტრია.

საგანგებოდ შევჩერდეთ ცილინდრული ხვრელების ფუძეების იზომეტრიის აგებაზე. მაგალითისათვის განვიხილოთ ქვედა ფუძეში გაკეთებული ხვრელი. როგორც 72-ე სურათიდან ჩანს, ხვრელი, რომელიც გეომეტრიული თვალსაზრისით სწორი წრიული ცილინდრია, აქსონომეტრიაში გამოისახება ზედა და ქვედა ფუძეებით და კიდურა მსახველებით (ცილინდრის გამოსახვას მონჟის ეპიურზე და აქსონომეტრიაში ჩვენ კიდევ დავუბრუნდებით), მაგრამ ფიგურის



სურ.71

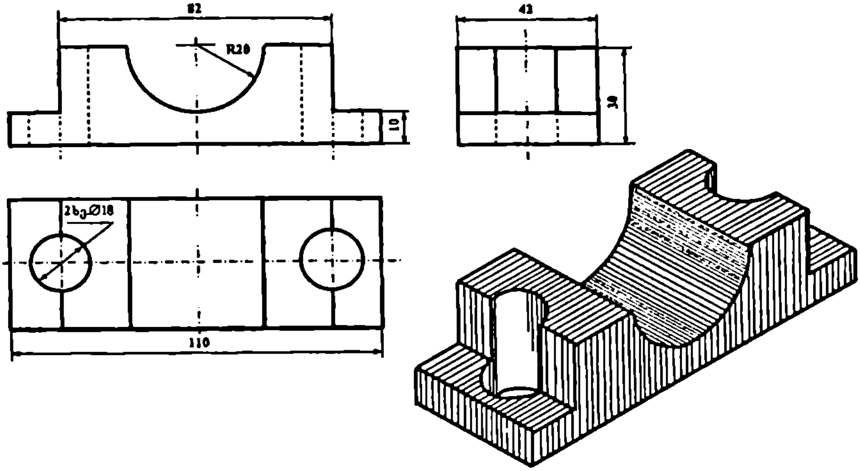
აქსონომეტრიის აგების პირობითობა მხოლოდ ხილული ნაწილების ჩვენებას ითვალისწინებს და ამის გამო ცილინდრის ფუძის ზედა წრეწირის იზომეტრია – ოვალი სურათზე (იხ.სურ.64) მთლიანადაა ნაჩვენები, ხოლო ქვედა ფუძისა – მხოლოდ ნაწილობრივ, სახელდობრ ის, რაც მოხვედრილია ზედა ფუძის შიგა არეში. ოვალის ცენტრებს შორის მანძილი ფიგურის ქვედა ფუძის სისქის ტოლია (ცილინდრის ზედა და ქვედა ფუძეები მოთავსებულია ფიგურის ქვედა ფუძის შესაბამისად, ზედა და ქვედა წახნაგზე). ცილინდრული ხვრელის ღერძი, რომელიც ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი წრფეა, ზედა ხვრელში (სურ.72) წერტილად დაგეგმილდება, ხოლო ამ წერტილის გადატანა აქსონომეტრიაში რთული არ არის, რადგანაც კოორდინაციისათვის საჭირო ყველა ზომა მოცემულია მაგალითში (სურ.71) და მითითებულია ნახაზზე (სურ.72).



სურ.72

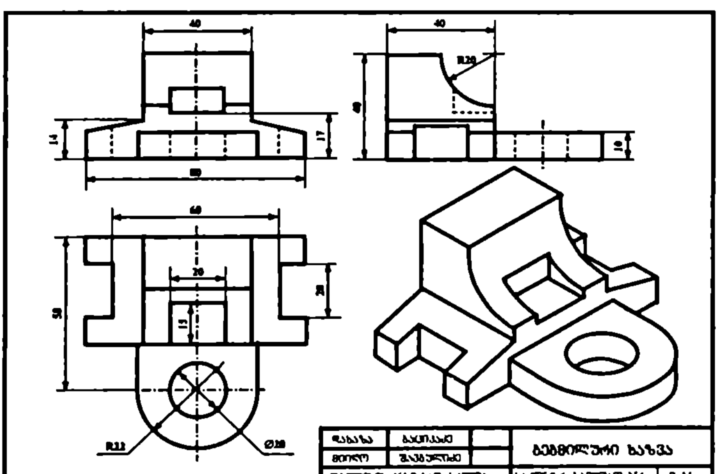
დანარჩენი ორი ხვრელის აგება განხილულის ანალოგიურია. განსხვავება მხოლოდ ღერძების განლაგებაშია, რაზეც ჩვენ უკვე გვქონდა საუბარი (იხ.სურ.63).

3) *შესრულებული ნახაზის ანალიზი,* რომელიც ყოველი ნახაზის დასრულების შემდეგ აუცილებლად უნდა გაკეთდეს, ზემოთ ნათქვამის გარდა, განხილული მაგალითების ანალოგიურ შემთხვევებში, იმის გარკვევასაც ითვალისწინებს, თუ როგორაა განლაგებული ფიგურის მახასიათებელი ელემენტები (წვეროები, წიბოები, წახნაგები, ცილინდრული ხვრელების ღერძები) გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ და ამის შესაბამისად, როგორაა ასახული მონიის ეპიურზე



სურ.73

და აქსონომეტრიაში; რომელ ხედში გეგმილდება დაუმახინჯებლად (ეხება ეს წიბოებს და წახნაგებს) და სად არის მაქსიმალურად დამახინჯებული (წრფე გეგმილდება წერტილზე, წახნაგი წრფის მონაკვეთზე, ცილინდრული ხვრელი — წრეწირზე და ა.შ.); რა შესაბამისობაშია ურთიერთთან ორთოგონალური და აქსონომეტრიული გეგმილები და რამდენად შესაძლებელია ფიგურის ორთოგო-ნალურ გეგმილებში ამ ფიგურის ზედაპირის კუთვნილი ნებისმიერი წერტილის გადატანა აქსონომეტრიაში და პირიქით.



სურ.74

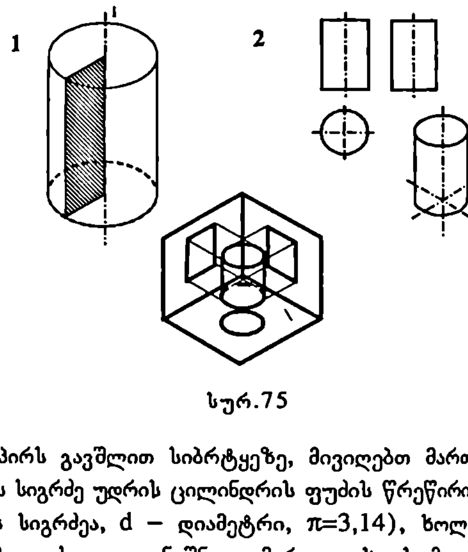
73-ე სურათზე ნაჩვენებია მე-2 სირთულის ფიგურის ორთოგონალური გეგმილებისა და აქსონომეტრიის აგების კიდევ ერთი ნიმუში.

მკითხველს ვთხოვ, დეტალურად გაარჩიოს 73-ე და 74-ე სურათებზე ნაჩვენები მაგალითები. ეს მაგალითები შესაძლოა მიჩნეულ იქნეს, როგორც განვლილი მასალის შემაჯამებელი ნიმუშები.

18. მრუდზედაპირიანი გეომეტრიული სხეულები

1) *მართი წრიული ცილინდრი* არის ფიგურა, რომელიც მიიღება მართკუთხედის ბრუნვით ერთ-ერთი გვერდის, როგორც ღერძის გარშემო (სურ.75-1). ცილინდრის ფუძეები კონგრუენტული წრეებია. გვერდითი ზედაპირი კი - მრუდე ზედაპირი, რომელსაც ცილინდრული ზედაპირი ეწოდება. მართკუთხედის იმ გვერდის მოპირდაპირე გვერდს, რომელსაც ბრუნვის ღერძი შეიცავს, ცილინდრის მსახველი ჰქვია.

75-2 სურათზე ნაჩვენებია ცილინდრის ორთოგონალური და აქსონომეტრიული გეგმილების აგება. განხილულ შემთხვევაში, გრაფიკული სამუშაოს გამარტივების მიზნით, ცილინდრის i ღერძი Π_1-ის მართობულია. გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ამგვარი მდებარეობის გამო, მისი ზედა ხედი (ჰორიზონტალური გეგმილი) წრეა, ხოლო წინა და გვერდითი ხედები (შესაბამისად, ფრონტალური და პროფილური გეგმილები) — მართკუთხედები.

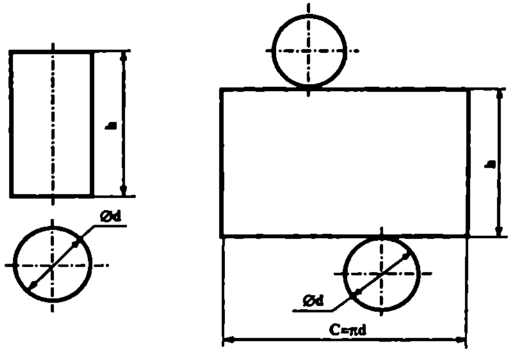


სურ.75

თუ ცილინდრის გვერდით ზედაპირს გავშლით სიბრტყეზე, მივიღებთ მართკუთხედს, რომლის ერთ-ერთი გვერდის სიგრძე უდრის ცილინდრის ფუძის წრეწირის სიგრძეს ($c=\pi d$, სადაც c წრეწირის სიგრძეა, d — დიამეტრი, $\pi=3{,}14$), ხოლო მეორე გვერდისა — ცილინდრის სიმაღლეს. თუ აღნიშნულ მართკუთხედს მივუხაზავთ მოცემული ცილინდრის ფუძეების შესაბამის წრეებს, მივიღებთ ცილინდრის სრული ზედაპირის შლილს სიბრტყეზე (სურ. 76). ამგვარი შლილით შესაძლებელია ცილინდრის მაკეტის დამზადება.

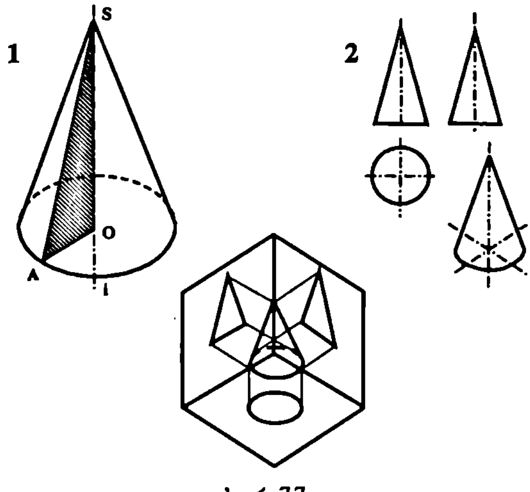
შევნიშნოთ, რომ ცილინდრის გვერდითი ზედაპირის შლილი სიბრტყეზე გარკვეული მიახლოებით შესაძლოა განხილულ იქნეს, როგორც მასში ჩახაზული პრიზმის გვერდითი ზედაპირის შლილი (იხ. 12, სურ.45).

2) *მართი წრიული კონუსი* არის ფიგურა, რომელიც მიიღება მართკუთხა სამკუთხედის ბრუნვით ერთ-ერთი კათეტის, როგორც ღერძის, გარშემო (სურ.77-1).



სურ.76

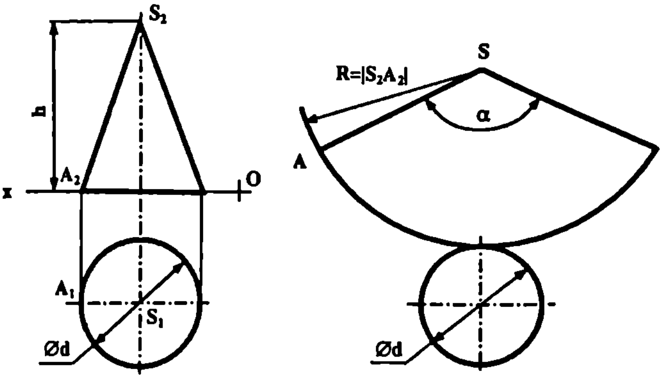
ამასთან კათეტი, რომელსაც ბრუნვის ღერძი (i) შეიცავს, განსაზღვრავს კონუსის სიმაღლეს, მეორე კათეტი აღწერს წრეს — კონუსის ფუძეს, ხოლო ჰიპოთენუზა — კონუსის გვერდით ზედაპირს. ამ შემთხვევაში ჰიპოთენუზას კონუსის მსახველი ეწოდება.



სურ.77

77-2 სურათზე ნაჩვენებია კონუსის ორთოგონალური და აქსონომეტრული გეგმილები. გრაფიკული სამუშაოს გამარტივების მიზნით, აქ კონუსის ღერძი (i) ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყის (Π_1) მართობულია. გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ კონუსის ამგვარი მდებარეობის გამო, მისი ზედა ხედი (ჰორიზონტა-

ლური გეგმილი) წრეა, ხოლო წინა და გვერდითი ხედები (შესაბამისად, ფრონტალური და პროფილური გეგმილები) – სამკუთხედები.



სურ.78

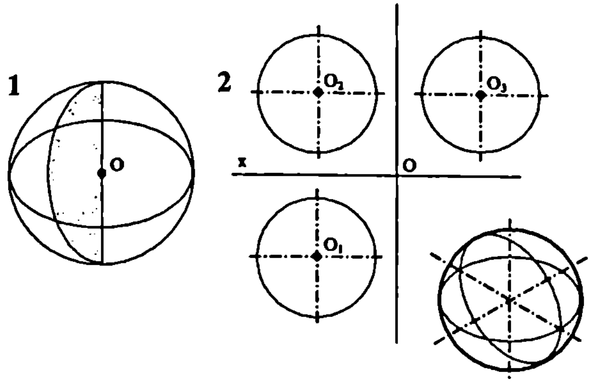
78-ე სურათზე ნაჩვენებია კონუსის სრული ზედაპირის შლილი სიბრტყეზე მისი ორთოგონალური გეგმილების მიხედვით. ნებისმიერი S წერტილიდან (კონუსის წვერო), როგორც ცენტრიდან, შემოხაზულია R რადიუსიანი ($R=[A_2S_2]$) წრეწირის რკალი (SA არის კონუსის მსახველი, ხოლო S_2A_2 ამ მსახველის გეგმილი Π_2-ში, ვინაიდან SA Π_2-ის პარალელურია, რასაც მიუთითებს A_1S_1-ისა და OX ღერძის ურთიერთპარალელურობა, $[S_2A_2]$ გამოსახავს [SA]-ს ნამდვილ სიგრძეს). 78-ე სურათზე გამოსახული სექტორი მოცემული კონუსის გვერდითი ზედაპირის შლილია, ხოლო მასთან მიხაზული წრე – კონუსის ფუძე, რომელიც გვერდითს ზედაპირთან ერთად ქმნის კონუსის სრული ზედაპირის შლილს სიბრტყეში.

შევნიშნოთ, რომ სურათზე ნაჩვენები α კუთხე გამოითვლება $\alpha = \dfrac{360^0 d}{2R}$ ფორმულით, სადაც d კონუსის ფუძის დიამეტრია, ხოლო R – კონუსის მსახველის სიგრძე, რომელიც პითაგორას თეორემის (ჰიპოტენუზის კვადრატი კათეტების კვადრატების ჯამის ტოლია) მიხედვით შეიძლება გამოვთვალოთ.

ცილინდრის შლილის ანალოგიურად, შესაძლოა განვიხილოთ კონუსის სრული ზედაპირის შლილის აგება, როგორც მასში ჩახაზული პირამიდის ზედაპირის განფენა სიბრტყეში (იხ. პუნქტი 12, სურ.47).

3) *სფერო არის* ფიგურა, რომელიც მიიღება ნახევარწრეწირის ბრუნვით დიამეტრის, როგორც ღერძის, გარშემო (სურ. 79-1).

79-2 სურათზე ნაჩვენებია სფეროს ორთოგონალური და აქსონომეტრიული გეგმილები. როგორც სურათიდან ჩანს, სფეროს გეგმილი ნებისმიერ გეგმილთა სიბრტყეში არის წრეწირი, რომლის დიამეტრი სფეროს დიამეტრის ტოლია.



სურ.79

შევნიშნოთ, რომ 79-2 სურათზე ნაჩვენებ შემთხვევაში სფეროს აქსონომეტრიული გამოსახულება (იზომეტრია) აგებულია ორი ისეთი ურთიერთმართობული წრეწირის მეშვეობით, რომელთა რადიუსები სფეროს რადიუსის ტოლია. შეგახსენებთ, რომ სფეროთი შემოსაზღვრულ სხეულს ბირთვი ეწოდება.

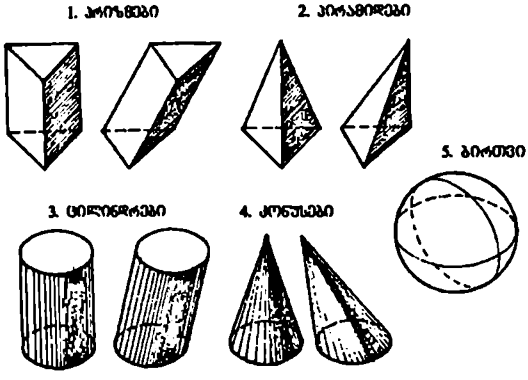
19. ფიგურის გეომეტრიული ფორმების ანალიზი

თქვენ უკვე იცით, რომ წერტილთა ნებისმიერ სიმრავლეს გეომეტრიული ფიგურა ან სხეული ეწოდება. ამ განმარტების თანახმად, ერთი წერტილიც ფიგურაა, ე.ი. სიმრავლე, რომელიც ერთი ელემენტისაგან შედგება. წრფე, სიბრტყე და სივრცე ფიგურის, როგორც წერტილთა უსასრულო სიმრავლის მაგალითებია.

ჩვენ გარშემო არსებული ნებისმიერი საგანი აუცილებლად რაიმე გეომეტრიული ზედაპირით არის შემოსაზღვრული. საინჟინრო გრაფიკაში კი ზედაპირს ხშირად განიხილავენ, როგორც სივრცეში მოძრავი წირის ყველა მდებარეობის უწყვეტ სიმრავლეს. ზედაპირის ასეთი წარმოქმნა კინემატიკურია და იგი ხშირად ხელსაყრელია ზედაპირის გრაფიკული ასახვისას.

ზემოთ (იხ. პუნქტი 11) განვიხილეთ პრიზმები და პირამიდები, რომლებიც წახნაგოვანი ზედაპირებითაა შემოსაზღვრული. წინა პუნქტში კი შევეხეთ ისეთ გეომეტრიულ სხეულებს, როგორიცაა ცილინდრი (შემოსაზღვრულია ცილინდრული ზედაპირით), კონუსი (შემოსაზღვრულია კონუსური ზედაპირით) და ბირთვი (შემოსაზღვრულია სფეროთი).

მე-80 სურათზე ნაჩვენებია ცნობილი გეომეტრიული სხეულების: პრიზმების (სურ.80-1), პირამიდების (სურ.80-2), ცილინდრების (სურ.80-3), კონუსების (სურ.80-4) და ბირთვის (სურ.80-5) გამოსახულებები.

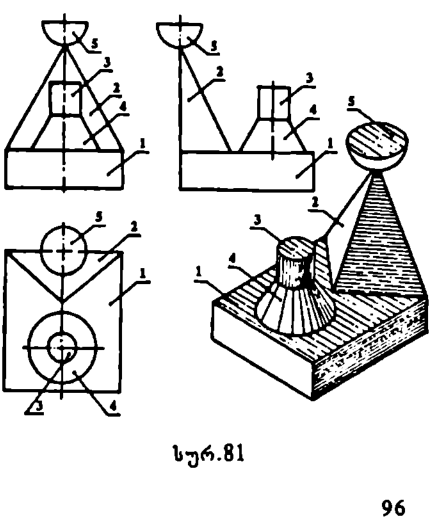


სურ.80

შევნიშნოთ, რომ ფიგურები, რომელთა ნახაზების შედგენასაც ვისწავლით, მხოლოდ ამ ხუთი ძირითადი გეომეტრიული სხეულის კომბინაციით იქნება შექმნილი. უკვე იცით, თუ როგორ სრულდება თითოეული მათგანის ორთოგონალური და აქსონომეტრიული გეგმილები. ახლა განვიხილოთ მათი ჯერ მარტივი, ხოლო შემდეგ შედარებით რთული კომბინაციით შედგენილი ფიგურების (საგნების) ნახაზების შესრულების პროცესი.

1) ფიგურის გეომეტრიული ფორმის ანალიზი გულისხმობს იმის გარკვევას, თუ რა გეომეტრიული სხეულებისაგან შედგება მოცემული ფიგურა ამის საილუსტრაციოდ გავარჩიოთ 81-ე სურათი.

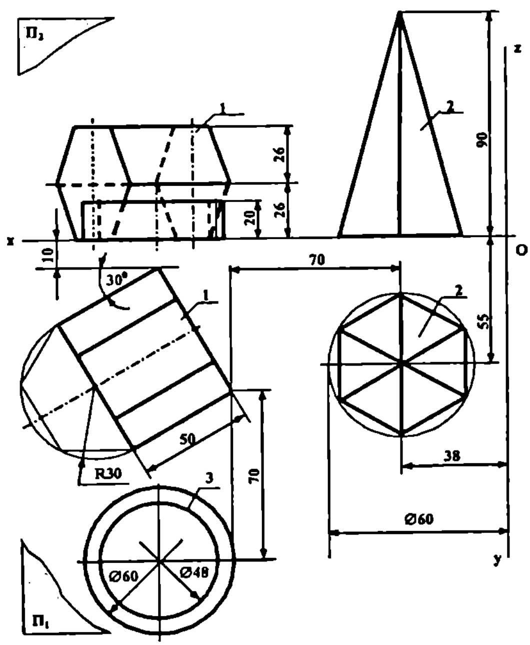
როგორც სურათიდან ჩანს, მოცემულ შემთხვევაში განსახილველი ფიგურა შედგენილია პრიზმის (1), პირამიდის (2), ცილინდრის (3), წაკვეთილი კონუსისა (4) და ნახევარბირთვის (5) მარტივი კომბინაციით. რაც შეეხება ნახაზის შესრულებას, იგი დაყვანილია ჩამოთვლილი გეომეტრიული სხეულების გეგმილების აგებამდე. თუ ვიცით ცალკეული გეომეტრიული სხეულების ხაზვა, მაშინ მათი კომბინაციით შედგენილი ფიგურის დახაზვაც არ გაგვიძნელდება. სირთულე შეიძლება წარმოშვას ფიგურის შემადგენელი გეომეტრიული სხეულების ურთიერთგანლაგებამ. ამის შესახებ შემდგომში გვექნება საუბარი.



სურ.81

შევნიშნოთ, რომ ფიგურის წარმოდგენით დანაწევრებას შემადგენელ გეომეტრიულ სხეულებად ფიგურის გეომეტრიული ფორმის ანალიზი ეწოდება.

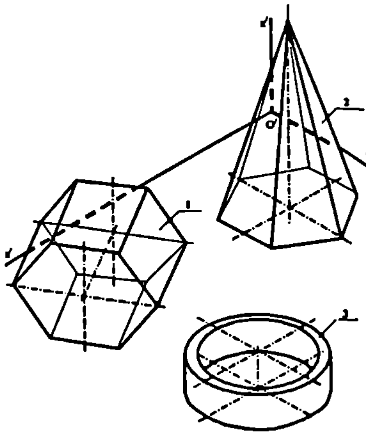
2) 82-ე სურათზე გამოსახულია გეომეტრიული სხეულების ჯგუფი. ამ სურათის განხილვით შეგვიძლია დავადგინოთ, რომ მასზე ნაჩვენებია წესიერი ექვსწახნაგა პრიზმა (1), რომელიც ერთ-ერთი წახნაგით ძევს ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში; წესიერი ექვსწახნაგა პირამიდა (2), რომელიც ფუძით ძევს ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში; მართი წრიული ცილინდრი (3), რომელსაც აქვს ცილინდრული ხვრელი და რომელიც ფუძით ძევს ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში. მიჩნეულია, რომ მოცემული გეომეტრიული სხეულები დამზადებულია გაუმჭვირი მასალისაგან. ამიტომ, ნახაზზე დაცულია ხილვადობის პირობითობა, სახელდობრ, ჯგუფში შემავალი ფიგურების გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ნაჩვენები განლაგების გამო, პრიზმის ერთი წიბო და ერთ-ერთი ფუძის ორი გვერდი ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში უხილავია. ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ პრიზმის უხილავ წიბოს ნაწილობრივ ემთხვევა ამავე პრიზმის ხილული წიბო. გაითვალისწინეთ, რომ ასეთ შემთხვევაში უპირატესობა ხილულ ელემენტს ეკუთვნის. ამავე სიბრტყეში ცილინდრი ფარავს პრიზმას, რის გამოც ცილინდრის ფრონტალური გეგმილის შიგა არეში (მოხაზულობაში) მოქცეული პრიზმის ელემენტები უხილავია. უხილავია ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში შიგა ცილინდრის კიდურა მსახველებიც.



სურ.82

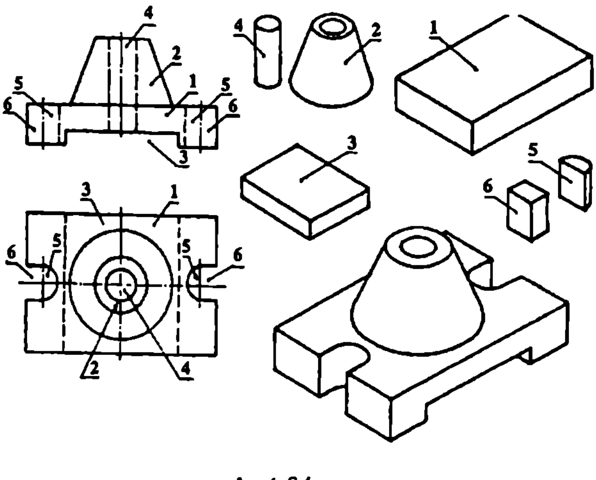
დავაკვირდეთ იმასაც, რომ ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში პრიზმის და ცილინდრის გეგმილები შეთავსებულია, მაგრამ ეს მათი ურთიერთგანლაგების შესახებ არაფერს გვეუბნება. სივრცეში მათი ურთიერთგანლაგების დასადგენად საჭიროა ჰორიზონტალური გეგმილების განლაგებაზე დაკვირვება. როგორც ამ უკანასკნელიდან ირკვევა, მოცემული პრიზმა და ცილინდრი საკმაო მანძილითაა დაშორებული ერთმანეთისაგან და ფრონტალური გეგმილების შეთავსება — მათი განლაგებით გამოწვეული.

მოცემული გეომეტრიული სხეულების ურთიერთგანლაგების ნათელ სურათს იძლევა მოცემული ჯგუფის აქსონომეტრია, რომელიც 83-ე სურათზეა ნაჩვენები.

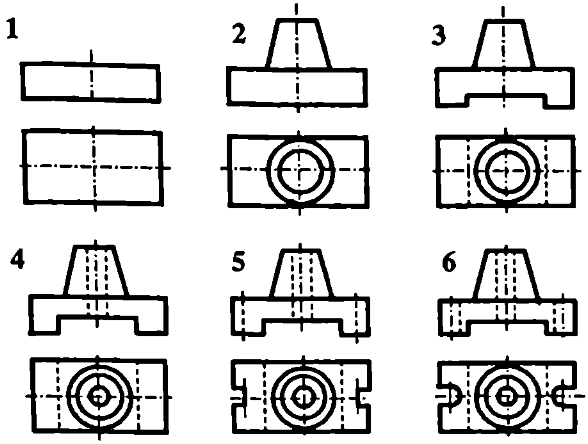


სურ.83

ზემოთ უკვე ვთქვით, რომ ფიგურის გეომეტრიული ფორმის ანალიზი არის მოცემული ფიგურის დანაწევრება ცალკეულ გეომეტრიულ სხეულებად. თუ ამ თვალსაზრისით გავარჩევთ 84-ე სურათს, დავინახავთ, რომ მოცემული ფიგურა შედგენილია პრიზმის (1), წაკვეთილი კონუსის (2), პრიზმის (3), ცილინდრის (4), ნახევარცილინდრისა (5) და პრიზმისაგან (6).



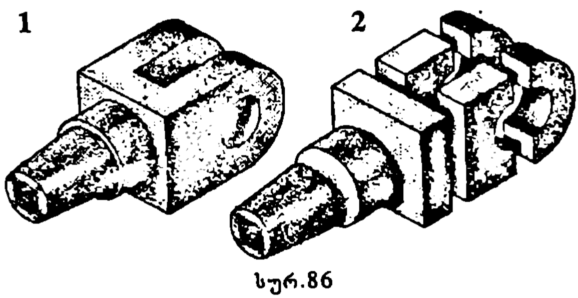
სურ.84



სურ.85

ფიგურის დანაწევრება ცალკეულ გეომეტრიულ სხეულებად შესაძლოა საფუძვლად დაედოს ნახაზის შესრულებისათვის რეკომენდებულ მიმდევრობას. მაგ., 85-ე სურათზე ნაჩვენებია 84-ე სურათზე განხილული ფიგურის ნახაზის შესრულების თანამიმდევრობა.

როგორც სურათიდან ჩანს, ჯერ აგებულია პრიზმის გეგმილები (სურ. 85-1), შემდეგ თანამიმდევრობით ემატება წაკვეთილი კონუსის (სურ. 85-2), პრიზმული ღარის (85-3), ცილინდრის (85-4), პრიზმის (85-5) და ნახევარცილინდრის (85-6) გეგმილები.



სურ.86

ფიგურის გეომეტრიული ფორმის ანალიზი, გარდა იმისა, რომ გვეხმარება ნახაზის შესრულების პროცესის გამარტივებაში, საგრძნობლად გვიადვილებს ნახაზის წაკითხვას და მოცემული ფიგურის ნათლად წარმოდგენას სივრცეში.

მკითხველს ვთხოვთ განახორციელოს 86-ე სურათზე ნაჩვენები ფიგურის გეომეტრიული ფორმების ანალიზი (სასურველია ორთოგონალური გეგმილების აგება). ზომები შესაძლოა აღებულ იქნეს თვალზომით, მაგრამ ცალკეულ ელემენტებს შორის არსებული პროპორციების გათვალისწინებით.

20. წახნაგოვანი ზედაპირების თანკვეთის წირის აგების უმარტივესი შემთხვევები

გეომეტრიული თვალსაზრისით ტერმინი "თანკვეთა"* ორი ფიგურის საერთო ელემენტს გულისხმობს. მაგალითად, ორი ურთიერთგადამკვეთი წრფისათვის ეს წერტილია, ორი ურთიერთგადამკვეთი სიბრტყისათვის — წრფე, წრფისა და სიბრტყისათვის — წერტილი და ა.შ. ცხადია, ყველა შემთხვევაში ორი ფიგურის საერთო ელემენტი თანკვეთაში მონაწილე ორივე ფიგურას უნდა ეკუთვნოდეს. მაგ., ორი წრფის თანკვეთის წერტილი უნდა ეკუთვნოდეს როგორც ერთ, ისე მეორე წრფეს; ორი სიბრტყის თანკვეთის წრფე უნდა ეკუთვნოდეს როგორც ერთ, ისე მეორე სიბრტყეს, ხოლო წრფისა და სიბრტყის თანკვეთის წერტილი — როგორც წრფეს, ასევე სიბრტყეს.

გავიხსენოთ განვლილი მასალა (პუნქტი 8): თუ წერტილი ეკუთვნის წრფეს, მაშინ ამ წერტილის გეგმილი წრფის გეგმილზეა მოთავსებული.

გეომეტრიიდან ცნობილია, რომ თუ წერტილი ეკუთვნის სიბრტყეს, მაშინ ეს წერტილი ეკუთვნის ამ სიბრტყის კუთვნილ წრფეს, ხოლო წრფე მაშინ ეკუთვნის ამ სიბრტყეს, თუ ამ წრფის სულ ცოტა ორი წერტილი მაინც ეკუთვნის ამ სიბრტყეს. ზემოაღნიშნულზე დაყრდნობით ჩამოვაყალიბოთ განსახილველ თემაში დასმული ამოცანის გეომეტრიული საფუძველი.

1) ორი წახნაგოვანი გეომეტრიული სხეულის ზედაპირების თანკვეთის შედეგად მიიღება ტეხილი. ამ ტეხილის ყოველი წვერო შესაძლოა განხილულ იქნეს, როგორც წრფისა (წიბოს) და სიბრტყის (წახნაგის) თანკვეთის წერტილი, ხოლო ყოველი გვერდი — როგორც ორი სიბრტყის (ორი წახნაგის) თანკვეთის წრფე. აქედან, სრულიად ნათელია, რომ წახნაგოვანი გეომეტრიული სხეულების ზედაპირების თანკვეთის ტეხილის აგების ამოცანა დაიყვანება წრფისა და სიბრტყის (წიბოების ხერხი) თანკვეთის წერტილის ან ორი სიბრტყის (წახნაგების ხერხი) თანკვეთის აგების ამოცანამდე. ორივე ამოცანა ერთობ მარტივდება, თუ თანკვეთაში მონაწილე სიბრტყე ერთ-ერთ გეგმილთა სიბრტყის პერპენდიკულარულია. ამასთან დაკავშირებით, განვიხილოთ 87-ე სურათზე ნაჩვენები გამოსახულება, რომელზეც წრფისა და სიბრტყის თანკვეთის წერტილის აგების ორი შემთხვევაა განხილული.

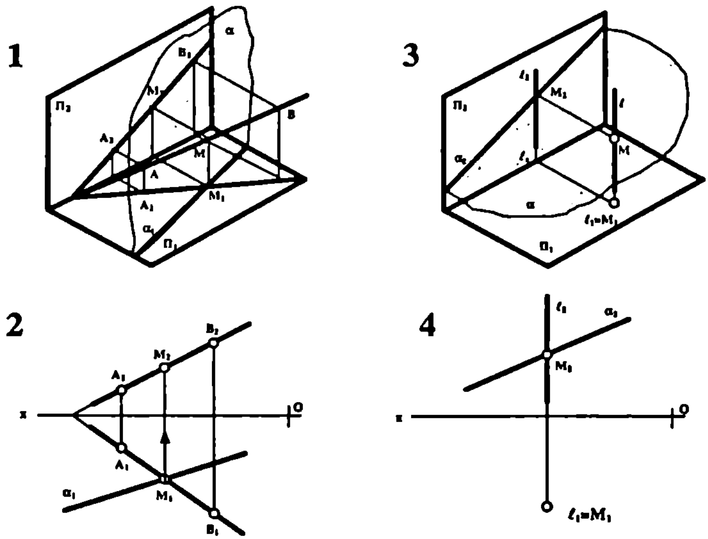
87-1 სურათზე ნაჩვენებია ზოგადი მდებარეობის წრფისა (AB) და ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი სიბრტყის ($\alpha \perp \Pi_1$) თანკვეთის წერტილის აგება.

როგორც უკვე ითქვა, საძიებელი ელემენტი (M) უნდა წარმოადგენდეს თანკვეთაში მონაწილე ორი ფიგურის (α და AB) საერთო ელემენტს. ვინაიდან $\alpha \perp \Pi_1$, იმის დასადგენად, რომ M ეკუთვნის α-ს, საკმარისია ის, რომ $M_1 \in \alpha_1$. მაშასადამე, თუ ეპიურზე $M_1 \in \alpha_1$ და $\alpha \perp \Pi_1$, მაშინ სივრცეში $M \in \alpha$ (იხ. პუნქტი 8).

---

* შემდეგში "თანკვეთას" ხშირად გამოვიყენებთ ორი ფიგურის ურთიერთგადაკვეთის პროცესის აღსანიშნავადაც

ვინაიდან AB ზოგადი მდებარეობისაა, იმის დასამტკიცებლად, რომ $M \in AB$, საკმარისია M-ის გეგმილების შეთავსება AB–ს ერთსახელა გეგმილებთან (პუნქტი 8). მაშასადამე, თუ ეპიურზე $M_1 \in A_1B_1$ და $M_2 \in A_2B_2$, მაშინ სივრცეში $M \in AB$.



სურ.87

ამგვარი მსჯელობისა და თვალსაჩინო გამოსახულების 87-1 საფუძველზეა აგებული AB წრფისა და α სიბრტყის თანკვეთის M წერტილი ეპიურზე (სურ.87-2). სახელდობრ, აქ დაფიქსირებულია M საძიებელი წერტილის ჰორიზონტალური გეგმილი ($M_1=A_1B_1 \cap a_1$), ხოლო M_2 მიკვლეულია გეგმილური კავშირის მეშვეობით (სურათზე ნაჩვენებია ისრით) და $M_2 \in A_2B_2$ პირობით.

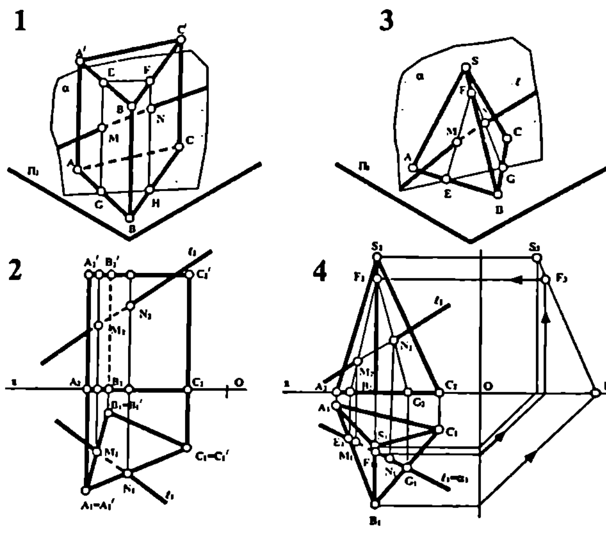
87-3 სურათზე ნაჩვენებია ფრონტალურად მაგეგმილებელი α სიბრტყისა ($\alpha \perp \Pi_2$) და ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი l წრფის ($l \perp \Pi_1$) თანკვეთის M წერტილის პოვნა. როგორც სურათიდან ჩანს, აქაც დაცულია საძიებელი M წერტილის ფრონტალურად მაგეგმილებელი სიბრტყისა ($\alpha \perp \Pi_2$) და ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი წრფისათვის ($l \perp \Pi_1$) მიკუთვნების პირობები: თუ ეპიურზე $M_2 \in \alpha_2$ და $\alpha \perp \Pi_2$, მაშინ სივრცეში $M \in \alpha$; თუ ეპიურზე $M_1 \in l_1$ და $l \perp \Pi_2$, მაშინ სივრცეში $M \in l$.

ამგვარი მსჯელობისა და თვალსაჩინო გამოსახულების (სურ.87-3) საფუძველზეა აგებული l წრფისა და α სიბრტყის თანკვეთის M წერტილი ეპიურზე (სურ.87-4). სახელდობრ, აქ დაფიქსირებულია $M_2=l_2 \cap a_2$ და $l_1=M_1$.

ოდნავ გავაფართოვოთ ჩვენი ცოდნა პოზიციური ამოცანების შესახებ (ხაზვაში ყველა ამოცანა პოზიციურია, თუ იგი დაკავშირებული არ არის გაზომვასთან, ხოლო

გაზომვასთან დაკავშირებულ ამოცანას მეტრული ამოცანა ეწოდება) და განვიხილოთ წახნაგოვანი გეომეტრიული სხეულის ზედაპირისა და წრფის თანკვეთის შემთხვევები.

88-1 სურათზე ნაჩვენებია მართი სამწახნაგა პრიზმის და წრფის (l) თანკვეთა სივრცეში, ხოლო 88-2 სურათზე – ამ ამოცანის რეალიზაცია ეპიურზე. როგორც სურათიდან ჩანს, საძიებელი M და N წერტილები ეკუთვნის როგორც წრფეს, ისე პრიზმის შესაბამის წახნაგებს ($M \in AA'B'B$ და $N \in BB'C'C$). ადვილი მისახვედრია, რომ M-ისა და N-ის აგება შესაძლოა დავიყვანოთ წრფისა და მაგეგმილებელი სიბრტყის თანკვეთის ზემოთ განხილულ ამოცანამდე (ეს შესაძლებელია, რადგან მოცემულ შემთხვევაში პრიზმის წახნაგები მაგეგმილებელი სიბრტყეებია), მაგრამ ეს წერტილები შეიძლება სხვაგვარადაც ავაგოთ.



სურ.88

დავაფიქსიროთ l-ზე გამავალი ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი α სიბრტყე და ვიპოვოთ AA'B'B წახნაგისა და მისი თანკვეთის EG წრფე. ანალოგიურად ავაგოთ $FH=\alpha \cap BB'C'C$. მიღებული EGHF ფიგურა იქნება მოცემული პრიზმისა და სიბრტყის თანკვეთის შედეგი ანუ კვეთი. ერთი გვერდი (EG) ერთ წახნაგს (AA'B'B) ეკუთვნის, ხოლო მეორე (FH) მეორეს (AA'C'C). მაგრამ ორივე გვერდი α სიბრტყეს ეკუთვნის, α სიბრტყე კი l-ზე გადის. აქედან გამომდინარე, მოცემული წრფე (l) გადაკვეთს ჩვენ მიერ აგებულ ფიგურას სწორედ საძიებელ M და N წერტილებში. იმის დასამტკიცებლად, რომ M ნამდვილად ეკუთვნის AA'B'B წახნაგს, ხოლო N – AA'C'C-ს, მოვიშველიოთ თემის შესავალში მოყვანილი დებულებები. საბოლოოდ მივალთ იმ დასკვნამდე, რომ ჩვენ მიერ აგებული M და N წერტილები საძიებელი, ანუ მოცემული l წრფისა და მოცემული პრიზმის ზედაპირის თანკვეთის წერტილებია.

88-3 სურათზე ნაჩვენებია პირამიდის ზედაპირისა და წრფის თანკვეთის წერტილების აგება სივრცეში. აქ დაფიქსირებულია l წრფეზე გამავალი ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი სიბრტყე (α), პირამიდისა და მისი თანკვეთისას მიღებული EFG კვეთი, აგრეთვე კვეთის გვერდებისა და l წრფის თანკვეთის ანუ საძიებელი M და N წერტილები.

ზემოთ განხილული აგება განვახორციელოთ ეპიურზე (სურ. 88-4) დავაფიქსიროთ l წრფის ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი α სიბრტყე ($\alpha_1 = l_1$). ავაგოთ EFG კვეთი. ამისათვის საჭირო სამი წერტილიდან ორი (E და G) შეგვიძლია პირდაპირ – დამატებითი აგებების გარეშე მოვნიშნოთ. საქმე ისაა, რომ აღებულ შემთხვევაში პირამიდა ფუძით დგას ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში და $E_1 = a_1 \cap A_1B_1$ წერტილი განიხილება, როგორც მაგეგმილებელი სიბრტყისა და პირამიდის ფუძის AB გვერდის თანკვეთის შედეგი. E წერტილი ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეზე მდებარეობს, ამის გამო მისი ფრონტალური გეგმილი შეთავსებული იქნება ღერძთან (რადგან არ არსებობს მანძილი წერტილიდან ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყემდე ($E \in \Pi_1$), შესაბამისად არ არსებობს მანძილი წერტილის ფრონტალური გეგმილიდან გეგმილთა ღერძამდე). ანალოგიურად ვიპოვით G წერტილსაც. რამდენადმე გართულდება F-ის პოვნა. საქმე ისაა, რომ იგი, როგორც ეპიურიდან ჩანს, SB წიბოს ეკუთვნის, ხოლო ეს უკანასკნელი პროფილის სიბრტყის პარალელური წრფის მონაკვეთია. ეს ის შემთხვევაა, როცა მხოლოდ ჰორიზონტალური გეგმილით ($F_1 = S_1B_1 \cap a_1$) შეუძლებელია წერტილის ფრონტალური გეგმილის (F_2) აგება და საჭიროა მესამე გეგმილის მოშველიება. ამისათვის, ეპიურზე აგებულია აღებული შემთხვევისათვის აუცილებელი SB წიბოს მესამე გეგმილი – S_3B_3 და მოძებნილია მასზე F_3 (ნახაზზე გრაფიკული პროცესი მითითებულია ისრებით). ამ მაგალითში საყურადღებოა ისიც, რომ ჯერ მოძებნილია საძიებელი წერტილის ფრონტალური (M_2 და N_2) გეგმილები, ხოლო შემდეგ (გეგმილური კავშირის წრფეების მეშვეობით) – ჰორიზონტალური (M_1 და N_1).

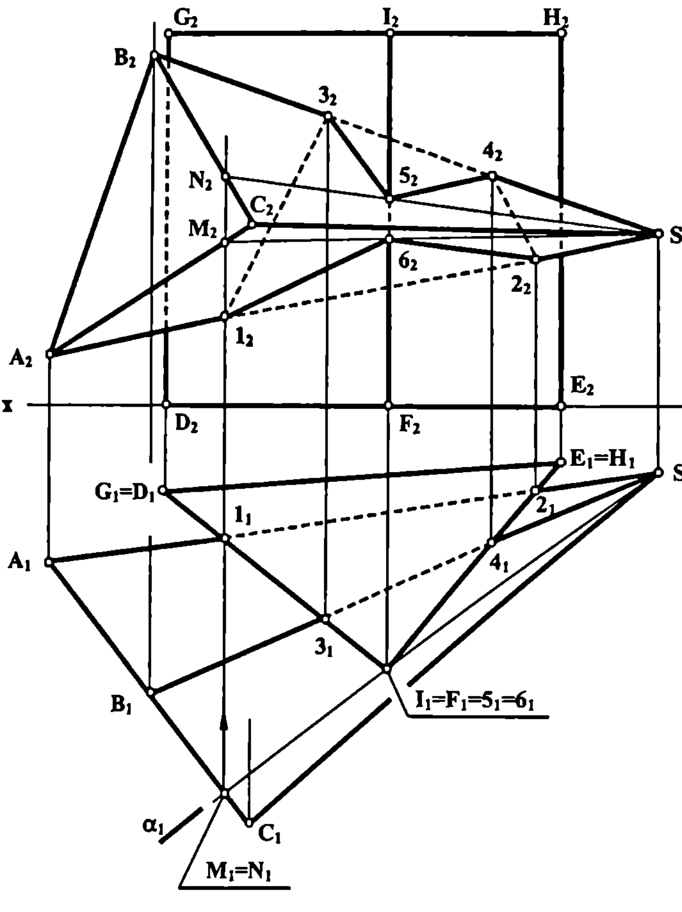
2) განვიხილოთ მართი პრიზმისა და ზოგადი მდებარეობის პირამიდის თანკვეთის წირის აგების მაგალითი (სურ. 89).

რადგან მოცემული პრიზმის წახნაგები ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი სიბრტყეების ნაწილებია, ამიტომ საძიებელი წირის ჰორიზონტალური გეგმილი, პრიზმის ზედაპირის ჰორიზონტალურ გეგმილთან იქნება შეთავსებული.

გარდა ამისა, ნახაზიდან უშუალოდ ჩანს, რომ პრიზმის DG და EH წიბოები, აგრეთვე პირამიდის SC წიბო, თანკვეთაში არ მონაწილეობს.

გავარჩიოთ პირამიდის SA და SB წიბოებისა და პრიზმის ზედაპირის თანკვეთა. ეს ამოცანა წრფისა და მაგეგმილებელი სიბრტყის თანკვეთის აგების ამოცანამდე დაიყვანება. ამით ეპიურზე უშუალოდ (მხოლოდ გეგმილური კავშირის ხაზების გამოყენებით) განისაზღვრება საძიებელი ტეხილის ოთხი წვერო (1, 2, 3, 4) აქედან პირველი წყვილი SA წიბოზე იქნება მოთავსებული, ხოლო მეორე – SB-ზე. ახლა ავაგოთ პრიზმის FI წიბოსა და პირამიდის ზედაპირის თანკვეთის წერტილების წყვილი. ამისათვის, გამოვიყენოთ პირამიდის S წვეროსა და პრიზ-

მის FI წიბოზე გამავალი α მაგეგმილებელი სიბრტყე (გთხოვთ მოისაზროთ, თუ რატომ არის FI წრფითა და მის გარეთ მდებარე S წერტილით განსაზღვრული α სიბრტყე მაგეგმილებელი). α სიბრტყისა და პირამიდის ზედაპირის თანკვეთა SMN სამკუთხედს (კვეთს) მოგვცემს, ხოლო ამ სამკუთხედის $S_2H_2N_2$ ფრონტალური გეგმილებისა და FI წიბოს F_2I_2 ფრონტალური გეგმილის თანაკვეთა წერტილების საძიებელი წყვილის ფრონტალურ გეგმილებს (5_2 და 6_2) განსაზღვრავს. ამ წერტილების ჰორიზონტალური გეგმილები FI წიბოს ჰორიზონტალურ გეგმილთან (F_1I_1) იქნება შეთავსებული ($F_1=5_1=6_1=I_1$).



სურ.89

მიღებული ექვსი წერტილი იქნება წერტილების ის სასრული რაოდენობა, რომლებიც განლაგებულია მოცემული მრავალწახნაგების წიბოებზე, ეკუთვნის ორივე მრავალწახნაგას ზედაპირს და შესაბამისად საძიებელი ტეხილის წვეროებია.

ახლა საჭიროა ამ წერტილების შეერთება და მოცემული ფიგურების ხილული და უხილავი ნაწილების განსაზღვრა, როგორც უკვე ითქვა, მხოლოდ ფრონტალურ გეგმილში ანუ წინა ხედში.

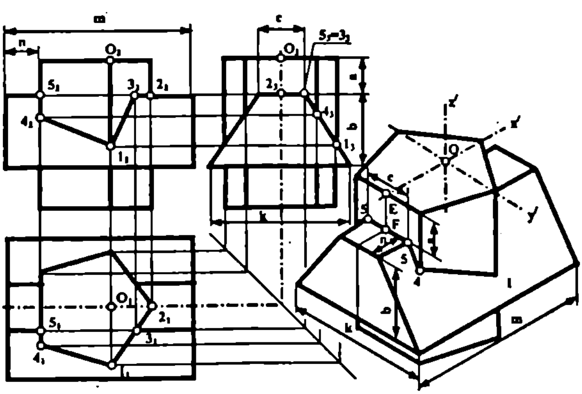
შევნიშნოთ, რომ წრფის მონაკვეთებით წვეროების მხოლოდ იმ წყვილების შეერთება შეიძლება, რომლებიც როგორც ერთი, ისე მეორე მრავალწახნაგას მხოლოდ ერთ, რომელიმე წახნაგზე მდებარეობს. შემოწმებით იოლად გავარკვევთ, რომ აღებულ შემთხვევაში ასეთი წყვილებია 1 და 3,3 და 5,5 და 4,4 და 2,2 და 6,6 და 1. თუ ამ თანამიმდევრობას დავიცავთ ფრონტალურ გეგმილში, 1_2 უნდა შეერთდეს 3_2-თან, 3_2–5_2-თან, 5_2–4_2-თან, 4_2–2_2-თან, 2_2–6_2-თან და 6_2–1_2-თან (ტეხილი ჩაიკეტა).

ხილვადობის განსაზღვრისათვის (ამჯერად მხოლოდ წინა ხედში) ვიხელმძღვანელოთ შემდეგი დებულებით: რადგან ჩვენ მიერ აგებული ტეხილის ყოველი გვერდი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ორი წახნაგის თანკვეთის შედეგი, აღებულ ხედში ხილული იქნება ტეხილის ის გვერდი, რომელიც ამავე ხედში ხილული წახნაგების თანკვეთით არის მიღებული. მაგ., განვიხილოთ ორი შემთხვევა:

1-6 გვერდი მიღებულია პირამიდის SAC და პრიზმის DGIF წახნაგების თანკვეთით. ორივე ეს წახნაგი წინა ხედში ხილულია, შესაბამისად ხილულია 1-6 გვერდიც;

1-3 გვერდი მიღებულია პირამიდის SAB და პრიზმის DGIF წახნაგების თანკვეთის შედეგად. ამ ორი წახნაგიდან წინა ხედში პირველი უხილავია, მეორე – ხილული. იმის გამო, რომ თანკვეთაში მონაწილე ერთ-ერთი წახნაგი წინა ხედში უხილავია, მიუხედავად იმისა, რომ მეორე ხილულია, 1-3 გვერდი უხილავია.

განვიხილოთ მეორე მაგალითი (სურ.90).



სურ.90

როგორც სურათიდან ჩანს, კვეთაში მონაწილე ორი მართკუთხა პრიზმიდან ერთი ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში მაგეგმილებელია. ხოლო მეორე – პროფილურში. ამგვარი განლაგების გამო, საძიებელი ტეხილის ჰორიზონტალური გეგმილი ხუთწახნაგა პრიზმის ჰორიზონტალურ გეგმილს დაემთხვა, ხოლო პროფილური – ოთხწახნაგა პრიზმის პროფილურ გეგმილს. აქედან გამომდინარე, ასაგებია ტეხილის მხოლოდ ფრონტალური გეგმილი.

საძიებელი ტეხილის წვეროების მოძებნა (ნახაზზე დანომრილია ტეხილის მხოლოდ ერთი ნახევარი) დაყვანილია კერძო მდებარეობის სიბრტყისა და წრფის (მაგეგმილებელი სიბრტყე, მაგეგმილებელი წრფე) თანკვეთის წერტილის აგების ამოცანამდე და დამატებით განმარტებას არ საჭიროებს. ამასთან, თვალსაჩინოებისათვის 90-ე სურათზე ნაჩვენებია ეპიურის მიხედვით აგებული იზომეტრია (აგებისათვის საჭირო ზომები მითითებულია ლათინური ანბანის ნუსხური ასოებით).

21. მრუდე ზედაპირების თანკვეთის წირის აგების უმარტივესი შემთხვევები

1. მრუდე ზედაპირების თანკვეთის წირი, ისევე, როგორც წახნაგოვანი ზედაპირების თანკვეთისა, კვეთაში მონაწილე ზედაპირების საერთო ელემენტია. განსხვავება ისაა, რომ წახნაგოვანი ზედაპირების საერთო ელემენტი ტეხილია, ხოლო მრუდე ზედაპირებისა – მრუდე წირი. ტეხილი მისი წვეროებით განისაზღვრება, ხოლო მრუდე წირი – მახასიათებელი წერტილებით (იგულისხმება წირის განსაზღვრის გრაფიკული ხერხი). აქედან უკვე შესაძლებელია შემდეგი დასკვნის გამოტანა: მრუდე ზედაპირების თანკვეთის წირის აგება შესაძლოა დავიყვანოთ წახნაგოვანი ზედაპირების თანკვეთის წირის აგების ამოცანამდე. ამის განხორციელება კი, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, შესაძლებელია იმ პირობით, თუ მრუდე ზედაპირს განვიხილავთ, როგორც წახნაგოვან ზედაპირზე შემოხაზულ ფიგურას. ცილინდრისათვის ეს წახნაგოვანი ზედაპირი იქნება მასში ჩახაზული პრიზმა, ხოლო კონუსისათვის – მასში ჩახაზული პირამიდა.

