

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ნაგებობების, სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო
უზრუნველყოფის ინსტიტუტი
ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტონის კონსტრუქციები

პროფესორ მამუკა სანიკიძის საერთო რედაქციით

თბილისი 2017

უპკ 624.012.45

ლ- 598

ლითონის კონსტრუქციები. საერთო კურსი: სახელმძღვანელო უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებლების სტუდენტებისათვის / მამუკა სანიკიძე, ნოდარ წიგნაძე, გიორგი მეძმარიაშვილი, გიზო ფარცხალაძე, თემურ ქიქავა; მ. სანიკიძის საერთო რედაქციით. – თბილისი, LTD “Smarty”, 2017 – 338 გვ., ილ.

სახელმძღვანელოში განხილულია: ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციების დაპროექტების საფუძვლები; ლითონის კონსტრუქციების შეერთებები; კოჭები; სვეტები; ფერმები; ერთსართულიანი სამრეწველო შენობების კარკასები; მრავალსართულიანი შენობების კარკასები; დიდმალიანი ჩარჩოვანი კონსტრუქციები; თაღოვანი კონსტრუქციები; გისოსოვანი ნაოჭები; ბადისებრი კამარები; ორმაგი სიმრუდის გადახურვების კონსტრუქციები; ჯვარედინა-ღეროვანი კონსტრუქციები; კიდული გადახურვები. ძირითადი ყურადღება ეთმობა კონსტრუქციების ფორმაწარმოქმნის საკითხებს, კვანძებისა და დეტალების გადაწყვეტებს, კონსტრუქციების გაანგარიშების მიახლოებით ხერხებს და სხვ.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია "სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის" სპეციალობის ბაკალავრიატის სტუდენტების, მაგისტრანტების, დოქტორანტების, ინჟინრების, დამპროექტებლების, მეცნიერ-თანამშრომლებისა და ამ საქმით დაინტერესებული ყველა პირისათვის.

რეცენზენტები: პროფესორი თამაზ ხმელიძე

ასოცირებული პროფესორი ომარ ხაზარაძე

© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ნაგებობების, სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის ინსტიტუტი.

ISBN 978-9941-27-423-7

შესავალი

ცნება “ლითონის კონსტრუქციები” აერთიანებს მათ კონსტრუქციულ ფორმას, დამზადების ტექნოლოგიასა და მონტაჟის ხერხებს. ლითონის კონსტრუქციების განვითარების დონე განისაზღვრება მათი გამოყენების მოთხოვნილებისა და ტექნიკური ბაზის შესაძლებლობებით: მეტალურგიის, ლითონდამუშავების, სამშენებლო მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარებით. აქედან გამომდინარე, ლითონის კონსტრუქციების განვითარების ისტორია შეიძლება დაიყოს შემდეგ პერიოდებად:

I პერიოდი (მე-12საუკუნიდან მე-17 საუკუნის დასაწყისამდე) ხასიათდება იმ დროისათვის უნიკალურ ნაგებობებში (სასახლეები, ტაძრები და ა. შ.) ლითონის გამოყენებით საკოჭებისა და სამაგრების სახით ქვის წყობისთვის.

II პერიოდი (მე-17 საუკუნის დასაწყისიდან მე-18 საუკუნის დასაწყისამდე) დაკავშირებულია ლითონის ნივნივებისა და ტაძრების სივრცითი გუმბათოვანი კონსტრუქციების გამოყენებასთან.

III პერიოდი (მე-18 საუკუნის დასაწყისიდან მე-19 საუკუნის შუა წლებამდე) დაკავშირებულია თუჯის ღეროებისა და დეტალების ჩამოსხმის პროცესის ათვისებასთან. შენდება თუჯის ხიდები და სამოქალაქო და სამრეწველო შენობების გადახურვის კონსტრუქციები. თუჯის ელემენტების შეერთებები კეთდება საკეტებით ან ჭანჭიკებით.

IV პერიოდი (მე-19საუკუნის 30-ანი წლებიდან მე-20 საუკუნის 20-იან წლებამდე) დაკავშირებულია სწრაფ ტექნოლოგიურ პროგრესთან იმ დროის ტექნიკის ყველა სფეროში, კერძოდ, მეტალურგიასა და ლითონდამუშავებაში. 80-ანი წლების ბოლოს თუჯისგან რკინის გამოდნობა წარმოებდა მარტენისა და კონვერტორულ ღუმელებში. 1840 წელს ათვისებულ იქნა პროფილური ნაგლინისა და ნაგლინი ფურცლების მიღების პროცესი. 1830-იან წლებში შეიქმნა მოქლონური შეერთებები. ფოლადმა, თვისებებით უფრო სრულყოფილმა მასალამ, თითქმის მთლიანად ჩაანაცვლა თუჯი სამშენებლო კონსტრუქციებში. წამწების კონსტრუქციული ფორმა თანდათანობით იხვეწებოდა: ირიბნების შემოტანით გისოსმა მიიღო დასრულებული ფორმა; საკვანძო შეერთებები ჭანჭიკების ნაცვლად კეთდება მოქლონებით ფასონურების გამოყენებით.

V პერიოდი (მე-20 საუკუნის 20-ანი წლებიდან მე-20 საუკუნის 70-იან წლებამდე) ხასიათდება დამოქლონებული კონსტრუქციების თითქმის მთლიანად შეცვლით უფრო მსუბუქი და ეკონომიური შენადული კონსტრუქციებით. ფართო განვითარება პოვს: ფურცლოვანმა კონსტრუქციებმა ნავთობის, გაზის, ქიმიური და მეტალურგიული მრეწველობისათვის; კავშირგაბმულობის მაღლივმა ნაგებობებმა; ელექტროგადამცემი სადენების საყრდენებმა; დიდი ტვირთამწეობის ხიდურა ამწეებიანმა სამრეწველო შენობებმა; საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობებმა. ლითონის კონსტრუქციების საწარმოო ბაზა გადაიქცა ინდუსტრიის მძლავრ დარგად.

VI პერიოდი (მე-20 საუკუნის 70-ანი წლების შემდეგ). სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობის განვითარებამ გამოიწვია ლითონის კონსტრუქციების დიდი მრავალფეროვნება, რომელთა მზიდი კონსტრუქციებისათვის ფოლადი წარმოადგენს შეუცვლელ სამშენებლო მასალას. ფართო გამოყენება პოვს ალუმინის შენადნობებისაგან დამზადებულმა მსუბუქმა კონსტრუქციებმა. დამუშავდა და პრაქტიკაში დაინერგა მიწისზედა და კოსმოსური ტრანსფორმირებადი კონსტრუქციები. ლითონის კონსტრუქციების მეცნიერული საფუძვლების განვითარებამ, განსაკუთრებით თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკის დანერგვამ, მნიშვნელოვნად სრულყო და გაამრავალფეროვნა კონსტრუქციული ფორმა, რასაც შედეგად მოყვა მასალებისა და შრომის ნაკლები დანახარჯები.

ლითონის კონსტრუქციები საინჟინრო ნაგებობებში გამოიყენება დეროვანი ან მთლიანი სისტემების სახით. კონსტრუქციული ფორმისა და დანიშნულების მიხედვით ისინი შეიძლება დაიყოს შემდეგ სახეებად:

1. სამრეწველო შენობები. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობების კონსტრუქციები ლითონის ან შერეული კარკასით. ლითონის კარკასი ძირითადად გამოიყენება დიდი მაღის, სიმაღლისა და ტვირთამწეობის ხიდურა ამწეებით აღჭურვილ შენობებში. შერეულ კარკასიან შენობებში გადახურვის ლითონის კონსტრუქციები ეყრდნობა რკინაბეტონის სვეტებს.

2. მრავალსართულიანი შენობების კარკასები. მრავალსართულიანი შენობები ლითონის კარკასით ძირითადად გამოიყენება სამოქალაქო მშენებლობაში დიდი ქალაქების მჭიდრო განაშენიანობის პირობებში და ზოგიერთი სახეობის სამრეწველო შენობებისთვის.

3. შენობების დიდმალიანი გადახურვები. 100-150მ-დე მაღლის მქონე საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობები (სპორტული ნაგებობები, თეატრები, საგამოფენო პავილიონები, ბაზრები და სხვ.), საწარმოო შენობები (ლაბორატორიები, თვითმფრინავმშენებელი საამქროები, ანგარები, გემთმშენებელი ელინგები და სხვ.). დიდმალიანი გადახურვის სისტემები და კონსტრუქციული ფორმები მრავალფეროვანია. შესაძლებელია, როგორც ბრტყელი, ასევე სივრცითი სისტემები: კოჭოვანი, ჩარჩოვანი, თაღოვანი, გუმბათოვანი, გარსისებრი, კიდული, კომბინირებული.

4. კოშკები და ანძები. გამოიყენებიან რადიოკავშირისა და სატელევიზიო კოშკებად, ელექტროგადამცემი სადენების საყრდენებად, ნავთობისა და გეოდეზიურ კოშკურებად, საკვამლე და სავენტილაციო მილებად, სამრეწველო ეტაჟერებად, შახტისზედა ურნალებად და ბევრ სხვა ნაგებობებში.

5. ხიდები და ესტაკადები. ხიდებიც, დიდმალიანი გადახურვების მსგავსად, გამოირჩევიან მრავალფეროვანი სისტემებით: კოჭოვანი, თაღოვანი, კიდული, კომბინირებული.

6. ფურცლოვანი კონსტრუქციები. ფურცლოვანი კონსტრუქციები წარმოადგენენ სხვადასხვა ფორმის თხელკედლიან გარსს და უნდა იყოს არა მხოლოდ მტკიცე, არამედ მკვრივიც (სითხე- და აირშეუღწევადი). გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულების რეზერვუარებში, გაზგოლდერებში, ბუნკერებში, სილოსებში, დიდი დიამეტრის მილგაყვანილობებში, საბრძმედე კომპლექსის, ქიმიური და ნავთობგადამამუშავებელი წარმოების სხვადასხვა ნაგებობებში. მათი ექსპლუატაცია ხშირად სორციელდება მაღალი ან დაბალი ტემპერატურის პირობებში. კონსტრუქციის მუშაობის ამ პირობებს კარგად აკმაყოფილებს ფოლადი და ალუმინის შენადნობები.

7. ამწეები და სხვა მოძრავი კონსტრუქციები. აქ გაერთიანებულია ხიდურა, კოშკურა, ჯოჯგინა და გადამტვირთავი ამწეები, დიდი ექსკავატორებისა და სხვადასხვა დანიშნულების სამშენებლო მანქანების კონსტრუქციები, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საკეტები და ჭიშკარი და სხვ.

8. უნიკალური დანიშნულების კონსტრუქციები. მათ შეიძლება მივაკუთვნოთ მიწისზედა და კოსმოსური ტრანსფორმირებადი კონსტრუქციები – გასაშლელ-დასაკეცი ხიდები და გასაშლელი რეფლექტორული ანტენები, რადიოტელესკოპები კოსმოსური რადიოკავშირისათვის, ნავთობისა და

ბუნებრივი აირის დაზვერვისა და მოპოვების საზღვაო პლატფორმები, მზის კონცენტრატორები, ატომური ენერჯის მრეწველობის კონსტრუქციები და სხვ.

კონსტრუქციული ფორმისა და სტატიკური სქემების მრავალფეროვნება განპირობებულია კონსტრუქციის დანშნულებით, ქსპლუატაციის თავისებურებებითა და მოქმედი დატვირთვების ხასიათით. კონსტრუქციების ეს მრავალფეროვნება გაერთიანებულია ორი ძირითადი ფაქტორით:

1. ლითონის კონსტრუქციებისათვის საწყის მასალას წარმოადგენს ნაგლინი ლითონი, რომელიც იწარმოება სტანდარტის (სორტამენტის) მიხედვით: ფურცელი, კუთხედი, შველერი, ტესებრი, ორტესებრი, მილი და ა. შ. ამ მასალისაგან იქმნება მრავალფეროვანი კონსტრუქციული ფორმები.

2. ყველა კონსტრუქცია ერთიანდება დამზადების ერთი ტექნოლოგიური პროცესით, რასაც საფუძვლად უდევს ლითონის ცივი დამუშავება (ჭრა, ღუნვა, გახვრეტა და ა. შ.) და დეტალების შეერთება კონსტრუქციულ ელემენტებად და სისტემებად (ასაწყობ-შესადულებელი და ასაწყობ-დასამოქლონებელი ოპერაციები).

ლითონის კონსტრუქციების გამოყენების ფართო დიაპაზონი (რომლებზეც მოქმედებს დიდი დატვირთვები საკუთარი წონისა და დანადგარებისაგან, აქვთ დიდი მალეები და სიმაღლე) განპირობებულია რიგი დადებითი თვისებებით, უპირველეს ყოვლისა, საიმედოობით, მაღალი სიმტკიცითა და სიმსუბუქით.

ლითონის კონსტრუქციების **საიმედოობა** უზრუნველყოფილია მათი რეალური მუშაობის (ძაბვებისა და დეფორმაციების განაწილება) ახლო თანხვედრით საანგარიშო მონაცემებთან. ლითონის კონსტრუქციების მასალა (ფოლადი, ალუმინის შენადნობები) ხასიათდება სტრუქტურის დიდი ერთგვაროვნებით (ერთნაირი მექანიკური თვისებებით ყველა მიმართულებით) და საკმაოდ უახლოვდება თეორიულ-საანგარიშო წინაპირობებს მასალის დრეკადი და დრეკად-პლასტიკური მუშაობის შესახებ.

სიმსუბუქე. მზიდ კონსტრუქციებში გამოყენებული მასალებიდან (ლითონის, რკინაბეტონის, ქვის, ხის) ლითონის კონსტრუქციები ყველაზე მსუბუქია, მიუხედავად ფოლადის მაღალი სიმკვრივისა ($\rho = 7850$ კგ/მ³) ბეტონთან ($\rho = 2400$ კგ/მ³) და მერქანთან ($\rho = 500$ კგ/მ³) შედარებით.

კონსტრუქციის სიმსუბუქის მაჩვენებელი C მ¹, განისაზღვრება მასალის სიმკვრივის შეფარდებით საანგარიშო წინაღობასთან $C=\rho/R_y$. რაც ნაკლებია C -ს მნიშვნელობა, მით მსუბუქია კონსტრუქცია. საანგარიშო წინაღობის მაღალი მნიშვნელობებიდან გამომდინარე, მცირედნახშირბადიანი C245 ფოლადისთვის $C=3.2 \cdot 10^{-4}$ მ¹, მაღალი სიმტკიცის C590 ფოლადისთვის $C=1.3 \cdot 10^{-4}$ მ¹, AD31-T1 ალუმინის შენადნობისთვის $C=2.16 \cdot 10^{-4}$ მ¹, D16-T დურალუმინისთვის $C=1.1 \cdot 10^{-4}$ მ¹, B20 კლასის ბეტონისთვის $C=21.4 \cdot 10^{-4}$ მ¹, ფიჭვის მერქნისთვის $C=3.6 \cdot 10^{-4}$ მ¹.

ალუმინის შენადნობისგან დამზადებულ კონსტრუქციებს, რომლის სიმტკიცეც ახლოსაა მცირედნახშირბადიანი ფოლადის სიმტკიცესთან, ხოლო სიმკვრივე ($\rho = 2700$ კგ/მ³) დაახლოებით სამჯერ ნაკლებია ფოლადის სიმკვრივეზე, გააჩნია სიმსუბუქის C მაჩვენებლის ყველაზე დაბალი მნიშვნელობა.

ინდუსტრიულობა. ლითონის კონსტრუქციები ძირითადად მზადდება ქარხნებში, რომლებიც აღჭურვილი არიან თანამედროვე დანადგარებით, რაც უზრუნველყოფს მათი დამზადების ინდუსტრიულობის მაღალ ხარისხს. მათი მონტაჟი მშენებლობის ადგილზე ასევე ხორციელდება ინდუსტრიული მეთოდებით – მაღალმწარმოებლური ტექნიკის გამოყენებით, რაც მინიმუმამდე ამცირებს ხელის მძიმე სამუშაოებს და აჩქარებს ნაგებობის ექსპლუატაციაში შეყვანას.

სითხე შეუღწევადობა და აირ შეუღწევადობა. ლითონს გააჩნია არა მარტო მაღალი სიმტკიცე, არამედ მაღალი სიმკვრივეც, რაც უზრუნველყოფს აირისა და სითხის შეუღწევადობას. ლითონისა და შენადული შეერთებების სიმკვრივე წარმოადგენს აუცილებელ პირობას ფურცლოვანი კონსტრუქციების დასამზადებლად.

მექანიკური დაზიანებებისადმი ნაკლები მიდრეკილება გადაზიდვის, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის პროცესში.

რემონტის შესაძლებლობა. ლითონის კონსტრუქციები შედარებით ადვილად ექვემდებარება გაძლიერებას, ტექნიკურ გადაიარაღებას და რეკონსტრუქციას. კარგად ეთვისება სხვადასხვა კომუნიკაციის, ახალი ტექნიკური მოწყობილობის არსებულ კარკასთან მიმაგრებას შედუღების საშუალებით.

ლითონის კონსტრუქციებს გააჩნიათ უარყოფითი თვისებებიც, რომელთა აღმოსაფხვრელად საჭიროა სპეციალური ზომების მიღება.

კოროზია – ლითონის დაშლა გარემოსთან ქიმიური და ელექტრო-ქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად. ლითონის კონსტრუქციებს ახასიათებთ შედარებით დაბალი კოროზიამდებობა, განსაკუთრებით აგრესიულ გარემოში. ფოლადი, რომელიც არ არის დაცული ტენიგან, მავნე აირებით დაბინძურებული ატმოსფეროსგან, მარილებისგან, მტვერისგან, იჟანგება და უვარგისი ხდება ექსპლუატაციისთვის. არახელსაყრელ პირობებში, თანდათანობით, ორი-სამი წლის შემდეგ ხდება სრული რღვევა.

მნიშვნელოვნად მაღალია ალუმინის შენადნობების კოროზიამდებობა. კოროზიას კარგად ეწინააღმდეგება თუჯი.

ლითონის კონსტრუქციების კოროზიამდებობის გასაზრდელად ფოლადს უმატებენ სპეციალურ მალეგირებელ ელემენტებს, კონსტრუქციას პერიოდულად ფარავენ დამცავი აფსკით (ლაქი, საღებავი და სხვ.), აგრეთვე, გასუფთავებისა და დაცვის გასაიოლებლად, აპროექტებენ რაციონალური კონსტრუქციული ფორმის ელემენტებს უბეებისა და ხვრელების გარეშე, სადაც შეიძლება თავი მოიყაროს ტენმა და მტვერმა.

დაბალი ცეცხლმდებობა. ლითონის კონსტრუქციებს გააჩნიათ შედარებით დაბალი ცეცხლმდებობის ზღვარი, რომელიც განისაზღვრება იმ დროის მონაკვეთით, რომლის განმავლობაშიც კონსტრუქცია ინარჩუნებს მზიდუნარიანობას.

$t = 200^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დროს იწყება ფოლადის დრეკადობის მოდულის შემცირება, ხოლო როდესაც $t = 600^{\circ}\text{C}$ (ალუმინის შენადნობებისთვის $t = 300^{\circ}\text{C}$) ფოლადი მთლიანად გადადის პლასტიკურ მდგომარეობაში, დეფორმირდება და კარგავს მზიდუნარიანობას. ამიტომ სახანძრო თვალსაზრისით საშიში შენობების ლითონის კონსტრუქციები (საწყობები საწვავი და ადვილად აალებადი მასალებით, საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობები და ა.შ.) დაცული უნდა იყოს ცეცხლგამძლე შემოსვით (ბეტონი, კერამიკა, სპეციალური საფარი და სხვ.).

ლითონის კონსტრუქციების დაპროექტებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები:

ექსპლუატაციის პირობები. საპროექტო დავალებაში მოცემული ექსპლუატაციის პირობების დაკმაყოფილება წარმოადგენს ძირითად

მოთხოვნას დამპროექტებლისათვის. ეს მოთხოვნა ძირითადად განსაზღვრავს სისტემას, ნაგებობის კონსტრუქციულ ფორმასა და მასალის სახეობას.

ტექნიკური მოთხოვნები. მდგომარეობს სიმტკიცის, მდგრადობისა და სიხისტის უზრუნველყოფაში. ეს მოთხოვნები განისაზღვრება ლითონის კონსტრუქციების დაპროექტების სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით. აქვე განიხილება საიმედოობის მოთხოვნა, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ კონსტრუქციამ უნდა იმუშაოს შეუფერხებლად ექსპლუატაციის მოცემული საანგარიშო პერიოდის განმავლობაში, და კონსტრუქციის **ხანგამძლეობაც**, რაც განისაზღვრება მისი ფიზიკური და მორალური ცვეთის ვადით. ფიზიკური ცვეთა ძირითადად დაკავშირებულია კოროზიის პროცესთან, ხოლო მორალური ცვეთა, ექსპლუატაციის პირობების ცვლილებასთან.

ლითონის ეკონომია. სამშენებლო კონსტრუქციებში ლითონის გამოყენება მიზანშეწონილია მაშინ, როდესაც მისი შეცვლა სხვა მასალით არარაციონალურია. ლითონის ეკონომიის მოთხოვნა განპირობებულია მრეწველობის ყველა დარგში მისი დიდი მოთხოვნილებით და შედარებით მაღალი ღირებულებით (ლითონის ღირებულება შეადგენს მთლიანად კონსტრუქციის ღირებულების ნახევარზე მეტს).

კონსტრუქციის ტრანსპორტაბელურობა. ლითონის კონსტრუქციების ქარხანაში დამზადებიდან გამომდინარე, პროექტში გათვალისწინებული უნდა იყოს მშენებლობის ადგილზე მისი ტრანსპორტირება მთლიანად ან ნაწილებად (გასაგზავნი ელემენტები) შესაბამისი სატრანსპორტო საშუალებების გამოყენებით. გასაგზავნი ელემენტი უნდა ჩაეტიოს საავტომობილო ან სარკინიგზო გაბარიტში.

ტექნოლოგიურობა. კონსტრუქცია უნდა დაპროექტდეს დამზადების ტექნოლოგიისა და მონტაჟის მოთხოვნების შესაბამისად თანამედროვე მოწინავე ტექნოლოგიების გათვალისწინებით, რაც უზრუნველყოფს შრომატევადობის მაქსიმალურად შემცირებას.

სწრაფი მონტაჟი. კონსტრუქცია უნდა ექვემდებარებოდეს მცირე დროში აგებას თანამედროვე სამონტაჟო საშუალებების გამოყენებით. ნაგებობის სწრაფი შეყვანა ექსპლუატაციაში იძლევა დამატებითი მოგების საშუალებას.

სწრაფი მონტაჟის მთავარი პრინციპია მიწაზე კონსტრუქციის წინასწარი აწყობა მსხვილ ბლოკებად, შემდეგ მისი აწევა და დაყენება

საპროექტო მდგომარეობაში მინიმალური მოცულობის სამონტაჟო სამუშაოების ჩატარებით სიმაღლეზე.

ესთეტიურობა. კონსტრუქციას, დანიშნულებისგან დამოუკიდებლად, უნდა ქონდეს ჰარმონიული ფორა, სასიამოვნო გარეგნული იერი, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საზოგადოებრივი შენობებისა და ნაგებობებისთვის, უნდა ასახავდეს ეროვნულ თავისებურებებსა და ტრადიციებს.

შენობების და ნაგებობების დაპროექტება მოიცავს საძიებო, საანგარიშო და საკონსტრუქტორო სამუშაოებს, რომელიც მიმართულია შენობებისა და ნაგებობების ოპტიმალური მოცულობით-გეგმარებითი და საკონსტრუქტორო გადაწყვეტისაკენ.

დაპროექტება მოიცავს ორ სტადიას – დამკვეთის მიერ გაცემული საპროექტო დაცალება და მუშა ნახაზები.

საპროექტო დავალებაში დგინდება მშენებლობის ტექნიკური შესაძლებლობა და ეკონომიკური მიზანშეწონილობა. ფუნქციური მოთხოვნებისა და ექსპლუატაციის პირობების გათვალისწინებითა და სამშენებლო ნორმებისა და წესების დაცვით, მუშავდება კონსტრუქციის გაერთმთლიანება. დაპროექტების სტადიაში ხდება არქიტექტურულ-სამშენებლო გადაწყვეტების მოკლე აღწერა და დასაბუთება, განიხილება ლითონის კონსტრუქციების გამოყენების მიზანშეწონილობა, განისაზღვრება ნაგებობის ძირითადი კონსტრუქციული სქემა, შეირჩევა შესაბამისი კონსტრუქციები. მუშავდება ძირითადი ნახაზები: გეგმები და ჭრილები მზიდ და შემომზღუდავი კონსტრუქციების სქემატური გამოსახულებით.

ლითონის კონსტრუქციების სამუშაო პროექტი შედგება ორი ნაწილისაგან – სამუშაო ნახაზები "ლკ" (ლითონის კონსტრუქციები) და დეტალების სამუშაო ნახაზები "ლკდ" (ლითონის კონსტრუქციები, დეტალები). "ლკ" პროექტს ასრულებს საპროექტო ორგანიზაცია (განმარტებითი ბარათი, გაანგარიშება, გაერთმთლიანების სქემა, ძირითადი კვანძების ნახაზები, ლითონის სპეციფიკაცია). "ლკდ" პროექტს "ლკ"-ს საფუძველზე ასრულებს ქარხნის საკონსტრუქტორო ბიურო ქარხნის ტექნიკური თავისებურებების გათვალისწინებით.

თავი 1. დაპროექტების საფუძვლები

1.1. მშენებლობაში გამოყენებული ლითონების დახასიათება

მშენებლობაში ძირითადად გამოიყენება ჩვეულებრივი ხარისხის ფოლადები და ალუმინის შენადნობები.

კონსტრუქციაში ლითონის მუშაობა ხასიათდება სიმტკიცით, დრეკადობით, პლასტიკურობით, შედუღებადობით და სხვა მექანიკური თვისებებით, რომლებიც თავის მხრივ დამოკიდებულია ლითონის ქიმიურ შემადგენლობაზე, გამოდნობის მეთოდსა და განჯანგვის ხარისხზე.

სამშენებლო კონსტრუქციებში ფოლადის გამოყენების ერთ-ერთი მთავარი განმსაზღვრელი ნიშანია მასში ნახშირბადის პროცენტული შემცველობა. ამ ნიშნის მიხედვით ისინი იყოფა ნახშირბადმცირე (0.09–0.22%) ფოლადებად, რომლებიც გამოიყენება სამშენებლო კონსტრუქციებში, საშუალონახშირბადიან (0.25–0.5%) ფოლადებად – მანქანათმშენებლობაში და მაღალნახშირბადიან (0.6–1.2%) ფოლადებად – საიარაღო მრეწველობაში. ნახშირბადმცირე ფოლადი ხასიათდება მაღალი პლასტიკურობით, ჭედადობით, კარგი შედუღებადობით და არ გააჩნია მყიფე რღვევის ტენდენცია. ყველა ეს თვისება სავსებით პასუხობს სამშენებლო ფოლადების მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს.

კონსტრუქციული ფოლადების მექანიკური თვისებების გასაუმჯობესებლად მათი დამზადებისას მკაცრად კონტროლდება მანე ელემენტების შემცველობა, როგორცაა ფოსფორი, გოგირდი, ჟანგბადი და აზოტი, რომლებიც ზრდიან სიმყიფეს. ასევე კონტროლდება მალეგირებელი ელემენტები – ნიკელი, ქრომი, ტიტანი, მოლიბდენი და სხვ., რომლებიც ზრდიან სიმტკიცეს, პლასტიკურობას და, მასალის შედუღებადობისა და წრთობადობის თვისებებს.

განჯანგვის ხარისხის მიხედვით ფოლადი იყოფა მდუღარე, ნახევრად მშვიდ და მშვიდ სახეებად. მდუღარე ეწოდება ფოლადს, რომლის მიღების პროცესში ხდება გაზების დიდი რაოდენობით გამოყოფა (დუღილი), რაც ხელს უწყობს გაზების მცირე ბუშტების წარმოქმნას და მათ გარშემო სხვადასხვა არალითონური ჩანარებისა და მინარეგების კონცენტრაციას, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ფოლადის ხარისხს. მშვიდი ფოლადი, რომელიც

ცივდება გაზების ინტენსიური გამოყოფის გარეშე, მიიღება მასში სხვადასხვა განმჟანგავების შეყვანით – სილიციუმის, მანგანუმის, ალუმინისა და სხვ. დანამატების სახით, რის შედეგადაც სხმულის ზედაპირზე წარმოიქმნება (15%) წიდა, ხოლო სხმულის დანარჩენი ნაწილი მაღალი ხარისხის ერთგვაროვანი ფოლადია.

მშენებლობაში უპირატესად გამოიყენება ნახევრადმშვიდი ფოლადი, რომელსაც მშვიდ ფოლადთან შედარებით აქვს უფრო მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები და დაბალი ღირებულება. თუმცა, ამადლებული და მაღალი სიმტკიცის ფოლადები ძირითადად მზადდება მშვიდი ფოლადისაგან, რომელიც ხასიათდება უფრო მაღალი ერთგვაროვნებით და მყიფე რღვევისადმი წინააღმდეგობით.

ნორმატივებიდან გამომდინარე, ფოლადის სამრეწველო მიწოდება ხორციელდება სამი – ა, ბ და გ ჯგუფის მიხედვით. სამშენებლო კონსტრუქციების დიდი პასუხისმგებლობიდან გამომდინარე, მათი დამზადებისთვის გამოიყენება გ ჯგუფის ფოლადი, მექანიკური თვისებებისა და ქიმიური შემადგენლობის საგარანტიო მახასიათებლებით.

ნებისმიერი მარკისათვის, ფოლადის კატეგორია ხასიათდება ქიმიური შემადგენლობით, დროებითი წინააღმდეგობით, ფარდობითი წაგრძელებითა და სხვა მახასიათებლებით, რომლებსაც ითვალისწინებენ კონსტრუქციული ფორმების დაპროექტებისას.

მექანიკური თვისებების მიხედვით, კონსტრუქციული ფოლადები იყოფიან: ჩვეულებრივი (C235–C285), ამადლებული (C345–C390) და მაღალი სიმტკიცის (C440–C590) ფოლადებად. ჩვეულებრივი სიმტკიცის ყველაზე გავრცელებულ კონსტრუქციულ ფოლადებს მიეკუთვნება: ნახშირბადიანი ფოლადები – C235 (BCТ3кп2), C245 (BCТ3пс6), C255 (BCТ3сп5) და C255 (BCТ3Гпс5). ამადლებული სიმტკიცის ფოლადებს მიეკუთვნება: მცირედ ლეგირებული მანგანუმიანი – C345 (09Г2), C345 (14Г2); სილიციუმმანგანუმიანი – C345 (09Г2С), C390 (10Г2С1); ქრომსილიციუმნიკელიანი სპილენძის შემცველობით – C345 (15XCHД), C390 (10XCHД); მცირედ ლეგირებული ვანადიუმისა და სპილენძის შემცველობით – C390 (15XГ2СФД) და მცირედ ლეგირებული ფოლადები ნიტრიდული განმტკიცებით – C390 (14Г2АФ), C390 (15Г2АФДпс). მაღალი სიმტკიცის ფოლადებს მიეკუთვნება: თერმულად განმტკიცებული

ლეგირებული ფოლადები – C440 (15Г2СФ), C440 (16Г2АФ), C590 (12Г2СМФ) და სხვ.

ნახშირბადიანი ფოლადების აღნიშვნაში (მაგალითად ВСт3пс6): ასო В განსაზღვრავს მიწოდების ჯგუფს; Ст3 – ფოლადის მარკას, пс – ნახევრად მშვიდს, განუანგვის ხარისხით; რიცხვი 6 – მიწოდების კატეგორიას. მცირედ ლეგირებული ფოლადებისათვის გამოიყენება მაღლეგირებელი ელემენტების ასოებით აღნიშვნა (Г – მანგანუმი; С – სილიციუმი; Х – ქრომი; Н – ნიკელი; Д – სპილენძი; А – აზოტი; Ф – ვანადიუმი; П – ფოსფორი; Т – ტიტანი; М – მოლიბდენი; Р – ბორი) და ციფრები, რომლებიც მიუთითებენ ელემენტების შემცველობას პროცენტებში. ასე მაგალითად, მცირედ ლეგირებული 15Г2СФ მარკის ფოლადი გაიშიფრება შემდეგი სახით: ნახშირბადის შემცველობა 0.15%, მანგანუმის – 2%, სილიციუმისა და ვანადიუმის – 0.3–1% (ასო რიცხვის გარეშე აღნიშნავს ელემენტის შემცველობას 0.3–1%).

კონსტრუქციებში ასევე გამოიყენება დეფორმირებადი ალუმინის შენადნობების პროფილები, რომლებიც მზადდება წნევით დამუშავებით – დაწნხით, გამოჭიმვით, გლინვით და შტამპვით. ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით განასხვავებენ ალუმინის შენადნობების ხუთ ჯგუფს, რომლებიც გამოიყენება მშენებლობაში: ალუმინ-მანგანუმიანი (АМцМ); ალუმინ-მაგნიუმიანი (АМг2М, АМг21/2Н); სილიციუმ-მაგნიუმიანი (АД31Т, АД31Т1, АД31Т5); თუთია-მაგნიუმიანი (1915, 1915Т, 1925, 1925Т); სპილენძ-მაგნიუმიანი (Д1, Д6, Д16, Д18 და ა.შ.).

ალუმინის შენადნობების დამუშავების ხასიათი დაფიქსირებულია შენადნობის მარკის აღნიშვნაში დამატებით ასოებით და ციფრებით: М – რბილი (მომწვარი); Н – მოპირსაღებელი (ცივნაჭედი); 1/2Н – ნახევრად მოპირსაღებელი; Т – ნაწრთობი და ბუნებრივად დაძველებული; Т1 – ნაწრთობი და ხელოვნურად დაძველებული; ТН – წრთობის შემდეგ მოპირსაღებელი (ცივნაჭედი) და ხელოვნურად დაძველებული. სილიციუმ-მაგნიუმიანი შენადნობების მარკების (АД და АД31) აღნიშვნებში: А – ალუმინის შენადნობი; Д – დეფორმირებადი; 31 – შენადნობის ნომერი, ხოლო თუთია-მაგნიუმიან შენადნობებში (1915, 1925): ციფრი 1 აღნიშნავს ალუმინის შენადნობს, ციფრი 9 მიუთითებს თუთიის შემცველობას, ბოლო ორი ციფრი – შენადნობის ნომერს.

დასაპროექტებელ კონსტრუქციებში გამოსაყენებელი ფოლადებისა და ალუმინის შენადნობების მარკებს ირჩევენ სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების მიხედვით.

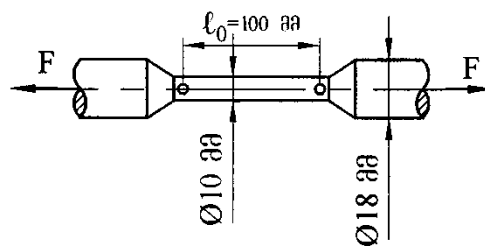
12. ფოლადისა და ალუმინის შენადნობების მექანიკური თვისებები

ფოლადის მექანიკური თვისებების ძირითადი მახასიათებლებია: სიმტკიცე, დრეკადობა, პლასტიკურობა და მიდრეკილება მყიფე რღვევისადმი. მასალის სიმტკიცე განისაზღვრება გარე ძალოვანი ზემოქმედებისადმი წინააღობით. დრეკადობა არის მასალის თვისება, აღიღვინოს პირვანდელი მდგომარეობა გარე ძალოვანი ზემოქმედებების მოხსნის შემდეგ. პლასტიკურობა ახასიათებს მასალის თვისებას, გარე დატვირთვების მოხსნის შემდეგ მიიღოს ნარჩენი დეფორმაციები (არ დაუბრუნდეს პირვანდელ მდგომარეობას). სიმყიფე ხასიათდება მასალის რღვევით მცირე დეფორმაციის დროს, დრეკადი მუშაობის საზღვრებში.

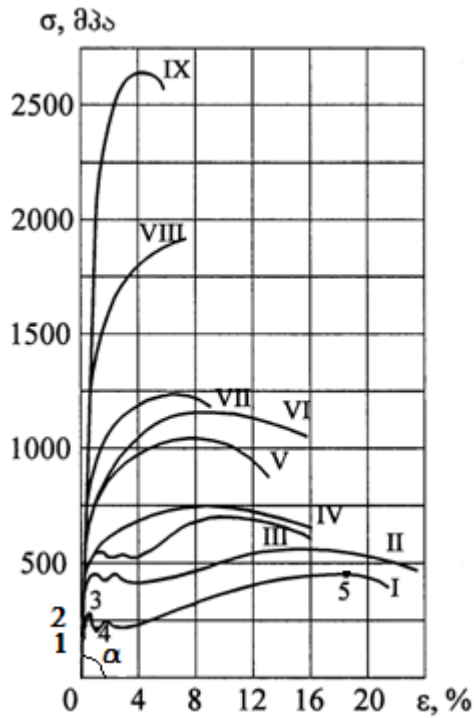
ფოლადის სიმტკიცე, დრეკადობა და პლასტიკურობა განისაზღვრება ფოლადის სპეციალური ნიმუშების გაჭიმვაზე გამოცდის მიხედვით (ფიგ. 1). გამოცდის შემდეგ იგება გაჭიმვის დიაგრამა (ფიგ. 2), რომელიც გამოსახულია ძაბვებსა და ფარდობით წაგრძელებებში:

$$\sigma = F/A; \quad \varepsilon = \Delta l \text{ 100\% } / l_0, \quad (1)$$

სადაც σ არის ნორმალური ძაბვა, მპა; F – დატვირთვა, კნ; A – ნიმუშის კვეთის საწყისი ფართობი l სიგრძის საზღვრებში, სმ²; ε – ფარდობითი წაგრძელება, %; l_0 – ნიმუშის საწყისი საკონტროლო სიგრძე, სმ; Δl – ელემენტის წაგრძელება საკონტროლო უბანზე, სმ.



ფიგ. 1. ფოლადის გაჭიმვაზე გამოსაცდელი ნიმუშის სქემა



ფიგ. 2. სხვადასხვა მარკის ფოლადის გაჭიმვის შედეგებითი დიაგრამები
 I – ჩვეულებრივი ხარისხის; II – ამაღლებული სიმტკიცის;
 III-V – მაღალი სიმტკიცის; VI-IX – მაღალი სიმტკიცის ბაგირების

ნახშირბადმცირე ფოლადის ნიმუშის (მრუდი I) გაჭიმვის შემთხვევაში ფოლადს გააჩნია დრეკადი მუშაობის მცირე უბანი, რომელიც ხასიათდება θ -I მონაკვეთით.

σ ღერძზე I-ლი წერტილის პროექცია წარმოადგენს პროპორციულობის ზღვარს, ანუ უდიდეს ძაბვას, რომლის შემდგომი ზრდისას ირღვევა პროპორციული დამოკიდებულება ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის, რაც გამოისახება α კუთხით

$$E = \sigma / \varepsilon = \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

სადაც E არის პროპორციულობის კოეფიციენტი, ანუ დრეკადობის მოდული, მპა.

σ ღერძზე მე-2 წერტილის პროექცია, რომელიც მდებარეობს I-ლ წერტილზე ზევით, ახასიათებს ფოლადის დრეკადობის ზღვარს R_e , ანუ უდიდეს ძაბვას, რომლის შემდგომი ზრდისას, გარე დატვირთვის მოხსნის შემდეგ, ნიმუშში რჩება ნარჩენი დეფორმაციები. მე-3 წერტილის მიღწევისას იწყება მასალის დენადობა, ანუ დეფორმაციების ზრდა, პრაქტიკულად მუდმივი ნორმალური ძაბვის პირობებში. მასალის ამ მდგომარეობის

დამახასიათებელი ძაბვის მნიშვნელობას ეწოდება დენადობის ზღვარი R_{yn} , ხოლო პირობითად კორიზონტალურ უბანს მე-3 და მე-4 წერტილებს შორის უწოდებენ დენადობის უბანს. ნახშირბადმცირე ფოლადებისათვის დენადობის ზღვრად მიიღება ძაბვა, რომელსაც შეესაბამება ფარდობითი წაგრძელება სიდიდით 0.2%.

დატვირთვის შემდგომი ზრდისას ნიმუშში ძაბვები იზრდება, თუმცა დეფორმაციები ძაბვებზე გაცილებით სწრაფად იზრდება. მასალის მუშაობის ამ არეს ეწოდება პლასტიკურობის სტადია, რომლის გამოყენებაც კონსტრუქციების გაანგარიშებისას წარმოადგენს მნიშვნელოვან ინტერესს ფოლადის ეკონომიის თვალსაზრისით.

მასალის სიმტკიცე ხასიათდება უდიდესი ძაბვით, რომლის მიღწევისას იწყება ნიმუშის რღვევა (წერტილი 5). ამ ძაბვას ეწოდება დროებითი წინაღობა R_{un} , ან სიმტკიცის ზღვარი. გაჭიმვის დიაგრამიდან ჩანს, რომ რბილ სამუშაო ფოლადებს შეესაბამება ზღვრული ფარდობითი წაგრძელება $\varepsilon = 20-25\%$.

ფოლადის სიმტკიცის გაზრდისას (მრუდები II და III) შეინიშნება დენადობის უბნის შესამჩნევი შემცირება, ხოლო ზოგიერთი ფოლადებისათვის მისი სრული არქონა. ეს თვისება ამცირებს ფოლადის საიმედოობას, ზრდის რა მის მიდრეკილებას მყიფე რღვევისადმი.

ძირითადი მაჩვენებლები, რომლებიც ახასიათებს ფოლადის პლასტიკურ თვისებებს, არის ფარდობითი წაგრძელება δ_5 (%), და პირობითი დარტყმითი სიბლანტე $a_n = \frac{W}{S_0}$. დარტყმითი სიბლანტე ახასიათებს ფოლადის მიდრეკილებას მყიფე რღვევისადმი და წარმოადგენს კუთრ სამუშაოს, რომელიც იხარჯება სტანდარტული ნიმუშის დასარღვევად. ნახშირბადმცირე ფოლადებისათვის, ნორმალური ტემპერატურის დროს $a_n = 70-100$ $\frac{ჯ}{სმ^2}$. ტემპერატურის აწევისას დარტყმითი სიბლანტე იზრდება, ხოლო კლებისას – მცირდება.

ნაგლინის მექანიკური თვისებების, სახისა და სისქის, აგრეთვე მასალის მუშაობის გამოყენების ხარისხის მიხედვით კონსტრუქციული ფოლადები იყოფა 21 ჯგუფად. სასწავლო მიზნებისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას 1 და 2 ცხრილებში მოყვანილი საანგარიშო მახასიათებლები.

ცხრილი 1

ფოლადის ნაბლინის ნორმატიული და საანგარიშო წინაღობები
ბაჭიმვაზე, კუმშვასა და ღუნვაზე

ფოლადი	ნორმატიული წინაღობა, მპა		საანგარიშო წინაღობა, მპა	
	დენადობის ზღვარის მიხედვით R_{yn}	დროებითი წინაღობის მიხედვით R_{un}	დენადობის ზღვარის მიხედვით R_y	დროებითი წინაღობის მიხედვით R_u
C235	235	360	230	350
C45	245	370	240	360
C255	245	370	240	360
C285	275	390	270	380
C345	325	470	320	460
C375	355	490	345	480
C390	390	540	380	525
C440	440	590	430	575
C590	590	685	575	670

ცხრილი 2

ფოლადის ნაბლინის საანგარიშო წინაღობები თელვაზე

დროებითი წინაღობა R_{un} , მპა	საანგარიშო წინაღობა, მპა		
	თელვა		საგორაკების დიამეტრული კუმშვა (თავისუფალი შეხებისას, შეზღუდული მოძრაობის კონსტრუქციებში) R_{cd}
	ტორსული ზედაპირის (მორგების შემთხვევაში) R_p	ადგილობრივი ცილინდრულ სახსრებში (მჭიდროდ შეხებისას) R_{lp}	
360	351	176	9
370	361	180	9
380	371	185	9
390	380	190	10
400	390	195	10
430	420	210	10
440	429	215	11
450	439	220	11
460	449	224	11
470	459	229	11
480	468	234	12
490	478	239	12
510	498	249	12
540	527	263	13
570	556	278	14
590	576	288	14

დრეკადობის სტადიაში მუშაობისას, გაჭიმვის, კუმშვის და ღუნვის საანგარიშო წინაღობა განისაზღვრება მასალის დენადობის ზღვარის მიხედვით შემდეგი ფორმულით

$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}, \quad (3)$$

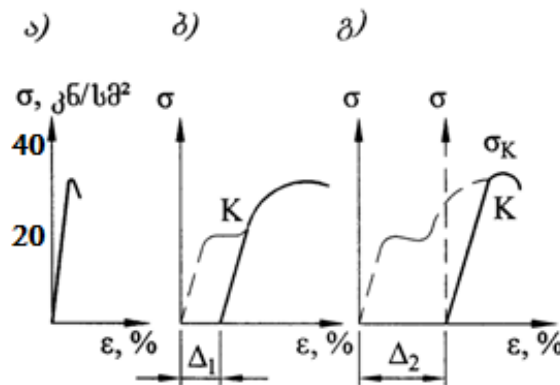
ხოლო დრეკად-პლასტიკურ სტადიაში მუშაობისას კი ფორმულით

$$R_u = \frac{R_{un}}{\gamma_m}, \quad (4)$$

სადაც R_{yn} არის ფოლადის დენადობის ზღვარი, მპა; R_{un} – ფოლადის სიმტკიცის ზღვარი, მპა; γ_m – მასალის საიმედოობის კოეფიციენტი, $\gamma_m=1.025$ (C590 და C590K ფოლადების გარდა); C590 და C590K ფოლადებისთვის $\gamma_m=1.05$.

სამშენებლო ფოლადების მნიშვნელოვანი მექანიკური თვისებებია: ციფქედვა, დაძველება, ძაბვებისა და დაღლილობის არათანაბარი განაწილება.

ციფქედვა არის ფოლადის დრეკადი მუშაობის არის გაზრდა $\sigma_{adm} > R_{yn}$ დენადობის ზღვარის ზევით წინასწარი გაჭიმვით (ფიგ. 3). ფოლადის ხელმეორედ დატვირთვისას ის იწყებს დრეკად მუშაობას დასაშვებ ძაბვამდე σ_{adm} , თუმცა ამ დროს მნიშვნელოვნად იზრდება მისი სიმყიფე.

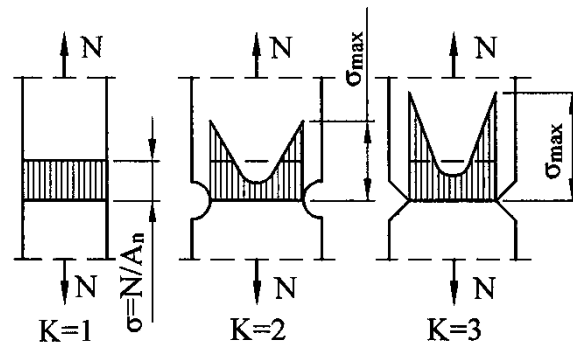


ფიგ. 3. ფოლადის გაჭიმვის დიაგრამა ციფქედვისას

a – მაღალი სიმტკიცის ფოლადის დიაგრამა; *b* – რბილი ფოლადის დიაგრამა, გაჭიმული პლასტიკურ მდგომარეობამდე (წყვეტილი ხაზი) და დატვირთვის მოხსნისა და ხელმეორედ დატვირთვის შემდეგ (მთლიანი ხაზი); *c* – ფოლადის დიაგრამა განტვირთვისას, რომელიც შეესაბამება პლასტიკური მუშაობის ზღვრულ არეს

დეფორმაციული და თერმული დაძვრების შედეგად ფოლადი იცვლის თავის თვისებებს დროთა განმავლობაში, უმჯობესდება დრეკადი თვისებები და მცირდება პლასტიკურობა.

ლითონის კონსტრუქციების რღვევის ყველაზე დიდი საშიშროება მაშინაა, როდესაც სამუშაო კვთებში წარმოიქმნება სხვადასხვა სახის შესუსტება – ნახვრეტის, ამონაჩარხის ან ჩანაჭრის სახით (ფიგ. 4).



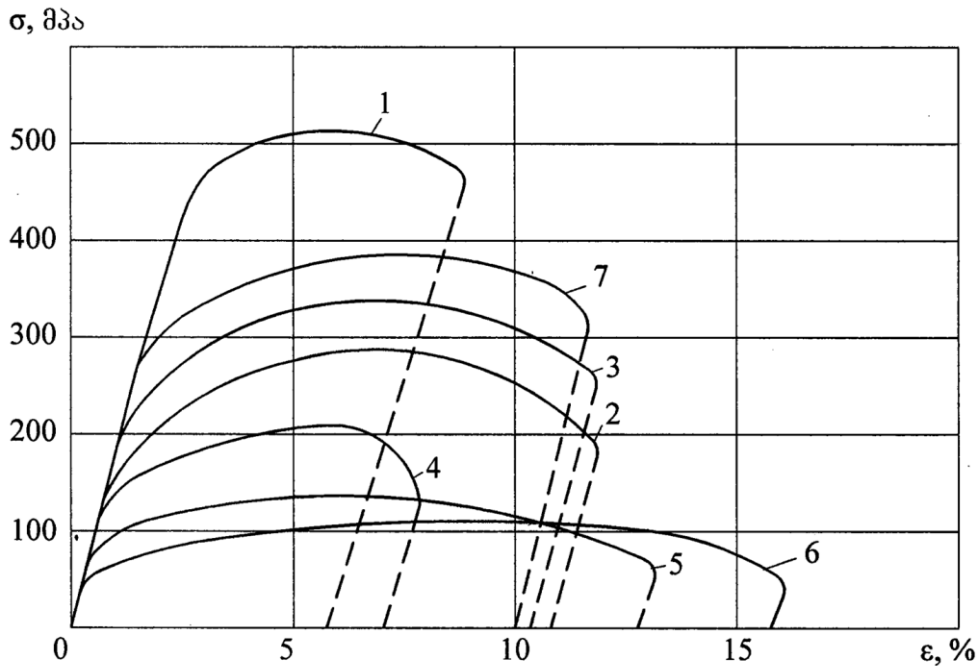
ფიგ. 4. ამონაჩარხების გავლენა ძაბვებზე შესუსტებულ კვთებში
(K – ძაბვების კონცენტრაციის კოეფიციენტი)

შესუსტების სახეზე დამოკიდებულების მიხედვით მათ ნაპირებთან წარმოიქმნება გაზრდილი ძაბვები (ძაბვების კონცენტრაცია), რომლებიც ორ-სამჯერ აღემატება ნორმალურ σ ძაბვებს შეუსუსტებულ კვთებში. გაანგარიშებისას ეს მოვლენა აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს მცირედ ლევირებული ფოლადების გამოყენებისას. რბილ ნახშირბადიან ფოლადებში ეს მოვლენა არც ისე საშიშია, რადგან საანგარიშო სტადიაში ძაბვები თანაბრდება.