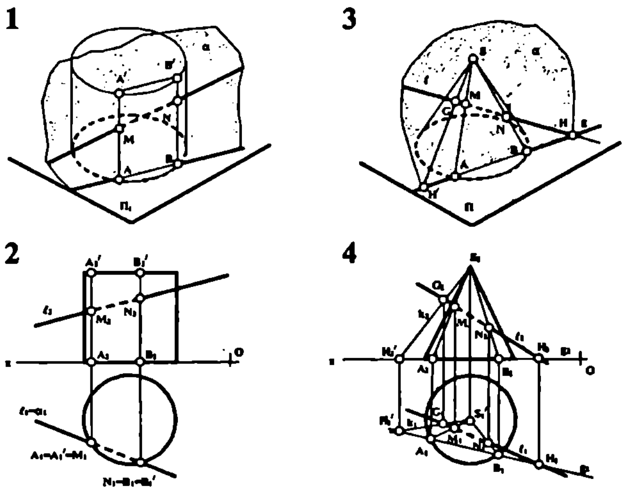
ამგვარი მსჯელობიდან გამომდინარე, ქვემოთ აღარ შევეხებით თანკვეთის წირის აგების წინა გაკვეთილზე განხილულ საფუძველს და შემოვიფარგლებით დასმული ამოცანის ზოგადი დახასიათებით, რომელშიც უფრო მეტი იქნება მრუდე ზედაპირებისათვის დამახასიათებელი ნიშნები.

2. ისევე, როგორც წახნაგოვანი ზედაპირების შემთხვევაში, აქაც ამოცანა დაიყვანება გეომეტრიული სხეულის ზედაპირის და წრფის თანკვეთის ამოცანამდე.

91-1 და 91-2 სურათებზე ნაჩვენებია ცილინდრისა და წრფის თანკვეთა შესაბამისად სივრცესა და ეპიურზე. როგორც ვხედავთ, ამ შემთხვევაშიც გამოყენებულია წრფეზე გამავალი მაგეგმილებელი სიბრტყე (α), აგებულია $AA'B'B$ კვეთი და მისი მეშვეობით ნაპოვნია საძიებელი M და N წერტილები. განხილული შემთხვევა ეხება მართ წრიულ ცილინდრს, რომელიც ფუძით დგას ჰორი-

ზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში და ზოგადი მდებარეობის წრფით (l) მისი გადაკვეთის წერტილების (M და N) მოკვლევა მართი პრიზმის შემთხვევის ანალოგიურია. განსხვავებულია მხოლოდ ტერმინოლოგია, მაგ., პრიზმისათვის AA' და BB' მონაკვეთები შესაბამისი წახნაგების კუთვნილი მონაკვეთებია, ხოლო ცილინდრისათვის – მსახველები.

მართი წრიული კონუსის შემთხვევაში ზემოთ მითითებული გზა რეკომენდებული არ არის, ვინაიდან EF და FG კონუსისათვის მრუდწირულია და მათი აგება განსხვავებულ ცოდნასა და განსხვავებული მოცულობის გრაფიკულ სამუშაოს მოითხოვს.



სურ.91

საქმის გასამარტივებლად დამხმარე წიბრტყედ გამოვიყენოთ არა მკვეთი წრფის მაგეგმილებელი, არამედ კონუსის წვეროსა და l წრფეზე გამავალი სიბრტყე. ნახაზზე ფიქსირებული კონუსის წვეროსა და წრფისათვის ასეთი სიბრტყე ერთადერთი იქნება (წრფისა და მის გარეთ მდებარე წერტილზე ერთადერთი სიბრტყე გადის). ამგვარი არჩევანის უპირატესობა ის არის, რომ წვეროსა და l წრფეზე გამავალი სიბრტყე კონუსის ზედაპირს წრფეებზე (მსახველზე) კვეთს, კვეთი კი ნებისმიერი კონუსისათვის სამკუთხედია.

მოყვანილ მსჯელობაში დამხმარე სიბრტყის არჩევის რაციონალურობა უეჭველია, მაგრამ ყოველივე ამის ეპიურზე რეალიზაცია აქამდე მიღებული ცოდნის რამდენადმე შევსებას მოითხოვს. სახელდობრ, უნდა შემოვიტანოთ წრფისა და სიბრტყის კვალის ცნებები. მათი შემოტანა მოხერხებულია წრიული კონუსისა და წრფის თანკვეთის წერტილების აგებისას.

განვიხილოთ 91-3 სურათზე ნაჩვენები გამოსახულება. საძიებელი M და N წერტილების ასაგებად აქ გამოყენებულია S-ით და l-ით განსაზღვრული α სიბრტყე - $\alpha(Sl)$. იმის გამო, რომ $S\in\alpha$-სა და კონუსის თანკვეთისას კვეთი იქნება სამკუთხედი, ამ სამკუთხედის წვეროებიდან ჩვენთვის ცნობილია მხოლოდ S წერტილი. დანარჩენი ორის (A და B) ასაგებად გამოვიყენოთ α სიბრტყის კვალი Π გეგმილთა სიბრტყეში ანუ α-სა და Π-ს თანკვეთის შედეგი – $g=\Pi\cap a$. g-ს მოსაძებნად დაგვჭირდება სულ ცოტა ორი ისეთი წერტილის განსაზღვრა, რომლებიც საერთო იქნება α-სა და Π-სთვის. ამასთან დაკავშირებით შემოვიტანოთ კიდევ ერთი ახალი ცნება – წრფის კვალი და ვუწოდოთ იგი წრფისა და გეგმილთა სიბრტყის თანკვეთის შედეგს. l-სათვის ეს იქნება H წერტილი, რომელზეც გაივლის g წრფე. g-ს განსაზღვრისათვის საჭირო მეორე წერტილი ვიპოვოთ ასე: ავიღოთ $G\in l$ წერტილი და შევაერთოთ იგი S-თან. მივიღებთ k წრფეს, რომელიც α-ს ეკუთვნის (თუ წრფის ორი წერტილი ეკუთვნის სიბრტყეს, მაშინ ეს წრფე მთლიანად ეკუთვნის ამ სიბრტყეს). დავნიშნოთ $H'=k\cap\Pi$. ცხადია, რომ H' ისევე, როგორც H, α-სა და Π-ს საერთო წერტილია, ხოლო მათზე გამავალი g წრფე – ამავე სიბრტყის (α და Π) თანკვეთის წრფე (αსიბრტყის კვალი Π სიბრტყეში). იმის გამო, რომ მოცემული კონუსის ფუძე Π სიბრტყეშია მოთავსებული, ნახაზზე ცალსახად განისაზღვრება g წრფისა და კონუსის ფუძის წრეწირის თანკვეთის A და B წერტილები. A და B შევაერთოთ S-თან. SAB სამკუთხედის გვერდებისა და l-ის თანკვეთისას მიიღება საძიებელი M და N წერტილები. M ეკუთვნის l წრფეს, იმიტომ, რომ იგი მიღებულია SA მსახველისა და l-ის თანაკვეთის შედეგად; M ეკუთვნის კონუსის ზედაპირს იმიტომ, რომ იგი ეკუთვნის ამ კონუსის SA მსახველს. ანალოგიური მსჯელობით დავასკვნით იმასაც, რომ N საერთოა l წრფისა და კონუსის ზედაპირისათვის. როგორც ირკვევა M და N საძიებელი წერტილებია, რადგან ისინი ეკუთვნის მოცემულ წრფესა და მოცემული კონუსის ზედაპირსაც.

ავაგოთ g წრფე, ანუ α სიბრტყის ჰორიზონტალური კვალი ეპიურზე (სურ.91-4). ამისათვის, ჯერ თვით α სიბრტყე განვსაზღვროთ ამოცანის ამოსახსნელად მოსახერხებელი ელემენტებით. უკვე ითქვა, რომ იგი S-ითა და l-ით არის განსაზღვრული, მაგრამ ეს მონაცემები საკმარისი არ არის g-ს ასაგებად. ამასთან დაკავშირებით, აღვნიშნოთ $G\in l$ ($G_1\in l_1$ და $G_2\in l_2$ – წრფისა და წერტილის კუთვნილების პირობა ეპიურზე). G შევაერთოთ S-თან და აღვნიშნოთ k(SG) წრფე. რადგან S და G ცალ-ცალკე ეკუთვნის α-ს, $k\in\alpha$ ავაგოთ H და H' იმ პირობით, რომ ისინი ეკუთვნოდა როგორც l-ს, ისე Π_1-ს. ამისათვის გავაგრძელოთ l_2 გეგმილთა ღერძის გადაკვეთამდე, ეს იქნება l წრფის ჰორიზონტალური კვალის ფრონტალური გეგმილი (H_2). აღვმართოთ მართობი H_2-დან l_1-ის გადაკვეთამდე. მივიღებთ H_1-ს, ანუ l-ის ჰორიზონტალური კვალის ჰორიზონტალურ გეგმილს. ანალოგიურად ავაგოთ k წრფის ჰორიზონტალური კვალი $H'(H'_1H'_2)$. შევაერთოთ H-სა და H'-ის ერთსახელა გეგმილები. მივიღებთ g

წრფის გეგმილებს – g_1-სა და g_2-ს. როგორც ვხედავთ, g_2 გეგმილთა ღერძთანაა შეთავსებული, რაც იმას მიუთითებს, რომ $g \in \Pi_1$.

იმის გამო, რომ კონუსი ფუძით ძევს Π_1-ში და $g \in \Pi_1$, g წრფისა და კონუსის ფუძის წრეწირის თანკვეთის წერტილებია A და B. ხოლო მათი შეერთებით S წვეროსთან მიიღება α სიბრტყისა და კონუსის ზედაპირის თანკვეთის მონაკვეთები. ABC სამკუთხედი და l წრფე ერთსა და იმავე α სიბრტყეშია მოთავსებული და ამის გამო, შესაძლოა მსჯელობა მათ თანკვეთაზე, რაც დასტურდება M და N წერტილების არსებობით. სხვათა შორის, ამ წერტილების (მაგ., M_1 და M_2) გეგმილები ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად არის აგებული, მაგრამ ვინაიდან ისინი ცალსახად განსაზღვრული ერთი წერტილის გეგმილებია, გასაგებია, რომ ღერძის ერთ მართობზე ანუ გეგმილური კავშირის ერთ წრფეზე უნდა აღმოჩნდნენ, რაც გრაფიკული აგების სიზუსტის მაჩვენებლად შეიძლება მივიჩნიოთ.

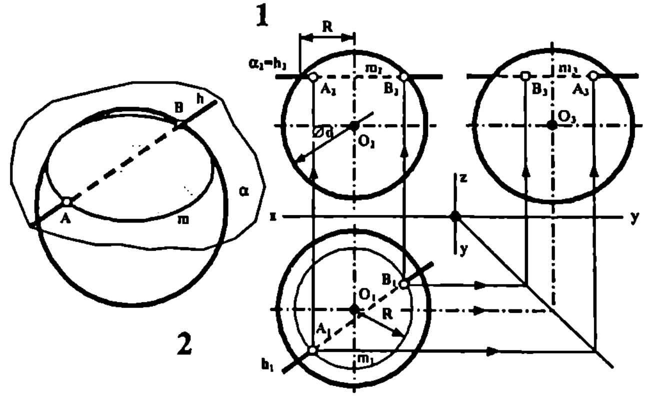
მრუდე ზედაპირების თანკვეთის წირის აგების ამოცანებს საკმაოდ ვრცელი შესავალი იმიტომ გავუკეთეთ, რომ ყოველი ასეთი ამოცანა დაიყვანება წრფისა და მრუდე ზედაპირის თანკვეთის წერტილს აგების ამოცანამდე. აქ იგულისხმება ამოცანის ამოხსნისადმი მიდგომა: ერთი მრუდე ზედაპირი დავტოვოთ ხელუხლებლად, ხოლო მეორისგან გამოვიყენოთ მხოლოდ მისი ზედაპირის კუთვნილი წრფეები (ბუნებრივია, აქ საქმე ეხება ე.წ. წრფოვან ზედაპირებს).

3. ზემოთ გაკვრით ვახსენეთ წრფოვანი ზედაპირები და იქვე მივუთითეთ, რომ ამგვარ ზედაპირს წარმოქმნის წრფივი მსახველი. ამით ოდნავ გავაღრმავეთ ჩვენი ცოდნა ცილინდრისა და კონუსის ზედაპირების შესახებ, რომლებიც ზედაპირების პირობით კლასიფიკაციაში წრფოვან ზედაპირებს ეკუთვნის.

ახლა განვიხილოთ სფერო, რომელიც მრუდმსახველიან ზედაპირებს ეკუთვნის და რომლის მიღება (ამაზე უკვე გვქონდა საუბარი) შეიძლება წრეწირის შემობრუნებით მისი ერთ-ერთი დიამეტრის ირგვლივ (იხ.სურ.79).

შევნიშნოთ, რომ სფერო, ისე როგორც მართი წრიული კონუსი და მართი წრიული ცილინდრი, ბრუნვის ზედაპირებს განეკუთვნება. 92-1 სურათზე ნაჩვენებია D-დიამეტრიანი სფერო და h დონის წრფე (გეგმილთა სიბრტყის პარალელურ წრფეს დონის წრფეს უწოდებენ). სამ გეგმილთა სიბრტყის შემთხვევაში არჩევენ ჰორიზონტალს ($h \| \Pi_1$), ფრონტალს ($f \| \Pi_2$) და პროფილის წრფეს ($P \| \Pi_3$). სფეროსა და წრფის თანკვეთის A და B წერტილები მოძებნილია ასე: დაფიქსირებულია h წრფეზე გამავალი ფრონტალურად მაგეგმილებელი α სიბრტყე. $h \| \Pi_1$ და $\alpha \perp \Pi_2$, ამის გამო $\alpha \| \Pi_1$. სფეროსა და ნებისმიერი სიბრტყის თანკვეთა არის წრეწირი. აღებულ შემთხვევაში R – რადიუსიანი წრეწირი (m), რომელიც მიღებულია α სიბრტყის მოქმედების შედეგად, ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში თავისი დიამეტრის (2R) ტოლ მონაკვეთად (m_2) აისახება, ხოლო ჰორიზონტალურში – თავის კონგრუენტულ წრეწირად (m_1). ვინაიდან $h \in \alpha$ და $m \in \alpha$, შეგვიძლია ვიმსჯელოთ h-ისა და m-ის თანაკვეთაზე A და B წერტილებში. გასაგები მიზეზის გამო საძიებელი წერტილების გეგმილები ჯერ ჰორიზონ-

ტალურ გეგმილთა სიბრტყეში ავაგოთ ($A_1=h_1\cap m_1$; $B_1=h_1\cap m_1$), ხოლო შემდეგ გეგმილური კავშირის ხაზების მეშვეობით — ფრონტალურ და პროფილურ სიბრტყეებში (A_2A_3 და B_2B_3).



სურ.92

იმის დასამტკიცებლად, რომ A ნამდვილად მოცემული წრფისა და სფეროს საერთო წერტილია, სავსებით საკმარისია ყურადღება მივაქციოთ იმას, რომ $A_1\in h_1$, $A_2\in h_2$, $A_3\in h_3$ ე.ი. $A\in h$, ამავე დროს $A_1\in m_1$, $A_2\in m_2$, $A_3\in m_3$, ე.ი. $A\in m$.

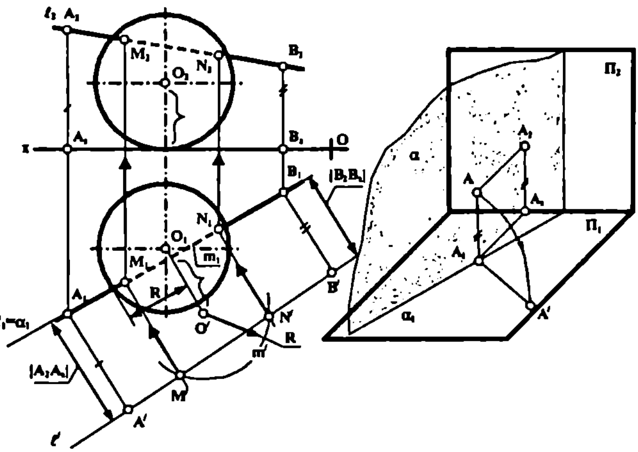
თუ წარმოვიდგენთ, რომ მოცემული სფერო არის გაუმჭვირი ბირთვის ზედაპირი, მაშინ საჭირო გახდება წრფის ხილული და უხილავი ნაწილების განსაზღვრა შესაბამის გეგმილთა სიბრტყეებში (ხედებში). მაგალითად, A წერტილი Π_2-ში ხილულია იმიტომ, რომ იგი სფეროს წინა ნახევარზეა მოთავსებული (ამას ვარკვევთ ჰორიზონტალური გეგმილის მიხედვით — სფეროს ნახევარი, რომელიც დიდი წრეწირის ქვემოთაა, ფრონტალურისათვის წინა ნახევარია). A წერტილი ხილულია Π_1-ში იმიტომ, რომ იგი სფეროს ზედა ნახევარზე მდებარეობს (ამას ვარკვევთ ფრონტალური გეგმილის მიხედვით. სფეროს ნახევარი, რომელიც ზემოთ აღნიშნული წრეწირის ზემოთაა, ჰორიზონტალურისათვის ზედა ნახევარია). A წერტილი ხილულია აგრეთვე Π_3-ში, იმიტომ, რომ იგი სფეროს წინა ნახევარზე მდებარეობს. ამას ვარკვევთ ჰორიზონტალური ან ფრონტალური გეგმილის მიხედვით — სფეროს ნახევარი, რომელიც დამკვირვებლის მხარესაა (იგულისხმება, რომ სფერო დამკვირვებელსა და Π_3 სიბრტყეს შორისაა მოქცეული), პროფილურისათვის წინა ნახევარია.

ანალოგიურად შეიძლება გავარკვიოთ B წერტილის ხილვადობა. სახელდობრ, B ხილულია Π_1-ში, ხოლო Π_2-სა და Π_3-ში — უხილავი.

სფეროს შიგა არეში მოქცეული ნაწილი მთლიანად უხილავია. ამიტომ, უხილავია წრფის ის მონაკვეთი, რომელიც იწყება კვეთის უხილავი წერტილიდან და მოთავსებულია გეომეტრიული სხეულის მოხაზულობის შიგა არეში.

92-2 სურათზე ნაჩვენებია სფეროსა და წრფის თანკვეთის ზემოთ განხილული მაგალითის თვალსაჩინო აქსონომეტრიული გამოსახულება.

განვიხილოთ მეორე მაგალითი (სურ.93). მოცემულია სფერო და მისი მკვეთი ზოგადი მდებარეობის l(AB) წრფე. მათი თანკვეთის M და N წერტილების მოსაძებნად მოვიქცეთ ასე:



სურ.93

დავაფიქსიროთ l წრფეზე გამავალი ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელი სიბრტყე. ეს უკანასკნელი სფეროს გადაკვეთს R-რადიუსიან m წრეწირზე, რომელიც Π_1-ში თავისი დიამეტრის ტოლ მონაკვეთად (m_1) აისახება, ხოლო Π_2-ში დაგეგმილდება ელიფსის სახით (m_2 ნახაზზე ნაჩვენები არ არის). იმის გამო, რომ $l \in \alpha \in m$, შესაძლოა ვიმსჯელოთ l-ისა და m-ის თანკვეთის შესახებ საძიებელ M და N წერტილებში. m-ისა და l-ის თანაკვეთა ნათლად ჩანს α სიბრტყეში, მაგრამ, ვინაიდან ეს უკანასკნელი მაგეგმილებელია, ჩვენთვის საინტერესო ყველა ელემენტი, სახელდობრ, კვეთაში მიღებული m წრეწირი, მოცემული l წრფე და საძიებელი M და N წერტილები α სიბრტყის ჰორიზონტალურ (α_1) გეგმილთან არის შეთავსებული. ახლა ვიფიქროთ იმაზე, თუ რა გზით შეიძლება ზემოაღნიშნული ელემენტების გათვალსაჩინოება ეპიურზე.

წარმოვიდგინოთ, დამკვირვებელი ისე დგას α-ს მიმართ, რომ მისი მზერის მიმართულება ამ სიბრტყის მართობულია. ასეთ პირობებში დამკვირვებელი დაუმახინჯებლად დაინახავს მისთვის საინტერესო სრულ სურათს. ავაგოთ ამ სურათის თვალსაჩინო გამოსახულება. ამისათვის α სიბრტყე პირობით მოვაბრუნოთ თავისივე გეგმილის (α_1) გარშემო ნახაზის Π_1 სიბრტყესთან შეთავსებამდე. მაგ., განვიხილოთ $A \in \alpha$ წერტილი α სიბრტყის α_1 ჰორიზონტალური გეგმილის

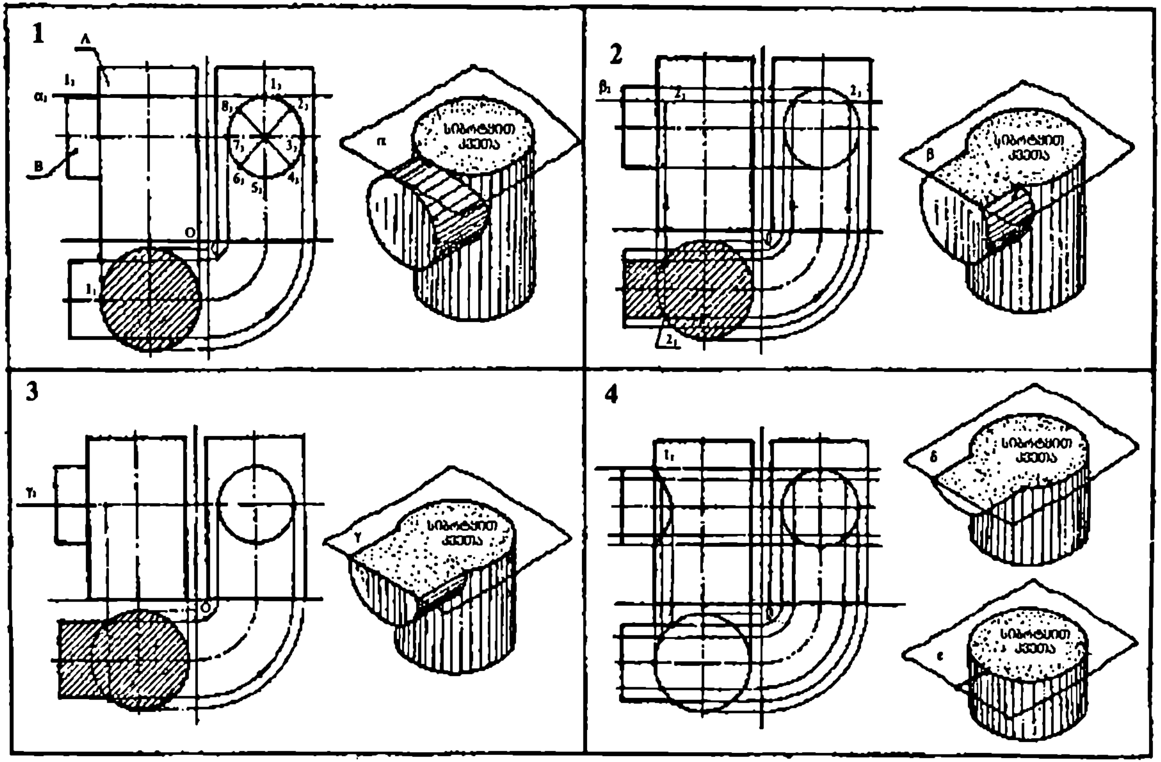
გარშემო მობრუნებისა და Π_1-თან შეთავსების პროცესი (სურათზე ნაჩვენებია ცალკე). გავითვალისწინოთ, რომ ღერძის გარშემო მბრუნავი წერტილი სივრცეში შემოწერს წრეწირს, რომლის სიბრტყე ბრუნვის ღერძის მართობულია. ჩვენი შემთხვევისათვის (იხ. ცალკე ნაჩვენები თვალსაჩინო სურათი) A მბრუნავი წერტილია, α_1 — ბრუნვის ღერძი, ხოლო მბრუნავი წერტილის მიერ შემოწერილი წრეწირის რადიუსი [AA_1] ანუ [A_2A_X] მონაკვეთი. ბრუნვის რადიუსი ბრუნვის ღერძის მართობულია და ბუნებრივია, იგი ბრუნვის ღერძის მართობული დარჩება მაშინაც, როცა იგი Π_1-ს შეუთავსდება. ამ მსჯელობიდან ნათელია, რომ Π_1-თან შეთავსებული A წერტილის მდებარეობის (A') განსაზღვრისათვის საკმარისია ეპიურზე A_1-დან აღვმართოთ α_1-ის მართობი და გადავზომოთ მასზე [A_2A_X] მონაკვეთი. ანალოგიურად ავაგებთ B'-ს და m წრეწირის O ცენტრის ახალ მდებარეობას (O'). O'-დან, როგორც ცენტრიდან, შემოვწეროთ წრეწირი (m'), რომლის R რადიუსი უშუალოდ ნახაზზე გაიზომება. აღვნიშნოთ შეთავსებული l'(A'B') წრფისა და m წრეწირის თანკვეთის M' და N' წერტილები. მათი უკან დაბრუნებით (სურათზე მითითებულია ისრებით) ავაგებთ, როგორც ჰორიზონტალურ (M_1 და N_1, ისე ფრონტალურ (M_2 და N_2) გეგმილებს.

ჩვენ მიერ აგებული M და N წერტილები ნამდვილად საძიებელი წერტილებია, რადგან ისინი ეკუთვნის როგორც სფეროს, ისე წრფეს. ამის დასამტკიცებლად გამოვიყენოთ წინა მაგალითის ანალიზი. ამ მაგალითის ანალოგიურია მკვეთი წრფის ხილული და უხილავი ნაწილების გამოკვლევის პირობითობაც.

4. მოცემულია ორი სხვადასხვადიამეტრიანი ცილინდრის ორთოგონალური გეგმილები. მათი ღერძები ურთიერთმართობული და ურთიერთგადამკვეთი წრფეებია. ორივე ღერძი Π_2-ის პარალელურია (სურ. 94). საჭიროა ამ ცილინდრების თანკვეთის წირის აგება.

წინასწარ გავაანალიზოთ, თუ რომელ გეგმილთა სიბრტყეში გამოჩნდება საძიებელი წირი. ცილინდრების გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ მოცემული განლაგების გამო (A ცილინდრი Π_1-ში მაგეგმილებელია, ხოლო B — Π_3-ში), ასაგებია საძიებელი წირის მხოლოდ ფრონტალური გეგმილი.

დასმული ამოცანის ამოსახსნელად გამოვიყენოთ ისეთი განლაგების მკვეთი პარალელური სიბრტყეები, რომ მოცემული ცილინდრები გადაიკვეთონ ასაგებად მარტივ ფიგურებზე. ადვილი მისახვედრია, რომ აღებულ შემთხვევაში ხელსაყრელია Π_1-ის პარალელური, ანუ დონის სიბრტყეების გამოყენება. საქმე ისაა, რომ ყოველი ასეთი დამხმარე სიბრტყე A ცილინდრს წრეწირზე გადაკვეთს, ხოლო B-ს მართკუთხედზე. აღნიშნული წრეწირის ფრონტალური და პროფილური გეგმილები შესაბამისი დამხმარე სიბრტყის ფრონტალურ გეგმილს დაემთხვევა, ხოლო ჰორიზონტალური — A ცილინდრის ფუძის გეგმილს. მსახველები, რომლებზეც დამხმარე სიბრტყე B ცილინდრს გადაკვეთს Π_1-სა და Π_2-ში წრფის მონაკვეთებად აისახება, ხოლო Π_3-ში წერტილებად. 94-ე სურათზე თანმიმდევრობითაა ნაჩვენები საძიებელი წირის ფრონტალური გეგმილის აგება.


1
A
B
O
2
3
4
სიბრტყით კვეთა
სიბრტყით კვეთა
სიბრტყით კვეთა
სიბრტყით კვეთა
სიბრტყით კვეთა

სურ.94

დამახასიათებელი წერტილების ასაგებად გამოყენებულია α, β, γ... სიბრტყეები, მათი მეშვეობით მოძებნილია თანკვეთის წირის კუთვნილი 8 წერტილი, ამ წერტილების ფრონტალური გეგმილების მომვლები წირი საძიებელი წირის ფრონტალური გეგმილი იქნება (სურათზე აღნიშნულია მხოლოდ 1 და 2).

განვიხილოთ თანკვეთის წირის აგების ოთხი გრაფიკული სქემა იმ პირობით, რომ თანკვეთაში მონაწილე გეომეტრიული ზედაპირები (კონუსი, ცილინდრი და სფერო) მოცემული იქნება თავ-თავიანთი განმსაზღვრელებით. ამასთან დაკავშირებით, ჯერ განვმარტოთ ზედაპირის განმსაზღვრელის ცნება. შევთანხმდეთ, რომ ზედაპირი აღინიშნება ბერძნული ანბანის ნუსხური ასოთი, ხოლო წერტილი და წირი შესაბამისად ლათინური ასოთმთავრულით და ნუსხურით. ზედაპირის განმსაზღვრელი შედგება ორი, გეომეტრიული და ალგორითმული ნაწილისაგან. გეომეტრიულში მოცემულია განმსაზღვრელის გეომეტრიული ელემენტები, მაგალითად, კონუსისათვის ეს იქნება წვერო (წერტილი) და მიმმართველი (წირი), ცილინდრისათვის კი მსახველი (წრფე) და მიმმართველი (წირი).

მოვიყვანოთ ჩვენთვის საინტერესო ორი მაგალითი:

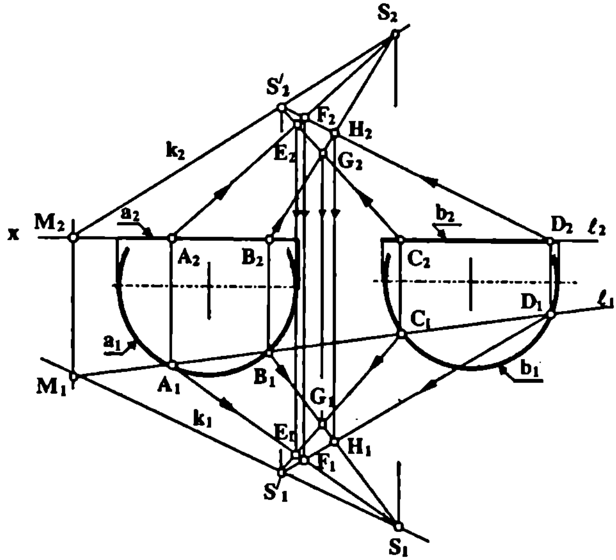
1. ჩანაწერი $\varphi(Sa)$ [ა] იკითხება ასე: φ ზედაპირი მოცემულია S წერტილითა და a წირით (გეომეტრიული ნაწილი), იმ პირობით, რომ ზედაპირის ყოველი მსახველი (წრფე) გადის S-ზე და კვეთს a-ს (ალგორითმული ნაწილი). ამ მონაცემების მქონე ზედაპირია კონუსური ზედაპირი, რომლის წვეროა S, მიმმართველი – a;

2. ჩანაწერი $\varphi(g,m)$ [ა] იკითხება ასე: φ ზედაპირი მოცემულია g წრფითა და m წირით (გეომეტრიული ნაწილი), იმ პირობით, რომ ზედაპირის ყოველი მსახველი არის g-ს პარალელური და კვეთს m-ს (ალგორითმული ნაწილი). ამ მონაცემების მქონე ზედაპირია ცილინდრული ზედაპირი, რომლის მსახველია g, მიმმართველი – m;

3. ჩანაწერი $\varphi(O,R)$ [ა] იკითხება ასე: φ ზედაპირი მოცემულია O ცენტრითა და R რადიუსით (გეომეტრიული ნაწილი), იმ პირობით, რომ ეს ზედაპირი არის სფერო.

ახლა კი შეგვიძლია გადავიდეთ თანკვეთის წირის აგების ზემოაღნიშნულ სქემებზე.

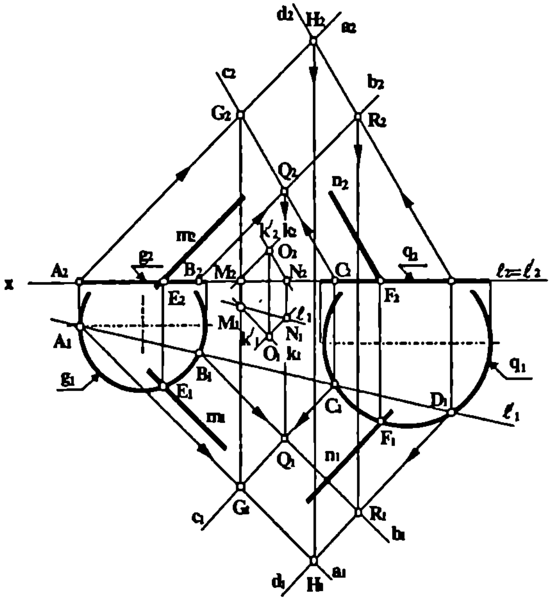
1) 95-ე სურათზე ნაჩვენებია ეპიურზე ორი კონუსური ზედაპირის $\varphi(Sa)$ და $\varphi'(S'a)$ – თანკვეთის წირის აგების გრაფიკული სქემა. როგორც სურათიდან ჩანს, კონუსების a და b მიმმართველები ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში მდებარე წრეწირებია. საძიებელი თანკვეთის წირის მახასიათებელი წერტილების ასაგებად მოცემული კონუსების წვეროები შეერთებულია k(S,S') წრფით; მოძებნილია ამ უკანასკნელის M ჰორიზონტალური კვალი (იმიტომ, რომ მიმმართველები ეკუთვნის Π_1-ს); გავლებულია დამხმარე სიბრტყის l_1 ჰორიზონტალური კვალი (იგულისხმება, რომ M_1-ზე გამავალი ნებისმიერი წრფე, მათ შორის l_1-იც, შესაძლოა განხილულ იქნეს, როგორც მოცემული ზედაპირების (S და S' წვეროებზე გამავალი სიბრტყის ჰორიზონტალური კვალი); მონიშნულია მიმმართველებისა (a და b) და l-ის თანკვეთის წერტილები (A, B და C, D); აგებულია ამ წერტილებზე გამავალი მსახველები (SA და SB – S'C და S'D), ხოლო მათი



სურ.95

თანკვეთის შედეგად მიღებულია $E=SA\cap S'C$, $F=SA\cap S'D$, $G=SB\cap S'C$ და $H=SB\cap S'D$ წერტილები. იმის გამო, რომ ეპიურზე დაკმაყოფილებულია ჩვენთვის ცნობილი კუთვნილების პირობები, შეგვიძლია დავასკვნათ შემდეგი: აგებული წერტილების ოთხეულიდან თითოეული მოთავსებულია როგორც ერთი, ისე მეორე კონუსის ზედაპირზე და ამიტომ, ისინი საძიებელი თანაკვეთის წირის კუთვნილი წერტილებია. ანალოგიურად შეგვიძლია მოვძებნოთ ნებისმიერი რაოდენობის წერტილი. ბუნებრივია, ამ რაოდენობაზე იქნება დამოკიდებული მათი მომვლების, ანუ საძიებელი წირის გრაფიკული სიზუსტე.

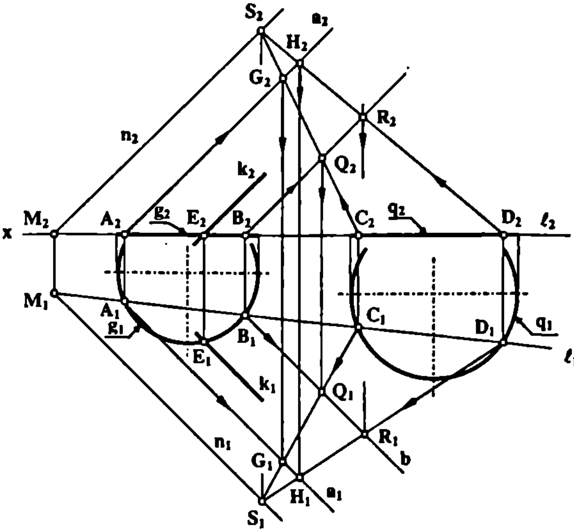
2) 96-ე სურათზე ნაჩვენებია ეპიურზე ორი ცილინდრული ზედაპირის — $\varphi(g,m)$-ისა და $\varphi'(q,n)$-ის — თანკვეთის წირის აგების გრაფიკული სქემა. როგორც სურათიდან ჩანს, ცილინდრების g და q მიმმართველები ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში მდებარე წრეწირებია. საძიებელი თანაკვეთის წირის მახასიათებელი წერტილების ასაგებად ჯერ განსაზღვრულია ორივე ცილინდრის მსახველების პარალელური სიბრტყის $l_1(l_1l_2)$ კვალი, რისთვისაც ეპიურზე აღებულია ნებისმიერი O წერტილი, ამ უკანასკნელზე გავლებულია $k\|m$ და $k'\|n$ წრფეები, მოძებნილია ამ წრფეთა ჰორიზონტალური კვალები $M(M_1M_2)$ და $N(N_1N_2)$ და მათი შეერთებით მიღებულია $l_1(M_1N_1)$ წრფე, ანუ საძიებელი დამხმარე სიბრტყის ($k\cap k'$) ჰორიზონტალური კვალი. ვინაიდან ეპიურზე დაცულია წრფისა



სურ.96

და სიბრტყის პარალელურობის პირობა (წრფე სიბრტყის პარალელურია, თუ ის პარალელურია ამ სიბრტყეში მდებარე წრფისა), ჩვენ მიერ აგებული დამხამრე სიბრტყე მოცემული ორივე ცილინდრის მსახველების პარალელურია. l_1 წრფის პარალელური ნებისმიერი წრფე (მათ შორის l'_1) შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც ზემოაღნიშნული დამხმარე სიბრტყის პარალელური სიბრტყის ჰორიზონტალური კვალი (პარალელური სიბრტყეების ერთსახელა კვალები ურთიერთპარალელურია). აღნიშნულია l'-ისა და მოცემული ზედაპირების მიმმართველების თანაკვეთის A, B, C და D წერტილები, ყოველ მათგანზე გავლებულია შესაბამისი ცილინდრის მსახველები a, b, c, d და, ბოლოს, ამ უკანასკნელების თანკვეთის შედეგად მიღებულია $G=a\cap c$, $H=a\cap d$, $Q=b\cap c$, $R=b\cap d$ წერტილები. ვინაიდან ეპიურზე დაცულია მიკუთვნების პირობები, შეგვიძლია დავასკვნათ: აგებული წერტილების ოთხეულიდან თითოეული მოთავსებულია როგორც ერთ, ისე მეორე ცილინდრულ ზედაპირზე და ამიტომ, ისინი საძიებელი თანკვეთის წირის კუთვნილი წერტილებია.

ანალოგიურად შეგვიძლია მოვძებნოთ ნებისმიერი რაოდენობის წერტილი. ბუნებრივია, ამ რაოდენობაზე იქნება დამოკიდებული მათი მომვლების, ანუ საძიებელი წირის გრაფიკული სიზუსტე.

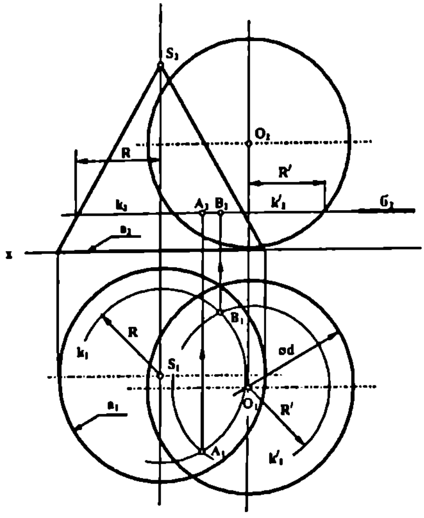


სურ.97

შენიშვნა: კონუსების შემთხვევაში მსახველი ავაგეთ წვეროსა და მიმმართველის ნებისმიერი წერტილის შეერთებით (მაგ., SA, S'C და ა.შ.) ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ ცილინდრების შემთხვევაში, მაგ., A-ზე გამავალი მსახველის აგებისას მეორე წერტილის განსაზღვრა დაეკისრა პირობას იმის შესახებ, რომ ცილინდრის მსახველები ურთიერთპარალელურია. ამის გამო, ერთი წერტილიც საკმარისი აღმოჩნდა საჭირო მსახველის ცალსახად განსაზღვრისათვის.

3) 97-ე სურათზე ნაჩვენებია ეპიურზე ცილინდრისა და კონუსის – φ(g,k)-სა და φ'(Sq)-ის თანაკვეთის წირის აგების გრაფიკული სქემა.

სურათიდან ჩანს, რომ როგორც ერთი, ისე მეორე ზედაპირის მიმმართველი წინა სქემების ანალოგიურად ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში მდებარე წრეწირია. საძიებელი თანკვეთის წირის მახასიათებელი წერტილების ასაგებად გამოყენებულია კონუსის წვეროზე ცილინდრის მსახველების პარალელურად გამავალი დამხმარე სიბრტყე. ამისათვის, კონუსის წვეროზე გავლებულია ცილინდრის მოცემული მსახველის პარალელური n წრფე და მოძებნილია ამ უკანასკნელის ჰორიზონტალური M კვალი (რატომ ჰორიზონტალური?). M-ზე გავლებულია ნებისმიერი l წრფე (კონუსის წვეროზე გამავალი და ცილინდრის მსახველების პარალელური სიბრტყეების სიმრავლიდან ერთ-ერთის კვალი), აღნიშნულია ამ უკანასკნელისა და მოცემული ზედაპირების მიმმართველების თანკვეთის წერტილები (A, B, C, D). ამის შემდეგ საძიებელი წირის წერტილები (G, H, Q, R) ზემოთ განხილული სქემების ანალოგიურად აიგება და განმარტებას არ საჭიროებს.



სურ.98

4) 98-ე სურათზე ნაჩვენებია მართი წრიული $\varphi(S,a)$ კონუსის (ფუძე ძევს Π_1-ში) და $\varphi'(O,R)$ სფეროს თანაკვეთის წირის აგების გრაფიკული სქემა.

საძიებელი წირის მახასიათებელი წერტილების ასაგებად განსახილველ სქემაში გამოყენებულია ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყის პარალელური σ სიბრტყე (გაიხსენეთ რომ ასეთი მდებარეობის სიბრტყეს ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყის მიმართ დონის სიბრტყე ეწოდება და გაითვალისწინეთ ისიც, რომ იგი ფრონტალური და პროფილური სიბრტყეებისათვის მაგეგმილებელია).

σ დამხმარე სიბრტყე კონუსს და სფეროს შესაბამისად R' და R" - რადიუსიან k და k' წრეწირებზე გადაკვეთს, ამ წრეწირების თანკვეთის A და B წერტილები საძიებელი წირის კუთვნილი წერტილები იქნება. ანალოგიურად შეიძლება მრავალი ასეთი წერტილის აგება.

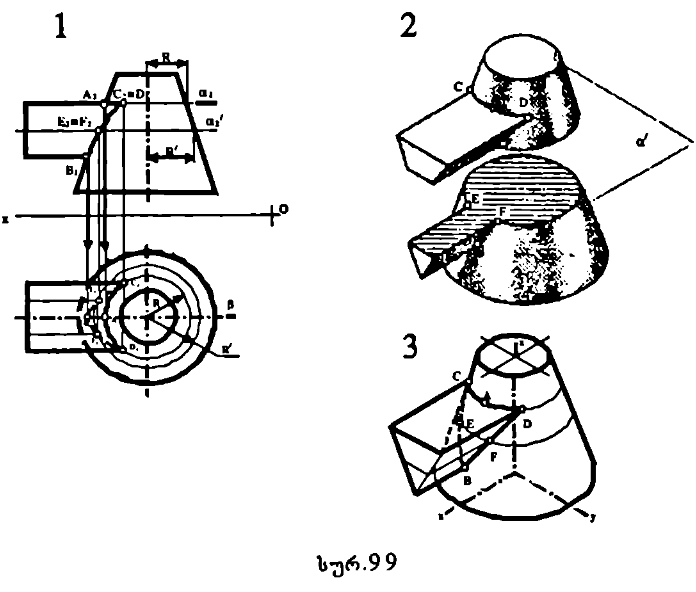
ბუნებრივია, აქაც წერტილების სიმრავლეზე იქნება დამოკიდებული მათი მომვლების, ანუ საძიებელი წირის გრაფიკული სიზუსტე.

22. მე-2 სირთულის ფიგურის ნახაზის შესრულების მაგალითები

99-ე სურათზე ნაჩვენებია მართი წრიული წაკვეთილი კონუსისა და მართი სამწახნაგა პრიზმის თანკვეთის წირის ორთოგონალური გეგმილებისა (სურ.99-1) და აქსონომეტრიის აგება (სურ.99-2). როგორც სურათიდან ჩანს, კონუსი ფუძით დგას ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში, ხოლო პრიზმის წიბოები ჰორიზონტალურ და ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყეების პარალელურია, ე.ი. პრიზმა პროფილურ სიბრტყეზე მაგეგმილებელია. პრიზმის ამგვარი მდებარეობის გამო მოცემულ შემთხვევაში ასაგებია საძიებელი წირის მხოლოდ ჰორიზონტალური და ფრონტალური გეგმილები. რაც შეეხება პროფილურს, საძიებელი წირი ამ გეგმილთა სიბრტყეში პრიზმის ფუძეს დაემთხვევა (სურათზე ნაჩვენები არ არის). ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ საძიებელი წირის ორი წერტილი (A და B) ფრონტალური გეგმილები A_2 და B_2 ყოველგვარი აგების გარეშე განისაზღვრება, როგორც მოცემული გეომეტრიული სხეულების ფრონტალური გეგმილების მოხაზულობის თანკვეთის შედეგი, რაც შეეხება ამავე წერტილების

ჰორიზონტალურ გეგმილებს (A_1 და B_1), ისინი გეგმილური კავშირის ხაზებით მოიძებნება (სურათზე მითითებულია ისრებით). ასევე მარტივად განისაზღვრება საძიებელი წირის კუთვნილი წერტილების კიდევ ერთი წყვილი (C და D). ეს იქნება ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეზე შემოწერილი R-რადიუსიანი წრეწირ-ისა და პრიზმის წიბოების თანკვეთის წერტილები. მათი ფრონტალური გეგმილე-ბი (C_2=D_2) მოიძებნება გეგმილური კავშირის ხაზებით (ეპიურზე ეს ხაზები შეთავსებულია). სურათზე, გარდა ზემოთ აღწერილი წერტილებისა, აგებულია საძიებელი წირის კიდევ ორი საშუალედო წერტილი (E და F). ამისათვის გამოყენებულია α' დონის სიბრტყე, რომელიც კონუსის ზედაპირს R'-რადიუ-სიან წრეწირზე გადაკვეთს, ხოლო პრიზმას — მართკუთხედზე. კვეთაში მიღებუ-ლი წრეწირისა და პრიზმის წახნაგების კუთვნილი მონაკვეთების ჰორიზონტა-ლური გეგმილების თანკვეთით აგებულია E_1 და F_1 ჰორიზონტალური გეგმილები, ხოლო გეგმილური კავშირის ხაზების მეშვეობით მიკვლეულია ამავე წერტილებ-ის ფრონტალური გეგმილები (E_2 და F_2). ეპიურზე მოძებნილი წერტილების მომვლები წირი საძიებელი წირი იქნება.

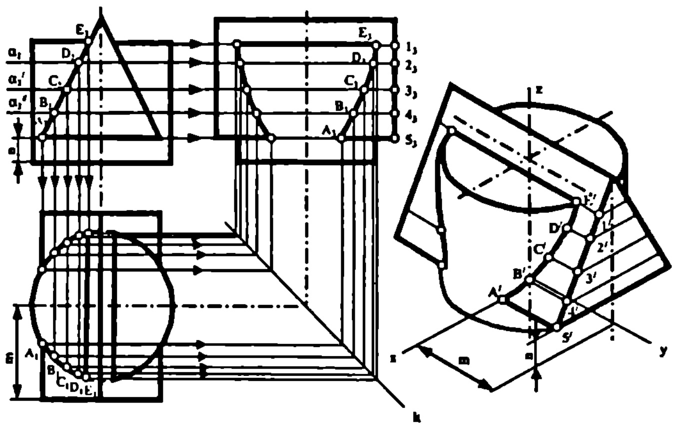
განხილულ მაგალითში მიჩნეულია, რომ კვეთაში მონაწილე გეომეტრიული სხეულები დამზადებულია გაუმჭვირი მასალისაგან და ამის გამო დაცულია ხილ-ვადობის პირობითობა. ყურადღება მიაქციეთ წირის სიმეტრიულობას ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყის პარალელური β სიბრტყის მიმართ და ამის შედეგად, ფრონ-ტალურ გეგმილთა სიბრტყეზე თანკვეთის წირის ხილული და უხილავი ნაწილებ-ის სიმეტრიულობას და მათ ურთიერთშეთავსებას (როცა შეთავსებულია ხილული და უხილავი ელემენტები, უპირატესობა ხილულ კონტურს ეკუთვნის).



სურ.99

ეპიურზე შესრულებული გრაფიკული მოქმედების თვალნათლივ წარმოსად-გენად დაგეხმარებათ 99-2 სურათი.

99-3 სურათზე მოცემულია ეპიურის მიხედვით აგებული იზომეტრიული გამოსახულება. აქ იზომეტრიის ღერძების თანკვეთის წერტილი შეთავსებულია კონუსის ფუძის ცენტრთან. გეომეტრიული სხეულების იზომეტრია აგებულია ჩვენთვის ცნობილი წესით, ხოლო თანკვეთის წირის ყოველი წერტილი ცალსახ-ად განისაზღვრება რიცხვთა სამეულით x-ის, y-ის და z-ის მიმართულებაზე (იზომეტრიის აგებისას გამოყენებულია 1-მდე დამრგვალებული კოეფიციენტები).



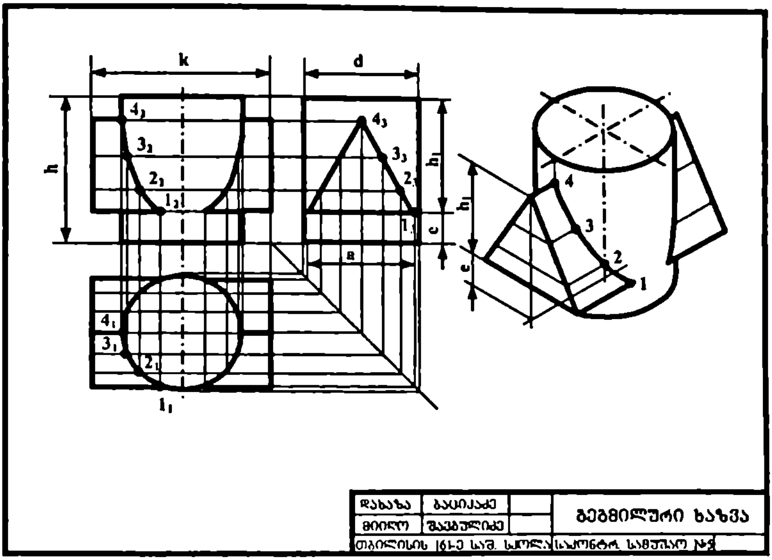
სურ.100

შევნიშნოთ, რომ აქსონომეტრიულ გეგმილზე უხილავი კონტურის ხაზების ჩვენება რეკომენდებული არ არის. მოცემულ შემთხვევაში (სურ.35-3) ამ პირო-ბიდან გადახრა დაშვებულია სასწავლო ინტერესების გათვალისწინებით.

მე-100 სურათზე ნაჩვენებია მართი წრიული ცილინდრისა და მართი სამ-წახნაგა პრიზმის თანკვეთის წირის აგების მაგალითი.

მოცემული გეომეტრიული სხეულების განლაგება გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ასეთია: ცილინდრი ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეზე მაგეგმილებე-ლია, ხოლო პრიზმა – ფრონტალურზე. ამის გამო საძიებელი წირი აგებულია მხოლოდ პროფილურ სიბრტყეში (მარცხენა გვერდხედში), რასაკვირველია, ჰორ-იზონტალური და ფრონტალური გეგმილების გამოყენებით. ამავე სურათზე ნაჩვენებია ეპიურის მიხედვით აგებული თვალსაჩინო იზომეტრიული გამოსახულება.

ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ ბოლო მაგალითში გეგმილთა ღერძები წაშლილია და მესამე ხედი აგებულია ჰორიზონტალური მიმართულების მიმართ 45^0-ით დახრილი წრფის გამოყენებით (ამ წრფეს ნახაზის მუდმივას უწოდებენ). საქმე ისაა, რომ ამგვარი მიდგომით ნახაზის აგების გეომეტრიული სქემა არ



სურ.101

იცვლება, ზოგიერთი ელემენტი კი გამოტოვებულია გრაფიკული გამოსახულების გამარტივების მიზნით.

მკითხველს ვთხოვ, დეტალურად გაარჩიოს 101-ე სურათზე ნაჩვენები მაგალითი. იგი შესაძლოა განხილულ იქნეს, როგორც განვლილი მასალის შემაჯამებელი ნიმუში.

მესამე თავი

ტექნიკური ხაზვის სასწავლო და სპეციალური ამოცანები

23. გრაფიკული გამოსახულებები

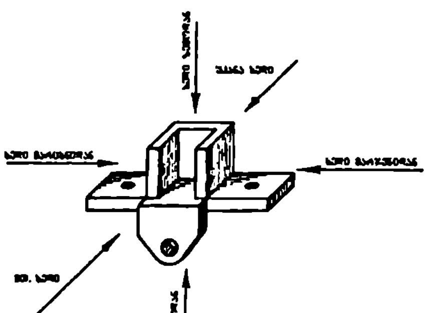
1. მონჟის ეპიურის გეომეტრიული სქემის შესწავლისა და პრაქტიკული გამოყენების დროს, ორთოგონალური გეგმილების პარალელურად, ხშირად ვიშველიებდით "ხედის" ცნებას და ვამბობდით, რომ საგნის ფრონტალური გეგმილი და წინა ხედი (მთავარი ხედი) ერთი და იგივე ცნებაა. ასევე ერთი და იგივე ცნებებია საგნის ჰორიზონტალური გეგმილი და ხედი ზემოდან, საგნის პროფილური გეგმილი და ხედი მარცხნიდან. იქვე იყო მითითებული ეპიურზე ორთოგონალური გეგმილების განლაგების სტანდარტულ წესებთან შესაბამისობის აუცილებლობა.

დავიხსომოთ ყველა ამ ცნების გეომეტრიული შინაარსი და პრაქტიკული მიზნებიდან გამომდინარე, გადავიდეთ იმ პირობითობაზე, რომელსაც სახელმწიფო სტანდარტების რეკომენდაციით იყენებენ ხაზვაში.

სტანდარტის მიხედვით ნახაზზე მოცემულ ყოველგვარ გამოსახულებას, ხედი იქნება ეს, ჭრილი თუ კვეთი – გრაფიკული გამოსახულება ეწოდება.

2. ხედი ეწოდება ფიგურის ხილულ, დამკვირვებლისაკენ მიქცეულ ზედაპირის გამოსახულებას. გეგმილისაგან განსხვავებით ხედზე დაშვებულია ზოგიერთი პირობითობა და გამარტივება. მაგალითად, ფიგურის უხილავი ელემენტები ნაჩვენებია წყვეტილი ხაზებით.

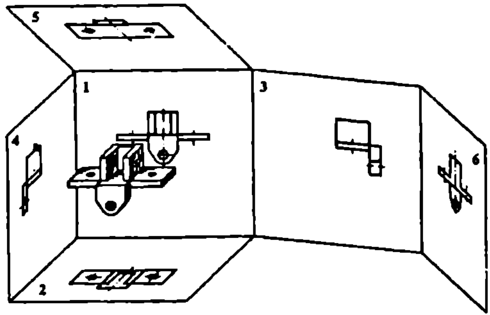
ხაზვაში გეგმილთა სიბრტყეებად მიღებულია კუბის ექვსი წახნაგი, რომლებიც ერთ სიბრტყესთანაა შეთავსებული. ნათქვამის საილუსტრაციოდ გამოდგება 102-ე, 103-ე და 104-ე სურათები. 102-ე სურათზე მითითებულია ხედების დასახელება, 103-ზე გამოსახულია კუბის შიგა არეში მოთავსებული ფიგურა, 104-ზე კი – წახნაგების ანუ გეგმილთა სიბრტყეების ერთ სიბრტყეზე განთავსების სტანდარტული პირობითობა.



სურ.102

სურათებზე ნაჩვენები ექვსი ხედი ძირითადი ხედების სახელითაა ცნობილი. ძირითად ხედებს შორის გეგმილური კავშირის დაცვა, როგორც წესი, სავალდებულოა. ამ მოთხოვნის შედეგად გამარტივებულია ნახაზის კითხვა და, რაც მთავარია, ხედები არ საჭიროებს დასახელების მიწერას ან რაიმე დამატებით ინფორმაციას მათი განლაგების შესახებ.

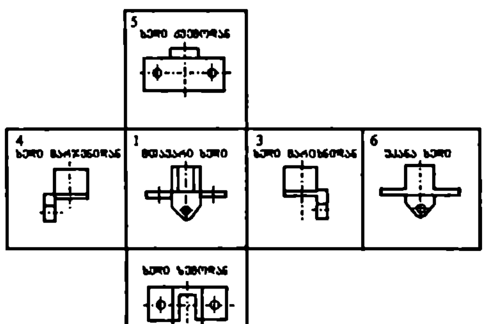
საზოგადოდ, ნახაზზე ხედების რაოდენობა მკაცრად უნდა იყოს განსაზღვრული. მაგალითად, ხშირად საჭირო არ არის ფიგურის ექვსივე ხედის ჩვენება, ზოგჯერ



სურ.103

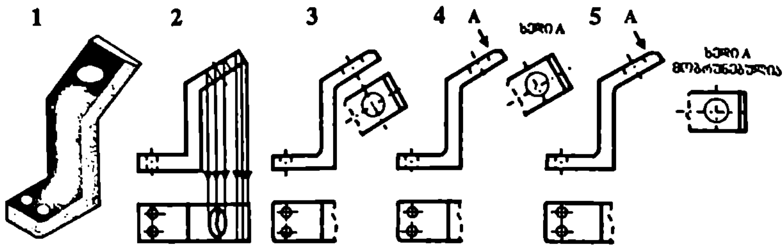
კი სათანადო პირობითობის გამოყენებით ერთი, სახელდობრ, მთავარი ხედიც საკმარისია. აქედან ცხადია, რომ ხედების რაოდენობის განსაზღვრის დროს მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული მათი აუცილებლობისა და საკმარისობის პირობა. როგორც ჭარბი ასევე არასაკმარისი ინფორმაცია დაუშვებელია. ფიგურის გამოსახულებათა საერთო რაოდენობა უნდა იყოს უმცირესი, მაგრამ სრულიად საკმარისი მისი ფორმების გამოსავლენად.

ნახაზზე გამოსახულებათა რაოდენობის შემცირების მიზნით ზოგჯერ (როცა ფიგურის ფორმა და ცალკეული ელემენტების ურთიერთგანლაგება ამის შესაძლებლობას იძლევა) ძირითად ხედებს შეავსებენ ხოლმე ადგილობრივი და დამატებითი ხედებით. ეს ამცირებს გრაფიკული სამუშაოს მოცულობას და სახაზავი ფართობის რაციონალურად გამოყენების საშუალებას იძლევა.



სურ.104

ადგილობრივ და დამატებით ხედებს შორის ის პრინციპული განსხვავებაა, რომ პირველი მიიღება რომელიმე ძირითად გეგმილთა სიბრტყის პარალელურ სიბრტყეში, ხოლო მეორის სიბრტყე არც ერთ გეგმილთა სიბრტყის პარალელური არ არის.



სურ.105

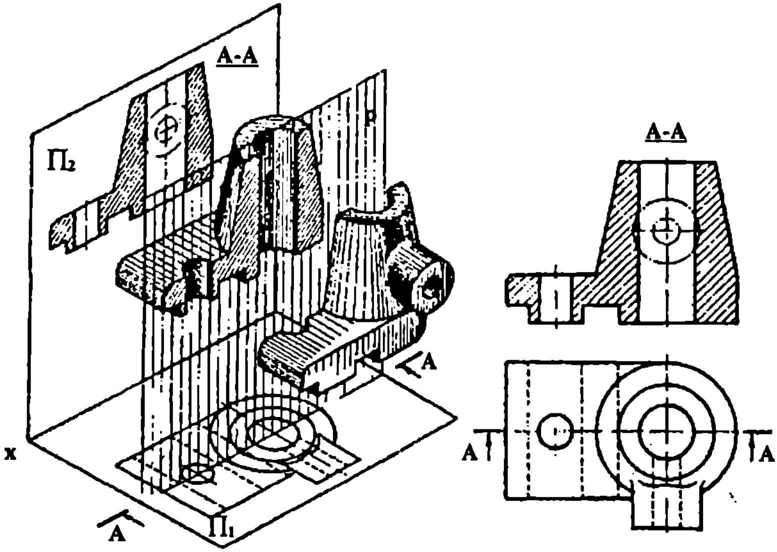
105-ე სურათზე ნაჩვენებია ერთი და იმავე ფიგურის (სურ. 105-1) ნახაზის შესრულების ოთხი ვარიანტი. პირველი (სურ.105-2) არასასურველია, რადგან ფიგურის ზემო ნაწილის ცილინდრული ხვრელის ზედა და ქვედა ფუძეები ზემოდან ხედში ელიფსებად გეგმილდება. უფრო მისაღებია მეორე ვარიანტი (სურ.105-3), რომელშიც გამოყენებულია ადგილობრივი ხედი, რომელიც ფიგურის დახრილი ნაწილის პარალელურ სიბრტყეზეა გამოსახული. დამატებითი ხედის შემოტანით შესაძლებელია ზედა ხედის მხოლოდ ნაწილის ჩვენება, რომელიც აღებულ შემთხვევაში განიხილება, როგორც ადგილობრივი ხედი. 105-4 და 105-5 სურათებზე ნაჩვენებია დამატებითი ხედების გამოსახვის ორი ვარიანტი. პირველ ვარიანტში ხედს არა აქვს გეგმილური კავშირი ძირითად გამოსახულებასთან, მეორეში კი გარდა იმისა, რომ ხედი დაძრულია, მობრუნებულიცაა თავისი მდებარეობის მიმართ.

3. ჭრილი ეწოდება ფიგურის ისეთ პირობით გამოსახულებას, რომელსაც დამკვირვებლის თვალსა და მკვეთ სიბრტყეს შორის მოთავსებული ნაწილი პირობით მოშორებული აქვს და გამოხაზულია მხოლოდ ის, რაც მკვეთ სიბრტყეშია და რაც მის უკან მდებარეობს. პირობითი ჭრილის მიზანია ფიგურის შიგა ფორმების ჩვენება. ამიტომ, ხშირად პირობით ჭრილს სასარგებლო ჭრილსაც უწოდებენ. საქმე ისაა, რომ თუ ჭრილში ფიგურის რაიმე შიგა ფორმა არ გამოჩნდა, ასეთი ჭრილის გაკეთებას აზრი არა აქვს.

ძირითად გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ მკვეთი სიბრტყეების განლაგების მიხედვით განასხვავებენ ჰორიზონტალურ (მკვეთი სიბრტყე Π_1-ის პარალელურია) და ვერტიკალურ (მკვეთი სიბრტყე პარალელურია Π_2-ის ან Π_3-ის) ჭრილებს. მეორე შემთხვევაში ჭრილი შეიძლება იყოს ფრონტალური (მკვეთი სიბრტყე Π_2-ის პარალელურია) ან პროფილური (მკვეთი სიბრტყე Π_3-ის პარალელურია).

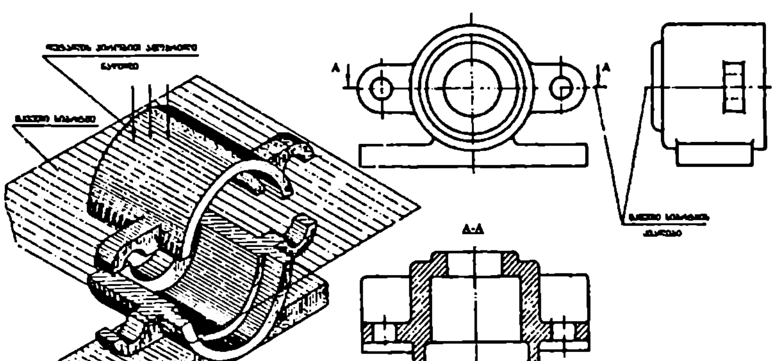
106-ე, 107-ე და 108-ე სურათებზე ნაჩვენებია შესაბამისად ფრონტალური, ჰორიზონტალური და პროფილური ჭრილების მაგალითები.

ნახაზზე ჭრილები, ჩვეულებრივ, აღინიშნება ლათინური ანბანის ასომთავრულით და ისრებით. სტანდარტის მიხედვით, ჭრილის აღნიშვნა აუცილებელია, თუ



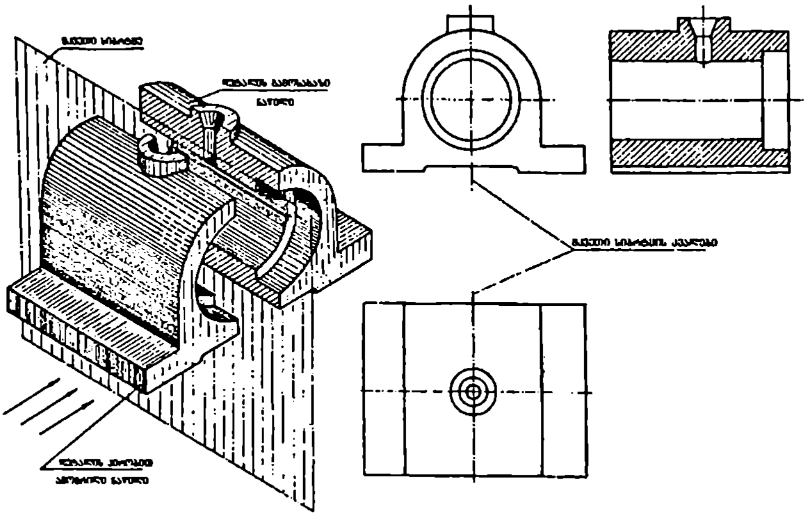
სურ.106

მკვეთი სიბრტყე არ ემთხვევა საგნის სიმეტრიის სიბრტყეს (სურ. 106, სურ. 107). მაგრამ, თუ მკვეთი სიბრტყე იმავე დროს ფიგურის სიმეტრიის სიბრტყეც არის, მაშინ დასაშვებია ჭრილის ჩვენება ყოველგვარი აღნიშვნის გარეშე (სურ. 108).



სურ.107

ყურადღება მიაქციეთ ფრონტალური ჭრილის გამოსახულებაზე (სურ. 106) ნაჩვენებ კონცენტრულ წრეწირებს, რომლებიც წერტილ-წყვეტილი ხაზებითაა შესრულებული. ისინი პირობითად მიუთითებენ ელემენტს, რომელიც ფიგურისაგან მოკვეთილ ნაწილს ეკუთვნის. დაიხსომეთ, რომ ყველა ანალოგიურ შემთხვევაში მოკვეთილი ელემენტის ფორმა და მდებარეობა ნებისმიერ ხედში სწორედ ასე უნდა მივანიშნოთ.



სურ.108

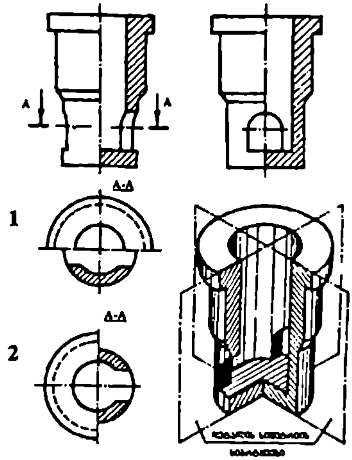
ზემოთ მოყვანილი მაგალითები მარტივი ჭრილის ნიმუშებია. ჭრილს მაშინ ეწოდება მარტივი, თუ იგი მიღებულია ერთი მკვეთი სიბრტყის გამოყენებით. არსებობს ე.წ. რთული ჭრილიც, რომელიც რამდენიმე მკვეთი სიბრტყით მიიღება. რთული ჭრილი არ შედის წინამდებარე კურსის პროგრამაში, ამიტომ, განვიხილავთ მხოლოდ მარტივი ჭრილების ორთოგონალურ გეგმილებსა და აქსონომეტრიას (რთული ჭრილებით დაინტერესების შემთხვევაში შეგიძლიათ იხ., ა.შავგულიძე, ტექნიკური ხაზვა, გამომც. "განათლება", თბილისი, 1967, გვ.87-88).

იმისათვის, რომ ორთოგონალურ გეგმილებში შემცირდეს გამოსახულებათა რაოდენობა, ნახაზი კი მაინც გასაგები და სრულყოფილი დარჩეს, ხშირად ხედსა და შესაბამის ჭრილს შეაუღლებენ ხოლმე და ერთად გამოსახავენ რომელიმე გეგმილთა სიბრტყეზე. ასეთი შეუღლება საშუალებას იძლევა უმცირესი რაოდენობის გამოსახულებათა მეშვეობით ამომწურავი წარმოდგენა შეგვექმნას გამოსახული ფიგურის როგორც შიგა, ისე გარე ფორმებზე.

სტანდარტის თანახმად, ნახევარი ხედისა და ნახევარი ჭრილის შეერთება დასაშვებია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ორივე სიმეტრიული ფორმისაა (სურ. 109).

109-ე სურათზე ნაჩვენები სიმეტრიის ღერძი, რომელიც წვრილი წერტილ-წყვეტილითაა გავლებული, ხედისა და ჭრილის საზღვარია. ეს გარემოება მიუთითებს, რომ ჭრილი პირობითია. მის ადგილას მთლიანი კონტურის ხაზის გამოყენება მიგვანიშნებდა, რომ ჭრილი რეალურია, ეს კი სინამდვილეს არ შეეფერება და ჭრილიც კარგავს დანიშნულებას.

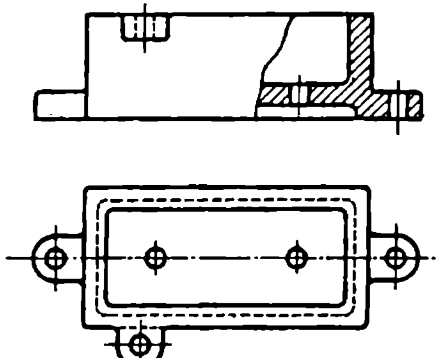
ვერტიკალური ჭრილისა და ხედის შეუღლებისას რეკომენდებულია ხედი მოთავსდეს სიმეტრიის ღერძის მარცხნივ, ხოლო ჭრილი — მარცხნივ (სურ. 109), ჰორიზონტალური ჭრილის შემთხვევაში კი — სიმეტრიის ღერძის მარჯვნივ ან ქვემოთ (109-ე სურ-ზე ნაჩვენებია ორივე შემთხვევა).



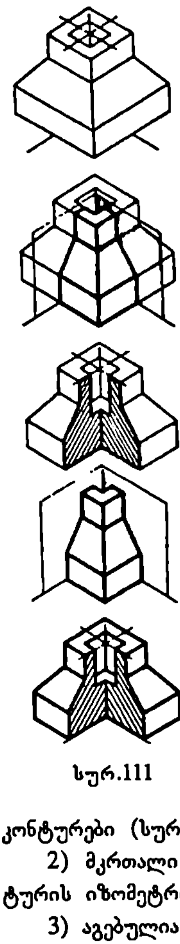
სურ.109

ხედისა და ჭრილის შეუღლებისას საჭირო არ არის ხედზე ფიგურის შიგა ფორმის ჩვენება წყვეტილი კონტურის ხაზებით. ასევე ზედმეტია ჭრილზე გარე კონტურის გამოხაზვა, რადგან მისი სიმეტრიული ნაწილი უკვე ნაჩვენებია ხედის ნახევარზე. საერთოდ, უხილავი კონტურის ჩვენება წყვეტილი ხაზით რეკომენდებულია მხოლოდ მაშინ, როცა იგი ფიგურის შიგა ფორმების გამოსახვაში გვეხმარება.

განმეორებით და ხაზგასმით შევეხოთ ჭრილის ისრებითა და ასოებით აღნიშვნის აუცილებელ და არააუცილებელ შემთხვევებს: თუ მკვეთი სიბრტყე იმავე დროს სიმეტრიის სიბრტყეც არის, ე.ი. ჭრილის მაჩვენებელი ხაზი ემთხვევა სიმეტრიის სიბრტყის გეგმილს, ჭრილის ჩვენება ასოებით და ისრებით საჭირო არ არის. ამის მაგალითია 109-ე სურათზე ნაჩვენები ფრონტალური და პროფილური ჭრილები. ყველა სხვა შემთხვევაში მკვეთი სიბრტყის კვალის შევსება ხედვის მიმართულების მაჩვენებელი ისრებითა და ასოითი აღნიშვნებით სავალდებულოა. ამის მაგალითია 109-ე სურათზე ნაჩვენები ჰორიზონტალური ჭრილი (ორი ვარიანტი).


სურ.110

დაიხსომეთ, რომ ხედის და ჭრილის შეერთება დასაშვებია მხოლოდ სიმეტრიული ფიგურის გამოსახულებაზე. თუ გამოსახულება ასიმეტრიულია, მაშინ ხედისა და ჭრილის შეუღლება რეკომენდებული არ არის და ასეთ შემთხვევაში მთლიანი ჭრილის გაკეთებაა საჭირო.



სურ.111

პრაქტიკაში ხშირად იყენებენ ე.წ. ადგილობრივ ჭრილებს (სურ. 110). ადგილობრივ ჭრილს ძირითად გამოსახულებაზე, საერთოდ, ნებისმიერი მდებარეობა შეიძლება ჰქონდეს, მაგრამ მისი საზღვარი არ უნდა ემთხვეოდეს გამოსახულების რაიმე სხვა ხაზს.

ორთოგონალურ გეგმილებში ფიგურის მასიური ნაწილების ჭრილები უნდა წაიხაზოს. წახაზვის ხაზები კი ჰორიზონტალის მიმართ 45^0-ით უნდა დაიხაროს.

აქსონომეტრიულ გეგმილზე ფიგურის შიგა ფორმის საჩვენებელი ჭრილის ასაგებად საკოორდინატო სიბრტყეების პარალელურ სიბრტყეებს იყენებენ.

111-ე სურათზე ნაჩვენებია უმარტივესი ჭრილის იზომეტრია. ამ სურათზე მოცემულია აქსონომეტრიულ გეგმილზე ჭრილის გაკეთების ეტაპები საკოორდინატო სიბრტყეების შემოტანიდან ნახაზის დასრულებამდე.

როგორც ორთოგონალურ, ისე აქსონომეტრიულ გეგმილებზე ჭრის სიბრტყეში მოხვედრილი მასიური ნაწილები უნდა წაიხაზოს (სურ. 112). დაწვრილებით ამის შესახებ მომდევნო მაგალითში გვექნება საუბარი.

ახლა განვიხილოთ შედარებით რთული შემთხვევა (სურ. 112). ამ მაგალითში დაცულია აქსონომეტრიულ გეგმილზე ჭრილის აგების შემდეგი თანამიმდევრობა:

1) გამოხაზულია იზომეტრიის ღერძები, მონიშნულია ძირითადი ელემენტების განლაგება და გამოსახულია მათი კონტურები (სურ. 112-1);

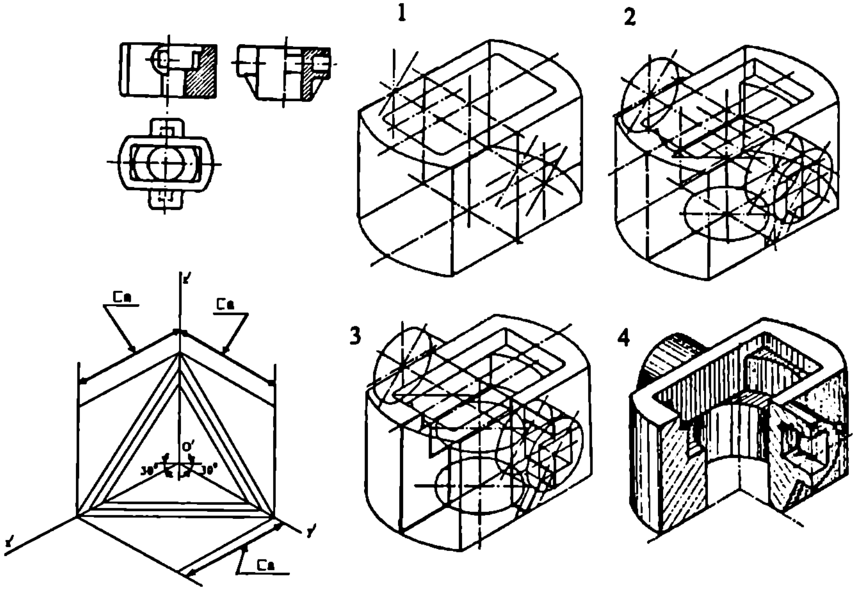
2) მკრთალი ხაზებით აგებულია გიფურის, როგორც შიგა, ისე გარე კონტურის იზომეტრიული გეგმილები (სურ. 112-2);

3) აგებულია ფიგურის შიგა და გარე ზედაპირებისა და მკვეთი სიბრტყეების თანაკვეთის მონაკვეთები (სურ. 112-3);

4) ნახაზიდან ამოღებულია ფიგურის ამოჭრილი ნაწილი, წაშლილია აგებისას გამოყენებული დამხმარე და უხილავი კონტურის ხაზები, ხაზების სტანდარტების დაცვით შემოვლებულია კონტური, მასიური ელემენტების ჭრილები წახაზულია (სურ. 112-4).

შევნიშნოთ, რომ აქსონომეტრიულ გეგმილზე ჭრილის წახაზვა ხდება საკოორდინატო სიბრტყეებში მოთავსებული კვადრატის დიაგონალის მიმართულებით (112-ე სურათზე ნაჩვენებია ცალკე). ეს პირობა შეესაბამება ორთოგონალური გეგმილებისათვის მიღებული ჭრილის წახაზვის წესს.

მეტი თვალსაჩინოებისათვის 122-4 სურათზე ნაჩვენები ფიგურის ხილული ზედაპირები შრაფირებულია.



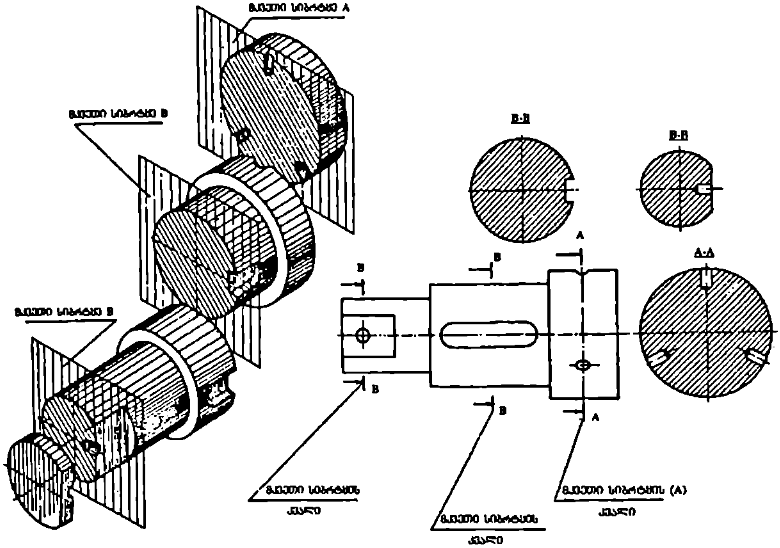
სურ.112

4. კვეთი არის მკვეთი სიბრტყით ფიგურის პირობით გადაკვეთის შედეგი. ნახაზზე კვეთის ჩვენება ხშირად ამცირებს გამოსახულებათა რაოდენობას, ზოგჯერ კი, ის ერთადერთი მარტივი გზაა ბევრი ელემენტის ფორმის გამოსავლენად.

კვეთი შეიძლება ცალკე გამოვიტანოთ ან თვით გამოსახულებაზე გაკეთდეს. აქედან გამომდინარე, არჩევენ გამოტანილ და ზედდებულ კვეთებს. იგულისხმება, რომ ზედდებული კვეთი მობრუნებულია.

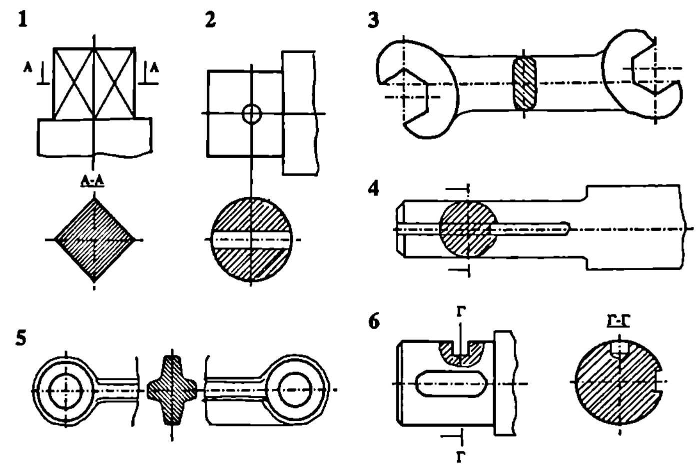
ზემოთ განხილულ მაგალითებში უკვე გამოვიყენეთ კვეთი, როგორც ჭრილის შემადგენელი ელემენტი. მას ვღებულობდით მკვეთ სიბრტყეში, ვაგეგმილებდით მის პარალელურ გეგმილთა სიბრტყეზე და მასთან ერთად გამოსახულებაზე ვაჩვენებდით ფიგურის იმ ნაწილსაც, რომელიც მოთავსებული იყო მკვეთი სიბრტყის უკან. იგულისხმებოდა, რომ დამკვირვებელი ხედავდა მკვეთ სიბრტყეში მოთავსებულ გამოსახულებას და იმასაც, რაც მდებარეობს მკვეთი სიბრტყის მიღმა. სწორედ ამით განსხვავდება კვეთი ჭრილისაგან. სახელდობრ, კვეთზე დამკვირვებელი ხედავს მხოლოდ იმას, რაც მოთავსებულია მკვეთ სიბრტყეში.

კვეთის მოთავსება შეიძლება ნახაზის ნებისმიერ ადგილას და მათ შორის თვით გამოსახულებაზეც. აქედან, როგორც უკვე ითქვა, კვეთებს არჩევენ გამო-



სურ.113

ტანილს (სურ. 113) და ზედდებულს (სურ. 114-3 და 114-4). კვეთის ნახაზზე ჩვენებისას იგულისხმება, რომ იგი მობრუნებულია თავისივე სიმეტრიის ღერძის (თუ სიმეტრიულია) ან გეგმილთა ღერძის პარალელური რაიმე წრფის ირგვლივ ნახაზის სიბრტყესთან შეთავსებამდე.



სურ.114

113-ე და 114-ე სურათებზე ნაჩვენებია კვეთის აგებისა და აღნიშვნის ყველაზე გავრცელებული შემთხვევები.

როგორც სურათებიდან ჩანს, გამოტანილი ან ზედდებული სიმეტრიული კვეთი არ აღინიშნება, თუ მისი სიმეტრიის ღერძი მკვეთი სიბრტყის კვალს ემთხვევა. ყველა სხვა შემთხვევაში კვეთის აღნიშვნა სავალდებულოა.

ყურადღება მიაქციეთ ერთ გარემოებას: 113-ე და 114-ე სურათებზე ზოგიერთი კვეთი შეიცავს ისეთ ელემენტსაც, რომელიც მკვეთ სიბრტყეში არ მდებარეობს (სურ. 113, A-A და B-B კვეთები). საქმე ისაა, რომ ამგვარი გადახრა სტანდარტითაა დაკანონებული და იგი ბრუნვით ზედაპირებზე, ამ შემთხვევაში ცილინდრებზე ვრცელდება.

24. მე-3 და მე-4 სირთულის ფიგურების ნახაზების შესრულება — ხედები, ზომების დასმა, ჭრილები, აქსონომეტრია

1. ამრიგად, ჩვენ გავეცანით სივრცითი ფიგურების სიბრტყეზე ასახვის გრაფიკულ მეთოდებს (მონჟის ეპიური და აქსონომეტრია) და ამ მეთოდების პრაქტიკულ გამოყენებასთან დაკავშირებულ სტანდარტულ პირობითობას. მიღებული ცოდნის შემდგომი განმტკიცებისა და დახსომების მიზნით მოგვიანებით განვიხილავთ განვლილი მასალის შესატყვის მაგალითებს, ახლა კი ცოტა რამ დავუმატოთ ნახაზზე ზომების დასმის სპეციფიკურ საკითხებს, რომლებსაც უკვე გავეცანით.

2. ჩვეულებრივ, ნახაზზე ზომების მითითების საკითხის შესასწავლად რეკომენდებულია დიფერენცირებული მიდგომა. სახელდობრ, შესაბამისი სტანდარტით შემოღებული წესები შესაძლოა დაიყოს ოთხ ჯგუფად.

პირველ ჯგუფში გავაერთიანეთ ზოგადი დებულებები და შემოვიფარგლეთ მხოლოდ "ბრტყელი" ფიგურების დასახაზად საჭირო მოთხოვნებით.

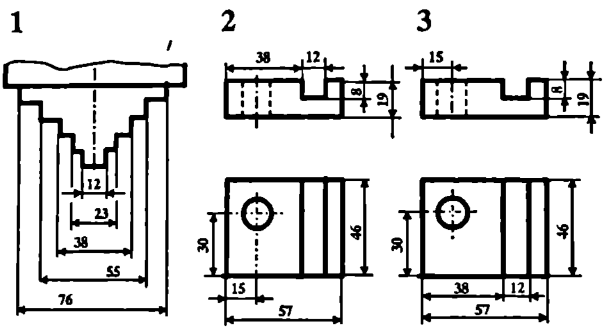
ნახაზზე ზომების მითითების წესების მეორე, მესამე და მეოთხე ჯგუფებში თანდათან შეივსება პირველი ჯგუფის დებულებები ხაზვის კურსის მომდევნო ნაწილებში შეტანილი თემების შესაბამისად, მაგალითად, მეორე ჯგუფი შევსებულია სივრცითი ფიგურის ბრტყელი გამოსახულებისათვის საჭირო დამატებითი მოთხოვნებით. მესამე და მეოთხე ჯგუფებში კი შესაბამისად გათვალისწინებულია ესკიზებისა და საამწყობო ნახაზების სპეციფიკა. ამჯერად, განვიხილოთ მეორე ჯგუფი, ხოლო მესამე და მეოთხე ჯგუფებს დავუბრუნდეთ მოგვიანებით.

განმეორებით შევნიშნოთ, რომ ფიგურის ყოველ ელემენტზე უნდა მიეთითოს ის ზომები, რომლებიც აუცილებელია და საკმარისიც, მაგრამ მთელ ფიგურაზე არ უნდა დაირღვეს ზომების მითითების საერთო წესი — თითოეული მონაკვეთისა თუ კუთხის ზომა ნახაზზე მიეთითება მხოლოდ ერთხელ. ამასთან, რეკომენდებული არ არის იმ ელემენტის (მონაკვეთი, კუთხე) გაზომვა და ზომის მითითება, რომელიც ნახაზზე მიიღება აგებით. ამ წესიდან გადახრა დასაშვებია მხოლოდ ე.წ. საცნობარო ზომების (სხვა ზომების შეკრების შედეგად მიღებული ზომა)

მითითების შემთხვევაში. საცნობარო ზომა მინიშნებულია მარჯვენა ზედა კუთხეში დასმული ვარსკვლავით.

დაუშვებელია ზომის რიცხვების გაყოფა ან გადაკვეთა ნახაზის ხაზებით. მიზანშეწონილი არ არის კონტურის ხაზის გაწყვეტა ზომის რიცხვის დასაწერად, მაგრამ დასაშვებია ნახაზის ნებისმიერი სხვა ხაზის ან ხაზების ჯგუფის (მაგალითად, წახაზვის ხაზების) ამავე მიზნით გაწყვეტა.

რეკომენდებულია ფიგურის ერთი და იმავე კონსტრუქციული ელემენტის ზომების თავმოყრა ერთ ადგილას. ამასთან, სასურველია ზომების თავმოყრა იმ გამოსახულებაში, რომელშიც გასაზომი ელემენტის ფორმა და მდებარეობა სრულად, გარკვევით არის გამოხატული.

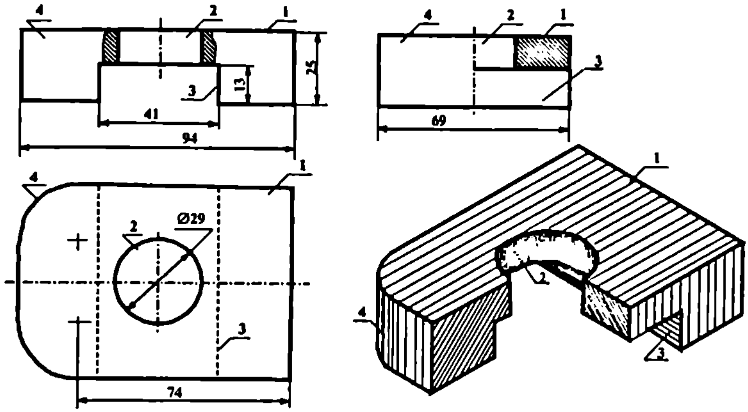


სურ.115

115-1 სურათზე ნაჩვენებია პარალელური ზომის ხაზებზე ზომების განაწილების სტანდარტული (2) და არასტანდარტული (3) ვარიანტები.

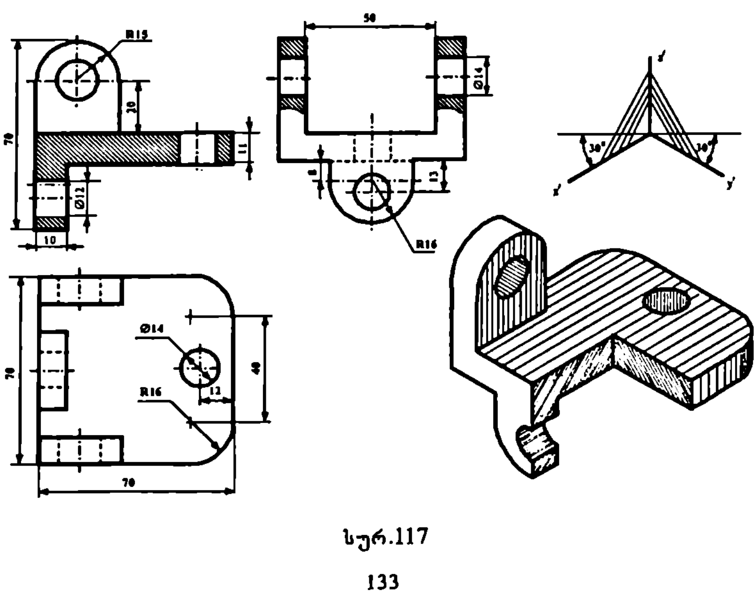
3. ქვემოთ მოყვანილია ფიგურის ნახაზის შესრულების ხუთი მაგალითი. ყოველი მათგანი ახლახან განვლილ მასალას აჯამებს, მაგრამ მათ შორის მაინც არის ზოგიერთი სპეციფიკური განსხვავება, გთხოვთ ამაზე გაამახვილოთ ყურადღება. გახსოვდეთ, რომ მხოლოდ ამგვარი მაგალითების შესრულებითაა შესაძლებელი თქვენი ცოდნის განმტკიცება.

116-ე სურათზე ნაჩვენებ პრიზმული ფორმის ფილას (1) აქვს ცილინდრული ხვრელი (2) და პრიზმული ფორმის ღარი (3). ფილის ორი მომდევნო კუთხე მომრგვალებულია ცილინდრული ზედაპირით (4). მაგალითის გარჩევისას ყურადღება მიაქციეთ იმას, თუ ცილინდრული ზედაპირი (4) როგორ გადადის ფილის წახნაგში (წინა ხედი), როგორ არის ასახული ეს გადასვლა ზედა ხედში. საყურადღებოა ცილინდრული ხვრელის ჩვენება. ადგილობრივი ჭრილის მეშვეობით (წინა ხედი), ამავე ხვრელისა და პრიზმული ღარის ერთობლივი გამოსახვა პროფილური ჭრილის გამოყენებით (გვერდითი ხედი). აქვე დააკვირდით აქსონომეტრიულ გეგმილზე (იზომეტრია) ჭრილის წახაზვას, გარე და შიგა

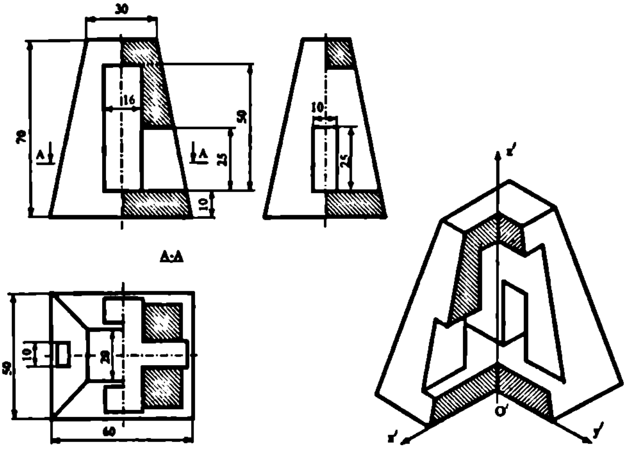


სურ.116

ზედაპირების შრაფირებას. ყურადღება მიაქციეთ იმასაც, რომ ამ ნახაზში ფიგურის ასიმეტრიულობის გამო წინა ხედში გამოყენებული არ არის ხედისა და ჭრილის შეთავსება. ამ შეთავსებას მაშინ აქვს აზრი, როცა ხედში რაიმე ელემენტის გამოსახულების შენარჩუნებაა აუცილებელი. გაიაზრეთ, რა მნიშვნელობა აქვს გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ფიგურის მდებარეობას რომელიმე ხედზე ძირითადი ზომების დაუმახინჯებლად ასახვისათვის, ხოლო საკოორდინატო სიბრტყეების მიმართ მდებარეობასა და ჭრილის ადგილს აქსონომეტრიული გეგმილის თვალსაჩინოებისათვის.

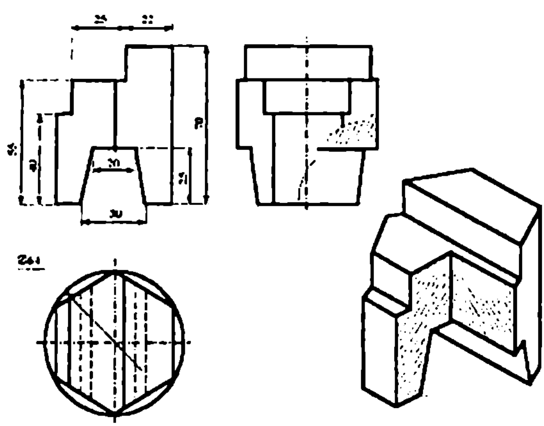


სურ.117



სურ.118

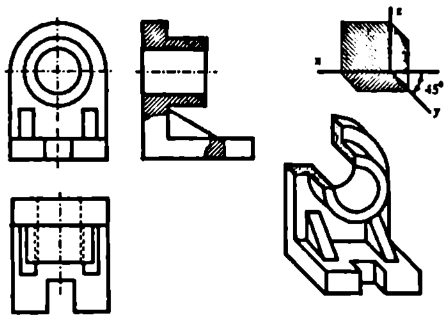
117-ე სურათზე ნაჩვენები მაგალითი შინაარსობრივად ემთხვევა წინას, მაგრამ, თავის მხრივ, საინტერესოა ხედების განლაგების ადგილობრივი ჭრილის შერჩევის, წინა ხედში ფრონტალური ჭრილის გაკეთების, აქსონომეტრიულ გეგმილზე ჭრილის აგების თვალსაზრისით. სხვათა შორის, აქსონომეტრიულ გეგმილზე შეიძლებოდა ფიგურის უფრო დიდი ნაწილის მოკვეთა ისე, რომ ფუძეში არსებული ხვრელის მეოთხედიც მოხვედრილიყო ჭრილში (სასურველია, ვარჯიშის დროს აქსონომეტრიულ გეგმილზე მკვეთი სიბრტყეების ამგვარი განლაგების შემთხვევაც გაარჩიოთ).



სურ.119

118-ე სურათზე ნაჩვენებ მაგალითში საყურადღებოა ჭრილისა და ხედის შეთავსების აუცილებლობა სამივე ხედში.

119-ე სურათზე ნაჩვენებ ექვსწახნაგა პრიზმას ქვემო ნაწილში აქვს ტრაპეციის ფორმის გამჭოლი ღარი, ხოლო ზემოთ — ჰორიზონტალურ და პროფილურ გეგმილთა სიბრტყეების პარალელური სიბრტყეებით წარმოქმნილია საფეხურები. მაგალითის გარჩევისას საყურადღებოა ამ საფეხურების ზედა და გვერდითი ხედები და გვერდით ხედში გაკეთებული ადგილობრივი ჭრილი. ყურადღება მიაქციეთ იმასაც, რომ მოცემულ შემთხვევაში ზომების მითითების სტანდარტული რეკომენდაციების გათვალისწინების შედეგად თითქმის ყველა ზომა წინა ხედშია თავმოყრილი. მაშასადამე, ხედებზე ზომების განაწილება თვითმიზანი არ არის და არჩევანი მხოლოდ სტანდარტის გათვალისწინებით უნდა გაკეთდეს.

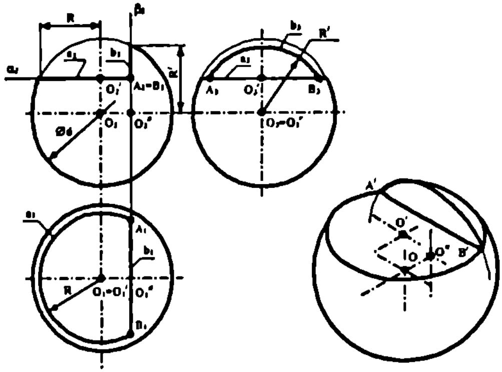


სურ.120

120-ე სურათზე ნაჩვენები მაგალითი საყურადღებოა იმით, რომ მოცემულ ფიგურას ერთი სიბრტყის პარალელურ სიბრტყეებში განლაგებული წრეწირები აქვს. ფიგურის ამგვარი სპეციფიკიდან გამომდინარე, იგი ისეა მოთავსებული გეგმილთა სიბრტყეების სისტემაში, რომ წრეწირების სიბრტყეები Π_2-ის პარალელურია. ამის გამო, წინა ხედში ყველა ეს წრეწირი თავის კონგრუენტულ წრეწირადაა ასახული, ხოლო დანარჩენ ხედებში — წრფის მონაკვეთებად, რომელთა სიგრძე შესაბამისი წრეწირის დიამეტრის ტოლია. ფიგურის ასეთი მდებარეობა გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ამარტივებს ხედების აგებას და ფიგურის გასაზომადაც ერთობ მოხერხებულია.

როგორც სურათიდან ჩანს, ამ შემთხვევაში ფრონტალური დიმეტრიაა გამოყენებული. ამასთან, ორთოგონალურ გეგმილებში Π_2-ის პარალელური წრიული ელემენტები აქსონომეტრიულში $x'o'z'$ საკოორდინატო სიბრტყის პარალელურია. ამით თავიდანაა აცილებული ოვალების აგების შრომატევადი სამუშაო, რადგან ყველა წრეწირი თავის კონგრუენტულ წრეწირადაა ასახული. დაიხსომეთ, რომ ფრონტალური დიმეტრიის გამოყენება იმ შემთხვევაშია მიზანშეწონილი, როცა ფიგურის ერთ რომელიმე ხედში კონცენტრული წრიული ელემენტების დალაგება შესაძლებელია $x'o'z'$ საკოორდინატო სიბრტყის პარალელურ სიბრტყეებში. ეს ეხება არა მარტო წრიულ ელემენტებს, არამედ ნებისმიერ სხვა ფორმებსაც, რომელთა დამახინჯება თვალსაჩინო გამოსახულების აგებისას არასასურველია.

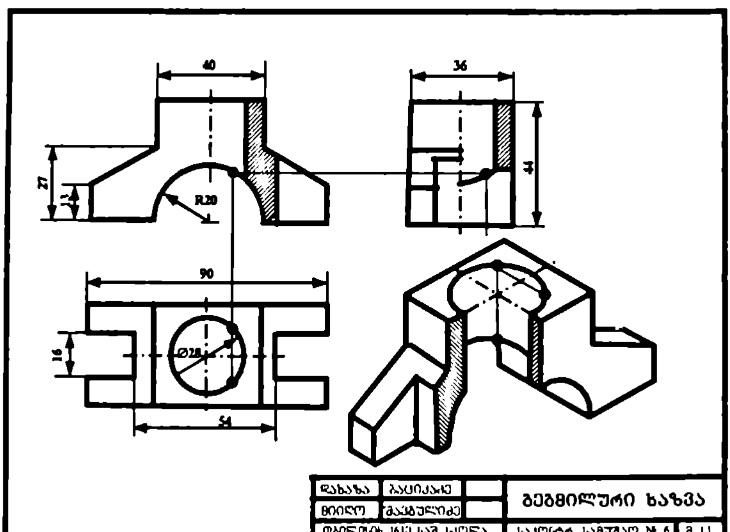
ამ მაგალითში აგრეთვე საყურადღებოა ხედებში ადგილობრივი ჭრილების გამოყენების ნახაზზე ნაჩვენები ვარიანტი, ზომების გადანაწილება ხედებზე, ჭრილი აქსონომეტრიულ გეგმილზე და მისი წახაზვა (ფრონტალური დიმეტრიის ღერძების განლაგება და ჭრილების წახაზვის მიმართულება ცალკეულ საკოორდინატო სიბრტყეებში ნახაზზე ნაჩვენებია ცალკე).



სურ.121

121-ე სურათზე ნაჩვენებ მაგალითში O ცენტრითა და d დიამეტრით განსაზღვრული სფერო დონის სიბრტყეებით არის გადაკვეთილი ($\alpha\|\Pi_1$ და $\beta\|\Pi_2$). მკვეთი სიბრტყეების მოცემული განლაგების გამო ფიგურის ხედების გამოხაზვა და შესაბამისად კვეთის შედეგად წარმოქმნილი a და b წრეწირების რკალების განსაზღვრა ძნელი არ არის და ნახაზზეც ნათლად ჩანს.

რაც შეეხება ხედების მიხედვით სფეროს აქსონომეტრიის (იზომეტრიის) აგებას, იგი შესრულებულია შემდეგი თანამიმდევრობით:



სურ.122

ნახაზის თავისუფალ ადგილას აღნიშნულია O ცენტრი და შემოხაზულია d-დიამეტრიანი წრე (სფეროს იზომეტრია). საკოორდინატო ღერძები იკვეთება O' ცენტრში და ჩვენთვის ცნობილი სქემით მოძებნილია a და h წრეწირების O და O'' ცენტრები. ამ ცენტრებზე აგებულია a და h წრეწირების შესაბამისი იზომეტრიული გეგმილების შემცველელი ოვალები. ოვალების თანაკვეთის წერტილებით (A და B) მოძებნილია α და β სიბრტყეების თანაკვეთის წრფის მონაკვეთი.

მკითხველს ვთხოვ, დეტალურად გაარჩიოს 122-ე სურათზე ნაჩვენები მაგალითი, რადგანაც იგი შესაძლოა განხილულ იქნეს, როგორც განვლილი მასალის შემაჯამებელი ნიმუში.

25. ფიგურის ორი მოცემული ხედის მიხედვით მესამე ხედისა და აქსონომეტრიის აგების გეომეტრიული საფუძვლები

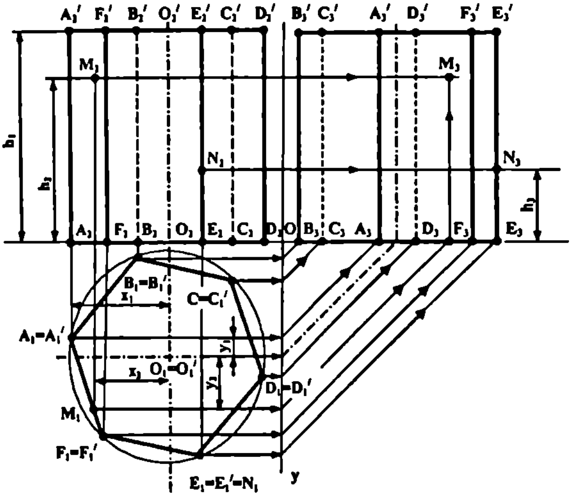
1. მოცემული ორი ხედის მიხედვით მესამის მოძებნა და თვალსაჩინო გამოსახულების — აქსონომეტრიული გეგმილის აგება წინამდებარე კურსის ერთ-ერთი ფუნდამენტური თემაა.

ქვემოთ განხილულ თითოეულ მაგალითში გამოყენებულია თქვენთვის უკვე ცნობილი ფიგურები — პრიზმა, პირამიდა, ცილინდრი, კონუსი და სფერო. მაგალითების შესრულებისას მოგიწევთ ფიგურის გეომეტრიული ფორმის სერიოზული ანალიზის ჩატარება. ამ უკანასკნელს კვლავ დავუბრუნდებით მაშინ, როცა ტექნიკური ხაზვის სპეციალური ამოცანების შესრულებას დავიწყებთ. დაიხსომეთ, რომ მკითხველი, რომელმაც იცის ცალკეული გეომეტრიული ფიგურების ხაზვა, სათანადო ვარჯიშის შემდეგ თავისუფლად დახაზავს ამავე ფორმების ნებისმიერი კომბინაციით შექმნილ რთულ ფიგურებსაც, სახელდობრ, გეომეტრიული ფორმის ანალიზის საფუძველზე იოლად გაარკვევს ამ ფორმების ურთიერთგანლაგებასა და ზომებს, მონიშნავს სასარგებლო ჭრილების ადგილებს, გაითვალისწინებს ზომებს და მხოლოდ ამის მიხედვით შეარჩევს მოცემულ სახაზავ ფართობზე გამოსახულებათა განლაგების ოპტიმალურ ვარიანტს.

2. ვთქვათ, მოცემულია მართი ექვსწახნაგა პრიზმის ორი გეგმილი — ფრონტალური და ჰორიზონტალური. საჭიროა აიგოს პროფილური და აქსონომეტრიული გეგმილები.

ჯერ განვიხილოთ პრიზმის მოცემული ორი ხედის მიხედვით მესამის აგება (სურ. 123). როგორც სურათიდან ჩანს, მოცემული პრიზმის ელემენტებია წვეროები, წიბოები, წახნაგები. წიბოების ერთობლიობას მრავალწახნაგას ბადე ეწოდება. თქვენ იცით, რომ წერტილის ნებისმიერი ორი გეგმილი ცალსახად განსაზღვრავს მესამეს.

შენიშვნა: ეს მტკიცება მართებულია მხოლოდ წერტილისათვის და არ ვრცელდება წრფესა და სიბრტყეზე. საქმე ისაა, რომ წრფისა და სიბრტყისათვის არსებობს გამონაკლისი და ეს გამონაკლისი თავს იჩენს მაშინ, როცა ფიგურა (წრფე, მრავალკუთხედი, ნებისმიერი ბრტყელი ნაკვთი) დონის სიბრტყეშია მოთავსებული და გეგმილების წყვილი არ შეიცავს გეგმილს იმ გეგმილთა სიბრტყეში, რომლის პარალელურიც არის ფიგურის შემცველი სიბრტყე. ამიტომ, მოცემული ორი გეგმილით მესამის აგება ყოველთვის ერთ ამონახსნს არ ითვალისწინებს და



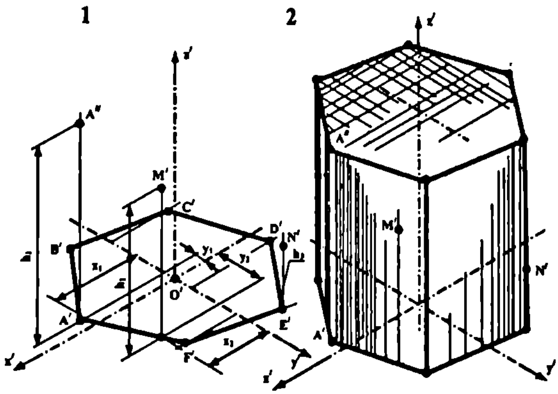
სურ.123

ზოგჯერ მას ამონახსნების უსასრულო სიმრავლე აქვს. ეს საკითხი რამდენადმე სცილდება წინამდებარე კურსის პროგრამას, მაგრამ სასურველია დაინტერესდეთ და შესაბამისი გამონაკლისები განიხილოთ დამოუკიდებელი მუშაობის დროს.

დავუბრუნდეთ 123-ე სურათს და მაგალითისათვის გავარჩიოთ A წვეროს A_1 და A_2 გეგმილების მიხედვით A_3-ის აგება. სურათზე ეს პროცესი ისრებითაა მინიშნებული და დამატებით განმარტებას არ საჭიროებს იმიტომ, რომ ეს საკითხი საკმაოდ დაწვრილებით განვიხილეთ მონჟის სისტემისა და ეპიურის შესწავლის დროს. A_3-ის ანალოგიურადაა აგებული ყველა დანარჩენი წვეროს (A', B, B', C, C', D, D', E, E', F, F') მესამე გეგმილი (A'_3, B_3, B'_3, C'_3, D_3, D'_3, E_3, E'_3, F_3, F'_3). ერთსახელა გეგმილების იმავე თანამიმდევრობით შეერთება, რომლითაც ისინი შეერთებულია თვით პრიზმაში, იძლევა პრიზმის საძიებელ მესამე გეგმილს.

ახლა დავინტერესდეთ ხილვადობით. მაგალითად, BB' და CC' წიბოები მთავარ ხედში უხილავია, შესაბამისად უხილავია AA'B'B, BB'C'C და CC'D'D წახნაგები. მარცხენა გვერდხედში უხილავია CC' და DD' წიბოები, BB'C'C, და CC'D'D და DD'E'E წახნაგები. რაც შეეხება ზედა ხედს, აქ პრიზმის ზედა ფუძით (A'B'C'D'E'F) დაფარულია ქვედა ფუძე (ABCDEF).