ყველაზე საშიშ შემთხვევას ლითონზე ახდენს დადლილობა, რაც გამოიხატება ლითონის რღვევით მრავალჯერ განმეორებადი, განსაკუთრებით ნიშანცვლადი, დატვირთვის შემთხვევებისას. ლითონის დადლილობის შემთხვევაში კონსტრუქციის რღვევა, როგორც წესი, მყისიერი, მყიფეა.

დადლილობისაგან რღვევისადმი კონსტრუქციის წინააღმდეგობას ამტანუნარიანობა ეწოდება. კონსტრუქციების დაპროექტებისას, რომლებიც მუშაობს დინამიკური და ნიშანცვლადი დატვირთვის პირობებში, მიღებული ნორმები ითვალისწინებს საანგარიშო წინააღმდეგობის დაწევას, შენადული კონსტრუქციების და ძაბვების კონცენტრაციის გამომწვევი შეერთებების მოცულობის შემცირებას.

ალუმინის შენადნობების მექანიკური თვისებები დამოკიდებულია ქიმიურ შემადგენლობასა და მათი დამუშავების პირობებზე. აბსოლუტური სიდიდეების მიხედვით (ფიგ. 5) ისინი ახლოს არის ჩვეულებრივი და გაზრდილი სიმტკიცის ფოლადებთან, თუმცა არის უფრო დეფორმირებადი და ხასიათდება ნაკლებად გამოსატული პლასტიკური თვისებებით.



ფიგ. 5. სხვადასხვა მარკის ალუმინის გაჭიმვის დიაგრამები

1 – B95T1; 2 – B95M; 3 – 1915T; 4 – AD31T1; 5 – AD31T; 6 – AMu; 7 – D16T

ალუმინის შენადნობების საანგარიშო წინაღობა (ცხრილი 3) გამოითვლება ფორმულით

$$R_d = R_n \cdot 1/\gamma_m \gamma_c, \quad (5)$$

სადაც R_n არის ნორმალური წინაღობა, რომელიც აიღება მინიმალური მნიშვნელობის ტოლი დენადობის ზღვარის მიხედვით R_{m0} , რომლის მნიშვნელობადაც პირობითად მიიღება ძაბვა, რომელსაც შეესაბამება ფარდობითი ნარჩენი დეფორმაცია 0.2%; $\gamma_m > 1$ – უსაფრთხოების კოეფიციენტი მასალის მიხედვით; $\gamma_c \leq 1$ – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, რომელიც ამცირებს საანგარიშო წინაღობას მძიმე პირობებში კონსტრუქციის ექსპლუატაციის შემთხვევაში.

მშენებლობაში გამოსაყენებლად რეკომენდებული ალუმინის შენადნობების საანბარიშო წინააღობები, მპა

დაძაბული მდგომარეობა	თერმულად განუმტკიცებული ალუმინი		თერმულად განმტკიცებული ალუმინი			
	AMr2M	AMr21/2H	AD31T	AD31T1	1915, 1925, 1925T	1915T
გაჭიმვა, კუმშვა, ღუნვა R_y	70	125	55	125	180	200
ჭრა R_s	40	75	35	75	105	120
ტორსული ზედაპირის თელვა (მორგების დროს) R_p	105	185	80	185	270	300
ადგილობრივი თელვა მჭიდროდ შეხებისას R_p	50	90	40	90	135	150

1.3. ფოლადისა და ალუმინის პროფილების სორტამენტი

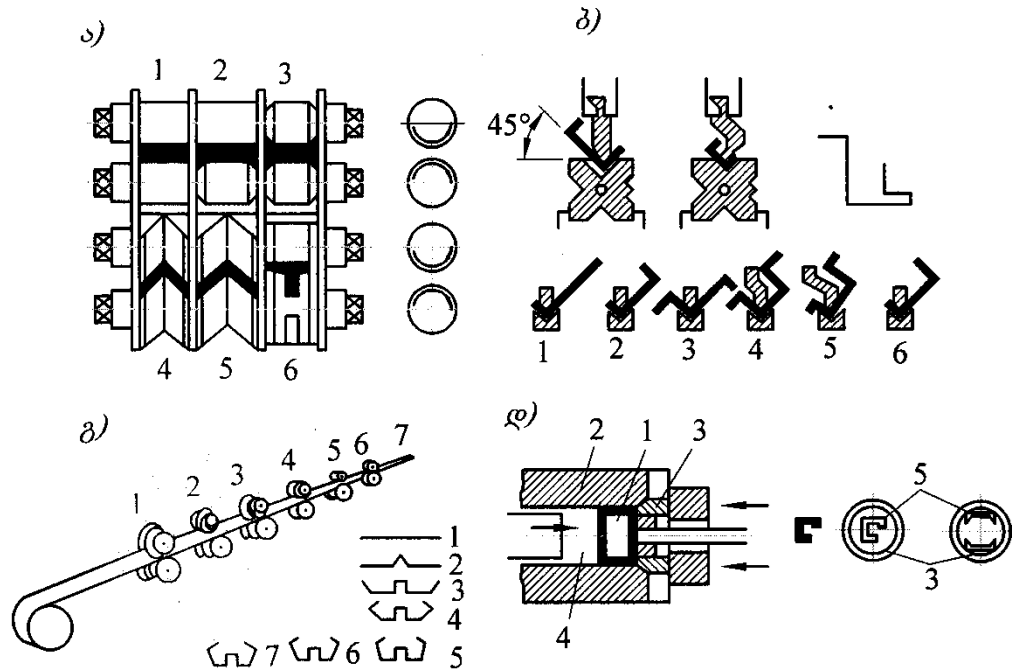
სორტამენტი ეწოდება ნაგლინი (ფიგ. 6, ა), ცივნალუნი (ფიგ. 6, ბ, გ) ან დაწნეხილი (ფიგ. 6, დ) ნახევარფაბრიკატებისა და ნაკეთობების კატალოგს, სადაც მითითებულია მათი ძირითადი გეომეტრიული ზომები, განიკვეთის ფორმები, დაშვების მნიშვნელობები და სიგრძის ერთეულის მასები.

ფოლადისა და ალუმინის ნახევარფაბრიკატები სამშენებლო კონსტრუქციებისთვის იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად – ფურცლოვანი და პროფილური.

ფურცლოვან ფოლადსა და ალუმინს, გლუვი და დაპროფილებული ფურცლის სახით, აქვთ პროფილის სხვადასხვა სისქე და სიმაღლე. ისინი ფართოდ გამოიყენება ბურულის, კედლების, კიდული ჭერების, გისოსოვანი კონსტრუქციების საკვანძო ფასონურების, შენადული ორტესებსრი კონსტრუქციების მოსაწყობად, აგრეთვე გარსების, მემბრანების და სხვა სპეციალური ფურცლოვანი კონსტრუქციების სახით. გარდა ამისა, ფურცლოვანი ფოლადი და ალუმინის შენადნობები გამოიყენება თხელკედლიანი ნალუნი პროფილების საწარმოებლად.

გლინვის მეთოდით მზადდება სქელკედლიანი ფოლადი სისქით 4–160 მმ, ფურცლის სიგანით 1250–2600 მმ და სიგრძით 8 მ-დე; ცივად ნაგლინი ფურცლოვანი ფოლადი სისქით 1 მმ-დე, ფურცლის სიგანით 2000 მმ და

სიგრძით 5 მ-დე დაპროფილებული ფენილებისთვის; უნივერსალური ფართოზოლიანი ფოლადი სისქით 6–60 მმ, სიგანით 200–1050 მმ და სიგრძით 18 მ-დე გამოიყენება შენადული კოჭებისა და სვეტებისათვის.



ფიგ. 6. პროფილების წარმოება

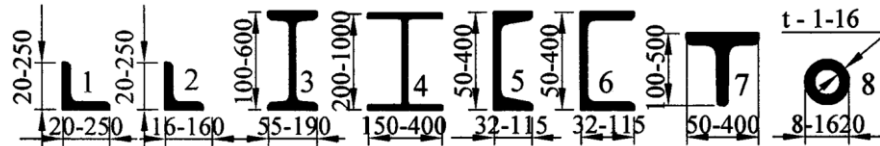
ა – ფოლადის ცხლად ნაგლინი საგლინავ დგანებზე: 1 – ზოლი; 2 – შველერი; 3 – ორტესებრი; 4 – თანაბართაროებიანი კუთხოვანა; 5 – არათანაბართაროებიანი კუთხოვანა; 6 – ტესებრი; ბ – ფოლადის ცივად ნალუნი საღუნავ წნეხებზე: 1–6 – ოპერაციების თანმიმდევრობა; გ – ფოლადის ცივად ნალუნი ლილგაკებში გაწეღვით: 1–7 – ოპერაციების თანმიმდევრობა; დ – ალუმინის ცხელი დაწნეხით: 1 – ალუმინის ნამზადი; 2 – ძალოვანი ცილინდრი; 3 – მატრიცა; 4 – პუნსონი; 5 – ნახერეტი მატრიცაში

დასამზადებლად ყველაზე უნივერსალური, კონსტრუქციულად ხელსაყრელი და ეკონომიურია – კუთხედი, ორტესებრი, შველერი და მილისებრი პროფილი (ფიგ. 7).

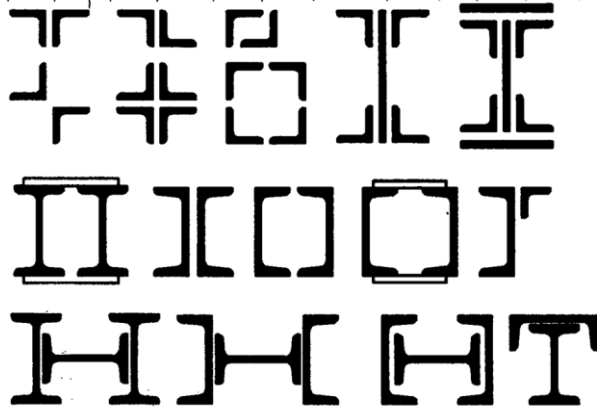
ფოლადის, თანაბართაროიანი და არათანაბართაროიანი კუთხედის პროფილები ფართოდ გამოიყენება იმ ელემენტებში, რომლებიც მუშაობენ დერძულა ძალებზე (გაჭიმვა ან კუმშვა), აგრეთვე სხვადასხვა ელემენტების კომბინირებული კვეთებისა და შეერთებების მისაღებად. ორტესებრი კოჭები, თაროების დახრილი შიგა წახნაგებით, ძირითადად გამოიყენება ღუნვად

ელემენტებში – კოჭებსა და სვეტებში, აგრეთვე არაცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე შედგენილ კვეთებში.

ა)



ბ)



ფიგ. 7. ნაგლინი ფოლადის პროფილების ძირითადი ტიპები

ა – სორტამენტი (ზღვრული ზომები მმ-ში); 1-2 – თანაბართარიანი და არათანაბართარიანი კუთხედი; 3 – ორტესებრი; 4 – ფართოთარიანი ორტესებრი; 5 – შველერი; 6 – ვიწრო, პარალელურთარიანი შველერი; 7 – ფართოთარიანი ტესებრი; 8 – მილი; ბ – შედგენილი კვეთის მაგალითები

ფართოდაა გავრცელებული ფართოთარიანი ორტესებრი (პარალელურწახნაგებიანი თაროები) სიმაღლით 1000 მმ-დე და სიგანით 400 მმ-დე. ისინი რაციონალურად გამოიყენება სვეტებში, ამწისქვეშა კოჭებში, გადახურვის კონსტრუქციებსა და ხიდის მალის კოჭებში.

ჩვეულებრივ ორტესებრთან შედარებით, დიდი ეკონომიკური ეფექტურობით (14-19%) გამოირჩევა 120-300 მმ სიმაღლის, ვიწრო, პარალელურ თარიანი თხელკედლიანი ორტესებრი. მათ რაციონალურად იყენებენ მსუბუქ გადახურვებში.

შველერები უფრო ხშირად გამოიყენება შედგენილ კვეთებში (რომლებიც უპირატესად მუშაობენ დერძულ ძალებზე და ღუნვაზე, იშვიათად არაცენტრალურ კუმშვაზე), სვეტებსა და ძელებში. გადახურვის გრძივებში და კედლის ჩაღანგარის ელემენტებში გამოიყენება ნაგლინი თხელკედლიანი შველერები ვიწრო, პარალელურწახნაგებიანი თაროებით. მასალის ხარჯის

მიხედვით ისინი 16-20%-ით მსუბუქია ჩვეულებრივად ნაგლინ შევლერებთან შედარებით.

ნივნივურ და ნივნივკვეშა წამწეებში ზედა და ქვედა სარტყელებად ხშირად გამოიყენება ფართოთაროებიანი ტესებრი, რომელიც მიიღება ფართოთაროებიანი ორტესებრის გრძივი მიმართულებით ორ ნაწილად დაშლით.

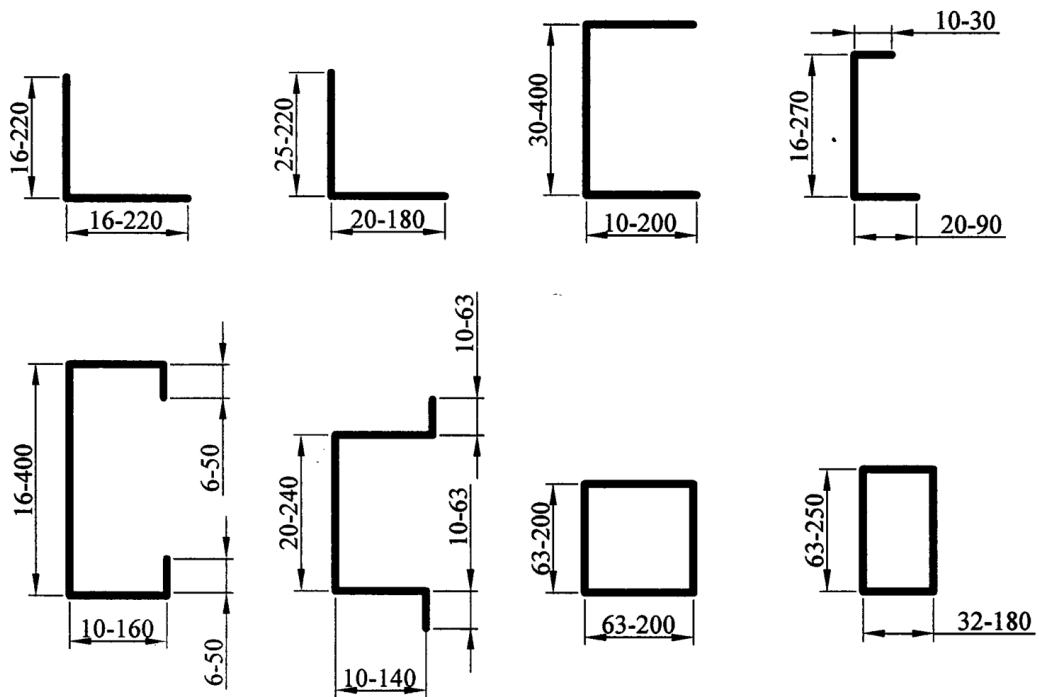
სიმაღლის ფართო დიაპაზონი (100–500 მმ) და თაროების სიგანე (100–400 მმ) საშუალებას იძლევა ეს პროფილები გამოყენებულ იქნას წამწეებში, რომლებიც განიცდიან მსუბუქ და მძიმე დატვირთვებს.

ვისოსოვან კონსტრუქციებში – წამწეებში, თაღებში, ჩარჩოებში, გუმბათებში და სხვ. – ფართოდ გამოიყენება ელექტროშენადული მრგვალი და მართკუთხა მილები, აგრეთვე ცხლად ნაგლინი ნახშირბადოვანი და მცირედ ლევირებული ფოლადის მრგვალი მილები. ნებისმიერი ცენტრალური ღერძის მიმართ თანაბარი ინერციის გამო, მილების გამოყენება განსაკუთრებით ეფექტურია ცენტრალურად შეკუმშულ და ცენტრალურად გაჭიმულ ელემენტებში, აგრეთვე შეკუმშულ-გაღუნულ ელემენტებში, ღუნვის სიბრტყის ცვლადი მიმართულებისას.

მილისებრი კვეთის გამოყენების მიზანშეწონილობა იზრდება კონსტრუქციაზე აგრესიული გარემოს ზექმედების პირობებში, აგრეთვე გაზრდილი არქიტექტურული მოთხოვნებისას, კერძოდ, შეკიდული ჭერის გარეშე კონსტრუქციის ექსპლუატაციის შემთხვევაში. ანალოგიურ კონსტრუქციებში მილისებრი პროფილების გამოყენება კუთხედებთან შედარებით, იძლევა ლითონტევადობის შემცირებას 20-25%-ით.

ფოლადის კონსტრუქციებში ნაგლინ პროფილებთან ერთად წარმატებით გამოიყენება ცივნაღუნი პროფილები (ფიგ. 8). მათი გამოშვება ხორციელდება ნაგლინი პროფილების მსგავსად – თანაბართაროებიანი და არათანაბართაროებიანი კუთხედების, თანაბართაროებიანი შევლერების, C-ს მაგვარი, ვარცლისებრი და ზეტისებრი, აგრეთვე ჩაკეტილი სწორკუთხა პროფილების სახით. დამზადების პირობების მიხედვით ნაღუნი პროფილების სისქე არ აღემატება 8 მმ, რაც დიდწილად განაპირობებს მათ გამოყენებას მსუბუქ კონსტრუქციებში, რომლებიც იღებენ მცირე საანგარიშო დატვირთვებს, მაგ. გრძივები, მსუბუქი წამწეები, შუქფარნების დგარები და ტიხრები.

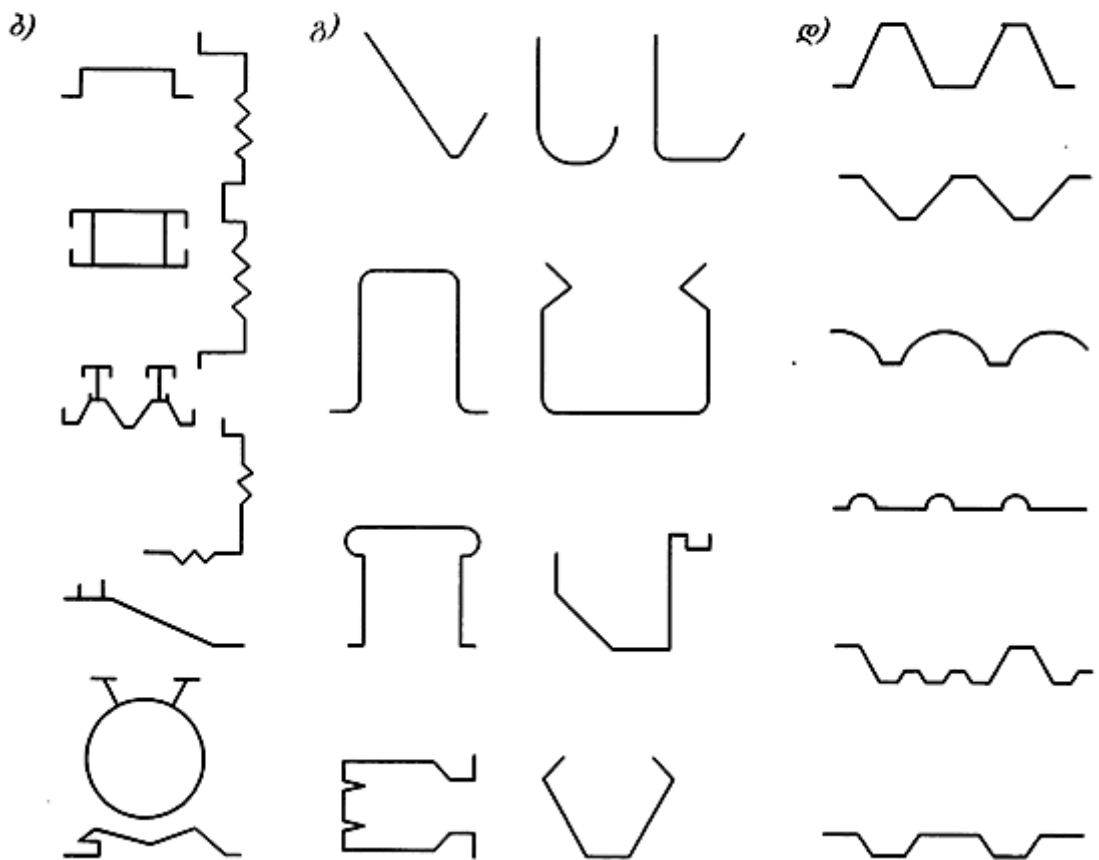
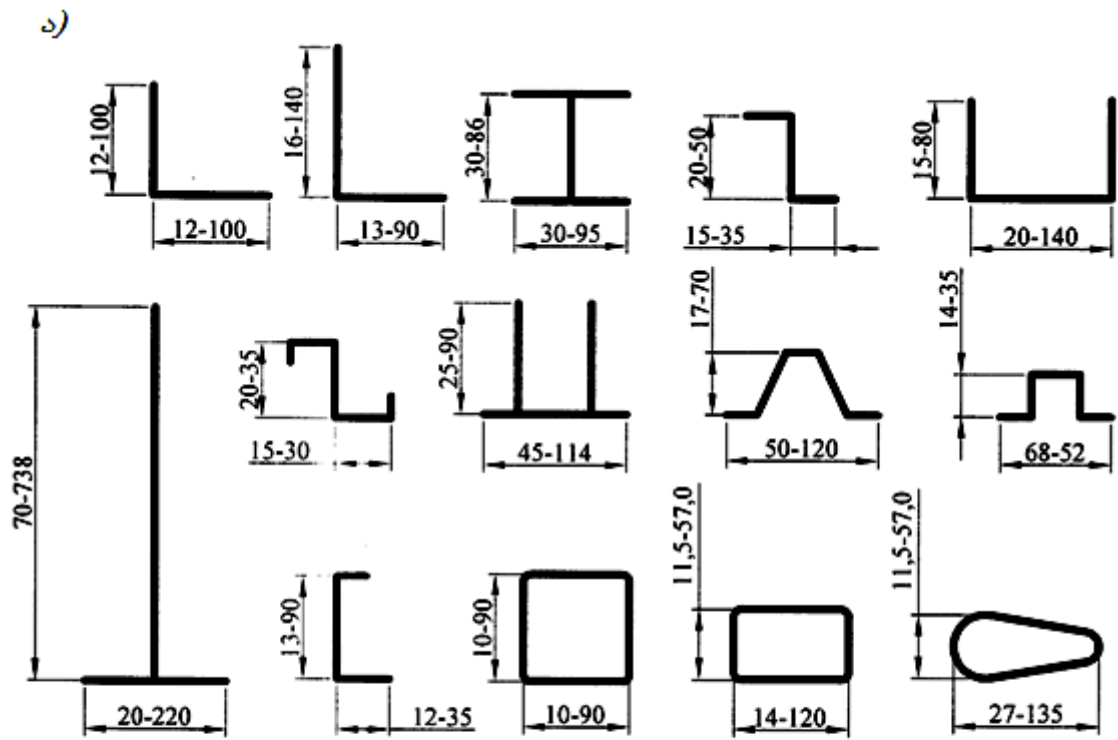
ნაღუნი პროფილების ერთ-ერთი უპირატესობაა კვეთის ნებისმიერი ფორმის მიღების შესაძლებლობა გამოყენების პირობებიდან გამომდინარე.



ფიგ. 8. ფოლადის თხელკედლიანი ნაღუნი პროფილები (ზღვრული ზომები მმ-ში)

მზიდ და შემომსახვრელ კონსტრუქციებში გამოყენებული ალუმინის დეფორმირებადი შენადნობების წარმოება ხორციელდება გლინული ფურცლებისა და ლენტების დაწნეხილი პროფილების, აგრეთვე სხვადასხვა პროფილის გოფირებული ფურცლების სახით (ფიგ. 9). მზიდ კონსტრუქციებში გამოყენებისათვის განკუთვნილი ალუმინის დაწნეხილი და ნაღუნი პროფილების ფორმა ფოლადის ნაგლინი და ნაღუნი პროფილების ანალოგიურია, მაგრამ შეზღუდულია ნაკლები ზომებით, რაც განისაზღვრება მატრიცის დიამეტრით (იხ. ფიგ. 6, დ.)

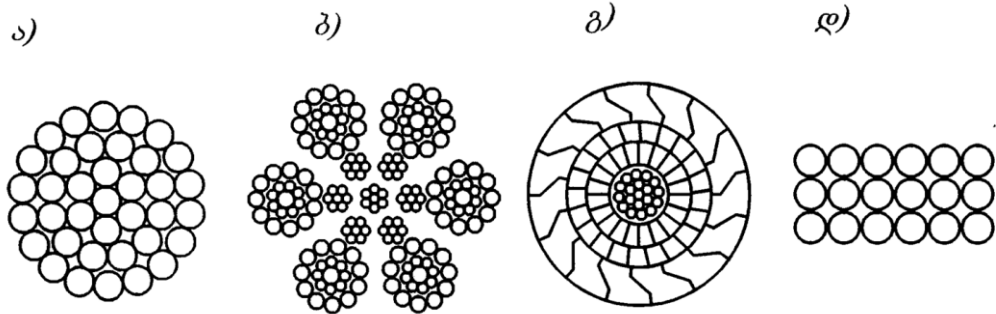
წინასწარ დაძაბულ და კიდულ კონსტრუქციებში გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ფოლადის ბაგირები, რომლებიც მზადდება მაღალი სიმტკიცის მათულისაგან დიამეტრით 0.22–4 მმ, გაგლეჯის (რღვევის) დროებითი წინაღობით 1200–2600 მპა (ფიგ 10).



ფიგ. 9. ალუმინის პროფილები

ა, ბ – დაწნეხილი პროფილების სორტამენტი (ზღვრული ზომები მმ-ში);
 გ – ცივნალუნი დეროების კვეთები; დ – გოფირირებული ფურცლების კვეთები

ბაგირებს ამზადებენ ერთმაგი შეგრეხით (ცალკეული მავთულების გადახლართვით), ორმაგი შეგრეხით – გვარლი (მავთულები, გადახლართული წნებად, ხოლო წნები – ბაგირად) და სამმაგი შეგრეხით – კაბელი (მიიღება რამდენიმე გვარლის გადახლართვით).



ნახ. 10. ფოლადის ბაგირებისა და კონების კვეთები

ა – სპირალური 37 მავთულისაგან (1+6+12+18); ბ – მრავალწნიანი გვარლი წნული გულანით; გ – სპირალური დახურული ტიპის, ორი ფენა სოლისებრი და ერთი ფენის ზეტისმაგვარი მავთულით; დ – პარალელურ მავთულებიანი კონა

კიდულ კონსტრუქციებში ფართოდაა გავრცელებული TK კონსტრუქციის 1x37 (1+6+12+18) სპირალური ტიპის ბაგირები, TJK-PO ტიპის 6x36 (1+7+7/7+14+7+7) (1+6) ორმაგი დაგრეხის ბაგირები (გვარლები), დახურული ტიპის ბაგირები და სხვ. ბაგირების ასოებით აღნიშვნა განსაზღვრავს: TK – მავთულების წერტილოვანი შეხება; TJK – მავთულების წერტილოვანი და ხაზოვანი შეხება. ციფრული აღნიშვნა განსაზღვრავს მავთულების განლაგების ფორმულას და მათ რაოდენობას ერთ გრეხილში.

მცირე მალის კიდულ გადახურვებში გამოიყენება პერიოდული პროფილის ღეროვანი ცხლად გლინული ფოლადის არმატურა ღეროს ნომინალური დიამეტრით 16-40 მმ.

14. ლითონის კონსტრუქციების გაანგარიშება

ზღვრული მდგომარეობის მეთოდით

ლითონის კონსტრუქციების გაანგარიშება ხორციელდება ზღვრული მდგომარეობის მეთოდით – ძალოვან ზემოქმედებებზე, საყრდენების გადანაცვლებებზე, ტემპერატურასა და სხვა ზემოქმედებებზე.

ზღვრული ეწოდება კონსტრუქციის ისეთ მდგომარეობას, რომლის დროსაც ის ვეღარ აკმაყოფილებს საექსპლუატაციო მოთხოვნებს, ანუ კონსტრუქცია კარგავს გარეგან ზემოქმედებაზე წინააღმდეგობის გაწევის უნარს ან არ არის დაცული ნორმალური საექსპლუატაციო პირობები, ვინაიდან დეფორმაციებმა მიაღწია დასაშვებზე მეტ სიდიდეს.

ზღვრული მდგომარეობის მეთოდით კვეთის განსაზღვრისას იგი შეირჩევა მინიმალურად აუცილებელი, მაქსიმალურად შესაძლო ძალის ზემოქმედების პირობიდან გამომდინარე, ყველაზე არახელსაყრელ საექსპლუატაციო პირობებში.

ლითონის კონსტრუქციების გაანგარიშება ხორციელდება ზღვრული მდგომარეობის ორი ჯგუფის მიხედვით: მზიდუნარიანობის დაკარგვაზე და ნორმალური ექსპლოატაციის შეუძლებლობაზე.

ზღვრული მდგომარეობის პირველი ჯგუფის მიხედვით გაანგარიშება წარმოებს სიმტკიცეზე, მდგრადობაზე და ამტანუნარიანობაზე. მათემატიკურად ის ჩაიწერება უტოლობის სახით:

$$N_{cal}(\Sigma F_n \gamma) \leq \Phi(A R_{yn} \gamma_c / \gamma_n \gamma_m), \quad (6)$$

სადაც N_{cal} არის საანგარიშო ძალვა კონსტრუქციაში, საანგარიშო დატვირთვების ყველაზე არახელსაყრელი კომბინაციისას; Φ – კონსტრუქციის მზიდუნარიანობა, რომელიც წარმოადგენს კონსტრუქციის გეომეტრიული ზომებისა და მასალის წინაღობის ფუნქციას; F_n – ნორმატიული დატვირთვა, რომელიც შეირჩევა სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით; γ – გადატვირთვის კოეფიციენტი, დატვირთვის ყოველი სახეობისთვის (საკუთარი მასისთვის $\gamma_g = 1.1 \div 1.3$; დროებითი განაწილებული დატვირთვისთვის $\gamma_v = 1.2 \div 1.4$; თოვლის დატვირთვისთვის $\gamma_s = 1.4 \div 1.6$; ქარის დატვირთვისთვის $\gamma_w = 1.2 \div 1.3$); A – კვეთის გეომეტრიული მახასიათებელი; R_{yn} – მასალის ნორმატიული წინაღობა; γ_c – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; γ_n – საიმედოობის კოეფიციენტი დანიშნულების მიხედვით; γ_m – საიმედოობის კოეფიციენტი მასალის მიხედვით; კოეფიციენტები γ_c , γ_n , γ_m შეირჩევა სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით.

ზღვრული მდგომარეობის პირველი ჯგუფის მიხედვით გაანგარიშება ხორციელდება ყველა მზიდი კონსტრუქციისთვის გამონაკლისის გარეშე.

ზღვრული მდგომარეობის მეორე ჯგუფის მიხედვით გაანგარიშება ხორციელდება დასაშვები გადაადგილებების მიხედვით (ჩაღუნვები, ჯდომები, მობრუნების კუთხეები, რხევები და სხვა).

ზღვრული მდგომარეობის მეორე ჯგუფი მათემატიკურად შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი უტოლობის სახით

$$f/l_{ef} \leq [f/l], \quad (7)$$

სადაც f არის ჩაღუნვის ისარი ან კონსტრუქციის გადაადგილება ნორმატიული დატვირთვებისგან; $[f/l]$ – ფარდობითი ჩაღუნვის ან გადაადგილების ზღვრული სიდიდე, რომელიც დადგენილია ლითონის კონსტრუქციების პროექტირების ნორმებით ან მითითებულია ტექნოლოგიურ დავალებაში; l_{ef} – ღეროს საანგარიშო სიგრძე; l – ღეროს გეომეტრიული სიგრძე.

მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით გაანგარიშდება მხოლოდ ის კონსტრუქციები, რომლებიც განიცდის დიდ დეფორმაციებს ან გადაადგილებები ზღუდავენ ნორმალური ექსპლუატაციას შესაძლებლობას.

დატვირთვები, რომლებიც ზემოქმედებენ ლითონის კონსტრუქციებზე, მოქმედების ხანგრძლივობიდან გამომდინარე, იყოფა მუდმივ და დროებით დატვირთვებად. დროებითი დატვირთვები, თავის მხრივ, იყოფა ხანგრძლივ, ხანმოკლე და განსაკუთრებულ დატვირთვებად.

მუდმივ დატვირთვებს მიეკუთვნება: კონსტრუქციის საკუთარი მასა; გადახურვის, ჭერის, კედლების მასა; გრუნტის წნევა; წინასწარი დაძაბვის ზემოქმედება და სხვ.

დროებით ხანგრძლივად მოქმედ დატვირთვებს მიეკუთვნება: დროებითი ტიხრების მასა, სტაციონალური დანადგარების მასა, დატვირთვა გადახურვებზე (საწყოების, ელევატორების და სხვა), აგრეთვე ხანგრძლივი ტემპერატურული ტექნოლოგიური ზემოქმედებები.

ხანმოკლე დატვირთვებს მიეკუთვნება: ადამიანებისა და სარემონტო მასალების მასა; დატვირთვები, რომლებიც წარმოიქმნებიან დამზადების, გადაზიდვის და სამშენებლო კონსტრუქციის აგების დროს; დატვირთვები მოძრავი ამწე-სატრანსპორტო დანადგარებისაგან (ხიდური და კიდული ამწეებისგან); თოვლის, ქარისა და ყინულის დატვირთვები.

განსაკუთრებულ დატვირთვებს მიეკუთვნება სეისმური და აფეთქებითი ზემოქმედებები; დატვირთვები, რომელიც გამოწვეულია ტექნოლოგიური პროცესების მკვეთრი დარღვევით და სხვ.

ექსპლუატაციის პროცესში ნაგებობები განიცდიან სხვადასხვა დატვირთვების ზემოქმედებას, ამიტომ სამშენებლო ნორმებისა და წესების თანახმად, გაანგარიშებისას ითვალისწინებენ დატვირთვის თანწყობის ორ კატეგორიას: ძირითადი თანწყობა, რომელიც შედგება მუდმივი, ხანგრძლივი და ხანმოკლე დატვირთვებისაგან; განსაკუთრებული თანწყობა, რომელიც შედგება მუდმივი, ხანგრძლივი, შესაძლო ხანმოკლე და ერთ-ერთი განსაკუთრებული დატვირთვისაგან.

დატვირთვების ძირითად თანწყობაზე გაანგარიშებისას, ორი ან მეტი ხანმოკლე დატვირთვის შემთხვევაში, მათი ჯამი მრავლდება თანწყობის კოეფიციენტზე სიდიდით 0.9; განსაკუთრებულ თანწყობაზე გაანგარიშებისას – 0.8-ზე. განსაკუთრებული დატვირთვა ამ შემთხვევაში მიიღება შემცირების გარეშე.

1.5. ელემენტების ბაანგარიშება ცენტრალურ ბაჭიმვაზე და კუმშვაზე

ელემენტების მუშაობა ცენტრალურ გაჭიმვასა და კუმშვაზე წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც გრძივი ძალა N გადის გასაანგარიშებელი ელემენტის სიგრძეზე ნებისმიერი განივი კვეთის სიმძიმის ცენტრში (ფიგ. 11). ცენტრალურად გაჭიმული და ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშება მასალის მუშაობის დრეკად სტადიაში ხორციელდება ფორმულით:

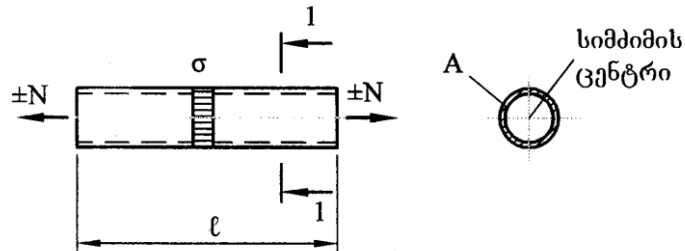
$$N/A_n \leq R_y \gamma_c , \quad (8)$$

სადაც A_n არის კვეთის ფართობი, ნეტო (შესუსტებების გამოკლებით); R_y – მასალის საანგარიშო წინაღობა დენადობის ზღვრის მიხედვით (იხ. ცხრ. 1).

ცენტრალურად გაჭიმული ელემენტების, რომელთა ექსპლუატაცია შესაძლებელია ლითონის დრეკადი მუშაობის ზღვრის მიღმა, სიმტკიცეზე გაანგარიშება ხორციელდება ფორმულით:

$$N/A_n \leq R_u \gamma_c / \gamma_u , \quad (9)$$

სადაც R_u არის მასალის საანგარიშო წინაღობა დროებითი წინაღობის მიხედვით (იხ. ცხრილი 1); $\gamma_u=1.3$ – საიმედოობის კოეფიციენტი კონსტრუქციის ელემენტებისათვის, რომლებიც გაანგარიშდება სიმტკიცეზე დროებითი წინაღობის მიხედვით.



ფიგ. 11. დეროების მუშაობა ცენტრალურ გაჭიმვაზე და კუმშვაზე

ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების მზიდუნარიანობის ამოწურვა ხდება დენადობის ზღვარზე ნაკლები კრიტიკული ძაბვების დროს. ეს აიხსნება იმით, რომ ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტები საექსპლუატაციო თვისებებს კარგავენ არა კვეთის რღვევის გამო, არამედ დეროს მდგრადობის დაკარგვით (გამობურცვა), ამიტომ ცენტრალურად შეკუმშული დეროები გაანგარიშდება მდგრადობაზე გრძივი ღუნვის φ კოეფიციენტის გათვალისწინებით (რომელიც ამცირებს საანგარიშო წინაღობას), ფორმულით:

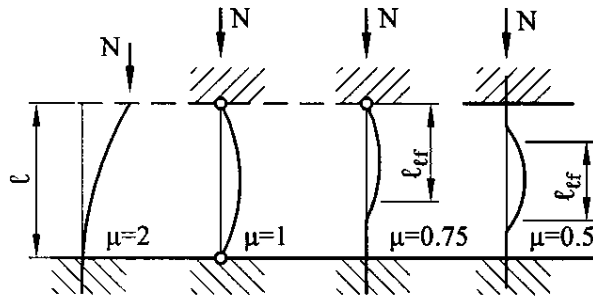
$$N/\varphi A \leq R_y \gamma_c, \quad (10)$$

სადაც A არის დეროს განივი კვეთი შესუსტებების გარეშე (ჭანჭიკებისა და მოქლონების ნახვრეტებისათვის).

φ კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ელემენტის მოქნილობაზე $\bar{\lambda}$, რომელიც შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$\bar{\lambda} = l_{ef}/i, \quad (11)$$

სადაც, $l_{ef} = \mu l$ არის დეროს საანგარიშო სიგრძე: l – დეროს გეომეტრიული სიგრძე (ელემენტის ჩამაგრების წერტილებს შორის მანძილი); μ – დეროს სიგრძის დაყვანის კოეფიციენტი, რომელიც გამოხატავს ელემენტის ბოლოების ჩამაგრების გავლენას (ფიგ. 12); i – ელემენტის განივი კვეთის ინერციის რადიუსი.



ფიგ. 12. ცენტრალურად შეკუმშული ღეროს საანგარიშო სიგრძის განსაზღვრისათვის პრაქტიკული მიზნებისათვის, φ კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება ინტერპოლაციით ცხრილი 4-ის და ცხრილი 5-ის მიხედვით, შესაბამისად, ფოლადის კონსტრუქციებისა და ალუმინის შენადნობებისათვის.

ცხრილი 4

ფოლადის ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების ბრძივი ღუნვის კოეფიციენტების φ მნიშვნელობები

მოქნილობა, λ	კოეფიციენტი φ ფოლადის ელემენტებისათვის საანგარიშო წინააღობით R_y , მპა											
	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640
10	988	987	985	984	983	982	981	980	979	978	977	977
20	967	962	959	955	952	949	946	943	941	938	936	934
30	939	931	924	917	911	905	900	895	881	887	883	879
40	906	894	883	873	963	854	846	849	832	825	820	814
50	869	852	836	822	809	786	785	775	764	746	729	712
60	827	805	785	766	749	721	696	692	650	628	608	588
70	782	754	724	687	654	623	595	568	542	518	494	470
80	734	686	641	602	566	532	501	471	442	414	386	359
90	665	612	565	522	483	447	413	380	349	326	305	287
100	599	542	493	448	408	369	335	309	286	267	250	235
110	537	478	427	381	338	306	280	258	239	223	209	197
120	479	419	366	321	287	260	237	219	203	190	178	167
130	425	364	313	276	247	223	204	189	175	163	153	145
140	376	315	272	240	215	195	178	164	153	143	134	126
150	328	276	239	211	189	171	157	145	134	126	118	111
160	290	244	212	187	167	152	139	129	120	112	105	099
170	259	218	189	167	150	136	125	115	107	100	094	089
180	233	196	170	150	135	123	112	104	097	091	085	081
190	210	177	154	136	122	111	102	094	088	082	077	073
200	191	161	140	124	111	101	0.93	086	080	075	071	067
210	174	147	128	113	102	093	0.85	079	074	069	065	062
220	160	135	118	104	094	0.86	0.77	073	068	064	060	057

შენიშვნა: კოეფიციენტი φ -ის მნიშვნელობები ცხრილში გადიდებულია 1000-ჯერ.

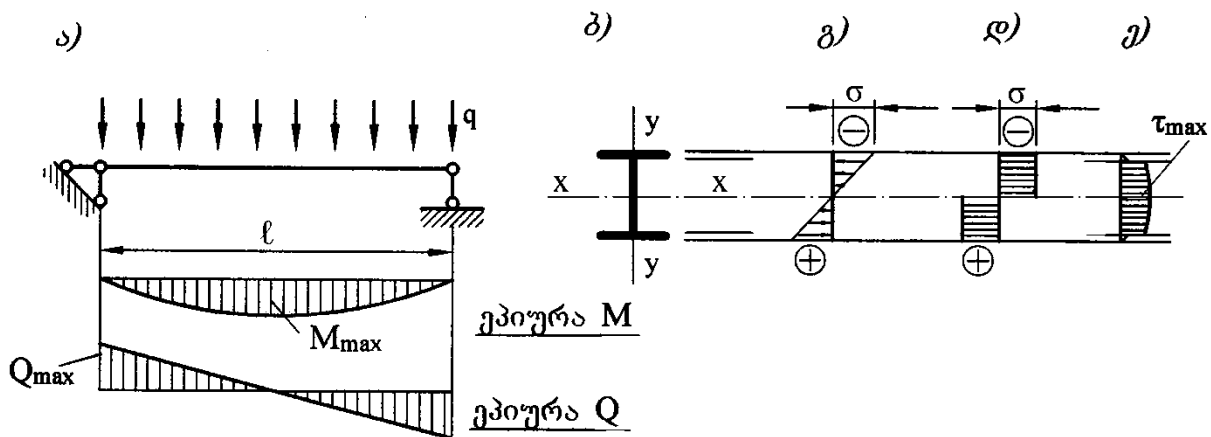
ალუმინის ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების ბრძივი ღუნვის კოეფიციენტების ϕ მნიშვნელობები

მოქნილობა, λ	კოეფიციენტი ϕ ალუმინის ელემენტებისათვის მარკით						
	AMr2M	AMr21/2H	AJ31T	AJ31T1	AJ31T5	1915,1925, 1925T	1915T
0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
10	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
20	982	936	995	936	946	915	910
30	915	865	930	865	880	838	830
40	860	802	880	802	818	770	758
50	812	740	835	740	763	696	676
60	766	675	793	675	705	615	590
70	717	605	750	605	644	530	500
80	665	542	706	542	590	440	385
90	608	450	656	450	510	348	305
100	555	367	610	367	432	882	246
110	506	313	562	313	382	233	204
120	458	262	518	262	330	196	171
130	415	227	475	227	290	167	146
140	362	197	435	197	255	144	126
150	313	168	400	168	212	125	110

შენიშვნა: კოეფიციენტი ϕ -ის მნიშვნელობები ცხრილში გადიდებულია 1000-ჯერ.

1.6. ღუნვადი ელემენტების ბანგარიშება

ღუნვაზე მომუშავე ყველაზე გავრცელებული ელემენტებია ლითონის კოჭები, რომლებიც დატვირთულია კოჭის გრძივი ღერძის პერპენდიკულარულად ერთ ან ორ მთავარ სიბრტყეში ($x-x$ და $y-y$) თანაბრად განაწილებული, შეყურსული ან კომბინირებული დატვირთვით (ფიგ. 13).



ფიგ. 13. ღეროს მუშაობის სქემა ღუნვის დროს

ა - კოჭის საანგარიშო სქემა; ბ - განივი კვეთი; გ, დ - ნორმალური ძაბვების ეპიურები; ე - მხები ძაბვების ეპიურა

განივი ღუნვის დროს ლითონის ღეროს საანგარიშო კვეთებში წარმოიქმნება მღუნავი მომენტები და განივი ძალები. ამ დროს, მაქსიმალური ნორმატიული ძალების (მაქსიმალური მღუნავი მომენტის) მოქმედების ზონაში, საანგარიშო კვეთი შეიძლება იყოს მასალის დრეკადი მუშაობის საზღვრებში (ფიგ. 13, გ) ან მასალის მუშაობის პლასტიკურ სტადიაში (ფიგ. 13, დ). ელემენტების, რომლებიც იღუნებიან ერთ-ერთ მთავარ სიბრტყეში (მაგალითად $x-x$), სიმტკიცეზე გაანგარიშებას დრეკად სტადიაში ახორციელებენ ფორმულით:

$$M_x / W_{xn*min} \leq R_y \gamma_c, \quad (12)$$

სადაც M_x არის მღუნავი მომენტი, მოქმედი $x-x$ ღერძის მიმართ; $W_{xn, min}$ - კვეთის (ნეტო) წინააღობის მინიმალური მომენტი $x-x$ ღერძის მიმართ.

ღუნვადი ელემენტების საანგარიშო კვეთებში მხები ძაბვების τ მნიშვნელობა უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობას

$$\tau = Q_x S_x / J_x t \leq R_s \gamma_c, \quad (13)$$

სადაც Q_x არის საანგარიშო განივი ძალა, მოქმედი $x-x$ ღერძის მიმართ; S_x - კვეთის (ბრუტო) ძვრადი ნაწილის სტატიკური მომენტი $x-x$ ნეიტრალური ღერძის მიმართ; I_x - კვეთის (ბრუტო) ინერციის მომენტი $x-x$ ი ღერძის მიმართ; t - კოჭის კედლის სისქე; $R_s = 0.58 R_{yn} / \gamma_m$ - მასალის საანგარიშო წინააღობა ძვრაზე.

საანგარიშო კვეთში კოჭის კედლის ნახვრეტებით შესუსტებისას, მე-(13) ფორმულაში τ -ს მნიშვნელობა უნდა გამრავლდეს α კოეფიციენტზე, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$\alpha = a/(a - d), \quad (14)$$

სადაც a არის ნახვრეტების ბიჯი; d – ნახვრეტის დიამეტრი.

ორ მთავარ სიბრტყეში (x - x და y - y) ერთდროული ღუნვისას, სიმტკიცეზე გაანგარიშება ხორციელდება ფორმულით:

$$M_x y / J_{xn} \pm M_y x / J_{yn} \leq R_y \gamma_c, \quad (15)$$

სადაც x და y არის კვეთის განსახილველი წერტილის კოორდინატები მთავარი ღერძების მიმართ.

ჭრადი და უჭრი მთლიანკვეთიანი კოჭების სიმტკიცეზე გაანგარიშება პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების და მომენტების გადანაწილების გათვალისწინებით, ხორციელდება სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად.

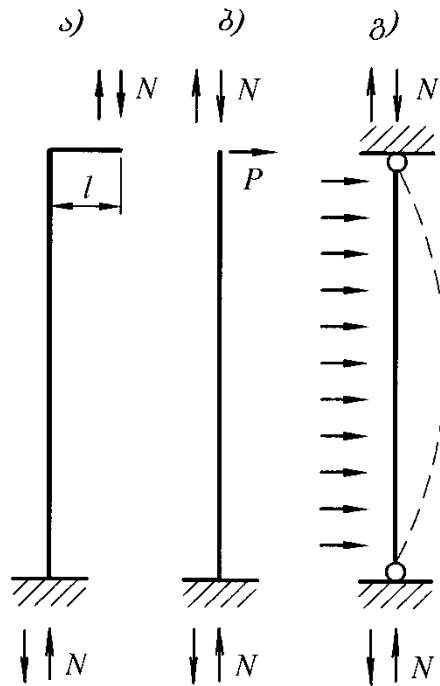
1.7. ღერძულ ძალასა და ღუნვაზე მომუშავე ელემენტების ბაზნბარიშება

არაცენტრალური კუმშვა და არაცენტრალური გაჭიმვა წარმოიქმნება ელემენტის საანგარიშო კვეთში მღუნავი მომენტის M და გრძივი მკუმშავი ან გამჭიმავი N ძალის ერთდროული მოქმედების დროს (ფიგ. 14).

590 მპა-დე დენადობის ზღვრის მქონე ფოლადისაგან დამზადებული, არაცენტრალურად შეკუმშული, შეკუმშულ-გალუნული, არაცენტრალურად გაჭიმული და გაჭიმულ-გალუნული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშება მუშაობის პლასტიკურ სტადიაში (იმ პირობით, რომ $\tau \leq 0.5R_s$ და $N/(A_n R_y) > 0.1$) ხორციელდება შემდეგი ფორმულით:

$$\left(\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \right)^n + \left(\frac{M_x}{c_x W_{xn, \min} R_y \gamma_c} \right) + \left(\frac{M_y}{c_y W_{yn, \min} R_y \gamma_c} \right) \leq 1, \quad (16)$$

სადაც n , c_x და c_y – კოეფიციენტები, რომლებიც დამოკიდებულია კოჭის კვეთის ზომებსა და ფორმაზე, შეირჩევა სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით.



ფიგ. 14. არაცენტრალურად შეკუმშული და გაჭიმული ღეროების სქემები

მასალის დრეკადი მუშაობის დროს სიმტკიცეზე გაანგარიშება ხორციელდება ფორმულით:

$$\frac{N}{A_n} \pm \left(\frac{M_x}{J_{xn}} \right) y \pm \left(\frac{M_y}{J_{yn}} \right) x \leq R_y \gamma_c. \quad (17)$$

არაცენტრალურად შეკუმშულმა და შეკუმშულ-გაღუნულმა ღეროებმა მდგრადობა შეიძლება დაკარგონ (λ_x და λ_y მოქნილობაზე დამოკიდებულობით), როგორც მდუნავი მომენტის (M_x) მოქმედების სიბრტყეში, ასევე მომენტის მოქმედების მართობულ სიბრტყეში, თუ $\lambda_y < \lambda_x$ (ღეროს l_{xef} და l_{yef} საანგარიშო სიგრძეების გათვალისწინებით).

მდგრადობაზე გაანგარიშება მომენტის მოქმედების სიბრტყეში ხორციელდება ფორმულით:

$$(N/\varphi_e A) \leq R_y \gamma_c, \quad (18)$$

სადაც φ_e არის არაცენტრალური კუმშვის დროს საანგარიშო წინააღობების შემცირების კოეფიციენტი; მთლიანკედლიანი ღეროებისათვის განისაზღვრება

“სამშენებლო ნორმებისა და წესების” მიხედვით; დამოკიდებულია პირობით მოქნილობაზე $\bar{\lambda}$ და დაყვანილ ფარდობით ექსცენტრისიტეტზე m_{ef}

$$m_{ef} = \eta m, \quad (19)$$

სადაც η – კვეთის ფორმის გავლენის კოეფიციენტი (იხ. სამშენებლო ნორმები და წესები); $m=eA/W_c$ – ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი ($e=m/N$ – ექსცენტრისიტეტი; W_c – კვეთის წინაღობის მომენტი ყველაზე შეკუმშული ბოჭკოსათვის), რომელიც გისოსებიანი და თამასებიანი გამჭოლი ღეროებისთვის, პირობით დაყვანილ მოქნილობასა $\bar{\lambda}_{ef}$ და ფარდობით ექსცენტრისიტეტზე დამოკიდებულებით, განისაზღვრება ფორმულით

$$m = eAa/I, \quad (20)$$

სადაც a არის მანძილი ღუნვის სიბრტყის პერპენდიკულარული, კვეთის მთავარი ღერძიდან ყველაზე შეკუმშული შტოს ღერძამდე, მაგრამ არანაკლებ შტოს კედლის ღერძამდე მანძილისა.

მდგრადობაზე გაანგარიშება მომენტის მოქმედების მართობულ სიბრტყეში წარმოებს ფორმულით:

$$N/c\varphi_y A \leq R_y \gamma_c, \quad (21)$$

სადაც c და φ_y – სიდიდეები, რომლებიც განისაზღვრება "სამშენებლო ნორმებისა და წესების" მიხედვით.

როდესაც $m_{ef} \leq 20$, მაშინ არაცენტრალურად შეკუმშული და შეკუმშულ-გაღუნული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშება საჭირო არ არის; თუ მთლიანკედლიანი ღეროებისთვის $m_{ef} > 20$ და გამჭოლი ღეროებისთვის $m > 20$, მაშინ მდგრადობაზე გაანგარიშება საჭირო არ არის.

თავი 2. ლითონის კონსტრუქციების შეერთებები

2.1. საერთო ცნებები

ლითონის კონსტრუქციების შეერთებები განკუთვნილია ცალკეული ელემენტების ერთმანეთთან შესაუღლებლად. შეერთების სახის შერჩევა დამოკიდებულია შესაერთებელი ელემენტების დაძაბული მდგომარეობის სახეზე, მოქმედი დატვირთვის სიდიდესა და ხასიათზე, შესაუღლებელი ელემენტების ფორმაზე, შეერთების მუშაობის პირობებსა და სხვ.

ლითონის კონსტრუქციებში გამოიყენება შენადული, ჭანჭიკური და მოქლონური შეერთებები.

ყველაზე გავრცელებულია შენადული შეერთებები. მათ გასაკეთებლად საჭიროა ნაკლები დრო და ლითონი ჭანჭიკურ და მოქლონურ შეერთებებთან შედარებით. შედუღების გამოყენება უზრუნველყოფს შეერთების მაღალ სიმტკიცეს, პროცესის ავტომატიზაციას, შენადული ნაკერის მაღალ ხარისხს მისი შესრულებისას არა მარტო საქარხნო პირობებში, არამედ სამშენებლო მოედანზეც. ამიტომ, შენადული შეერთებები გამოიყენება ყველა ტიპის ლითონის კონსტრუქციებში.

ჭანჭიკური შეერთებები გამოიყენება ასაწყობ-დასაშლელი და სტაციონარული კონსტრუქციების სამონტაჟო და მუშა შეერთებებში. მათი დადებითი თვისებებია: შეერთების სიმარტივე და საიმედოობა, ხოლო უარყოფითი: ლითონის გაზრდილი ხარჯი, შეერთების დამყოლობა (დეფორმირებადობა) ჭანჭიკსა და ნახვრეტს შორის ღრეჩოების არსებობის შედეგად. ჭრაზე და გაჭიმვაზე მომუშავე მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების გამოყენების შემთხვევაში მცირდება შეერთების დეფორმირებადობა, თუმცა იზრდება შრომატევადობა.

მოქლონური შეერთებები შეზღუდულად გამოიყენება, რადგანაც ისინი სხვა შეერთებებთან შედარებით უფრო შრომატევადი და ძვირადღირებულია. თუმცა, მოქლონური შეერთებების საიმედოობა ნიშანცვლადი და ვიბრაციული დატვირთვებისას, განსაზღვრავს მათი გამოყენების სფეროს მუშაობის მძიმე რეჟიმს კონსტრუქციებში (რკინიგზის ხიდებში, სამრეწველო ეტაჟერებში დინამიკური ზემოქმედების დროს და სხვ.).

2.2. შენადული შეერთებები.

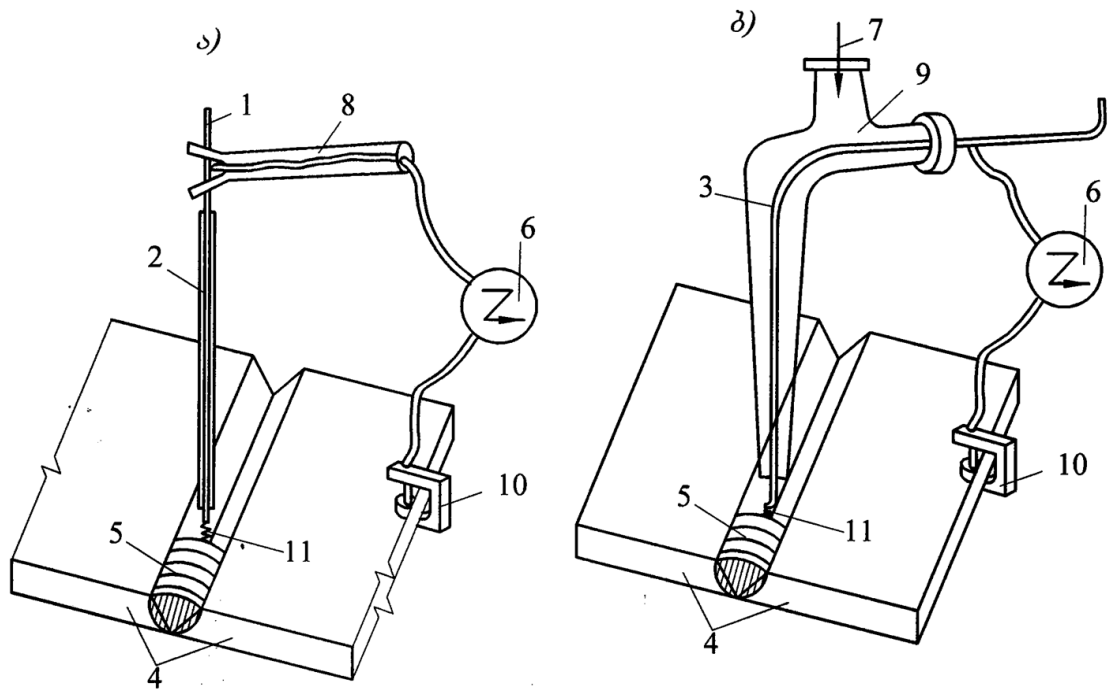
შედულების სახეები და მათი მოკლე დახასიათება

შედულების ძირითადი სახეა ელექტრორკალური შედულება, რომელიც დაფუძნებულია ელექტრული რკალის წარმოქმნაზე ფოლადის დეროსა (ელექტროდსა) და შესადულებელ ფოლადის დეტალებს შორის (ფიგ. 15, ა). ელექტრული რკალი წარმოქმნის 1500°C ტემპერატურაზე მეტს. ამ ტემპერატურაზე ხდება ძირითადი ლითონისა და ელექტროდის დნობა რის შედეგადაც კონტაქტის ზონაში წარმოიქმნება შენადული ნაკერი, რომელიც აერთებს შესადულებელ ელემენტებს. მაღალი პლასტიკური თვისებების მქონე ხარისხიანი ნაკერის მისაღებად, შედულება ხორციელდება დაცულ აიროვან გარემოში, რომელიც წარმოიქმნება ნაკერის ზონაში ელექტროდზე დატანილი სპეციალური საგოზავის (საცხის) წვის შედეგად, რომელიც შეიცავს მალევირებელ დანამატებს და ქმნის წიდის ფენას, რაც იცავს ლითონს დაჟანგვისა და სწრაფი გაცივებისაგან.

ელექტრორკალურ შედულებასთან ერთად ფართოდ გამოიყენება აირელექტრული შედულება. მისი უპირატესობა ელექტრორკალურ შედულებასთან შედარებით არის მაღალი მწარმოებლურობა, დაბალი ღირებულება, მაღალი ტემპერატურა (3200°C) და ჩადულების მეტი სიღრმე (ფიგ. 15, ბ).

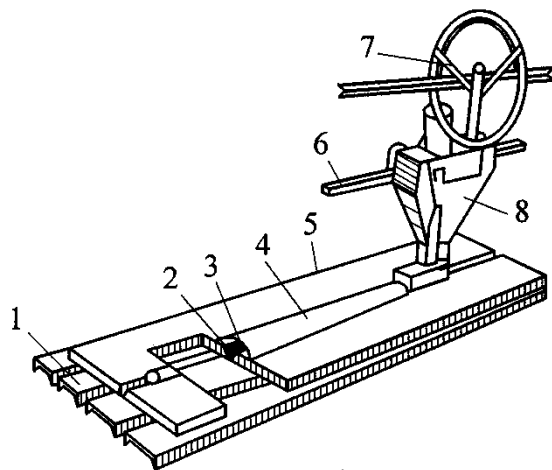
შენადული შეერთებების სიმტკიცეზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ნაკერის სტრუქტურა – მიკროფორების არსებობა, ბზარები, სიმყიფე და სხვ. ნაკერებში ბზარების წარმოქმნა დაუშვებელია. განასხვავებენ ცხელი და ცივი შედულების ბზარებს. ცხელი ბზარები ჩვეულებრივ წარმოიქმნება ნაკერის გაცივებისას 1000°C-ზე მეტი ტემპერატურის დროს, ხოლო ცივი ბზარები – შეკლების შედეგად.

შედულების ღირსება ხასიათდება ნაკერის ჩანადულის სიღრმით, ანუ დადულებული ლითონის შეღწევით ძირითად ლითონში, რაც ჩვეულებრივ შეადგენს 1.5–2 მმ. ეს მიიღწევა შესადულებელ ელემენტებს შორის არსებული ღრეჩოსა და ნაწიბურების სპეციალურად დამუშავების შედეგად.



ფიგ. 15. შედუღების სქემები

ა - ელექტრორკალური; ბ - აირელექტრული; 1 - ლითონის ელექტროდი; 2 - სპეციალური საგოზი; 3 - შესადუღებელი მაგთული; 4 - შესადუღებელი ელემენტები; 5 - შედუღების ნაკერი; 6 - დენის წყარო; 7 - ნახშირორჟანი (ნახშირბადოვანი ფოლადების შედუღებისას) ან არგონის აირი (ალუმინის შენადნობების შედუღებისას); 8 - ელექტროსაჭერი; 9 - სანთურა; 10 - დამჭერი (ჭახრაკი); 11 - ელექტრორკალი



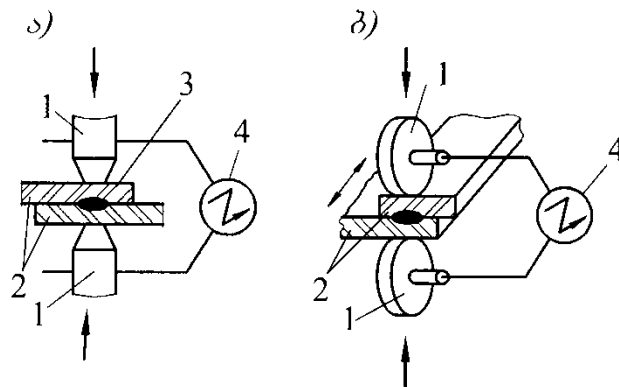
ფიგ. 16. ავტომატური შედუღების სქემა ფლუსის ქვეშ (განსაზღვრული ქიმიური შემადგენლობის მასალა)

1 - სტენდი; 2 - შენადული ნაკერი; 3 - წილის ქერქი; 4 - ფლუსი; 5 - ძირითადი ლითონი; 6 - თვითმავალი მექანიზმი; 7 - ელექტროდული მაგთული; 8 - საშემდუღებლო თავი

ყველაზე ხარისხიანი ნაკერები მიიღება საშემდუღებლო აგრეგატებით შესრულებული ავტომატური შედუღებისას (ფიგ. 16).

ნახევრად ავტომატური შედუღებისას საშემდუღებლო აგრეგატი მოძრაობს ხელით, ხოლო შედუღების პროცესი ხორციელდება ავტომატურად (სარჩილისა და ფლუსის მიწოდება).

3 მმ-ზე მეტი სისქის ფურცლების შესადუღებლად გამოიყენება წერტილოვანი და ლილვაკური ელექტროშედუღება (ფიგ. 17), რომელიც სრულდება სპეციალურ საშემდუღებლო დანადგარებზე. ნაკლებად გამოიყენება აირული შედუღება, რომელიც დაფუძნებულია ქანგბადის ნაკადში აცეტილენის წვის ზონაში ლითონის დნობაზე.

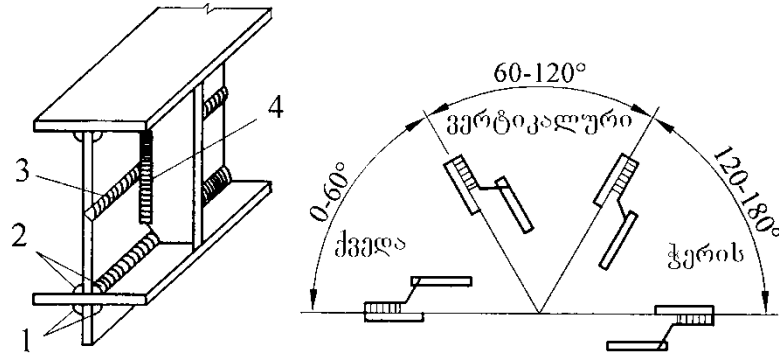


ფიგ. 17. ელექტროშედუღების სახეები

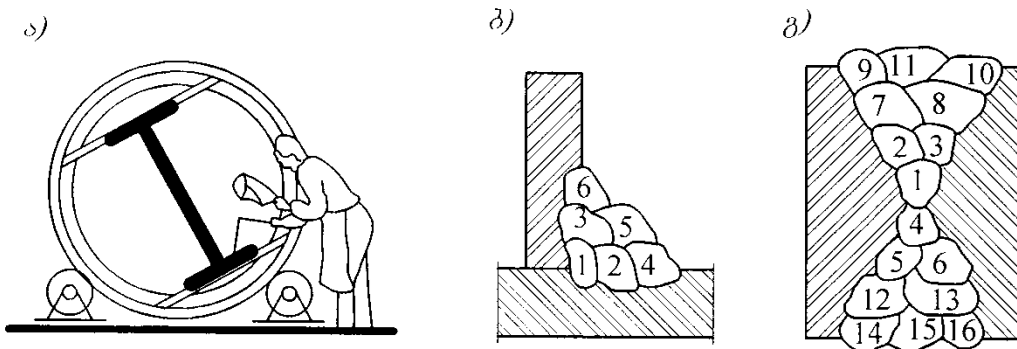
- ა - წერტილოვანი; ბ - ლილვაკური; 1 - ელექტროდები ან გორგოლაჭები;
 2 - შესადუღებელი ელემენტები; 3 - შენადული ნაკერი;
 4 - დენის წყარო

ნაკერების განლაგების მიხედვით ისინი შეიძლება იყოს ქვედა ($0-60^{\circ}$), ვერტიკალური ($60^{\circ}-120^{\circ}$) და ჭერის ($120^{\circ}-180^{\circ}$) (ფიგ. 18). სამუშაოდ ყველაზე მოსახერხებელი, ხარისხიანი და ეკონომიურია ქვედა ნაკერები. ვერტიკალური და ჭერის ნაკერები რთულია სამუშაოდ, ამიტომ მათ უპირატესად იყენებენ სამონტაჟო შედუღებისას. საქარხნო პირობებში ვერტიკალური და განსაკუთრებით ჭერის ნაკერების თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება სპეციალური საბრუნავები (ფიგ. 19, ა).

ნაკერის დიდი სისქის შემთხვევაში, მისი ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით, შედუღების პროცესში ახორციელებენ ნაკერის თანამიმდევრობით გასქელებას, როგორც ფიგ. 19, ბ, გ-ზეა ნაჩვენები.

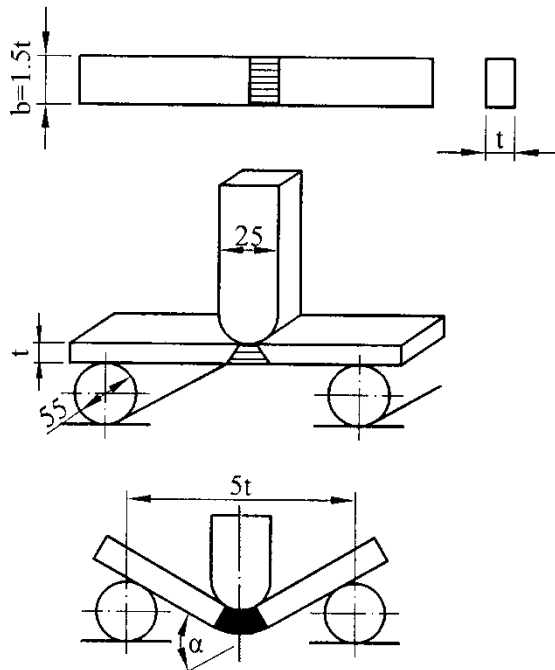


ფიგ. 18. ნაკერების კლასიფიკაცია სივრცეში მდებარეობის მიხედვით
 1 – ჰერის კუთხური ნაკერი; 2 – ქვედა კუთხური ნაკერი; 3 – ჰორიზონტალური საპირაპირე ნაკერი; 4 – ვერტიკალური კუთხური ნაკერი



ფიგ. 19. შეღუღების სამუშაოების წარმოება

ა – მბრუნავი საგორავის სქემა; ბ – V-ს მაგვარი ნაკერის გასქელების თანმიმდევრობა; გ – X-ის მაგვარი ნაკერის გასქელების თანმიმდევრობა



ფიგ. 20. დაღუღებული ლითონის გამოცდა ღუნვაზე სიმტკიცისა და პლასტიკურობის განსაზღვრისათვის

შენადული ნაკერის ხარისხის შესამოწმებლად, გაჭიმვაზე გამოცდის გარდა, მას აგრეთვე ცლიან ღუნვაზე (ფიგ. 20). ამ შემთხვევებში შეერთებიდან ამოჭრიან სპეციალურ ნიმუშს.

490 მპა-დე დენადობის ზღვრის მქონე ფოლადის კონსტრუქციების შესადულებლად ელექტროდების ძირითადი ტიპებია: მ-42, მ-42A, მ-46, მ-46A, მ-50, მ-50A, ხოლო 500 მპა-ზე მეტი დენადობის ზღვრის მქონე ფოლადის კონსტრუქციების შესადულებლად: მ-60, მ-70, და მ-85. დადულებული ლითონის მასის შესამცირებლად ნორმებით რეკომენდებულია უფრო მაღალი მარკის მქონე ელექტროდების გამოყენება, ვიდრე შესადულებელი ელემენტების ფოლადის მარკებია.

ალუმინის კონსტრუქციებს ადულებენ არგონრკალური შედულებით ალუმინის მავთულის მისართიანი უდნობი ვოლფრამის ელექტროდით და დნობადი ვოლფრამის ელექტროდით. ხარისხიანი ნაკერის მისაღებად საჭიროა შესადულებელი ელემენტებისა და მავთულის გულმოდგინე ქიმიური დამუშავება.

2.3. შენადული შეერთების ტიპები და მათი ბაზნბარიშება

კონსტრუქციის მიხედვით შენადული შეერთებები იყოფიან პირაპირა, პირგადადებით, კომბინირებულ და პირდგმულ სახეებად (ცხრილი 6). ყველაზე საიმედო და მასალის ხარჯის მიხედვით ეკონომიურია პირაპირა შეერთებები. შენადული ნაკერის თავსა და ბოლოში წარმოქმნილი კრატერისა და შეუდულებლობის გაგლენის აღმოსაფხვრელად, აგრეთვე ნაკერისა და ძირითადი ლითონის თანაბარი სიმტკიცის მისაღწევად, პირაპირა შეერთებებში კეთდება ირიბი ნაკერი. პირაპირა ნაკერები გამოიყენება ფურცლების, ნაგლინი პროფილების (ორტესებრი, შველერი, კუთხედი და სხვ.), აგრეთვე გრძივ ძაღვებზე მომუშავე ელემენტების შესაერთებლად.

პირგადადებით შეერთებები, მასალის უფრო მეტი დანახარჯისა და ნაკლები საიმედოობის მიუხედავად (ძაბვების მნიშვნელოვანი კონცენტრაციის გამო), ასევე, ფართოდ გამოიყენება. ასეთ შეერთებებს აკეთებენ ზესადულებით ან მათ გარეშე – ძაღვის გასწვრივ განლაგებული ფლანგური, ან ძაღვის პერპენდიკულარულად განლაგებული ტორსული, კუთხური შედულებით.

ფლანგურ ნაკერებში წარმოქმნილი ძაბვები გამოირჩევა დიდი არათანაბრობით, თუმცა ზღვრულ მდგომარეობაში ძაბვის ეპიურები ნაკერში თანაბრდება, რაც იძლევა საშუალებას კუთხური ნაკერების გაანგარიშება ჩატარდეს იმ დაშვებით, რომ ნაკერის სიგრძეზე და კვეთის ფართზე ძაბვები თანაბრადაა განაწილებული.

ასევე ფართოდ გამოიყენება კომბინირებული და პირდგმული შეერთებები, რომლებიც გამომდინარეობენ შეერთების პირველი ორი ძირითადი ტიპიდან.

ცენტრალურ გაჭიმვაზე ან კუმშვაზე მომუშავე შენადული პირაპირა ნაკერის გაანგარიშება წარმოებს ფორმულით (22), იმ დაშვებით, რომ ნაკერის სიგრძესა და განივ კვეთზე ძაბვები თანაბრადაა განაწილებული

$$N/tl_w \leq R_{wy}\gamma_c, \quad (22)$$

სადაც t არის შესაერთებელი ელემენტებიდან ყმცირესი სისქე; l_w – ნაკერის საანგარიშო სიგრძე, რომელიც ტოლია $2t$ სიდიდით შემცირებული მთლიანი სიგრძის, ან მთელი სიგრძის, როდესაც ნაკერის ბოლოები გადის პირაპირის გარეთ.

გრძივი ან განივი ძაბვების მოქმედებისას, კუთხურნაკერებიანი შენადული შეერთებები გაანგარიშდება ჭრაზე ორ კვეთში (ფიგ. 21) – ნაკერის ლითონში (კვეთი 1)

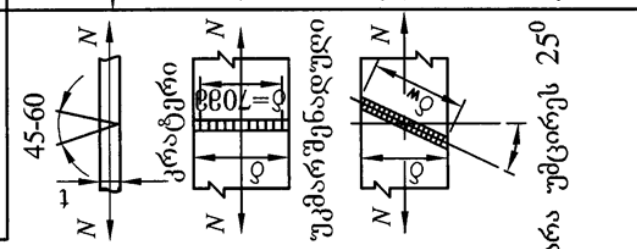
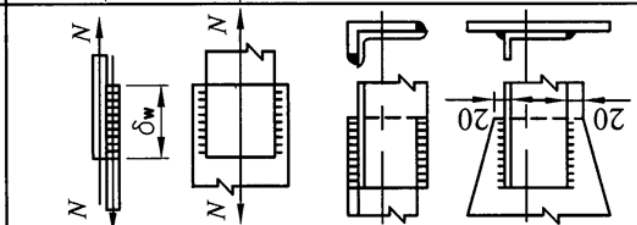
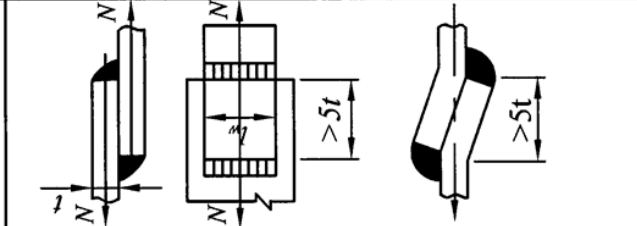
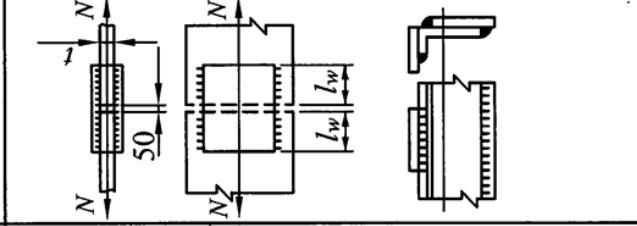
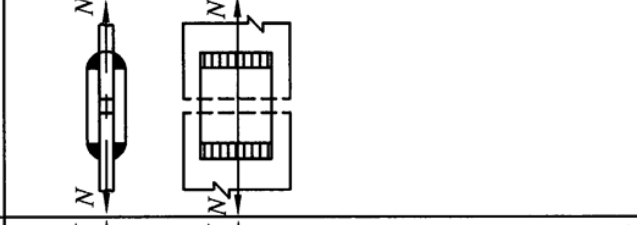
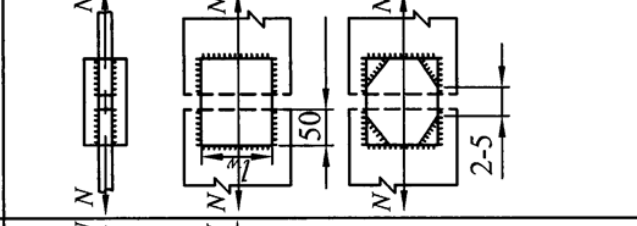
$$N/\beta_f k_f l_w \leq R_{wf}\gamma_{wf}\gamma_c, \quad (23)$$

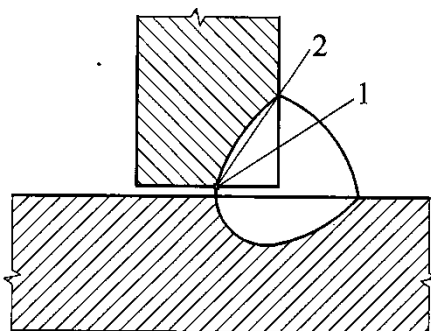
და შედნობის საზღვარზე ლითონში (კვეთი 2)

$$N/\beta_z k_f l_w \leq R_{wz}\gamma_{wz}\gamma_c, \quad (24)$$

სადაც l_w არის ნაკერის საანგარიშო სიგრძე, რომელიც აიღება მთლიან სიგრძეზე 10 მმ-ით ნაკლები; β_f და β_z – კოეფიციენტები, რომლებიც დამოკიდებულია შედუღების სახეზე, შედუღების მავთულის დიამეტრზე, ნაკერის კათეტის სიმაღლესა და ფოლადის დენადობის ზღვარზე. 580 მპა-დე დენადობის ზღვრის მქონე ფოლადის ელემენტების შედუღებისას მათ იღებენ მე-7 ცხრილიდან; ხოლო როდესაც დენადობის ზღვარი 580 მპა-ზე მეტია, მაშინ $\beta_f=0.7$ და $\beta_z=1$; γ_{wf} და γ_{wz} – ნაკერის მუშაობის პირობების კოეფიციენტები ($\gamma_{wf} = \gamma_{wz} = 1$, თუ გარემოს ტემპერატურა -40°C -ზე ნაკლები სრ არის); k_f – ნაკერის კათეტი.

შენაღწეული შეერთების სახეები

პირაპირი	პირდაპირადება		კომბინირებული	პირდგმული	
	ზესადებების გარეშე	ზესადებებით		კუთხური ნაკერები	კუთხეში
შეპირაპირების ნაკერი	კუთხური ნაკერები		პირაპირა და კუთხური ნაკერები	კუთხური ნაკერები	კუთხეში
	ფლანგური	შუბლისა	ფლანგური	შუბლისა	ტყეები
 <p>45-60 კრატერი უკმარ შენადული არა უმცირეს 25°</p>					



ფიგ. 21. კუთხურნაკერიანი შენადული შეერთების საანგარიშო კვეთების სქემა

1 – კვეთი ნაკერის ლითონში; 2 – კვეთი შედნობის საზღვარზე ლითონში

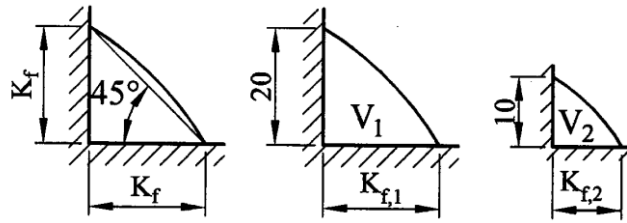
სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად, აგრეთვე ახორციელებენ კუთხურნაკერებიანი შენადული შეერთებების გაანგარიშებას ნაკერის ლითონში და შედნობის საზღვარზე ლითონში, ნაკერების განლაგების სიბრტყეში და სიბრტყის პერპენდიკულარულად მომენტის მოქმედებაზე (შეერთებებში, რომლებშიც ნაკერის ლითონის სიმტკიცე მეტია შესადულებელი ელემენტების ლითონის სიმტკიცეზე).

ფოლადის კონსტრუქციებში შენადული ნაკერების საანგარიშო წინააღობების მნიშვნელობები მოყვანილია მე-8 ცხრილში, ხოლო ალუმინის კონსტრუქციებში არგონრკალური შედუღებით შესრულებული შენადული ნაკერების საანგარიშო წინააღობები – მე-9 ცხრილში.

შენადული ნაკერების კონსტრუირებისას უნდა ვიხედოძღვანელოთ შემდეგი პირობით: კუთხური შენადული ნაკერის მინიმალური საანგარიშო სიგრძე არ უნდა იყოს 40 მმ-ზე ნაკლები და $85\beta_f k_f$ -ზე მეტი; კუთხური ნაკერის მაქსიმალური კათეტი k_f უნდა იყოს არა უმეტეს 1.2t, სადაც t – შესაერთებელი ელემენტების უმცირესი სისქეა; k_f -ის მინიმალური მნიშვნელობა არ უნდა იყოს 4 მმ-ზე ნაკლები, ხოლო მაქსიმალური არა უმეტეს 25 მმ.

შენადული ნაკერების სიმძლავრეების შედარებისას, მათი კათეტების k_f და მოცულობების V_f მიხედვით, ჩანს, რომ $k_{f,1}/k_{f,2} = 2$ და $V_{f1}/V_{f2} = 4$, ე.ი. ნაკერის კათეტის გადიდებით მისი სიმტკიცე იზრდება პირველ ხარისხში, ხოლო დადუღებული ლითონის რაოდენობა კვადრატში (ფიგ. 22). ყველაზე ხელსაყრელად მიიჩნევა ნაკერები, როცა $k_f = 6 \div 12$ მმ. პირაპირულ შენადულ ნაკერებს ყოველთვის აპროექტებენ უწყვეტი სახით, ხოლო კუთხური ფლანგური ნაკერები შეიძლება იყოს უწყვეტი და წყვეტილი სახით. წყვეტილ

ნაკერში მინიმალური სიგრძე და წყვეტა კონსტრუქციული მოსაზრებებით არ უნდა იყოს 50 მმ-ზე ნაკლები (ცხრ. 10).



ფიგ. 22. ნაკერის სიმძლავრის და მოცულობის თანაფარდობა

ცხრილი 7

β_f და β_z კოეფიციენტების მნიშვნელობები, 580 მპა-დე ღენაღობის ზღვარის მქონე ფოლადის ელემენტების შეღუღებისას

შეღუღების სახე შესადღებელი მათულის დიამეტრის მიხედვით, d , მმ	ნაკერის მდებარეობა	კოეფიციენტი	β_f და β_z კოეფიციენტების მნიშვნელობები ნაკერის კათეტების შემთხვევაში, მმ			
			3-8	9-12	14- 16	18 და მეტ
ავტომატური, $d=35$	ნავისებრი	β_f	1.1			0.7
		β_z	1.15			1
	ქვედა	β_f	1.1	0.9	0.7	
		β_z	1.15	1.05	1	
ავტომატური და ნახევრადავტომატური $d=1.4-2$	ნავისებრი	β_f	0.9	0.8	0.7	
		β_z	1.05	1		
	ქვედა	β_f	0.9	0.8	0.7	
		β_z	1.05	1		
ხელით, ნახევრად ავტომატური მთლიანკვეთიანი მათულით $d < 1.4$, ან ფხვნილოვანი მათულით	ნავისებრი, ქვედა, ჰორიზონტალური, ვერტიკალური, ჭერის	β_f	0.7			
		β_z	1			

შ ე ნ ი შ გ ნ ა: კოეფიციენტების მნიშვნელობები შეესაბამება შეღუღების ნორმალურ რეჟიმს.

შენაღული შეერთების საანგარიშო წინაღობები ფოლადის კონსტრუქციებში, მპა

ნაგლისის დროებითი წინაღობა R_{un}	პირაპირა შეერთებები			ძვრა $R_{as} = R_s$	ჭრაზე მომუშავე კუთხური შეერთების ნაკერი		ელექტროდის ტიპი
	კუმშვა, გაჭიმვა და ღუნვა ავტომატური, ნახევრად ავტომატური და ხელით შედუღებისას ნაკერის ხარისხის ფიზიკური კონტროლით		გაჭიმვა და ღუნვა ავტომატური, ნახევრად ავტომატური ან ხელით შედუღებისას, $0,85 R_{ay}$		ნაკერის ლითონის მიხედვით R_{af}	ლითონის დანადგლის საზღვარზე R_{az}	
	დენადობის ზღვარის მიხედვით $R_{ay} = R_y$	დროებითი წინაღობის მიხედვით $R_{au} = R_u$					
345	210	335	178	122	152	155	ჟ-42, ჟ-42A
365	230	355	195	133	160	164	
390	280	380	238	162	172	175	
440	300	430	255	174	194	198	ჟ-46, ჟ-46A
460	325	450	276	188	202	207	ჟ-50, ჟ-50A
510	355	500	302	206	204	229	ჟ-60
570	375	520	319	217	228	256	
590	400	535	340	232	240	265	
685	515	595	438	299	280	308	ჟ-70

შ ე ნ ი შ ე ნ ა: საანგარიშო წინაღობები განსაზღვრულია სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით.

ცხრილი 9

ალუმინის კონსტრუქციებში არბონრკალური შეღუღებით შესრულებული შენადული ნაკერების სანაბარიშო წინააღობები, მპა

ალუმინის მარკა	შესადულებელი მავთულის მარკა	შენადული ნაკერი			ნაკერის მიმდებარე ზონაში		
		პირაპირა		კუთხური R_{af}	პირაპირა		ფლანტური $R_{af,1}$
		R_{ay}	R_{as}		$R_{ay,1}$	$R_{as,1}$	
AD1M	СВА1	25	15	20	25	15	25
AMuM	СВАМГ3	40	25	30	40	25	40
AMГ2M AMГ21/2H	СВАМГ3	65	40	45	65	40	65
AD31T	СВАМГ3; 1557	55	35	45	55	35	50
AD31T5	СВАМГ3; 1557 ვოლფრამის ელექტროდით	65	40	45	65	40	60
	იგივე დნობადი ელექტროდით	65	40	45	65	40	75
AD31T1	СВАМГ3; 1557 ვოლფრამის ელექტროდით	80	50	45	80	50	80
	იგივე დნობადი ელექტროდით	80	50	45	80	50	105
1915	1557 ვოლფრამის ელექტროდით	145	90	110	145	90	130
	იგივე დნობადი ელექტროდით	145	90	110	145	90	145
1915 (t=5...12მმ)	1557 ვოლფრამის ელექტროდით	160	105	110	160	105	145
	იგივე დნობადი ელექტროდით	160	105	110	160	105	160

ცხრილი 10

შენადული ნაკერების პირობითი აღნიშვნები

ნაკერები	ნაკერების აღნიშვნები	
	ქარხნული	სამონტაჟო
პირაპირა		
უწყვეტი კუთხური		
წყვეტილი კუთხური		

2.4 ზანჯიკური და მოქლონური შეერთებები, მათი ბაანბარიშება და კონსტრუქცია

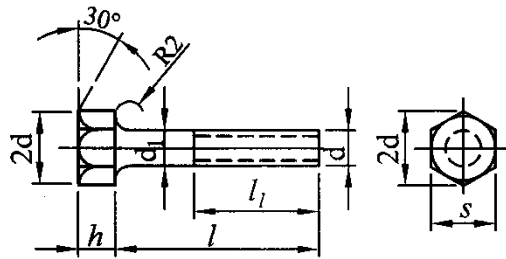
სამშენებლო კონსტრუქციების შეერთებებში გამოიყენება უხეში, ნორმალური და ამაღლებული სიზუსტის, აგრეთვე მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკები.

უხეში და ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკებით შეერთებებს ახასიათებს დამყოლობა, რაც გამოწვეულია ჭანჭიკების წინასწარი მოჭერის ნაკლები სიდიდითა და ასევე, ჭანჭიკსა და ნახვრეტის კედლებს შორის დიდი ღრეჩობით (ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკების ღრეჩობი შეადგენს 0.3-0.5 მმ-ს, ხოლო უხეში სიზუსტის ჭანჭიკებისა – 2-3 მმ-ს). შეერთებების დეფორმაციის შესამცირებლად გამოიყენება ამაღლებული სიზუსტის ჭანჭიკები, რომლებსაც აქვთ უარყოფითი დაშვებები -0.43 -დან -0.52 მმ-დე, ან მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკები, რომლებიც უზრუნველყოფენ N ძალების გადაცემას მიმხეობ სიბრტყეებს შორის წარმოქმნილი ხახუნის მეშვეობით. ამის გამო, უხეში და ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკები გამოიყენება ერთი ელემენტის მეორესთან დასამაგრებლად არაძირითად შეერთებებში, შექვარების კონსტრუქციებში, კავშირებში, ტექნოლოგიურ მოედნებზე და სხვ.

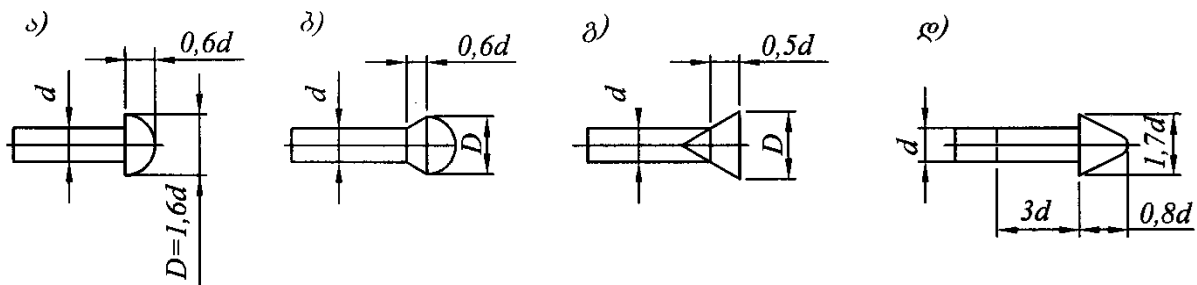
ძირითად მზიდი კონსტრუქციების (კოჭები, ფერმები, ჩარჩოები და სხვ.) სამუშაო და სამონტაჟო შეერთებებში გამოიყენება ამაღლებული სიზუსტისა და მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკები. ჭანჭიკები მზადდება დიამეტრით 12-48 მმ და ღეროს სიგრძით 25-300 მმ (ფიგ. 23). ჩვეულებრივი ფოლადის ჭანჭიკები მზადდება ფოლადებისაგან მარკით: BCт3; BCт5; 14Г2; 15ГC და სხვ., ხოლო მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკები, ფოლადებისაგან მარკით: 40X, 48XΦA, 30X3MΦ, 30X2HMΦA და სხვ. ფოლადების მექანიკური თვისებებიდან გამომდინარე ჭანჭიკები იყოფიან სიმტკიცის კლასების მიხედვით. ფოლადის კონსტრუქციებში ყველაზე გავრცელებული კლასებია: 4.6; 5.6; 8.8; 10.9;

შენადრე შეერთებებთან შედარებით, მოქლონურ შეერთებებში მასალის ხარჯი და ღირებულება 10–15 %-ით მეტია, ხასიათდება დიდი შრომატევადობით. მოქლონები მზადდება სპეციალურ წნეხებში, მრგვალი ცილინდრული ფორმის (დიამეტრით 13-31.5 მმ), თავით. მეორე თავი კეთდება დამოქლონების დროს. ნახვრეტის დიამეტრი აიღება მოქლონის დიამეტრზე 1–1.5 მმ-ით მეტი. ნახვრეტის მომზადება ხდება ჩაჭყლეტით, გაბურღვით, ან

ჯერ ჩატყელებით და შემდეგ საჭირო დიამეტრზე გაბურღვით. დანიშნულების მიხედვით მათ აქვთ თავის სხვადასხვა ფორმა (ფიგ. 24). შეერთებებში მოქლონები ყენდება დამოქლონების ცხელი ან ცივი ხერხით. უპირატესობა ენიჭება ცხლად დამოქლონების ხერხს, რადგანაც გაცივებისას მოქლონის დერო მოკლდება და ხდება ფურცლების ძლიერი მოჭიმვა. მოქლონებისათვის გამოიყენება რბილი ფოლადი CT2 და CT3 დენადობის ზღვრით 220 მპა და მცირედ ლეგირებული ფოლადი 09Г2 დენადობის ზღვრით 300 მპა.



ფიგ. 23. ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკი

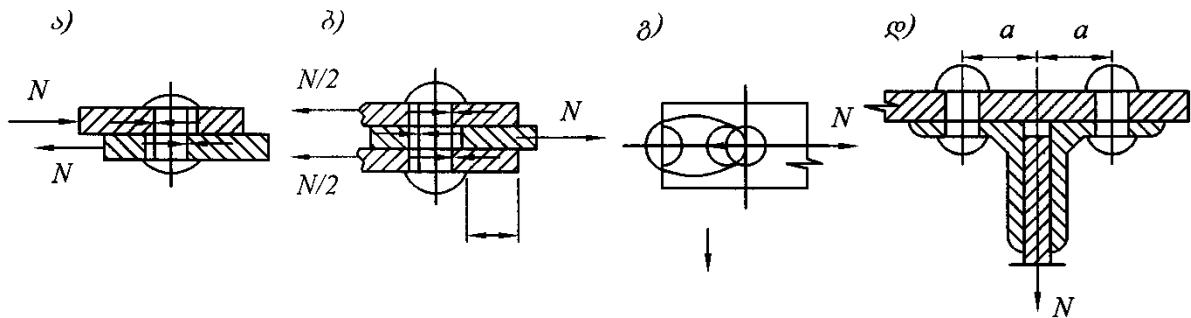


ფიგ. 24 მოქლონების ტიპები

- ა - ნახევარად წრიულთაფიანი; ბ - ნახევარად ფარულთაფიანი;
 გ - ფარულთაფიანი; დ - ამალღებულთაფიანი

ალუმინის შემომზღუდ კონსტრუქციებში, შენადულ შეერთებებთან შედარებით, უპირატესობა ენიჭება ჭანჭიკურ და მოქლონურ შეერთებებს, რადგანაც ის არ იწვევს მასალის სტრუქტურულ ცვლილებებს და შედეგად, ექსპლუატაციისას გამოირჩევა მაღალი საიმედოობით. ალუმინის ჭანჭიკები და მოქლონები ჩვეულებრივ მზადდება იმავე მარკის ალუმინისაგან, რომლითაც დამზადებულია შესაერთებელი ელემენტები – AМr21/2H, AД31T5, AД31T1, 1925 და 1915. ალუმინის შენადნობებისაგან დამზადებული მოქლონები ყენდება ცივ მდგომარეობაში, რათა გამორიცხული იქნეს გახურების მავნე გავლენა დამოქლონების პროცესში. ალუმინის მზიდ კონსტრუქციებში ფართოდ გამოიყენება ამალღებული და ნორმალური სიზუსტის და მოთუთიებული ან მოკადმიუმებული ფოლადის ჭანჭიკები.

ჭანჭიკური და მოქლონური შეერთებები ძირითადად მუშაობს ძვრაზე. ამ დროს ჭანჭიკების და მოქლონების რღვევა შეიძლება მოხდეს მათი ღეროების გადაჭრით ჭრის სიბრტყეში ან შესაერთებელი ელემენტების ნახვრეტების ზედაპირების თელვის შედეგად (ფიგ. 25). თელვის ძალები იწვევენ ფურცლის ამოტეხას ნახვრეტებს შორის ან ნახვრეტსა და ელემენტის კიდეს შორის (ფიგ. 25, გ). გარდა ამისა, ჭანჭიკური და მოქლონური შეერთებები მუშაობს გაჭიმვაზე.



ფიგ. 25. მოქლონური და ჭანჭიკური შეერთებების მუშაობის სქემები

ა - ღეროს ჭრა ერთჭრად შეერთებაში; ბ - ღეროს ჭრა ორჭრად შეერთებაში;

გ - ელემენტის თელვა; დ - გაჭიმვა

მიღებულია, რომ შეერთების სიმძიმის ცენტრში გამავალი გრძივი ძალა N თანაბრად ნაწილდება ყველა შეერთებაზე, რაც საშუალებას იძლევა თითოეული ჭანჭიკისა და მოქლონის მზიდუნარიანობა ჩაითვალოს თანაბრად. ასეთ შემთხვევაში, საანგარიშო ძალვა, რომლის ატანაც შეუძლია ცალკეულ ჭანჭიკს, გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით:

ჭრაზე

$$N_b = R_{bs} \gamma_b A_{ns} n_s; \quad (25)$$

თელვაზე

$$N_b = R_{bp} \gamma_b d \sum t; \quad (26)$$

გაჭიმვაზე

$$N_b = R_{bt} A_{bn}, \quad (27)$$

სადაც, R_{bs} , R_{bp} , R_{bt} არის ჭანჭიკური შეერთებების საანგარიშო წინაღობები, რომლებიც განისაზღვრება 11-14 ცხრილებიდან; $A = \pi d^2 / 4$ - ჭანჭიკის ღეროს განივი კვეთის საანგარიშო ფართობია; A_{bn} - ჭანჭიკის ღეროს განივი კვეთის ნეტო ფართობი, რომელიც მეტრულ კუთხვილიანი ჭანჭიკებისათვის აიღება

მე-15 ცხრილიდან; Σt – ერთი მიმართულებით თეღვადი ელემენტების უმცირესი ჯამური სისქე; n_s – ერთი ჭანჭიკის საანგარიშო ჭრის რიცხვი (შესაერთებელ ელემენტების რაოდენობაზე ერთით ნაკლები); γ_b – შეერთების მუშაობის პირობის კოეფიციენტი, მისი მნიშვნელობა აიღება მე-16 ცხრილიდან.

შეერთებაში ჭანჭიკების n რაოდენობა განისაზღვრება ფორმულით

$$n \geq N/\gamma_c N_{min}, \quad (28)$$

სადაც N_{min} არის ერთ ჭანჭიკზე მოქმედი საანგარიშო ძალვის უმცირესი მნიშვნელობა, განისაზღვრება 25, 26 და 27 ფორმულებით; γ_c – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, რომელიც მრავალჭანჭიკიან შეერთებებში ტოლია 1-ის, ხოლო ერთჭანჭიკიან შეერთებებში სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით.

მოქლონური შეერთებები გაანგარიშდება ანალოგიური ფორმულებით.

ცხრილი 11

ფოლადის ჭანჭიკების საანგარიშო წინააღობები ზრახვი და ბაჭიმვაზე, მპა

დაძაბული მდგომარეობა	საანგარიშო წინააღობები ჭანჭიკებისათვის კლასით, მპა					
	4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	8,8
ჭრა, R_{bs}	150	160	190	200	230	320
ბაჭიმვა, R_{bt}	175	160	210	200	250	400

შენიშვნა: მოყვანილია საანგარიშო წინააღობების მნიშვნელობები ერთჭანჭიკიანი შეერთებებისათვის.

ცხრილი 12

ჰანჯიკებით შეერთებული ფოლადის ელემენტების თელვის საანგარიშო
წინალოგები

შესაერთებელი ელემენტების ფოლადის დროებითი წინაღობა R_{un} , მპა	ჰანჯიკებით შესაერთებული ელემენტების საანგარიშო წინაღობა თელვაზე R_{bp} , მპა		შესაერთებელი ელემენტების ფოლადის დროებითი წინაღობა R_{un} , მპა	ჰანჯიკებით შესაერთებული ელემენტების საანგარიშო წინაღობა თელვაზე R_{bp} , მპა	
	ამაღლებული სიზუსტის	ნორმალური და უხეში სიზუსტის		ამაღლებული სიზუსტის	ნორმალური და უხეში სიზუსტის
345	370	335	460	580	520
365	400	365	510	685	610
390	445	400	570	820	725
440	540	485	590	870	–

ცხრილი 13

ალუმინის ჰანჯიკების საანგარიშო წინალოგები ჰრაზე და გაჭიმვაზე

ჰანჯიკები	დაძაბული მდგომარეობა	ჰანჯიკების საანგარიშო წინაღობა მპა	
		AMr5H	ABT1
ნორმალური სიზუსტის	ჰრა, R_{bs}	80	85
ამაღლებული სიზუსტის		90	95
ნორმალური და ამაღლებული სიზუსტის	გაჭიმვა, R_{bt}	125	160

ცხრილი 14

ალუმინის ელემენტების საანგარიშო წინაღობები თელვაზე მოქლონურ და ჰანჯიკურ შეერთებებში

შეერთებები	საანგარიშო წინაღობა თელვაზე, მპა, ალუმინისთვის:							
	АД1М	АМ1М	АМг2М	АМг21/2Н, АД31Т1	АД31Т	АД31Т5	1925Т, 1925, 1915	1915Т
მოქლონური, R_{rp}	40	65	110	200	90	160	280	320
ჰანჯიკური, R_{bp}	35	60	100	180	80	145	250	290

ცხრილი 15

ჰანჯიკების ბანივი კვეთის ფართობები

d , მმ	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
A_b , სმ ²	2.01	2.54	3.14	3.80	4.52	5.72	7.06	10.17	13.85	18.09
A_{bn} , სმ ²	1.57	1.92	2.45	3.03	3.52	4.59	5.60	8.26	11.20	14.72

ცხრილი 16

ფოლადის ჰანჯიკური შეერთებების მუშაობის პირობების კოეფიციენტები

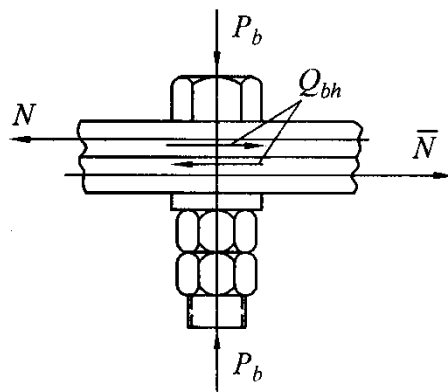
შეერთებათა დახასიათება	მუშაობის პირობების კოეფიციენტი γ_b
მრავალჰანჯიკიანი, ჭრაზე და თელვაზე გაანგარიშებისას, შემდეგი ჯგუფის ჰანჯიკებისთვის: ამაღლებული სიზუსტის უხეში და ნორმალური სიზუსტის	1 0.9
ჰანჯიკური, 380 მპ-მდე დენადობის ზღვრის მქონე ფოლადის კონსტრუქციების ელემენტებში თელვაზე გაანგარიშებისას	0.85

შ ე ნ ი შ ე ნ ა: კოეფიციენტები გათვალისწინებული უნდა იქნას ერთდროულად.