123-ე სურათზე ნაჩვენებია პრიზმის ზედაპირზე მდებარე M და N წერტილების მესამე გეგმილების აგება. M წერტილი AA'F'F წახნაგს ეკუთვნის, ხოლო N მდებარეობს EE' წიბოზე. M_3-ის ასაგებად გამოყენებულია M-ზე გამავალი და AA'F'F წახნაგის კუთვნილი წრფე. ამ აგებისას გათვალისწინებულია წერტილის, წრფისა და სიბრტყის ურთიერთკუთვნილების ცნობილი სამი პირობა: 1) წერტილი ეკუთვნის სიბრტყეს, თუ იგი ეკუთვნის წრფეს, რომელიც, თავის მხრივ, ეკუთვნის სიბრტყეს; 2) წრფე ეკუთვნის სიბრტყეს, თუ ამ წრფის ორი წერტილი ეკუთვნის სიბრტყეს; 3) წერტილი ეკუთვნის წრფეს, თუ ამ წერტილის გეგმილები ეკუთვნის წრფის ერთსახელა გეგმილებს.



სურ.124

ᲨᲔᲜᲘᲨᲕᲜᲐ: დააკვირდით 123-3 სურათზე შექმნილ ერთ მნიშვნელოვან გარემოებას: M-ის სამივე გეგმილის ცალსახად განსაზღვრისათვის საკმარისი აღმოჩნდა მხოლოდ ერთი გეგმილი (M_2 ან M_3) და ის ფაქტი, რომ იგი AA'F'F წახნაგს ეკუთვნის. ახსენით, რატომ არ შეიძლებოდა იგივე ფუნქცია აღებულ შემთხვევაში შეესრულებინა M_1-ს.

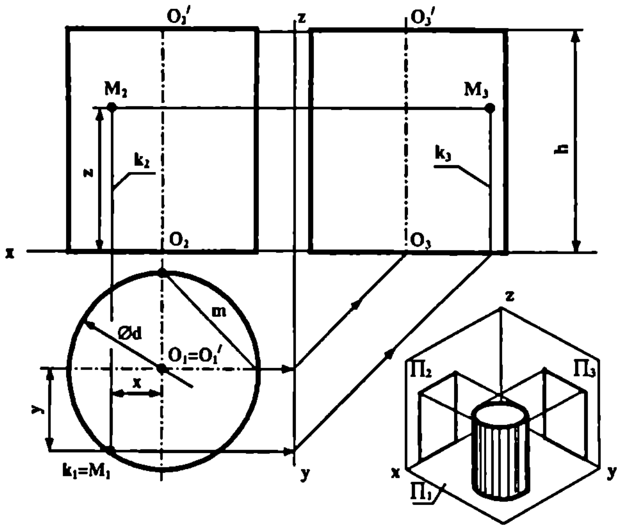
N-ის მესამე გეგმილის აგება დამატებითი წრფის შემოტანას არ საჭიროებს, რადგან იგი ეკუთვნის EE' წიბოს და N-ის აგება ზემოთ მოყვანილ მე-3 პირობაზეა დამყარებული.

124-ე სურათზე ნაჩვენებია ფიგურის სამი ხედის მიხედვით მისი თვალსაჩინო გამოსახულების – იზომეტრიული გეგმილის აგება. გრაფიკულ მოქმედებაში გარკვევის მიზნით აქ მოცემულია აგების, როგორც საწყისი (სურ.124-1), ისე საბოლოო (სურ. 124-2) ეტაპები. საყურადღებოა პრიზმის ყოველი ელემენტის იზომეტრიული გეგმილის აგება კოორდინატების მეშვეობით.

კონკრეტული ამოცანის გასარკვევად შევჩერდეთ A და A' წვეროების (ანუ AA' წიბოს) იზომეტრიის აგებაზე: პრიზმის ფუძის ცენტრი (O) შეთავსებულია იზომეტრიის ღერძების თანაკვეთასთან (O'). A წვერო აგებულია x_1 და y_1 კოორდინატებით. სახელდობრ, გავლებულია ორი წრფე – ერთი O'X' ღერძის პარალელური და მისგან y-ით დაშორებული და მეორე O'y'-ის პარალელური და მისგან x_1-ით დაშორებული. ამ წრფეთა თანაკვეთით განსაზღვრულია A წვეროს A' იზომეტრიული გეგმილი. A'-ზე გავლებულია O'Z'-ის პარალელური წრფე და მასზე გადაზომილია პრიზმის სიმაღლე - h_1. ამ გადაზომვის შედეგად მიღებულია A' წვეროს A'' იზომეტრია. ანალოგიურადაა აგებული მოცემული პრიზმის ყველა დანარჩენი წვერო და წიბო, ამის შედეგად კი – ყველა წახნაგი. ანალოგიურად აიგება პრიზმის ზედაპირის კუთვნილი M და N წერტილების იზომეტრიული გეგმილებიც (M' და N'). ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ აქსონომეტრიულ გეგმილზე ფიგურის

მხოლოდ ხილული ნაწილების ჩვენებაა რეკომენდებული. გარდა ამისა, გამოსახულების თვალსაჩინოების გაზრდის მიზნით წახნაგები შრაფირებულია.

შᲔᲜᲘშᲕᲜᲐ: შეგახსენებთ, რომ ჩვენ ვსწავლობთ და ვიყენებთ პარალელურ აქსონომეტრიას (არსებობს ცენტრალური აქსონომეტრიაც, რომელიც ჩვენ პროგრამაში არ შედის). პარალელური გეგმილების ერთ-ერთი თვისება კი ისაა, რომ პარალელური წრფეები ისევ პარალელურ წრფეებად გეგმილდება. პარალელური, კერძოდ, იზომეტრიული გეგმილების სწორედ ამ თვისებაზეა დამყარებული 124-ე სურათზე ნაჩვენები გრაფიკული აგებანი.



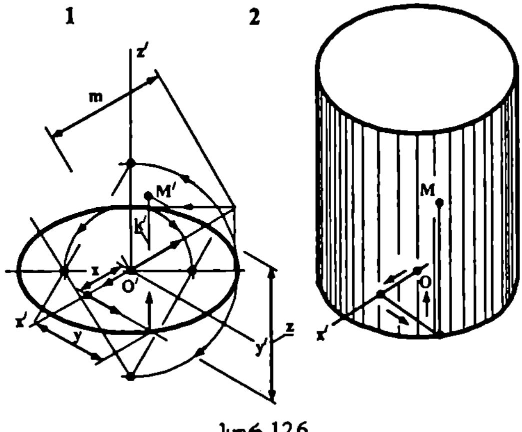
სურ.125

125-ე სურათზე მოცემულია d-დიამეტრიანი მართი წრიული ცილინდრის (მისი სიმაღლეა h) ორი ხედის მიხედვით მესამე ხედისა და ცილინდრის ზედაპირის კუთვნილი წერტილის (M) გეგმილების აგება.

როგორც სურათიდან ჩანს, მოცემული ცილინდრის ქვედა ფუძე ძევს ჰორიზონტალურ გეგმილთა სიბრტყეში. გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ცილინდრის ამგვარი მდებარეობის გამო, მისი ზედა ხედი d დიამეტრიანი წრეა, ხოლო წინა და გვერდითი ხედები – კონგრუენტული მართკუთხედები, რომელთა ერთი გვერდია h (ცილინდრის სიმაღლე), ხოლო მეორე – d (ფუძის დიამეტრი). აქვე ნაჩვენებია ზედაპირის კუთვნილი M წერტილის ორი გეგმილის (M_1, M_2) მიხედვით მესამის (M_3) აგება. სურათზე დაფიქსირებულია M-ზე გამავალი K მსახველი (დაგვჭირდება იზომეტრიის აგებისას).

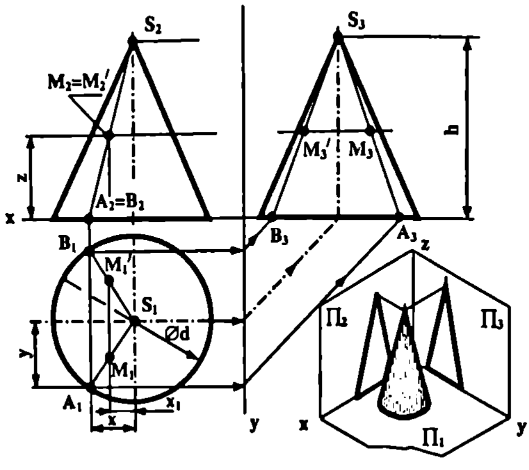
შენიშვნა: განხილულ მაგალითში ცილინდრის ზედაპირი ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელია. ამ ზედაპირის კუთვნილი M წერტილის, როგორც ფრონტალური (M_2), ისე პროფილური (M_3) გეგმილი, განსაზღვრავს დანარჩენი ორის მდებარეობას, M_1 ჰორიზონტალური გეგმილი კი – ვერა. რატომ?

მოცემული ცილინდრის (სურ. 125) იზომეტრიის ასაგებად საკმარისია ავირჩიოთ წერტილი (ქვედა ფუძის ცენტრის შეთავსება იზომეტრიის ღერძების თანაკვეთის წერტილთან) და მასზე ჩვენთვის უკვე ცნობილი წესით (სურ. 64-2) ავაგოთ ოვალი (საკოორდინატო სიბრტყის პარალელური წრეწირის იზომეტრიის – ელიფსის შემცვლელი ფიგურა (სურ. 126-1). ანალოგიურად ავაგოთ (სურათზე ნაჩვენები არ არის) ზედა ფუძის იზომეტრია (ცენტრებს შორის მანძილი მოცემული ცილინდრის h სიმაღლის ტოლია). გავავლოთ კიდურა მსახველები, წავშალოთ უხილავი ნაწილი და მოვახდინოთ ზედაპირის პირობითი შრაფირება 126-2 სურათზე ნაჩვენები ნიმუშის მიხედვით. რაც შეეხება ცილინდრის ზედაპირის კუთვნილი M წერტილის იზომეტრიის აგებას, იგი წინა მაგალითის ანალოგიურია (განსხვავება ისაა, რომ აქ M დაკავშირებულია k მსახველთან) და დამატებით განმარტებას არ საჭიროებს.



სურ.126

მოცემულია მართი წრიული კონუსის ორი ხედი და საჭიროა მესამის აგება (სურ. 127). კონუსის ფუძე Π_1 გეგმილთა სიბრტყეში ძევს, მისი დიამეტრია d, ხოლო კონუსის სიმაღლე – h. მოცემულ შემთხვევაში კონუსის ზედა ხედი d - დიამეტრიანი წრეა, ხოლო წინა და გვერდითი ხედები – ტოლი ტოლფერდა სამკუთხედები. ამ სამკუთხედების ფუძეები ტოლია და d-ს უდრის (d ფუძის დიამეტრია), ხოლო სიმაღლე – h-ს (h კონუსის სიმაღლეა). ორი მოცემული ხედის მიხედვით მესამის პოვნა სურათზე მითითებულია ისრებით. აქ საყურადღებოა კონუსის ზედაპირზე მდებარე ორი – M და M' წერტილის გეგმილების

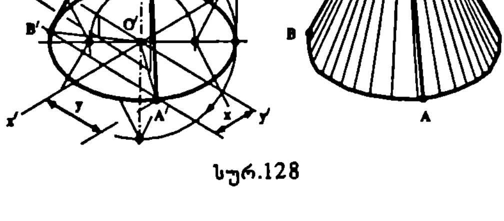


სურ.127

განსაზღვრა. ამ წერტილების მოცემული განლაგების გამო მათი ფრონტალური გეგმილები M_2 და M'_2 შეთავსებულია (რატომ?). M და M' წერტილები ეკუთვნის კონუსის ზედაპირს, ვინაიდან ორივე ეკუთვნის წრფეს (კონუსის მსახველს) $M \in SA$ და $M' \in SB$ და ეპიურზე დაცულია წერტილის წრფეზე მდებარეობის პირობა. მაგალითად, $M \in SA$-ს იმიტომ, რომ $M_1 \in S_1A_1$, $M_2 \in S_2A_2$ და $M_3 \in S_3A_3$.

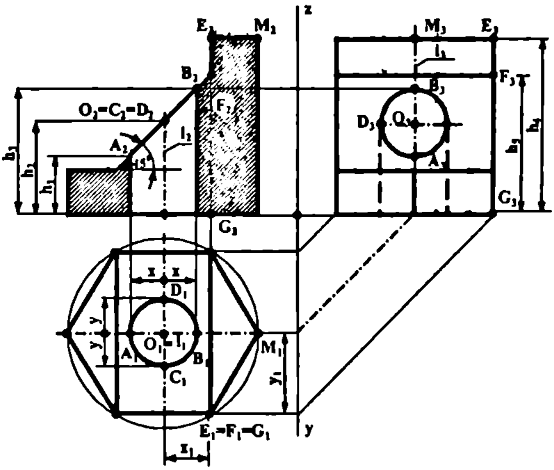
განვიხილოთ კონუსის იზომეტრიის აგება 127-ე სურათზე ნაჩვენები ხედების მიხედვით (სურ. 128).

როგორც სურათიდან ჩანს (სურ. 128-1), კონუსის ფუძის ცენტრი შეთავსებულია იზომეტრიის ღერძების თანაკვეთის წერტილთან, აგებულია ოვალი (ფუძის წრეწირის იზომეტრიის – ელიფსის შემცვლელი ფიგურა), აგრეთვე, S წვეროსა და M და M' წერტილებზე გამავალი SA და SB მსახველების იზომეტრია. წვეროს ასაგებად გამოყენებულია კონუსის h სიმაღლე ([O'S']=h), A და B წერტილების მოსაძებნად – x და y კოორდინატები, ხოლო M და M' წერტილების იზომეტრია მოძებნილია Z კოორდინატის და იმ პირობის მეშვეობით, რომ ისინი (M და M') ეკუთვნის შესაბამისად SA და SB მსახველებს, იზომეტრიის აგების დასკვნით ეტაპზე ნახაზზე წაიშალა ფიგურის უხილავი ნაწილები და მოხდა კონუსის ზედაპირის შრაფირება წვრილი მთლიანი ხაზებით.



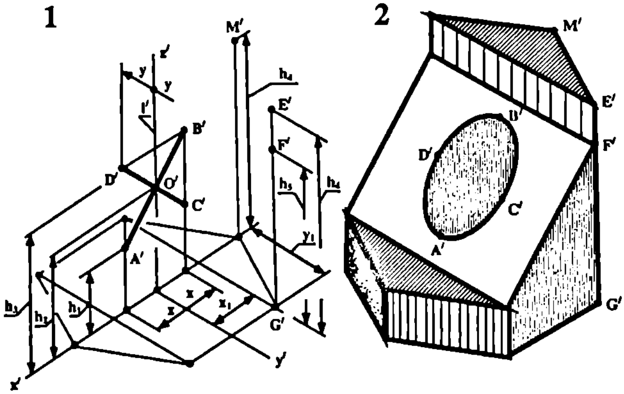
სურ.128

129-ე და 130-ე სურათებზე ნაჩვენებია მაგეგმილებელი და დონის სიბრტყეებით ჩაჭრილი ექვსწახნაგა პრიზმის მოცემული ორი ხედით მესამე ხედისა და თვალსაჩინო იზომეტრიული გეგმილის აგება. ამასთან, 130-ე სურათზე მოცემულია იზომეტრიის აგების ეტაპები (სურ. 130-1 და 130-2). ეს მაგალითი საინტერესოა



სურ.129

იმით, რომ ცილინდრული ხვრელი გამოდის ფიგურის დახრილ ზედაპირზე. სახელდობრ, ხვრელი, რომლის ღერძი ჰორიზონტალურად მაგეგმილებელია ($i \perp \Pi_1$), გადაკვეთილია Π_2-ზე მაგეგმილებელი და Π_1-ისა და Π_2-ის მიმართ 45^0-ით დახრილი სიბრტყით. ასეთი განლაგების გამო ცილინდრისა და სიბრტყის თანკვეთის შედეგი – ელიფსი Π_1-სა და Π_3-ში ასახულია წრეწირად, ხოლო Π_2-ში – წრფის მონაკვეთად. ელიფსის დიდი ღერძი (AB) Π_2 გეგმილთა სიბრტყეში დაუმახინჯებლადაა ასახული, რადგან იგი ამ სიბრტყის პარალელურია, ხოლო მცირე ღერძი (CD) Π_2-ის მართობულია, ე.ი. Π_1-ის პარალელური, სწორედ ამ უკანასკნელზეა გამოსახული თავისი ნამდვილი ზომით. ასეთი ელიფსის იზომეტრიის აგებას თავისი გრაფიკული ხერხი აქვს, რომელიც ჩვენ პროგრამაში არ განიხილება. ამის გამო მოცემულ შემთხვევაში (სურ. 130-1) მისი აგება დაყვანილია დიდი (AB) და მცირე (CD) ღერძების იზომეტრიის აგებამდე, ელიფსი კი შეცვლილია მისი მსგავსი ოვალით, რომელიც აგებულია მოცემული დიდი და მცირე ღერძებით ოვალის აგების თქვენთვის უკვე ცნობილი ხერხით (იხ. სურ. 26). მართალია, ასეთი აგება მიახლოებითია, მაგრამ თქვენი პროგრამისათვის იგი სავსებით საკმარისია, უფრო ზუსტი გზების შესწავლა მომავლისათვის გადავდოთ.



სურ.130

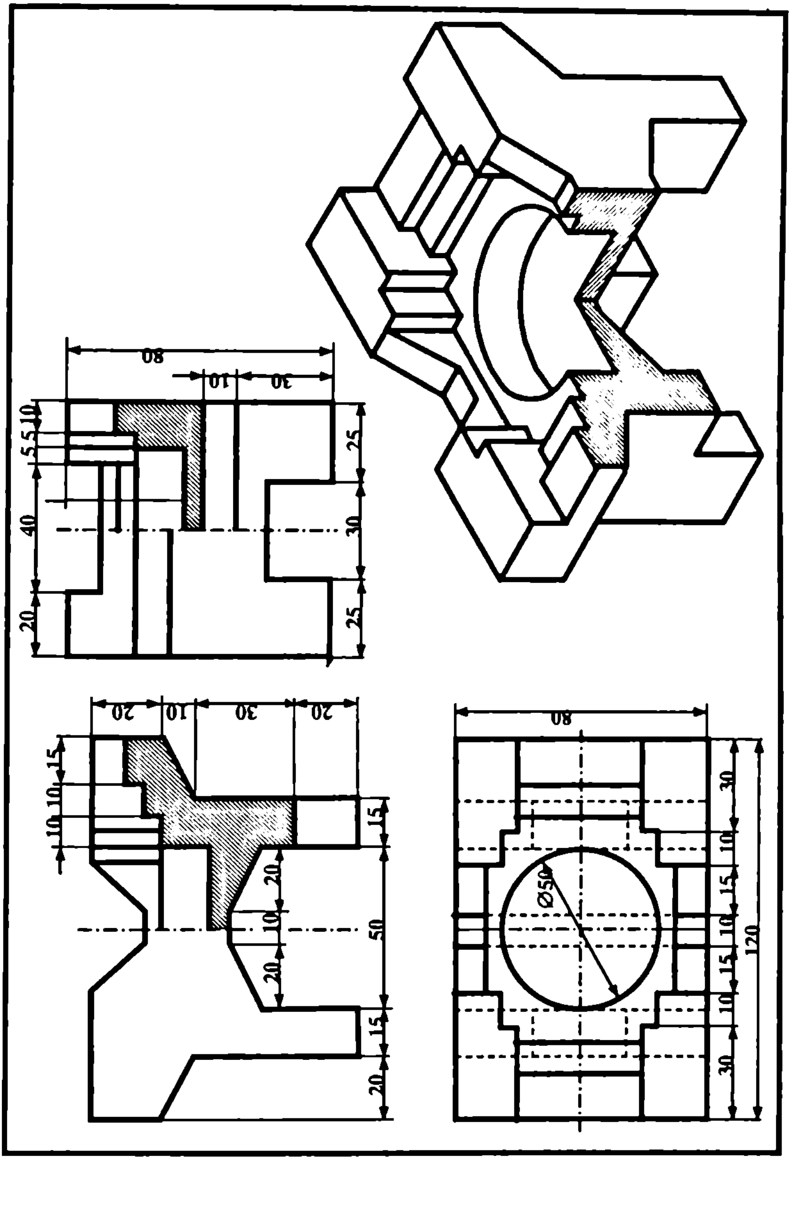
129-ე და 130-ე სურათებზე შესრულებული ყველა დანარჩენი აგება თქვენთვის ნაცნობია და დამატებით ახსნას არ საჭიროებს, თუმცა შეხსენებისათვის ამ სურათებზე მაინც მინიშნებულია ზოგიერთი წვეროს (მაგალითად, M,E,F და G) აგების პროცესი.

26. მოცემული ორი ხედის მიხედვით მესამე ხედისა და აქსონომეტრიის აგების მაგალითები

1. მოცემული ორი ხედით მესამე ხედისა და თვალსაჩინო აქსონომეტრიული გამოსახულების ასაგებად საჭირო ინფორმაციას თქვენ უკვე გაეცანით წინა პუნქტში. მიღებული ინფორმაციის პრაქტიკაში წარმატებული გამოყენება დამოკიდებულია სავარჯიშო მაგალითების შესრულებაზე. ამ მიზნით, ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ ერთმანეთის მსგავს, მაგრამ მაინც ზოგიერთი თავისებურებით განსხვავებულ ოთხ მაგალითს (იხ. სურათები 131, 132, 133, 134).

2. წარმოიდგინეთ, რომ მოცემული ხედები (მთავარი ხედი და ხედი ზემოდან) ჭრილს არ შეიცავს და შესრულებული ფრონტალური ჭრილი ამოცანის ამოხსნის პროცესშია გაკეთებული. სასურველია, თუ მოცემული ხედებიდან, მთავარს ანუ წინა ხედს აღადგენთ პირვანდელი სახით, ე.ი. წაშლით ჭრილს და ხედს შეავსებთ იმ წყვეტილი ხაზებით, რომელთა წაშლა ნახაზზე პირობითი ჭრილის გაკეთებამ განაპირობა (სურ. 131).

მოცემულობის (ორი ხედი) დეტალური გარჩევით იოლად მიხვალთ იმ დასკვნამდე, რომ განსახილველი ფიგურა შედგება მხოლოდ წახნაგოვანი (კერძოდ, პრიზმული) და ცილინდრული ზედაპირებისაგან, რომლებიც განლაგებულია დონისა და მაგეგმილებელ სიბრტყეებში (დათვალეთ, რამდენი ასეთი მართკუთხედია მოცემულ ფიგურაში და დააჯგუფეთ დონისა და მაგეგმილებელ



სურ.131

სიბრტყეებში მათი განლაგების მიხედვით). ამასთან გაიხსენეთ, რომელ შემთხვევაში გეგმილდება ბრტყელი ფიგურა თავის კონგრუენტულ ფიგურად და რომელ შემთხვევაში — წრფის მონაკვეთად. დააკვირდით ფიგურის ცენტრალურ ნაწილში მოქცეულ ჩაღრმავებას, რომელსაც მართი წრიული ცილინდრის ფორმა აქვს და ყურადღება მიაქციეთ მის მდებარეობას გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ. მოძებნეთ ცილინდრი ხედებში და ახსენით მისი ამგვარი ასახვა (ზედა ხედში — წრეწირად, წინა ხედში — მართკუთხედად).

გაიხსენეთ ისიც, რომ ყოველი ხედი არის ფიგურის ყველა ელემენტის (უკლებლივ ყველა ელემენტის) — წვეროების, წიბოების, წახნაგების, მრუდე ზედაპირების (განსახილველ შემთხვევაში ცილინდრის) — გეგმილების ერთობლიობა. იფიქრეთ ამ მიმართულებით და გარჩევა დაიწყეთ იმით, რომ იპოვეთ ხედებში ყოველი მართკუთხედის ელემენტები (წვეროები, გვერდები).

მოცემული ფიგურის გეომეტრიული ანალიზით ირკვევა, რომ აღებულ შემთხვევაში თვალსაჩინო გამოსახულების ასაგებად არჩევანი შესაძლოა შევაჩეროთ როგორც იზომეტრიაზე, ისე ფრონტალურ დიმეტრიაზე (ჩვენ შემთხვევაში, როგორც ხედავთ, არჩევანი იზომეტრიაზეა შეჩერებული. სასურველია სავარჯიშოდ ფრონტალური დიმეტრიაც გამოიყენოთ).

მოცემული ფიგურის სამივე გამოსახულება სიმეტრიულია. სახელდობრ, მთავარი ხედი და ხედი მარცხნიდან სიმეტრიულია ვერტიკალური ღერძის მიმართ, ხოლო ზედა ხედი — ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ღერძების მიმართ. საქმე ისაა, რომ აღებულ შემთხვევაში არსებობს სიმეტრიის სიბრტყეები Π_2-ისა და Π_3-ის მიმართ. ნახაზზე ეს სიბრტყეები ნაჩვენები არ არის, თუმცა მათი ადგილი სრულიად გარკვეულია — ორივე გადის სიმეტრიის ღერძებზე და ემთხვევა ცილინდრის ღერძს, რომელიც Π_1-ის მართობულია და, შესაბამისად, Π_2-სა და Π_3-ის პარალელური (ამ საკითხს კვლავ დავუბრუნდებით დეტალის ესკიზების შედგენის დროს). ამჯერად, ფიგურის სიმეტრიულობას იმიტომ მივაქციეთ ყურადღება, რომ ფიგურის ყოველმხრივი ასახვა (იგულისხმება გარე და შიგა ფორმები) უნდა მოხდეს მინიმალური რაოდენობის გამოსახულების გამოყენებით. ვიცით, რომ სიმეტრიული ფიგურებისათვის, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, სიმეტრიის სიბრტყის პარალელურ გეგმილთა სიბრტყეში მოთავსებული გამოსახულებისათვის, დასაშვებია ხედისა და ჭრილის შეთავსება. ჩვენი მაგალითი ტიპურია იმ შემთხვევებისათვის, როცა ამგვარი შეთავსება შესაძლოა განხორციელდეს წინა და მარცხენა გვერდის ხედებში. აქედან გამომდინარეობს, რომ ამჯერად სასარგებლოა ვერტიკალური ჭრილის გამოყენება და თანაც ისე, რომ ორივე შემთხვევაში ფიგურას პირობით ჩამოეჭრას მარჯვენა წინა მეოთხედი (ამგვარი გადაწყვეტილება სახელმწიფო სტანდარტით არის რეკომენდებული). რას ნიშნავს მარჯვენა წინა მეოთხედი? ამას გავარკვევთ ასე: წარმოიდგინეთ, რომ დამკვირვებელი დგას პირით Π_2-ისაკენ, მაშინ მისთვის მარჯვენა წინა მეოთხედი იქნება ის ნაწილი, რომელიც ზედა ხედში მდებარეობს ჰორიზონტალური ღერძის ქვემოთ

და ვერტიკალურის მარჯვნივ. ამ მეოთხედის ფიგურიდან მოცილების პირობითობას მიუთითებს ის ფაქტი, რომ იგი შენარჩუნებულია ზედა და გვერდით ხედებში და ჩამოჭრის შედეგი მხოლოდ ფრონტალურ სიბრტყეშია (წინა ხედში) ასახული. სურათზე ხედავთ ფიგურის მხოლოდ ნაწილს, რომელიც წინა ხედშია ნაჩვენები. იგი შეიცავს ფიგურის მხოლოდ გარე მოხაზულობას და თავისუფალია შიგა ფორმების საჩვენებელი კონტურებისაგან, რომლებიც ნახაზზე წყვეტილი ხაზებით აღინიშნება. სამაგიეროდ, გამოსახულების მარჯვენა მხარე მთლიანად დათმობილი აქვს კვეთს და მას, რაც მდებარეობს მის უკან. თუ ფიგურა სიმეტრიულია, მარტივი ჭრილები ნახაზზე ასოით აღნიშვნას და ხედვის მიმართულების ისრით ჩვენებას არ საჭიროებს.

ანალოგიური პირობითობაა დაცული მარცხენა გვერდის ხედში. ფიგურიდან აქაც მარჯვენა წინა მეოთხედია ამოჭრილი. განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ აქ დამკვირვებელი დგას პირით Π_3-ისაკენ (იხ. ხედი ზემოდან).

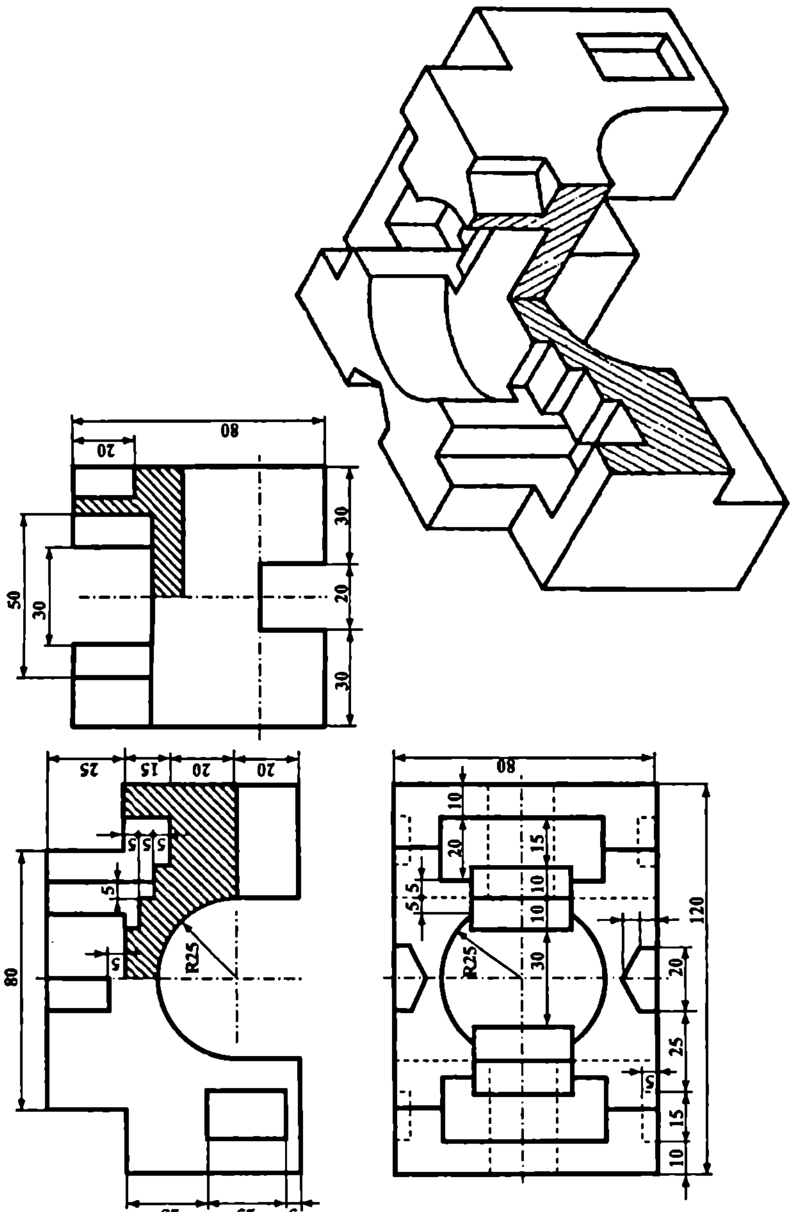
აქსონომეტრიული გეგმილისთვისაც უმჯობესია ფიგურის მეოთხედის მოცილება. აღებულ შემთხვევაში მკვეთი სიბრტყეები ემთხვევა x'o'z' და y'o'z' საკოორდინატო სიბრტყეებს (ნახაზზე ნაჩვენები არ არის).

მკვეთი სიბრტყისა და ფიგურის მასიური ნაწილის თანკვეთა უნდა წაიხაზოს. ორთოგონალურ გეგმილებში წახაზვის ხაზები 45^0-ითაა დახრილი ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან, ხოლო აქსონომეტრიულში — შესაბამისი კვადრატის დიაგონალის მიმართულებას ემთხვევა (იხ. შესაბამისი მასალა წინა პუნქტებში).

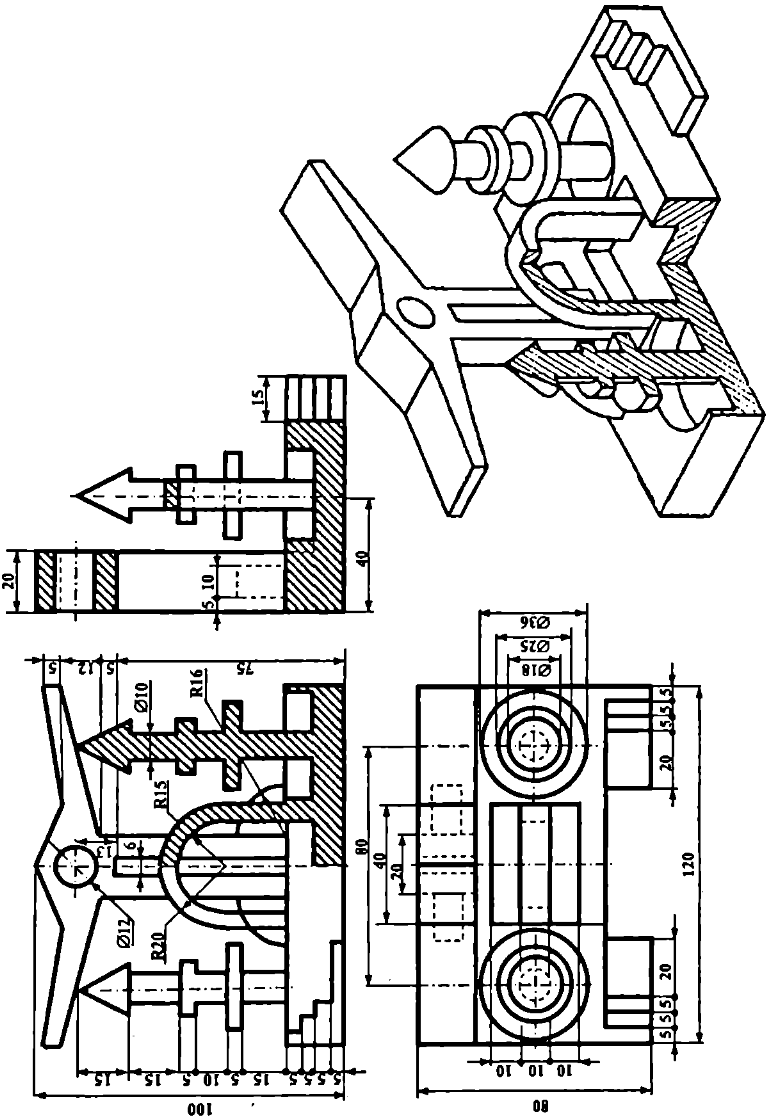
3. ნახაზის შესრულების პირველი ეტაპი (სურ. 131) ითვალისწინებს მოცემულობის (ორი ხედი) გადახაზვას და იმ ანალიზის ჩატარებას, რომლის შესახებაც მე-2 პუნქტში იყო საუბარი. ამის საფუძველზე იხაზება მესამე ხედი და კეთდება სასარგებლო ჭრილი, რომლის დანიშნულებაა ფიგურის შიგა ფორმების გამოვლენა და ნახაზზე გამოსახულებათა რაოდენობის მინიმუმამდე დაყვანა.

დასმულ ამოცანაში საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ ყველა საჭირო ზომა საწყის ეტაპზე მხოლოდ ორ ხედშია ნაჩვენები. მესამე ხედის აგების შემდეგ ზომების დასმის სტანდარტული წესების დაცვის მეტი შესაძლებლობა იქმნება, განსაკუთრებით იმ ნაწილისა, რომელშიც ნათქვამია, რომ ფიგურის ყოველ ელემენტზე ზომები უნდა მიეთითოს იმ ხედში, რომელშიც ყველაზე თვალსაჩინოდ ჩანს გასაზომი ელემენტი, თუმცა ტექნიკური ხაზვის სპეციალურ ამოცანებში კონსტრუქციული თუ ტექნოლოგიური ხასიათის მოთხოვნები იწვევს ამ საერთო წესის დარღვევას.

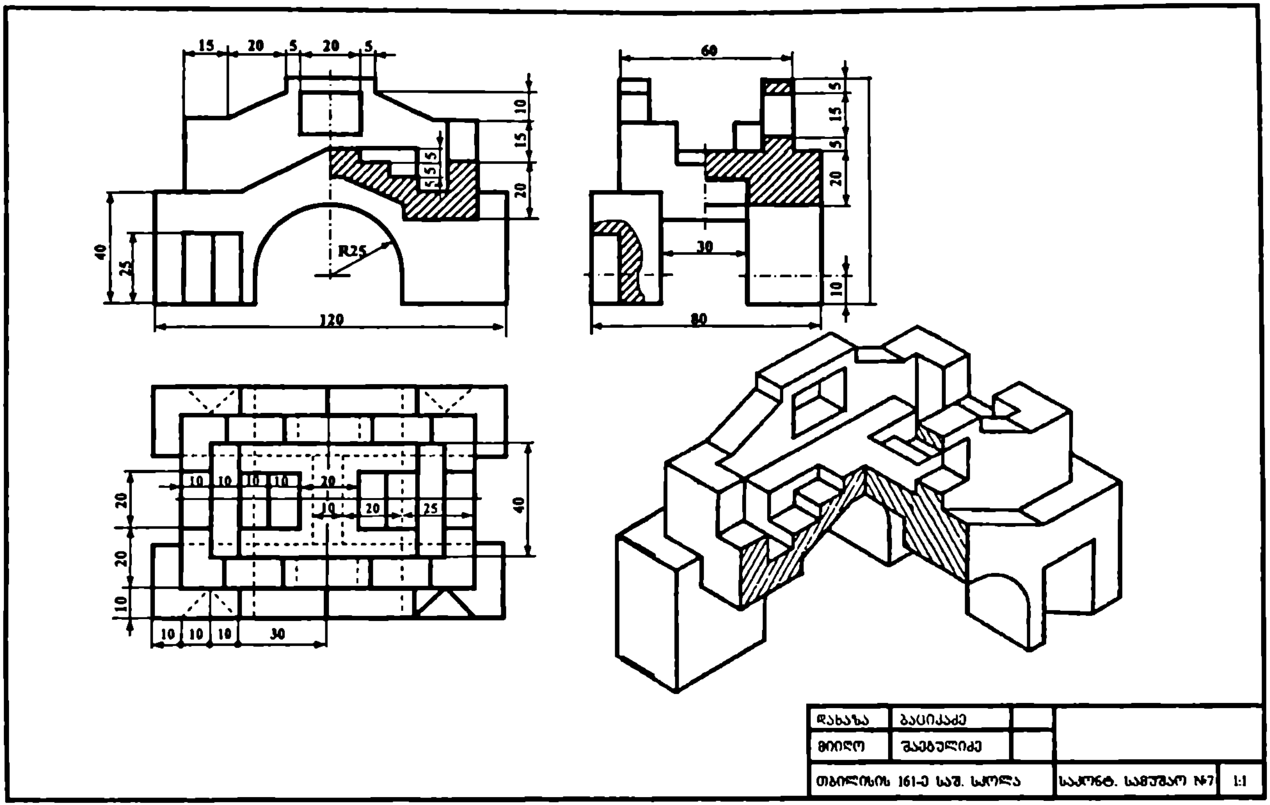
მესამე ხედის მოძებნის, ჭრილების გაკეთების და ზომების გადანაწილების შემდეგ იწყება შესრულებული სამუშაოს დეტალური შემოწმება: ასახულია თუ არა ფიგურის ყოველი ელემენტი ყველა ხედში; მიზანშეწონილია თუ არა ჭრილის ადგილი და, საერთოდ, მისი შესრულება; დაცულია თუ არა ზომების სტანდარტული პირობითობა. მხოლოდ ამის შემდეგ შეიძლება ნახაზის შემოვლება სტანდარტული კლასიფიკაციით გათვალისწინებული ხაზებით.



სურ.132



ნახ.133


15
20
5
20
5
10
15
20
R25
40
25
120
60
5
15
5
20
30
10
80
10
10
10
10
20
10
20
25
40
20
20
10
10
10
10
30
დახაზა
ბასილაძე
მიიღო
შავგულიძე
თბილისის 161-ე საშ. სკოლა
საკონტ. სამუშაო №7
1:1

სურ.134

4. ნახაზის შესრულების მეორე ეტაპი (სურ. 131) ითვალისწინებს ხედების მიხედვით აქსონომეტრიული გეგმილის აგებას. აქსონომეტრიის სახის შერჩევისა და ჭრილის ადგილის მონიშვნის შემდეგ იწყება გამოსახულების აგება. ნახაზის შემოვლება დასაშვებია მხოლოდ შესრულებული სამუშაოს დეტალური ანალიზის შემდეგ.

5. სამუშაოს დასრულების შემდეგ ნახაზი კიდევ ერთხელ უნდა შემოწმდეს ზემოთ მოყვანილი პირობების (იხ. მე-2-ე პუნქტში) დაცვის მიზნით.

132-ე და 133-ე სურათებზე ნაჩვენებია განხილულის ანალოგიური მაგალითები. 133-ე სურათი განსხვავებულია იმით, რომ მოცემული ფიგურისათვის მხოლოდ წინა ხედშია შესაძლებელი ხედისა და ჭრილის შეთავსება (რატომ?). გვერდხედში ასეთი შეთავსება გამორიცხულია და უპირატესობა მთლიან პროფილურ ჭრილს აქვს მიკუთვნებული (რატომ?).

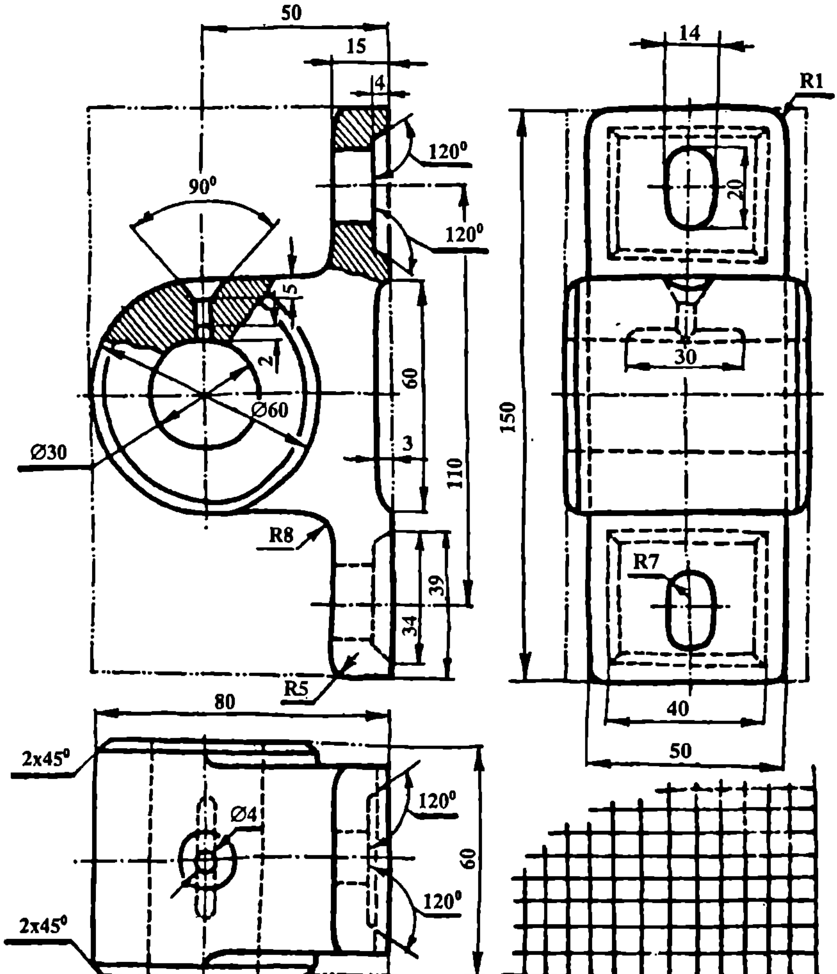
მკითხველს ვთხოვთ, დეტალურად განიხილოს 134-ე სურათზე ნაჩვენები მაგალითი, როგორც განვლილი მასალის (25-ე და 26-ე პუნქტში) შემაჯამებელი ნიმუში.

27. დეტალის ესკიზი და სამუშაო ნახაზი

1. წინა პუნქტებში ვხაზავდით მხოლოდ ბრტყელ და არაბრტყელ გეომეტრიულ ფიგურებსა და მათ კომბინაციებს. გამონაკლისი იყო ბოლო ოთხი მაგალითი, რომლებშიც გეომეტრიული ფიგურების კომბინაციებმა კონკრეტული სახე შეიძინა და მანქანათა ნაწილებთან მიახლოებული სახით წარმოგვიდგა. ამგვარი ტენდენციის მიუხედავად, განხილულ მაგალითებში არსად შეგვხვედრია გრაფიკული გამოსახულების აგების გეომეტრიული არსის რაიმე ცვლილება და ყოველი ჩვენი მოქმედება ისევ ბრტყელი და არაბრტყელი ფიგურების ხაზვის ჩვენთვის უკვე ცნობილ მეთოდებს ეყრდნობოდა. ამჯერად მიზნად დავისახოთ ისეთი ტექნიკური ფორმების ხაზვა, რომლებიც მანქანათმშენებლობაში გამოიყენება.

მანქანათსაშენი ხაზვა, ისევე როგორც სამშენებლო ხაზვა, რაზეც წიგნის ბოლოში გვექნება საუბარი, ტექნიკური ხაზვის მნიშვნელოვანი მიმართულებაა.

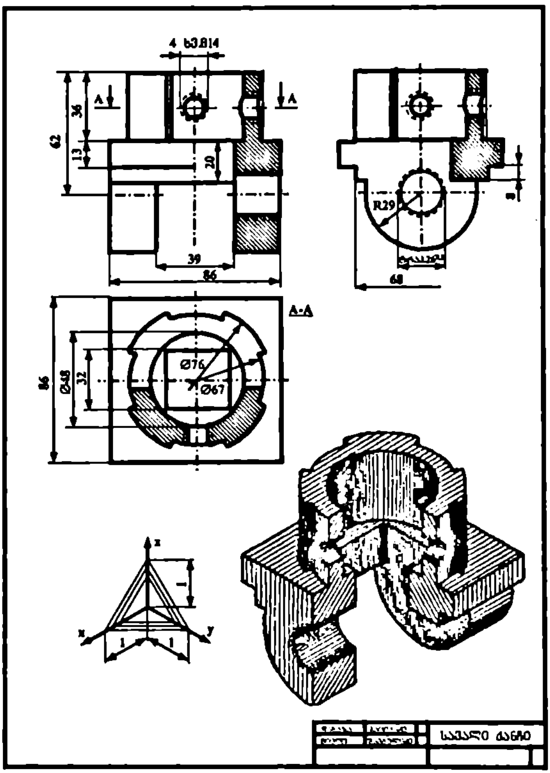
2. ნებისმიერი მანქანა თუ მექანიზმი შედგება ცალკეული ნაწილებისაგან, რომლებსაც დეტალებს უწოდებენ. დეტალი, როგორც წესი, მანქანის ის ნაწილია, რომელიც, თავის მხრივ, არ იშლება და ერთ მთლიან ტექნიკურ ფორმას წარმოადგენს. იგი შეიძლება ჩამოისხას, გამოიჩარხოს ან რაიმე სხვა ტექნოლოგიით დამზადდეს, მაგრამ მის დასამზადებლად აუცილებელია შეიქმნას ნახაზი, რომლის მიხედვითაც იგი დამზადდება და შემდგომ შემოწმდება. იმის გამო, რომ ნებისმიერი ნაკეთობა — მანქანა, მექანიზმი, ხელსაწყო თუ სხვ., ცალკეული დეტალებისაგან შედგება, მანქანათსაშენი ხაზვა სწორედ დეტალების ნახაზების შედგენის შესწავლით იწყება და, როგორც ამას ქვემოთ დავინახავთ, მრავალი დეტალისაგან შედგენილი ნაკეთობის ნახაზების შედგენისა და წაკითხვის შესწავლით მთავრდება.


50
15
4
120⁰
90⁰
120⁰
5
2
60
Ø60
Ø30
3
110
R8
39
34
R5
80
2x45⁰
Ø4
120⁰
60
120⁰
2x45⁰
14
R1
20
30
150
R7
40
50

სურ.135

იმისათვის, რომ დეტალი დამზადდეს, როგორც უკვე ითქვა, საჭიროა წინასწარ მისი სამუშაო ნახაზის შესრულება, ხოლო სამუშაო ნახაზის შესრულებას, ჩვეულებრივ, წინ უძღვის ამავე დეტალის ესკიზის შედგენა, რომლის მიხედვითაც სრულდება ზემოაღნიშნული სამუშაო ნახაზი.

ესკიზი დეტალის წინასწარი მონახაზია. იგი სრულდება ხელით, სახაზავი იარაღების გამოუყენებლად. გრაფიკული სამუშაოს შემსუბუქების მიზნით, სასურველია მისი ხაზვა მილიმეტრულაზე და რბილი ფანქრით. საჭირო არ არის სტანდარტული მასშტაბის გამოყენება, მაგრამ აუცილებელია დეტალის ცალკეული ელემენტების ზომებს შორის თვალდათვალ დაცულ იქნეს პროპორციულობა და ხედების გეგმური კავშირი. დეტალის ესკიზი უპირატესად სამუშაო ნახაზის შესადგენადაა საჭირო; თუმცა, ზოგ შემთხვევაში დეტალი სწორედ მისი ესკიზის მიხედვით შეიძლება დამზადდეს, ამიტომ ესკიზი დეტალის დასამზადებლად საჭირო ყველა მონაცემს უნდა შეიცავდეს. ეს მონაცემებია: ხედები და ჭრილები (საკმარისი რაოდენობით), კვეთები, ზომები, მასალა და სხვ.

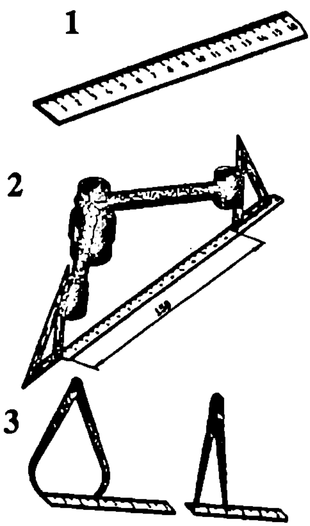


სურ.136

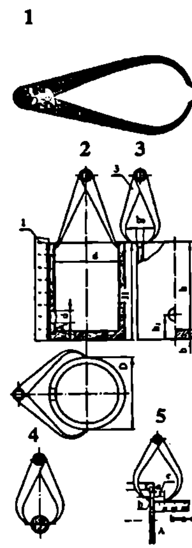
სამუშაო ნახაზი სრულდება სახაზავი ხელსაწყოების გამოყენებით. იგი, როგორც ამოცანის პირობა, უნდა შეიცავდეს ასეთი დეტალის დამზადებისა და შემოწმებისათვის საჭირო ყველა მონაცემს. ეს მონაცემებია: ძირითადი ხედები, საჭიროების შემთხვევაში დამატებითი ხედები, შიგა ფორმების საჩვენებელი ჭრილები და კვეთები, გამოტანილი ელემენტები (ამის შესახებ ცალკე გვექნება საუბარი), მასალა და სხვ.

135-ე და 136-ე სურათებზე შესაბამისად ნაჩვენებია დეტალის ესკიზისა და სამუშაო ნახაზის ნიმუშები, მათ შესრულებას კი ქვემოთ ვისწავლით. ახლა განვიხილოთ დეტალის გაზომვის ცნება და გავეცნოთ იმ ხელსაწყოებს, რომელთა მეშვეობითაც განისაზღვრება დეტალის ზომები.

3. დეტალის გაზომვას დიდი მნიშვნელობა აქვს ესკიზის სრულყოფილად შესრულებისათვის. პრაქტიკაში დეტალის გაზომვის მრავალი ხერხი და საზომი იარაღია ცნობილი. დანიშნულების მიხედვით ისინი შესაძლოა გავყოთ ორ ჯგუფად:



სურ.137



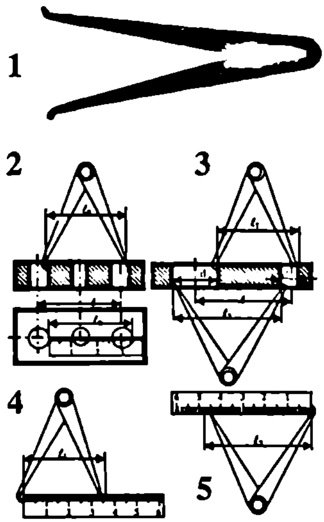
სურ.138

პირველი ჯგუფი — დეტალის ფორმების უშუალოდ საზომი იარაღები: ფოლადის სახაზავი, კარაკინი, შიგსაზომი, ნონიუსიანი შტანგენფარგალი და სხვ. მეორე ჯგუფი — დამზადებული დეტალების ზომების საკონტროლო იარაღები: ზღვრული კალიბრები, ეტალონები, სამოწმებელი ფილები და სხვ.

განვიხილოთ სასწავლო დანიშნულების ესკიზების შესადგენად საჭირო ზოგიერთი საზომი ხელსაწყო და მათი გამოყენების წესები.

137-ე, 138-ე და 139-ე სურათებზე ნაჩვენებია საზომი ხელსაწყოები: ფოლადის სახაზავი (სურ. 137-1), კარაკინი (სურ. 138-1) და შიგსაზომი (სურ. 139-1).

ამავე სურათებზეა ნაჩვენები ამ ხელსაწყოების გამოყენების მაგალითები: დეტალის უშუალო გაზომვა ლითონის სახაზავით (სურ. 137-2), ლითონის სახაზავზე ანათვლის აღება (სურ. 137-3), კარაკინით ლილვის დიამეტრის გაზომვა (სურ. 138-4), შიგსაზომით ცილინდრული ხვრელის გაზომვა (სურ. 138-2), კარაკინისა და ფოლადის სახაზავის ერთობლივი გამოყენება (სურ. 138-5) იმ შემთხვევაში, როცა ელემენტის უშუალოდ გაზომვა ვერ ხერხდება და სხვ. ყველა ზემოთ განხილული შემთხვევა დეტალის უხეში (ნაკლებად ზუსტი) გაზომვის მაგალითებია.



სურ.139

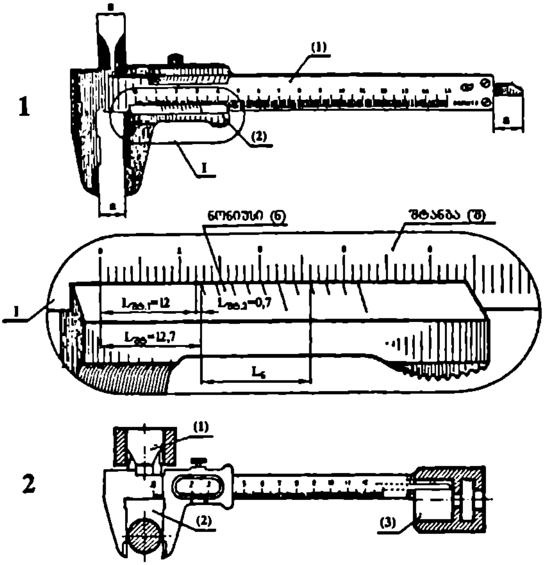
საგანგებოდ განვიხილოთ ერთი ხელსაწყო, რომელსაც ნონიუსიანი შტანგენფარგალი (სურ. 140-1) ეწოდება და რომლითაც დეტალების შედარებით ზუსტად გაზომვაა შესაძლებელი. ამ ხელსაწყოთი შესაძლებელია შიგა და გარე ზომების აღება, აგრეთვე სიღრმის გაზომვა.