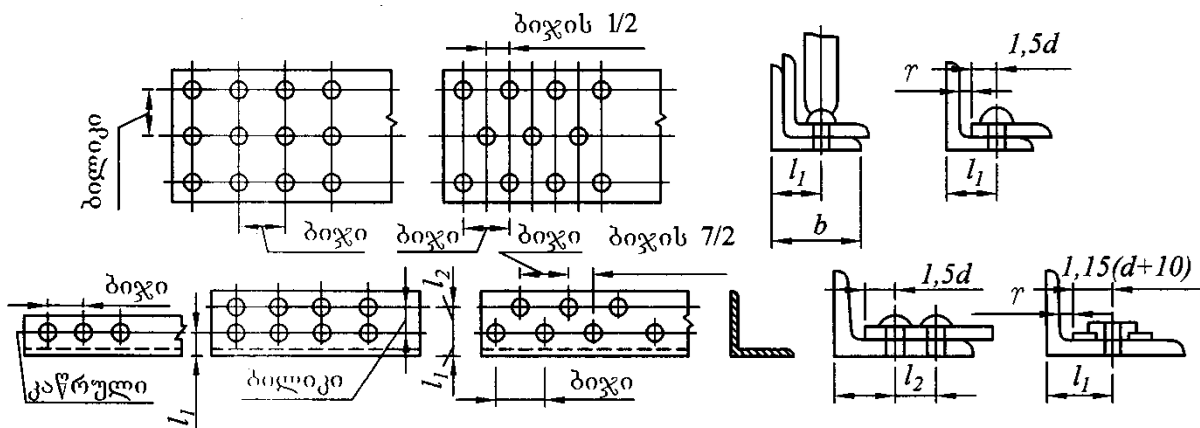
ერთი მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის ქვეშ (ფიგ. 26), ხახუნის ზედაპირის მიერ მიღებული საანგარიშო ძალვა Q_{bh} გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{bh} = R_{bh} \gamma_b A_{bn} \mu / \gamma_n, \quad (29)$$

სადაც $R_{bh} = 0.7 R_{bun}$ არის მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე, აიღება მე-17 ცხრილიდან; μ – ხახუნის კოეფიციენტი, აიღება მე-18 ცხრილიდან; γ_n – საიმედოობის კოეფიციენტი, აიღება მე-18 ცხრილიდან; A_{bn} – ჭანჭიკის განივი კვეთის ნეტო ფართობი, განისაზღვრება მე-15 ცხრილიდან; γ_b – შეერთების მუშაობის პირობების კოეფიციენტი ($\gamma_b=0.8$, როცა $n < 5$; $\gamma_b=0.9$, როცა $5 < n < 10$ და $\gamma_b=1$ -ის, როცა $n \geq 10$).



ფიგ. 26. მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის მუშაობისთვის



ფიგ. 27. ჭანჭიკებისა და მოქლონების განლაგება შეერთებაში

მაღალი სიმტკიცის ჯანჭიკების მექანიკური თვისებები

სრახნის ნომინა- ლური დიამეტრი <i>d</i> , მმ	ფოლადის მარკა	უმცირესი დროებითი წინაღობა <i>R_{bun}</i> , ნ/მმ ²	სრახნის ნომინა- ლური დიამეტრი <i>d</i> , მმ	ფოლადის მარკა	უმცირესი დროებითი წინაღობა <i>R_{bun}</i> , ნ/მმ ²
16-27	40X „სელექტი“	1100	36	40X „სელექტი“	750
	38X “სელექტი“ 40XΦA “სელექტი“	1350		30X3MΦ	1100
	30X3MΦ	1550	42	40X „სელექტი“	650
	30X2HMΦA	1550		30X3MΦ	1000
	30	40X “სელექტი“	950	48	40X „სელექტი“
30X3MΦ, 35X2AΦ		1200	30X3MΦ		900

საიმელოობისა და ხახუნის კოეფიციენტები მაღალი სიმტკიცის
ჭანჭიკებითი შეერთებებისათვის

შესაერთებელი ზედაპირების დამუშავების (გასუფთავების) ხერხი	ჭანჭიკების მოჭიმვის რეგულირების ხერხები	ხახუნის კოეფიციენტი μ	კოეფიციენტი γ_n დატვირთვისას, და ნახვრეტებისა და ჭანჭიკების ნომინალურ დიამეტრებს შორის სხვაობის შემთხვევაში δ , მმ	
			დინამიკური და როცა $\delta=3-6$; სტატიკური და როცა $\delta=5-6$	დინამიკური და როცა $\delta=1$; სტატიკური და როცა $\delta=1-4$
სილაჭავლური, საფანტსატყორცნი ან საფანტ-ჭავლური, ორი ზედაპირის, კვარცის ქვიშით ან საფანტით კონსერვაციის გარეშე	M α	0.58 0.58	1.35 1.2	1.12 1.02
იგივე, კონსერვაციით, მოლითონებით, თუთიის ან ალუმინის დახერხებით	M α	0.5 0.5	1.35 1.2	1.12 1.02
კვარცის ქვიშით ან საფანტით ერთი ზედაპირის კონსერვაციით პოლიმერული წებოთი და კორბორუნდის ფხენილის მოყრით, ფოლადის ჯაგრისით მეორე ზედაპირის კონსერვაციის გარეშე	M α	0.5 0.5	1.35 1.2	1.12 1.02
ირეალური, ორი ზედაპირის, კონსერვაციის გარეშე	M α	0.42 0.42	1.35 1.2	1.12 1.02
ფოლადის ჯაგრისებით, ორი ზედაპირის, კონსერვაციის გარეშე	M α	0.35 0.35	1.35 1.25	1.173 1.06
დამუშავების გარეშე	M α	0.25 0.25	1.7 1.52	1.3 1.2

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: ჭანჭიკების მოჭიმვის რეგულირების ხერხების აღნიშვნები: M – დაგრეხის მომენტის მიხედვით; α – ქანჩის მობრუნების კუთხის მიხედვით.

შეერთებაში მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების რაოდენობა n განისაზღვრება ფორმულით

$$n \geq N/\gamma_c Q_{bh} . \tag{30}$$

მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკში წარმოქმნილი აუცილებელი დერძული ძალვა, რომელიც მოწმდება ტარირებული ქანხსაჭერით მოჭიმვის დროს, ტოლია

$$P_b = R_{bt} / A_n . \quad (31)$$

ჭანჭიკებს შეერთებებში განალაგებენ რიგობრივი ან ჭადრაკული წესით, როგორც ეს ნაჩვენებია ფიგ. 27-ზე.

ჭანჭიკებს შორის უბნებზე შესაუღლებელი ელემენტების მდგრადობის უზრუნველყოფის პირობიდან გამომდინარე, შემაერთებელ ჭანჭიკებს, როგორც წესი, განალაგებენ ერთმანეთისაგან მაქსიმალურ მანძილზე. ლითონის ეკონომიის მიზნით, პირაპირებსა და კვანძებში ჭანჭიკებს განალაგებენ მინიმალურ მანძილზე, რომელიც დგინდება ამოტეხაზე სიმტკიცის უზრუნველყოფისა და ჭანჭიკების გაურთულებლად დაყენების პირობიდან გამომდინარე (ცხრილი 19).

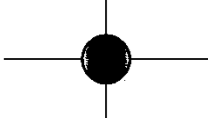
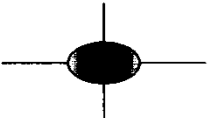
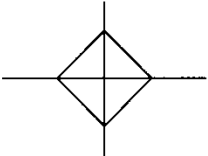
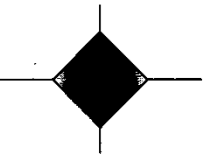
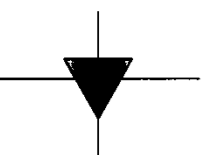
ცხრილი 19

ჭანჭიკების განლაგება შეერთებებში

მანძილის დახასიათება	ჭანჭიკებს შორის მანძილი
მანძილი ჭანჭიკების ცენტრებს შორის ნებისმიერი მიმართულებით	
ა) მინიმალური	$2.5d - 3d$
ბ) მაქსიმალური განაპირა რიგებში, როდესაც არ არის მოსაჩარხოებელი კუთხოვანები: გაჭიმვაზე და კუმშვაზე	$8d$ ან $12t$
გ) მაქსიმალური შუა რიგებში, აგრეთვე განაპირა რიგებში, როდესაც არის მოსაჩარხოებელი კუთხედები:	
გაჭიმვაზე	$16d$ ან $24t$
კუმშვაზე	$12d$ ან $18t$
მანძილი ჭანჭიკის ცენტრიდან ელემენტის კიდემდე	
ა) მინიმალური ძალის მოქმედების გასწვრივ	$2d$
ბ) იგივე, ძალის მოქმედების განივად:	
ჩამონატყერი ნაწიბურებისას	$1.5d$
გაგლინული ნაწიბურებისას	$1.2d$
გ) მაქსიმალური	$4d$ ან $8t$
დ) მინიმალური მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებისათვის, ნებისმიერი ნაწიბურით და ძალის ნებისმიერი მიმართულებისთვის	$1.3d$

ა დ ნ ი შ ვ ნ ე ბ ი: d – ჭანჭიკის ნახვრეტის დიამეტრი; t – ყველაზე თხელი გარე ელემენტის სისქე.

ჭანჭიკების ნახვრეტების პირობითი აღნიშვნები

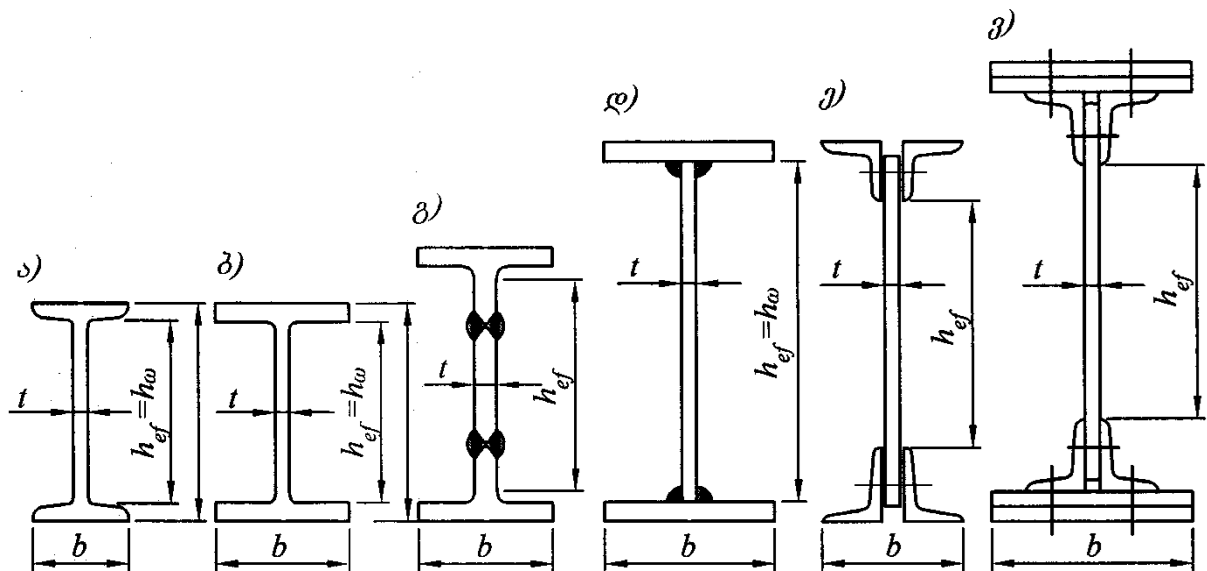
ჭანჭიკთა და ნახვრეტთა სახეები	აღნიშვნები
მრგვალი ნახვრეტი	
ოვალური	
საქარხნო და საამწყობრო შეერთებებში გამოყენებული მუდმივი ჭანჭიკები	
დროებითი ჭანჭიკები საამწყობრო შეერთებებში	
მაღალმტკიცე ჭანჭიკები	

თავი 3. კოჭები

3.1. კოჭების ტიპები და მათი სტატიკური სქემები

ლითონის კოჭები მიეკუთვნება ღუნვად ელემენტებს და ძირითადად გამოიყენება 6-18 მ მაღის მქონე მრავალსართულიან სამრეწველო და სამოქალაქო შენობებში, აგრეთვე ერთსართულიან სამრეწველო შენობებში ამწისქვეშა კოჭების, კიდული ტრანსპორტის სავალი კოჭების და იშვიათად 18-24 მ მაღის მქონე გადახურვების მზიდი კოჭების სახით.

დამზადების სიმარტივიდან გამომდინარე, ყველაზე რაციონალურია ორტესებრი და შველერის ტიპის ნაგლინი პროფილები. როდესაც ნაგლინი კოჭები არ აკმაყოფილებს სიმტკიცის, სიხისტისა და საერთო მდგრადობის პირობებს, ანუ დიდი მალეებისა და დიდი მღუნავი მომენტების შემთხვევაში, ფართოდ გამოიყენება შედგენილი შენადული ორტესებრი კოჭები, ხოლო იმ კონსტრუქციებში, რომლებზეც მოქმედებს დინამიკური და ვიბრაციული დატვირთვები – შედგენილი კოჭები, მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით და მოქლონური კოჭები (ფიგ. 28). 6 მ-დე მალეების შემთხვევაში, ფოლადის ნაგლინი და ალუმინის დაწნეხილი კოჭების მაგივრად მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას შველერის ან კოლოფისებრი ტიპის ფოლადის ნაღუნი პროფილის კოჭები (იხ. ფიგ. 8).

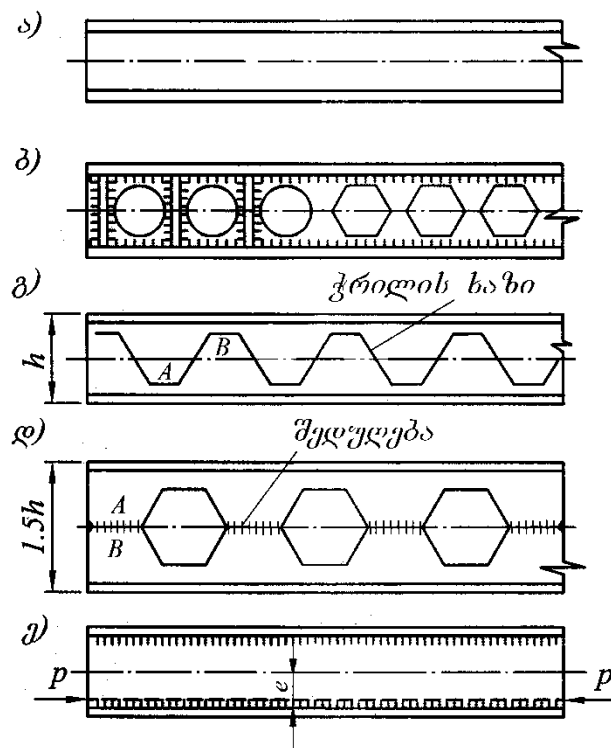


ფიგ. 28. კოჭების კვეთის ტიპები

ა – ნაგლინი ორტესებრი შიდა დახრილი წახნაგებიანი თაროებით; ბ – იგივე, თხელკედლიანი ვიწრო პარალელური თაროებით; გ – შენადული, ფართო თაროებიანი ტესებრებით; დ – ფურცლებისაგან შენადული; ე, ე – მოქლონური ან მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით

შედგენილი შენადული კოჭები შეიძლება იყოს მთლიანკედლიანი ან წრიული, ოვალური ან მრავალკუთხა ნახვრეტებით, რომლებიც გამოიყენება საინჟინრო კომუნიკაციების გაყვანისა და სხვა მიზნებისათვის (ფიგ. 29, ა, ბ). ნახვრეტებს შორის შუალედებში ყენდება სიხისტის წიბოები, რომლებიც უზრუნველყოფენ კოჭის კედლის მდგრადობას.

მშენებლობაში აგრეთვე გამოიყენება კოჭები პერფორირებული კედლებით (ფიგ. 29 გ, დ), რომლებიც მიიღება ცხლანაგლინი ორტესური პროფილის კოჭების ტეხილი ხაზით გაჭრით გრძივი მიმართულებით. შემდგომ, ორივე ნაწილს გადაადგილებენ ზიგზაგების პირდგმულად შეერთებამდე და ადულებენ. პროფილის სიგრძის, სიმაღლის და ტეხილი ხაზის ფორმიდან გამომდინარე, შეიძლება მიღებულ იქნას პერფორირებული კოჭის განსხვავებული ნახერცები და სხვადასხვა სიმაღლე. ყველაზე ოპტიმალური პროფილი შეიძლება მივიღოთ სიმაღლის გაზრდით $1.5 h$ -მდე.



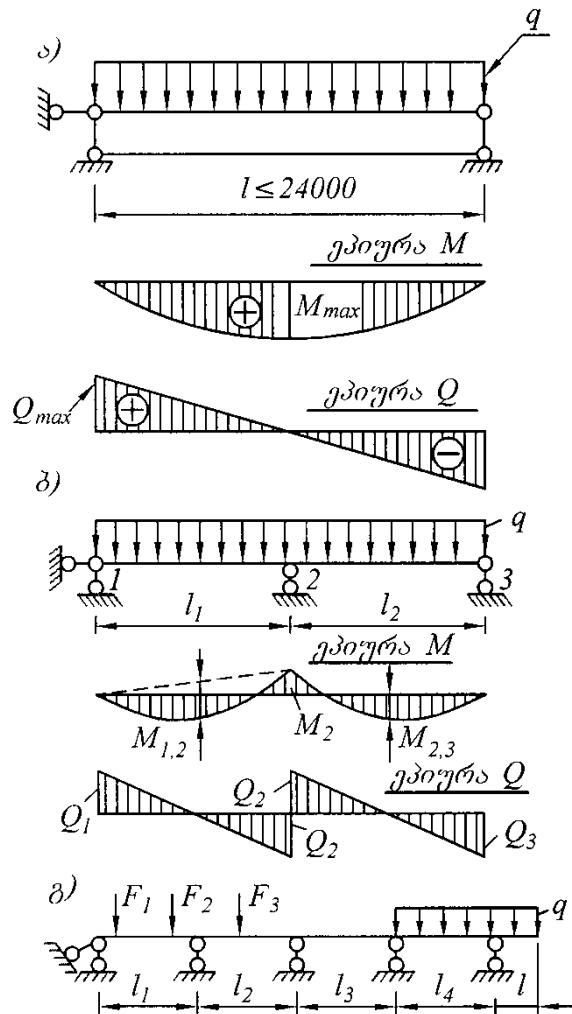
ფიგ. 29. კოჭების ტიპები

ა – მთლიანკედლიანი; ბ – პერფორირებული ნახერცებით; გ, დ – პერფორირებული, ნაგლინი პროფილის კედლის გაჭრითა და შედუღებით; ე – წინასწარ დაძაბული საკოჭით

პერფორირებულ კოჭებს იგივე მასა აქვთ, რაც ნაგლინ პროფილებს, ამასთან, მათი მზიდუნარიანობა და სიმტკიცე მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე საწყისი პროფილისა. გამომდინარე აქედან, პერფორირებული კოჭები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მეტ მალეებში და მეტი დატვირთვისას. ასეთი კოჭების გამოყენება უმჯობესია დიდი მალეებისა და მცირე დატვირთვების დროს. ასეთ შემთხვევაში განივი ძალების გავლენა ძაბვებზე ვერტიკალურ

კედელში უმნიშვნელოა. პერფორირებული კოჭების გამოყენება იძლევა ფოლადის 20-30%-ით ეკონომიას. თუმცა, დამზადების უფრო მაღალი ღირებულების გათვალისწინებით, მათი გამოყენება უნდა იყოს ეკონომიკურად გამართლებული.

მაღის გადიდების ან კოჭზე საანგარიშო დატვირთვის გაზრდის შემთხვევაში რაციონალურია ფოლადის წინასწარ დაძაბული კოჭების გამოყენება (ფიგ. 29, ე), რომელშიც წინასწარ დაძაბული გვარლი განლაგებულია მაქსიმალური გაჭიმვის ზონაში.



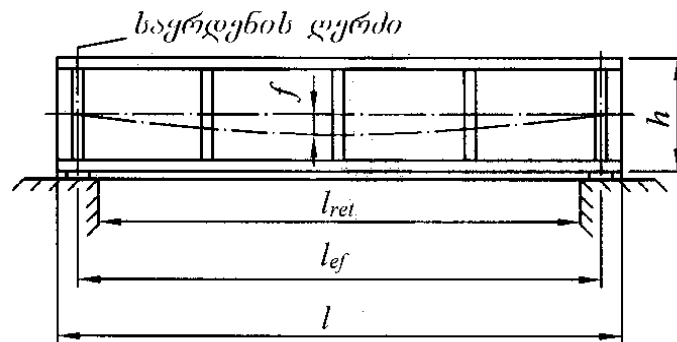
ფიგ. 30. კოჭების სტატიკური სქემები

ა – ერთმალიანი ჭრადი; ბ – ორმალიანი უჭრი; გ – მრავალმალიანი უჭრი

სტატიკური მუშაობის თვალსაზრისით კოჭები შეიძლება იყოს ერთმალიანი ჭრადი, ორმალიანი და მრავალმალიანი უჭრი, კონსოლური და უკონსოლო (ფიგ. 30). მშენებლობაში უმეტესად გამოიყენება ერთმალიანი ჭრადი კოჭები, როგორც ყველაზე მარტივი მონტაჟსა და ექსპლუატაციაში.

დამზადების შრომატევადობით უჭრი კოჭები ჩამორჩება ჭრად კოჭებს, თუმცა მასალის ხარჯისა და სიმტკიცის მიხედვით ისინი უფრო ეფექტურებია, რაც განაპირობებს მათ ფართო გამოყენებას მრავალსართულიან კარკასებში. ამასთან, განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ტემპერატურული ზემოქმედების გათვალისწინებასა და საყრდენების ჯდომას, რადგანაც უჭრი კოჭები ძლიერ მგრძობიარეა ასეთი ზემოქმედებისადმი.

კოჭის გენერალური ზომა ეწოდება მის საანგარიშო მალს l_{ef} და კვეთის სიმაღლეს h (ფიგ. 31). კოჭის ნამდვილ ან კონსტრუქციულ ზომებს l ნიშნავენ საყრდენი ბაქნების ზომების გათვალისწინებით, რომლებიც დამოკიდებულია ბაქნის მასალის მზიდუნარიანობაზე. საყრდენ კვანძებს შორის მანძილი l_0 დამოკიდებულია ნაგებობების ექსპლუატაციის პირობებზე და ინიშნება დაპროექტების პროცესში. კოჭის სიმაღლის ოპტიმალური მნიშვნელობა დამოკიდებულია საანგარიშო მალზე, დატვირთვაზე, ფოლადის მარკაზე, კოჭის დანიშნულებასა და ა.შ., და მდებარეობს ზღვრებში $h/l_{ef} = (1/10-1/15)$. კოჭის კვეთის სიმაღლის მინიმალური მნიშვნელობები, ესკიზური დაპროექტებისას, შეიძლება მიღებულ იქნას 21-ე ცხრილის მიხედვით, როდესაც $q_n/q_d = 1.2$ (სადაც q_n და q_d – გრძივი ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვებია).



ფიგ. 31. კოჭის გენერალური ზომები

კოჭების სისტემას, რომლითაც გადახურულია სხვადასხვა დანიშნულების შენობები და ნაგებობები, კოჭოვანი გადახურვა ეწოდება. კოჭოვანი გადახურვა შეიცავს მთავარ კოჭებს, რომლებიც განლაგებულია ბიჯით $L=6-9$ მ, დამხმარე კოჭებს, რომლებიც ეყრდნობა მთავარ კოჭებს ბიჯით $b=1.5-3$ მ და ფენილს კოჭებს, რომლებსაც აპროექტებენ ბიჯით $a=0.5-1.2$ მ (ფიგ. 32). მთავარი, დამხმარე და ფენილის კოჭების ურთიერთგანლაგებიდან

გამომდინარე, განასხვავებენ კოჭოვანი გადახურვის სამ ძირითად ტიპს: გამარტივებული, ნორმალური და გართულებული.

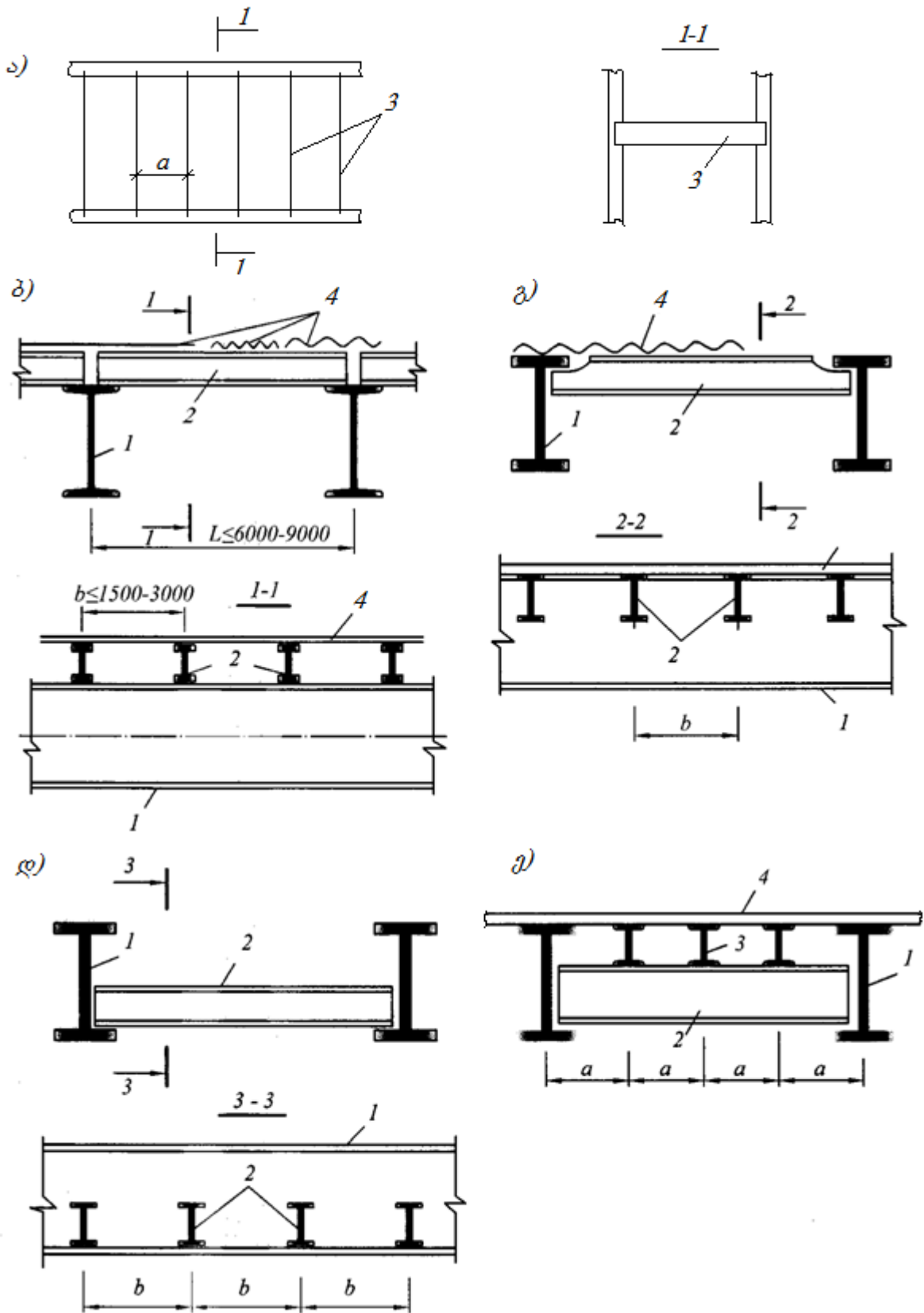
ცხრილი 21

პოჭების სიმაღლის მიახლოებითი მნიშვნელობები

ზღვრული ჩაღუნვები მაღლის მიმართ	h_{min} მნიშვნელობები დროებითი წინაღობის R_{un} დროს, მპა					
	370	430	450	510	590	685
$[f/l_{ef}] = 1/250$	$l_{ef}/23.0$	$l_{ef}/18.7$	$l_{ef}/16.7$	$l_{ef}/14.3$	$l_{ef}/12.8$	$l_{ef}/11.0$
$[f/l_{ef}] = 1/400$	$l_{ef}/14.4$	$l_{ef}/11.7$	$l_{ef}/10.5$	$l_{ef}/8.9$	$l_{ef}/8.0$	$l_{ef}/6.9$
$[f/l_{ef}] = 1/600$	$l_{ef}/9.7$	$l_{ef}/7.8$	$l_{ef}/7.0$	$l_{ef}/6.0$	$l_{ef}/5.3$	$l_{ef}/4.6$

გამარტივებული ტიპის გადახურვა შედგება გადახურვის ფენილისაგან და ფენილის კოჭებისაგან, რომლებიც ჩვეულებრივ განლაგებულია გადახურვის მცირე გვერდის პარალელურად და ეყრდნობა კედლებს ან სხვა მზიდ კონსტრუქციებს (ფიგ. 32, ა).

ნორმალური ტიპის გადახურვა შედგება ურთიერთმართობულად განლაგებული კოჭებისა და ფენილისაგან. კოჭებს, რომლებიც განლაგებულია უჯრედის გრძელი გვერდის მიმართულებით, მთავარი კოჭები ეწოდება, ხოლო კოჭებს, რომლებზეც დალაგებულია ფენილი და ეყრდნობა მთავარ კოჭებს – დამხმარე კოჭებს უწოდებენ. მთავარი და დამხმარე კოჭების ურთიერთგანლაგებიდან გამომდინარე განასხვავებენ ნორმალური ტიპის გადახურვის სამ სახეს: დამხმარე კოჭების ზედა განლაგებით (ფიგ. 32, ბ); დამხმარე და მთავარი კოჭების ერთ დონეზე განლაგებითა (ფიგ. 32, გ) და დამხმარე კოჭების დადაბლებული განლაგებით (ფიგ. 32, დ).



ფიგ. 32. კოჭოვანი გადახურვის სქემები

ა - გამარტივებული ტიპის გადახურვა; ბ - ნორმალური, დამხმარე კოჭების განლაგებით მთავარი კოჭის ზედა თაროზე; გ - იგივე, დამხმარე კოჭების განლაგებით მთავარი კოჭის ზედა თაროს დონეზე; დ - იგივე, დამხმარე კოჭების დადაბლებული განლაგებით; ე - გართულებული; 1 - მთავარი კოჭი; 2 - დამხმარე კოჭი; 3 - ფენილის კოჭი; 4 - ფენილი.

გართულებული ტიპის კოჭოვანი გადახურვა, მთავარი და დამხმარე კოჭების გარდა, დამატებით შედგება ფენილის კოჭებისაგან, რომლებიც განლაგებულია დამხმარე კოჭების მართობულად და უშუალოდ ეყრდნობა მათ (ფიგ. 32, ე).

კოჭოვანი გადახურვის შერჩევა დამოკიდებულია გადახურვის კონსტრუქციაზე (ლითონური ფენილი, რკინაბეტონის ფილები და სხვ.), ტექნოლოგიური დანადგარების, შეკიდული ჭერის და სხვა ფაქტორების არსებობაზე, ამიტომ კოჭოვანი გადახურვის ტიპი, ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის, განისაზღვრება ვარიანტული დაპროექტებით.

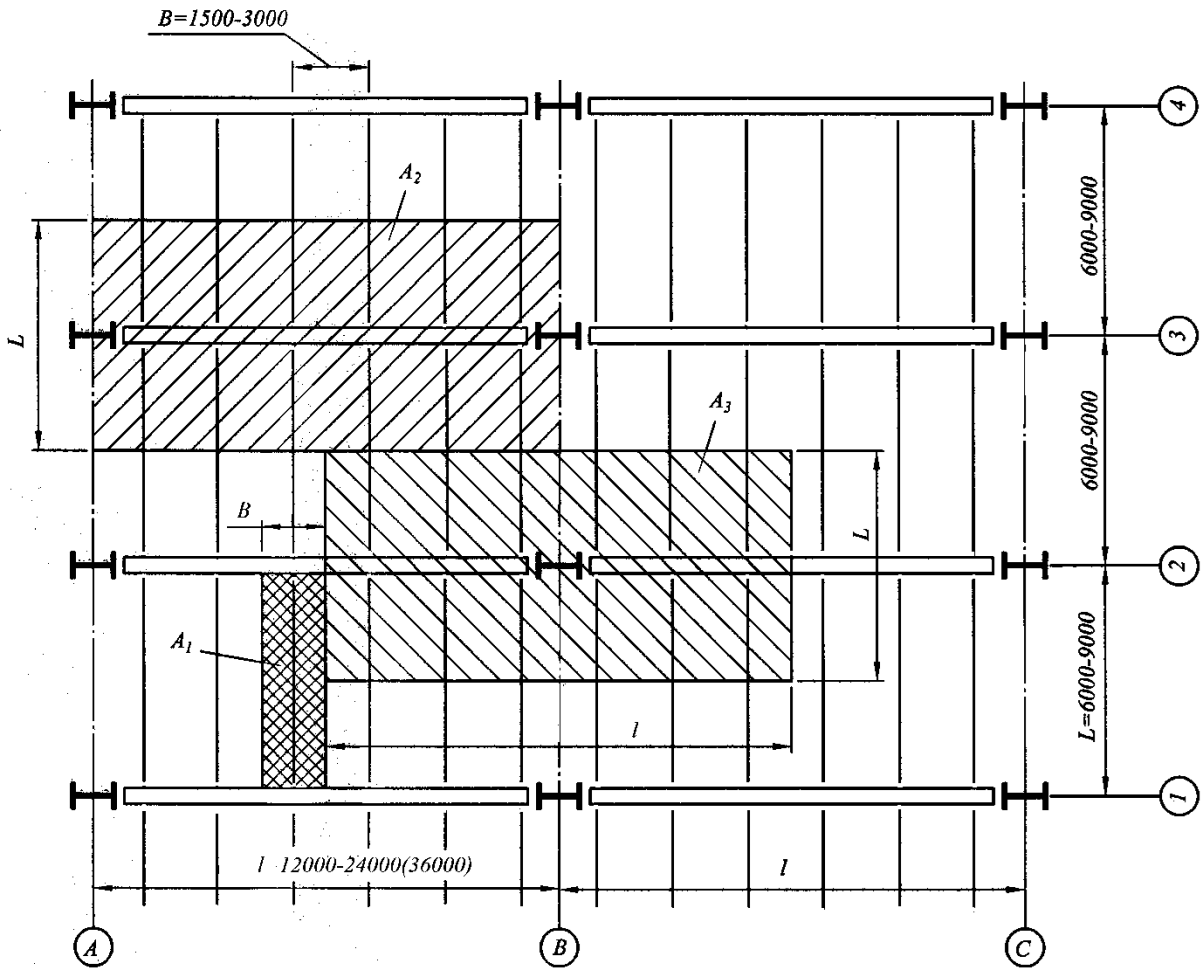
ყველაზე მარტივად ასაგები და მასალის ხარჯის მიხედვით ეკონომიურია კოჭოვანი გადახურვები დამხმარე კოჭების ზედა განლაგებით, მაგრამ მას გააჩნია უარყოფითი მხარეც – გადახურვის დიდი სამშენებლო სიმაღლე. გადახურვის სამშენებლო სიმაღლის შეზღუდვის შემთხვევაში, ყველაზე მიზანშეწონილია კოჭოვანი გადახურვა დამხმარე და მთავარი კოჭების ერთ დონეზე განლაგებით. კოჭოვანი გადახურვები, დამხმარე კოჭების დადაბლებული განლაგებით და გართულებული სისტემით, უმეტესად გამოიყენება ტექნოლოგიური დანადგარების დაყრდნობის ან გადახურვის მცირეზომიანი ფილების შემთხვევაში.

3.2. ნაგლინი და შედგენილი შენადული კოჭების ბანივი კვეთის გაანგარიშება

უმეტეს შემთხვევაში კოჭოვან გადახურვაზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა, რომელიც გაანგარიშებისას დაიყვანება ხაზოვან დატვირთვად ფენილის, დამხმარე და მთავარ კოჭებზე, მათი სატვირთო ფართობებიდან (ფიგ. 33). კოჭების გაანგარიშება მიმდინარეობს იმავე თანამიმდევრობით, როგორც გადაეცემა დატვირთვა – ფენილის, დამხმარე და მთავარ კოჭებზე. კვეთის შერჩევას წინ უსწრებს კოჭების სტატიკური გაანგარიშება, რომლის შედეგადაც განისაზღვრება საანგარიშო მდუნავი M მომენტები და საანგარიშო განივი Q ძალები დამახასიათებელ კვეთებში.

კოჭების გაანგარიშებას ახორციელებენ ორი ზღვრული მდგომარეობის – მზიდუნარიანობის და ჩაღუნვების მიხედვით. ნაგლინი კოჭების (ორტესებრი, შველერი და სხვა პროფილების) გაანგარიშებისას, სორტამენტის მიხედვით,

შეირჩევა საჭირო პროფილი, რომელიც შემოწმდება სიმტკიცეზე, სიხისტეზე და მდგრადობაზე.



ფიგ. 33. კოჭოვანი გადახურვის ელემენტებზე დატვირთვის განსაზღვრისათვის A_1 , A_2 , A_3 – დამხმარე კოჭის, მთავარი კოჭისა და სვეტის სატვირთო ფართობები

პროფილის შესარჩევად, საანგარიშო მღუნავი მომენტის მიხედვით, გამოითვლება კვეთის საჭირო წინააღობის მომენტი ფორმულით:

$$W_{n,min} = M/R_y\gamma_c, \quad (32)$$

ხოლო პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების გათვალისწინებით გაანგარიშებისას – ფორმულით:

$$W_{n,min} = M/c_1 R_y\gamma_c, \quad (33)$$

სადაც c_1 არის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით.

კვეთის საჭირო ინერციის მომენტი I , მაგალითად, l_{ef} მაღის მქონე ჭრადი ერთმალიანი კოჭისთვის, რომელიც დატვირთულია თანაბრად განაწილებული ნორმატიული დატვირთვით q_n , შეიძლება გამოითვალოს კოჭის ფარდობითი ჩაღუნვის შემოწმების ფორმულიდან:

$$f/l_{ef} = 5q_n l_{ef}^3 / 384EI \leq [f/l_{ef}] \quad (34)$$

შემდეგი ფორმულით:

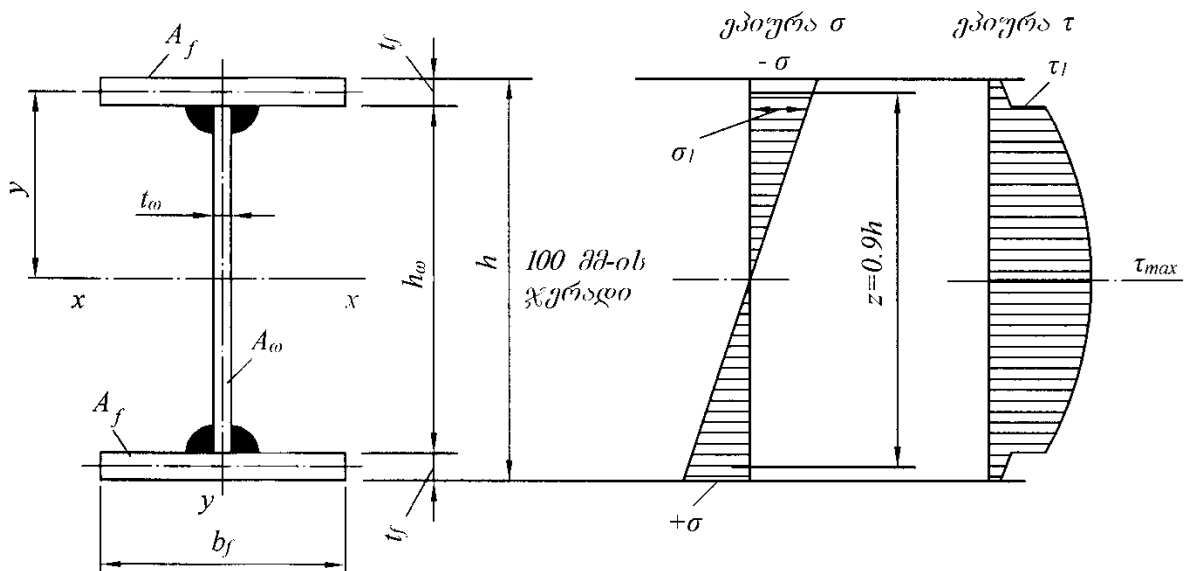
$$I_{min} \geq 5q_n l_{ef}^3 / 384 E \cdot [l_{ef}/f], \quad (35)$$

სადაც $[l_{ef}/f]$ არის ზღვრული ფარდობითი ჩაღუნვის შეზღუდვით სიდიდე, რომელიც აიღება სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით (სართულშუა გადახურვის მთავარი კოჭისათვის $[l_{ef}/f] = 400$, დამხმარე კოჭისათვის $[l_{ef}/f] = 250$).

წინააღმდეგობის $W_{n,min}$ და ინერციის I_{min} მინიმალური მომენტების მიხედვით სორტამენტიდან შეირჩევა ორტესებრი ან შევლერი W -სა და I -ს უახლესი დიდი მნიშვნელობებით. ამის შემდეგ შერჩეული კვეთი მოწმდება მაქსიმალური განივი Q_{max} ძალის ზემოქმედებაზე (13) ფორმულით. თუ განივი ძალაზე შემოწმება ვერ აკმაყოფილებს სიმტკიცის პირობებს, სორტამენტში შეირჩევა შემდეგი პროფილი და მეორდება შემოწმება. საბოლოოდ შეირჩევა პროფილი, რომლისთვისაც დაცული იქნება პირობა $\tau \leq R_s \gamma_c$.

შენადგული ორტესებრი კოჭის კვეთი განისაზღვრება წინააღმდეგობის მინიმალური მომენტისა $W_{min} = M / R_s \gamma_c$ და, კედელსა A_w და თაროს A_f შორის კვეთის ფართობის ოპტიმალური განაწილების მიხედვით (კედლის მოქნილობაზე დამოკიდებულებით h_w/t_w). სიმეტრიული ორტესებრი კოჭის (ფიგ. 34) შემთხვევაში, კვეთის ფართობის ყველაზე ხელსაყრელი განაწილება მიიღება, როდესაც $h_w/t_w = 100-150$ (ცხრილი 22).

რაც უფრო თხელია კედელი მით ეკონომიურია კოჭი. ეს აიხსნება იმით, რომ მღუნავი მომენტის 85% აითვისება თაროების მუშაობით და მხოლოდ 15% კედლით. კოჭში აღძრული განივი ძალა კი, თითქმის მთლიანად აითვისება კედლის მუშაობით.



ფიგ. 34. შედგენილი შენადული კოჭის გაანგარიშებისთვის

ცხრილი 22

h_w -სა და t_w -ს პრაქტიკული თანაფარდობები

$H_w, მ$	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2
$T_w, მმ$	8-6	10-8	10-9	12-10	14-12	14

შენადული კოჭის სიმაღლის შერჩევასა, როგორც წესი, განიხილავენ სამ სიდიდეს: ოპტიმალურ სიმაღლეს h_{opt} , რომლის დროსაც კოჭის მასა მინიმალურია; მინიმალურ სიმაღლეს h_{min} , რომლის დროსაც კვეთი აკმაყოფილებს სიხისტის პირობას და მაქსიმალურ სიმაღლეს h_{max} , რომელიც შესაძლებელია გადახურვის მოცემული სამშენებლო სიმაღლის ფარგლებში. პირველი მიახლოებით კვეთის ოპტიმალური სიმაღლე შეიძლება განისაზღვროს გამარტივებული ფორმულით:

$$h_{opt} \approx 6 \sqrt[3]{M/R_y \gamma_c}, \quad (36)$$

ხოლო კვეთის სიმაღლის მინიმალური h_{min} მნიშვნელობა ზღვრული ჩაღუნვის პირობიდან გამომდინარე – 21-ე ცხრილის მიხედვით. ამასთან, შემდგომი გაანგარიშებისას რეკომენდებული არ არის კოჭის სიმაღლის h_{min} -ზე ნაკლების (მასალის გაზრდილი ხარჯის გამო) და h_{max} -ზე მეტის (არქიტექტურულ-კონსტრუქციული მოსაზრებიდან გამომდინარე) მიღება. 22-ე ცხრილის მიხედვით, მიღებულ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით კოჭის კედლის

სისქის t_w დანიშვნის შემდეგ, ოპტიმალური სიმაღლის h_{opt} მნიშვნელობა ზუსტდება ფორმულით:

$$h_{opt} = 1.15\sqrt{M/R_y\gamma_c t_w}. \quad (37)$$

შემდეგ, მაქსიმალური განივი ძალის მქონე კვეთში, უდიდესი მხები ძაბვების პირობიდან გამომდინარე, განისაზღვრება კოჭის კედლის აუცილებელი სისქე ფორმულით:

$$h_{w,min} = 3Q/2h_{opt}R_s. \quad (38)$$

ამის შემდეგ, იმის გათვალისწინებით, რომ ორი თაროს სისქე საორიენტაციოდ ტოლია $4t_w$ -სი, ინიშნება კოჭის კედლის h_w სიმაღლე და კედლის t_w სისქე.

საანგარიშო მღუნავი მომენტის ათვისების აუცილებლობიდან გამომდინარე, კოჭის ერთი სარტყელის მინიმალურად აუცილებელი კვეთის ფართობი განისაზღვრება ფორმულით:

$$A_f = 3M/4R_y\gamma_c h. \quad (39)$$

სარტყელის სიგანე შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$b_f = A_f/2t_w. \quad (40)$$

ამასთან, გათვალისწინებული უნდა იქნეს კოჭის ($b_f \geq 180$ მმ) მოხერხებულად ჩამავრებისა და საერთო მდგრადობის უზრუნველყოფის კონსტრუქციული მოთხოვნები:

$$b_f \geq (1/3 - 1/5)h, \quad (41)$$

აგრეთვე, დენადობის ზღვრის მიხედვით $R_y=210$ მპა საანგარიშო წინააღობის მქონე ფოლადის სარტყელის გამოშვებული ნაწილის ადგილობრივი მდგრადობის უზრუნველყოფის მოთხოვნები

$$b_f \leq 30t_f, \quad (42)$$

სხვა მარკების მცირედ ლეგირებული ფოლადებისთვის

$$b_f \leq 30t_f\sqrt{210/R_y}. \quad (43)$$

შენადული კოჭის კვეთის შერჩევის შემდეგ განისაზღვრება კვეთის ფაქტიური ინერციის მომენტი I , წინააღობის მომენტი W და სტატიკური მომენტი S ფორმულებით:

$$I = (t_w h_w^3 / 12) + 2y A_f, \quad (44)$$

$$W = 2I / h, \quad (45)$$

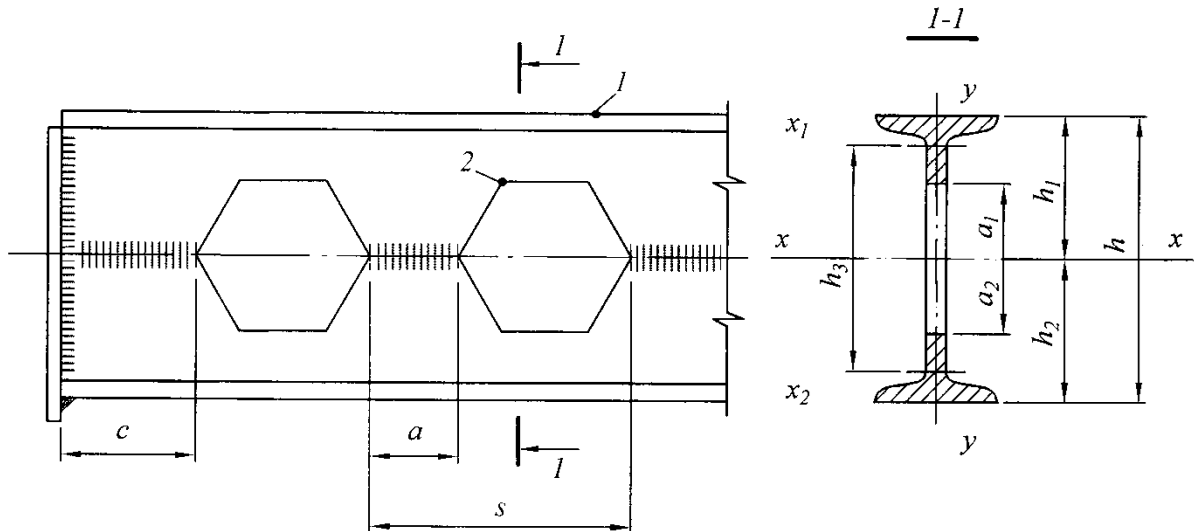
$$S = A_f y + (A_w / 2)(h_w / 4). \quad (46)$$

შემდეგ მოწმდება შერჩეული კვეთის სიმტკიცე და სიხისტე (12), (13) და (14) ფორმულებით.