შტანგენფარგალზე ანათვლები აიღება ასე: ვთქვათ, მოცემულ შემთხვევაში შტანგის (1) თითოეული დანაყოფის ფასია 1 მმ, ხოლო ნონიუსის (2) სიზუსტე — 0,1 მმ (ეს უკანასკნელი, ჩვეულებრივ, თვით შტანგენფარგალზეა აღნიშნული). დავხედოთ გამოტანილ ელემენტს (I), რომელიც გადიდებული მასშტაბითაა ნაჩვენები. ნონიუსის პირველი (მარცხნიდან) დანაყოფით შტანგიდან აიღება მთელი რიცხვები (მმ-obით), ხოლო მილიმეტრის ნაწილები — ნონიუსიდან. ჩვენ შემთხვევაში (იხ. გამოტანილი ელემენტი) პირველი ხაზი გადაცდენილია 12 მმ-ს (Lშ$_{ბ}$1=12), მაგრამ არ არის მისული 13 მმ-მდე, აქ გვეხმარება ნონიუსი, რომლის დანაყოფებსაც ვათვალიერებთ მარცხნიდან მარჯვნივ და ვეძებთ რომელი მათგანია შეთავსებული შტანგის დანაყოფთან. ჩვენ შემთხვევაში შეთავსებულია მე-7 დანაყოფი (L=7), რადგან ნონიუსი 0,1 მმ სიზუსტისაა, ამიტომ აღებული ანათვალი Lშ$_{ბ}$2=0,7 მმ იქნება. ამ უკანასკნელს დავუმატებთ პირველად აღებულს (12) და მივიღებთ საერთო ანათვალს Lშ$_{ბ}$=12,7 მმ.

140-2 სურათზე ნაჩვენებია შტანგენფარგლის საშუალებით შიგა ხვრელის (1), გარე დიამეტრის (2) და სიღრმის (3) გაზომვის მაგალითები. სამივე შემთხვევაში შტანგაზე ანათვალი აიღება ზემოთ ახსნილი წესით.

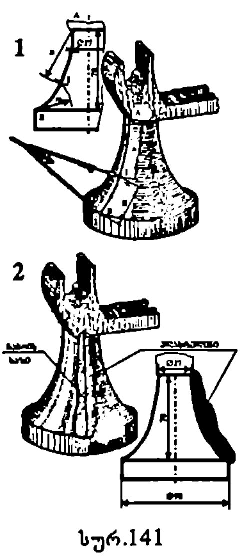
განვიხილოთ დეტალის გამოხაზვის კიდევ ერთი შემთხვევა, როცა მისი ცალკეული ელემენტების გაზომვა საზომი ხელსაწყოებით ვერ ხერხდება.

განვიხილოთ მრუდე ზედაპირის გამოხაზვის ორი ვარიანტი:



სურ.140

1) AB მრუდი (სურ. 141-1) გავყოთ ორ ნაწილად. A და B წერტილებიდან შემოვხაზოთ m- და n-რადიუსიანი რკალები, რომელთა თანაკვეთა (1) AB მრუდის ერთ-ერთი წერტილი იქნება. ანალოგიურად შესაძლოა სხვა დამახასიათებელი წერტილების მოძებნაც. მათი მომვლები მრუდი საძიებელი მრუდის გამოსახულება იქნება. ამ ხერხს ტრიანგულაციის ხერხი ეწოდება.



სურ.141

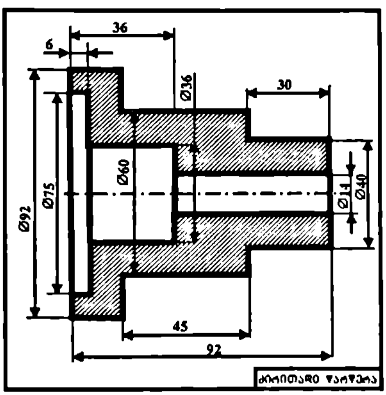
2) მრუდის აგების უფრო მარტივი ხერხია გამოსახული 141-2 სურათზე. ესაა პლასტილინის გამოყენება, რაც სურათიდანაც კარგად ჩანს და დამატებით განმარტებას არ საჭიროებს.

4. ტექნიკურ ხაზვაში ერთობ მნიშვნელოვანია ნახაზზე გამოსახულებათა აუცილებელი ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრა. ადრე განხილულ მაგალითებში, რომლებსაც მხოლოდ სასწავლო დანიშნულება ჰქონდა ამ პრობლემას ყურადღებას არ ვაქცევდით, და ამიტომ, ხშირად ჩვენ მიერ შედგენილ ნახაზებში საკმარისზე მეტი გამოსახულება იყო მოცემული, რათა ფიგურები რაც შეიძლება მკაფიოდ ყოფილიყო გამოსახული. ახლა, როცა გარკვეული ცოდნა შევიძინეთ და ნახაზების კითხვაშიც რამდენადმე დავხელოვნდით, შეგვიძლია უკვე

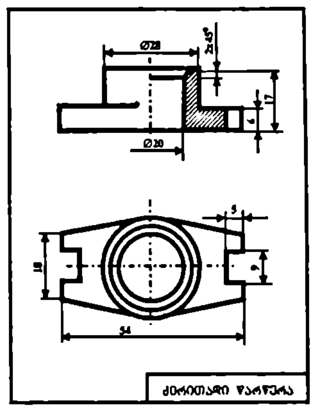
ეკონომიური თვალსაზრისით შევხედოთ საქმეს და ფიგურის მხოლოდ იმდენი გამოსახულება ვაჩვენოთ, რამდენიც აუცილებელია.

გამოსახულებათა რაოდენობა ნახაზზე საკმარისზე არც მეტი უნდა იყოს და არც ნაკლები. ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა კი დამოკიდებულია თვით საგნის ფორმასა და ცალკეული ელემენტების ურთიერთგანლაგებაზე, ამასთან დაკავშირებით, განვიხილოთ სამი მაგალითი.

142-ე სურათზე ნაჩვენებია დეტალი, რომელსაც ტექნიკაში მილისი ეწოდება. როგორც ნახაზიდან ჩანს, მილისი საერთო ღერძის მქონე მართი წრიული ცილინდრებისაგან შედგება. ცილინდრი კი, როცა მისი ღერძი პროფილურ გეგმილთა სიბრტყის მართობულია (სურათზე ნაჩვენები შემთხვევა), ამ სიბრტყეში წრეწირად აისახება, ხოლო დანარჩენ ორში – მართკუთხედებად. წრეწირის დიამეტრი ცილინდრის დიამეტრის ტოლია, მართკუთხედის ერთი გვერდი, როგორც ადრე ვთქვით (იხ. სურ. 141), ცილინდრის სიმაღლეს უდრის, ხოლო მეორე – წრეწირის დიამეტრს. ახლა დააკვირდით და განსაზღვრეთ, საკმარისია თუ არა მოცემული დეტალის მხოლოდ წინა ხედის ჩვენება და წრეწირის დიამეტრების მინიშნება. როგორც ხედავთ, აღებულ შემთხვევაში ამგვარი გამარტივება სავსებით დასაშვებია, რადგან მილისის შემადგენელი ყოველი ცილინდრი ცალსახად განსაზღვრულია მხოლოდ სიმაღლისა და დიამეტრის მოცემით. ასე რომ, 142-ე



სურ.142

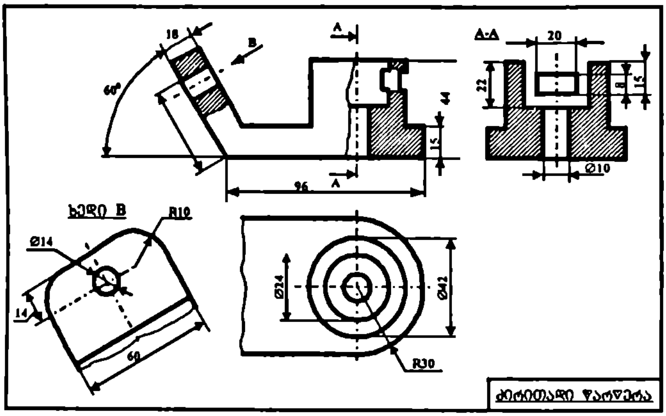

სურ.143

სურათზე გამოხაზული მილისი სრულიად განსაზღვრულია და მითითებული ზომები და ფრონტალური ჭრილი, რომლებიც მხოლოდ ერთ ხედშია თავმოყრილი, მისი დამზადებისა და შემოწმების სრულ შესაძლებლობას იძლევა.

143-ე სურათზე ნაჩვენებია დეტალი, რომელსაც ტექნიკაში ჩობალი ეწოდება. როგორც სურათიდან ჩანს, ამ შემთხვევაში ორი გამოსახულებაა საკმარისი.

აქაც წინა მაგალითის ანალოგიურად, გამოსახულებათა რაოდენობის მინიმუმამდე დაყვანაში გვეხმარება ნახაზის შედგენის სტანდარტული პირობითობა – ჭრილისა და ხედის შეთავსება წინა ხედში, დიამეტრის აღნიშვნა და ზომების რიცხვითი მნიშვნელობები.

144-ე სურათზე ნაჩვენებ შემთხვევაში (კრონშტეინი) კი დეტალის სრულად წარმოჩენისათვის გამოყენებულია შემდეგი გამოსახულებები: სამი ძირითადი ხედი, პროფილური ჭრილი, წინა ხედში შეთავსებული ხედი და ჭრილი (ყურადღება მიაქციეთ, რომ აღებულ შემთხვევაში ხედზე ჭრილი ტალღური ხაზითაა გამოყოფილი. რატომ?), წინა ხედში ადგილობრივი ჭრილი, დამატებითი ხედი ისრის მიმართულებით. აქ საყურადღებოა ისიც, რომ ზედა ხედის მხოლოდ ნაწილია ნაჩვენები, ნაწილი კი ადგილობრივი ხედით არის შეცვლილი.



სურ.144

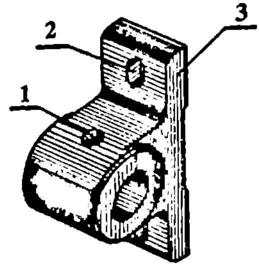
ზემოთ განხილული სამი მაგალითიდან ცხადია, ვიდრე დეტალის ესკიზის ხაზვას შეუდგებოდეთ, იგი გულდასმით უნდა დაათვალიეროთ და განსაზღვროთ გამოსახულებათა ოპტიმალური რაოდენობა.

28. დეტალის ესკიზისა და სამუშაო ნახაზის შესრულების მაგალითი

დეტალის ესკიზისა და სამუშაო ნახაზის შესრულება მოითხოვს წინასწარი გეგმის ანუ მოქმედებათა მიმდევრობის განსაზღვრას. განვიხილოთ პრაქტიკაში გავრცელებული ამგვარი გეგმის ვარიანტი: 1) დეტალის ანალიზი; 2) ხედების განსაზღვრა; 3) სიმეტრიულობის განსაზღვრა; 4) ესკიზის გამოხაზვა; 5) დეტალის გაზომვა და ზომების დასმა; 6) ესკიზის ანალიზი; 7) სამუშაო ნახაზის შესრულება; 8) შესრულებული სამუშაოს ანალიზი.

1. როგორც უკვე ითქვა, ვიდრე დეტალის ესკიზის შედგენას შევუდგებოდეთ, საჭიროა მისი ანალიზი, ე.ი. უნდა განისაზღვროს დასახელება, გამოყენება, მასალა, გეომეტრიული ზედაპირები, სამუშაო მდგომარეობა.

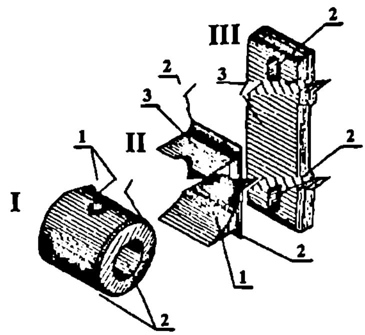
მოცემულ დეტალს (სურ. 145) ეწოდება ყრუ საკისარი. იგი ტექნიკაში ბევრგან გამოიყენება და ყველგან მბრუნავი ლილვის საყრდენია. ლილვის ბრუნვისას წარმოშობილი ხახუნის შესამცირებლად ხდება მისი შეზეთვა. საამისოდ საკისარს აქვს (1) საზეთე ხვრელი. საკისარი მაგრდება შტატივზე ჭანჭიკებისა და ქანჩების მეშვეობით, რისთვისაც მის ფუძეზე (3) (სურ. 145) გაკეთებულია ორი ხვრელი (2) (სურ. 145).



სურ.145

ყრუ საკისარს, ჩვეულებრივ, რუხი თუჯისაგან ამზადებენ მისი ზედაპირი დამუშავებულია სუფთად.

გეომეტრიული თვალსაზრისით, საკისარი პირობითად შესაძლოა სამ ნაწილად დაიყოს (სურ. 146). სახელდობრ, მასში შესაძლოა გაირჩეს კონუსური (სურ. 146-1), ცილინდრული (სურ. 146-2) და წახნაგოვანი (სურ. 146-3) ზედაპირები.

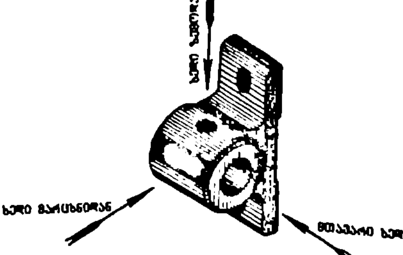


სურ.146

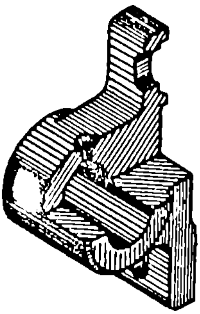
მოცემული დეტალის მუშა მდგომარეობა განისაზღვრება იმით, რომ მისი საზეთე ხვრელი ზემოთ უნდა იყოს მიმართული, ფუძე კი — ვერტიკალურ კედელზე დამაგრებული.

2. ვიცით დეტალის მუშა მდგომარეობა, ახლა შეგვიძლია შევარჩიოთ მისი მთავარი ხედი. მთავარ ხედად უნდა ავირჩიოთ ის ხედი, რომელზეც დეტალის დამახასიათებელი მეტი ელემენტი ჩანს (სურ. 147).

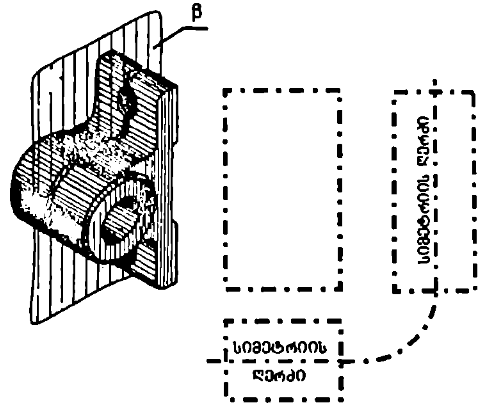
ცხადია, ამ შემთხვევაში მარტო მთავარი ხედი ვერ მოგვცემს მთლიან წარმოდგენას მოცემულ დეტალზე. ამისათვის შევარჩევთ კიდევ ორ ხედს — ზემოდან და მარცხნიდან (სურ. 147). ეს საკმარისია დეტალის მხოლოდ გარე ფორმების საჩვენებლად. შიგა ფორმების გამოსაჩენად კი უნდა შევარჩიოთ ჭრილის ადგილი. როგორც 148-ე სურათიდან ჩანს, შიგა ფორმები ნათლად შეიძლება დავინახოთ, თუ დეტალს პირობით მოვაცილებთ ზედა მარჯვენა



სურ.147



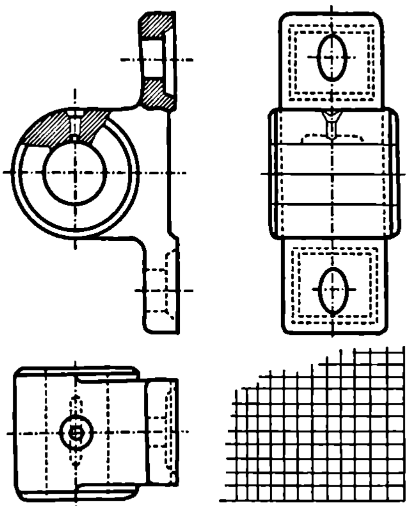
სურ.148



სურ.149

მეოთხედს; თუმცა, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, აღებულ შემთხვევაში, გრაფიკული სამუშაოების შემცირების მიზნით, უპრიანი იქნებოდა ამგვარი პირობითი ჭრილის შეცვლა ადგილობრივი ჭრილებით და მათი ჩვენება წინა ხედში.

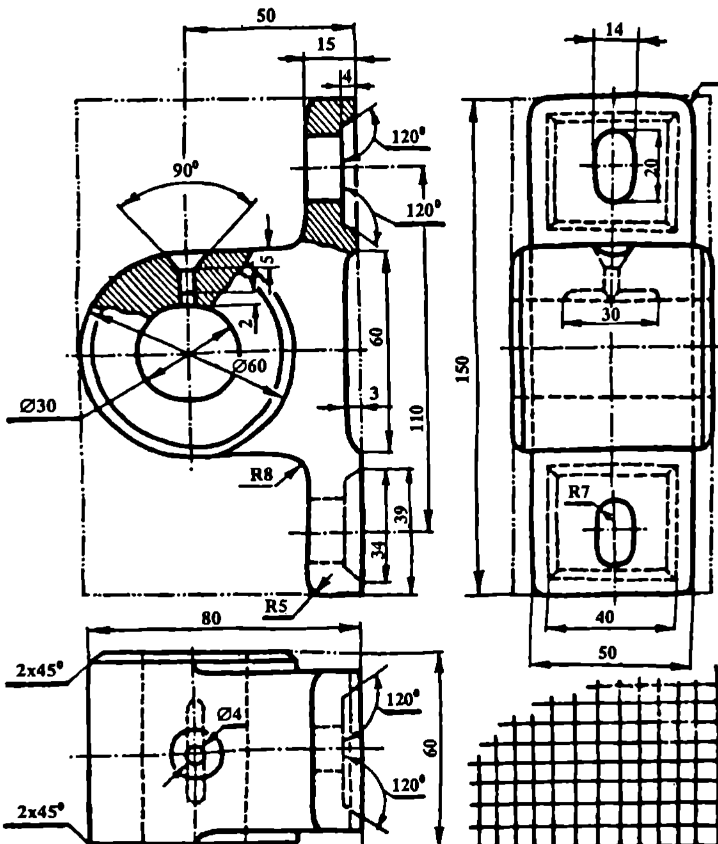
3. ესკიზზე მუშაობის შემდგომი ეტაპია მისი სიმეტრიულობის განსაზღვრა. როგორც 149-ე სურათიდან ჩანს, მოცემული დეტალისათვის არსებობს სიმეტრიის β სიბრტყე, რომელიც გეგმილთა სიბრტყეების მიმართ ფიგურის ჩვენ მიერ არჩეული მდებარეობისათვის ფრონტალურ გეგმილთა სიბრტყის პარალელური იქნება. სიმეტრიის სიბრტყის ამგვარი მდებარეობის გამო, სიმეტრიის ღერძი აღინიშნება ზედხედსა და მარცხენა გვერდხედში (149-ე სურათზე ნაჩვენებია ცალკე).



სურ.150

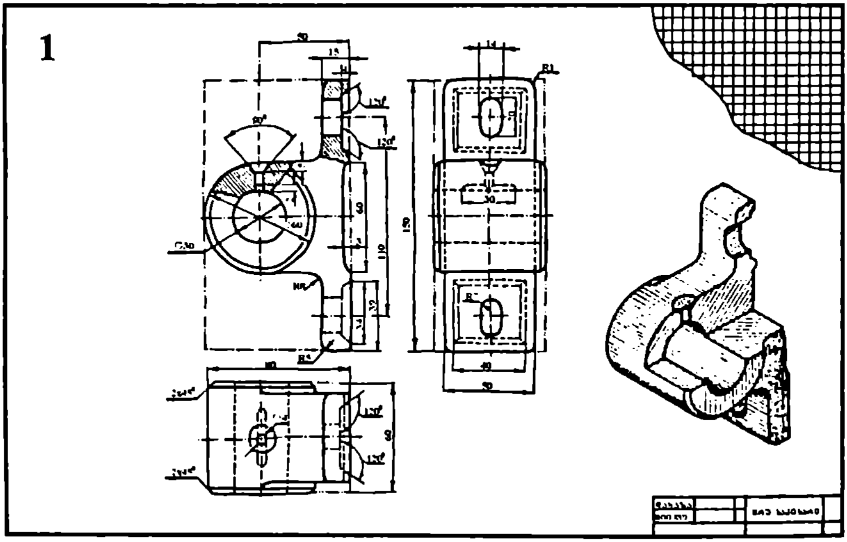
4. განვსაზღვრეთ ესკიზის შედგენისათვის საჭირო ძირითადი მონაცემები, შეგვეიძლია შევუდგეთ მისი ორთოგონალური გეგმილების აგებას (სურ. 150). შეგახსენებთ, რომ გრაფიკული სამუშაოს გაადვილების მიზნით, დეტალის ესკიზი სრულდება მილიმეტრულაზე.

თვალზომით განვსაზღვროთ დეტალის გაბარიტული ზომები, ცალკეულ ფორმებს შორის პროპორციულობა, და შერჩეული ხედების მიხედვით (სურ. 147) დავიწყოთ ჯერ მთავარი ხედის გამოხაზვა, ხოლო შემდეგ დავხაზოთ ხედი ზემოდან და მარცხენა გვერდის ხედი. შიგა ფორმების საჩვენებლად გამოვიყენოთ ადგილობრივი ჭრილები.

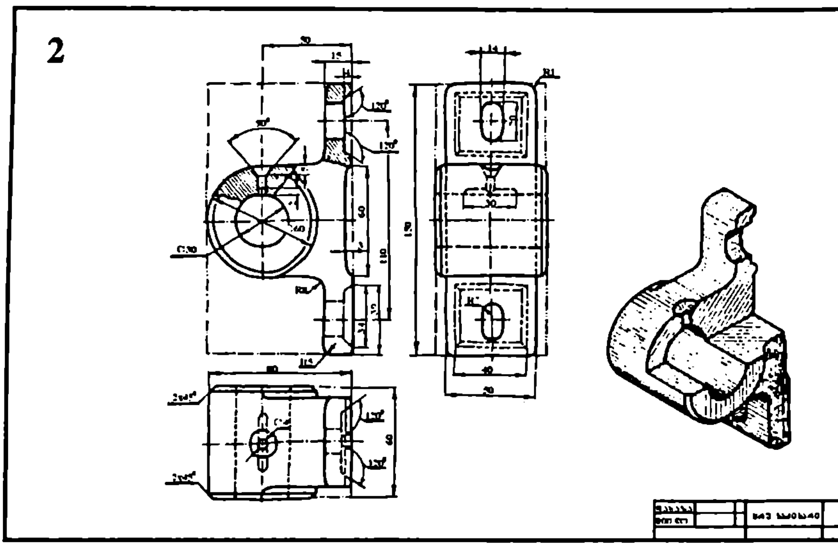


სურ.151

1



2



სურ.152

დაიხსომეთ, რომ ნახაზზე ჯერ ხილული კონტური იხაზება (მთლიანი ხაზები), ხოლო შემდეგ — უხილავი (წყვეტილი ხაზები).

5. ესკიზის გამოხაზვის შემდეგ ვიწყებთ მოცემული დეტალის გაზომვას (ბუნებრივია, თუ დეტალი მოცემული იქნება ნატურაში). ჩვენ უკვე ვიცით დეტალის გაზომვაც და ზომების დასმის სტანდარტული წესებიც (ესკიზისათვის ზომების დასმის სპეციფიკური წესებიც არსებობს, მაგრამ მათი ცოდნა არ არის ჩვენ პროგრამაში გათვალისწინებული).

151-ე სურათზე ნაჩვენებია, თუ როგორ გამოიყურება მოცემული დეტალის ესკიზი ზომების დასმის შემდეგ.

6. როგორც წესი, სამუშაო ნახაზის შესრულების დაწყებამდე საჭიროა ესკიზის სრულყოფილად გაანალიზება (სურ. 152-1), ე.ი. წავიკითხოთ და გავიაზროთ ესკიზის ყველა მონაცემი. მოცემული დეტალის ხედების განხილვით წარმოვიდგინოთ დეტალის ფორმა, გავერკვეთ მთავარი და დანარჩენი ხედების გამოსახულებებში, ცალ-ცალკე წარმოვიდგინოთ დეტალის შემადგენელი ფორმები, ელემენტები და მოვძებნოთ მათი ყველა ხედი. დავაკვირდეთ დეტალის შიგა ფორმებს და გადავამოწმოთ, რამდენად საკმარისია ჩვენ მიერ არჩეული პირობითი ჭრილები ამ ფორმების სრულად წარმოდგენისათვის სივრცეში.

7. ესკიზის სრული ანალიზის შემდეგ იწყება დეტალის სამუშაო ნახაზის შედგენა.

გავიხსენოთ, რომ დეტალის სამუშაო ნახაზი უნდა აკმაყოფილებდეს დასმულ ამოცანას, ე.ი. უნდა იძლეოდეს ასეთი დეტალის დამზადებისა და შემოწმებისათვის საჭირო ყველა მონაცემს. ეს მონაცემებია: ძირითადი ხედები (საჭიროების შემთხვევაში ადგილობრივი და დამატებითი ხედები), შიგა ფორმების გამოსაჩენი პირობითი ჭრილები (საჭიროების შემთხვევაში კვეთები და გამოტანილი ელემენტები).

სამუშაო ნახაზის შესრულება იწყება სახაზავი ფართობის მიხედვით მასშტაბის შერჩევით (სასურველია ნატურალური ზომები) და გაბარიტული ზომების შესაბამისად ყოველი ხედისათვის ადგილის გამოყოფით (სასურველია უჯრედების დახაზვა მკრთალი ხაზებით).

152-2 სურათზე ნაჩვენებია დეტალის სამუშაო ნახაზი, რომელიც შესრულებულია ესკიზის მიხედვით.

ყურადღება მიაქციეთ იმას, რომ 152-ე სურათზე როგორც ესკიზის, ისე სამუშაო ნახაზის გათვალსაჩინოების მიზნით შესრულებულია დეტალის აქსონომეტრიული (ჩვენ შემთხვევაში იზომეტრიული) გამოსახულება. ესკიზისათვის შესრულებულ თვალსაჩინო გამოსახულებას, რომელიც იზომეტრიის წესებითაა დახაზული, ტექნიკური ნახატი ეწოდება.

სამუშაო ნახაზი ორ ეტაპად სრულდება — პირველ ეტაპზე მკრთალი ხაზებით, ხოლო მეორეზე ხდება მისი შემოვლება სტანდარტული კლასიფიკაციით გათვალისწინებული ხაზებით. ნახაზის დასრულების შემდეგ წაიშლება ყველა დამხმარე ხაზი, რჩება მხოლოდ ხილული და უხილავი კონტურების, ღერძის, ზომების გამოტანისა და ზომის დასმის ხაზები.

8. სამუშაოს ანალიზი ითვალისწინებს ხედების გადამოწმებას — შეიცავს თუ არა ყოველი ხედი დეტალის ყველა ელემენტის გეგმილებს (გამონაკლისი სტანდარტით რეკომენდებული გამარტივებების დროსაა დასაშვები). გამოსახულებათა შემოწმების შემდეგ უნდა შემოწმდეს დეტალის ზომები. ყოველი ელემენტი იზომება ერთხელ (გამონაკლისია მხოლოდ საცნობარო ზომები). არ იზომება ის მონაკვეთები (კუთხეები), რომლებიც აგებულია. ყოველი ელემენტი იზომება იმ ხედზე (თუ რაიმე ხელის შემშლელი პირობა არ არსებობს), რომელზეც იგი ყველაზე გარკვევით ჩანს.

ქვემოთ ჩვენ კვლავ დავუბრუნდებით წინამდებარე პუნქტში განხილულ თემას და დეტალის ესკიზის შედგენის საკითხს სხვა კუთხითაც განვიხილავთ.

29. ანაწყობი ერთეულის ნახაზები

1. ანაწყობი ერთეული არის ნაკეთობა, რომლის შემადგენელი ნაწილების შეერთება შესაძლებელია ჩახრახნით, შენაწევრებით, მოქლონვით, შედუღებით, დაწნეხით ან სხვა სახის საამწყობო ოპერაციებით. ამგვარ ნაკეთობებს განეკუთვნება უმარტივესი სამარჯვები, რომლებიც ორი-სამი დეტალისაგანაა შედგენილი და ურთულესი მანქანა-დანადგარები, რომლებიც აწყობილია ათეულობით და ზოგჯერ ასეულობით დეტალისაგან.

ანაწყობი ერთეულის დასამზადებლად იქმნება საკონსტრუქტორო დოკუმენტაციის ორი კომპლექტი — საპროექტო და სამუშაო.

საპროექტო დოკუმენტაციაში შედის ტექნიკური დავალება, ტექნიკური წინადადება, ესკიზური პროექტი და ტექნიკური პროექტი. ეს უკანასკნელი ითვალისწინებს ანაწყობი ერთეულის საკონსტრუქტორო ნახაზის შესრულებას.

2. საკონსტრუქტორო ნახაზი არის დოკუმენტი, რომლითაც განისაზღვრება ნაკეთობის კონსტრუქცია, შემადგენელი ნაწილების ერთობლივი მოქმედება და მუშაობის პრინციპი.

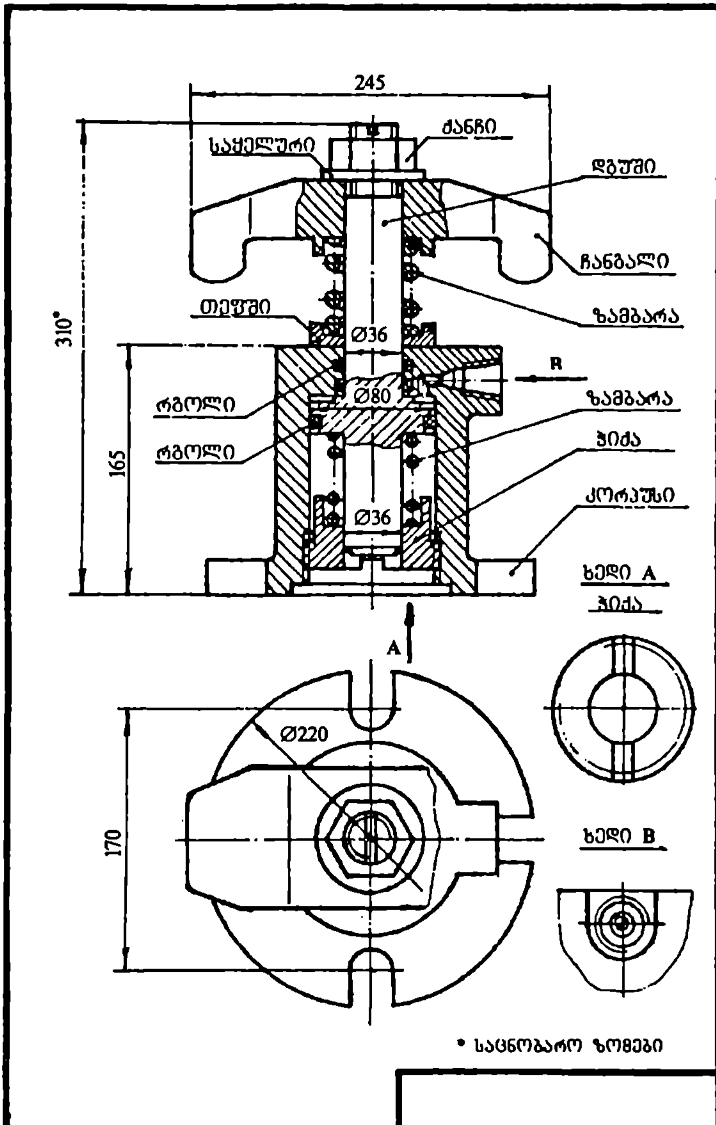
საკონსტრუქტორო ნახაზი ისე უნდა შესრულდეს, რომ მისი მეშვეობით, დამატებითი განმარტებების გარეშე, შესაძლებელი იყოს დეტალების სამუშაო ნახაზების, ტექნოლოგიური ნახაზებისა და სპეციფიკაციის შედგენა.

საკონსტრუქტორო ნახაზი უნდა შეიცავდეს ნაკეთობის აუცილებელი და საკმარისი რაოდენობის გამოსახულებებს: ჭრილებს, კვეთებს, აგრეთვე კონსტრუქციაში გარკვევისათვის საჭირო ტექსტებსა და მინაწერებს.

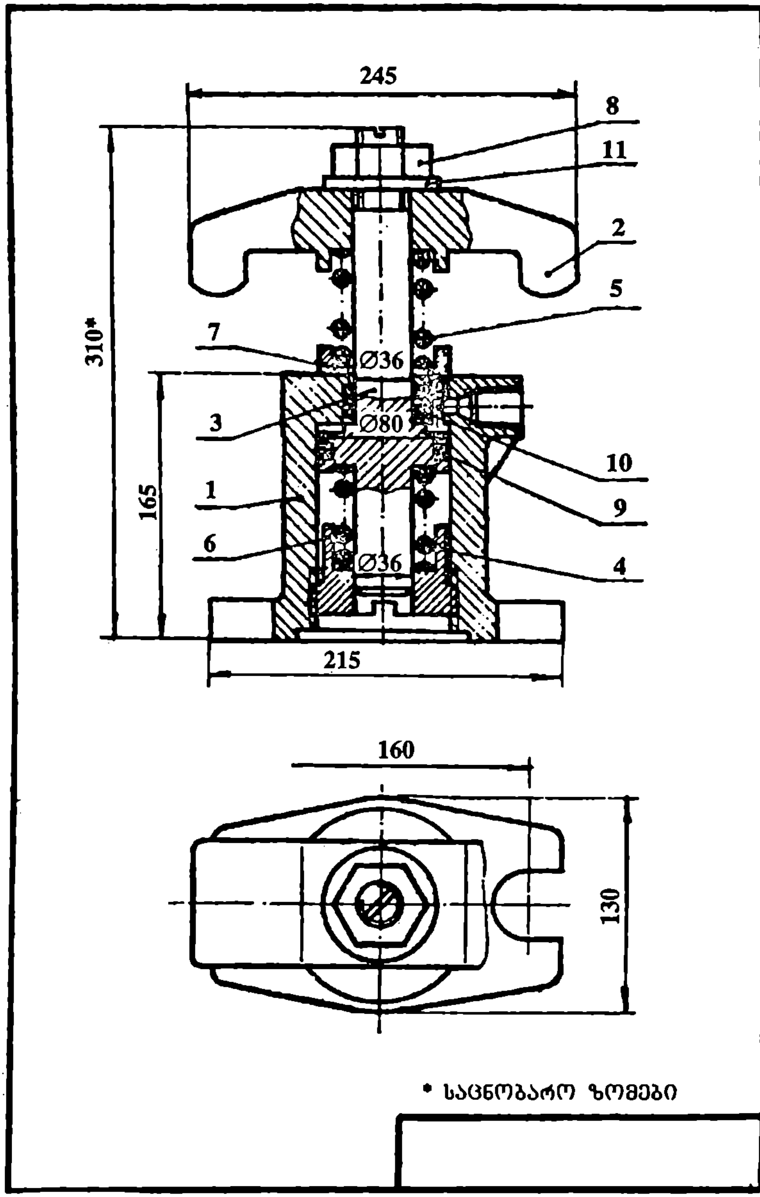
საკონსტრუქტორო ნახაზებზე გამოსახულება იხაზება სტანდარტით დაშვებული გამარტივების მაქსიმალური გამოყენებით (ნიმუშისათვის იხ. სურ. 153).

საკონსტრუქტორო ნახაზს, როგორც წესი, არ ახლავს სპეციფიკაცია (საუბარი გვექნება ქვემოთ), რომელიც მუშავდება საკონსტრუქტორო დოკუმენტაციის სამუშაო ნაწილში და დაერთვის ტექნოლოგიურ ნახაზებს.

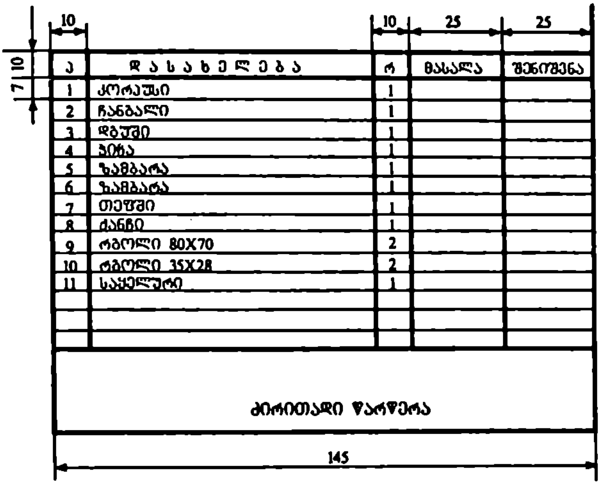
3. ტექნოლოგიური ნახაზი სრულდება საკონსტრუქტორო ნახაზის საფუძველზე და შედის სამუშაო საკონსტრუქტორო დოკუმენტაციაში. ტექნოლოგიური


245
ქანჩი
საყელური
დგუში
ჩანგალი
ზამბარა
თეფში
Ø36
310*
165
B
რგოლი
Ø80
ზამბარა
რგოლი
ჭიქა
კორპუსი
Ø36
ხედი A
ჭიქა
A
Ø220
170
ხედი B
* საცნობარო ზომები

სურ.153


245
8
11
2
5
7
Ø36
310*
3
Ø80
165
10
1
9
6
Ø36
4
215
160
130
* საცნობარო ზომები

სურ.154



ა	დასახელება	რ	მასალა	შენიშვნა
1	კორპუსი	1		
2	ჩანგალი	1		
3	დგუში	1		
4	პიტა	1		
5	ზამბარა	1		
6	ზამბარა	1		
7	თეფში	1		
8	ძანძი	1		
9	რგოლი 80X70	2		
10	რგოლი 35X28	2		
11	საყელური	1		

ძირითადი წარწერა

სურ.155

ნახაზის მიხედვით განისაზღვრება ანაწყობი ერთეულის დეტალების შეერთება. ეს უკანასკნელი საჭიროა წარმოებაში ანაწყობი ერთეულის აწყობისა და შემოწმებისათვის. ტექნოლოგიური ნახაზის ნიმუში მოცემულია 154-ე სურათზე, როგორც ხედავთ, იგი არ შეიცავს ზოგიერთ ისეთ წვრილმანს, რომელსაც შეიცავს, მაგალითად, საკონსტრუქტორო ნახაზი (შეადარეთ 153-ე და 154-ე სურათები, რომლებზეც ერთი და იგივე ანაწყობი ერთეულის ნახაზებია მოცემული). უკვე ითქვა, რომ ტექნოლოგიურ ნახაზებს დაერთვის სპეციფიკაცია, რომელიც, ჩვეულებრივ, ცალკე ფურცელზე კეთდება, მაგრამ სასწავლო ნახაზებისათვის დასაშვებია მისი მოთავსება ძირითადი წარწერის ზემოთაც.

4. სპეციფიკაცია არის საკონსტრუქტორო დოკუმენტაციის ერთ-ერთი დოკუმენტი. იგი შეიცავს დეტალების დასახელებას, სტანდარტს და სხვა მონაცემებს. სასწავლო დანიშნულების ნახაზებისათვის სპეციფიკაციის ფორმა გამარტივებულია. 155-ე სურათზე ნაჩვენებია სპეციფიკაციის ნიმუში, რომელიც შედგენილია 154-ე სურათზე ნაჩვენები ჰიდრავლიკური მოსაჭიდის ტექნოლოგიური ნახაზებისათვის.

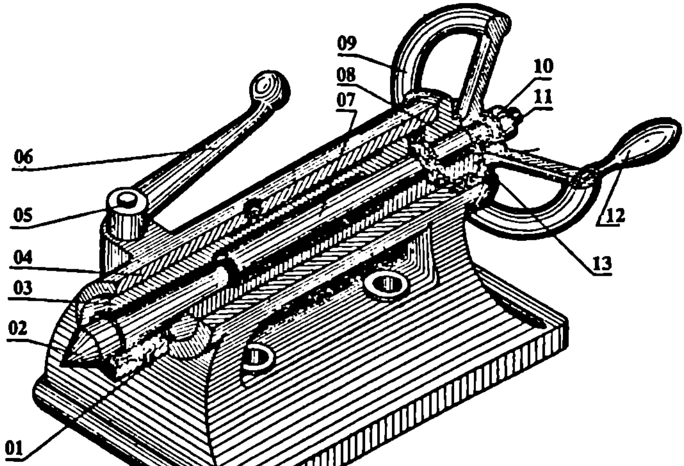
30. საკონსტრუქტორო ნახაზის შესრულების მაგალითი

1. მანქანათსაშენი ხაზვის სასწავლო პროგრამა ითვალისწინებს ნაკეთობის შემადგენელი დეტალების ესკიზებისა და სამუშაო ნახაზების ნატურის მიხედვით შესრულებას. მაგრამ სასწავლო დაწესებულების პირობებში ეს ხშირად ვერ ხერხდება, ამიტომ, ნატურას ზოგჯერ ნაკეთობის აქსონომეტრიით ცვლიან.

ვთქვათ, ჩვენი ამოცანაა 156-ე სურათზე ნაჩვენები ნაკეთობის საკონსტრუქტორო ნახაზის შესრულება. განვიხილოთ ამგვარი ამოცანის გადაწყვეტის ეტაპები.

2. მოცემულ ნაკეთობას ეწოდება სახარატო ჩარხის უკანა ვეგი (შემდგომში უკანა ვეგი). როგორც ცნობილია, სახარატო ჩარხზე მეტწილად ცილინდრული და კონუსური ზედაპირები იჩარხება. ნამზადი (გასაჩარხი მასალა) წინასწარ დაცენტრებულია ჩარხის ტორსულ ნაწილებზე. ამ ცენტრებით იგი ეყრდნობა წინა და უკანა ვეგების ცენტრებს ან მაგრდება წინა ვეგის ვაზნაში და ეყრდნობა უკანა ვეგის ცენტრს. ორივე შემთხვევაში უკანა ვეგი ნამზადის საყრდენია. დასამუშავებელი დეტალის სიგრძის მიხედვით უკანა ვეგი შესაძლოა გადაადგილდეს სახარატო ჩარხის მიმმართველში და დაფიქსირდეს საჭირო ადგილას.

მქნევარას (09) მოძრაობით ცენტრი (02), რომელიც ჩასმულია პინოლში (03), გადაადგილდება ღერძის მიმართულებით, ვიდრე არ მიებჯინება გასაჩარხ დეტალს. პინოლს ამოძრავებს ხრახნული წყვილი — სავალი ხრახნი (07) და პინოლის ქანჩი. სავალ ხრახნს ამოძრავებს მქნევარა (09). თავი (08) უზრუნველყოფს ხრახნის უძრაობას ღერძის მიმართულებით და წარმოადგენს მის სრიალა საყრდენს. სარჭი (05), რომელსაც გრძივი ჭრილი აქვს, ჩახრახნილია კორპუსში (04). სახელურის (06) ჩახრახნის დროს სარჭის (05) ჭრილის სიგანე მცირდება და პინოლი საჭირო ადგილას მაგრდება კორპუსში.



სურ.156

01 - სოგმანი; 02 ცენტრი; 03 - პინოლი; 04 - კორპუსი; 05 - სარჭი; 06 - სახელური; 07 სავალი ხრახნი; 08 თავი; 09 მქნევარა; 10 - ქანჩი; 11 - სოგმანი; 12 სახელური; 13 - ჭანჭიკი

ზემოთ მოყვანილი აღწერის საფუძველზე შედგენილია სპეციფიკაცია (სურ. 157).

3. გავეცანით მოცემული ნაკეთობის მოწყობილობას და მოქმედების პრინციპს, ახლა დავშალოთ იგი ცალკეულ დეტალებად და გამოვხაზოთ მათი ესკიზები ისე, როგორც მითითებული იყო ადრე განხილულ მაგალითში (იხ. 28-ე პუნქტში).

158-ე სურათზე ნაჩვენებია მოცემული ნაკეთობის მხოლოდ ხუთი ძირითადი დეტალის ესკიზი. შევნიშნავთ, რომ სტანდარტული დეტალების (მაგ., ჭანჭიკი (13), სახელური (12), სარჭი (05), სოგმანი (01) და ა.შ.) ესკიზები არ სრულდება.

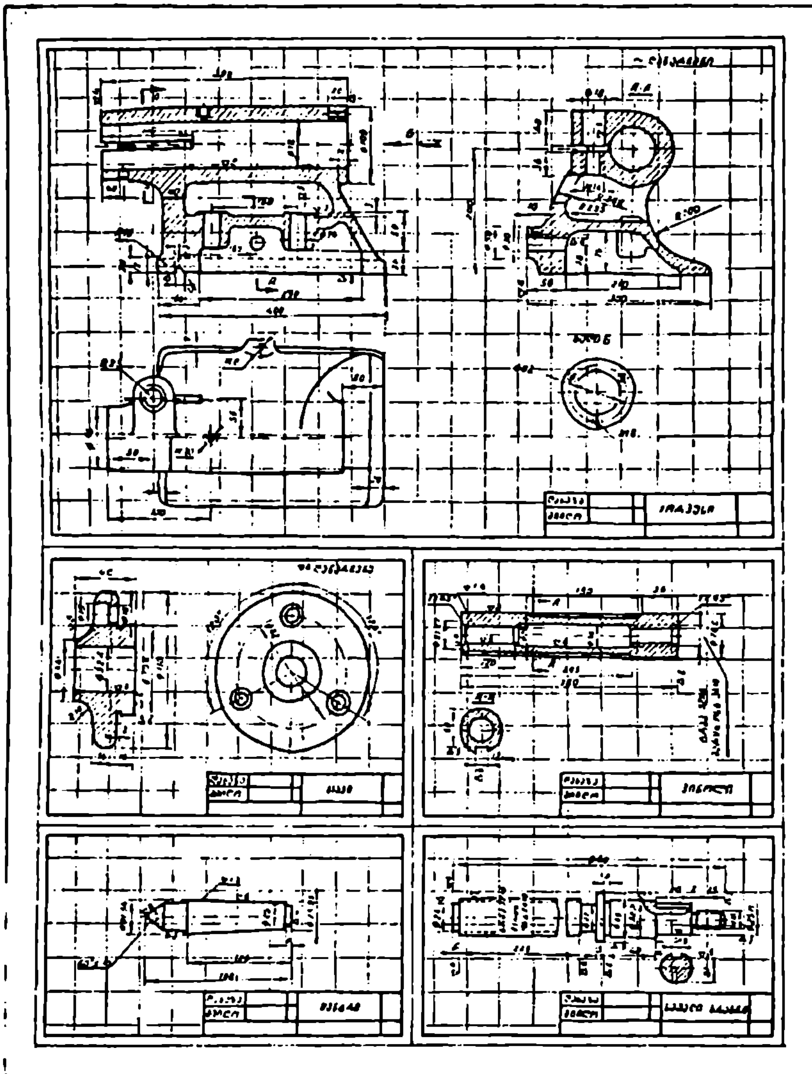
4. საკონსტრუქტორო ნახაზი სრულდება წინასწარ შედგენილი ესკიზების (სურ. 158) საფუძველზე. ამ ესკიზების მიხედვით განისაზღვრება ნაკეთობის მთავარი ხედი, გაბარიტული ზომები, მასშტაბი, შიგა ფორმების საჩვენებელი სასარგებლო ჭრილები და სხვა გამოსახულებები (სურ. 159).

დეტ. №	დასახელება	რა-ოდ.	მასალა	შენიშვ.
01		1	ფოლადი 45	
02		1	ფოლადი y-5	
03		1	ფოლადი 45	
04		1	თუჯი C438-18	
05		1	ფოლადი CT.5	
06		1	ფოლადი CT.3	
07		1	ფოლადი 45	
08		1	თუჯი C4 12-28	
09		1	თუჯი C415-32	
10		1	ფოლადი CT.3	
11		1	ფოლადი CT.5	
12		1	ფოლადი CT.3	
13		3	ფოლადი CT.4	

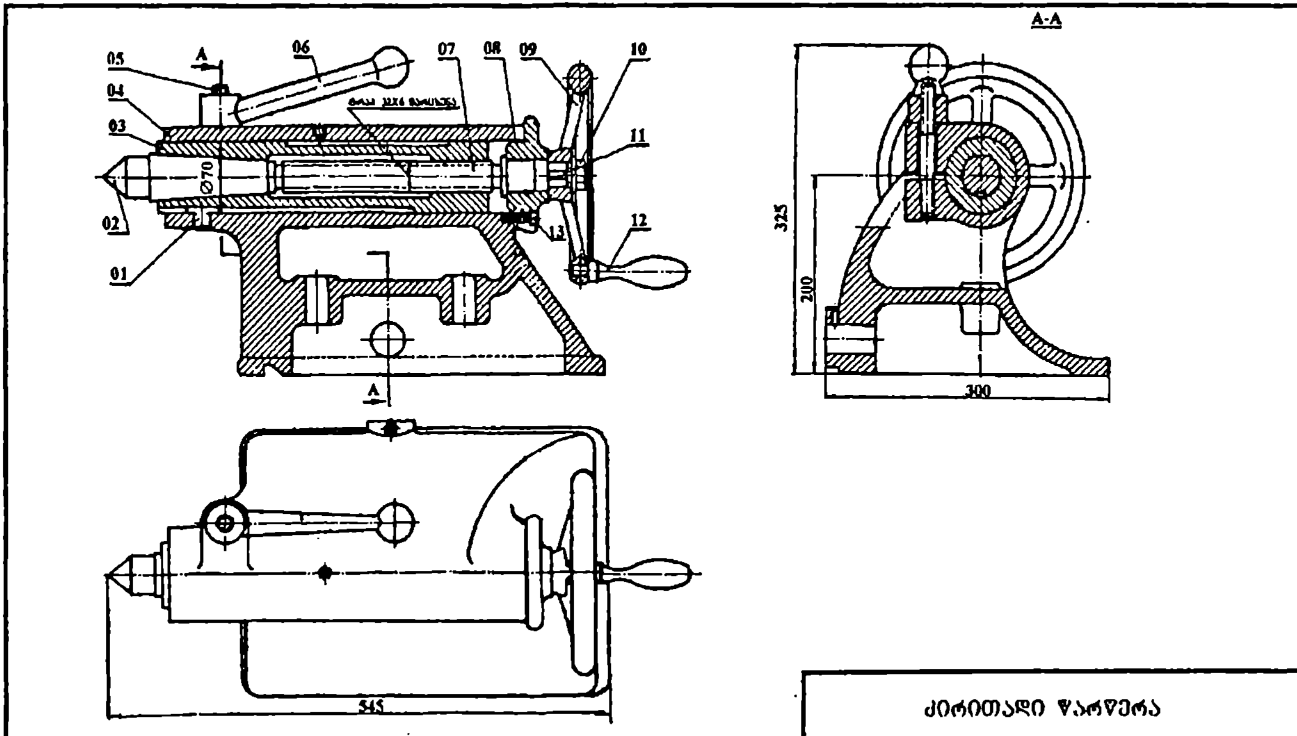
დახაზა				უკანა ვეზი	
მიიღო					
					1:2

სურ.157

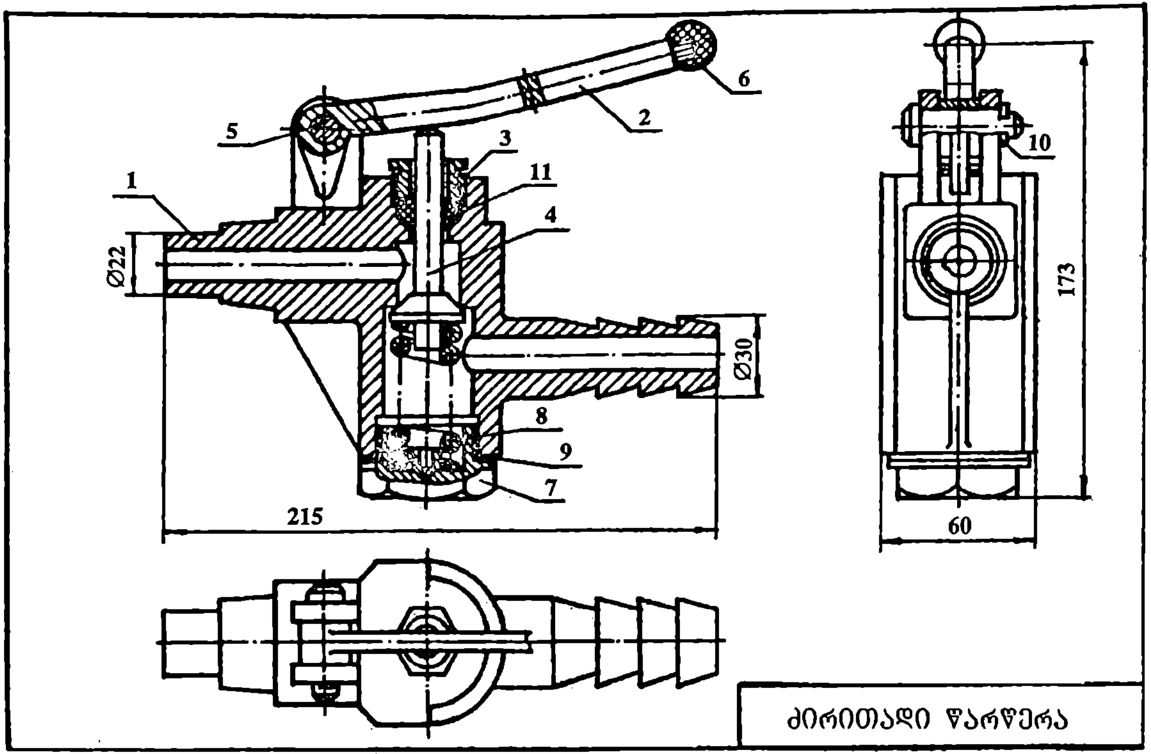
ყურადღება მიაქციეთ პროფილურ ჭრილს, აქაც (ამგვარი გამონაკლისი ერთხელ უკვე შევხვდა – სურ. 158), მარტივი ჭრილის ნაცვლად, გამოყენებულია რთული, საფეხურიანი ჭრილი (ამ საკითხზე ქვემოთ კვლავ გვექნება საუბარი).



სურ.158


A-A
A
01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
Ø70
325
200
300
545
ძირითადი წარწერა

სურ.159



სურ.160

31. საკონსტრუქტორო ნახაზის კითხვა და დეტალიზება

1. დეტალის ესკიზისა და სამუშაო ნახაზის შედგენას საკონსტრუქტორო ან ტექნოლოგიური ნახაზის მიხედვით დეტალიზება ეწოდება. დეტალიზება ხაზვის კურსის შემაჯამებელი ნაწილია და ამ საგნის თეორიისა და პრაქტიკის მთელი საპროგრამო მასალის ცოდნას მოითხოვს.