პერფორირებული კოჭების (ფიგ. 35) სტატიკური გაანგარიშება წარმოებს უირიბანო წამწეების გაანგარიშების ანალოგიურად. საანგარიშო კვეთებში წარმოიქმნება მღუნავი M მომენტი გარე დატვირთვებისგან, აგრეთვე ადგილობრივი მღუნავი მომენტები განივი Q ძალის მოქმედებისგან. ღუნვის $x-x$ ღერძის მიმართ სიმეტრიულ კოჭში მოწმდება ნორმალური ძაბვები ორ დამახასიათებელ წერტილში (1 და 2) შემდეგი ფორმულებით:

$$(M h_1 / I_x) + (Q_1 a / 2W_{1,msx}) \leq R_{y1} \gamma_c, \quad (47)$$

$$(M d_1 / I_x) + (Q_1 a / 2W_{1,min}) \leq R_{u1} \gamma_c / \gamma_u, \quad (48)$$



ფიგ. 35. პერფორირებულ კედლიანი კოჭის გაანგარიშებისთვის

აგრეთვე, მსები ძაბვები ფორმულით

$$Q_2 s / t a h_2 \leq R_s \gamma_c, \quad (49)$$

სადაც M არის მღუნავი მომენტი კოჭის კვეთში; $Q_1 = Q/2$ – განივი ძალა, რომელიც მოქმედებს ერთ ტესებრ კვეთში; Q – განივი ძალა კოჭის კვეთში; Q_2 – განივი ძალა კოჭის კვეთში საყრდენიდან $(c+s-0.5a)$ მანძილზე (ფიგ. 35);

$W_{1,max}$ და $W_{1,min}$ – უდიდესი და უმცირესი წინაღობის მომენტები ტესებრ კვეთში; I_x – კოჭის კვეთის (ნახვრეტებით) ინერციის მომენტი.

3.3. ფოლადის კოჭების მდგრადობის ცნება.

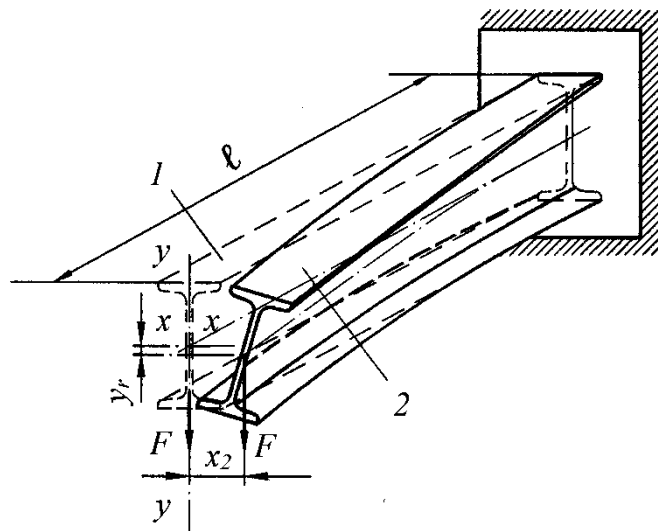
სისისტის წიბოების კონსტრუქცია

მოგვინას, რომლის დროსაც კოჭი კარგავს მდგრადობას და ღუნვის შემთხვევაში იცვლის ფორმას, კოჭის საერთო მდგრადობის დაკარგვა ეწოდება. ამ მდგომარეობაში ხდება კოჭის გრეხა, სარტყელების გადახრა გეგმაში (ფიგ. 36). საერთო მდგრადობის დაკარგვისას კოჭში წარმოიქმნება რთული დაძაბული მდგომარეობა, რომელიც დაკავშირებულია ღუნვასთან ჰორიზონტალურ $x-x$ და ვერტიკალურ $y-y$ სიბრტყეებში, და გრეხასთან კოჭის გრძივი ღერძის ირგვლივ.

ორტესებრი კვეთის მქონე კოჭის (რომელიც განიცდის ღუნვას კედლის სიბრტყეში) საერთო მდგრადობაზე გაანგარიშება ხორციელდება ფორმულით:

$$M/\varphi_b W_c \leq R_y \gamma_c, \quad (50)$$

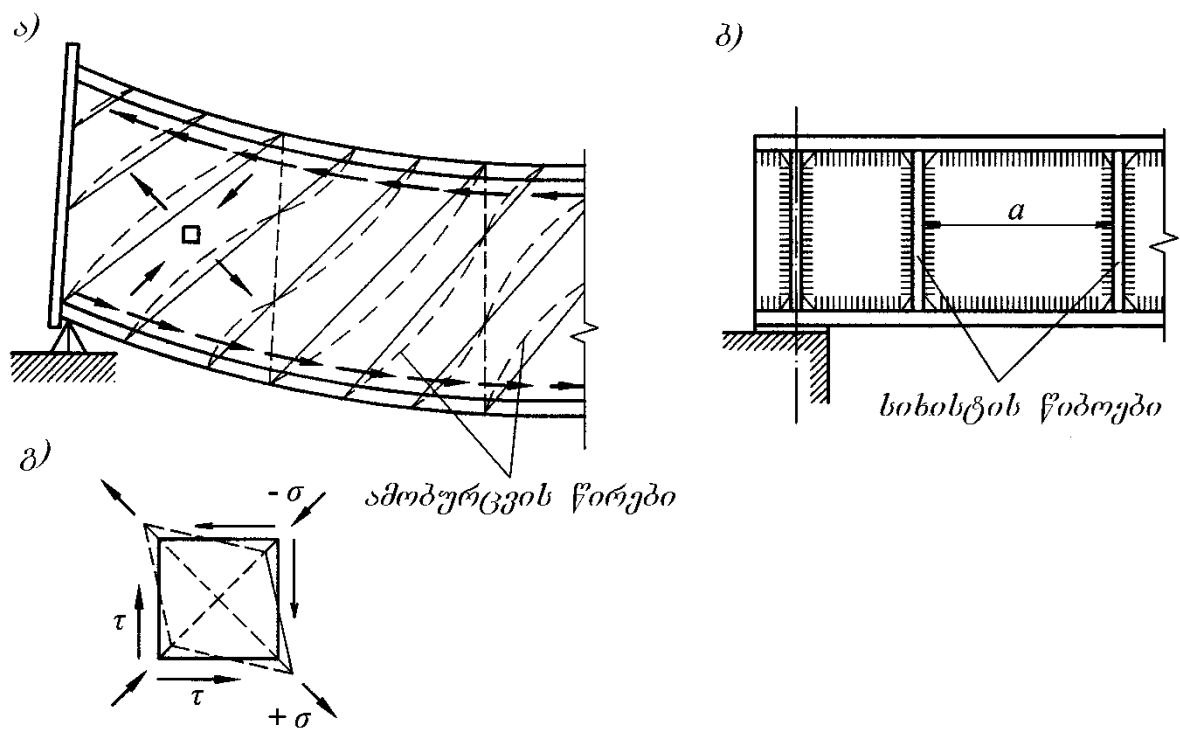
სადაც W_c არის კოჭის შეკუმშული სარტყელის წინაღობის მომენტი; φ_b – კოჭის საერთო მდგრადობის კეფიციენტი.



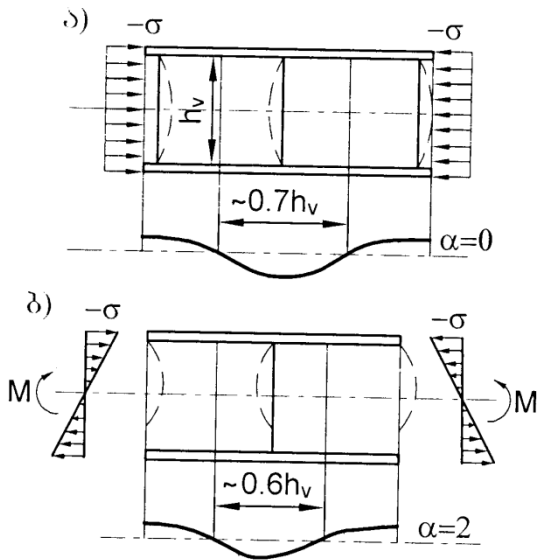
ფიგ. 36. კონსოლური კოჭის საერთო მდგრადობის დაკარგვის ფორმა
1 – კოჭის თავდაპირველი მდგომარეობა; 2 – ფორმის ცვლილება მდგრადობის დაკარგვის შემთხვევაში

კოჭის კედლის სიბრტყეში ღუნვისას, საერთო მდგრადობის დაკარგვა დამოკიდებულია კოჭის საანგარიშო სიგრძის l_{ef} ფარდობაზე თაროს სიგანესთან b_f . მიახლოებით შეიძლება ჩაითვალოს, რომ როდესაც $l_{ef}/b_f \leq 13$, მაშინ კოჭი საერთო მდგრადობაზე შეიძლება არ შემოწმდეს. კოჭი ასევე არ კარგავს საერთო მდგრადობას იმ შემთხვევაშიც, როდესაც მასზე დატვირთვა გადაეცემა კოჭის შეკუმშულ სარტყელზე შედუღებით ან ჭანჭიკებით მიმაგრებული რკინაბეტონის ფილების ან დაპროფილებული ფენილის მეშვეობით.

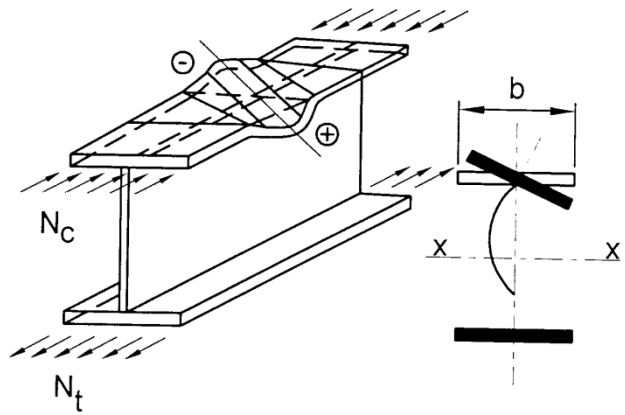
კოჭებში საერთო მდგრადობის დაკარგვასთან ერთად შეიძლება მოხდეს კედლის ადგილობრივი მდგრადობის დაკარგვა მხები ძაბვების მოქმედების გამო (უპირატესად საყრდენებთან ახლოს) (ფიგ. 37), კედლის და სარტყელის მდგრადობის დაკარგვა ნორმალური ძაბვების მოქმედებისგან და ნორმალური და მხები ძაბვების ერთდროული მოქმედებისაგან, აგრეთვე კოჭის შეკუმშული სარტყელის მდგრადობის დაკარგვა ნორმალური ძაბვების მოქმედებისაგან (ფიგ. 38, ფიგ. 39).



ფიგ. 37. მხები ძაბვების მოქმედებისგან კოჭის კედლის ადგილობრივი მდგრადობის დაკარგვის ფორმა



ფიგ. 38. ნორმალური ძაბვების მოქმედებისგან კოჭის კედლის ადგილობრივი მდგრადობის დაკარგვის ფორმები



ფიგ. 39. ნორმალური ძაბვების მოქმედებისგან კოჭის შეკუმშული სარტყელის და კედლის მდგრადობის დაკარგვის ფორმა

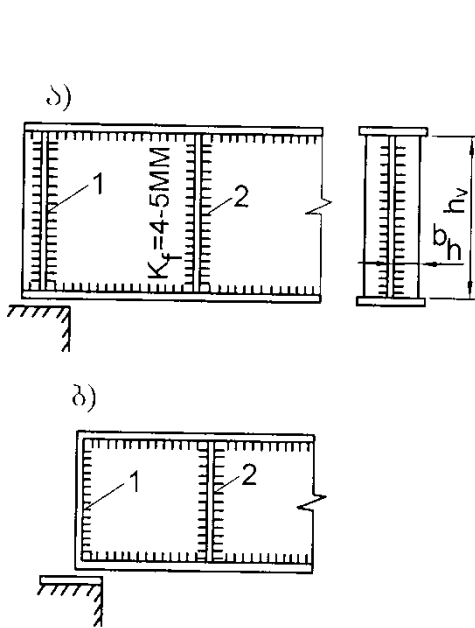
საყრდენთან ახლოს კოჭის კედელმა შეიძლება დაკარგოს მდგრადობა (ფიგ. 37. ა) ამობურცვის კუმშვის გავლენით და წარმოიქმნას კოჭის გრძივი ღერძის მიმართ 45^0 კუთხით დახრილი ტალღები. ამობურცვის თავიდან ასაცილებლად ეწეობა განივი, სიხისტის ვერტიკალური წიბოები (ფიგ. 37, გ), რომლებიც კვეთენ შესაძლო ამობურცვის ტალღებს. წიბოების ბიჯი დამოკიდებულია კედლის მოქნილობაზე, სარტყელების კედელთან მისაღებელი ცალმხრივი ან ორმხრივი ნაკერების არსებობასა და სხვა ფაქტორებზე.

პირველი მიახლოებით, განივ ძირითად სიხისტის წიბოებს შორის მანძილი, კედლის მოქნილობასთან დამოკიდებულებით, შეიძლება მივიღოთ – $a_{max} \leq 2h_{ef}$, როდესაც $\bar{\lambda}_w > 3.2$ და $2.5 h_{ef}$, როდესაც $\bar{\lambda}_w \leq 3.2$, სადაც $\bar{\lambda}_w$ არის კედლის პირობითი მოქნილობა, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

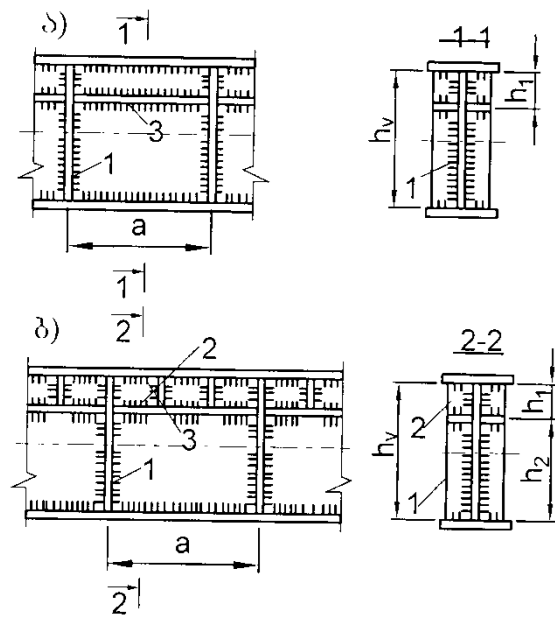
$$\bar{\lambda}_w = (h_{ef}/t_w)\sqrt{R_y/E}. \quad (51)$$

განივი წიბოს გამოშვებული ნაწილის სიგანე b_h , წყვილი სიმეტრიული წიბოების არსებობის შემთხვევაში, უნდა იყოს არანაკლები $h_{ef}/30+40$ მმ, ხოლო მხოლოდ ცალმხრივი წიბოს დროს – არანაკლები $h_{ef}/24+50$ მმ, ამასთან, წიბოს სისქე უნდა იყოს არანაკლები $2b_h\sqrt{R_y/E}$ (ფიგ. 40).

ცალმხრივი განივი სიხისტის წიბოები შეიძლება შესრულებული იქნეს კოჭის კედელზე ფრთით მიდრეკილი ერთეული კუთხედისაგან.



ფიგ. 40. სიხისტის განივი წიბოების კონსტრუქციები შენადრულ კოჭებში
1 – საყრდენი წიბო; 2 – სიხისტის წიბო



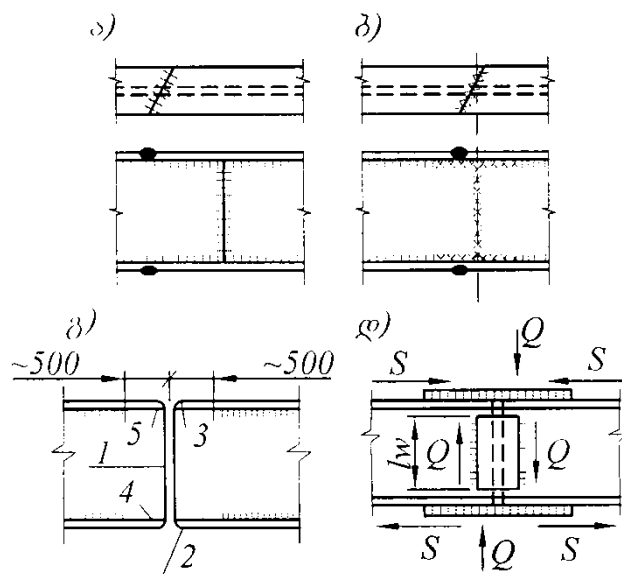
ფიგ. 41. განივი ძირითადი წიბოებით და დამატებითი გრძივი წიბოთი გაძლიერებული კოჭები
1 – ძირითადი განივი წიბო; 2 – მოკლე განივი წიბო; 3 – დამატებითი გრძივი წიბო

მაღალ თხელკედლიან კოჭებში გეომეტრიული ზომების ფარდობით $h_{ef}/t_w > 160\sqrt{E/R_y}$, ძირითად განივ წიბოებთან ერთად კედლის შეკუმშულ ზონაში ეწყობა ჰორიზონტალური გრძივი წიბოები (ფიგ. 41, ა), ხოლო ძირითად განივ წიბოებს შორის კოჭის თაროებზე დიდი შეყურსული ტვირთების განლაგების შემთხვევაში, შეკუმშული ზონა დამატებით ძლიერდება შუალედური მოკლე წიბოებით (ფიგ. 41, ბ). გრძივი და დამატებითი მოკლე განივი წიბოებით კოჭის კედლის გამაგრებისას, კონსტრუქციულად ისინი მიყვანილ უნდა იქნეს შესაბამის ძირითად განივ და გრძივ წიბოებთან, და კოჭის თაროებთან. რეალური დაპროექტებისას, წიბოებს შორის კედლის ნაკვეთურები გაანგარიშდება მდგრადობაზე წარმოქმნილი დაძაბული მდგომარეობის გათვალისწინებით.

3.4. ნაბლინი და შეღბენილი კოჭის პირაპირები.

კოჭის ჩამაბრების კვანძები

კოჭის პირაპირები შეიძლება იყოს ქარხნული, რომელიც კეთდება ქარხანაში ელემენტების სიგრძის გაზრდის მიზნით, რომლებიც შედიან ცალკეულ გასაგზავნ ელემენტში, და სამონტაჟო, რომელიც კეთდება სამშენებლო მოედანზე; მათი დანიშნულებაა ცალკეული გასაგზავნი ელემენტების შეუღლება მუშა კონსტრუქციად (ფიგ. 42). სამონტაჟო პირაპირების რაოდენობა და მათი განლაგება პროექტდება ტრანსპორტირების პირობებიდან გამომდინარე. სამონტაჟო პირაპირები მნიშვნელოვნად ძვირია ქარხნულზე, ვინაიდან ისინი საჭიროებს დამატებით მასალას პირაპირების ზესადებისათვის და სამონტაჟო ჭანჭიკებს, ამიტომ მათი რაოდენობა უნდა იყოს მინიმალური.



ფიგ. 42. კოჭის პირაპირები

ა – ქარხნული ხტულად თაროებსა და კედელზე; ბ, გ – სამონტაჟო შეთავსებული (ციფრებით ნაჩვენებია პირაპირის შედუღების თანმიმდევრობა); დ – პირაპირი ზესადებების გამოყენებით

ყველაზე მარტივია პირაპირი, როდესაც ხორციელდება სარტყელებისა და კედლის ერთ კვეთში შეპირაპირება. თუმცა, ასეთი პირაპირი მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მოქმედების ზონაში ვერ უზრუნველყოფს პირაპირისა და ძირითადი ლითონის თანაბარ სიმტკიცეს. ამის გამო, ყველაზე დაძაბულ ზონებში აწყოვენ ხტულ ნაკერს – თაროებში კეთდება ირიბი პირაპირული

ნაკერი, რომელიც უზრუნველყოფს შეერთების მაღალ საიმედოობას (ფიგ. 42, ა, ბ). შედუღების დროს, ჯდომის დეფორმაციების გავლენის შესამცირებლად, პირაპირულ ნაკერს აკეთებენ ფიგ. 42, გ-ზე ციფრებით ნაჩვენები თანამიმდევრობით. პირაპირული ნაკერის შედუღების შემდეგ, მის ორივე მხარეს, 500 მმ-ის დაშორებით, თაროებს ადუღებენ კედელთან.

მნიშვნელოვანი მომენტებისა და განივი ძალების მოქმედებისას, ნაგლინ და შედგენილ კოჭებში პირაპირის საიმედოობის გაზრდა შეიძლება მიღწეულ იქნეს ზედა და ქვედა თაროებზე ჰორიზონტალური და კოჭის კედელზე ორმხრივი ვერტიკალური ხესადებების გამოყენებით (ფიგ. 42, დ). ასეთ შემთხვევაში, ხესადების კვეთი და ხესადების თაროსთან მისამაგრებელი ფლანგური შენადული ნაკერები გაანგარიშდება S ძალის მიხედვით, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$S = (M_b - M_w)/z, \quad (52)$$

სადაც M_b არის მთლიანი საანგარიშო მღუნავი მომენტი კოჭის პირაპირში; $M_w = M_b(I_w/I_b)$ – კოჭის კედელში მოქმედი მღუნავი მომენტიც; I_w და I_b – კედლის და კოჭის მთლიანი კვეთის ინერციის მომენტები; z – ზედა და ქვედა თაროების ცენტრებს შორის მანძილი.

ხესადების კოჭის კედელთან მისამაგრებელ ნაკერებს საზღვრავენ შესაბამისად ნაკერის ლითონის და შედნობის საზღვრის ლითონის მიხედვით ფორმულით:

$$\tau_f = Q/2k_f l_w \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c, \quad (53)$$

$$\tau_z = Q/2k_z l_w \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c. \quad (54)$$

კოჭები ეყრდნობა სვეტებს ზემოდან ან უერთდება გვერდიდან. ერთსართულიან სამრეწველო და სამოქალაქო შენობებში უპირატესად გამოიყენება პირველი შემთხვევა, რომლის ვარიანტებიც სვეტის კონსტრუქციული გადაწყვეტიდან გამომდინარე ნაჩვენებია ფიგ. 43-ზე.

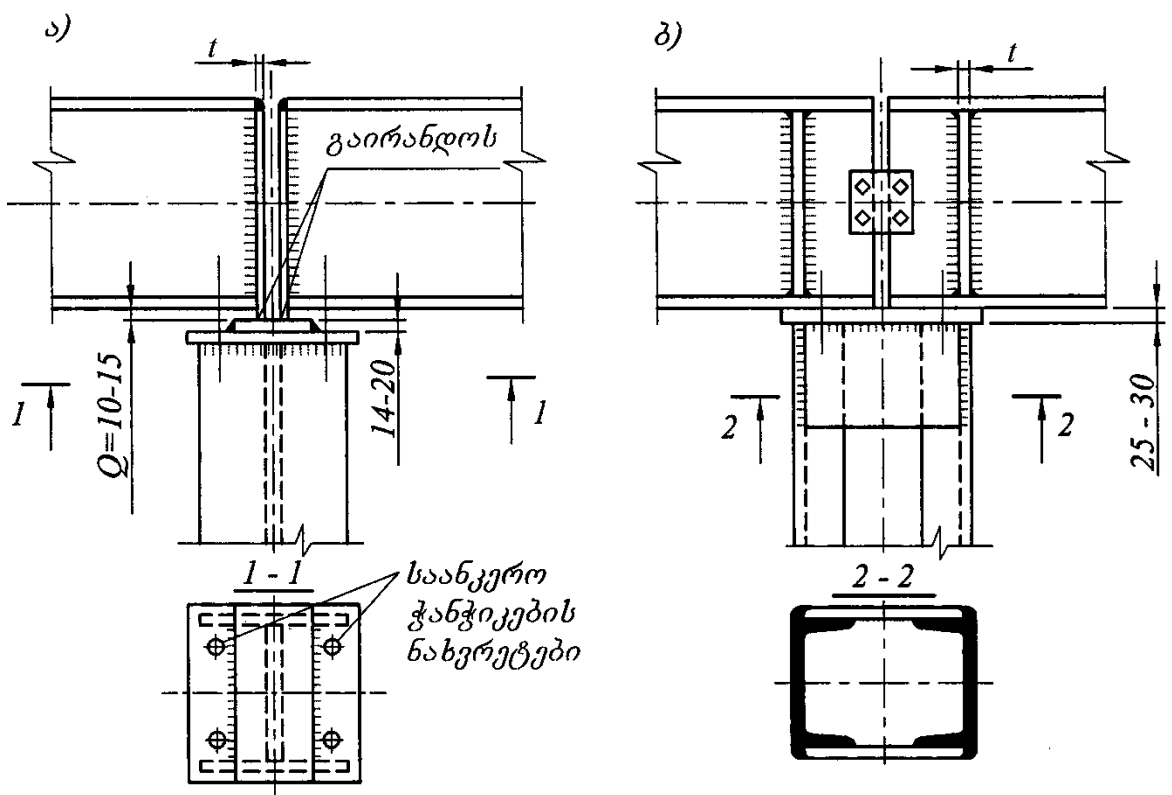
პირველ ვარიანტში (ფიგ. 43, ა) კოჭი სვეტზე ეყრდნობა ვერტიკალური საყრდენი სიხისტის წიბოთი, რომელიც ჩამოშვერილია ქვედა თაროდან 10-15 მმ-ით. თელვის საჭირო ფართობის უზრუნველსაყოფად, სიხისტის საყრდენი წიბოების ტორსები უნდა გაირანდოს. ორშტოიან სვეტზე კოჭების დაყრდნობის შემთხვევაში (ფიგ. 43, ბ) საყრდენი სიხისტის წიბოები

დაშორებულია კოჭის ტორსიდან და ემთხვევა სვეტის შტოების კედლების სიბრტყეებს. ამ შემთხვევაში აუცილებელია საყრდენი სიხისტის წიბოების მორგება და მიღდება არა მარტო კოჭის კედელზე, არამედ მის თაროებზეც.

დაყრდნობის ასეთ ვარიანტებში საყრდენი რეაქცია გადაეცემა პირობით დგარს, რომელიც შედგება სიხისტის წიბოების კვეთისა და წიბოს ორივე მხრიდან $0.65t\sqrt{E/R_y}$ სიგანის კედლის ზოლისაგან:

$$N \leq (b_h t_s + 0,65t\sqrt{E/R_y})R_p, \text{ როცა } a \leq 1.5t, \quad (55)$$

$$N \leq (b_h t_s + 0,65t\sqrt{E/R_y})R_y, \text{ როცა } a > 1.5t. \quad (56)$$



ფიგ. 43. კოჭების დაყრდნობის ვარიანტები სვეტების სათავეზე

სვეტებზე კოჭების გვერდიდან მიერთების შემთხვევაში განასხვავებენ შეუღლების კვანძის სახსრულ და ხისტ გადაწყვეტას. სახსრული დაყრდნობისას ჩამაგრება არ ეწინააღმდეგება საყრდენ კვანძში კოჭის თავისუფალ მობრუნებას, რაც განსაზღვრავს კოჭის მუშაობას ერთმალისანი ჭრადი სისტემის სახით (ფიგ. 44).

დანიშნულების მიხედვით კოჭი შეიძლება მიერთდეს ან სვეტის თაროზე (ფიგ. 44, ა, დ, ე), ან სვეტის კედელზე (ფიგ. 44, ბ, გ). კოჭის საყრდენი

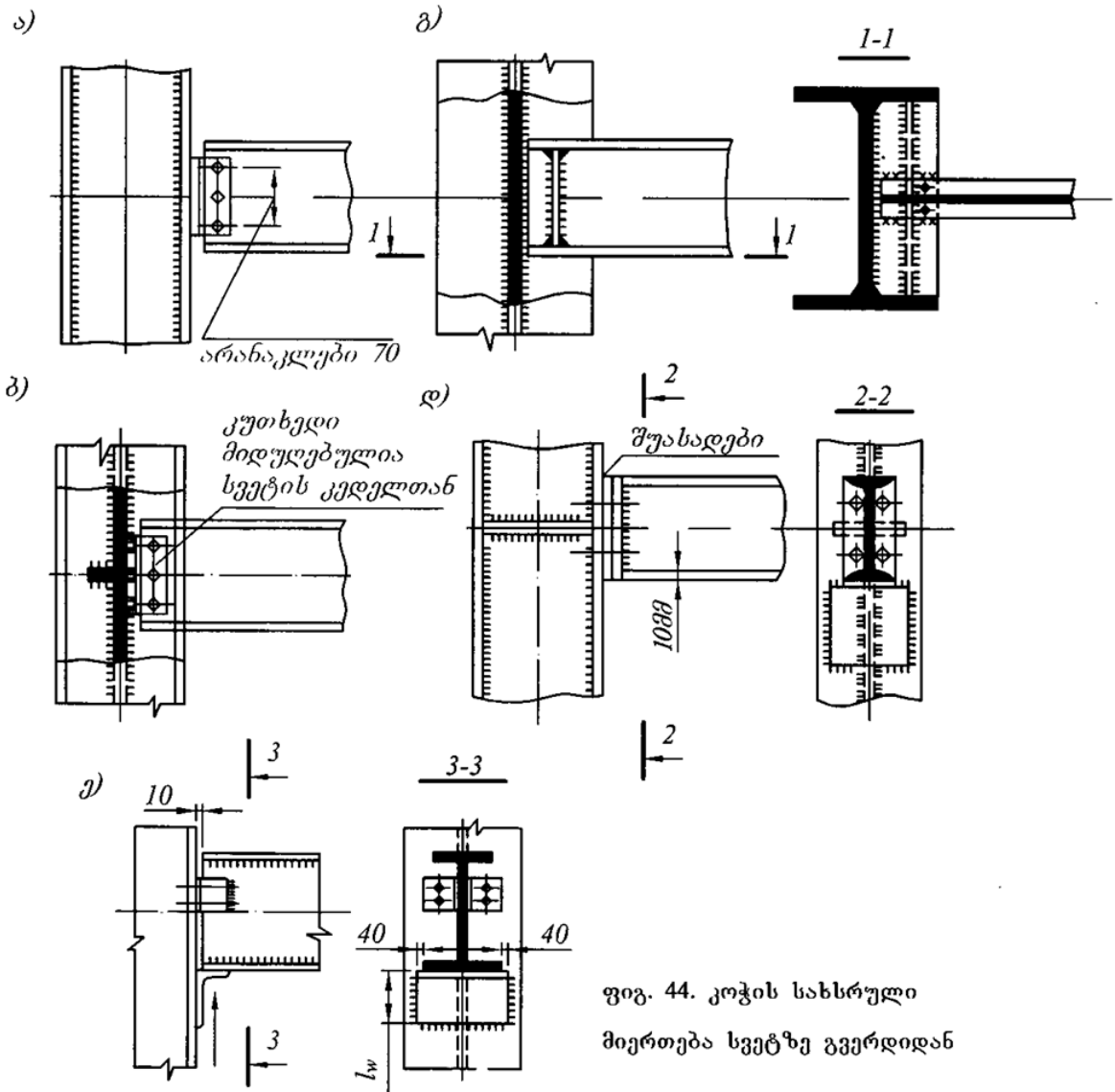
რეაქციის გადაცემა სვეტზე ხორციელდება ჭანჭიკური მილტუნა შეერთების მეშვეობით (ფიგ. 44, ა, ბ) ან, სვეტის თაროებზე ან კედელზე მიდუღებული, ბრტყელი ფირფიტის ან არათანაბართარიანი კუთხედის ფორმის საყრდენი მაგიდის დახმარებით (ფიგ. 44, გ, დ, ე). სამუშაოთა მოხერხებულად წარმოებისათვის, უპირატესობა ენიჭება საყრდენი რეაქციის გადაცემას საყრდენი მაგიდის მეშვეობით. საყრდენი მაგიდის სვეტზე მისამაგრებელი შენადული ნაკერების გაანგარიშება წარმოებს (53) და (54) ფორმულებით.

სვეტებზე კოჭებს ხისტად აერთებენ ჩარჩოვანი კარკასის დაპროექტების შემთხვევაში ან მაშინ, როდესაც გადახურვის კოჭი კარკასის ვერტიკალურ კავშირებში ასრულებს გამბჯენი კოჭის ფუნქციასაც (ფიგ. 45). ხისტი ჩამაგრების შემთხვევაში, კოჭის ზედა და ქვედა თაროები ჰორიზონტალური თამასების (ფიგ. 45, ა) ან ვერტიკალური კავშირების საკვანძო ფურცლების (ფიგ. 45, ბ) მეშვეობით ხისტად მაგრდება სვეტებზე, რაც წინააღმდეგობას უწევს კოჭის მობრუნებას საყრდენ კვანძში.

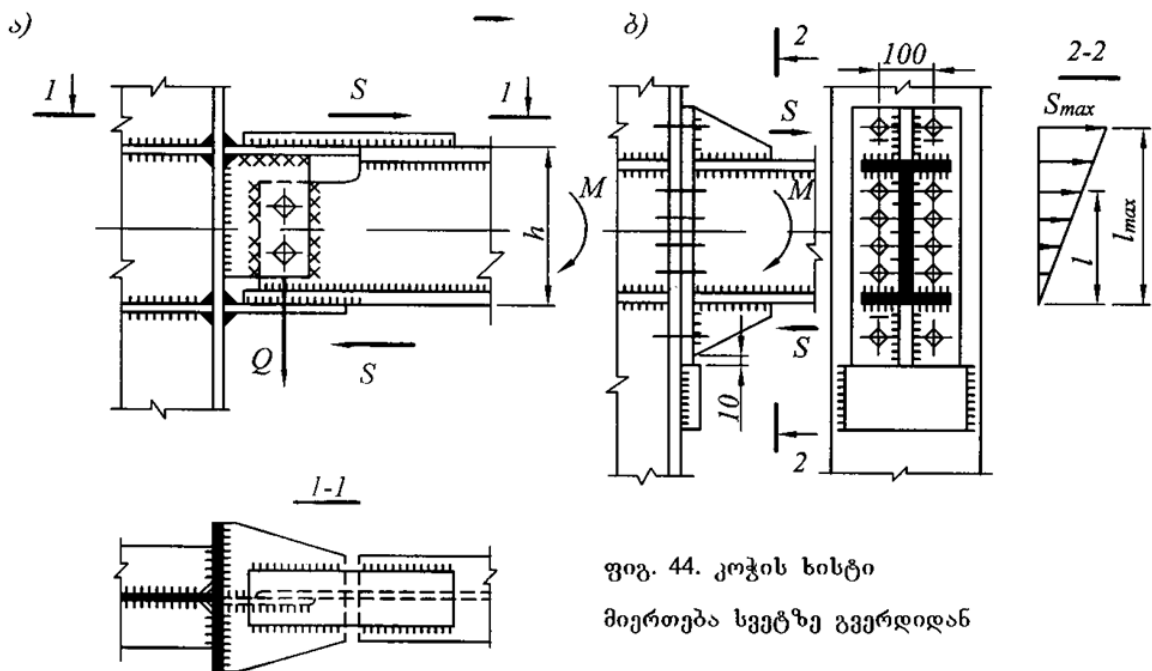
საკვანძო თამასები და ფურცლები იღებენ საყრდენ კვანძში მღუნავი მომენტის მოქმედებისგან წარმოქმნილი $S = M/h$ ძალის ჰორიზონტალურ მდგენელებს. კოჭის ხისტად ჩამაგრების შემთხვევაში, საყრდენი რეაქცია სვეტს გადაეცემა სახსრული ჩამაგრებისას საყრდენი რეაქციის სვეტზე გადაცემის ანალოგიურად. სახსრულთან შედარებით, ხისტი კვანძის მოწყობა უფრო შრომატევადია, თუმცა 30%-ით მცირდება ლითონის ხარჯი კოჭზე.

კოჭების ურთიერთშეუღლების კვანძები ასევე შეიძლება იყოს სახსრული და ხისტი (ფიგ. 46). სამუშაოთა წარმოების სიმარტივის მხრივ უპირატესობა ენიჭება სახსრულ კვანძებს.

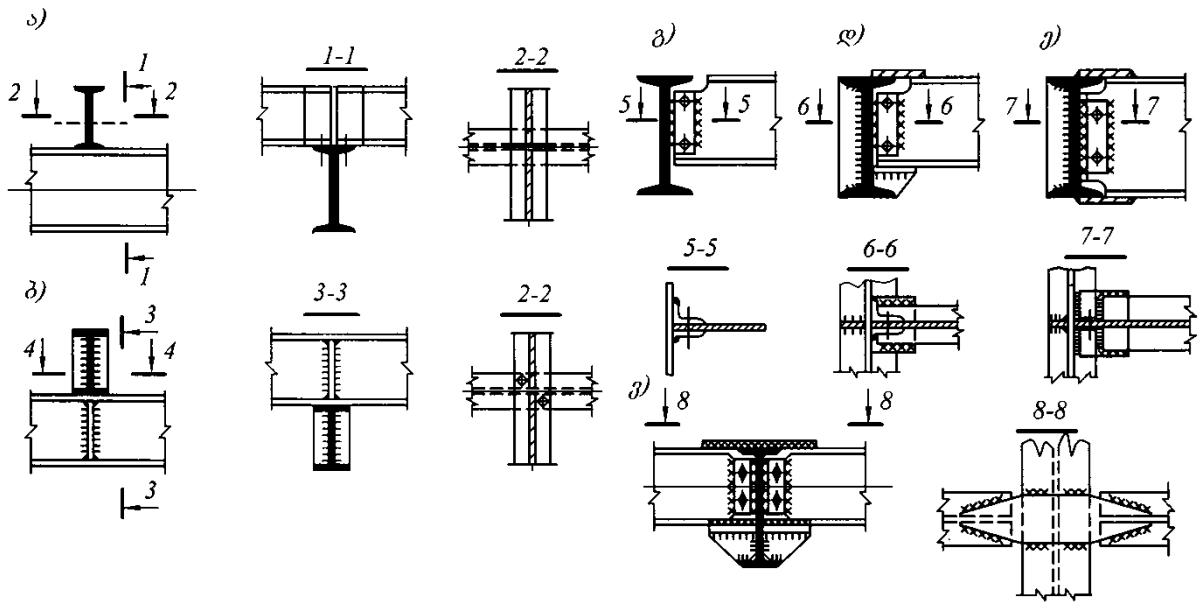
დამხმარე კოჭების მთავარ კოჭებთან ცალმხრივი შეუღლების შემთხვევაში (ფიგ. 46, ა-გ), დამხმარე კოჭების ღუნვის შედეგად წარმოიქმნება მთავარი კოჭების გრესა, რაც უკიდურესად არასასურველია. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად, დამხმარე კოჭის საწინააღმდეგო მხარეს აწყობენ სიხისტის წიბოს, ხოლო დამხმარე კოჭის ქვეშ, მთავარი და დამხმარე კოჭების კედელზე და თაროებზე შედუღდება საკვანძო ფურცელი (ფიგ. 46, დ, ე).



ფიგ. 44. კოჭის სახსრული
მიერთება სვეტზე გვერდიდან



ფიგ. 44. კოჭის ხისტი
მიერთება სვეტზე გვერდიდან

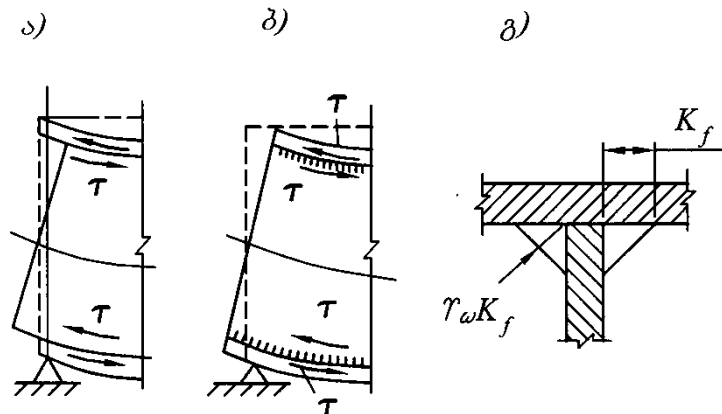


ფიგ. 46. კოჭების კვანძები

ა-ვ – სახსრული; დ-ე – ხისტი.

კოჭების ხისტად ურთიერთშეუღლებას, როგორც წესი, აკეთებენ მთავარ კოჭთან დამხმარე კოჭების ორმხრივი მიერთების შემთხვევაში (ფიგ. 46, ვ). კონსტრუქციულად ასეთი შეუღლება კეთდება სვეტთან კოჭის შეუღლების ხისტი კვანძის ანალოგიურად.

შენადულ კოჭებში სარტყელების კედელთან შეუღლება ხორციელდება უწყვეტი კუთხური ნაკერებით. ნაკერები ეწინააღმდეგება სარტყელისა და კედლის ურთიერთძვრას, რის შედეგადაც მათში აღიძვრება მხები ძაბვები, რომელიც წარმოადგენს განივი ძალის ზემოქმედების ფუნქციას (ფიგ. 47). უდიდესი მნიშვნელობის მხები ძაბვები წარმოიქმნებიან საყრდენთან ახლოს.



ფიგ. 47. კოჭის სარტყელების კედელთან შეერთების გასაანგარიშებლად

ა – ძვრა ღუნვის დროს; ბ – შენადული ნაკერზე მოქმედი მხები ძაბვები; გ – კვეთი თაროსა და კედლის პირაპირზე

თაროს კედელთან მისამაგრებელი შენადული ნაკერის სისქეს საზღვრავენ ნაკერის ლითონისა და შედნობის საზღვრის ლითონის მუშაობის პირობებიდან გამომდინარე, ფორმულებით:

$$k_{ff} = QS_m/2I_bR_{wf}\gamma_{wf}\gamma_c, \quad (57)$$

$$k_{fz} = QS_m/2I_bR_{wz}\gamma_{wz}\gamma_c, \quad (58)$$

სადაც S_m არის კოჭის ნეიტრალური ღერძის მიმართ თაროს სტატიკური მომენტი; I_b – ნეიტრალური ღერძის მიმართ კოჭის მთლიანი კვეთის ინერციის მომენტი.

ალუმინის შენადნობის დაწნეხილი და შენადული კოჭების გაანგარიშება და კონსტრუირება ხორციელდება ფოლადის კოჭების ანალოგიურად. თუმცა, ალუმინის შენადნობების კოჭების დიდი დეფორმადობის გათვალისწინებით, მათი მინიმალური სიმაღლე მეტი უნდა იყოს ვიდრე ფოლადის კოჭებისა, ამიტომ h_{min} და h_{opt} მნიშვნელობები ალუმინის შენადნობის კოჭებისათვის განისაზღვრება ფორმულებით:

$$h_{min} = (R_y l_{ef} / 3.4 \cdot 10^4 \gamma_c) [f/l], \quad (59)$$

$$h_{opt} = 1.6 \sqrt{W/t}. \quad (60)$$

ალუმინის შენადნობის კოჭების კონსტრუირებისას საჭიროა მიღებული იქნას $h \leq 5b$.

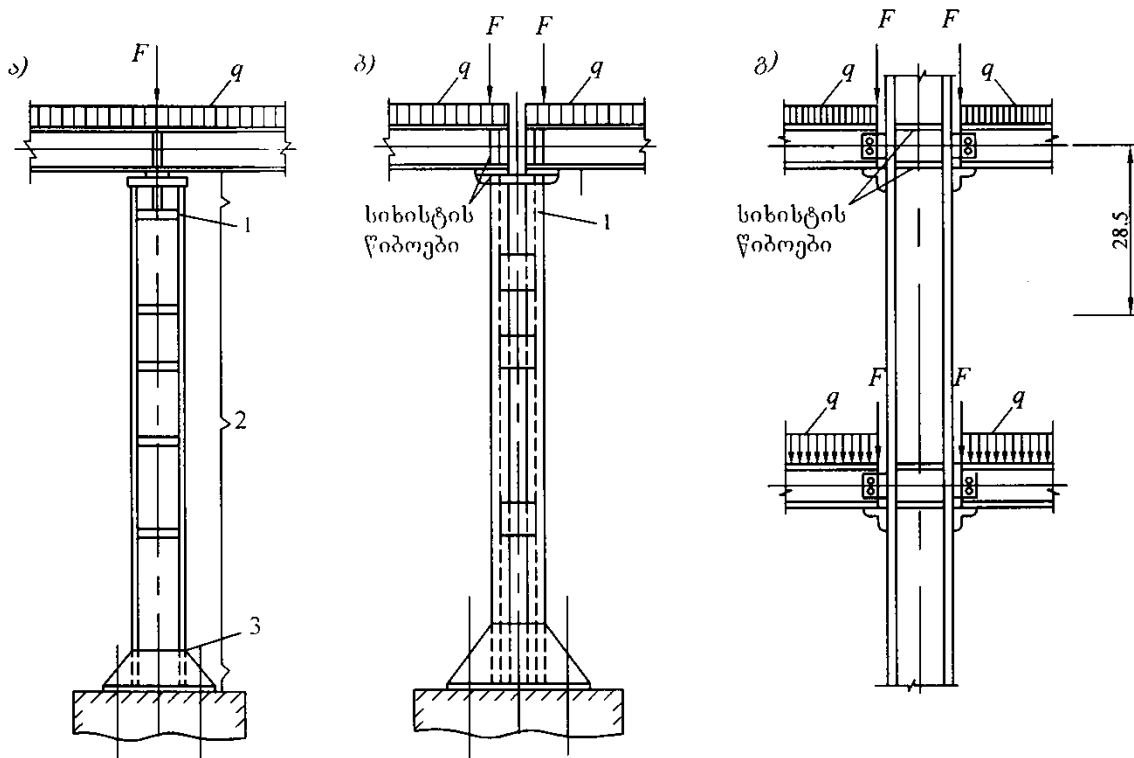
ალუმინის შენადნობის კოჭის საერთო მდგრადობის შემოწმებისას, ϕ_b კოეფიციენტის მნიშვნელობა აღებული უნდა იქნას სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით.

თავი 4. სვეტები

4.1. ცენტრალურად შეკუმშული სვეტები

სვეტების დანიშნულებაა კოჭოვანი გადახურვიდან, გადახურვის წამწიდან, სამუშაო ბაქნიდან და სხვა კონსტრუქციებიდან დატვირთვის გადაცემა ქვემოთ მდებარე კონსტრუქციაზე ან საძირკველზე. ცენტრალურად შეკუმშულ სვეტში ტოლქმედი მოდებულია სვეტის ღერძის გასწვრივ და

იწვევს საანგარიშო განივი კვეთის ცენტრალურ კუმშვას. ცენტრალურად შეკუმშული სვეტი, ისევე როგორც არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტი, შედგება სამი ძირითადი ნაწილისაგან: სათავეს, ღეროსა და ბაზასაგან (ფიგ. 48). ცენტრალურად შეკუმშული სვეტი გამოიყენება ერთსართულიან (ფიგ. 48, ა, ბ) და მრავალსართულიან (ფიგ. 48, გ) სამოქალაქო და სამრეწველო შენობებში, როდესაც ჰორიზონტალური ძალები აითვისება ვერტიკალური კავშირის სისტემით.

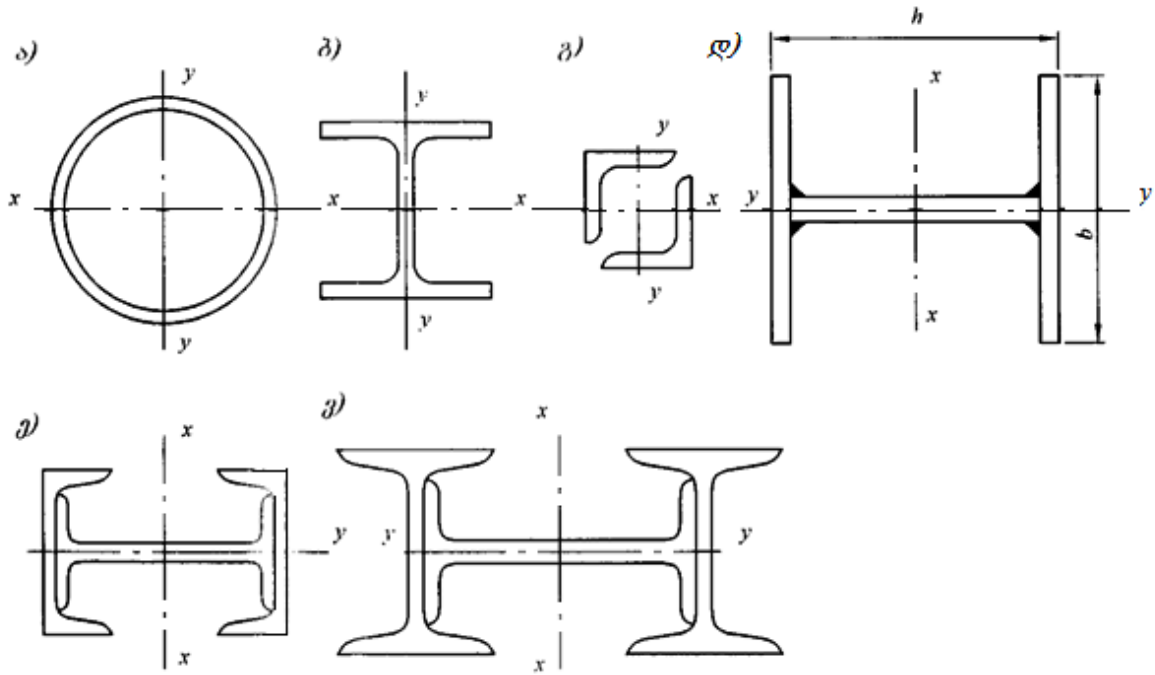


ფიგ. 48. ცენტრალურად შეკუმშული სვეტები

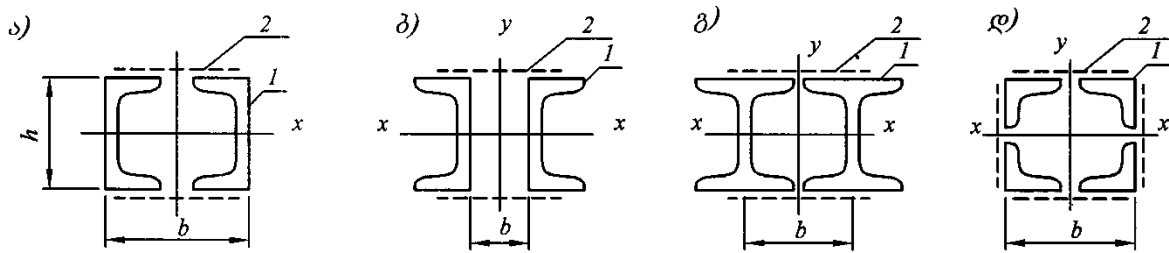
ა – მთლიანკედლიანი; ბ – გამჭოლკედლიანი; გ – მთლიანკედლიანი მრავალსართულიან შენობაში; 1 – სათავე; 2 – ღერო; 3 – ბაზა

კვეთის მიხედვით არჩევენ მთლიანკედლიან სვეტებს, რომლებიც შედგება ნაგლინი ორტესებრი, მილოვანი ან სხვადასხვა ღია პროფილის კომბინაციებისაგან (ფიგ. 49), და გამჭოლ სვეტებს, რომლებიც შედგება ერთმანეთთან თამასებით ან, კუთხედებით ან შველერებით შედგენილი გისოსებით შეერთებული ორი ან ოთხი შტოსაგან (ფიგ. 50). შტოების თამასებით შეერთება გამოიყენება მაშინ, როდესაც შტოების ღერძებს შორის მანძილი არ აღემატება 500-600 მმ-ს. მეტი დაშორების შემთხვევაში თამასები

გამოდის მიიქმე, ამის გამო მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნეს ცალკეული კუთხედებით შედგენილი გისოსი.