შევნიშნავთ, რომ პრაქტიკაში გვხვდება ისეთი ტექნოლოგიური ნახაზები, რომლებიც საკონსტრუქტოროსაგან არაფრით განსხვავდება. საქმე ისაა, რომ ყველა გამოსახულება, რომლითაც დეტალების ურთიერთგანლაგება და ურთიერთშეერთება ირკვევა, იმავდროულად დეტალების ფორმებსაც ავლენს. წარმოებაში ტექნოლოგიური ნახაზი ნაკეთობის ასაწყობად არის საჭირო, ხოლო საკონსტრუქტორო ნახაზი - საკონსტრუქტორო ბიუროში სამუშაო დოკუმენტაციის (ტექნოლოგიური ნახაზები, ცალკეული დეტალების სამუშაო ნახაზები და სხვ.) შესადგენად.

2. სასწავლო პრაქტიკაში ანაწყობი ერთეულების ნახაზების კითხვა მსმენელებს უვითარებს ნაკეთობის მოწყობილობისა და მისი ცალკეული ნაწილების ფორმების აზრობრივი წარმოდგენის უნარს. საქმე ისაა, რომ საკონსტრუქტორო თუ ტექნოლოგიური ნახაზების წაკითხვა არის ნახაზებზე ნაჩვენები ანაწყობი ერთეულის მთელი კონსტრუქცია, მოქმედების პრინციპში გარკვევა და ყოველივეს ნათლად წარმოდგენა.

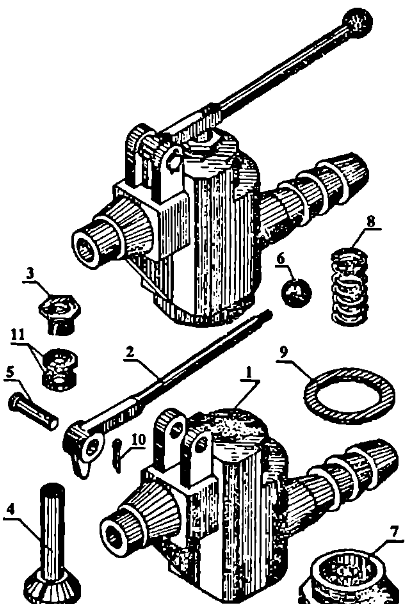
პ	დასახელება	რ	მასალა	შენიშვ.
	დოკუმენტაცია			
	საკონსტრუქტორო ნახაზი			
	დეტალები			
1	კორპუსი			
2	სახელური	1		
3	სახსრიანი ქანჩი	1		
4	სარქველი	1		
5	თითი	1		
6	ბუნიკი	1		
7	სარეგულაციო ქანჩი	1		
8	ზამბარა	1		
9	საფენი	1		
	სტანდარტული ნაკეთობები			
10	პილიბურა 3X20	1		
11	ქეჩა			
	ს ა რ ქ ვ ე ლ ი			

სურ.161

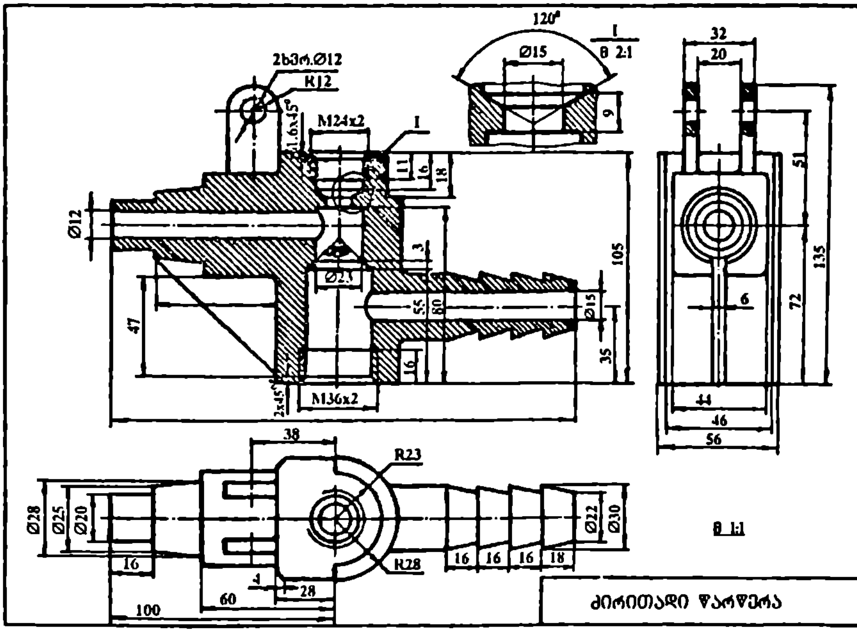
წავიკითხოთ 160-ე სურათზე ნაჩვენები ნაკეთობის — სარქვლის ნახაზი.

უპირველესად უნდა წავიკითხოთ თანდართული სპეციფიკაცია (სურ. 161). ამის მიხედვით ნახაზზე მოვძებნოთ ყველა დეტალი და გავარკვიოთ მათი ფორმები. ამისათვის, მოვიშველიოთ 162-ე სურათი, რომელზეც მოცემული ნაკეთობის ცალკეული დეტალების თვალსაჩინო გამოსახულებებია ნაჩვენები. დავაკვირდეთ ნახაზს და განვსაზღვროთ ნაკეთობის რომელი ხედები და ჭრილებია მოცემული; მოვძებნოთ ჭრილის ადგილი; გავარკვიოთ შიგა ფორმები; ყურადღება მივაქციოთ მოცემულ მასშტაბს და ამის მიხედვით განვსაზღვროთ ზომები (ანაწყობი ერთეულის ნახაზზე მხოლოდ გაბარიტული ზომებია მოცემული. დანარჩენი აიღება უშუალოდ ნახაზიდან ხაზოვანი მასშტაბის გამოყენებით).

მოცემულ მაგალითში (სურ. 160) კორპუსი (1), რომელსაც მარჯვენა მხარეს აქვს მილყელი, რეზინის მილით უერთდება ნახშირორჟანგის ბალონს. ბალონიდან აირი გაღებული სარქვლისა და მარცხენა მილყელის გავლით მიემართება შემოქრევადი ზედაპირისაკენ. დაკეტილი სარქველი (4) ზამბარით (8) მიჭერილია კორპუსის (1) კონუსურ ზედაპირზე. სარქვლის (4) გასაღებად საჭიროა დაწოლა სახელურზე (2) რომელსაც აქვს ბუნიკი (6). დაწოლის შედეგად სახელური (2) ბრუნავს თითის (5) გარშემო და აწვება სარქველს (4).



სურ.162



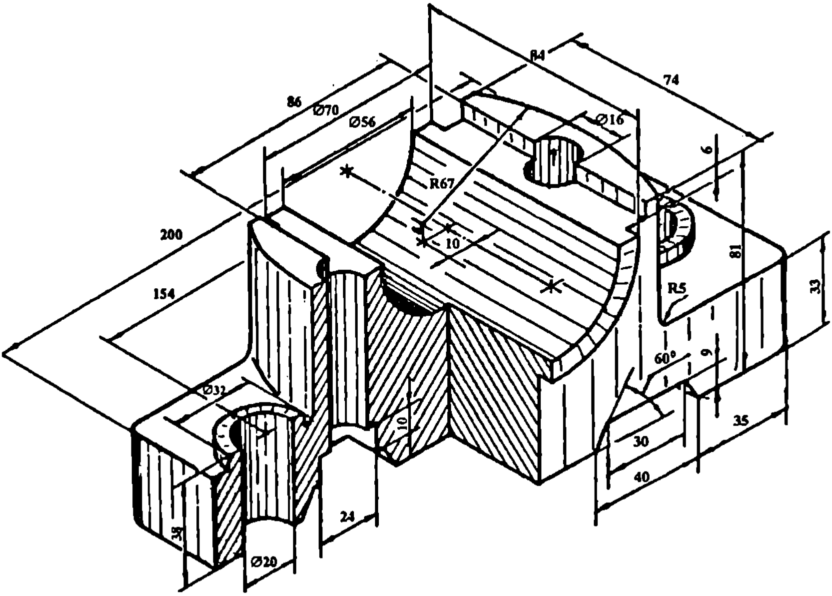
სურ.163

ბრუნვის რადიუსი შეზღუდულია სახელურზე გაკეთებული ენით, რომელიც გარკვეულ მომენტში აწვება კორპუსს და აფიქსირებს სახელურის საწყის მდებარეობას. სარქველი დაკეტილია. თითი (5) ჭილიბყურას (10) მეშვეობით დამაგრებულია ხვრელში. სარეგულაციო ქანჩი (7) არეგულირებს სარქველზე (4) ზამბარის (8) დაწოლის ძალას. კორპუსისა (1) და ქანჩის შეერთების ადგილას გაკეთებულია საფენი (9). აირის გაჟონვის თავიდან ასაცილებლად სარქვლის (4) ღერძისა და კორპუსის (1) შესაბამის ხვრელს შორის ჩადებულია შემამჭიდროებელი ქეჩა (11). შემჭიდროება ხორციელდება სახსრიანი ქანჩის (3) კორპუსში (1) ჩახრახნით.

ამრიგად, გავარკვიეთ ანაწყობი ერთეულის მოქმედების პრინციპი და გავარჩიეთ თითოეული დეტალი ცალ-ცალკე, ახლა შეგვიძლია შევუდგეთ დეტალიზებას.

3. განვიხილოთ მოცემული ანაწყობი ერთეულის ერთ-ერთი დეტალის — კორპუსის (1) — სამუშაო ნახაზის შესრულების პროცესი (სურ. 163). როგორც ვიცით, ჯერ უნდა შევადგინოთ დეტალის ესკიზი, შემდეგ კი ამ უკანასკნელის საფუძველზე — სამუშაო ნახაზი (იხ. 28-ე პუნქტში).

სამუშაოს შესრულება დავიწყოთ დეტალის გაბარიტული ზომების განსაზღვრით და ხედების არჩევით. ყოველი ხედისათვის (ჩვენ შემთხვევაში სამივე ხედია გამოყენებული) უნდა გამოვყოთ ცალკე უჯრედი, შევარჩიოთ ჭრილი (მოცემულ შემთხვევაში ეს იქნება მთლიანი ფრონტალური ჭრილი და ადგილო-



სურ.164

ბრივი ჭრილი მარცხენა გვერდის ხედში) და დავიწყოთ ესკიზის ხაზვა (ნაჩვენებია მხოლოდ დეტალის ნახაზის საბოლოო სახე — სამუშაო ნახაზი).

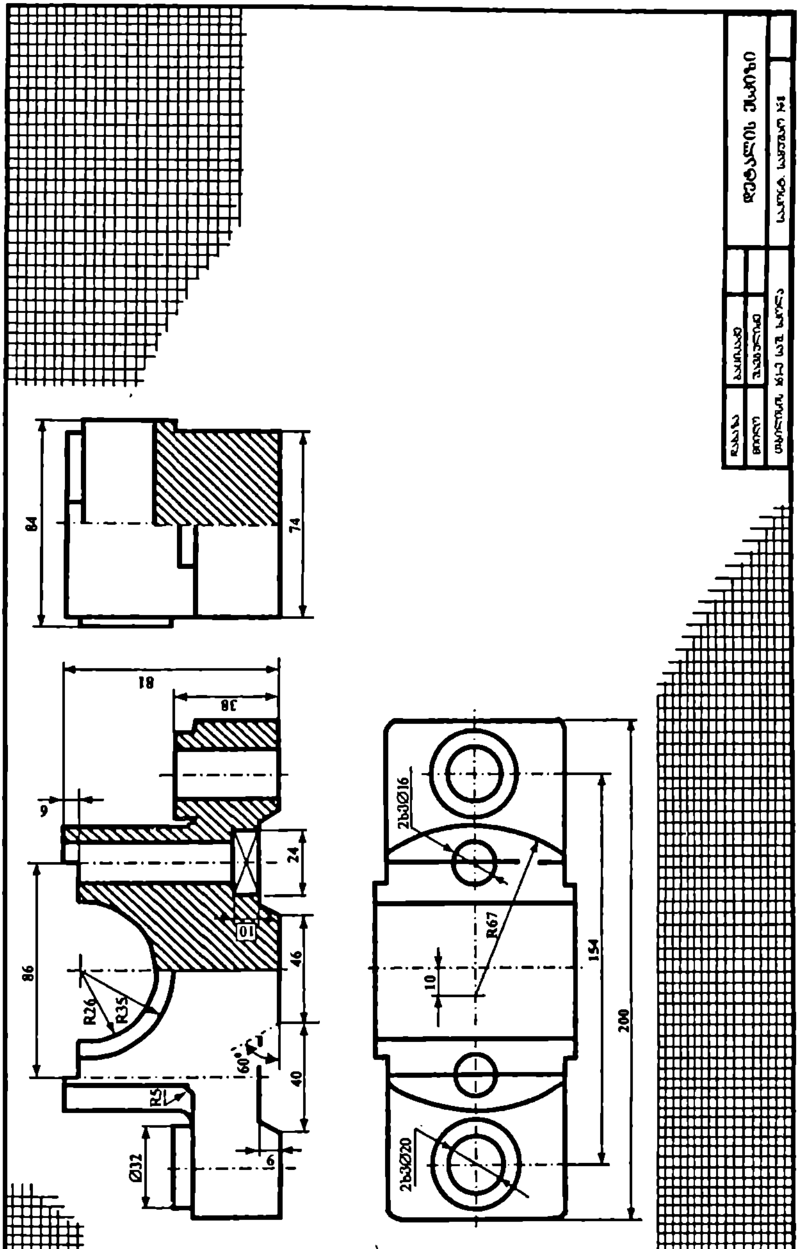
განხილულ მაგალითში, სხვათა შორის, საყურადღებოა გამოტანილი ელემენტი. ელემენტი ცალკე გამოაქვთ მაშინ, როცა დეტალის რაიმე ნაწილი ზომების სიმცირის გამო ნახაზზე ბუნდოვნად ჩანს და საჭიროა მისი ჩვენება ნახაზის მასშტაბისაგან განსხვავებული, გადიდებული მასშტაბით (მ 2:1). ასეთი ხერხით მცირე ელემენტიც ნათლად ჩნდება და, რაც მთავარია, მასზე ზომების ჩვენებაც ერთობ გაიოლებულია.

ანალოგიურად სრულდება 160-ე სურათზე ნაჩვენები ანაწყობი ერთეულის შემადგენელი სხვა დეტალების სამუშაო ნახაზებიც.

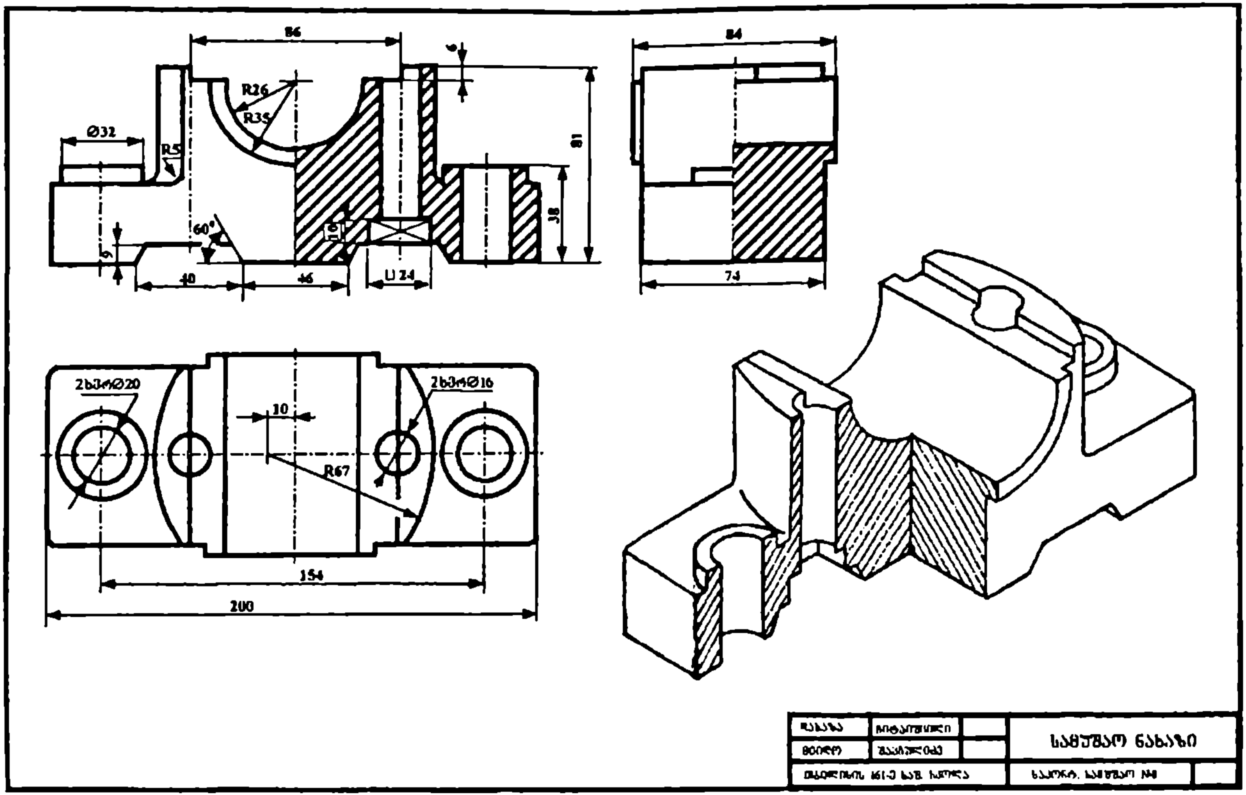
ზემოთ (პუნქტი 28) უკვე ისწავლეთ ამგვარი სამუშაოს შესრულება და იცით, რომ დეტალი, რომლის ესკიზისა და სამუშაო ნახაზის შესრულებასაც აპირებთ, შესაძლოა მოცემული იყოს ნატურაში ან ამოღებულ იქნეს ანაწყობი ერთეულის ნახაზიდან (საკონსტრუქტორო და ტექნოლოგიური ნახაზები). გარდა ამისა, სასწავლო პირობების გათვალისწინებით, შესაძლოა მოცემული იყოს დეტალის აქსონომეტრია და მასზე მითითებული ზომები.

სასწავლო მიზნებისათვის დასაშვებია სამივე შემთხვევა. განვიხილოთ მესამე, როცა მოცემულია დეტალის აქსონომეტრია, მითითებულია ზომები (სურ. 164) და საჭიროა მისი ესკიზისა და სამუშაო ნახაზის შესრულება.

2. მიღებული ცოდნის განმტკიცების მიზნით განვიხილოთ კიდევ ერთი მაგალითი (სურ. 165).


84
74
81
38
6
24
10
46
86
R26
R35
60°
40
R5
Ø32
6
2ხვØ16
R67
10
154
200
2ხვØ20

ნახ.165



სურ.166

გავიხსენოთ, რომ დეტალის ესკიზის შედგენა ითვალისწინებს მოცემული დეტალის აზრობრივ დანაწევრებას ცალკეულ გეომეტრიულ სხეულებად, ხედების შერჩევას, ჭრილების ადგილების მონიშვნას, ტექნიკური ნახატის შესრულებას, დეტალის გაზომვას (ამ შემთხვევაში ზომები მოცემულია და საჭიროა მათი ხედებში გადანაწილება), შესრულებული სამუშაოს შემოწმებას. იმის გამო, რომ ყოველივე ეს, საკმაოდ დეტალურად გვაქვს შესწავლილი, ამჯერად, შესაძლოა მიზნად დავისახოთ კონკრეტულ მაგალითზე ზემოთ ჩამოთვლილი ეტაპების პრაქტიკული რეალიზაცია.

3. გავიხსენოთ, რომ დეტალის სამუშაო ნახაზი სრულდება წინასწარ შედგენილი ესკიზის მიხედვით და, ამ უკანასკნელისგან განსხვავებით, იხაზება სახაზავი ხელსაწყოების გამოყენებით, სუფთად და მასშტაბის დაცვით. გავიხსენოთ ისიც, რომ სამუშაო ნახაზის შესრულება იწყება ესკიზის ანალიზით და მთავრდება შესრულებული სამუშაოს ანალიზით. არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ სამუშაო ნახაზი არის წარმოების ძირითადი დოკუმენტი, რომლის მიხედვითაც მზადდება მასზე გამოსახული საგანი და ხდება მისი შემოწმება.

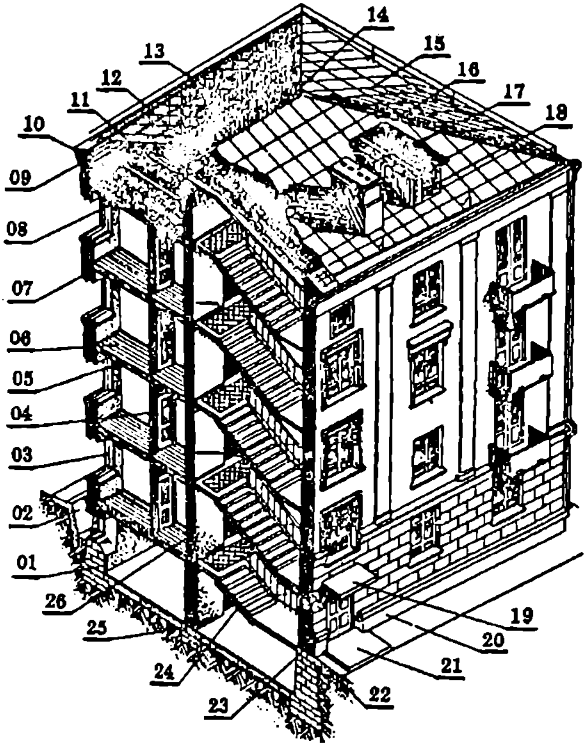
გთხოვთ გაეცნოთ 166-ე სურათზე ნაჩვენებ ნახაზს და გაითვალისწინოთ მისი შესრულებისათვის საჭირო ყველა მოთხოვნა.

32. სამშენებლო ხაზვის ელემენტები

1. სამშენებლო ხაზვა ტექნიკური ხაზვის ერთ-ერთი დამოუკიდებელი ნაწილია. წინამდებარე წიგნში იგი მცირე მოცულობითაა წარმოდგენილი. საქმე ისაა, რომ თავისთავად სამშენებლო ნახაზების შედგენაც ძირითადად სწორედ, ხაზვის იმ ზოგად ნაწილს ეფუძნება, რომელიც საკმაოდ დაწვრილებით განვიხილეთ. ასე რომ, ხაზვის კურსის ამ ნაწილის დანიშნულებაა მხოლოდ სამშენებლო ნახაზების შედგენისა და კითხვის სპეციფიკური მხარეების გაცნობა და ამგვარი ნახაზების შესახებ ზოგადი წარმოდგენის ჩამოყალიბება. სახელდობრ, აქ იგულისხმება სამრეწველო და სამოქალაქო შენობათა ძირითადი ნაწილების გაცნობა; პირობითი აღნიშვნების შესწავლა და ამ გზით სამშენებლო ნახაზების კითხვაში დახელოვნება; გეგმის, ფასადისა და ჭრილის შესრულების სპეციფიკის გარკვევა; გამოსახულების მასშტაბისა და ზომების დასმის თავისებურებათა დამუშავება და სხვ. მიღებული ცოდნის საფუძველზე უნდა შეძლოთ უმარტივეს სამშენებლო ნახაზებში გარკვევა და მათი რამდენადმე თავისუფლად წაკითხვა.

2. სამშენებლო ნახაზები ძირითადად ორი სახისაა — სამოქალაქო და სამრეწველო ნაგებობათა სამშენებლო-არქიტექტურული ნახაზები და საინჟინრო ნაგებობების ნახაზები.

პირველს აკუთვნებენ საცხოვრებელი სახლების, სკოლების, საავადმყოფოების, კლუბებისა და სხვა მსგავსი ნაგებობების ნახაზებს, მეორეს კი — გზების, ხიდების, კაშხლების, არხების, რკინიგზების და სხვა ნაგებობათა ნახაზებს.

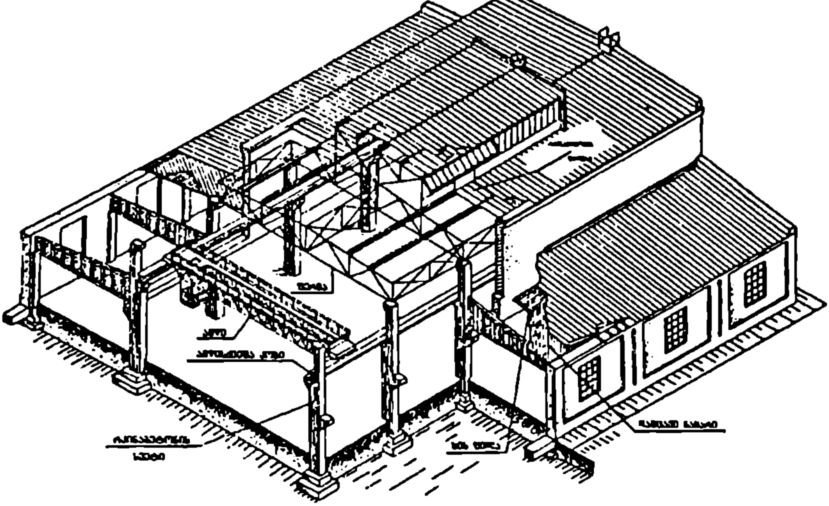


სურ.167

01 საძირკველი; 02 თანაორმო; 03 - ფანჯრის დიობი; 04 - ტიხარი; 05 სართულშორისი გადახურვა; 06 იატაკი; 07 ზღუდარი; 08 სხვენის გადახურვა; 09 - მაუერლატი; 10 - ლავგარდანი; 11 ლარტყები; 12 ნივნივი; 13 ქანობი; 14 თავბანდი; 15 ფრთა; 16 - წიბო; 17 - საკვამლე მილი; 18 სამერცხლური; 19 წინაფრა; 20 ზეძირკველი; 21 პარმაღი; 22 ფენილი; 23 განმხოლოება; 24 ჩანა; 25 - განმხოლოება; 26 კაპიტალური კედელი

გავეცნოთ საცხოვრებელი და სამრეწველო შენობების ნაწილებს. ამისათვის, დავაკვირდეთ 167-ე (საცხოვრებელი სახლი) და 168-ე (სამრეწველო ნაგებობა) სურათებს. პირველ მათგანზე შენობის ნაწილები დანომრილია და მათი დასახელება სურათქვეშა წარწერაშია მითითებული, ხოლო მეორეზე — ნაგებობის სიმარტივის გამო თვით გამოსახულებაზეა მიწერილი.

169-ე სურათზე ნაჩვენებია შენობათა ნაწილების ძირითადი ჯგუფები და მათი პირობითი აღნიშვნები. სურათზე ყოველი ნაწილი აღნიშნულია ლათინური ასომთავრულით, სურათქვეშა წარწერაში კი მითითებულია ამ ნაწილების სრუ-



სურ.168

ლი დასახელება. გარდა ამისა, პირობითი აღნიშვნების ჯგუფები და ზოგიერთი კვანძები სახელდებულია შესატყვისი ტერმინით.

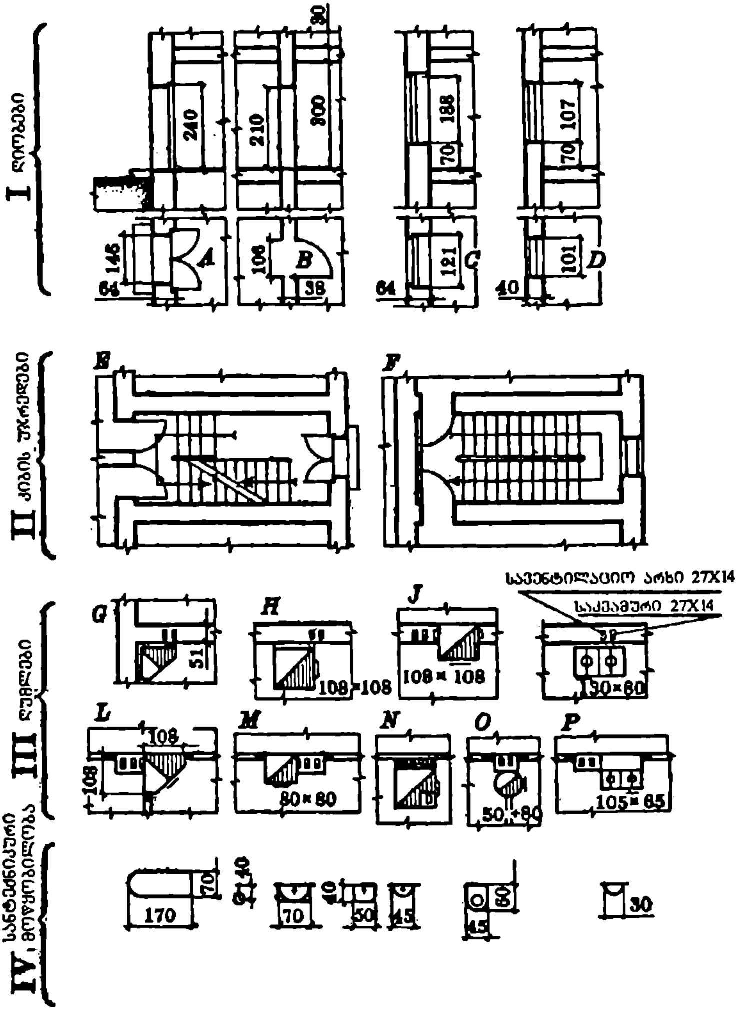
3. 170-ე სურათზე ნაჩვენებია სამრეწველო შენობის, სახელდობრ, სამანქანო სახელოსნოს პროექტი. აქ ნაჩვენები შენობის ფასადები (ფასადი, მარცხენა ტორსული ფასადი, მარჯვენა ტორსული ფასადი) წარმოდგენას გვაძლევს შენობის გარეთა ფორმაზე, ფასადის მხარეს კარებისა და ფანჯრების განლაგებაზე, მათ ფორმებსა და ზომებზე. აგრეთვე შენობის კედლების არქიტექტურულ დამუშავებაზე.

ამავე სურათზე ნაჩვენებია შენობის გეგმა (სურ.170-1) და ჭრილები (სურ. 170-2, სურ.170-3), რომლებიც შენობის შიგა ფორმების გარკვევის შესაძლებლობას იძლევა.

გეგმა გვაცნობს: ოთახების დაგეგმვას და ფართობებს; ფანჯრებისა და კარების ღიობების განლაგებას, კიბის უჯრედების ფორმასა და ზომებს; კედლებზე გაყვანილ სხვადასხვა დანიშნულების არხებს და ა.შ.

შენობის ჭრილის მიხედვით შესაძლებლობა გვეძლევა ვიმსჯელოთ საძირკვლის ზომებზე, გადახურვის სახეობასა და სისქეზე, ჭერის სიმაღლეზე და ა.შ.

ამ ეტაპზე ჩვენი მიზნის კონკრეტულად განსაზღვრისათვის გეგმასა და ჭრილებზე ნაჩვენები ნაწილები დანომრილია რომაული და არაბული ციფრებით. ქვემოთ მოგვყავს შესაბამისი ექსპლიკაცია (ექსპლიკაცია ლათინური სიტყვაა და ქართულად ნიშნავს პირობითი ნიშნების, სიმბოლოების ასახსნელ ტექსტს გეგმაზე, რუკასა და მისთანებზე).

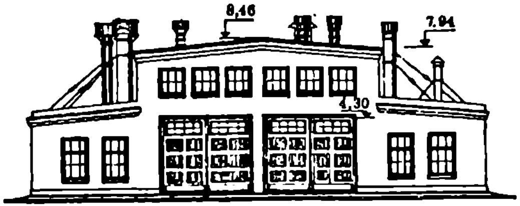


სურ.169

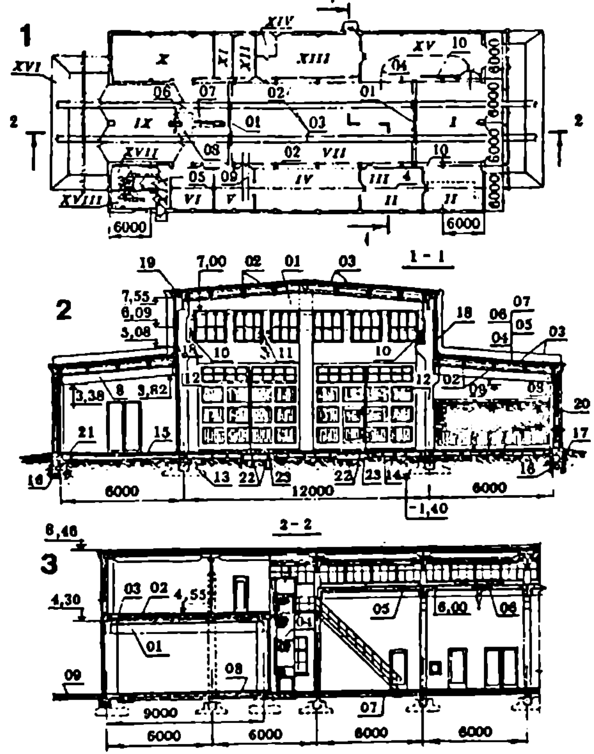
A - გარეკარის ღიობი; B შიგა კედლების კარის ღიობი; C ფანჯრის ღიობი აგურის კედელში; D - ფანჯრის ღიობი ბეტონის კედელში; E კიბის უჯრედი (ზემირკვლის მარში); F კიბის უჯრედი (ჩვეულებრივი მარში); G კუთხის ღუმელი; H მართკუთხა ღუმელი; I ღიობის ღუმელი; K სამზარეულოს კერა; L ღიობის ღუმელი ტიხრებში, ძირითადი მილით; M ღიობის მართკუთხა ღუმელი ძირითადი მილით; N ოთახებსშორისო ღუმელი ზედასადგარი მილით; O მრგვალი ღუმელი ძირითადი მილით; P - ფარიანი კერა

ფასადი

მარცხენა ტორსული ფასადი



მარჯვენა ტორსული ფასადი



სურ.170

გეგმა (სურ.170-1)

1 - სამრეცხაო განყოფილება; II დასაკომპლექსებელი განყოფილება; III - საწყობი; IV - მოტოსარემონტო განყოფილება; V- გამოსაცდელი სადგური; VI - სპილენძის ჩამოსასხმელი განყოფილება; VII - ტრაქტორების სამონტაჟო-სარემონტო განყოფილება; VIII - კომბაინების სარემონტო განყოფილება; IX - სარეგულირებელი და სამღებრო განყოფილება; X - საზეინკლო; XI-XII - იარაღების შესანახი; XIII - სამჭედლო და საშემდუღებლო განყოფილება; XIV - შედუღების ადგილი; XV - მანქანების სარემონტო; XVI - ბეტონის ბაქანი; XVII–XVIII - საყოფაცხოვრებო სათავსები.

01 - 3ტ ტვირთამწეობის ამწე; 02 - ამწის გზების ღერძი; 03 - სტენდების გადასაადგილებელი რკინიგზა; 04 - 3 ტ ტვირთამწეობის მონორელსი; 05 - 1 ტ ტვირთამწეობის მონორელსი; 06 - ამწის შახტი; 07 - ლითონის კიბე; 08 - 4,55 ნიშნულიანი ბაქანი; 09 - ვიწრო რკინიგზა; 10 – ლითონის ბადიანი ტიხარი.

ჭრილი 1-1 (სურ.170-2).

01 - რკინიგზის კოჭი; 02 - სასხვენო გადახურვის რკინა ბეტონის კოჭები; 03 - რკინა ბეტონის წიბოვანი ფილები; 04 - ორთქლის იზოლატორი; 05 სათბილებელი; 06 - ასფალტის მოსაჭიმი; 07 - რუბეროიდის ფენა; 08 - რკინაბეტონის ძელი; 09 - მონორელსი; 10 - ამწისქვეშა რკინაბეტონის ძელი; 11 - ამწე; 12 - რკინაბეტონის სვეტები; 13 - რკინაბეტონის ჭიქისებრი ფუნდამენტი; 14 - ბეტონის იატაკი; 15 - თიხის იატაკი; 16 - აგურის გარე კედლების ფუნდამენტი; 17 - ასფალტის თანაორმო; 18 - გვერდითი კედელი; 19 - ლავგარდნის ძელი; 20 - ლითონის ბადიანი ხის ტიხარი; 21 - გათბობის სისტემის ონკანი; 22 - სტენდების გადასაადგილებელი რელსები; 23 - ბალასტი.

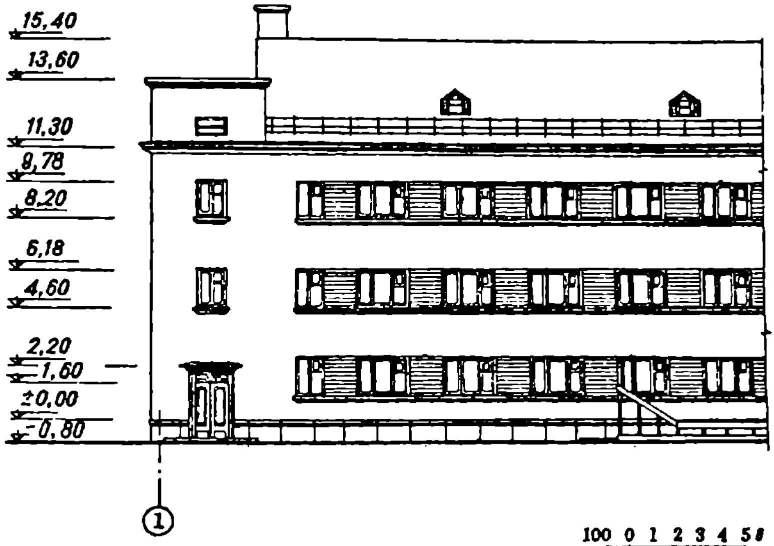
შენიშვნა: ყურადღება მიაქციეთ I-I ჭრილს. აქ, თქვენთვის უცნობი ხერხია გამოყენებული. მას რთული, საფეხურიანი ჭრილი ეწოდება. როგორც ხედავთ, ჭრილი აგებულია ორი პარალელური მკვეთი სიბრტყის გამოყენებით. ამ სიბრტყეებით კვეთის შედეგების ცალ-ცალკე გამოსახვა თქვენთვის უცხო არ არის, უცხოა მხოლოდ მათი ამგვარი ერთობლივი გამოყენება. თუ გულდასმით დავაკვირდებით, ადვილად მივალთ იმ დასკვნამდე, რომ მოცემულ გამოსახულებაზე (სურ.168-4) ფაქტობრივად ორი ჭრილია შეთავსებული და იგი თავისი შინაარსით ხედისა და ჭრილის შეთავსების ანალოგიურია (უფრო დაწვრილებით იხ., ა.შავგულიძე, „ტექნიკური ხაზვა„. გამომც. "განათლება", თბილისი, 1967, გვ.171-176).

ჭრილი 2-2 (სურ.170-3)

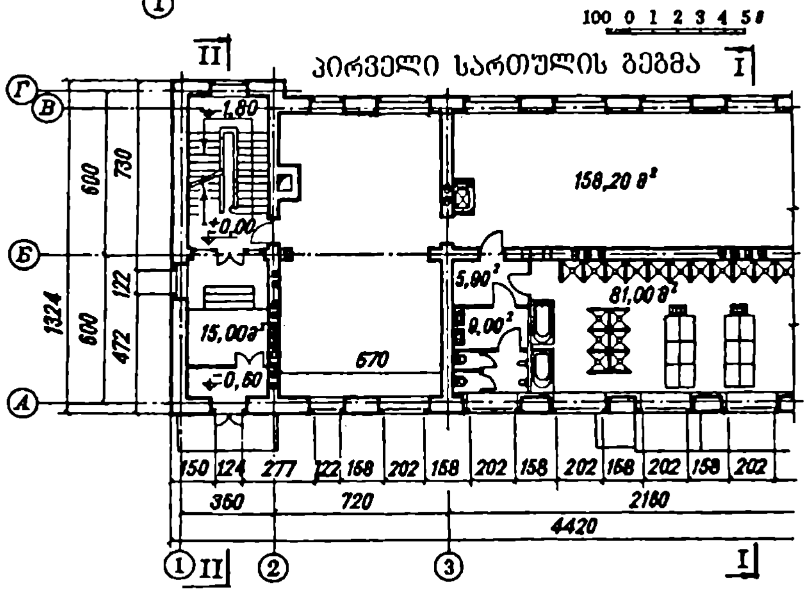
01 - რკინაბეტონის კოჭი; 02- რკინაბეტონის ნაფენი; 03 - ბეტონის იატაკი; 04 - საშახტო ამწის კარკასი; 05 - ამწის გზა; 06 კოჭი; 07 იატაკი; 08 - ბეტონის იატაკი; 09 - ბეტონის ბაქანი.

სურათზე ნაჩვენები გამოსახულებების და შესაბამისი ექსპლიკაციის ერთობლივი წაკითხვა მოცემული ნაგებობის ცალკეული ელემენტების ფორმისა და განლაგების, აგრეთვე მათი დასახელებების გარკვევის შესაძლებლობას იძლევა.

ფასადი



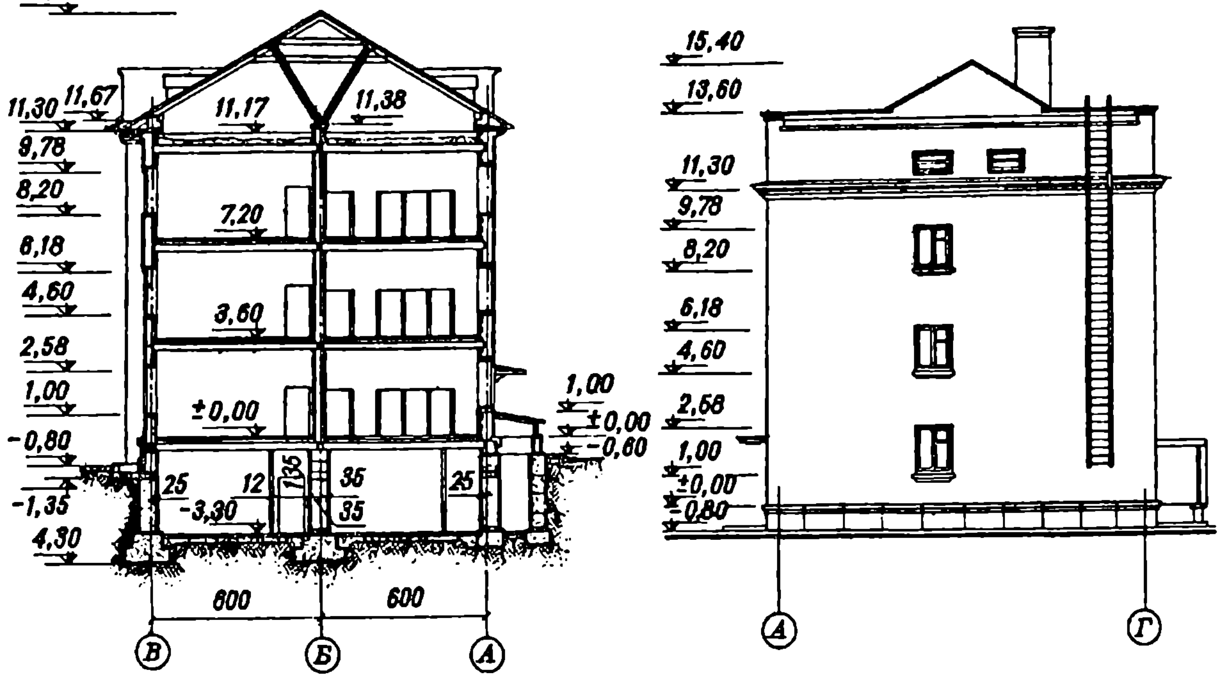
პირველი სართულის გეგმა



სურ.171

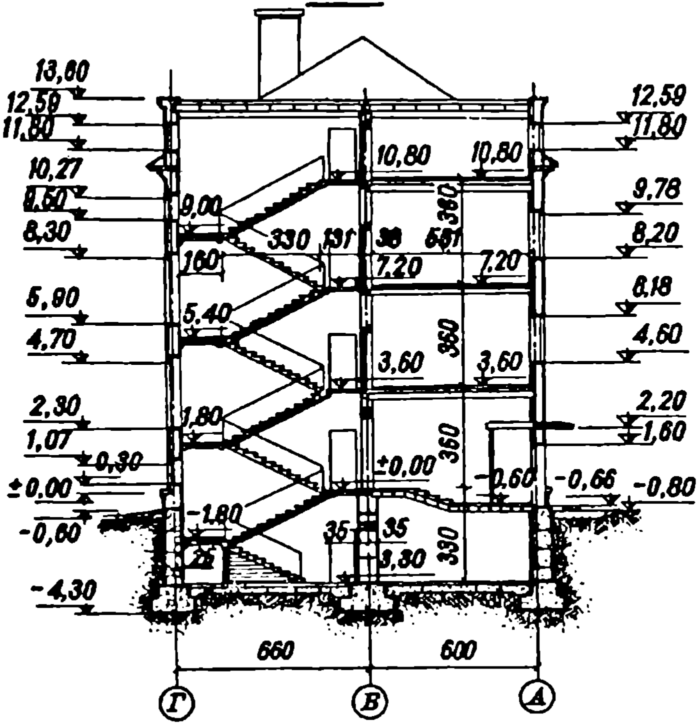
I - I

გვერდითი ფასადი

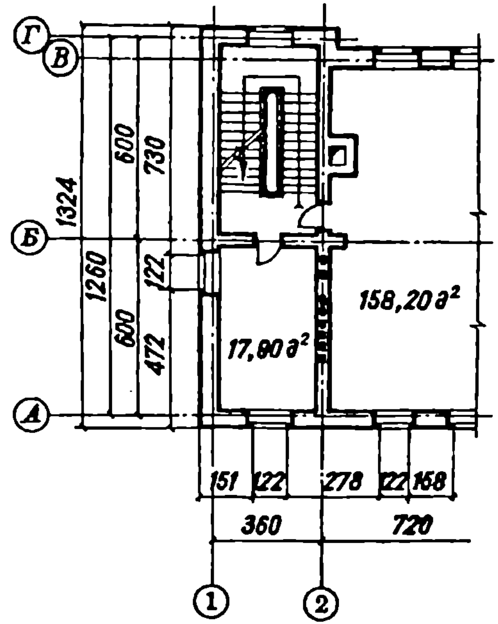


სურ.172

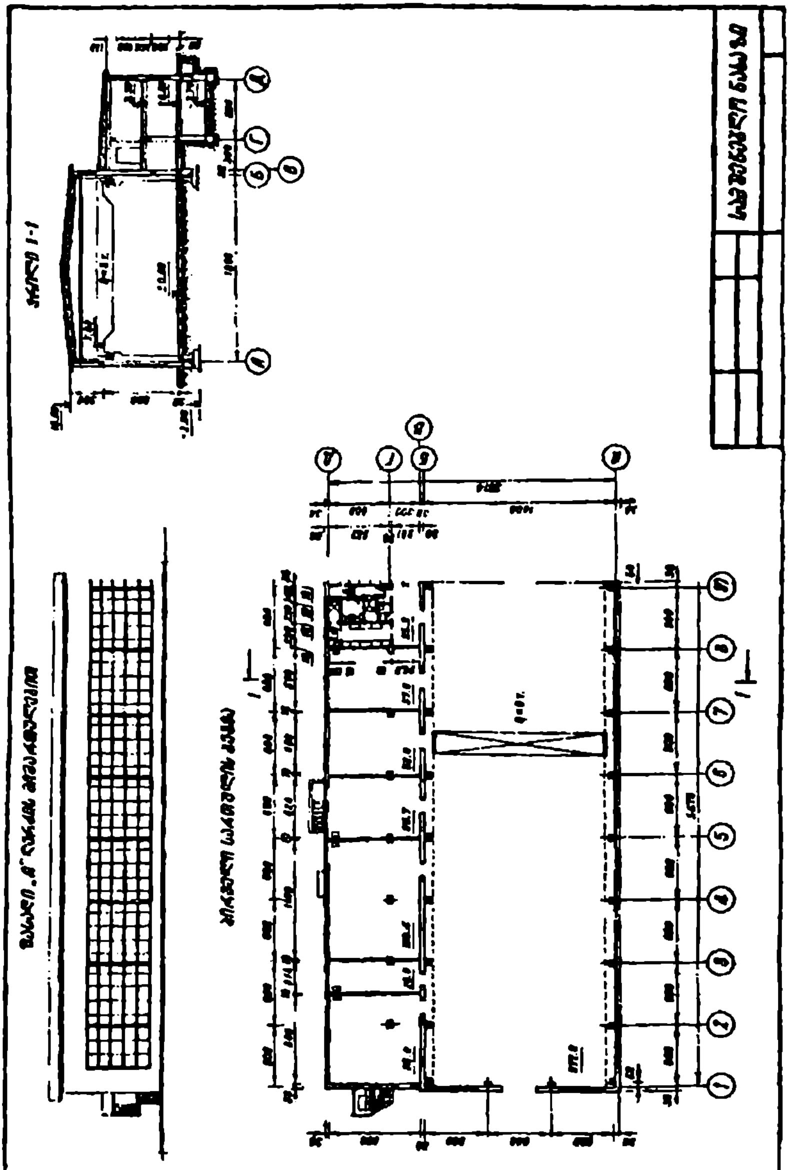
II-II



მეორე და მესამე სართულების
გეგმის ფრაგმენტი



სურ.173



ნახ.174

4. 171-ე, 172-ე, 173-ე სურათებზე ნაჩვენებია საყოფაცხოვრებო მომსახურებისათვის გათვალისწინებული შენობის პროექტი – ფასადი, გეგმა, ჭრილები და გეგმის ფრაგმენტი. სასურველია თვითონ გაერკვეთ მოცემულ გამოსახულებებში და შეეცადოთ მათ წაკითხვას პირობითი ნიშნების (სურ.169) გამოყენებით.

174-ე სურათზე ნაჩვენებია სამრეწველო ნაგებობის ტიპური პროექტი ანუ სამშენებლო ნახაზი. მკითხველს ვთხოვთ, განვლილი მასალის (პუნქტი 32) გამოყენებით, დეტალურად გაარჩიოს იგი და შეეცადოს ყველა წვრილმანის გარკვევას.

1. განმარტება

ტექნიკური ხაზვის კურსის შესწავლის ძირითადი ფორმა არის გრაფიკული სამუშაოების შესრულება. ამ სამუშაოთა ხასიათი, შინაარსი და სირთულე ფაქტიურად განსაზღვრავს ხაზვის, როგორც სასწავლო დისციპლინის შესწავლის დონეს.

წინა პუნქტში განხილული, ტექნიკური ხაზვის ცალკეულ თემებთან დაკავშირებული, ტიპური მაგალითები ბოლომდე ვერ უზრუნველყოფს განვლილი მასალის სათანადო მოცულობითა და სიღრმით შესწავლას. ამიტომ, პედაგოგიური პრაქტიკიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ წიგნისათვის შეგვექმნა სპეციალური დანართი, რომელშიც მოცემული იქნებოდა თემატიკურად დალაგებული სავარჯიშო მაგალითები. საგნის შესწავლის ამგვარი მეთოდიკა ცალკეული თემების დეტალური დამუშავების პარალელურად, გარკვეული რაოდენობის მაგალითების შესრულებასაც გულისხმობს.

მთელი კრებული 19 სავარჯიშო კომპლექსს შეიცავს. თითოეული კომპლექსი თავის მხრივ შედგება ცალკეული მაგალითებისაგან. კომპლექსში შემავალი მაგალითების რაოდენობა და შინაარსი განსაზღვრულია ტექნიკური ხაზვის პროპედევტიკული კურსის მოთხოვნების შესაბამისად.

ქვემოთ მოყვანილია კომპლექსებში მაგალითების თემატიკური განაწილების ცხრილი და შესაბამისი გრაფიკული ილუსტრაციები.

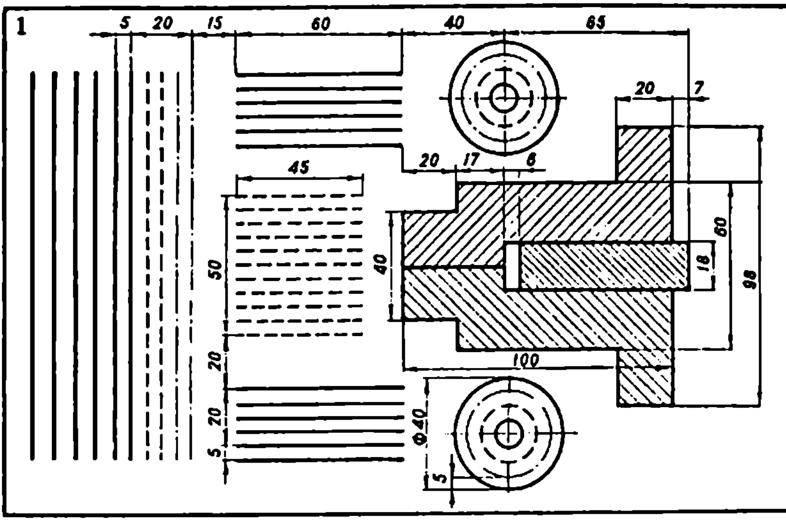
სავარჯიშო მაგალითებში შეტანილია ზოგიერთი ისეთი თემა (მაგ., №4, №5, №6, №7, №10, №13, №14 და №15 კომპლექსები), რომლის შესაბამისი თეორიული მასალა წინამდებარე წიგნში განხილული არ არის. ამასთან დაკავშირებით, დაინტერესებულ მკითხველს, საჭიროების შემთხვევაში შეუძლია იხილოს: ა.შავგულიძე, "ტექნიკური ხაზვა". გამომცემლობა "განათლება", თბილისი, 1967.