ფიგ. 49. ცენტრალურად შეკუმშული მთლიანკედლიანი სვეტების კვეთის ტიპები



ფიგ. 50. ცენტრალურად შეკუმშული გამჭოლკედლიანი სვეტების კვეთის ტიპები

1 – კვეთი; 2 – გისოსი.

მხოლოდ ბოლოებით დამაგრებული ცენტრალურად შეკუმშული სვეტების დაპროექტებისას ცდილობენ უზრუნველყოფილი იქნეს მათი თანაბარი მდგრადობა კვეთის ინერციის მთავარი $x-x$ და $y-y$ ღერძების მიმართ. აქედან გამომდინარე, შედარებით დაბალი სვეტებისთვის კვეთების ყველაზე რაციონალური ფორმებია: ფართოთარობიანი ორტესებრი, მილი და სამი ფურცლისაგან შედგენილი შენადული ორტესებრი კვეთი. დიდი სიგრძისა და მცირე დატვირთვების შემთხვევაში, მასალის ხარჯის მიხედვით, გამჭოლი სვეტები უფრო ეფექტურია, ვიდრე მთლიანკედლიანი, მაგრამ გაძნელებულია შესაუღლებელი კოჭების დამაგრება.

ცენტრალურად შეკუმშული სვეტის გაანგარიშება იწყება საანგარიშო გრძივი ძალის განსაზღვრით

$$N = A_3 F_{tot}, \quad (61)$$

სადაც, F_{tot} არის 1 მ² სატვირთო ფართობზე დაყვანილი ყველა მუდმივი და დროებითი დატვირთვების ჯამური ინტენსიურობა; A_3 – სვეტის სატვირთო ფართობი.

სვეტის კვეთის საჭირო ფართობი შეიძლება განისაზღვროს ცენტრალურად შეკუმშული ღეროს მდგრადობის უზრუნველყოფის პირობიდან გამომდინარე, ფორმულით:

$$A_{cal} = N / \varphi R_y \gamma_c. \quad (62)$$

წინასწარი გაანგარიშებისათვის გრძივი ღუნვის φ კოეფიციენტს იღებენ: ფოლადის სვეტებისათვის $\varphi=0.75-0.85$, ალუმინის სვეტებისათვის $\varphi=0.6-0.75$. A_{cal} -ის მნიშვნელობის მიხედვით, ნაგლინი პროფილების სორტამენტიდან ირჩევენ მთლიანკედლიანი სვეტის ღეროს, რომლის განივი კვეთის ფართობი $A \geq A_{cal}$.

ფოლადის სამი ფურცლისაგან შედგენილი მთლიანკედლიანი ორტესები ღეროების კვეთის ზომების დადგენისას ხელმძღვანელობენ შემდეგი მოსაზრებებით: სარტყელებისთვის გამოიყენება $t_f=8-40$ მმ სისქის ფურცლები, კედლისათვის $t_w=6-16$ მმ; დასაშვები მოქნილობიდან გამომდინარე, კვეთის სიმაღლე და სიგანე შეირჩევა $(1/14 - 1/29) H$ საზღვრებში (ცხრილი 23). მნიშვნელოვანი გრძივი ძალების დროს რეკომენდებულია სვეტის მოქნილობა შეირჩეს $\lambda = 60-90$ საზღვრებში, მაგრამ არაუმეტეს 120-ისა (სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით).

კვეთის დანიშნულების შემდეგ ისაზღვრება მისი ფაქტიური გეომეტრიული მახასიათებლები: A , i_x , i_y , λ_x , λ_y , φ_x , φ_y , ხოლო შემდეგ φ_x და φ_y -დან განისაზღვრება φ_{min} -ს მნიშვნელობა. კვეთი ითვლება შერჩეულად, თუ მე-(10) ფორმულით ძაბვების შემოწმების შედეგად არ გამოვლინდება გადაძაბვა, ხოლო დაუძაბავობა არ აღემატება 5%-ს შენადული და კომბინირებული პროფილებისთვის ან თუ შესაძლებელი არ არის მისი შემცირება ნაგლინი პროფილების სორტამენტის ფარგლებში.

სვეტების მიახლოებითი გაბარიტები

კვეთის დასახელება	გაბარიტები მოქნილობისას, მმ		
	$\lambda=60$	$\lambda=90$	$\lambda=120$
შენადული ფართოთაროებიანი ორტესებრი	$h \approx b \approx H/14$	$h \approx b \approx H/21$	$h \approx b \approx H/29$
მილისებრი	$h \approx b \approx H/21$	$h \approx b \approx H/31$	$h \approx b \approx H/42$
ჩაკეტილი, ორი კუთხედისაგან	$h \approx b \approx H/24$	$h \approx b \approx H/36$	$h \approx b \approx H/48$
გამჭოლი, ორი შეველერისგან	$h \approx b \approx H/23$	$h \approx b \approx H/34$	$h \approx b \approx H/45$
გამჭოლი, ოთხი კუთხედისაგან	$h \approx b \approx H/26$	$h \approx b \approx H/39$	$h \approx b \approx H/52$

ცენტრალურად შეკუმშული ღეროების გაანგარიშებისას კვეთის ინერციის რადიუსების მიახლოებითი მნიშვნელობები განისაზღვრება ცხრ. 24-ის მიხედვით.

შენადული ორტესებრი კვეთის ინერციის მომენტები მთავარი ღერძების მიმართ შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი ფორმულებით:

$$I_x = (t_w h_w^3 / 12) + 2A_f (h_w / 2 + t_f / 2)^2, \tag{63}$$

$$I_y = 2t_f b_f^3 / 12, \tag{64}$$

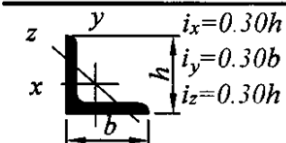
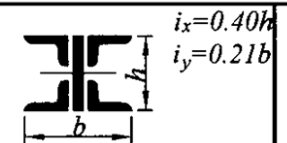
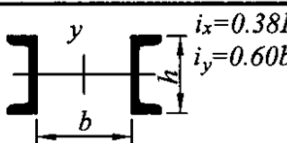
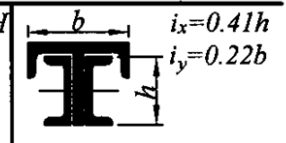
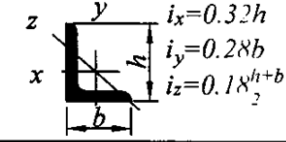
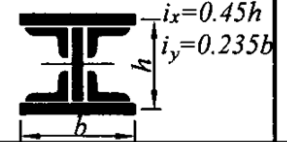
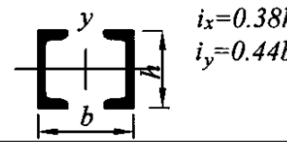
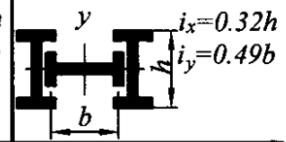
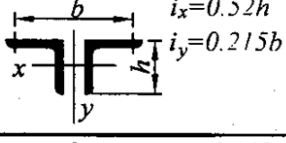
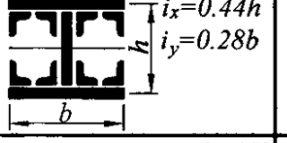
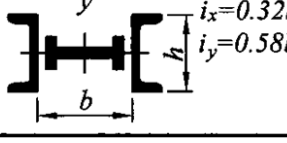
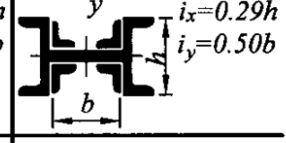
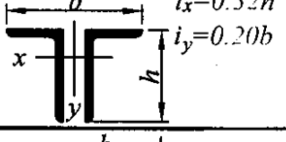
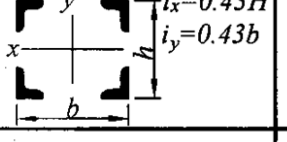
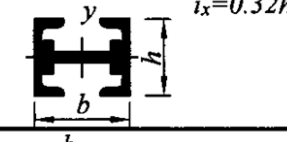
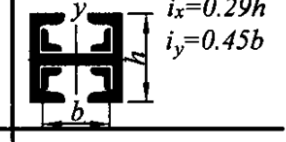
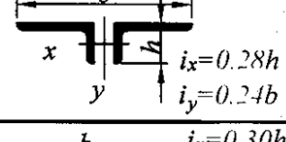
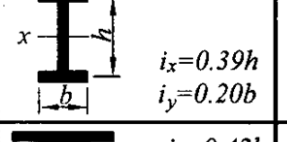
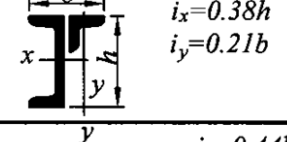
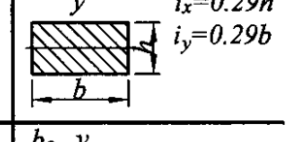
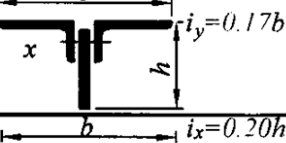
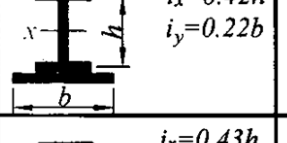

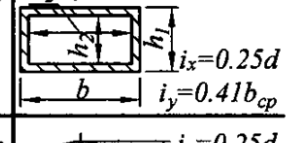

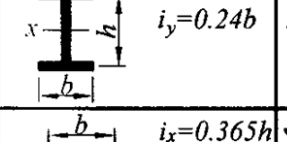
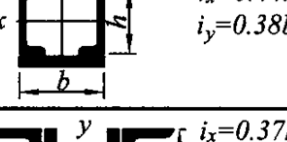
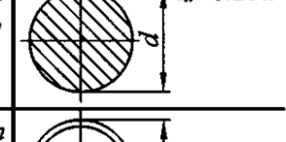
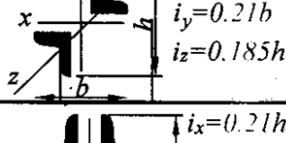
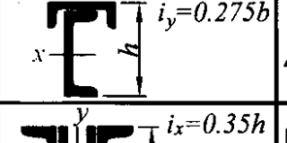
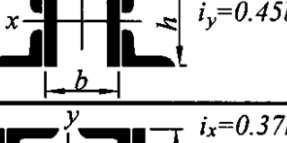
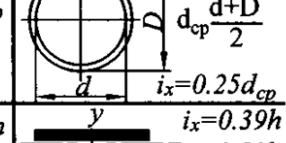

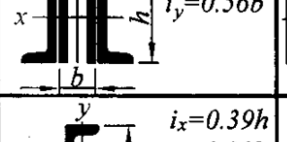
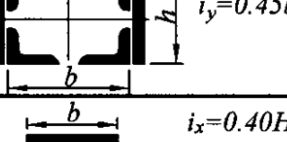

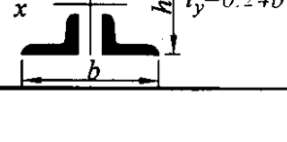
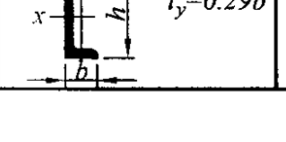
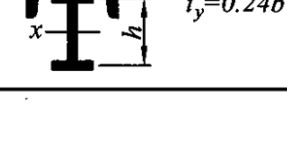
ცენტრალურად შეკუმშული სვეტებისთვის აგრეთვე უნდა შესრულდეს კედლის საანგარიშო სიმაღლისა h_{ef} და სისქის t ზღვრული ფარდობის პირობა (51)-ე ფორმულით განსაზღვრული პირობითი მოქნილობის $\bar{\lambda}$ მნიშვნელობაზე დამოკიდებულების მიხედვით. ორტესებრი კვეთისთვის დაცული უნდა იყოს შემდეგი პირობები:

$$h_{ef} / t = \sqrt{E / R_y}, \text{ როცა } \bar{\lambda} \leq 0.8; \tag{65}$$

$$h_{ef} / t = (0.36 + 0.8\bar{\lambda}) \sqrt{E / R_y}, \text{ მაგრამ არა უმეტეს } 2\sqrt{E / R_y}, \text{ როცა } \bar{\lambda} > 0.8. \tag{66}$$

სხვა ტიპის კვეთებისთვის h_{ef} განისაზღვრება სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით.

კვებითი ინერციის რადიუსების მიახლოებითი მნიშვნელობები

გამჭოლი დეროების მდგრადობაზე გაანგარიშება წარმოებს (62)-ე ფორმულით, იმ პირობით, რომ გრძივი ღუნვის კოეფიციენტების მნიშვნელობები განისაზღვრება (67), (68) და (69) ფორმულებით პირობითი

დაყვანილი მოქნილობის $\bar{\lambda}_{ef} = \bar{\lambda}_{ef} \sqrt{R_y/E}$ მნიშვნელობაზე (განისაზღვრება სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით) დამოკიდებულებით:

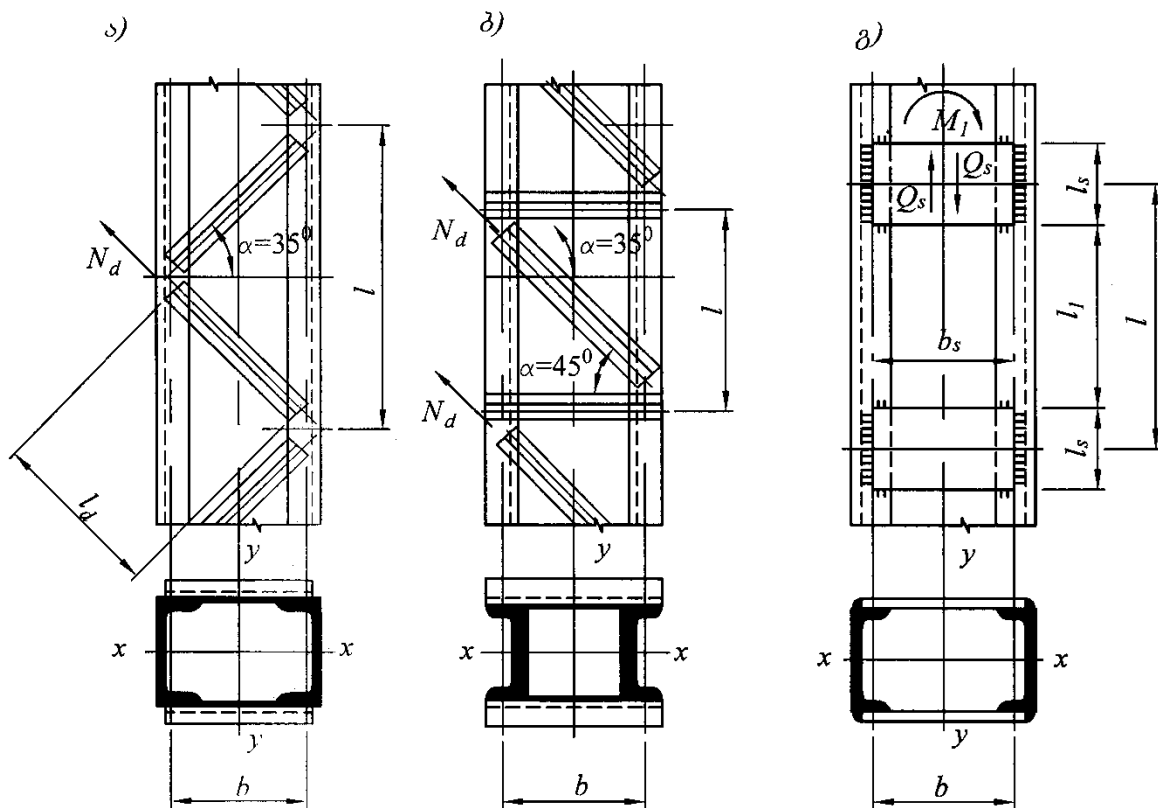
$$\varphi = 1 - (0.073 - 5.53R_y/E) \bar{\lambda}_{ef} \sqrt{\bar{\lambda}_{ef}}, \text{ როცა } 0 < \bar{\lambda}_{ef} \leq 2,5; \quad (67)$$

$$\varphi = 1.47 - 13 R_y/E - (0.0371 - 27.3 R_y/E) \bar{\lambda}_{ef} + (0.0275 - 5.53 R_y/E) \bar{\lambda}_{ef}^2, \quad (68)$$

როცა $2.5 < \bar{\lambda}_{ef} \leq 4.5$;

$$\varphi = 332/\bar{\lambda}_{ef}^2(51 - \bar{\lambda}_{ef}), \text{ როცა } \bar{\lambda}_{ef} > 4.5. \quad (69)$$

გამჭოლი სვეტების თამასები და გისოსები უზრუნველყოფს ყველა შტოს ერთობლივ მუშაობას და მთლიანობაში სვეტის დეროს სიხისტის მნიშვნელოვან გაზრდას. გისოსებიანი გამჭოლი სვეტების კონსტრუირებისას (ფიგ. 51, ა, ბ) კვანძებს შორის ცალკეული შტოების მოქნილობა არ უნდა აღემატებოდეს 80-ს და მთლიანი დეროს $\bar{\lambda}_{ef}$ -ის მნიშვნელობას. თამასებიან შედგენილ დეროებში (ფიგ. 51, გ), თამასებს შორის უბნებში ცალკეული შტოების მოქნილობა არ უნდა აღემატებოდეს 40-ს.



ფიგ. 51. გამჭოლი სვეტების გისოსების ტიპები
 ა - სამკუთხა; ბ - ირიბანული; გ - თამასებით

შემაერთებელი გისოსის ან თამასების გაანგარიშება წარმოებს პირობით განივ ძალაზე Q_{fic} , რომელიც მიიხნევა მუდმივად ღეროს მთელ სიგრძეზე და განისაზღვრება ემპირიული ფორმულით:

$$Q_{fic} = 7.15 \cdot 10^{-6} AE\beta[(2330R_y/E) - 1], \quad (70)$$

სადაც β არის კოეფიციენტი, რომელიც φ_{min}/φ ან $\sigma/\varphi R_y$ ფარდობებიდან ნაკლები მნიშვნელობის ტოლია; φ – კოეფიციენტი, რომელიც შედგენილი ღეროსთვის აიღება შემაერთებელი ელემენტების სიბრტყეში; φ_{min} – შემაერთებელი ელემენტის სიბრტყეში ან მის მართობულ სიბრტყეში გრძივი ღუნვის კოეფიციენტების ნაკლები მნიშვნელობა; $\sigma=N/A$ – კუმშვის ძაბვა ელემენტში.

შემაერთებელი გისოსების გაანგარიშება წარმოებს წამწეების ელემენტების გაანგარიშების ანალოგიურად, სადაც ირიბანაში ძალვა შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$N_d = Q_{fic} / \cos \alpha n, \quad (71)$$

სადაც α არის გისოსის დახრის კუთხე კვეთის განივი ღერძის მიმართ; n – გისოსების ელემენტების რაოდენობა, რომლებიც განლაგებულია ერთ ღონეზე.

შემაერთებელი თამასების გაანგარიშება წარმოებს უირიბნო წამწეების გაანგარიშების ანალოგიურად თამასის გადამჭრელი F ძალის და მომენტის M_1 მოქმედებაზე, რომელიც თამასას ღუნავს საკუთარ სიბრტყეში (ფიგ. 51, გ):

$$F = Q_s l / b, \quad (72)$$

$$M_1 = Q_s l / 2, \quad (73)$$

სადაც Q_s არის პირობითი განივი ძალა, რომელიც განისაზღვრება Q_{fic} -ის მიხედვით ღეროს ერთ ღონეზე მდებარე შემაერთებელი თამასების რაოდენობაზე დამოკიდებულებით.

გისოსის კუთხედებისა და თამასების სვეტის შტოებზე გადაყვანა ხდება ნაგლინი პროფილების თაროებზე დასამაგრებელი შენადული ნაკერების განლაგების პირობიდან გამომდინარე. თამასებისათვის ეს სიდიდე არ უნდა იყოს 20-30 მმ-ზე ნაკლები.

4.2. არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტები

არაცენტრალურად შეკუმშულად ითვლება სვეტი, რომლის საანგარიშო კვეთში მოქმედებს გრძივი ძალა N და მდუნავი მომენტი M . ასეთი სვეტები ფართოდ გამოიყენება კარკასულ სამრეწველო შენობებში.

დეროს კონსტრუქციული გადაწყვეტიდან გამომდინარე განასხვავებენ არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტების სამ ტიპს:

1. მუდმივკვეთიანი (ფიგ. 52, ა) (კონსოლით ამწისქვეშა კოჭისათვის), რომელიც გამოიყენება მაშინ, როდესაც ფერმის ქვედა სარტყელამდე სიმაღლე არ აღემატება 12 მ-ს და ხიდური ამწის ტვირთამწეობა არა აღემატება 20 ტ-ს;

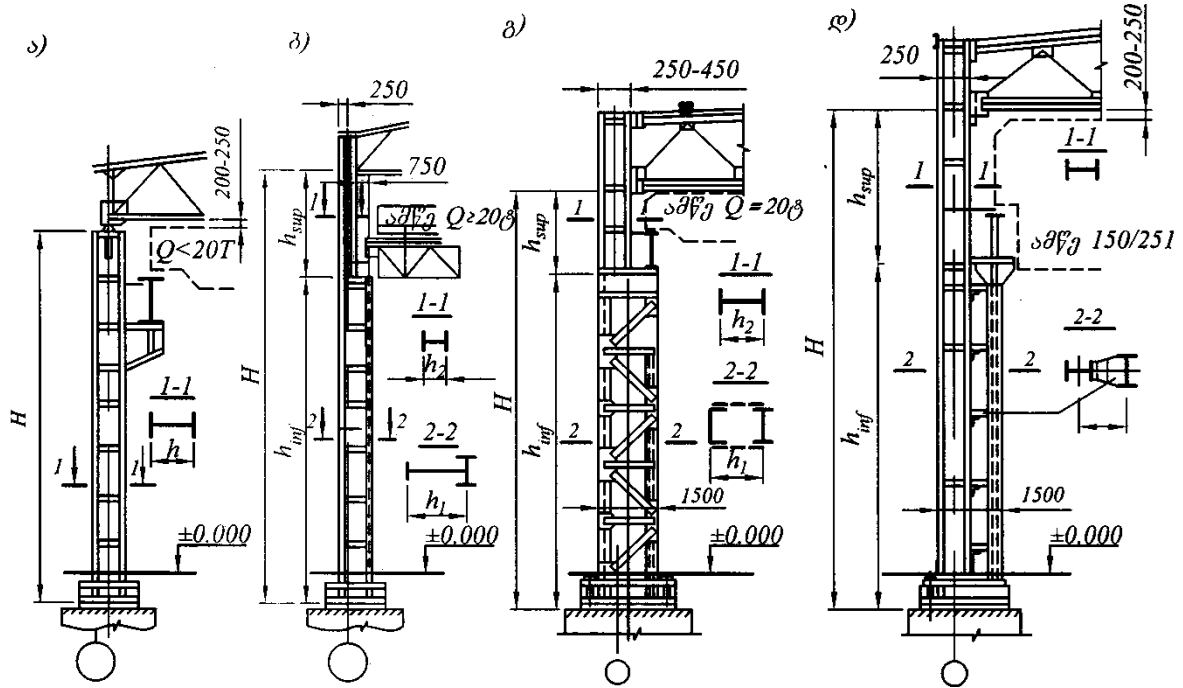
2. ცვლადკვეთიანი (ფიგ. 52, ბ, გ) (საფეხუროვანი), მთლიანკედლიანი და გამჭოლი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება სამრეწველო შენობების კარკასებში, როდესაც ხიდური ამწის ტვირთამწეობა აღემატება 20 ტ-ს. ამ სვეტის ამწისზედა ნაწილს აპროექტებენ მთლიანკედლიანი ორტყეობრივ კვეთის სახით, ხოლო ამწისქვეშა ნაწილი შეიძლება იყოს, როგორც მთლიანკედლიანი ისე კუთხედებისაგან შედგენილი გამჭოლი გისოსის სახის;

3. განცალკევებული ტიპის (ფიგ. 52, დ), რომელიც გამოიყენება მძიმე რეჟიმის საამქროებში, როდესაც ამწის ტვირთამწეობა აღემატება 150 ტონას და სიმაღლე 20 მეტრამდეა. ასეთ სვეტებში შტოები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ვერტიკალურ სიბრტყეში მოქნილი თამასებით, რის შედეგადაც თითოეული შტო ასრულებს დამოუკიდებელ ფუნქციას: ძირითადი შტო მუშაობს განივი ჩარჩოს სისტემაში და იღებს დატვირთვას გადახურვის, კედლებისა და ხიდური ამწეების განივი ზემოქმედებისაგან; ამწისქვეშა დგარი მუშაობს, როგორც ცენტრალურად შეკუმშული (მხოლოდ ხიდური ამწის ვერტიკალური დატვირთვის მოქმედებისაგან).

მთლიანკედლიანი და გამჭოლი არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტის ამწისქვეშა ნაწილის განივი კვეთის დამახასიათებელი ტიპები მოყვანილია ფიგ. 53-ზე.

არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტების დაპროექტებისას მათ გაბარიტებს წინასწარ ნიშნავენ კონსტრუქციული მოსაზრებით. სხვადასხვა ტიპის სვეტების კვეთის სიმაღლე h შეიძლება მიახლოებით შერჩეულ იქნას ცხრ. 25-ის მიხედვით. მთლიანი კვეთები უფრო ხისტია ვიდრე გამჭოლი, ისინი უფრო ადვილი დასამზადებელია, თუმცა მათი გამოყენება რეკომენდებულია,

როდესაც კვეთის სიმაღლე h არ აღემატება 1.2 მ-ს. მეტი სიმაღლის დროს მათი გამოყენება ეკონომიკურად მიზანშეწონილი არ არის.

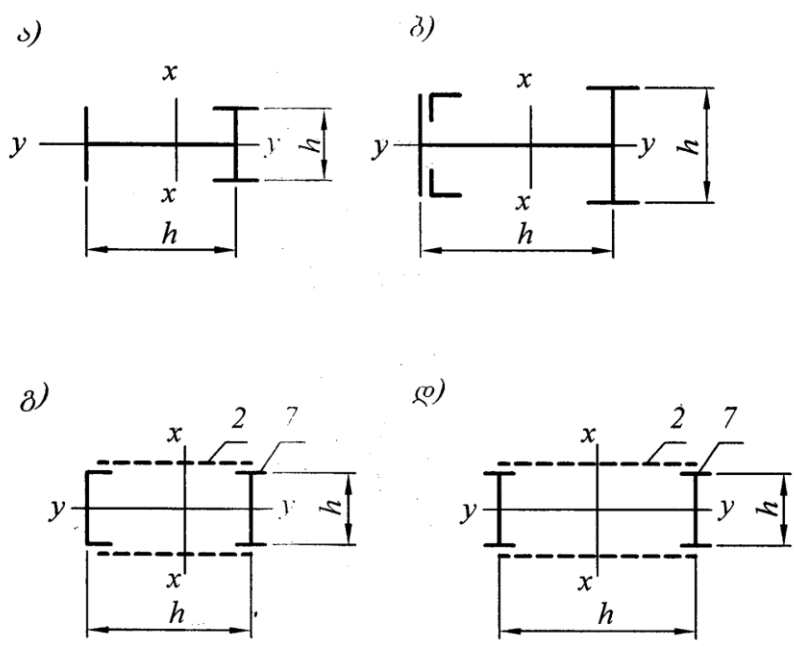


ფიგ. 52. სამრეწველო შენობების არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტების ძირითადი ტიპები

- ა – მთლიანკედლიანი მუდმივი კვეთის; ბ – მთლიანკედლიანი საფეხუროვანი;
- გ – გამჭოლი საფეხუროვანი; დ – გამჭოლი განცალკევებული;

სვეტების სიმაღლე ასევე განისაზღვრება კონსტრუქციულად ტექნოლოგიური მოწყობილობის სიმაღლის გათვალისწინებით, საძირკვლის ჩადგმის სიღრმით, ხიდური ამწეების გაბარიტებით და ამწის ზედა გაბარიტსა და გადახურვის კონსტრუქციის ძირს შორის მანძილით, რომელიც ჩვეულებრივ მიიღება 200-250 მმ.

არაცენტრალურად შეკუმშულ სვეტებს ანგარიშობენ შენობის განივი კარკასის სისტემაში მათი მუშაობის გათვალისწინებით. საანგარიშო ძალები სვეტებში განისაზღვრება კომპიუტერული პროგრამის მეშვეობით, რომელიც საშუალებას იძლევა გათვალისწინებული იქნას ძალების სხვადასხვა კომბინაციები კარკასის ელემენტებში (იხ. პ. 6.3). არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტების მოქნილობა ინიშნება ცენტრალურად შეკუმშული სვეტების ანალოგიურად. საანგარიშო გრძივი ძალისა და მღუნავი მომენტის განსაზღვრის შემდეგ, ხორციელდება კვეთების გაანგარიშება (16), (17), (18), (21) ფორმულებით.



ფიგ. 53. საფეხუროვანი სვეტების ამწისქვეშა ნაწილის კვეთის ტიპები
 ა, ბ – მთლიანკედლიანი; გ, დ – გამჭოლი; 1 – კვეთი; 2 – გისოსი.

ცხრილი 25

სვეტის ამწისზედა და ამწისქვეშა ნაწილების სიბრძნეებსა და კვეთის სიმაღლეს შორის მინიმალური თანაფარდობები

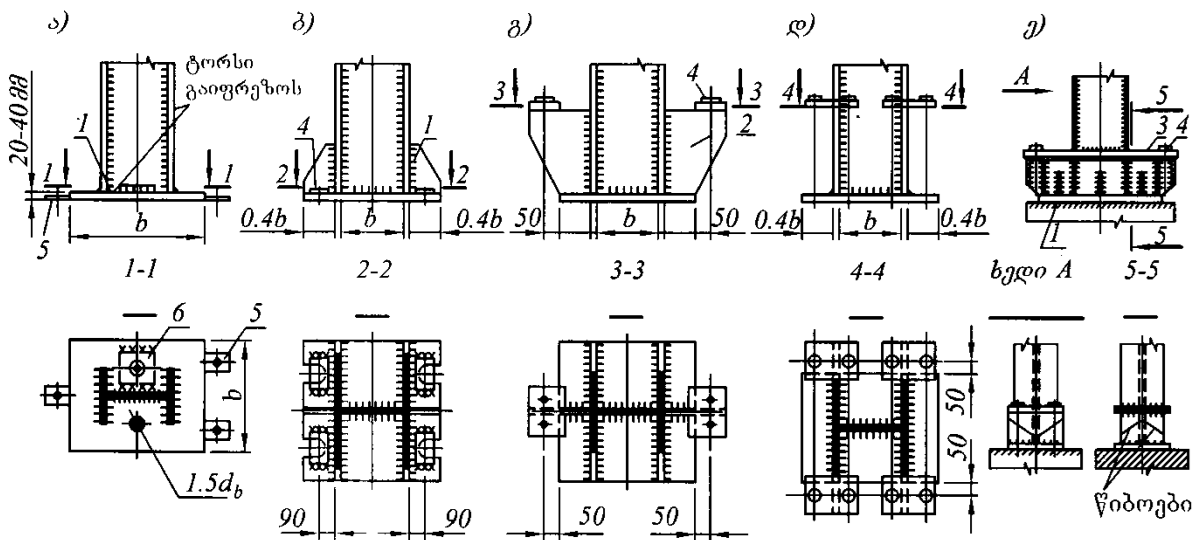
$l, l_1, l_2, მ$	მუდმივი კვეთის სვეტები h/l	ცვლადი კვეთისა და განცალკევებადი ტიპის სვეტები		
		ამწისქვეშა ნაწილი h_1/l_1		ამწისზედა ნაწილი h_2/l_2
		მთლიანი	გამჭოლი	
10-12-მდე	1/15	1/10-1/14	1/9-1/12	1/8-1/12
15-20	1/18	1/12-1/16	1/11-1/14	
25-30	1/20	1/15-1/20	1/13-1/17	

4.3. ერთშტოიანი და ორშტოიანი სვეტის ბაზა

ბაზა ეწოდება სვეტის საყრდენ ნაწილს, რომელიც სვეტში აღძრულ ძალებს გადასცემს საძირკველს. ბაზის კონსტრუქციული გადაწყვეტა დამოკიდებულია სვეტის ტიპზე და საძირკველში ჩამაგრების ხასიათზე (სახსრული ან ხისტი). განასხვავებენ ცენტრალურად (ფიგ. 54, ა, ბ, გ) და არაცენტრალურად (ფიგ. 54, დ, ე) შეკუმშული ერთშტოიანი სვეტის ბაზებს.

უმარტივესი ბაზა შედგება ღეროს დაფრეზულ ტორსზე მიდუღებული საყრდენი ფილისგან (ფიგ. 54, ა). ასეთი გადაწყვეტა მიზანშეწონილია სვეტში მცირე გრძივი ძალის მოქმედების დროს და სვეტის ფუნდამენტზე სახსრულად ჩამაგრებისას.

გრძივი ძალის გადიდებისას საყრდენი ფილის ფართობი მნიშვნელოვნად იზრდება, შესაბამისად, აუცილებელი ხდება სიხისტის წიბოების გამოყენება, რათა შენარჩუნებული იქნას ფილის მინიმალური სისქე (ფიგ. 54, ბ, გ). ასეთ შემთხვევაში ტრავერსა ემსახურება ძალების უფრო თანაბარ განაწილებას სვეტიდან ფილაზე და ზრდის ფილის მზიდუნარიანობას საძირკვლის რეაქტიული წნევის შედეგად გამოწვეულ ღუნვაზე მისი მუშაობისას.



ფიგ. 54. ერთშტოიანი სვეტების ბაზების ტიპები

- ა - ცენტრალურად შეკუმშული, ღეროს დაფრეზული ტორსით;
- ბ, გ - ცენტრალურად შეკუმშული, ძალას გადაეცემა შენადული ნაკერების მეშვეობით;
- დ, ე - არაცენტრალურად შეკუმშული;
- 1 - საყრდენი ფილა;
- 2 - სიხისტის წიბო;
- 3 - ტრავერსას ფურცელი;
- 4 - საანკერო ჭანჭიკები;
- 5 - საყენებელი ყუნწები ხრახნებით;
- 6 - საყელური

საყრდენი ფილის ფართობი A_{pl} უზრუნველყოფს დატვირთვის გადაცემას სვეტიდან ფუნდამენტზე და განისაზღვრება ფორმულით:

$$A_{pl} = N/\gamma R_b, \quad (74)$$

სადაც N არის საანგარიშო გრძივი ძალა სვეტში ბაზის დონეზე; R_b - ბეტონის საანგარიშო წინაღობა ღერძულ კუმშვაზე, რომელიც პირველი

ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობისათვის, M150, M200 და M300 ბეტონის მარკებისათვის შესაბამისად აიღება 6.5, 8 და 13 მპა; $\gamma - R_b$ -ს გაზრდის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია საძირკველის ზედა თაროს ფართობის A_f და საყრდენი ფილის მუშა ფართობის ფარდობაზე $\gamma = \sqrt[3]{A_f/A_{pl}}$, მაგრამ არ უნდა აღემატებოდეს 1.5-ს.

ბაზის საყრდენი ფილის სისქე t_{pl} შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

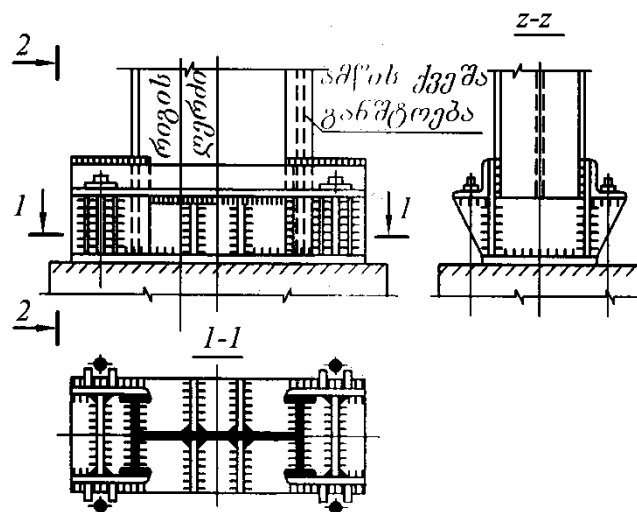
$$t_{pl} = \sqrt{6M/R_y}, \quad (75)$$

სადაც M არის საანგარიშო მღუნავი მომენტი (1 სმ სიგანის ზოლზე) საყრდენი ფილის უბნებზე სიხისტის წიბოებს შორის.

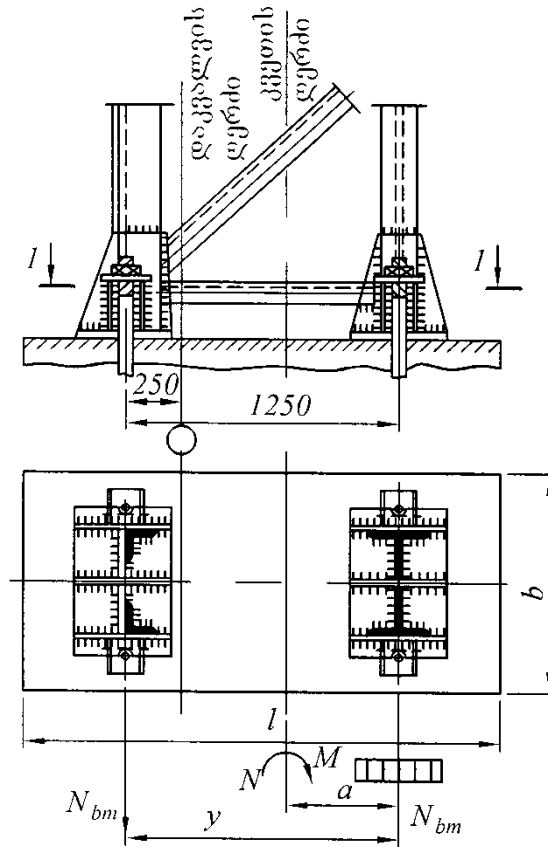
მცირე ძალებების დროს დასაშვებია ტრავერსების დაპროექტება სვეტიდან ტრავერსზე შენადული ნაკერების მეშვეობით ძალების გადაცემით (ფიგ. 54, ბ, გ). არაცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე სვეტებში აწყობენ მღუნავი მომენტის მოქმედების სიბრტყეში განვითარებულ ხისტ ბაზებს.

ერთშტოიან მთლიანკედლიან სვეტში, მცირე მღუნავი მომენტის მოქმედებისას, გამოიყენება 10-12 მმ სისქის ფურცლების ერთკედლიანი ღია ქუსლი (ფიგ. 54, ე), რომელიც ხელსაყრელია სამუშაოთა წარმოებისას.

ორშტოიანი მთლიანკედლიანი სვეტისთვის გამოიყენება განცალკევებულტრავერსიანი ქუსლი, რომელსაც აქვს ერთი საყრდენი ფურცელი (ფიგ. 55), ხოლო განცალკევებულშტოიანი სვეტებისთვის გამოიყენება ორი დამოუკიდებელი ქუსლისაგან შედგენილი ბაზა (ფიგ. 56).



ფიგ. 55. მთლიანკედლიანი სვეტის ქუსლი განცალკევებული ტრავერსით



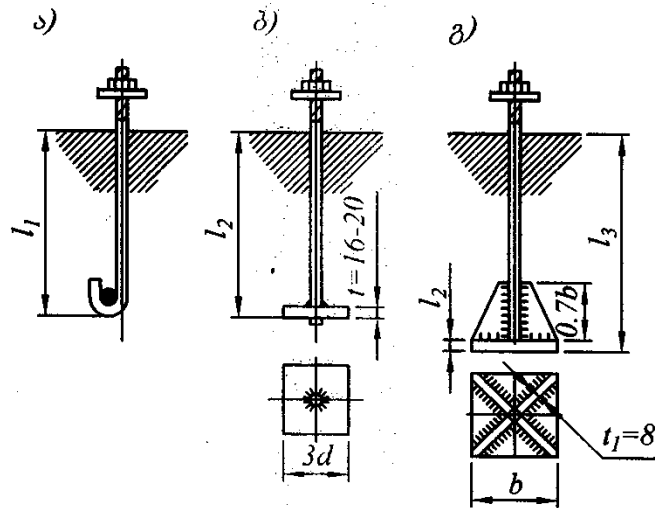
ფიგ. 56. საფეხუროვანი ტიპის გამჭოლი სვეტების ქუსლი განცალკევებული ტრავერსებით

ბაზის საძირკველზე ჩამაგრების ზონაში ვერტიკალურების გარდა ასევე წარმოიქმნება საძირკველის ზედაპირზე ქუსლის მძვრელი ჰორიზონტალური განივი ძალები, აგრეთვე მღუნავი მომენტები, რომლებიც ცდილობენ საძირკველს მოგლიჯონ ქუსლის ერთი ნაწილი და მიწნესონ მეორე ნაწილი. ძვრა აითვისება საყრდენ ფილასა და საძირკველს შორის წარმოქმნილი ხახუნის ძალების მიერ, აგრეთვე საანკერო ჭანჭიკების ჭრაზე მუშაობით.

მღუნავი მომენტი აითვისება საანკერო ჭანჭიკების მუშაობით გაჭიმვაზე (ამოგლეჯაზე). საძირკველში საანკერო ჭანჭიკების ჩამაგრების სიღრმე დამოკიდებულია მღუნავი მომენტის სიდიდეზე და საანკერო მოწყობილობის კონსტრუქციაზე (ფიგ. 57). ცენტრალურად შეკუმშული სვეტისათვის საანკერო ჭანჭიკების დიამეტრი შეირჩევა კონსტრუქციულად – $d=22-26$ მმ. არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტისათვის საანკერო ჭანჭიკების დიამეტრი და რაოდენობა n_b გაანგარიშდება ფორმულით:

$$n_b = N_{bm}/N_{max} = (M - Na)/yN_{max}, \quad (76)$$

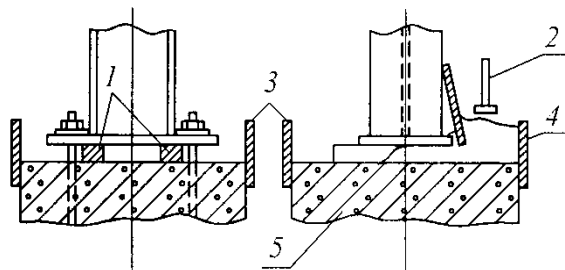
სადაც N_{bm} არის სვეტის შტოში მომენტისგან გამოწვეული გრძივი ძალა, რომელიც ცდილობს ქუსლის ამოგლეჯას საძირკველიდან (იხ. ფიგ. 56); N_{max} – ერთ საანკერო ჭანჭიკზე დასაშვები მაქსიმალური საანგარიშო ძალვა, რომელიც განისაზღვრება 26-ე ცხრილის მიხედვით.



ფიგ. 57. ანკერული დამაგრების ტიპები

ა, ბ – ძაღვების გადაცემა შეჭიდების ძაღვების მეშვეობით; გ – ძაღვების გადაცემა საყრდენი საყელურის მეშვეობით

სვეტის ამოყვანის ერთ-ერთი საპასუხისმგებლო ეტაპია მისი დაყენება საძირკველზე, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს სათავის და ამწისქვეშა შტოს საყრდენი ბაქნის საპროექტო ნიშნულების მკაცრი დაცვა, აგრეთვე ექსპლუატაციის პროცესში უნდა ეწინააღმდეგებოდეს სვეტის ჩაჯდომას. ყველაზე ხშირად გამოიყენება შემდეგი ხერხი – სვეტის ბაზას აყრდნობენ წინასწარ დაყენებულ და სიმაღლეში გასწორებულ 50-60 მმ სისქის ლითონის ქვესადებებზე, შემდეგ ფილის ქვეშ შეყავთ ცემენტის დუღაბი, რომელსაც გამუდმებით ტკეპნიან (ფიგ. 58).



ფიგ. 58. სვეტის საყრდენი ფილის ქვეშ დუღაბის ჩასასხმელი მოწყობილობა

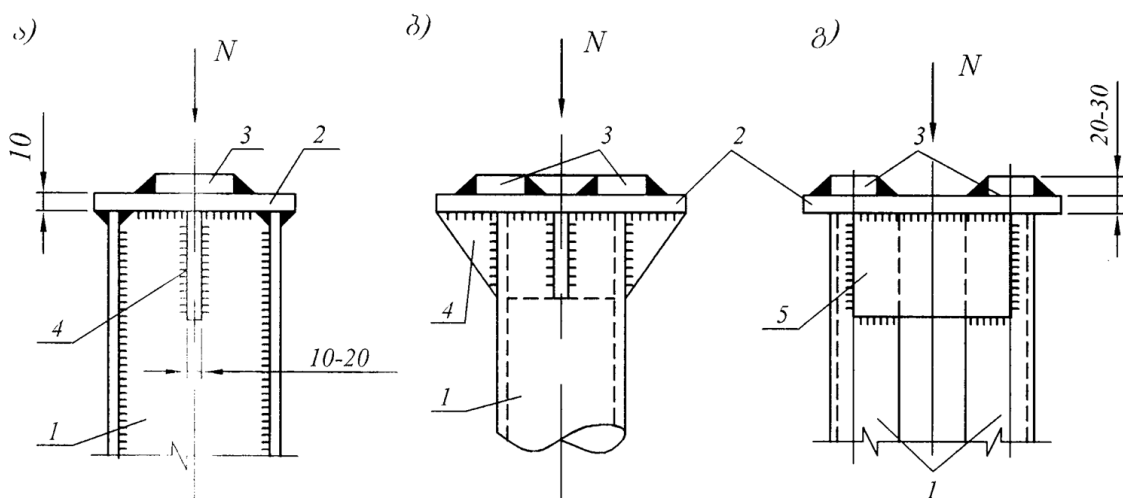
1 – ლითონის ქვესადები; 2 – ტკეპნა; 3 – ყალიბი; 4 – ხისტი ცემენტის დუღაბი; 5 – საძირკველი

საანკერო ჭანჭიკების მზიღუნარიანობა, $R_y = 140$ მპა

ჭანჭიკის დიამეტრი d , მმ	20	22	24	27	30	36
N_{max} , კნ	315	394	454	598	725	1060
ჭანჭიკის დიამეტრი d , მმ	42	48	56	64	72	76
N_{max} , კნ	1400	1870	2620	3450	4420	5010

4.4. სვეტის სათავის კონსტრუქციები, პირაპირები და დეტალები

სვეტის სათავის დანიშნულებაა წამწებიდან და კოჭებიდან ძალვის გადაცემა სვეტის ღეროზე. განასხვავებენ მთლიანკედლიანი და გამჭოლკედლიანი სვეტის სათავეებს (ფიგ. 59).



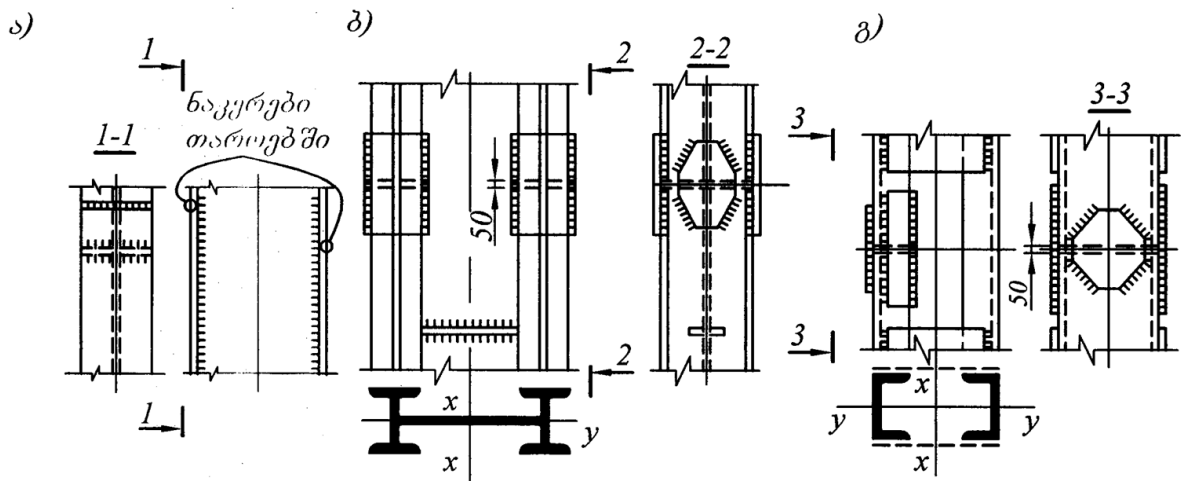
ფიგ. 59. სვეტის სათავის ტიპები

- ა, ბ – მთლიანკედლიანი სვეტების; გ – გამჭოლკედლიანი სვეტების; 1 – სვეტის ღერო; 2 – საყრდენი ფილა; 3 – მაცენტრებელი ფირფიტა; 4 – სიხისტის წიბო

მთლიანკედლიან სვეტში სათავის ჰორიზონტალურ საყრდენ ფურცელს აძლიერებენ სიხისტის წიბოებით, რომლებიც ამავედროულად ხელს უწყობს სვეტის მთლიანი საანგარიშო კვეთის ჩართვას მუშაობაში. დატვირთვის

დაცენტრებისთვის საყრდენ ფურცელზე ადუღებენ მაცენტრებელ ფირფიტას, რომლის სიგანე არ აღემატება 100 მმ. გამჭოლკედლიან სვეტში (ფიგ. 59, გ) საყრდენი ფურცლის ქვეშ აკეთებენ სიმაღლეში განვითარებულ სიხისტის წიბოს, რომლის გაანგარიშება წარმოებს ამ წიბოების სიბრტყეში მოქმედ განივ ძალასა და მომენტზე, გამჭოლკედლიან სვეტში შემაერთებელი თამასების გაანგარიშების მსგავსად (იხ. ფიგ. 51).

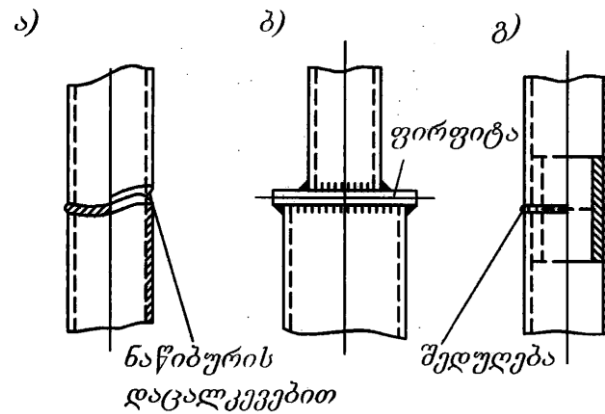
სვეტში პირაპირები შესაძლებელია იყოს ქარხნული და სამონტაჟო. ქარხნულ პირაპირებს აკეთებენ სვეტის ღეროებში შედუღებით. ისინი ემსახურება ნაგლინი პროფილების ან ფურცლების დაგრძელებას, თუ ისინი არ აკმაყოფილებენ სვეტის საპროექტო სიგრძეს (ფიგ. 60). პირაპირებმა უნდა უზრუნველყოს ნაკერისა და ძირითადი ლითონის თანაბარსიმტკიცე-თაროებზე და კედელზე პირაპირა ნაკერებს აკეთებენ ხტულად (ფიგ. 60, ა), ხოლო ზესადებების გამოყენების შემთხვევაში დასაშვებია პირაპირის მოწყობა ერთ კვეთში (ფიგ. 60, ბ, გ).