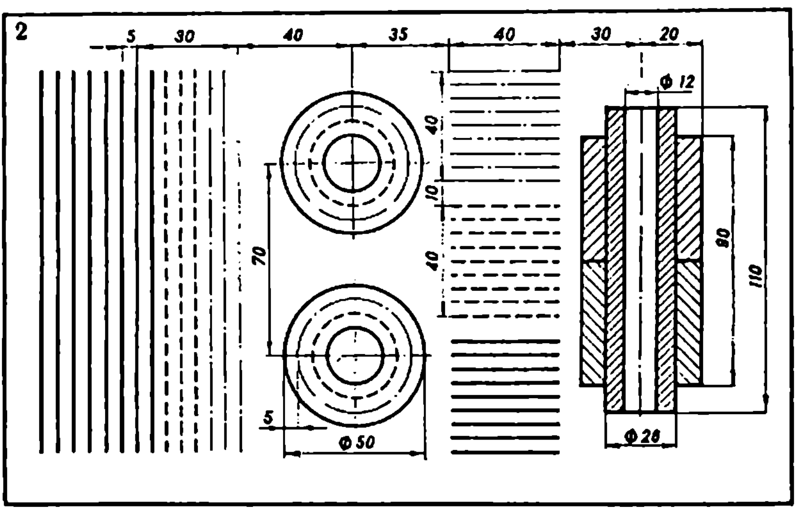
2. სავარჯიშო მაგალითების კომპლექსებში განაწილებისა და თემატიკის ცხრილი

კომპლექსის №	მაგალითის №	თ ე მ ა ტ ი კ ა
1	2	3
1	1-2	ხაზთა ტიპების სტანდარტული კლასიფიკაცია
2	3-14	წრეწირების ტოლ ნაწილად დაყოფა
3	15-35	გეომეტრიული შეუღლებები
4	35-43	ლოკალური მრუდების აგება
5	44-57	ქანობის აგება
6	58-65	კონუსურობის აგება
7	66-101	დამთავრდეს ხედი ზემოდან, მოიძებნოს მესამე ხედი და აიგოს აქსონომეტრია
8	102-134	მოიძებნოს მესამე ხედი და გამოიხაზოს გამოტანილი კვეთი
9	135-180	მოიძებნოს მესამე ხედი და აიგოს აქსონომეტრია
10	181-198	მოიძებნოს მესამე ხედი და აიგოს გადასვლის წირების გეგმილები
11	199-212	მოიძებნოს მესამე ხედი და აიგოს აქსონომეტრია
12	213-219	მოიძებნოს მესამე ხედი, აიგოს აქსონომეტრია და შესრულდეს საჭირო პირობითი ჭრილები
13	220-227	მოიძებნოს მესამე ხედი, აიგოს აქსონომეტრია, შესრულდეს საჭირო პირობითი ჭრილები და გამოიხაზოს დახრილი კვეთი ნახაზზე ნაჩვენები მიმართულებით

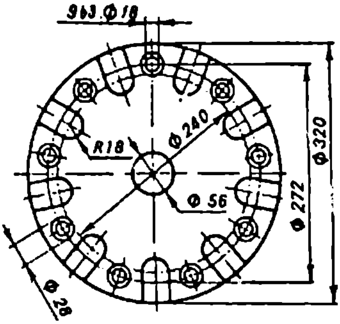
1	2	3
14	228-235	მოიძებნოს მესამე ხედი, აიგოს აქსონომეტრია, შესრულდეს საჭირო რთული პირობითი ჭრილები
15	236-239	გამოიხაზოს ნახაზზე მოცემული გამოსახულება, აიგოს ჭრის წირების გეგმილები
16	240-241	გამოიხაზოს ნახაზზე მოცემული გამოსახულება, აიგოს გადასვლის წირების გეგმილები
17	242-263	მოცემული თვალსაჩინო გამოსახულების მიხედვით აიგოს დეტალის ნახაზი (ხედები, აქსონომეტრია ჭრილები)
18	264-296	მოცემული თვალსაჩინო გამოსახულების მიხედვით აიგოს დეტალის ესკიზი და სამუშაო ნახაზი (ხედები, აქსონომეტრია ჭრილები)
19	297-299	შეცვლილი მასშტაბით გამოიხაზოს მოცემული საამწყობო ნახაზი, შესრულდეს ცალკეული დეტალების ესკიზები და სამუშაო ნახაზები

3. სავარჯიშო მაგალითების გრაფიკული ილუსტრაციები

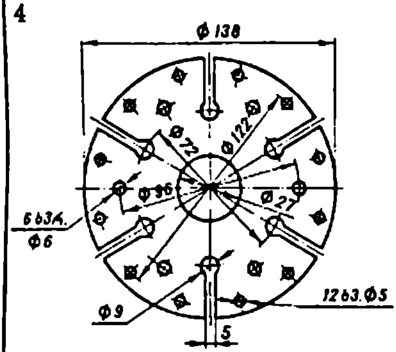




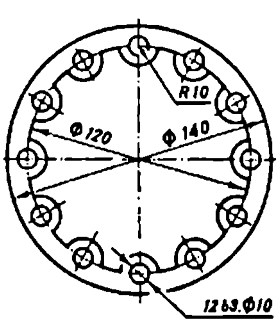
3


9 отв. Φ18
R18
Φ240
Φ320
Φ56
Φ272
Φ28

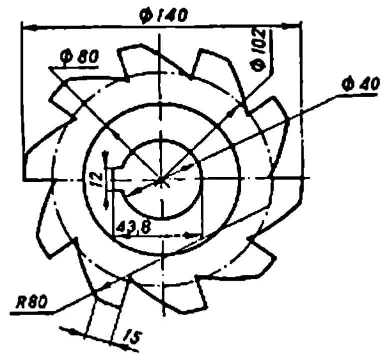
4


Φ138
Φ72
Φ122
Φ96
Φ27
6 отв. Φ6
Φ9
12 отв. Φ5
5

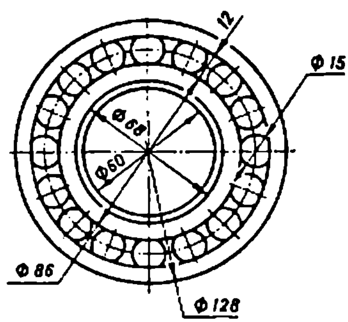
5


R10
Φ120
Φ140
12 отв. Φ10

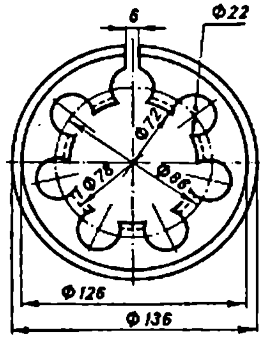
6


Φ140
Φ80
Φ102
Φ40
12
43,8
R80
15

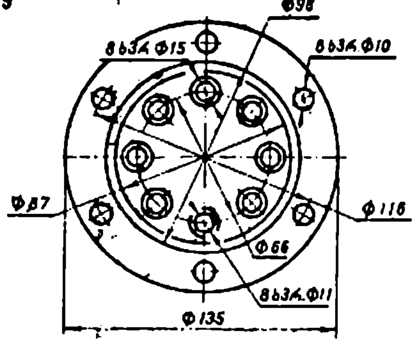
7


12
Φ15
Φ68
Φ60
Φ86
Φ128

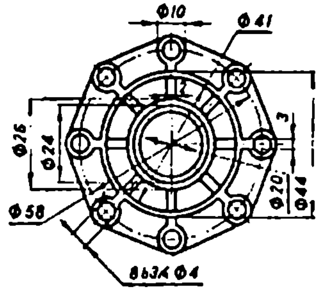
8


6
Φ22
Φ72
Φ78
Φ86
Φ126
Φ136

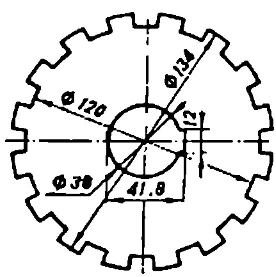
9



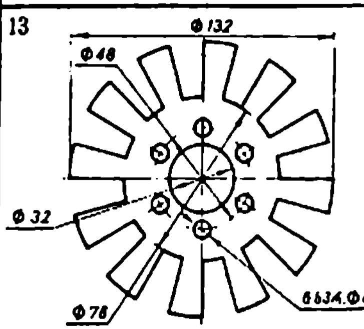
12



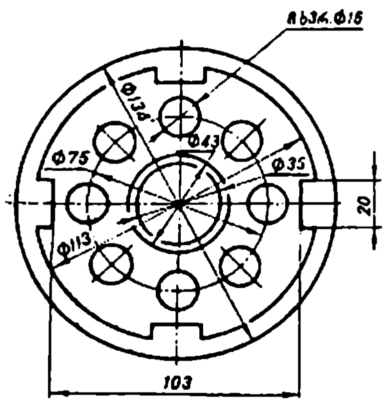
10



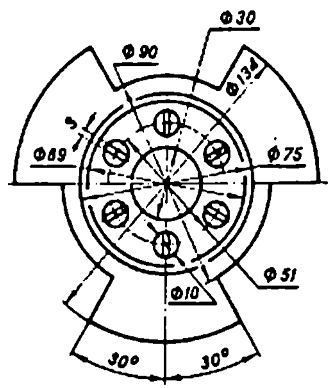
13



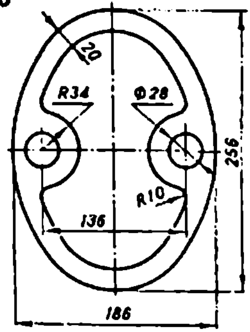
11



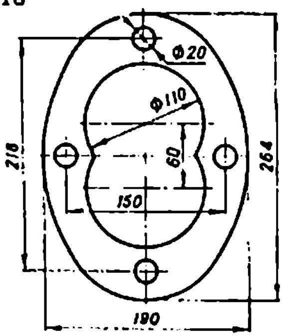
14



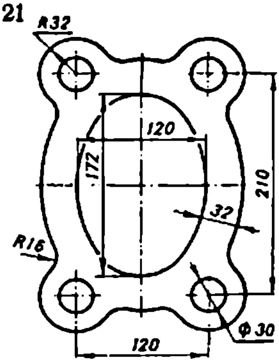
15



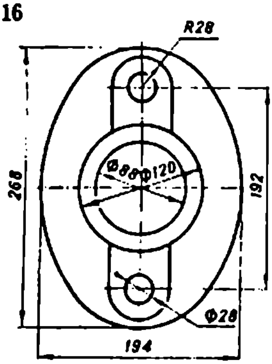
18



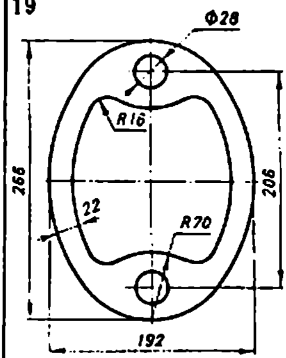
21



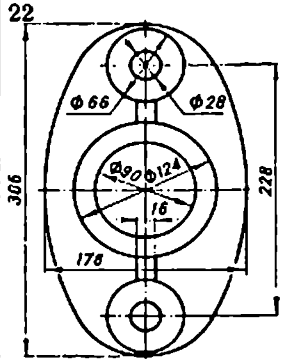
16



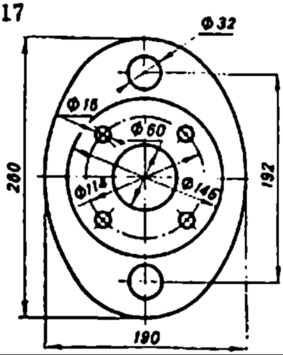
19



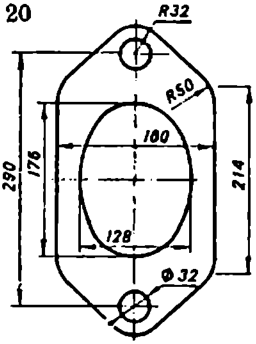
22



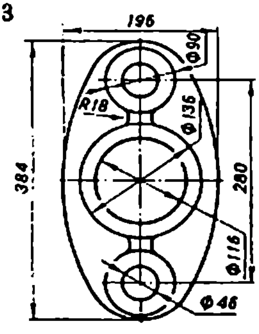
17



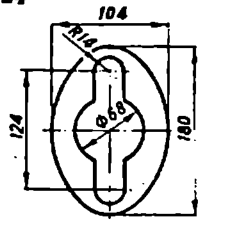
20



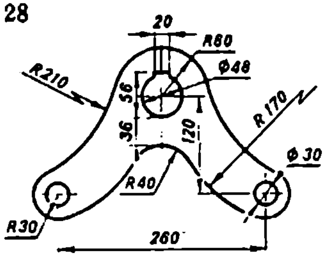
23



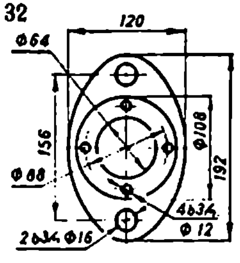
24



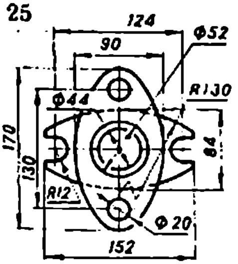
28



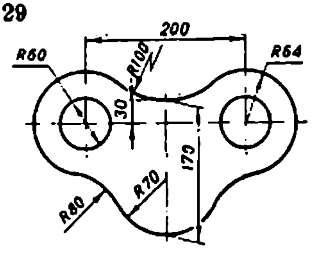
32



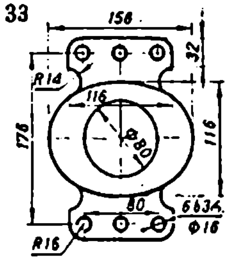
25



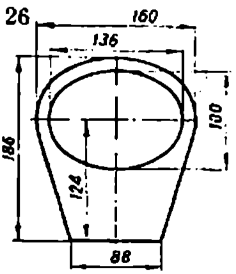
29



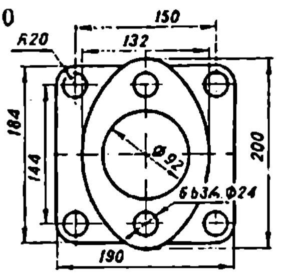
33



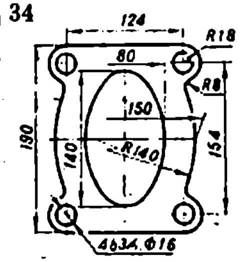
26



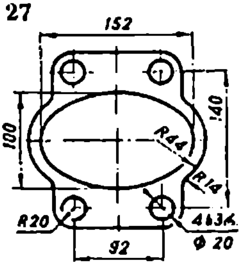
30



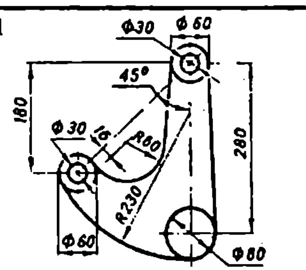
34



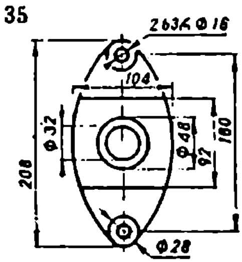
27



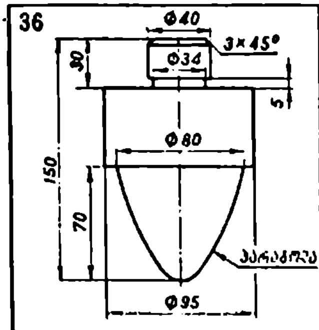
31



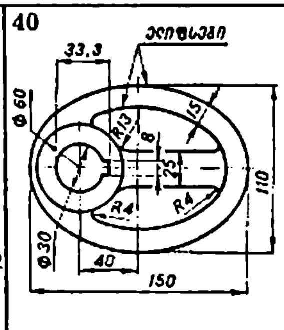
35



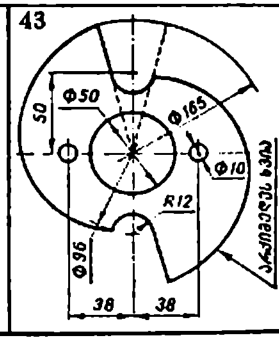
36



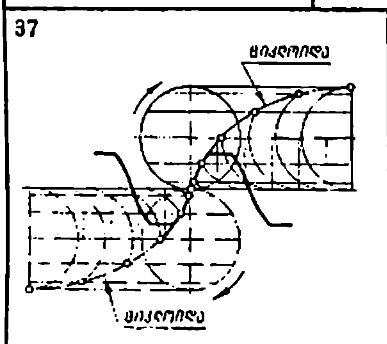
40



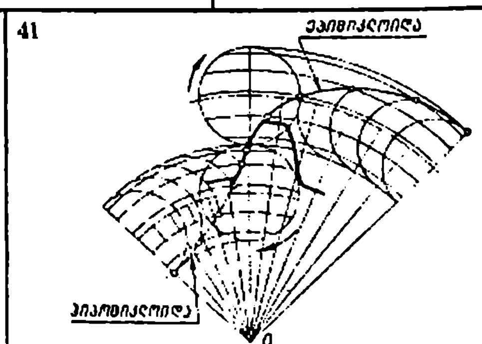
43



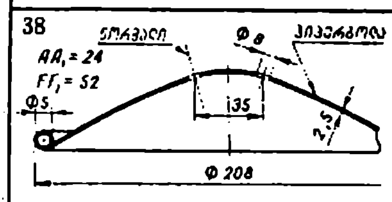
37



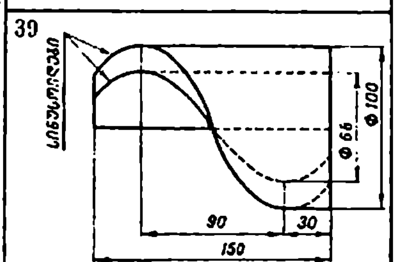
41



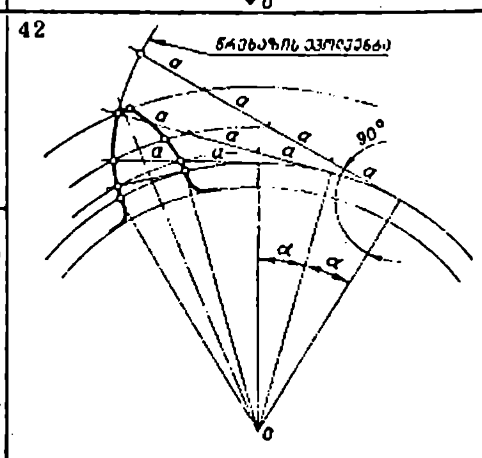
38

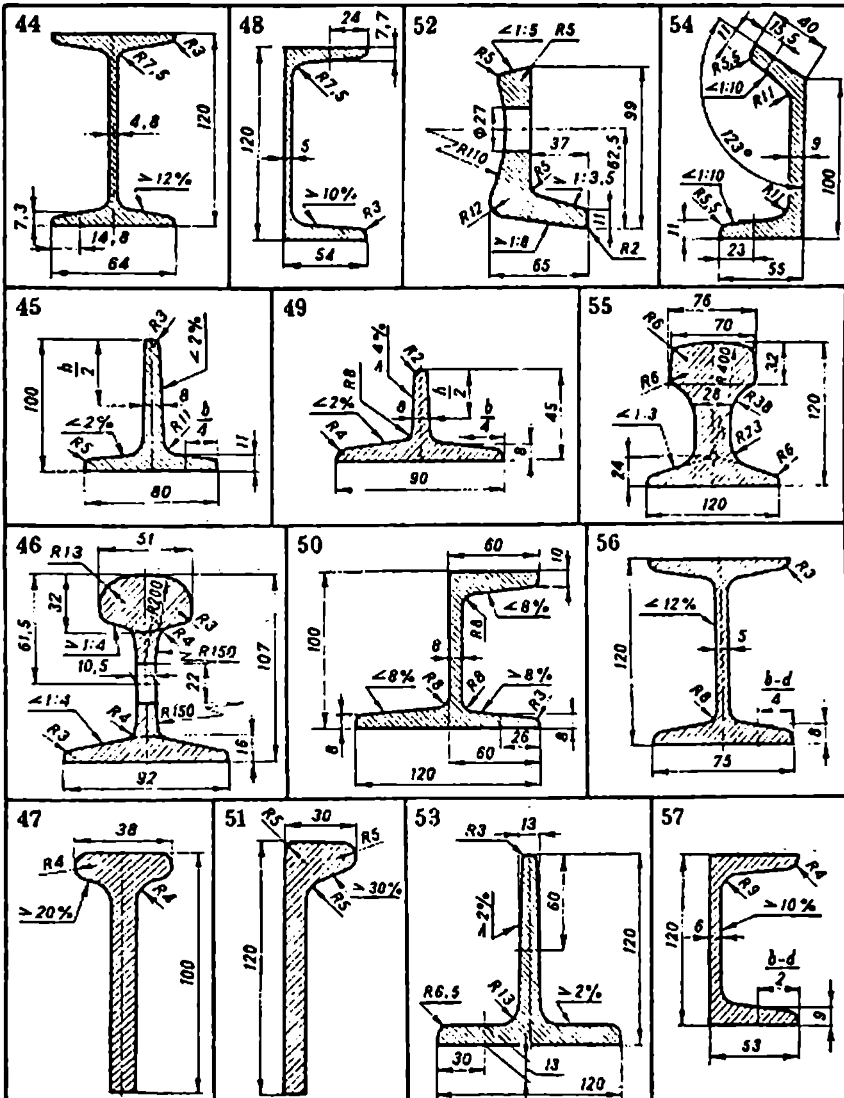


39

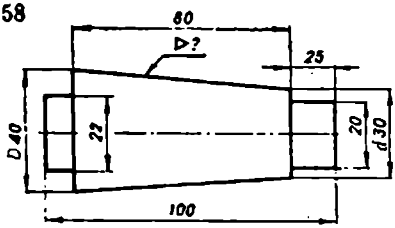


42

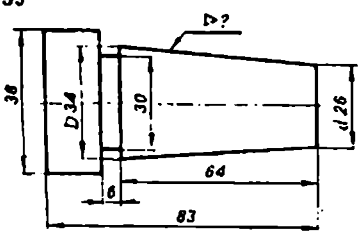



44
R3
R7,5
4,8
120
≥12%
7,3
14,8
64
48
24
7,7
R7,5
120
5
≥10%
R3
54
52
∠1:5
R5
R5
Φ27
99
R110
37
R5
∠1:3,5
62,5
R12
111
≥1:8
R2
65
54
11
R5,5
13,5
40
∠1:10
R11
123°
9
∠1:10
R5,5
R11
100
11
23
55
45
R3
∠2%
100
b/2
8
∠2%
R11
b/4
R5
11
80
49
∠4%
R2
R8
b/2
∠2%
8
b/4
45
R4
8
90
55
76
70
R6
R400
32
R6
28
R38
120
∠1:3
R23
24
R6
120
46
R13
51
32
R200
61,5
R3
R4
≥1:4
R150
10,5
107
22
∠1:4
R4
R150
R3
16
92
50
60
10
100
∠8%
R8
8
∠8%
R8
R8
≥8%
R3
8
26
8
60
120
56
R3
∠12%
5
120
R8
b-d/4
8
75
47
38
R4
R4
≥20%
100
51
R5
30
R5
≥30%
R5
120
53
R3
13
60
≥2%
120
R6,5
R13
≥2%
30
13
120
57
R4
R9
≥10%
120
6
b-d/2
9
53

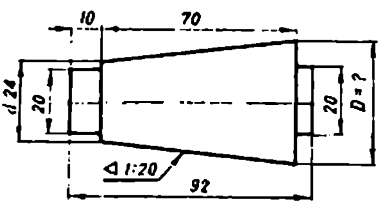
58



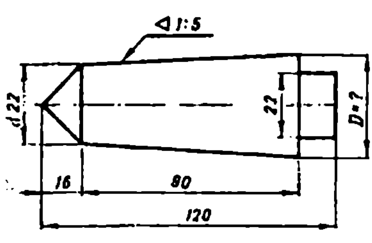
59



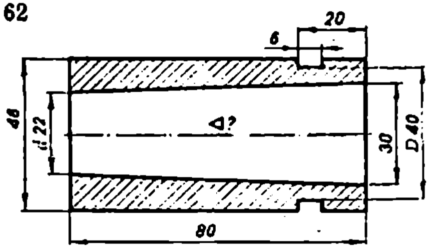
60



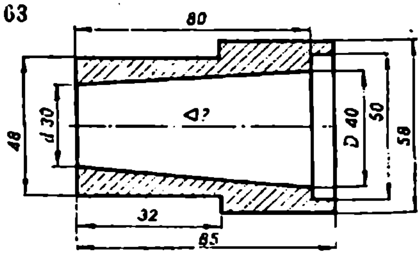
61



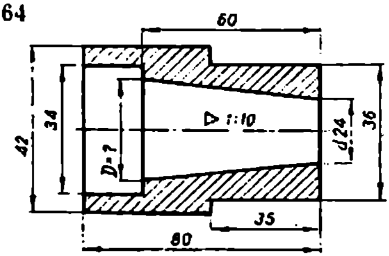
62



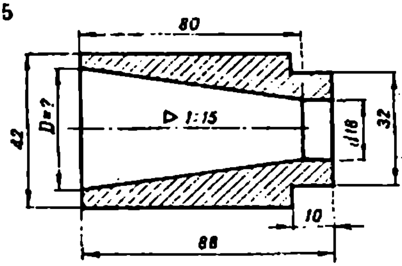
63



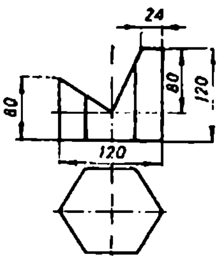
64



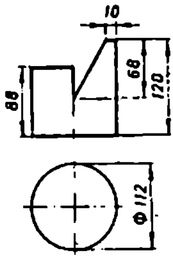
65



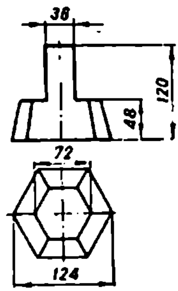
66



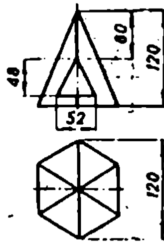
69



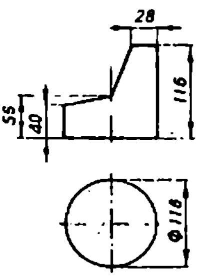
72



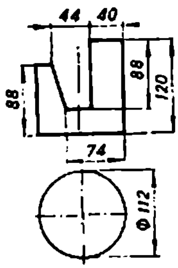
75



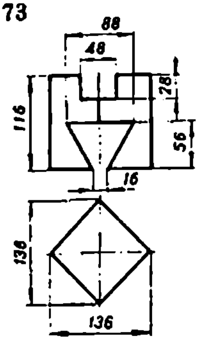
67



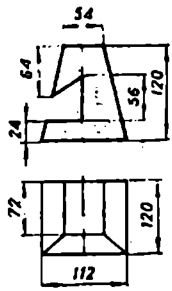
70



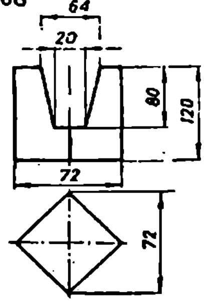
73



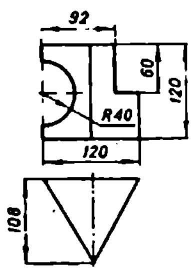
76



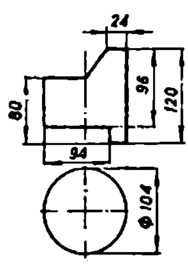
68



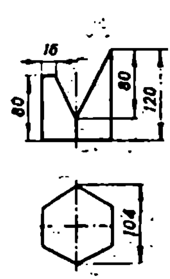
71



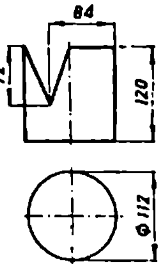
74



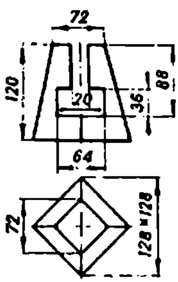
77



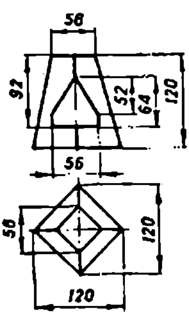
78



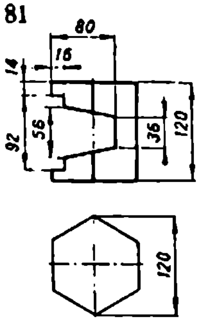
79



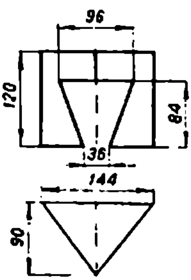
80



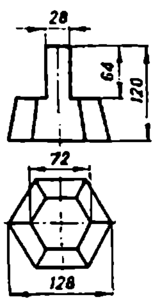
81



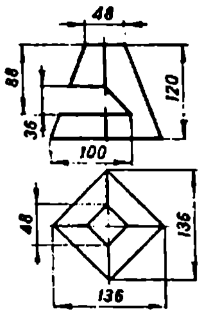
82



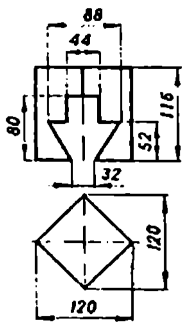
83



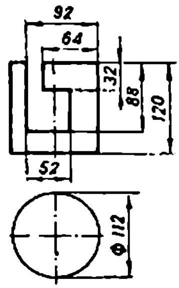
84



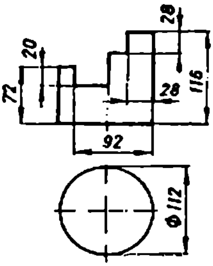
85



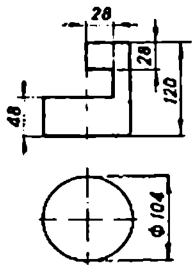
86



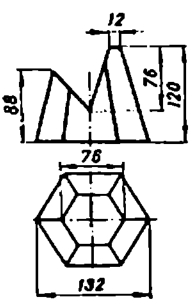
87



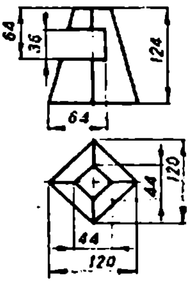
88



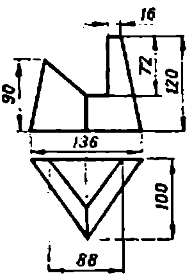
89



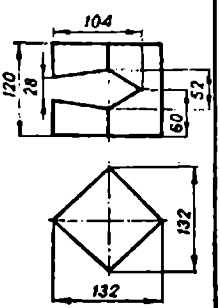
90



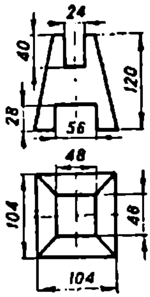
91



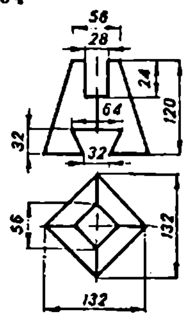
92



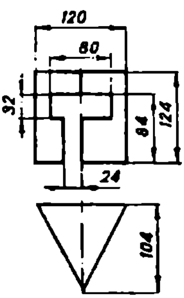
93



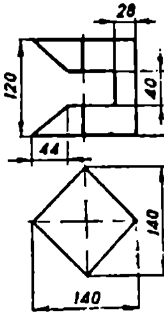
94



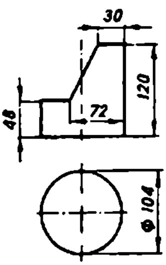
95



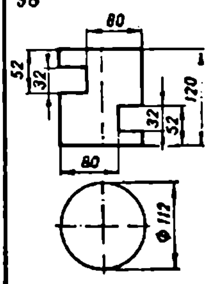
96



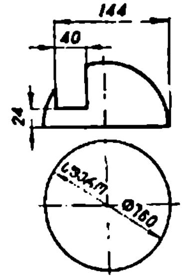
97



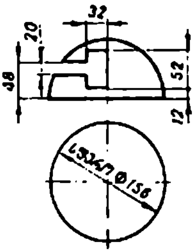
98



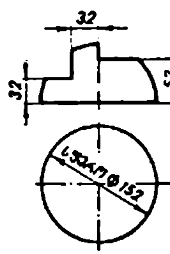
99

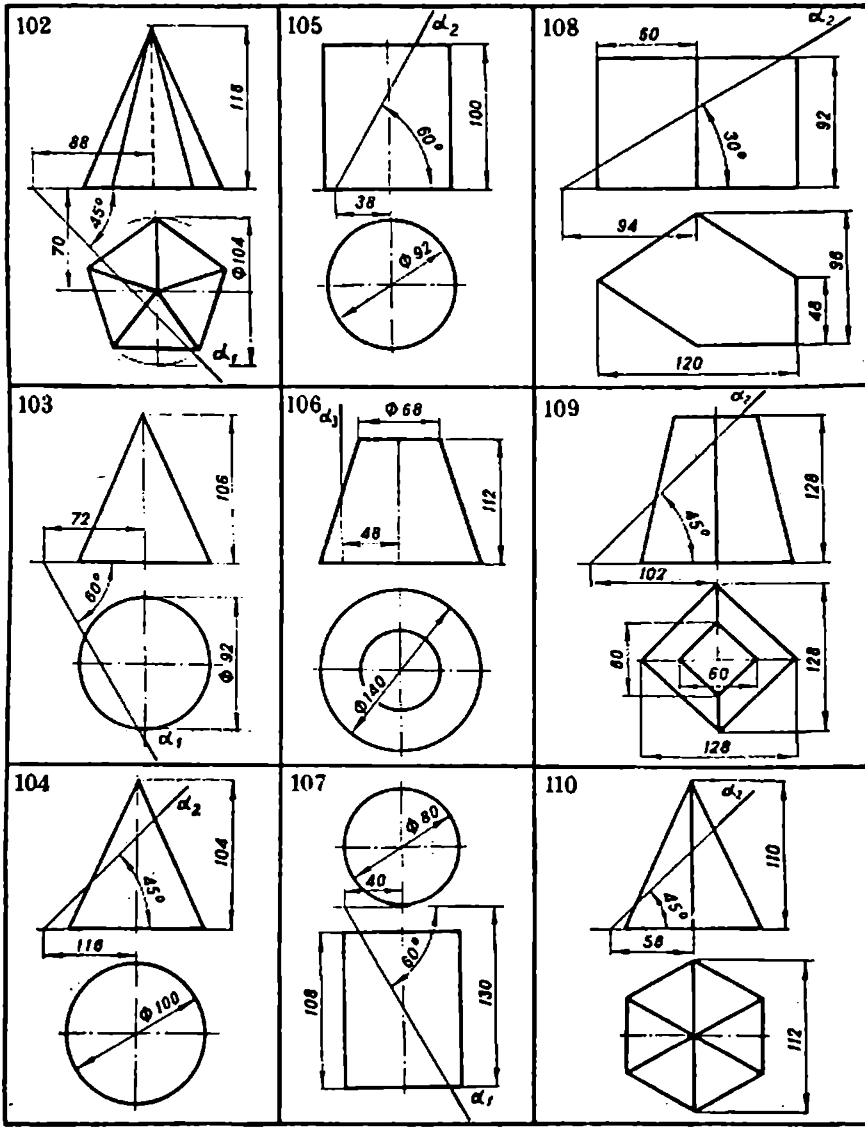


100

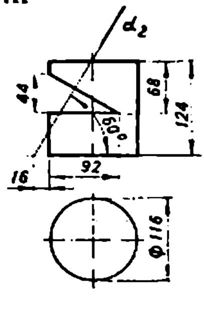


101

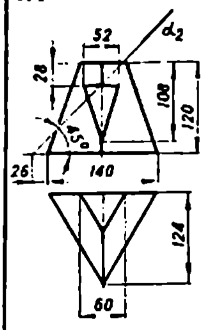



102
88
118
45°
70
Φ104
α1
105
α2
100
60°
38
Φ92
108
α2
60
92
30°
94
96
48
120
103
72
106
60°
Φ92
α1
106
α1
Φ68
112
48
Φ140
109
α2
128
45°
102
80
60
128
128
104
α2
104
45°
116
Φ100
107
Φ80
40
60°
108
130
α1
110
α2
110
45°
58
112

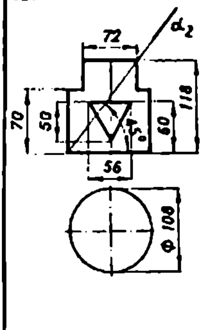
111



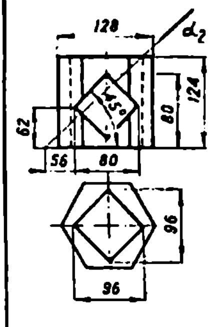
114



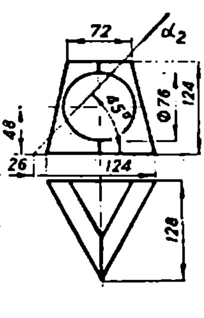
117



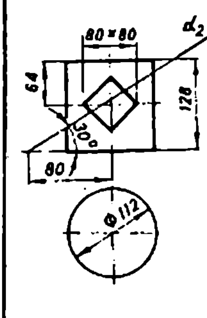
120 .



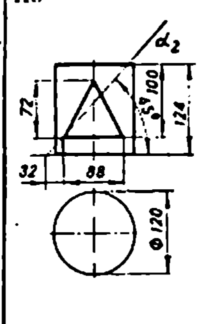
112



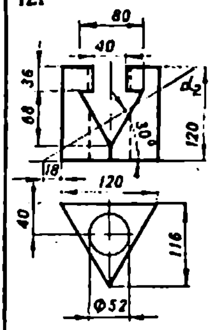
115



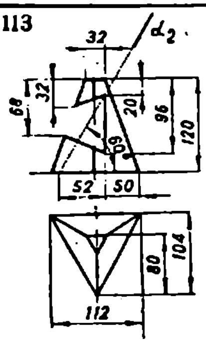
118



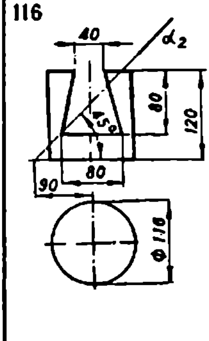
121



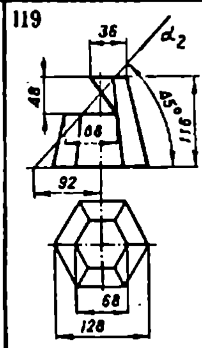
113



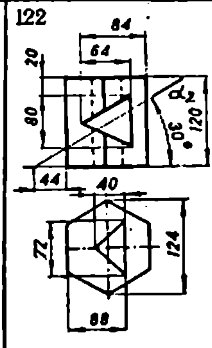
116



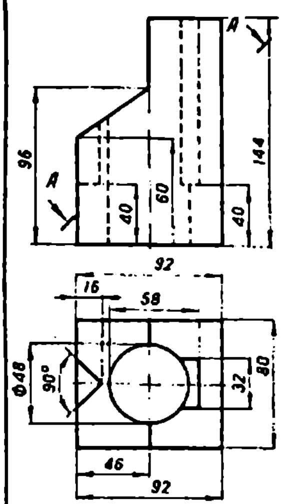
119



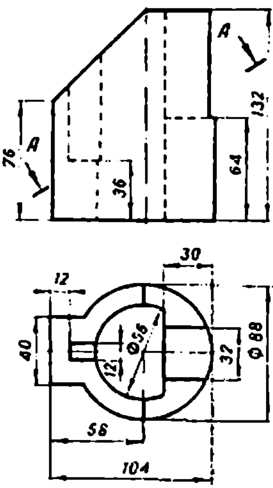
122



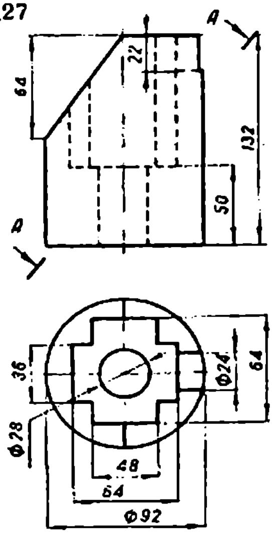
123



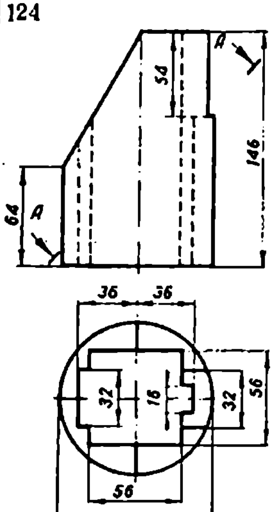
125



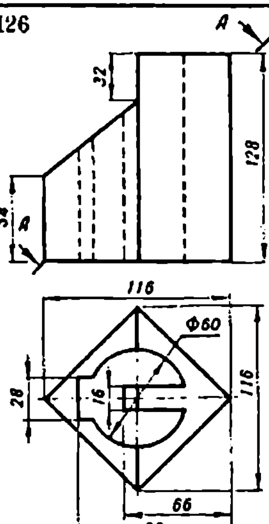
127



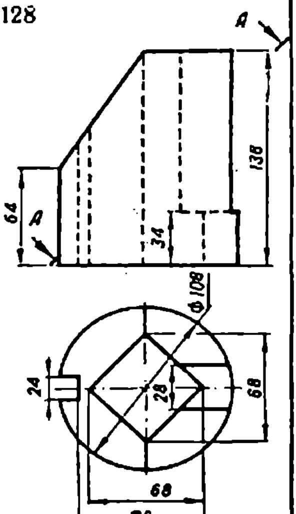
124



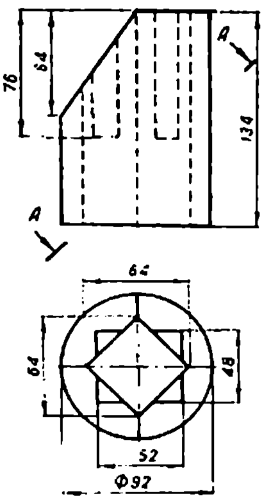
126



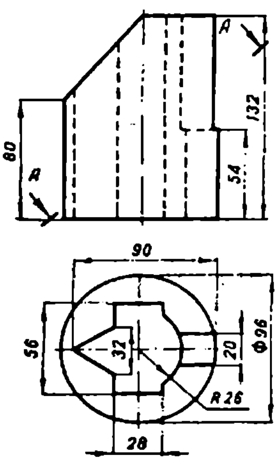
128



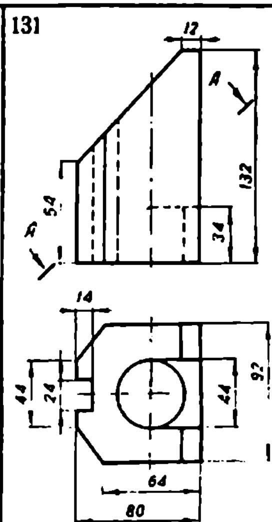
129



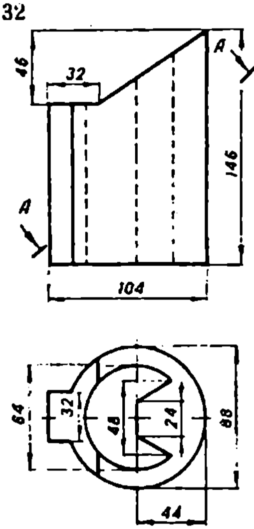
130



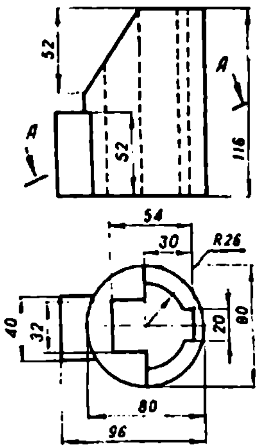
131



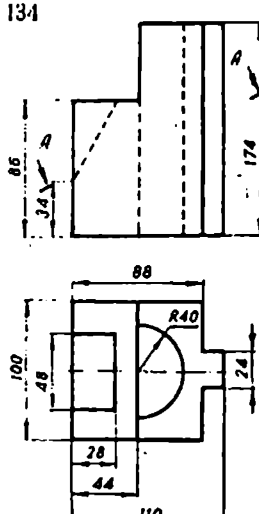
132



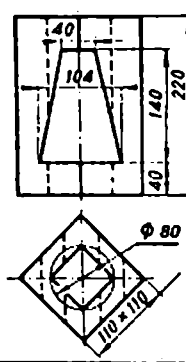
133



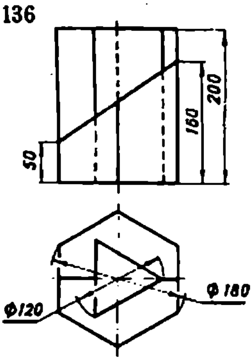
134



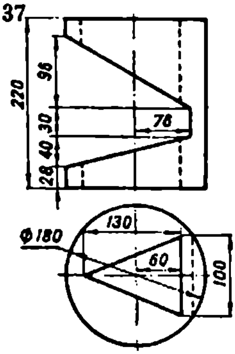
135



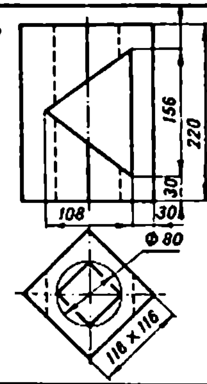
136



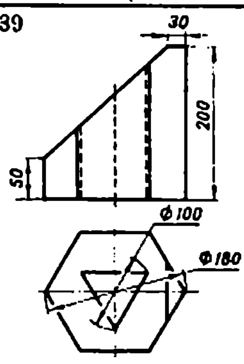
137



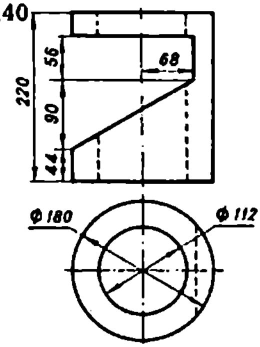
138



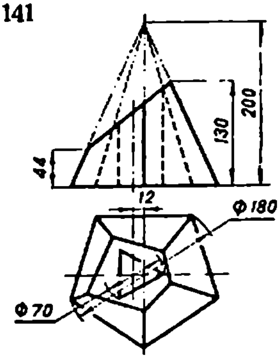
139



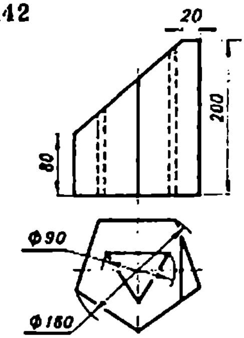
140



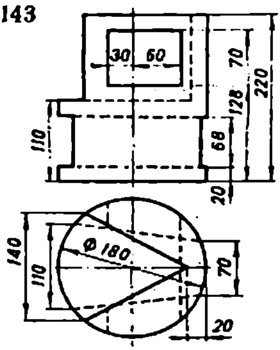
141



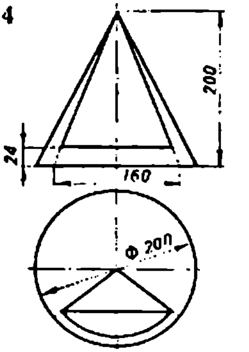
142



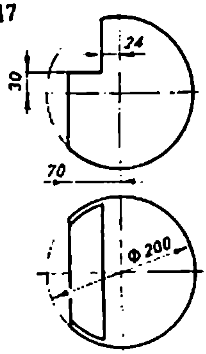
143



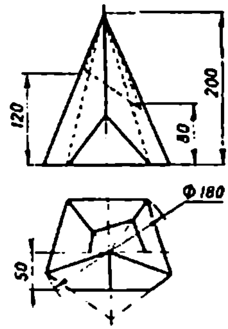
144



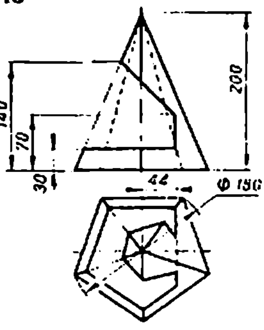
147



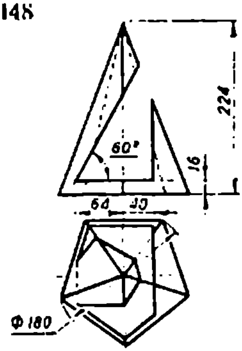
150



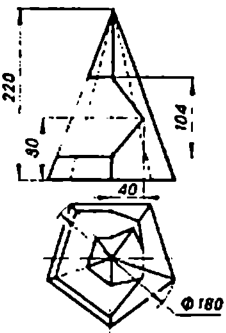
145



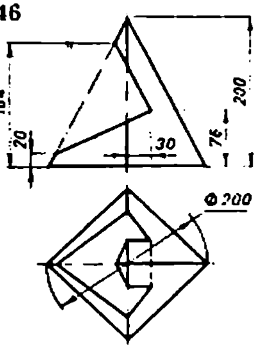
148



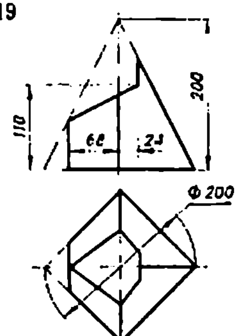
151



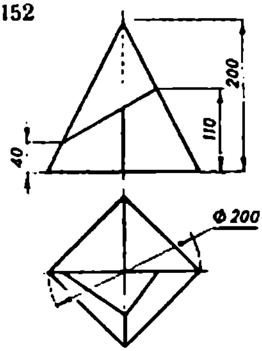
146



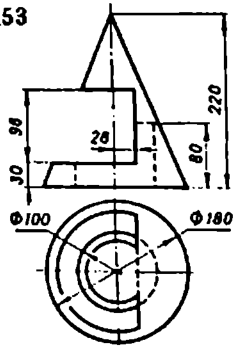
149



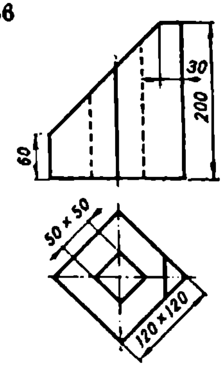
152



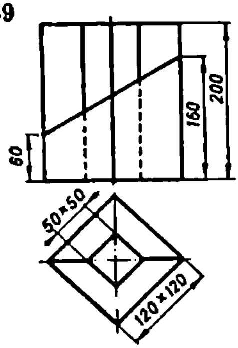
153



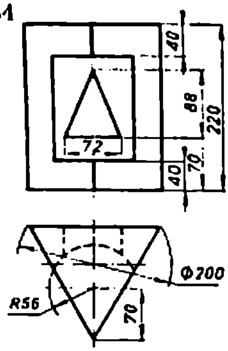
156



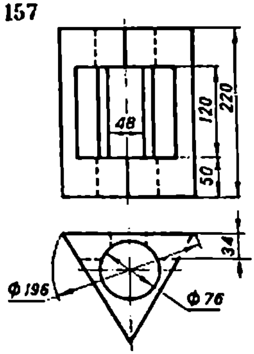
159



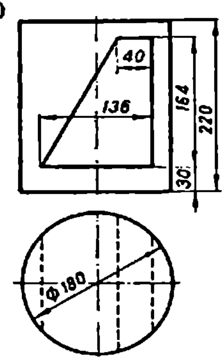
154



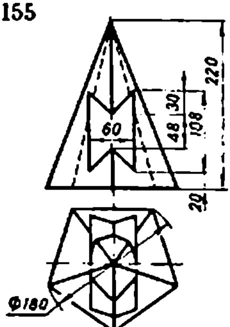
157



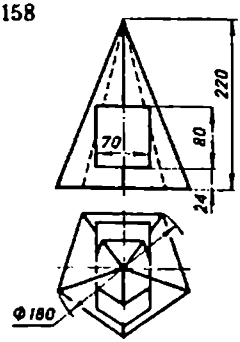
160



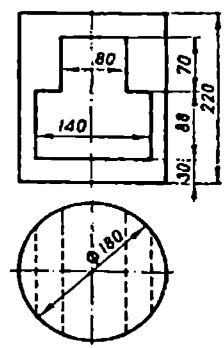
155

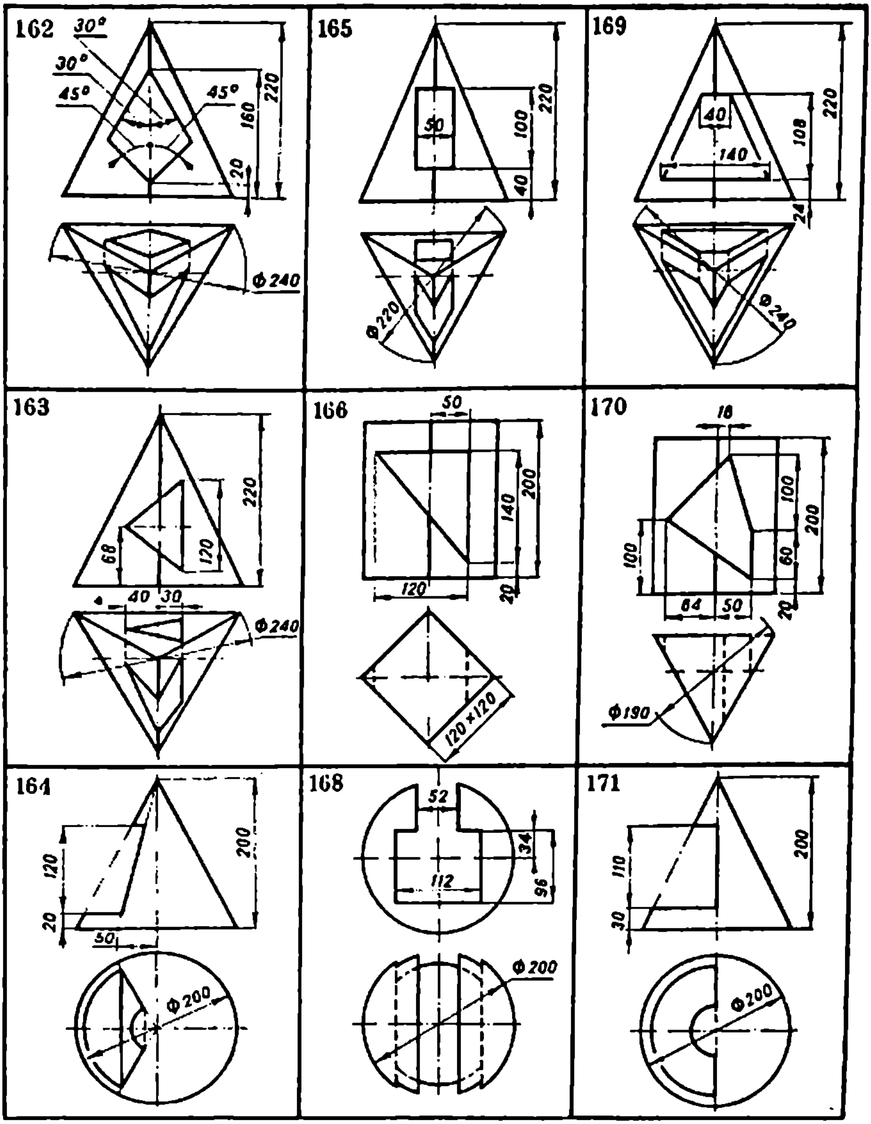


158

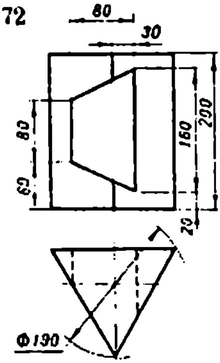


161

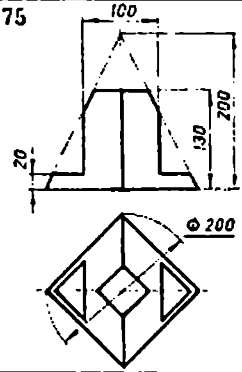



162
30°
30°
45°
45°
220
160
20
Φ240
165
50
100
220
40
Φ220
169
40
140
108
220
24
Φ240
163
220
68
120
40
30
Φ240
166
50
200
140
120
20
120×120
170
18
100
200
100
60
84
50
20
Φ190
164
200
120
20
50
Φ200
168
52
34
112
96
Φ200
171
200
110
30
Φ200

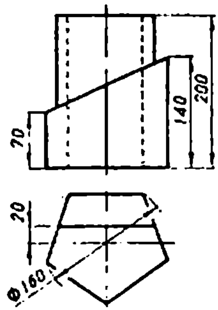
172



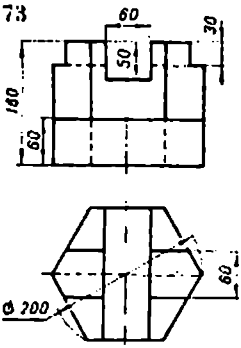
175



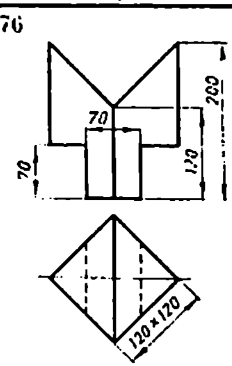
178



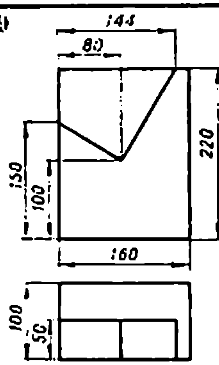
173



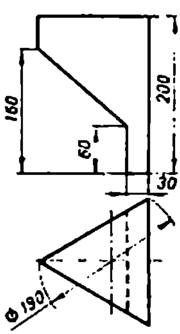
176



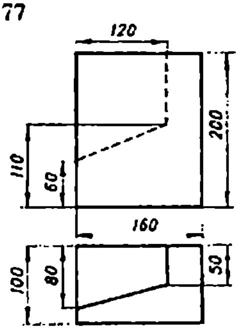
179



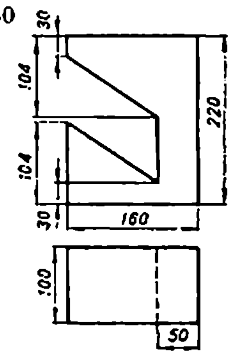
174



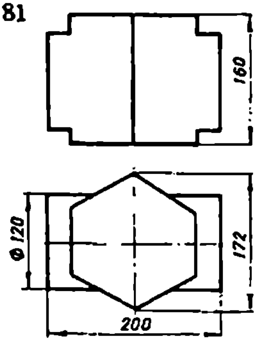
177



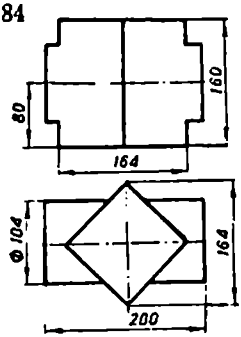
180



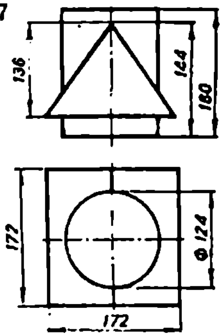
181



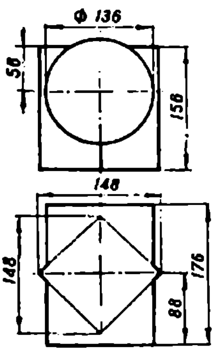
184



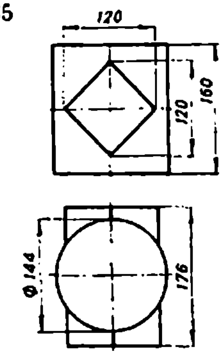
187



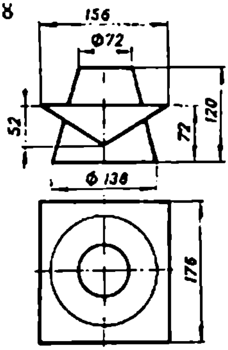
182



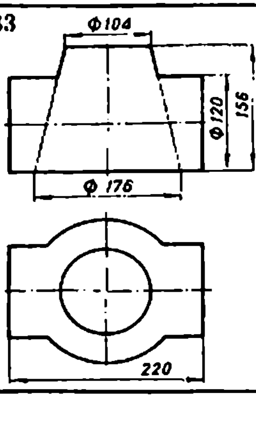
185



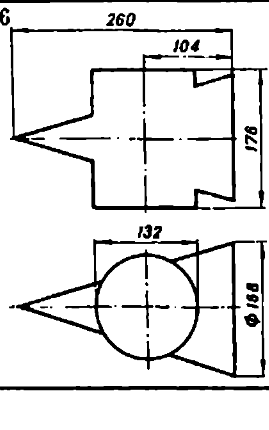
188



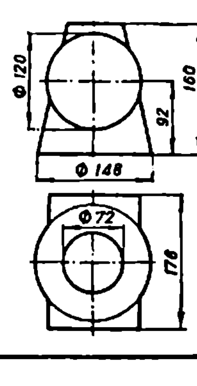
183



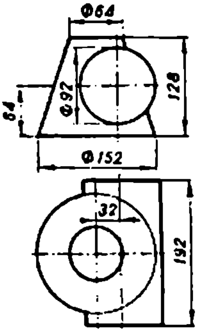
186



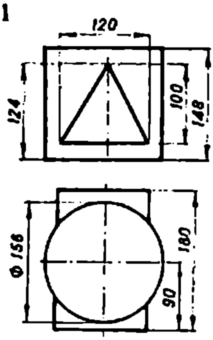
189



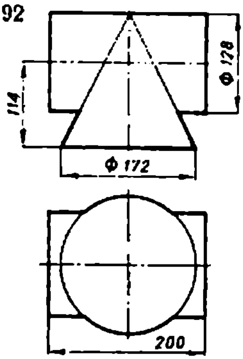
190



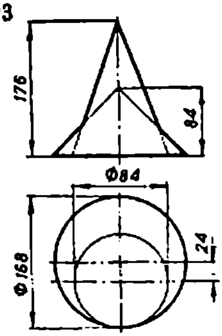
191



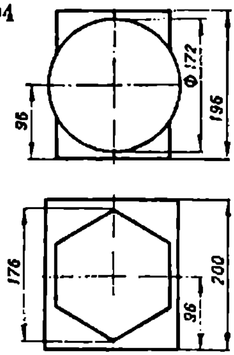
192



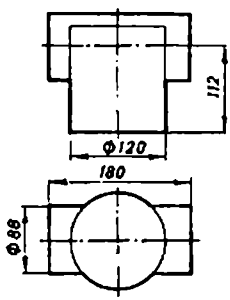
193



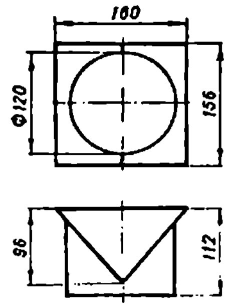
194



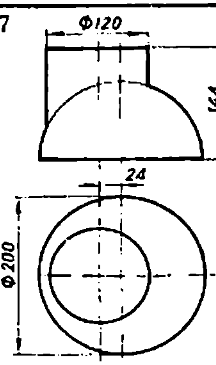
195



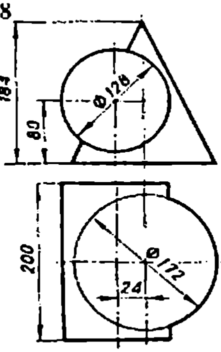
196



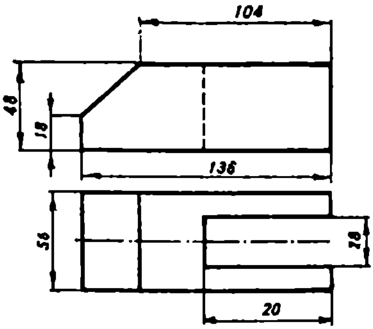
197



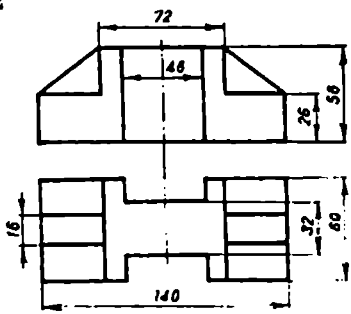
198



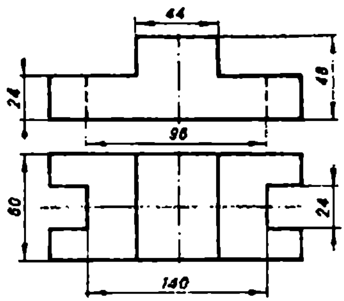
199



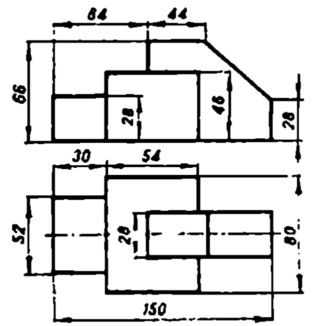
202



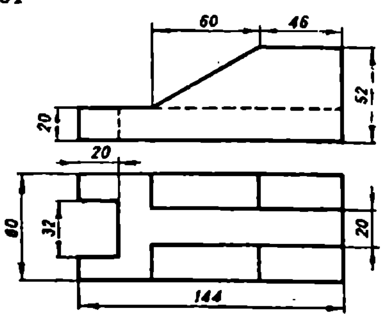
200



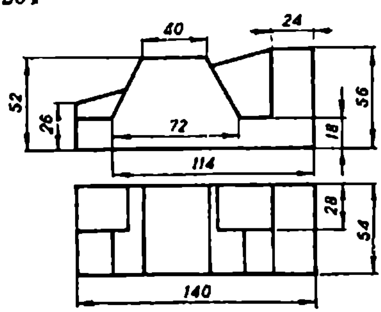
203



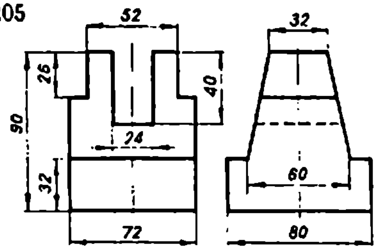
201



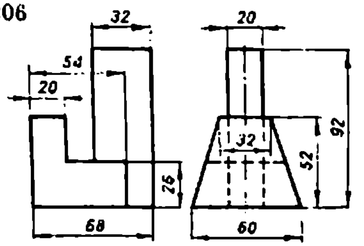
204



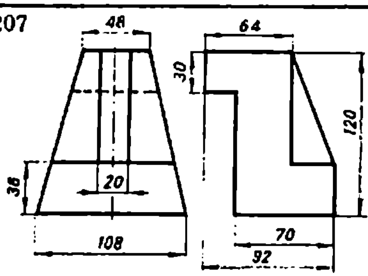
205



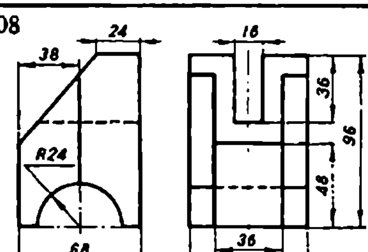
206



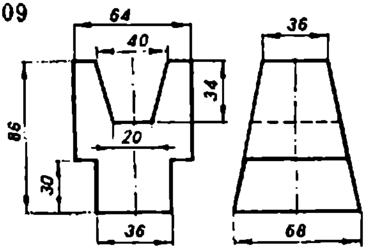
207



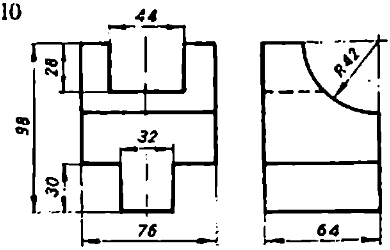
208



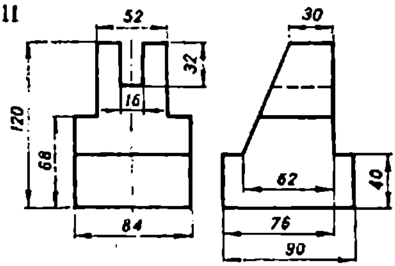
209



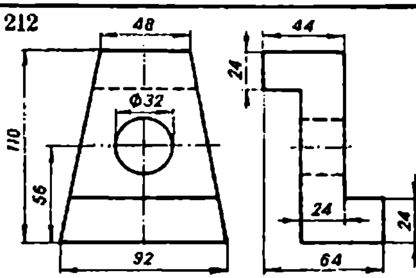
210



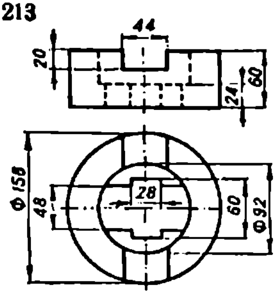
211



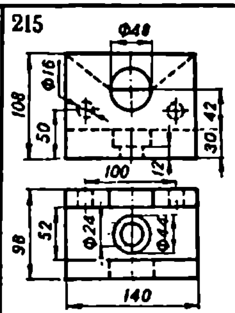
212



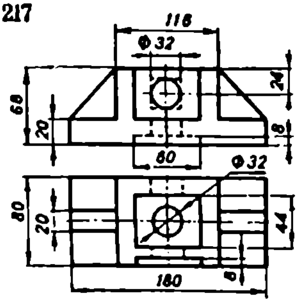
213



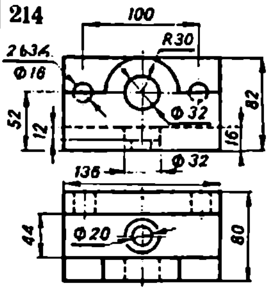
215



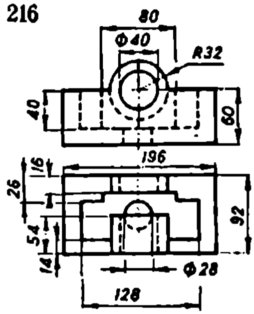
217



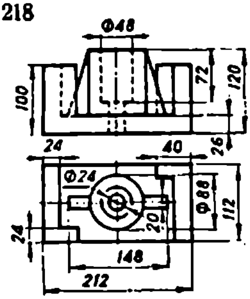
214



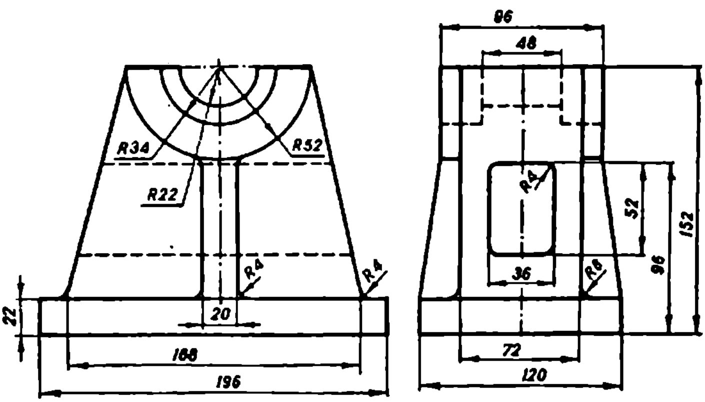
216



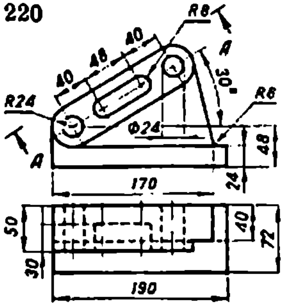
218



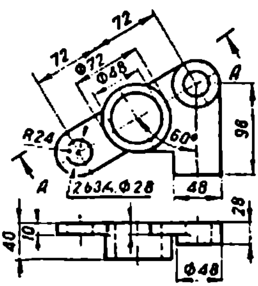
219



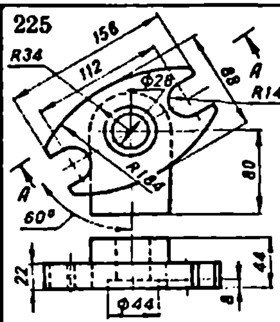
220



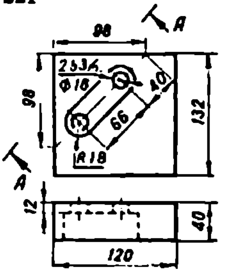
223



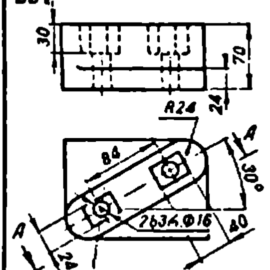
225



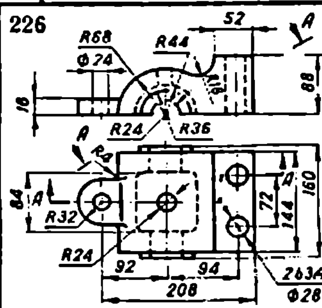
221



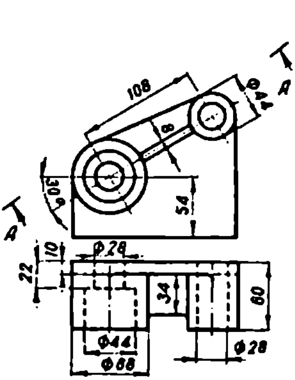
224



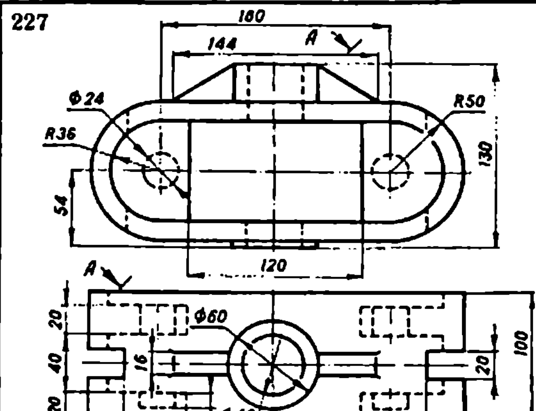
226



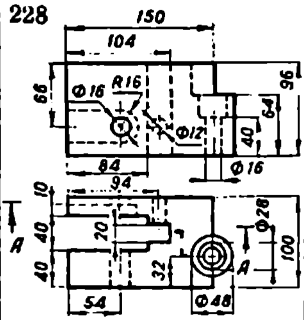
222



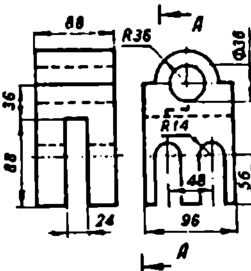
227



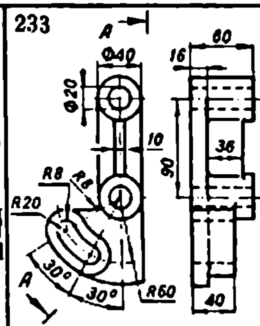
228



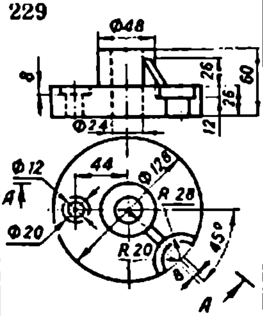
231



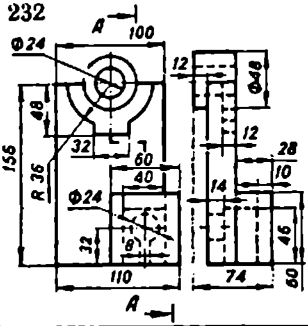
233



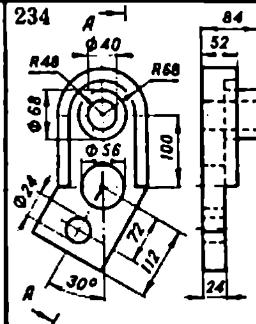
229



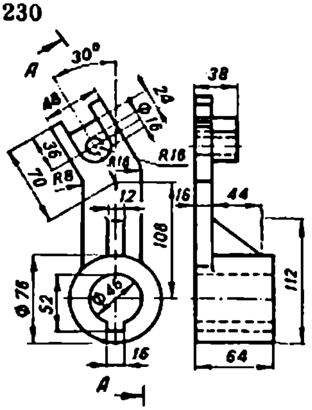
232



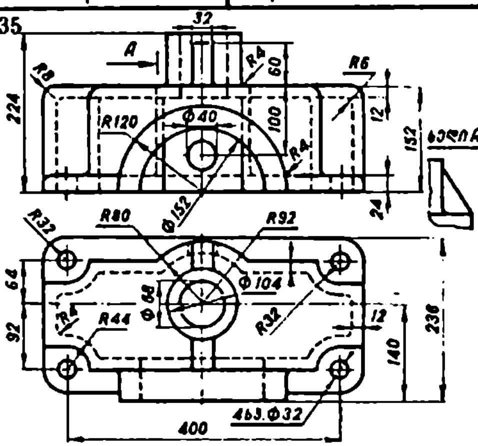
234



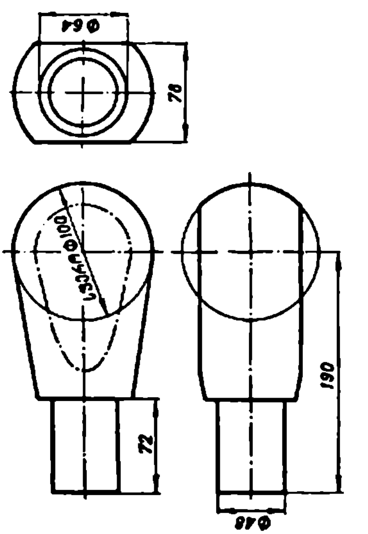
230



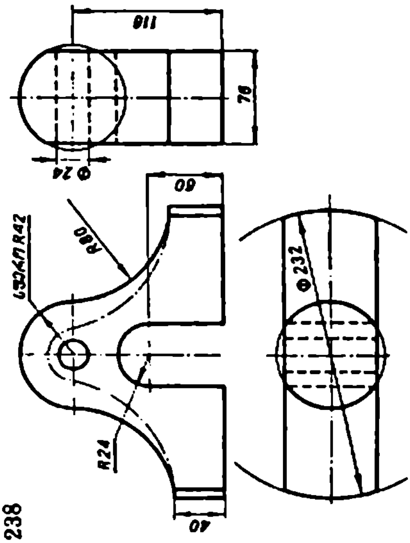
235



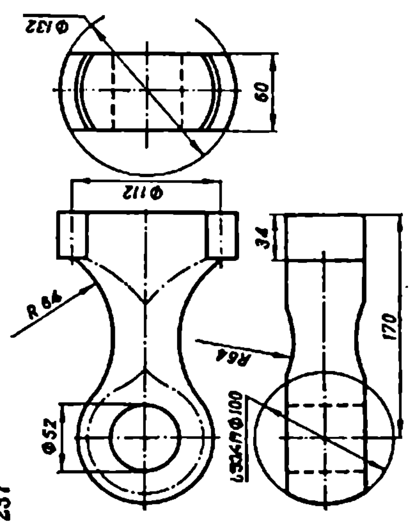
236



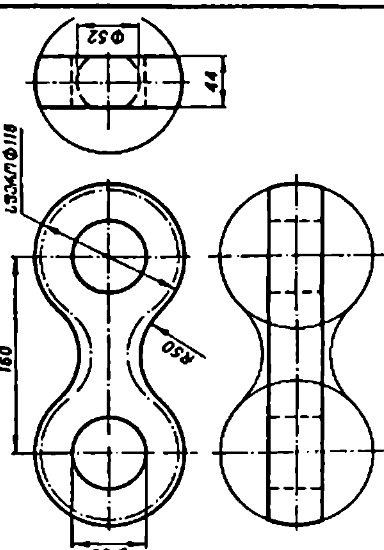
238



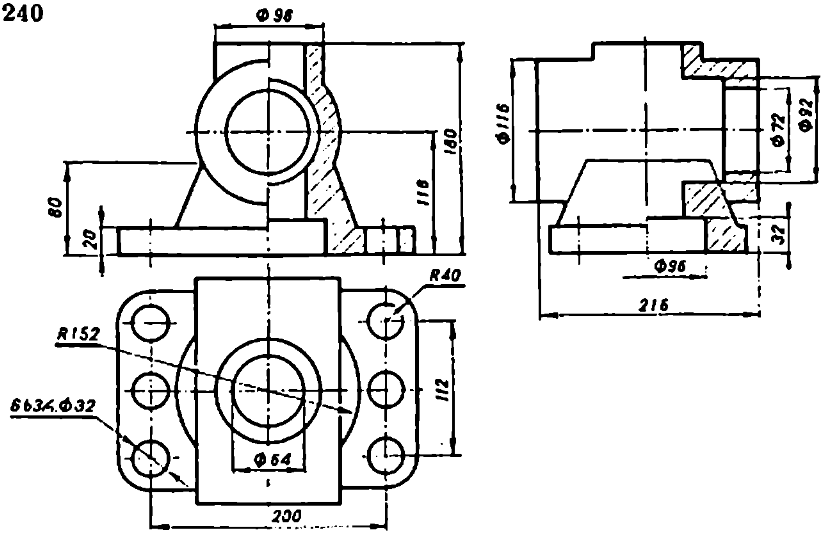
237



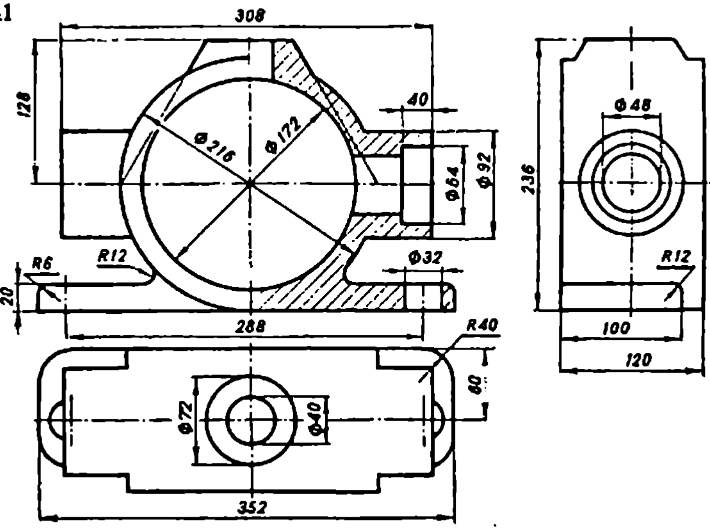
239



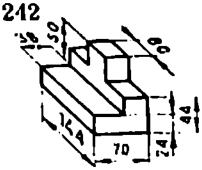
240


Φ96
180
116
80
20
Φ116
Φ72
Φ92
32
Φ96
216
R40
R152
112
Φ64
200

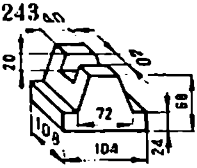
241


308
128
40
Φ216
Φ172
Φ64
Φ92
R6
R12
Φ32
20
288
R40
60
Φ72
Φ40
352
Φ48
236
R12
100
120

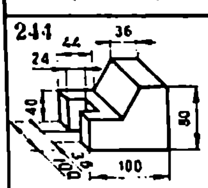
242



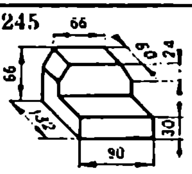
243



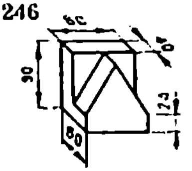
244



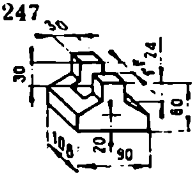
245



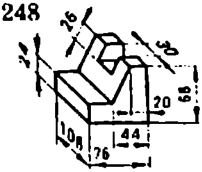
246



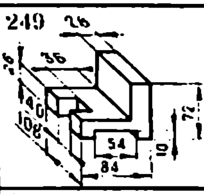
247



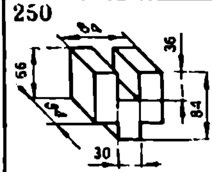
248



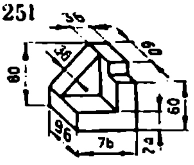
249



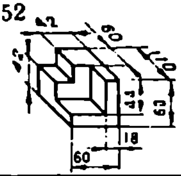
250



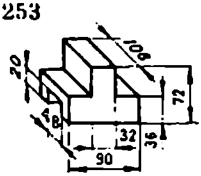
251



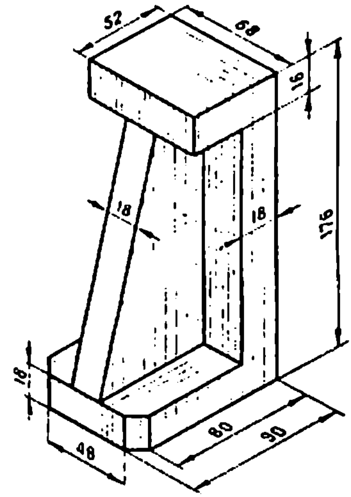
252



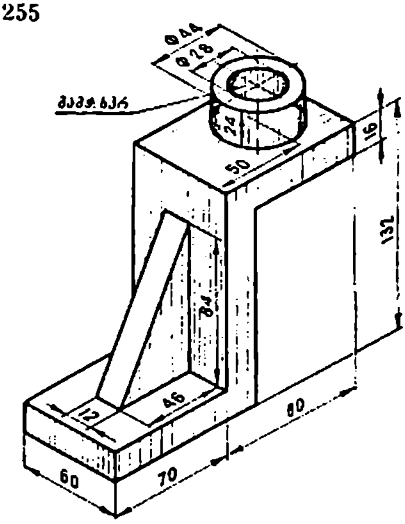
253



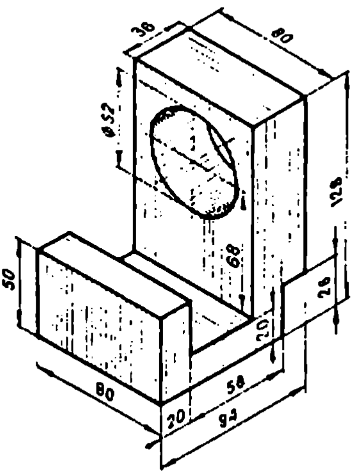
254



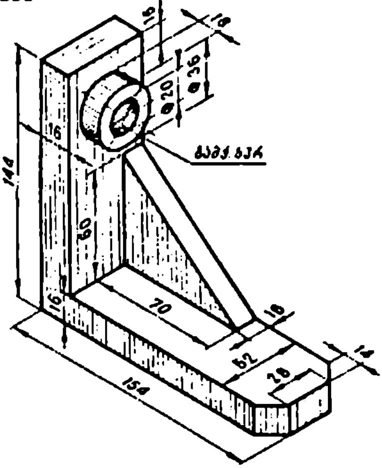
255



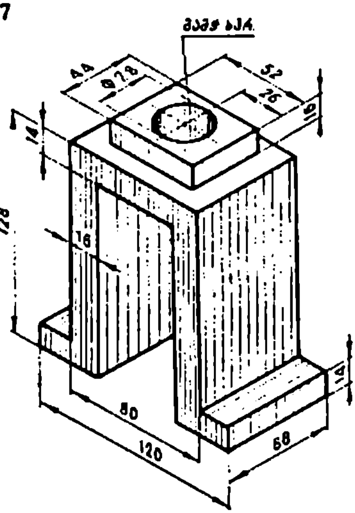
256



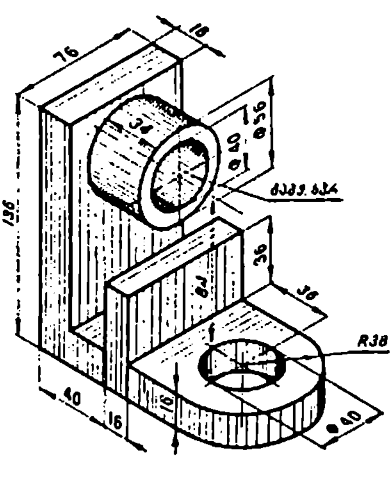
258



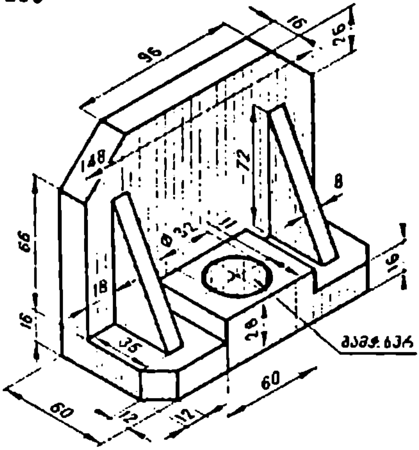
257



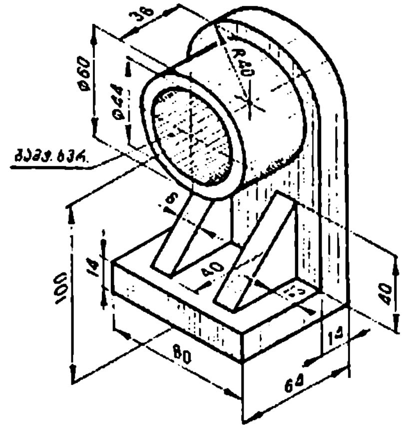
259



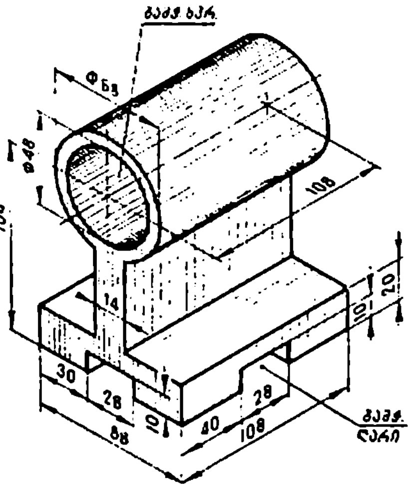
260



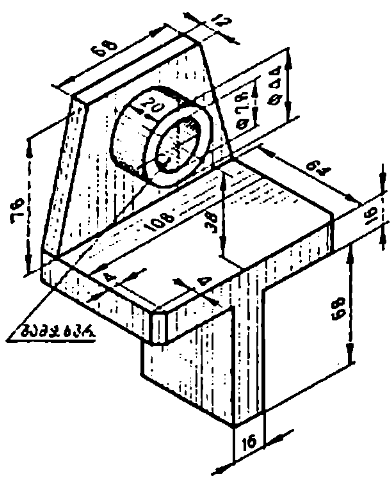
262



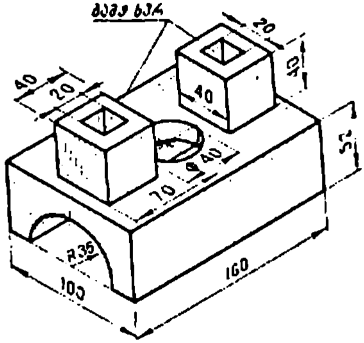
261



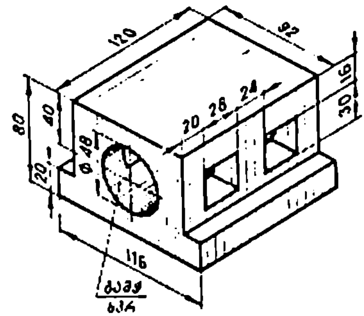
263



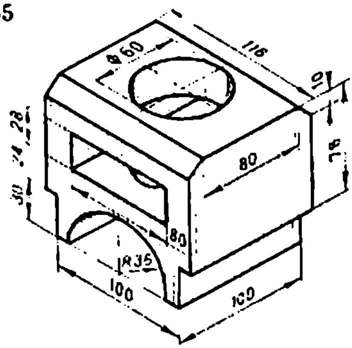
264



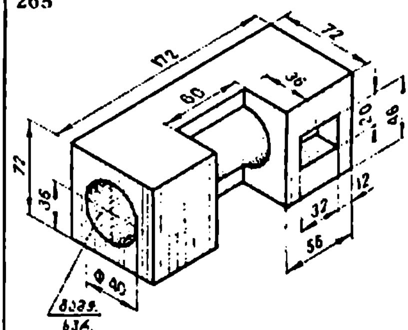
267



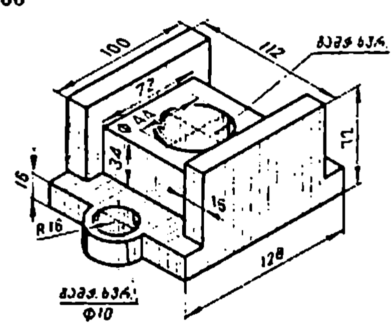
265



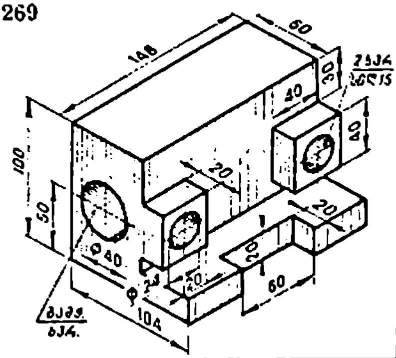
268



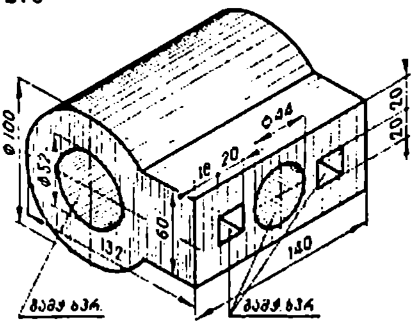
266



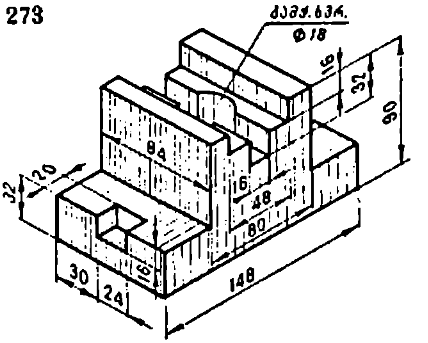
269



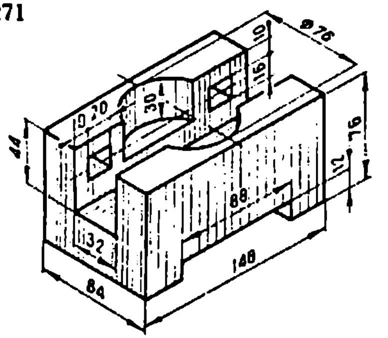
270



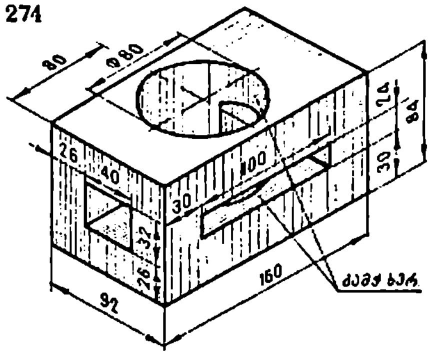
273



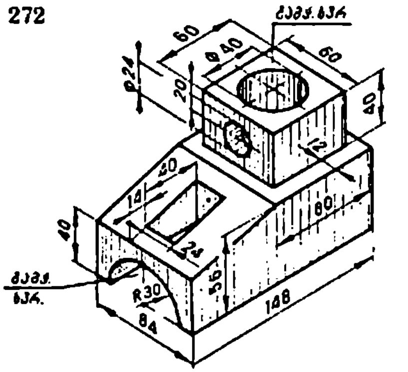
271



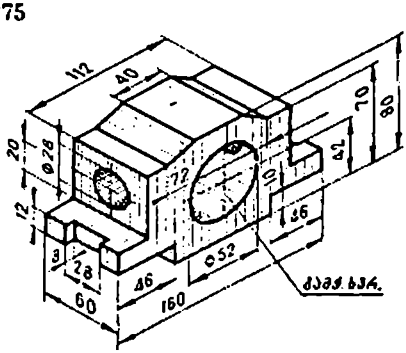
274



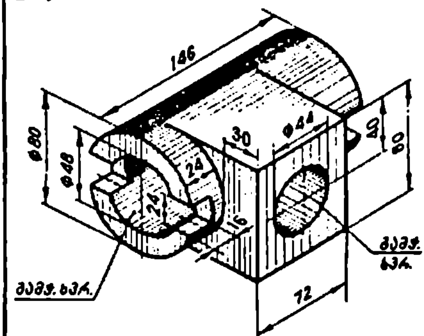
272



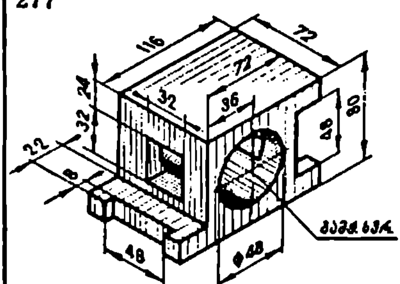
275



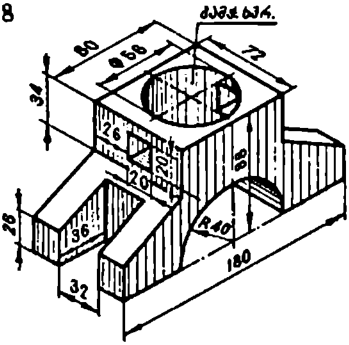
276



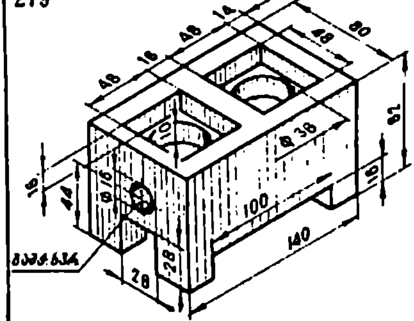
277



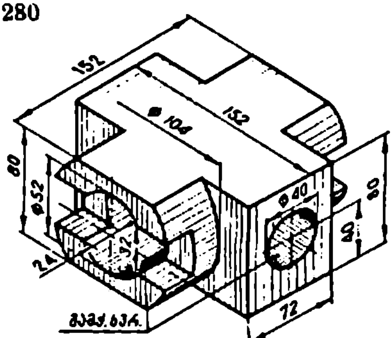
278



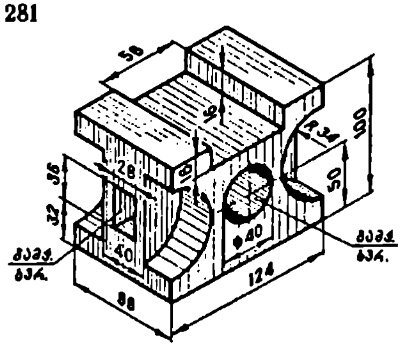
279



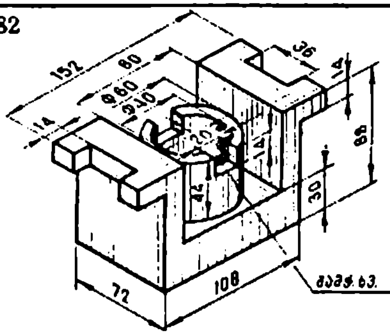
280



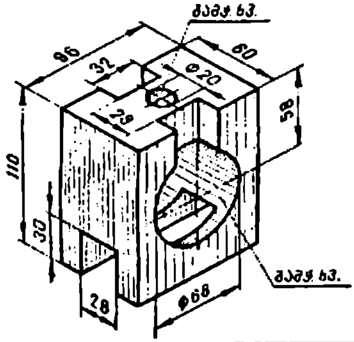
281



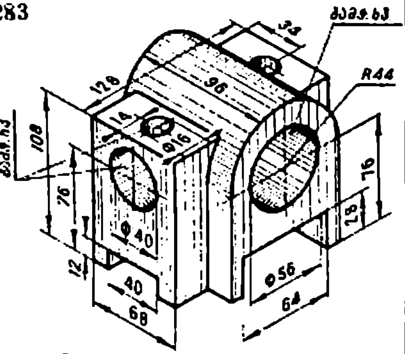
282



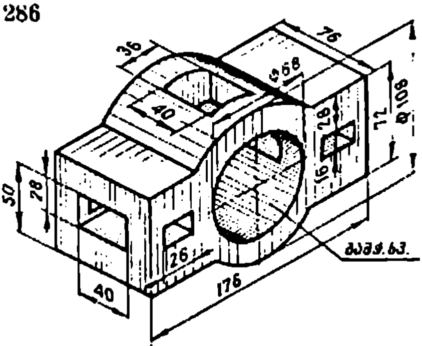
285



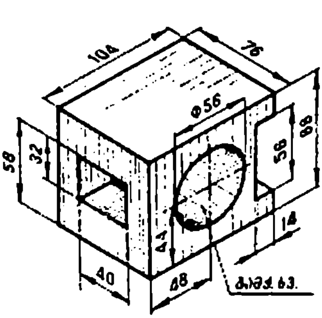
283



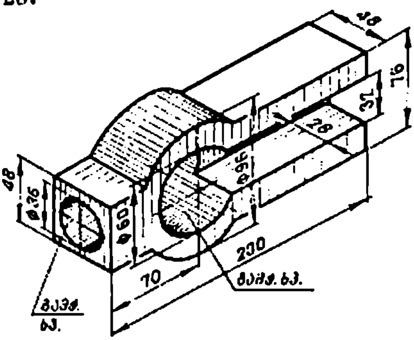
286

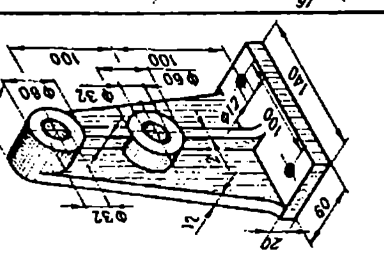


284

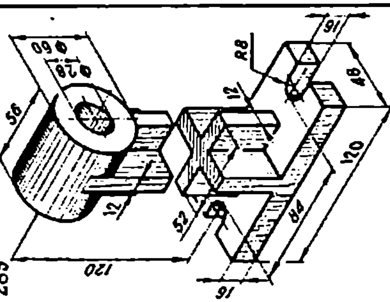


287

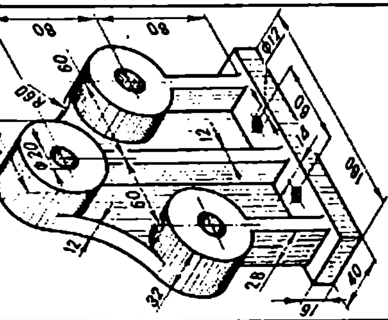




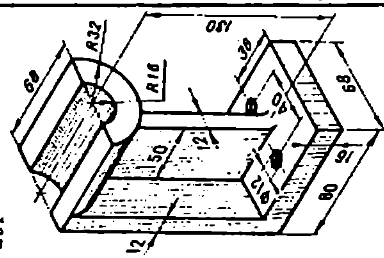
288



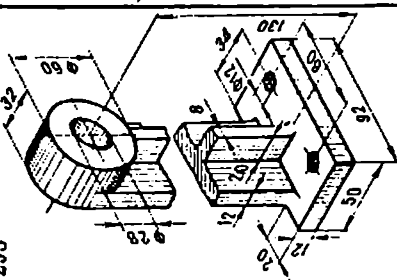
289



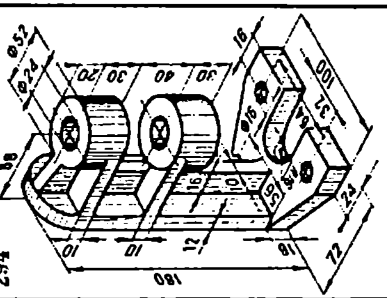
290



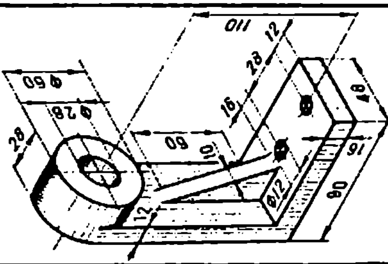
291



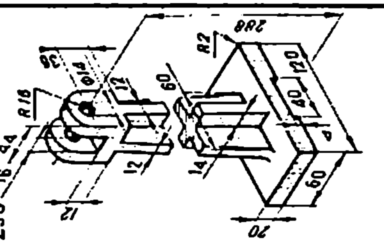
293



294

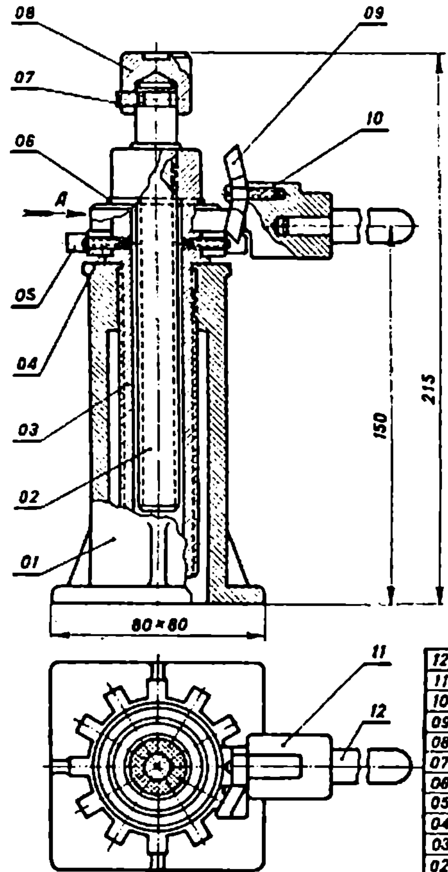


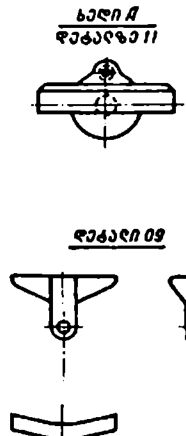
295



296

297

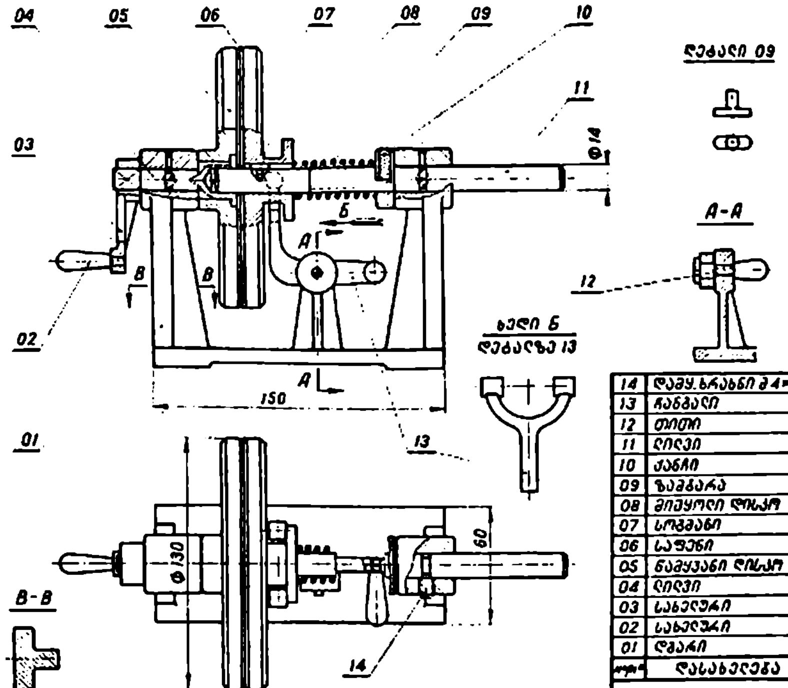




12	სახელური	1	СТ.3	
11	გადამრთველი	1	АЛ.2	
10	ხრახნი მ6×15	1	СТ.3	
09	საკეტელა	1	СТ.3	
08	საყრდენი	1	АЛ.2	
07	დამჭ. ხრახნი მ6×8	1	СТ.3	
06	რგოლი	1	СТ.65Г	
05	კბილანა	1	АЛ.2	
04	დამჭ. ხრახნი მ4×12	2	СТ.3	
03	ღრუ ხრახნი	1	СТ.3	
02	ხრახნი	1	СТ.3	
01	კორპუსი	1	АЛ.2	
№/№	დასახელება	რაოდ.	მასალა	შენიშ.

ხრახნული დომკრატი 1:2

298

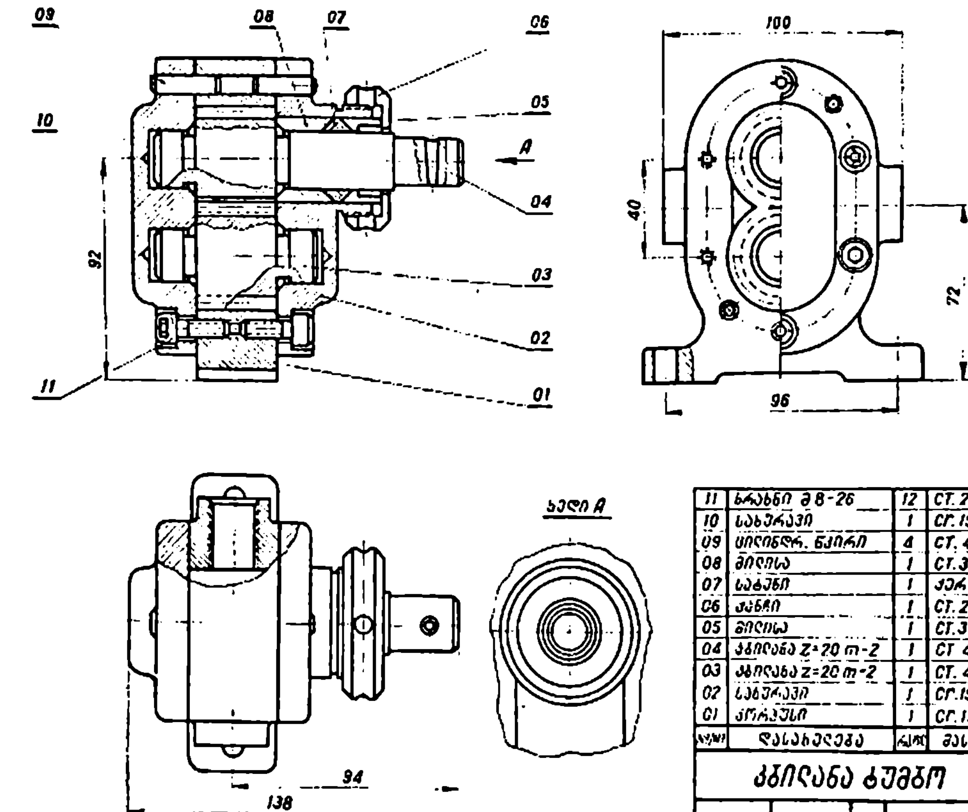


14	დამყ. ხრახნი მ4×10	2	СТ.3	
13	ჩანგალი	1	АЛ.2	
12	თითი	1	СТ.3	
11	ლილვი	1	СТ.3	
10	ქანჩი	1	СТ.3	
09	ზამბარა	1	СТ.65Г	
08	მიმყოლი დისკო	1	АЛ.2	
07	სოგმანი	1	СТ.3	
06	საფენი	1	ბაქ. მუყაო	
05	ნამყვანი დისკო	1	АЛ.2	
04	ლილვი	1	СТ.3	
03	სახელური	1	АЛ.2	
02	სახელური	2	СТ.3	
01	დგარი	1	АЛ.2	
ნომ.	დასახელება	რაოდ.	მასალა	შენიშ.

ფრიქციული გადაცემა

1:2

299



№№	დასახელება	რაოდ	მასალა	შენიშ
11	ხრახნი მ 8-26	12	CT. 20	
10	სახურავი	1	Cr. 15-32	
09	ცილინდრ. ნჭირი	4	CT. 45	
08	მილისა	1	CT. 3	
07	სატენი	1	კერ. ზონ	
06	ქანჩი	1	CT. 20	
05	მილისა	1	CT. 3	
04	კბილანა Z=20 m-2	1	CT 40	
03	კბილანა Z=20 m-2	1	CT. 40	
02	სახურავი	1	Cr. 15-32	
01	კორპუსი	1	Cr. 15-32	

კბილანა ტუმბო

1:2

შინაარსი

მესამე თავი. ტექნიკური ხაზვის სასწავლო და სპეციალური ამოცანები

დანართი

რედაქტორი ნ. ელგენდარაშვილი

ტექნიკური რედაქტორი ნ. ცირეკიძე

კორექტორი ნ. დოლიძე

კომპიუტერული უზრუნველყოფა ქ. ფხაკაძის

გადაეცა წარმოებას 18.02.2004. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 16.02.2005. ქაღალდის ზომა 70X100 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 14,75. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 12. ტირაჟი 500 ეგზ. შეკვეთა №129

გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი", თბილისი,

კოსტავას 77

სტუ-ს სტამბა, თბილისი, კოსტავას 75