ფიგ. 60. ღია პროფილების ელემენტებიანი სვეტების ქარხნული შენადული პირაპირები

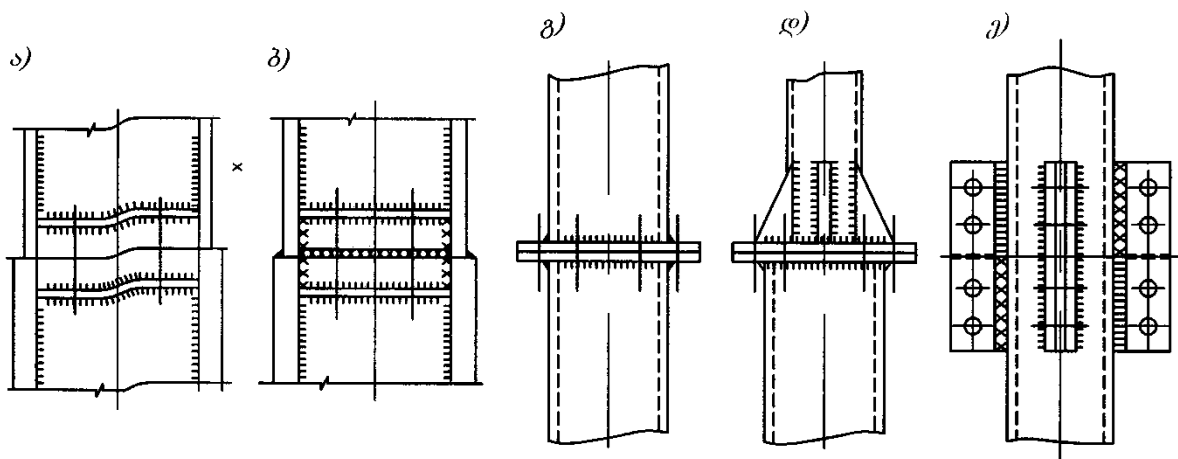
ქარხნულ პირაპირებში ძალები გადაეცემა შენადული ნაკერებით. მილოვან, ცენტრალურად შეკუმშულ სვეტში, შესაპირაპირებელი მილების დიამეტრებისა და კედლის სისქეების ტოლობის შემთხვევაში, გამოიყენება პირაპირა შედუღება (ფიგ. 61, ა), ხოლო არაცენტრალურად შეკუმშულებში – პირაპირა შედუღება ძირითად მილში მოკლე მილოვანი სადების ჩაყენებით (ფიგ. 61, გ). მეორე ვარიანტი უფრო შრომატევადი და ლითონტევადია, მაგრამ უფრო მტკიცე და საიმედოა ექსპლუატაციაში. მილოვანი ღეროს დიამეტრის

ცვლილების შემთხვევაში, პირაპირში თავსდება მრგვალი ფირფიტა, რომლის სისქე განისაზღვრება გაანგარიშებით, როგორც კონტურზე სახსრულად დაყრდნობილი ფირფიტის შემთხვევაში (ფიგ. 61, ბ).



ფიგ. 61. მილოვანი სვეტების ქარხნული შენადული პირაპირები

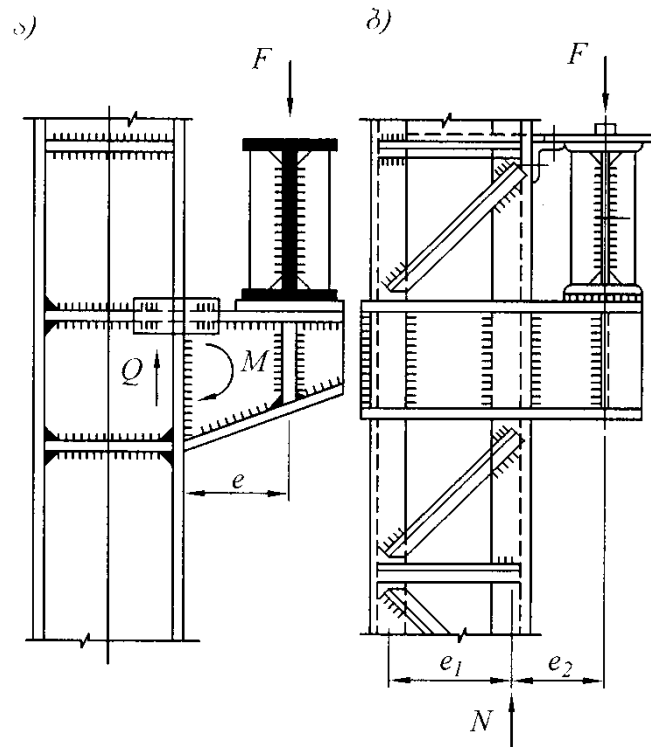
სამონტაჟო პირაპირები განკუთვნილია სვეტის ცალკეული სამონტაჟო ნაწილების შესაერთებლად ერთ მთლიანობაში, რომელთა ტრანსპორტირება შეზღუდულია. ასეთ პირაპირებს აკეთებენ სამშენებლო მოედანზე. აწყობის სიზუსტის უზრუნველსაყოფად გამოიყენება წინასწარ გამზადებულ ნახვრეტებში დაყენებული სამონტაჟო ჭანჭიკები, სვეტის ღეროებისა და შტოების შეუღლების ტორსების ფრეზვა (ღარვა), ხოლო საჭიროების შემთხვევაში დამატებითი შენადული პირაპირის შესრულება (ფიგ. 62).



ფიგ. 62. მთლიანკეთიანი სვეტის სამონტაჟო პირაპირების ვარიანტები

- ა – ღია პროფილებისათვის, მკუმშავი ძალის მოქმედებისას;
- ბ – იგივე, მკუმშავი ძალისა და მომენტის ერთდროულად მოქმედებისას;
- გ-ე – მილოვანი პროფილებისათვის

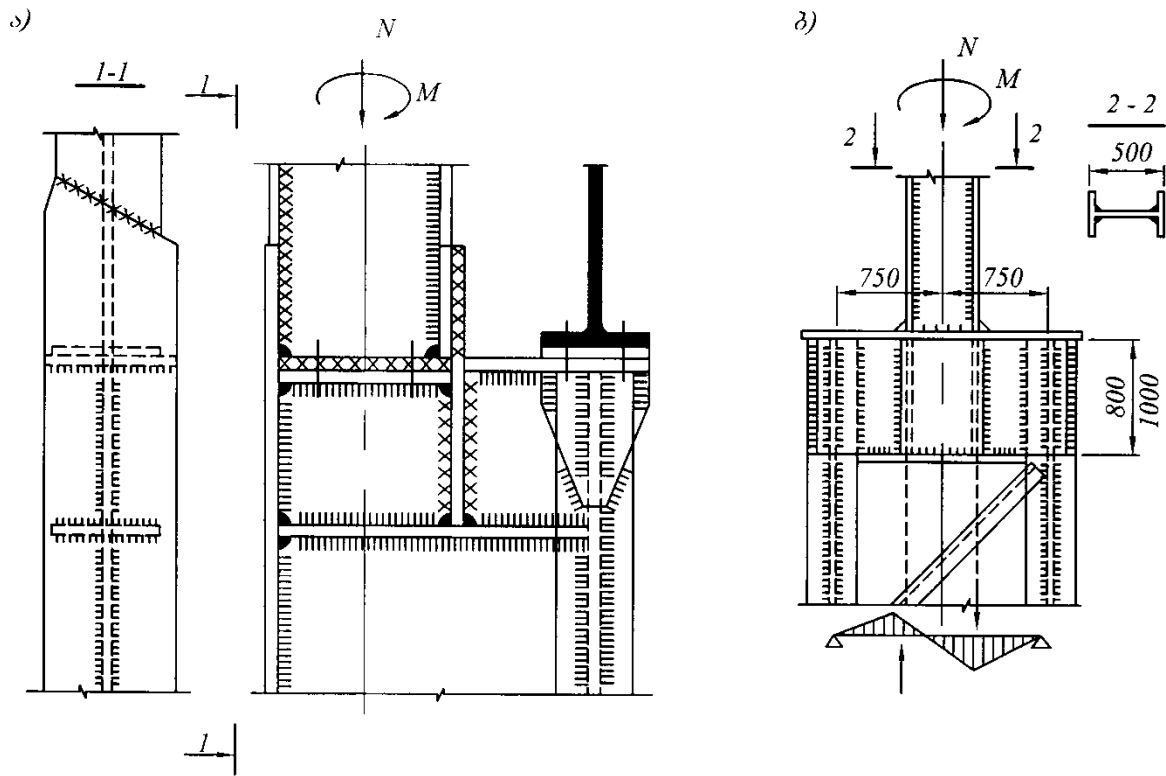
მილოვან დეროებში მიღტუხა შეერთებების მოწყობისას (ფიგ. 62, გ, დ), საპირაპირე ფირფიტების დიამეტრი უნდა უზრუნველყოფდეს მოსაჭიში მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების თავისუფალ დაყენებას.



ფიგ. 63. ამწისქვეშა კოჭის დაყრდნობა კონსოლზე

ა – მთლიანკედლიან სვეტებში; ბ – გამჭოლკედლიან სვეტებში

ყველაზე მეტად დაძაბული და დასამზადებლად შრომატევადი ზონებია მუდმივი კვეთის მქონე სვეტის დეროსთან ამწისქვეშა კონსოლის მიმაგრების უბანი (ფიგ. 63), აგრეთვე საფეხუროვანი სვეტების ამწისხედა და ამწისქვეშა ნაწილების შეუღლების ზონა (ფიგ. 64). ამ კვანძებში მოქმედებს ნორმალური და განივი ძალები, აგრეთვე მნიშვნელოვანი მღუნავი მომენტები. ამ ძალების გადაცემა ელემენტიდან ელემენტზე ხორციელდება საანგარიშო შენადული ნაკერებით. დაპროექტებისას საჭიროა თავიდან ავიცილოთ სვეტის ამ ზონაში სამონტაჟო პირაპირების მოწყობა.



ფიგ. 64. საფეხუროვანი ტიპის სვეტებში ამწისზედა ნაწილის მიმაგრების ხედი

ა – მთლიანკედლიან ამწისქვეშა შტოსთან; ბ – გამჭოლკედლიან ამწისქვეშა შტოსთან

თავი 5. წამწეები

5.1. ნივნივური ბაღასურვები. საერთო ცნებები

ნივნივური გადახურვა წარმოადგენს შემომზღუდავი კონსტრუქციების ნაწილს, რომელიც იცავს ნაგებობას ატმოსფერული ზემოქმედებებისაგან და განსაზღვრავს მის ხანგამძლეობას. ერთსართულიან საზოგადოებრივ და სამრეწველო შენობებში გადახურვის დაპროექტებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს, ვინაიდან ის შეადგენს მშენებლობის ღირებულების 20–30 % და და შრომატევადობის 30 %. გადახურვის კონსტრუქციის შერჩევა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მთელი ნაგებობის მოცულობით-დაგეგმარებით გადაწყვეტაზე: სვეტების ბიჯზე; ზედა განათების მოწყობაზე, ბურულზე, კიდული ჭერის აუცილებლობაზე, კიდული მოწყობილობის დამონტაჟების შესაძლებლობაზე, ამწეებსა და ა.შ.

განასხვავებენ დათბუნებულ და ცივ ნივნივურ გადახურვებს. პირველი, მეორისაგან განსხვავებით, ატმოსფერული ზემოქმედებისაგან შენობის დაცვის გარდა, უზრუნველყოფს თბოდაცვას.

ნივნივური გადახურვების დაპროექტებისას ითვალისწინებენ გარე დატვირთვების ხასიათს და ზემოქმედებას, მასალების თბოგამტარობის გავლენას, აგრეთვე ანტიკოროზიულ და ხანძარსაწინააღმდეგო დაცვას.

5.2. ნივნივური წამწვები, მოხაზულობა და ბისოსის ტიპები

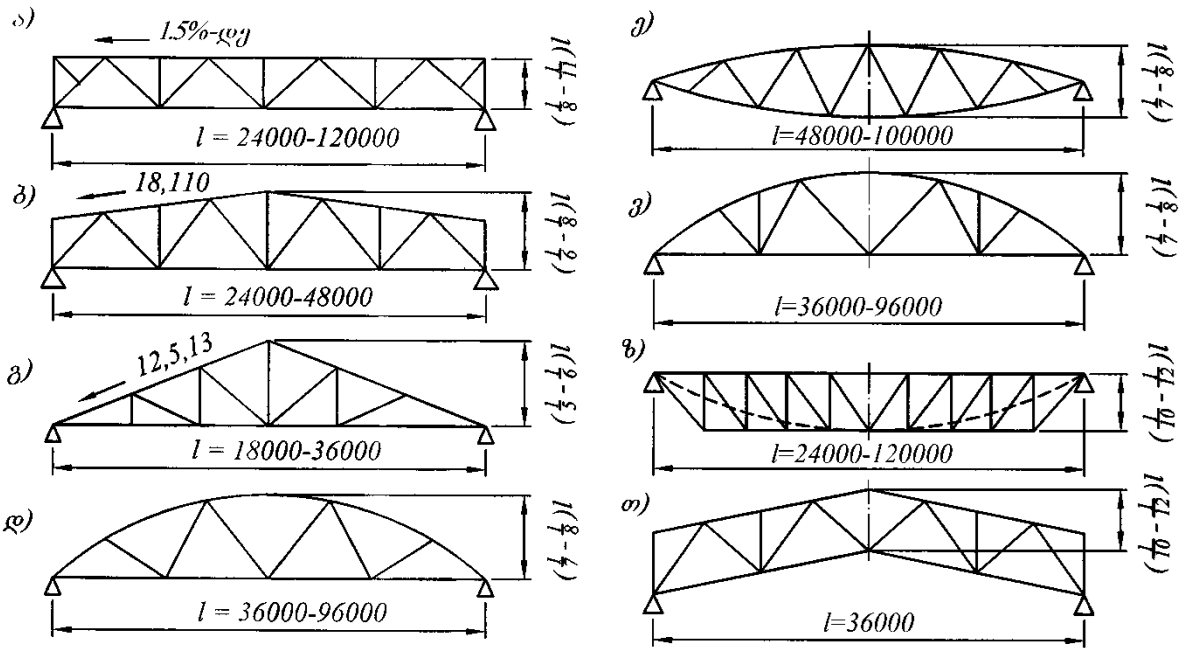
წამწვე ეწოდება კვანძებში ერთმანეთთან შეერთებული სწორხაზოვანი ღეროებისაგან შედგენილ გეომეტრიულად უცვლელ გისოსოვან გამჭოლ კონსტრუქციას, რომელიც მოიცავს ზედა შეკუმშულ და ქვედა გაჭიმულ სარტყელს, დგარებს და ირიბნებს. იგი წარმოადგენს სამშენებლო მზიდ კონსტრუქციას, რომელიც გამოიყენება დიდი მალის მქონე გადახურვებში. წამწვეზე დატვირთვა, როგორც წესი, მოდებულია კვანძებში. წამწვის ელემენტებში წარმოიქმნება ღერძული გამჭიმავი და მკუმშავი ძალები, რაც უზრუნველყოფს მასალის მზიდუნარიანობის უფრო სრული გამოყენების შესაძლებლობას, ვიდრე ღუნვად ელემენტებში (კოჭებში).

წამწვის გეომეტრიული სქემა განისაზღვრება სარტყელების მოხაზულობითა და გისოსის სახეობით. სარტყელების მოხაზულობის მიხედვით ნივნივური წამწვის ძირითადი ტიპებია: პარალელურ სარტყელებიანი (ფიგ. 65, ა); ტრაპეციისებრი (ფიგ. 65, ბ); სამკუთხა (ფიგ. 65, გ) და სეგმენტური (ფიგ. 65, დ);

დამზადებისა და ფორმის მიხედვით ყველაზე მარტივია პარალელურ სარტყელებიანი და ტრაპეციისებრი წამწვეები. დამზადების სიმარტივემ განაპირობა მათი ფართო გამოყენების შესაძლებლობა სხვადასხვა დანიშნულების სამრეწველო და სამოქალაქო შენობებში. მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გამო ისინი წარმატებით გამოიყენება 18-120 მ მალეებში და აქვთ შედარებით მცირე სამშენებლო სიმაღლე სხვა მოხაზულობის წამწვეებთან შედარებით.

სამკუთხა მოხაზულობის წამწვეებს აქვთ ყველაზე დიდი სიმაღლე, ამიტომაც დამზადებისა და ტრანსპორტირების პირობებიდან გამომდინარე მათ

იყენებენ მალეში, რომელთა სიგრძე არ აღემატება 36 მ-ს. მათი გამოყენება შენობებში და ნაგებობებში უმთავრესად განისაზღვრება მცირეზომიანი საბურთულე მასალების გამოყენებით (ბრტყელი და ტალღოვანი აზბესტცემენტის ფურცლები, საბურთულე ფოლადი, კრამიტი და სხვ.) ცივ ბურთულეში, რომლებიც მოითხოვენ დიდ დაქანებებს (25–45°).



ფიგ. 65. ნივნიური წამწეები

მასალის ხარჯის მიხედვით ყველაზე ეკონომიურია სეგმენტური წამწეები; მათი გამოყენების ეფექტურობა იზრდება მალის ზრდასთან ერთად. თუმცა, სეგმენტურ წამწეებს, სამკუთხა წამწეების მსგავსად, ახასიათებთ დამზადების დიდი შრომატევადობა, რაც დაკავშირებულია გისოსის ელემენტების სიგრძეების დიდ ნომენკლატურასთან, აგრეთვე სეგმენტური ფერმებისთვის დამახასიათებელ ზედა სარტყელის სიმრუდესთან. დამზადების შრომატევადობის შესამცირებლად, პრაქტიკული გამოყენებისთვის სეგმენტური ფერმები იცვლება პოლიგონალურით (ზედა სარტყელის ძირითად კვანძებს შორის სწორხაზოვანი ელემენტებით) (ფიგ. 65, ე).

გადახურვის ნივნიურ წამწეებს შეიძლება ჰქონდეთ სრულიად სხვადასხვანაირი მოხაზულობა, რომელიც პასუხობს დასაპროექტებელი ობიექტის არქიტექტურულ-ესთეტიურ და ფუნქციურ მოთხოვნებს. საზოგადოებრივ შენობებში ზოგჯერ გამოიყენება თევზისებრი (ფიგ. 65, ე) და შეაფრებული (ფიგ. 65, თ) წამწეები, ხოლო სამრეწველო შენობებში – ზედა

სარტყელის განაპირა კვანძებზე დაყრდნობილი პარალელურსარტყელებიანი წამწეები (ფიგ. 65, ზ) და სხვ.

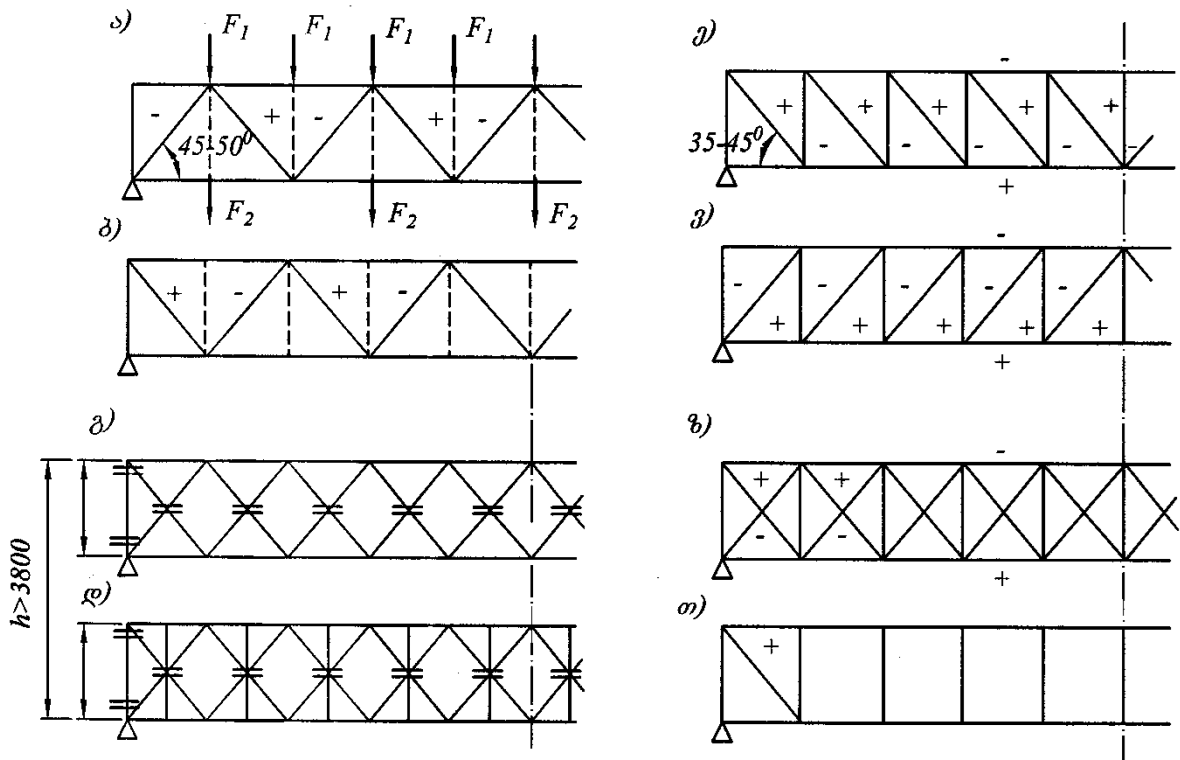
მინიმალური მასისა (მინიმალური მასა მიიღება სარტყელებისა და გისოსის მასების ტოლობის შემთხვევაში) და საჭირო სიხისტის პირობიდან გამომდინარე, წამწის ოპტიმალური სიმაღლის შეფარდება მალთან მიიღება $h/l=1/4-1/5$. თუმცა, ამ შემთხვევაში წამწე გამოდის დიდი სიმაღლის, რაც ართულებს მის ტრანსპორტირებას და მონტაჟს, გარდა ამისა, იზრდება შენობის მოცულობა, ამიტომ წამწეების რეკომენდებული სიმაღლე ნაკლებია ოპტიმალურზე.

ნებისმიერ დატვირთვაზე წამწის უცვლელობა მიიღწევა გისოსის მოწყობით, რაც წარმოქმნის სამკუთხედების სისტემას. ზედა სარტყელის გასწვრივ გისოსის კვანძებს შორის მანძილს ეწოდება წამწის პანელი – l_m , რომლის ზომაც შეირჩევა გადახურვის ფილების სიგანის მიხედვით 1.5 ან 3 მ და არის 6 მ მოდულის ჯერადი.

ყველაზე გავრცელებულია სამკუთხა გისოსი (ფიგ. 66, ა, ბ), რადგანაც მისი ზიგზაგის საერთო სიგრძე და მასში კვანძების რაოდენობა ნაკლებია სხვა ტიპის გისოსებიან წამწეებთან შედარებით. ქვედა სარტყელის მიმართ გისოსის დახრის რაციონალური კუთხე შეადგენს 45–50°. სამკუთხა გისოსის ნაკლია სარტყელების პანელების მნიშვნელოვანი სიგრძე, განსაკუთრებით წამწეების დიდი მალეების შემთხვევაში, რის გამოც ადგილი აქვს კვანძის გარეთა დატვირთვებს, რაც უარყოფითად მოქმედებს კონსტრუქციის ეფექტურობაზე. პანელის სიგრძის შესამცირებლად სამკუთხა გისოსში ამატებენ დგარებს, რომლებიც ორიენტირებულია ზედა კვანძიდან წამწის ქვედა სარტყელზე და პირიქით.

სამკუთხა გისოსის ნაირსახეობაა რომბისებრი ცხაურები, რომლებსაც აქვთ მაღალი სიხისტე და დიდი განივი ძალებისადმი წინააღმდეგობის გაწევის კარგი უნარი (ფიგ. 66, გ, დ). მცირე სიმაღლის წამწეებში გამოიყენება ირიბნული გისოსები, რომლებიც გამოირჩევა ძაღვის ნიშნის რეგულირების შესაძლებლობით (ფიგ. 66, ე, ვ). ქვედა სარტყელის მიმართ ირიბნული გისოსის დახრის რაციონალური კუთხე შეადგენს 35–45°. პარალელურ სარტყელებიან და ტრაპეციისებრ წამწეებში მიზანშეწონილია გისოსები დაპროექტდეს დაღმავალ-გაჭიმული ირიბნებით, ხოლო მოკლე დგარები – შეკუმშული (ფიგ. 66, ე). სამკუთხა და სეგმენტური მოხაზულობის წამწეების

ირიბნულ გისოსებში დადგაული ელემენტები შეკუმშულია, ხოლო აღმაგალი – გაჭიმული. თუმცა, კვანძის გაერთმთლიანების თვალსაზრისით გისოსს აპროექტებენ დადგაული ირიბნებით.

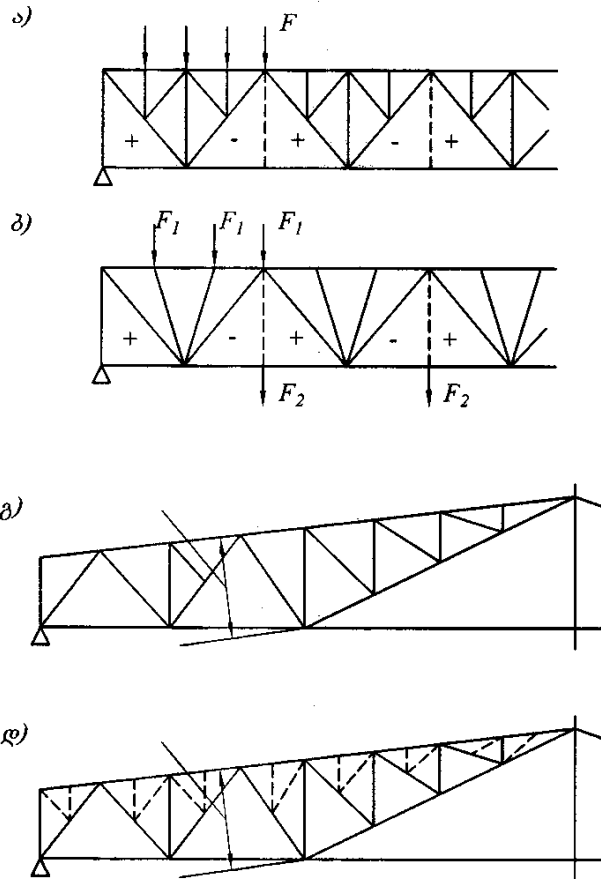


ფიგ. 66. წამწის გისოსის სისტემები

ჯვარედინი ცხაურები (ფიგ. 66, ზ) მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნან ნიშანცვლად დატვირთვებზე მომუშავე წამწეებში. გისოსის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ მასში ირიბნები მუშაობენ მხოლოდ გაჭიმვაზე. ირიბანაში კუმშვის წარმოქმნის შემთხვევაში მისი დიდი მოქნილობის გამო იგი გამოითიშება მუშაობიდან.

უირიბნო წამწეები (ფიგ. 66, თ) გამოიყენება სართულშუა გადახურვებში, როდესაც წამწეებს შორის სივრცე გამოიყენება საექსპლუატაციო სართულად. ამ წამწეების ნაკლოვანი მხარეა სარტყელებსა და დგარებში მნიშვნელოვანი მღუნავი მომენტების წარმოქმნა, რაც იწვევს ფოლადის გაზრდილ ხარჯს.

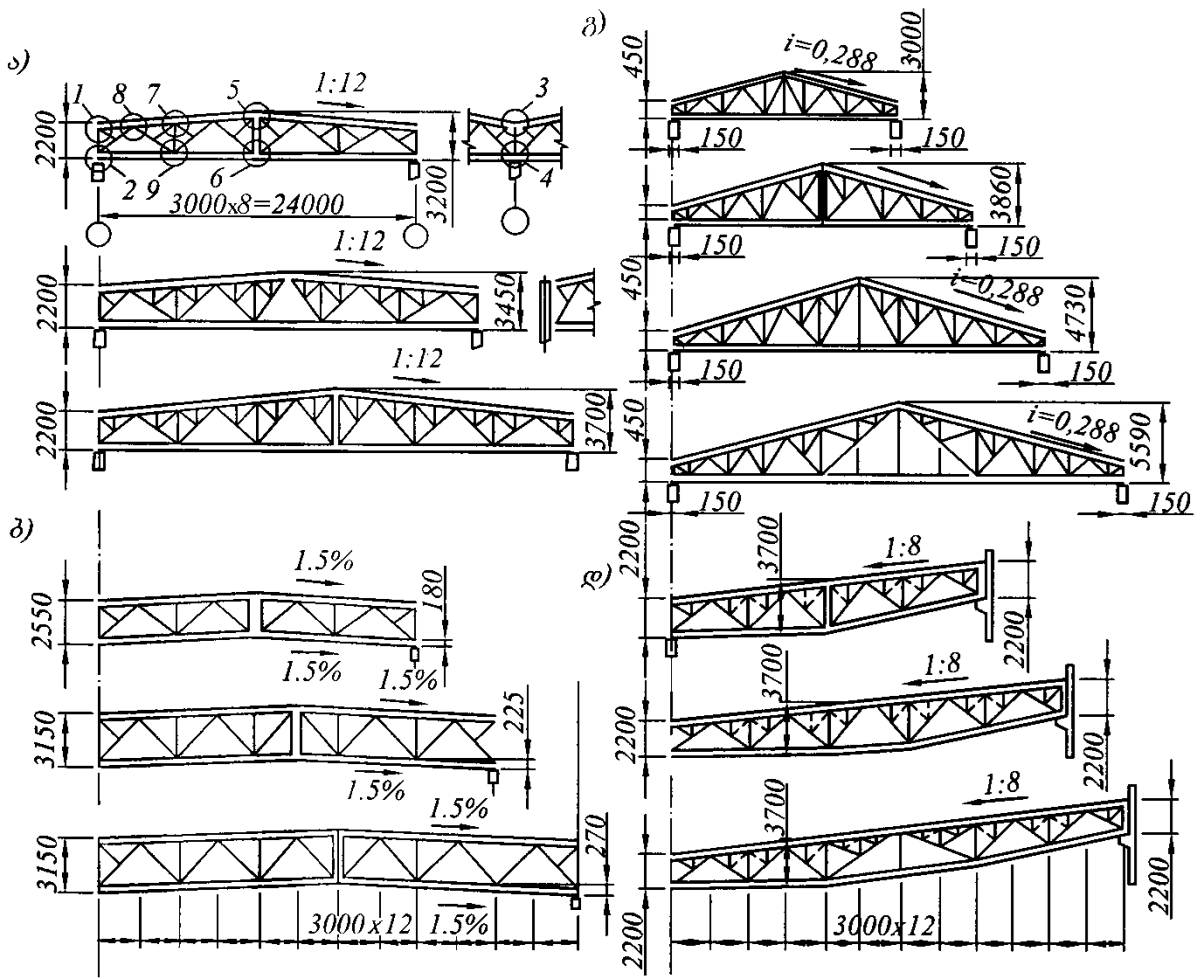
ზედა სარტყელის პანელის სიგრძის შემცირება აგრეთვე შესაძლებელია წამწის ძირითად გისოსში სპეციალური შპრენგელების დამატებით (ფიგ. 67, ა, ბ), რომლებიც ერთდროულად ამცირებს ირიბნების თავისუფალ სიგრძესაც წამწის სიბრტყეში (ფიგ. 67, ა).



ფიგ. 67. შპრენგელური გისოსების სისტემები

წამწვეების დაპროექტებისას ითვალისწინებენ მაქსიმალურ შესაძლო გაბარიტს, რომელიც რკინიგზით ტრანსპორტირების შემთხვევაში სიმაღლეში არ უნდა აღემატებოდეს 3.8 მ, ხოლო სიგანეში – 3.2 მ. იმ შემთხვევაში, როდესაც შეუძლებელია სამონტაჟო მარკის მითითებული გაბარიტის დაცვა, წამწვის შუა ზონაში ამატებენ რთულ შპრენგელს (ფიგ. 67, გ, დ) ან წამწვეს ანაწევრებენ სიმაღლეში (იხ. ფიგ. 66, გ, დ). სამრეწველი შენობის დაპროექტებისას გამოიყენება ტიპური უნიფიცირებული ფოლადის წამწვეები მალით 24, 30 და 36 მ (ფიგ. 68).

სამრეწველო შენობების პარამეტრების უნიფიცირების მიზნით მიღებულია, რომ ტიპური წამწვეების მალი იყოს 6 მ-ს ჯერადი; ზედა სარტყელის ქანობი – ერთნაირი, რაც საშუალებას იძლევა, მალის სიგრძისაგან დამოუკიდებლად, საყრდენთან შენარჩუნდეს წამწვის ერთნაირი სიმაღლე.



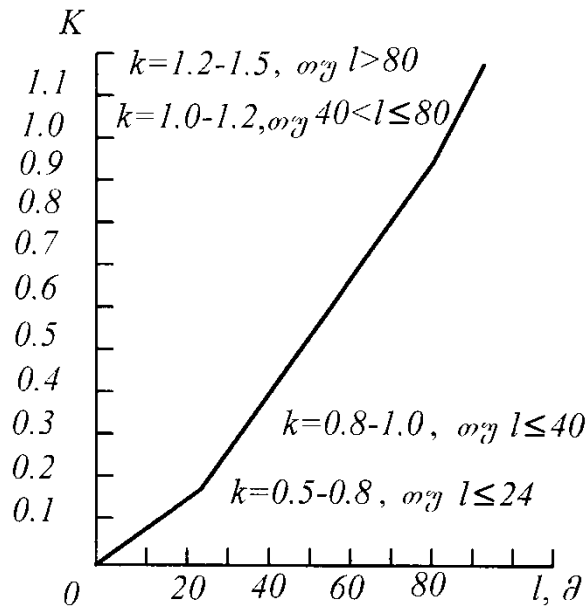
ფიგ. 68. ტიპური უნიფიცირებული ნივნივური წამწეები

ა - ტრაპეციისებრი (1-9 - ფერმის კვანძები); ბ - პარალელურსარტყელებიანი;
 გ - სამკუთხა; დ - ცალფერდა

წამწეებით გადახურვის ეფექტურობის ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელია გადასახური ფართობის კვადრატულ მეტრზე დაყვანილი კონსტრუქციის მასა. ნივნივურ წამწეზე ლითონის ხარჯი დამოკიდებულია გადასახური მალის სიდიდეზე, საანგარიშო დატვირთვაზე და მასალის მზიდუნარიანობაზე. 25-40 კნ/მ² საანგარიშო დატვირთვისას და 280 მპა დენადობის ზღვრის მქონე ფოლადისაგან დამზადებული წამწეების საკუთარი მასა შეიძლება განისაზღვროს მიახლოებითი ფორმულით:

$$m = kl, \quad (77)$$

სადაც k არის საკუთარი მასის კოეფიციენტი, რომელიც განსაზღვრება ფიგ. 69-ზე მოყვანილი გრაფიკით.



ფიგ. 69. ნივნივური წამწეების საკუთარი მასის გრაფიკი

ნივნივური წამწეების ოპტიმალური ბიჯი განისაზღვრება წამწეებსა და გრძივებზე ლითონის მინიმალური ჯამური ხარჯის პირობიდან გამომდინარე და შეადგენს 6–12 მ, ამასთან, როგორც აჩვენა დაპროექტების გამოცდილებამ, ლითონის ხარჯი გადახურვის 1 მ^2 -ზე თითქმის ერთნაირია.

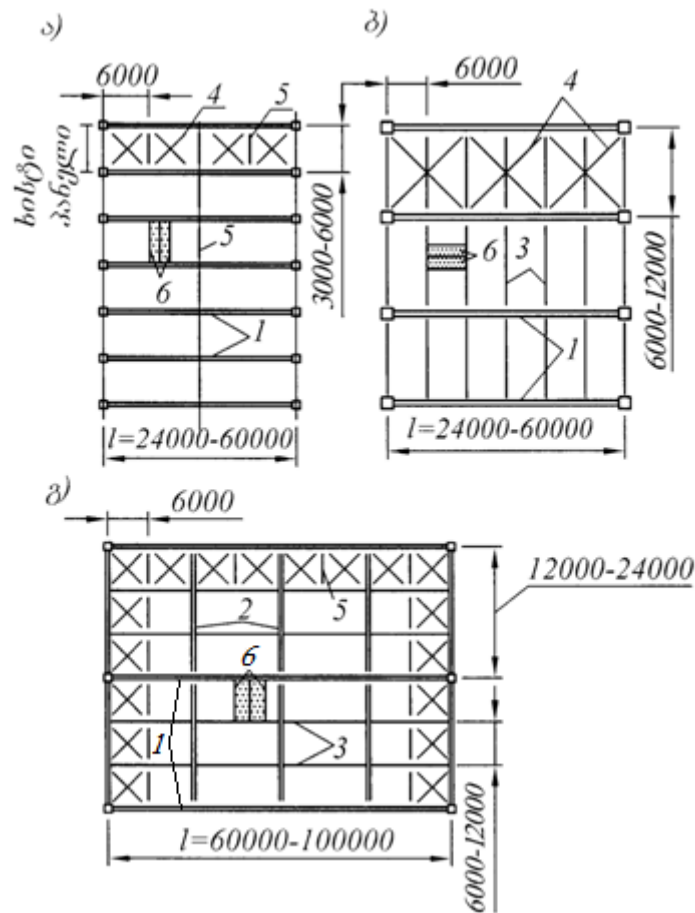
5.3. ნივნივური გადახურვის გაერთიანება

განასხვავებენ ნივნივური გადახურვის სამ ძირითად კონსტრუქციულ სქემას (ფიგ. 70).

უგრძივო სქემისთვის დამახასიათებელია 3–12 მ ბიჯით განლაგებული ნივნივური წამწეები, რომლებიც ფარავენ ძირითად მალს L , და მათ შორის კავშირების სისტემა. გადახურვის ფილებს, ძირითადად რკინაბეტონისას, ალაგებენ უშუალოდ წამწეების ზედა სარტყელებზე. ეს არის ყველაზე გავრცელებული გადაწყვეტა ერთსართულიანი სამრეწველო შენობებისათვის (ფიგ. 70, ა).

ნორმალური, ანუ გრძივებიანი სქემა აგრეთვე საკმაოდ არის გავრცელებული. მას იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც გადახურვის ფილებად გამოიყენება დაპროფილებული ფენილი ან მცირე ზომის აზბესტცემენტის ფილები. გრძივები შეიძლება იყოს ნაგლინი ან ცივად

ნაღუნი შევლერები, ხოლო როდესაც წამწეების ბიჯი 6 მ-ზე მეტია – გისოსოვანი გრძივები (ფიგ. 70, ბ).



ფიგ. 70. ნივნივური გადახურვების კონსტრუქციული სქემები

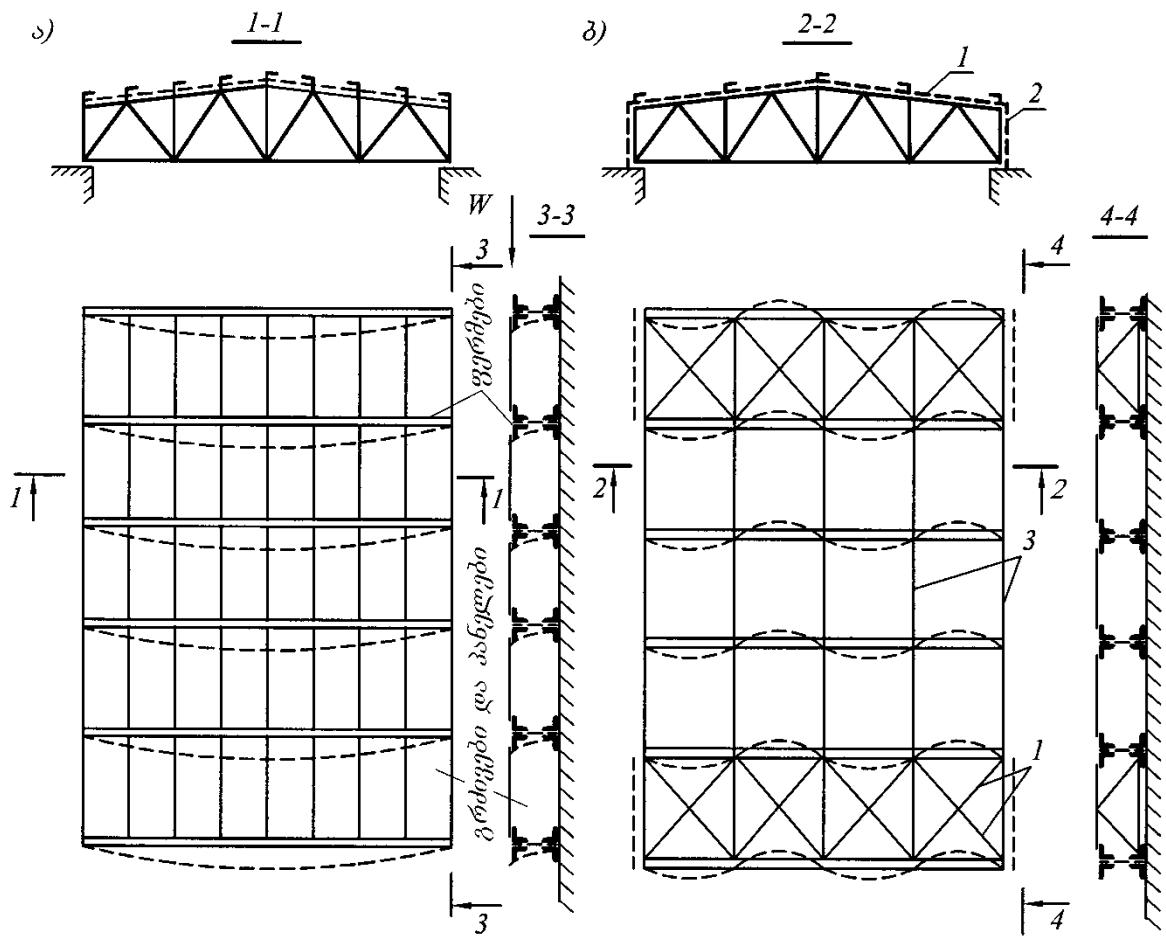
ა – მარტივი; ბ – ნორმალური; გ – გართულებული;

1 – ნივნივური წამწე; 2 – იგივე, მეორეხარისხოვანი; 3 – გრძივები;

4 – კავშირები; 5 – განმბჯენები; 6 – გადახურვის პანელები;

გართულებულ სქემას იყენებენ დიდმალიან გადახურვებში. იგი შედგება მძიმე ნივნივკვეშა წამწეებისაგან, რომლებზეც შემცირებული ბიჯით ეყრდნობა მალის ნივნივური წამწეები, ხოლო მათზე ალაგებენ გრძივებს ან ფილებს (ფიგ. 70, გ).

გაერთმთლიანების სქემის შერჩევა ხორციელდება ვარიანტების შედარებით ძირითადი მაჩვენებლების მიხედვით, როგორცაა ლითონტევადობა, დამზადების შრომატევადობა და დაყვანილი ხარჯები.



ფიგ. 71. ნივნიუური გადახურვის სივრცითი მუშაობა

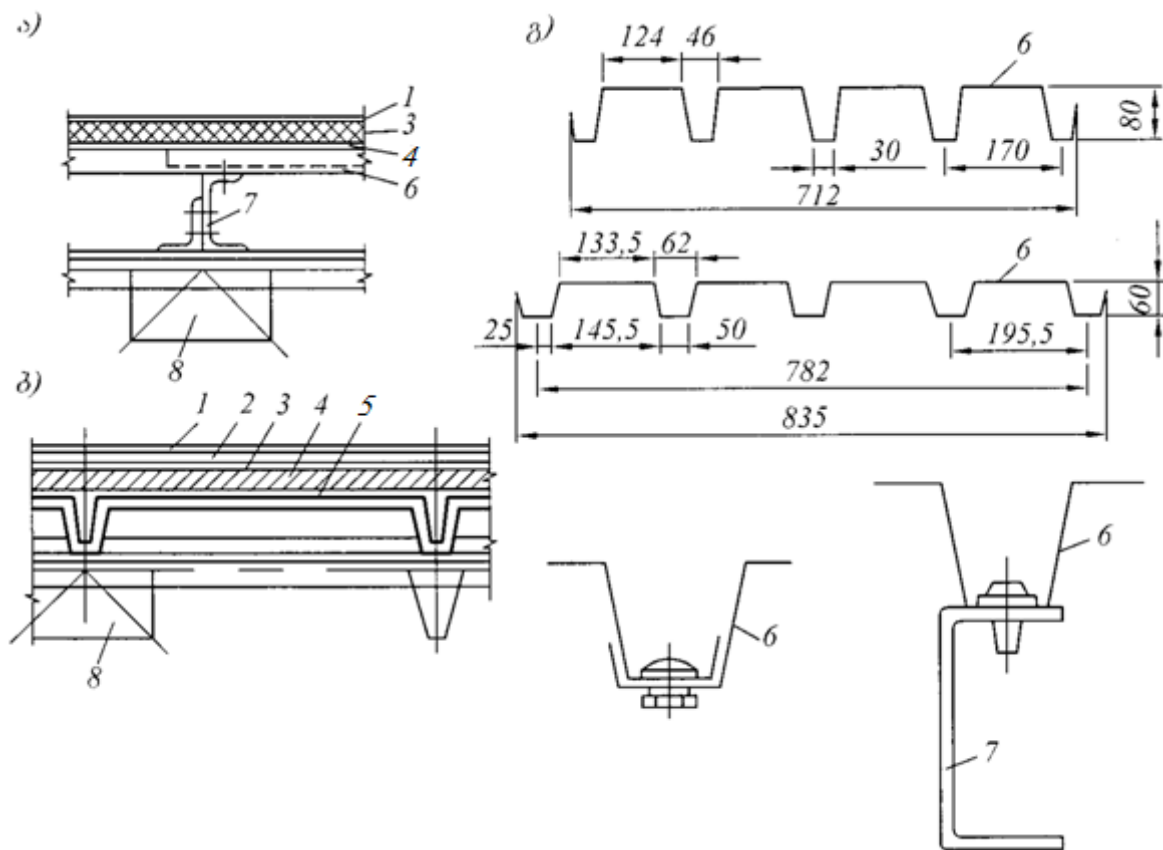
ა – წამწეების დეფორმაცია მდგრადობის დაკარგვის შემთხვევაში უკავშირო სისტემაში; ბ – წამწეების ზედა შეკუმშული სარტყელების დეფორმაცია მდგრადობის დაკარგვის შემთხვევაში კავშირებიან სისტემაში; 1 – ჰორიზონტალური კავშირები; 2 – ვერტიკალური კავშირები; 3 – გრძივები.

ნივნიუური გადახურვის საერთო სივრცით სიხისტეს ქმნიან წამწეები, გრძივები და მათ შორის განლაგებული ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კავშირების სისტემა (იხ. პ. 6.1). გამჭოლ ბრტყელ ფერმას საკუთარ სიბრტყეში აქვს მცირე ჰორიზონტალური სიხისტე, ამიტომაც მდგრადობას იძენს მხოლოდ სხვა წამწესთან ერთად ხისტ-სივრცით ბლოკში. ელემენტებს, რომლებიც აერთიანებენ ორ ფერმას ხისტ ბლოკში, ეწოდებათ კავშირები (ფიგ. 71, ბ).

5.4. გადახურვის ბურჟლის ელემენტები

გადახურვა შეიცავს ნივნივურ წამწეებს, კავშირებს, გრძივებსა და ბურჟლს. სამრეწველო და სამოქალაქო შენობებისა და ნაგებობებისათვის გამოიყენება თბილი და ცივი ბურჟლები.

ლითონის ნივნივური წამწეებისათვის ფართოდ გამოიყენება მსუბუქი თბილი ბურჟლები, რომელიც შედგება ფოლადის დაპროფილებული ფენილის, მათუნებლის, ასფალტის მოჭიმვის და 3–4 შრიანი რუბეროიდის ხალიჩისაგან ბიტუმის მასტიკაზე (ფიგ. 72). ასეთ ბურჟლს აწყობენ ნაგლინი ან ნალუნი შველერების გრძივებზე ბიჯით 3 მ, რომლებიც მიმაგრებულია წამწის ზედა სარტყელის კვანძებში მცირე ზომის კუთხედებით, ან უშუალოდ წამწეების ზედა სარტყელზე. ასეთი დახურვების უპირატესობაა მცირე საკუთარი წონა, რომელიც არ აღემატება 300–500 ნ/მ².

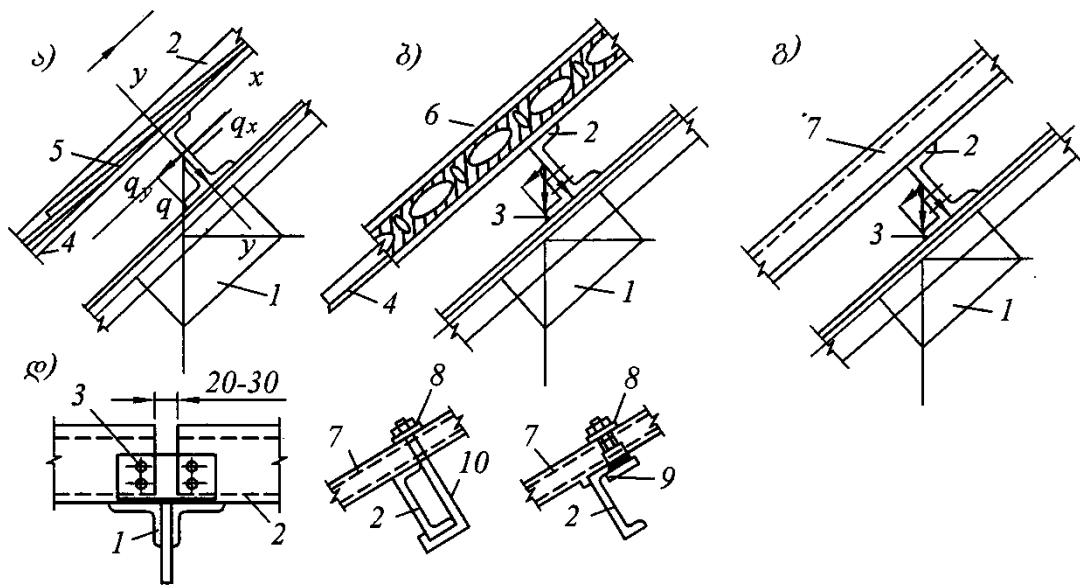


ფიგ. 72. თბილი ბურჟლი

ა – დაპროფილებულ ფენილზე; ბ – რკინაბეტონის ფილებზე; გ – დაპროფილებულ ფენილიანი გადახურვის დეტალები; 1 – ჰიდროსაიზოლაციო ხალიჩა; 2 – ცემენტის მოჭიმვა; 3 – მათუნებელი; 4 – ორთქლიზოლაცია; 5 – რკინაბეტონის ფილა; 6 – დაპროფილებული ფენილი; 7 – გრძივი; 8 – წამწე

დაპროფილებული ფენილი გრძივებზე და წამწეების ზედა სარტყელებზე მაგრდება 6 მმ დიამეტრის თვითჭრადი ჭანჭიკებით, ბიჯით 300 მმ, ხოლო ფურცლების ერთმანეთთან შეუღლება ხორციელდება 5 მმ დიამეტრის სპეციალური მოქლონებით. გარდა აღნიშნული დახურვებისა, გრძივებზე აგრეთვე ეწყობა მსუბუქი კერამიზიტბეტონის ფილები, რომლებიც ერთდროულად ასრულებს მზიდ და თბოდაცველ ფუნქციებს და სამშრიან აზბესტცემენტის პანელებს, მათხუნებელი შუა შრით.

ნივნივური გადახურვის უგრძივო სქემებში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მსხვილპანელური წიბოვანი რკინაბეტონის ფილები ზომით 1.5x6 და 3x6 მ, სამაღლით 300 მმ, და 3x12 მ, სიმაღლით 450 მმ. ფილები წამწეების ზედა სარტყელებზე მაგრდება ჩასატანებელ დეტალებზე მიღულებით. ასეთი გადახურვების ნაკლოვანი მხარეა რკინაბეტონის ფილების დიდი საკუთარი წონა (1600–1900 ნ/მ²), რაც იწვევს გადახურვის ძირითადი მზიდი კონსტრუქციების მასალის მნიშვნელოვან ზრდას.



ფიგ. 73. ცივი ბურული გრძივებზე

- ა – მცირეზომიანი ბრტყელი ფილებით (მინის, აზბოცემენტის და სხვა);
 ბ – მინაპროფილიტითა და მინაბლოკებით; გ – დაპროფილებული ფურცლებით (ფოლადის, ალუმინის, მინაპლასტიკის და სხვ.); დ – ბურულის დეტალები:
 1 – ფერმა; 2 – გრძივი; 3 – კუთხედი; 4 – ტესებრი პროფილი; 5 – ბრტყელი ფილები; 6 – მინაბლოკები; 7 – დაპროფილებული ფურცელი; 8 – მამჭიდროებელი შუასადები; 9 – ფასონური ფირფიტა; 10 – კავი;

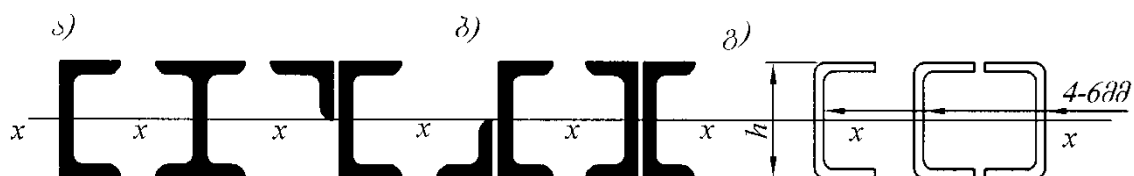
გაუთბობლად შენობებსა და ნაგებობებში შეიძლება გამოყენებულ იქნას ცივი ბურულები, როგორცაა მცირე ზომის მინისებრი აზბესტცემენტის ფილები, მინაბლოკები და მინაპროფილიტი, დაპროფილებული ფენილი და მინაპლასტიკი, აგრეთვე რკინაბეტონის ფილები მათბუნებლის გარეშე (ფიგ. 73). მსუბუქი ტიპის ცივი დახურვები ეწყობა გრძივების სქემის მიხედვით, გრძივებს შორის წვრილი ფილების დასამაგრებლად დამატებითი გამანაწილებელი პროფილების დამატებით. ნივნივური წამწის მოხაზულობამ უნდა უზრუნველყოს ზედა სარტყელის ქანობი, დამახასიათებელი ბურულის მასალისთვის 27-ე ცხრილის რეკომენდაციების შესაბამისად.

ცხრილი 27

ბურულის დასაშვები ქანობი და მასა, კგ/მ²

	ალუმინის	3 - 5
	მინის	25 - 30
	ფოლადის	10 - 20
	აზბესტცემენტის	15 - 20
	მინაბლოკის	100 - 150
	არმოცემენტის	50 - 70
	რულონის	10 - 25
	პლასტმასის	15 - 30

ნივნივურ გადახურვებში გამოიყენება მთლიანკედლიანი (ნაგლინი ან ნალუნი პროფილები) და გისოსოვანი გრძივები. მთლიანკედლიან გრძივებს იყენებენ იმ შემთხვევებში, როდესაც ფერმების ბიჯი არ აღემატება 6 მ-ს და დანიშნულებიდან გამომდინარე აქვს სხვადასხვა საანგარიშო კვეთი (ფიგ. 74).



ფიგ. 74. მთლიანკედლიანი გრძივების ტიპები

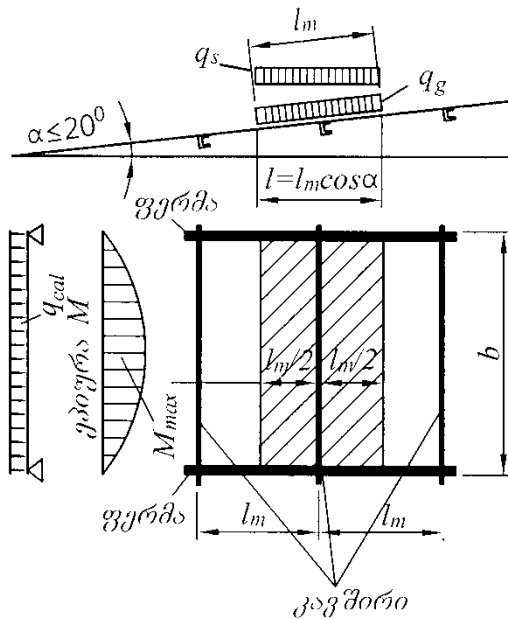
ა – ბურულები ნაგლინი პროფილებისგან; ბ – ბურულები კიდული ჭერისთვის;

გ – ბურულები ცივნალუნი პროფილებისგან

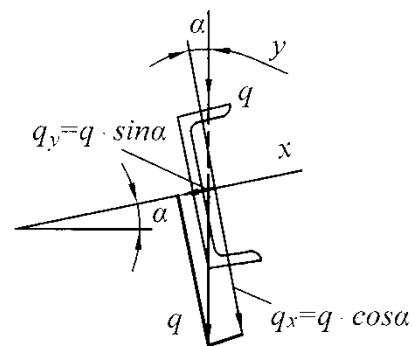
მთლიანკედლიანი გრძივების გაანგარიშება ხორციელდება ბურულის, თოვლისა და შეკიდული ჭერის წონისაგან გამომდინარე დატვირთვებზე. მთლიანკედლიანი გრძივის საანგარიშო სქემა ერთმალისანი ჭრადი კოჭის სქემის ანალოგიურია (ფიგ. 75). შესაბამისად, გრძივის საჭირო კვეთი, ინერციის ერთ-ერთი მთავარი ღერძის მიმართ ღუნვისას, შესაძლებელია გაანგარიშდეს ფორმულებით (32) და (33), ხოლო ირიბი ღუნვის შემთხვევაში (ფიგ. 76) ფორმულით:

$$\sigma = (M_x / 1.12W_x) + (M_y / 1.47W_y) \leq R_y \gamma_c, \quad (78)$$

სადაც 1.12 და 1.47 კოეფიციენტებია, რომლებიც ითვალისწინებს პლასტიკური დეფორმაციების განვითარებას შველერული და ორტესებრი კვეთის მთლიანკედლიან კოჭებში.

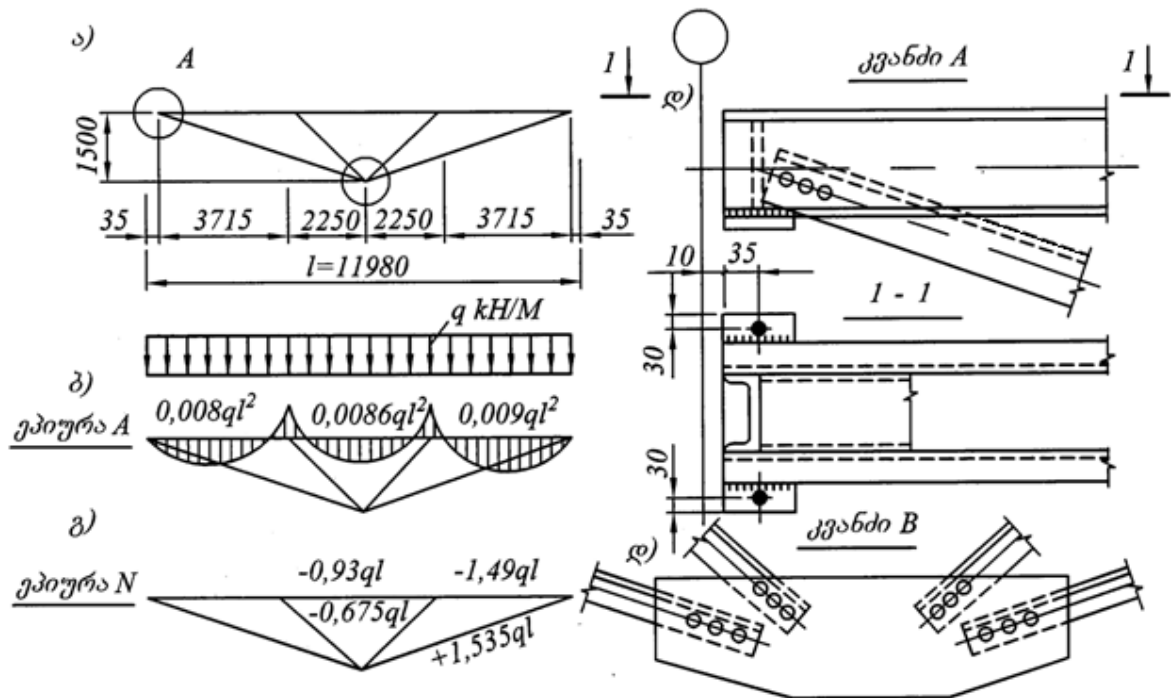


ფიგ. 75. გრძივის საანგარიშო სქემა



ფიგ. 76. მთლიანკედლიანი გრძივის საანგარიშო სქემა ირიბ ღუნვაზე

ირიბ ღუნვას ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც ნივნივური წამწის ზედა სარტყელის დახრის კუთხე ჰორიზონტის მიმართ აღემატება 20°. წამწის ზედა სარტყელის დიდი ქანობის შემთხვევაში ქანობის მდგენელი ცდილობს გრძივების გადაყირავებას. ამის თავიდან ასაცილებლად, ქანობის მდგენელის გასწვრივ ყველა გრძივი ერთმანეთთან მაგრდება 16–18 მმ დიამეტრის არმატურის მავთულის ჭიმებით, რომლებიც კეხში მაგრდებიან



ფიგ. 78. ტიპური შპრენგელური გრძივი ელემენტოქლონებიანი (ან შედუღებული) ნაგლისი შეგლებებისგან

ა - გეომეტრიული სქემა; ბ, გ - ძალები გრძივის ელემენტებში;
 დ - საყრდენი კვანძი; ე - ქვედა სარტყელის კვანძი.

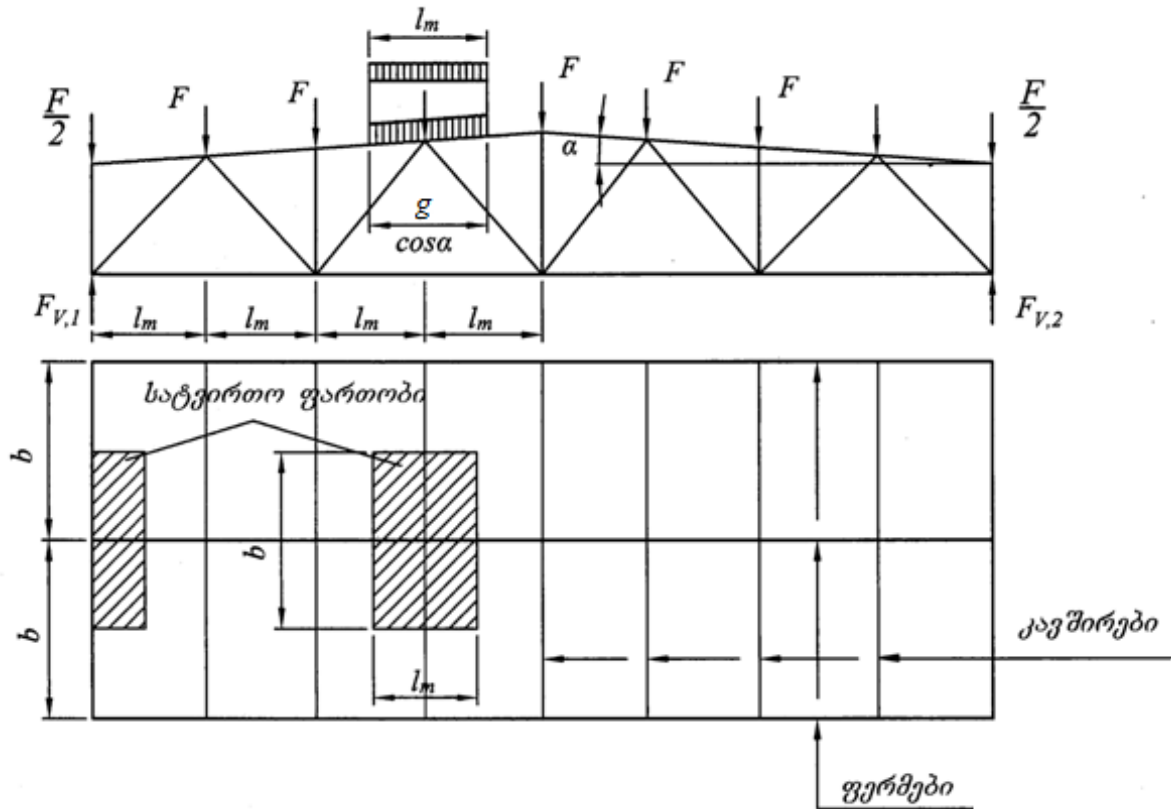
5.5. ნივნივური წამწეების მუშაობის თავისებურებები და გაანგარიშება

ნივნივური წამწეების გაანგარიშებას ახორციელებენ ფერმის ყოველ კვანძზე მოქმედი შეყურსული F ძალების მოქმედებაზე (ფიგ. 79) ფორმულით:

$$F = l_m b \Sigma (g_n \gamma_g + v_n \gamma_v + s_n \gamma_s), \quad (79)$$

სადაც g_n , v_n , s_n არის შესაბამისად ნორმატიული მუდმივი, დროებითი და თოვლის დატვირთვები.

თუ ზედა სარტყელის დახრის კუთხე $\alpha > 20^\circ$, (79)-ე ფორმულაში ბურულის საკუთარი წონისგან დატვირთვა იქნება $g_n \gamma_g / \cos \alpha$. კიდული ჭერის, ამწე-კოჭის, შექფარნების და ა.შ. არსებობის შემთხვევაში, მათგან გამოწვეული დატვირთვები აგრეთვე მოქმედებს წამწის შესაბამის კვანძებში შეყურსული ძალების სახით.

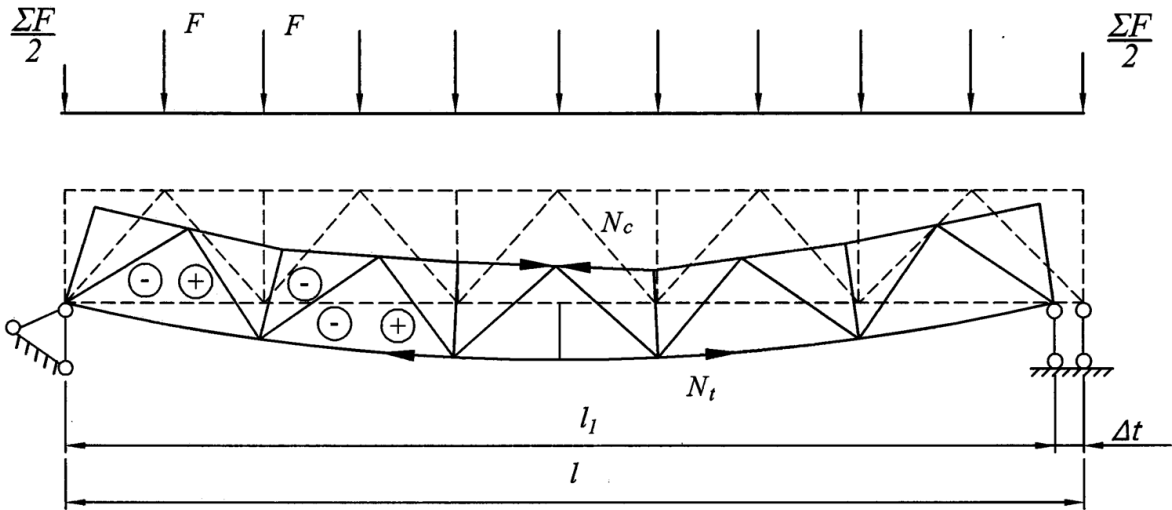


ფიგ. 79. ნივნივური წამწის საანგარიშო სქემა

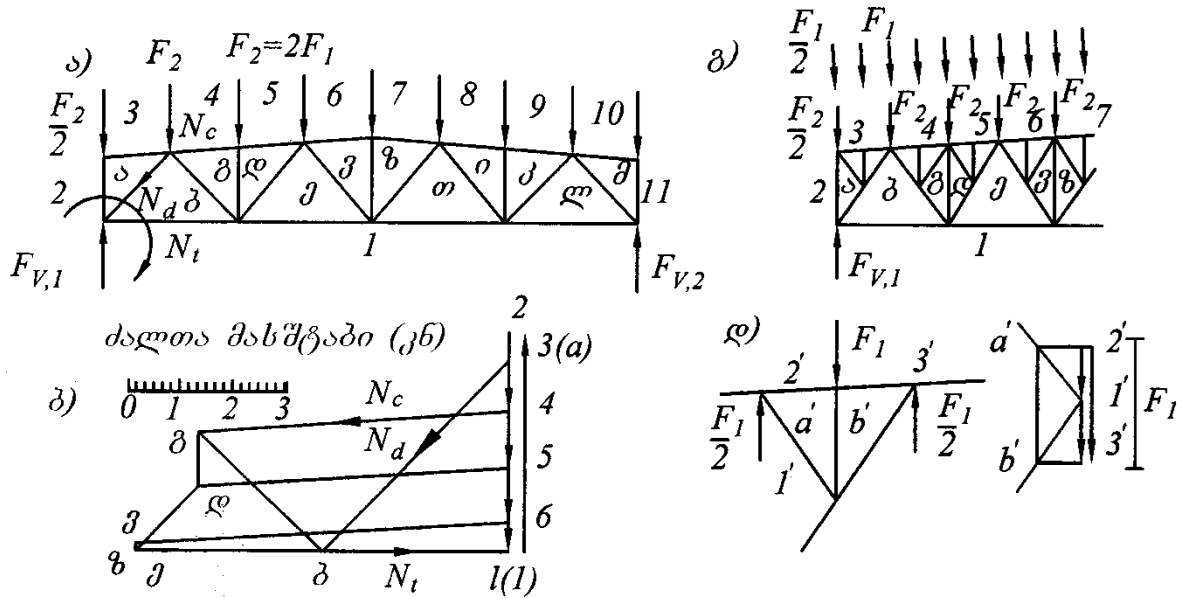
ნივნივური წამწის ელემენტებში საანგარიშო შეყურსული ძალების მოქმედებისას წარმოიქმნებიან გრძივი მკუმშავი და გამჭიმი ძალები, ხოლო წამწე მთლიანად დებულობს ჩაღუნვას f (ფიგ. 80). უგრძივო სქემებში, პანელის შუაში მოდებული (რკინაბეტონის წიბოვანი ფილების დაყრდნობის შემთხვევაში) შეყურსული ძალისაგან, ან სარტყელის სიგრძეზე წრფივი განაწილებული დატვირთვისგან, წამწის ზედა სარტყელმა შესაძლებელია განიცადოს ადგილობრივი ღუნვა. ამ მომენტების მნიშვნელობები განისაზღვრება იმ ვარაუდით, რომ ზედა სარტყელი მუშაობს როგორც ერთმალისანი ჭრადი კოჭი

$$M_F = Fl_m/4; \quad M_{cal} = (q_g + q_s)l_m^2/8, \quad (80)$$

სადაც F არის შეყურსული ძალა პანელის შუაში; q_g , q_s – საანგარიშო წრფივი დატვირთვები საკუთარი წონისა და თოვლისაგან.



ფიგ. 80. ვერტიკალური დატვირთვის ქვეშ მომუშავე ნივნიური წამწე



ფიგ. 81. ძალების განსაზღვრა წამწის ელემენტებში

ა, გ – საანგარიშო სქემები; ბ – მაქსველ-კრემონას დიაგრამა ძირითადი სისტემისათვის; დ – მაქსველ-კრემონას დიაგრამა შპრენგელური სისტემისათვის

ნივნიური წამწეების ელემენტებში ძალები განისაზღვრება ცალცალკე თვითოეული დატვირთვისაგან გრაფიკულ-ანალიზური მეთოდით – მაქსველ-კრემონას დიაგრამის აგების გზით ან ანალიზური – კვანძების ამოკვეთის მეთოდით. პირველი მეთოდი გამოიყენება რთული მოხაზულობის სარტყელების და გისოსის ცვლადი დახრის კუთხის მქონე წამწეების გასაანგარიშებლად, ხოლო მეორე – მარტივი წამწეებისათვის. მაქსველ-კრემონას დიაგრამის ასაგებად ღეროებს აღნიშნავენ ციფრებით და ასოებით

(ფიგ. 81), ანალიზური გზით საზღვრავენ საყრდენ რეაქციებს და აგებენ გარე და შემდეგ შიგა ძალების მრავალკუთხედს.

შპრინგელური გისოსების შემთხვევაში თადაპირველად აგებენ დიაგრამას ძირითადი სქემისთვის, ანაწილებენ რა შეყურსულ ძალებს შპრინგელური კვანძებიდან ძირითად კვანძებზე, ხოლო შემდეგ აგებენ ძალების დიაგრამას შპრინგელურ წამწეში. ამის შემდეგ შეჯამებით საზღვრავენ ძალებს თანამთხვევად ღეროებში. ღეროების კვეთის ტიპის შერჩერვისას ხელმძღვანელობენ ცხრილით 28.

ცხრილი 28

მსუბუქი და საშუალო წამწეების ელემენტების კვეთების ტიპები

ელემენტები	ფოლადის ფერმები	ალუმინის ფერმები
ზედა სარტყელი		
ქვედა სარტყელი		
გისოსი		

ვინაიდან წამწეების ელემენტებში ძირითადად წარმოიქმნებიან ცენტრალური გაჭიმვის ან კუმშვის ძალები, ცდილობენ კვეთები შეარჩიონ თანაბრად მდგრადი მთავარი ღერძების მიმართ, ამიტომ წამწეებისათვის უფრო დამახასიათებელია ორი თანაბართაროიანი ან არათანაბართაროიანი კუთხედებით, შეველერებით, მრგვალი ან სწორკუთხა მილებით შედგენილი კვეთები. შეკუმშული ზედა სარტყლებისათვის ყველაზე მიზანშეწონილია ორი არათანაბართაროიანი კუთხედით შედგენილი (მოკლე თაროებით ერთმანეთთან დაყენებული) კვეთი, რაც ზრდის სიხისტეს წამწის მართობ სიბრტყეში.

ცალკეულ კუთხედებიან კვეთებს იყენებენ მცირედ დატვირთულ ან კონსტრუქციულ ღეროებში, თუმცა მშენებლობაში აგრეთვე გამოიყენება მსუბუქი წამწეები, რომლებიც მთლიანად დამზადებულია თანაბართაროიანი ცალკეული კუთხედისაგან. ასეთი წამწეები გამოირჩევა უფრო მაღალი კოროზიამდგრადობით და ეფექტურად გამოიყენება აგრესიულ გარემოების შემთხვევებში.

ნაგლინი ან გრეხილ-შენადული პროფილებისაგან დამზადებული წამწეების ახალ კონსტრუქციულ გადაწყვეტებთან შედარებით, შეწყვილებულ

კუთხედებიანი წამწები უფრო მძიმე და დამზადებაში შრომატევადია. ლითონის ხარჯის მიხედვით უფრო ეკონომიურია მრგვალი ფოლადის მილებისაგან დამზადებული წამწები, თუმცა მათი დამზადება უფრო შრომატევადია მართკუთხა მილებისა და ცალკეული კუთხედებისაგან დამზადებულ წამწებთან შედარებით. ალუმინის შენადნობებისაგან დამზადებული წამწების ღეროები ფოლადის პროფილების ანალოგიურია. ღია პროფილების გამოყენების შემთხვევაში (კუთხედი, ტესებრი, შველერი), მათ ბოლოებში ითვალისწინებენ სპეციალურ გასქელებებს, ე.წ. ბულბებს.

წამწის გაჭიმული ელემენტის კვეთის საჭირო ფართობი $A_{n,cal}$ გაიანგარიშება მე-(8) ფორმულის შესაბამისად

$$A_{n,cal} = N / R_y \gamma_c, \quad (81)$$

ხოლო შეკუმშული ელემენტისთვის მე-(10) ფორმულის შესაბამისად

$$A_{cal} = N / \varphi R_y \gamma_c. \quad (82)$$

წამწის გაჭიმული ელემენტის განივკვეთს ირჩევენ სორტამენტით, ისე რომ განივკვეთის ფართობის ნამდვილი მნიშვნელობა $A \geq A_{n,cal}$.

შეკუმშული ელემენტის განივი კვეთის განსაზღვრა დამოკიდებულია გრძივი ღუნვის კოეფიციენტზე φ , ამიტომ შეკუმშული ღეროების გაანგარიშება ხდება თანამიმდევრული მიახლოების მეთოდით. φ კოეფიციენტის მნიშვნელობა პირველი მიახლოებით აიღება შემდეგი რეკომენდაციების შესაბამისად:

ფოლადის კონსტრუქციებისათვის	$\varphi_1 = 0.6-0.7$, როდესაც $N < 200$ კნ,
	$\varphi_1 = 0.7-0.8$, როდესაც $200 < N < 1000$ კნ,
	$\varphi_1 = 0.8-0.9$, როდესაც $N \geq 1000$ კნ;
ალუმინის შენადნობების კონსტრუქციებისათვის	$\varphi_1 = 0.5-0.6$, როდესაც $N < 200$ კნ,
	$\varphi_1 = 0.6-0.7$, როდესაც $200 < N < 1000$ კნ,
	$\varphi_1 = 0.7-0.8$, როდესაც $N \geq 1000$ კნ.

შეკუმშული და გაჭიმული ელემენტების ზღვრული მოქნილობა იზღუდება საკუთარი მასისაგან ღეროების ჩაზნექილობის თავიდან ასაცილებლად, სამონტაჟო და საექსპლუატაციო დატვირთვებზე მდგრადობის უზრუნველსაყოფად, დინამიკური ზემოქმედებებისას ვიბრაციის ლიკვიდაციის

მიზნით. სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად შეკუმშული და გაჭიმული ელემენტების ზღვრული მოქნილობის მნიშვნელობები აიღება 29-ე ცხრილის მიხედვით.

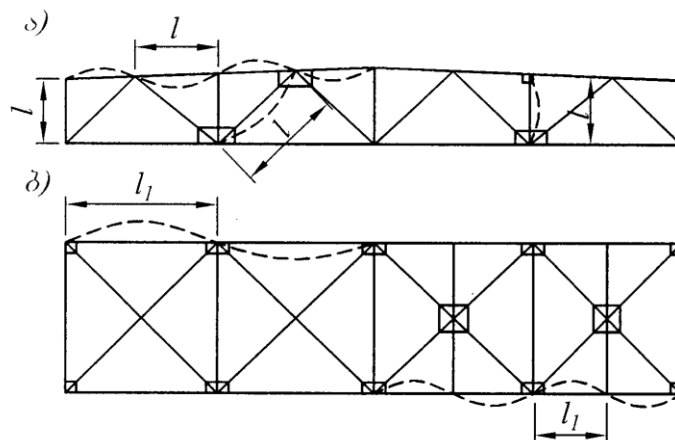
ცხრილი 29

შეკუმშული და გაჭიმული ელემენტების ზღვრული მოქნილობები

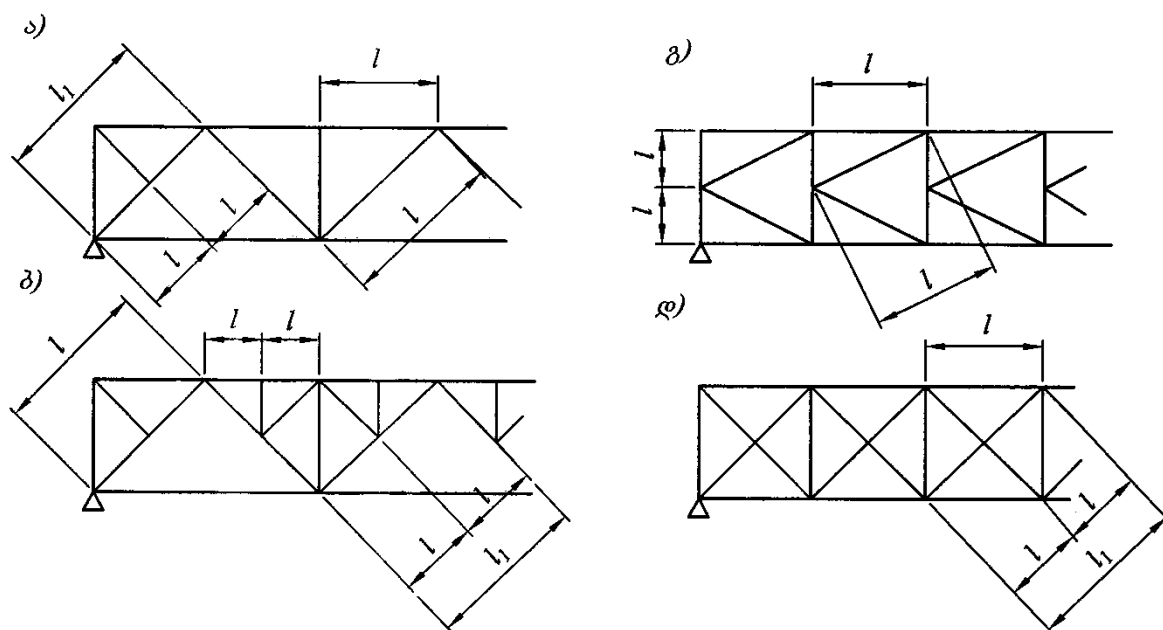
ელემენტები	შეკუმშული ღეროები	გაჭიმული ღეროები		
		უშუალო დინამიკური ზემოქმედებების დროს	სტატიკური დატვირთვების დროს	მძიმე რეჟიმის შენობებში
სარტყელები, საყრდენი ირიბნები და დგარები	120 (100)	250 (200)	400 (300)	250
სხვა ელემენტები	150 (120)	350 (300)	400 (300)	300
გადახურვის კავშირები	200 (150)	400 (300)	400 (300)	300

შენიშვნა: ფრჩხილებში მოცემულია მნიშვნელობები ალუმინის შენადნობებისთვის.

წამწის შეკუმშულმა ღეროებმა შეიძლება დაკარგონ მდგრადობა როგორც თავის სიბრტეში, ასევე წამწის სიბრტყიდან, ამიტომ საზღვრავენ ღეროს მაქსიმალურ მოქნილობას, რომელსაც შეესაბამება გრძივი ღუნვის მინიმალური კოეფიციენტი. ვითვალისწინებთ რა, რომ შეკუმშული ღეროების მდგრადობის დაკარგვა შეიძლება მოხდეს მხოლოდ ჩამაგრებულ კვანძებს შორის, ჩამაგრების ხასიათის გათვალისწინებით (ფიგ. 82 და 83), ღეროების საანგარიშო სიგრძეები შეირჩევა 30-ე ცხრილის მიხედვით.



ფიგ. 82. წამწეების ზედა სარტყელის ელემენტების საანგარიშო სიგრძეების განსაზღვრისათვის



ფიგ. 83. წამწეების გისოსის ელემენტების
საანგარიშო სიგრძეების განსაზღვრისათვის

ცხრილი 30

ბრტყელი წამწეების შიგნითადად ელემენტების საანგარიშო სიგრძეები l_{ef}

გრძობი ღუნვა	მარტივი გისოსით (იხ. ფიგ. 82)			რთული გისოსით (იხ. ფიგ. 83)		
	სარტყ- ლები	გისოსი		სარტყ- ლები	გისოსი	
		საყრდენი ირიბნები ი და დგარები	სხვა ელემენტები		საყრდენი ირიბნები ი და დგარები	სხვა ელემენტები
წამწის სიბრტყეში	l	l	$0.8l$	l	l	$0.8l$
წამწის მართობულ სიბრტყიდან	l_1	l_1	l_1	l_1	l_1	l_1

აღნიშვნები: l – მანძილი უახლოეს კვანძებს შორის წამწის სიბრტყეში; l_1 – მანძილი კვანძებს შორის, რომლებიც დამაგრებული არიან წამწის სიბრტყიდან გადაადგლების თავიდან ასაცილებლად.

ელემენტი	ბანგონის მონტაჟის მონტაჟი, კმ	მთლიანი მონტაჟის მონტაჟი		ფი	A, სმ	საანგარიშო სივრცე				ინტერცის რადიუსი		მოქნილობა		Φ _{max}	γ _c	σ, მპა	
		ფი	A _{რ, სმ} , A _{ს, სმ} , სმ			I _{ფ, სმ⁴} , I _{ს, სმ⁴}	I _{ფ, სმ⁴} , I _{ს, სმ⁴}	I _{ფ, სმ⁴} , I _{ს, სმ⁴}	I _{ფ, სმ⁴} , I _{ს, სმ⁴}	λ _ფ	λ _ს						
ბუნდის ხარტული	ბუნდის ხარტული	6-8	251	-623	0.9	33	33	506	251	502	2.84	5.13	88	98	0.6	1	-634.4
ბუნდის ხარტული	ბუნდის ხარტული	ა-1	500	+520	-	27.6	27.6	32	500	500	2.28	-	220	-	-	1	+605

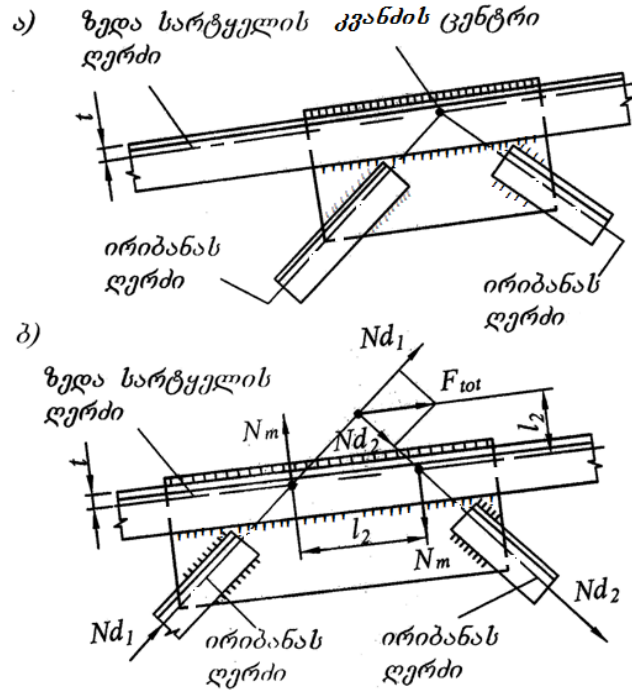
წამწის სიბრტყეში გისოსის ელემენტების საანგარიშო სიგრძის განსაზღვრისათვის 0.8 კოეფიციენტის შემოტანა ითვალისწინებს ღეროების დრეკად ჩამაგრებას ფასონურებში, იდეალურსახსრიანი საანგარიშო სქემისაგან განსხვავებით. ჩაკეტილ პროფილებიანი სარტყელებისა და გისოსის მქონე წამწეებისათვის, რომელთა გისოსის ელემენტები სარტყელებთან მიერთებულია პირმიდგმით, სიბრტყეში და წამწის სიბრტყიდან გისოსის ელემენტების საანგარიშო სიგრძის განსაზღვრისას იღებენ კოეფიციენტს 0.9. გარდა ამისა, გისოსის ძირითადი შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშებისას ითვალისწინებენ მუშაობის პირობების კოეფიციენტს $\gamma_c = 0.8$ (იხ. პ. 1.4.), რომელიც ამცირებს საანგარიშო წინაღობას იმის გამო, რომ გრძელი ($\lambda \geq 60$), მცირედ დატვირთული ღეროები შეიძლება დეფორმირდეს სამუშაოების წარმოების პროცესში. შედეგად შეიძლება გაჩნდეს საწყისი ექსცენტრისიტეტი, რომელიც მეტად სახიფათოა ექსპლუატაციის პერიოდში. ღეროების კვეთების შერჩევა მოსახერხებელია 31-ე ცხრილში მოყვანილი ფორმის მიხედვით.

5.6. წამწის კონსტრუქციების საფუძვლები. კვანძების გაანგარიშება

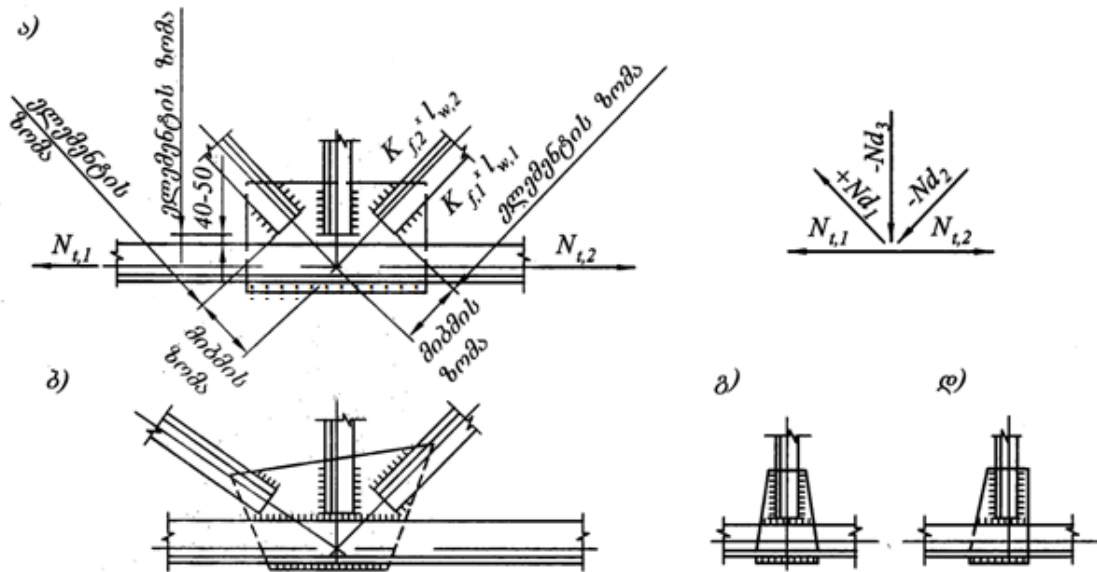
წამწის კვანძების კონსტრუქციების საფუძველია კვანძში შემავალი ყველა ღეროს ღერძების კვანძის ცენტრში გადაკვეთა (ფიგ. 84, ა). ამ შემთხვევაში მიიღწევა ღერძული ძალების შენარჩუნება ყოველ ღეროვან ელემენტში. კვანძში ღერძების განცენტრების შემთხვევაში (ფიგ. 84, ბ) ტოლქმედი ძალა F_{tot} სარტყელის მიმართ მოდებული იქნება e_2 ექსცენტრისიტეტით, რის შედეგადაც კვანძში გაჩნდება დამატებითი მღუნავი მომენტი $M = F_{tot} e_2$. დამატებითი მომენტის გაჩენა იწვევს წამწის სიბრტყეში კვანძის დაგრესას N_m ძალებით და ღეროებში არაცენტრალურ კუმშვას და გაჭიმვას, რაც გამოიწვევს მასალის ხარჯის გაზრდას.

საკვანძო ფასონურების გაბარიტები განისაზღვრება პირობით, რომ ღეროვანი ელემენტების მიმაგრება ხორციელდება ფლანგური შენადული ნაკერებით ან მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით, შესაუღლებელ ელემენტებს შორის 40–50 მმ ღრეხოს გათვალისწინებით (ფიგ. 85). დამზადების შრომატევადობის შემცირების მიზნით, ფასონურებს უნდა ჰქონდეთ მარტივი

მართკუთხა ფორმა, ხოლო შეერთების სიმტკიცის უზრუნველსაყოფად განიკვეთის ზომები უნდა იყოს ისეთი, რომ უზრუნველყოფილი იქნეს ფასონურებისა და დეროვანი ელემენტების თანაბარი სიმტკიცე. დაუშვებელია ფასონურას დაპროექტება ძალვის დერძის მიმართ ასიმეტრიულად, რადგანაც ამ შემთხვევაში წარმოიშობა ადგილობრივი მღუნავი მომენტები (ფიგ. 85, დ).



ფიგ. 84. დეროების დაცენტრება წამწის კვანძებში
ა - სწორი; ბ - არასწორი



ფიგ. 85. ფასონურას მიმაგრება სარტყელებთან და ირიბნებთან
ა, ბ - სწორი; გ, დ - არასწორი.

წამწის ყველა კვაძში ფასონურას სისქეს იღებენ ერთნაირს შეკუმშულ საყრდენ ირიბანაში მოქმედი საანგარიშო ძალვის მიხედვით (ცხრილი 32), ვინაიდან, ამ კვაძში, ღეროს ტორსსა და საყრდენი კვანძის სიხისტის წიბოებს შორის უბანზე, ფასონურას მდგაღობის დაკარგვის საშიშროება იქმნება. დიდმაღიან ფერმებში დასაშვებია საყრდენი კვანძის ფასონურა აღებულ იქნას 2 მმ-ით სქელი სხვა ფასონურებთან შეღარებით.

ცხრილი 32

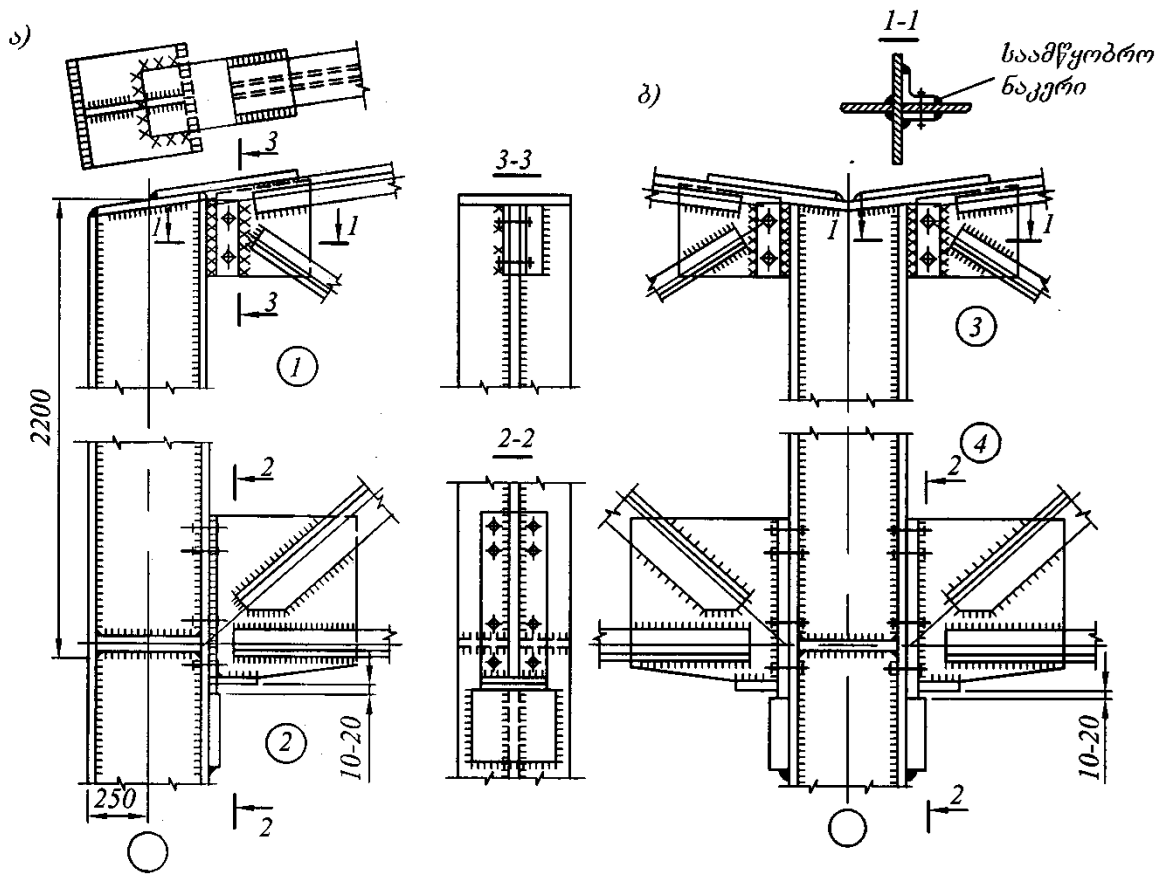
წამწების ფასონურების რეკომენდებული სისქე

საანგარიშო ძალვა საყრდენ ირიბანაში, კნ	150–ღე	160-250	260–400	410–600	610–1000	1010–1400	1410–1800	1800-ზე მეტი
ფასონურას სისქე, მმ	6	8	10	12	14	16	18	20

ჭრადი ღეროების საკვანძო ფასონურასთან მიმაგრების შენაღული ნაკერების გაანგარიშებას აწარმოებენ მოცემულ ღეროში მოქმედ ძალვაზე. ფასონურას უწყვეტ სარტყელთან მიმაგრების ნაკერები უნდა გაანგარიშდეს პანელეებში ძალვების სხვაობაზე (ფიგ. 85, ა). ჭრად საკვანძო ფასონურებიან, სარტყელების ღეროებზე ზესაღებებიან, საპირაპირე კვანძებში ფასონურას სარტყელთან მისამაგრებილი ნაკერების გაანგარიშებას ახდენენ გისოსის ელემენტებში ტოლქმედ ძალვაზე.

5.7. მსუბუქი წამწების კონსტრუირება

ნივნივური წამწები შეიძლება დაეყრდნოს ფოლაღის ან რკინაბეტონის სვეტებზე, აგურის ან ბეტონის კედლებზე, აგრეთვე ნივნივქვეშა კონსტრუქციებზე. მშენებლობის პრაქტიკაში აგრეთვე გამოიყენება წამწის ხისტი მიმაგრება სვეტზე გვერდიდან (ფიგ. 86), რაც უზრუნველყოფს საანგარიშო მაღისა და კონსტრუქციის სარტყელებში საანგარიშო ძალვების შემცირებას. ზეღა სარტყელში გრძივი ძაღების გადაცემა სვეტზე ხორციელდება სარტყელის კუთხეღების თაროებზე და სვეტის სათავის კორიზონტაღურ ფურცელზე მიღუღებული საპირაპირე ზესაღებით, ხოლო ქვეღა სარტყელში – ტორსული საყრდენი წიბოთი.



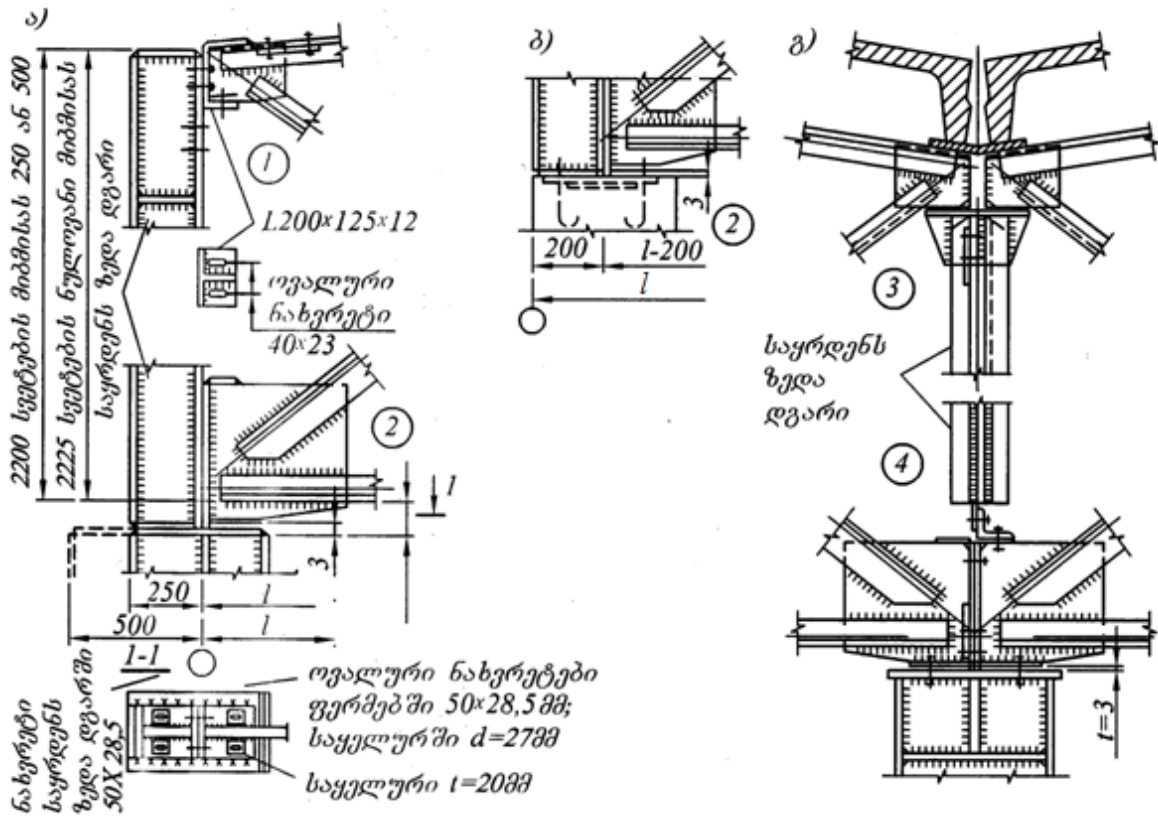
ფიგ. 86. ტიპური უნიფიცირებული წამწვების საყრდენი კვანძები (1-4) წამწვების სვეტთან გვერდიდან მიმაგრების შემთხვევაში

ა - დაყრდნობა განაპირა სვეტზე; ბ - დაყრდნობა შუა სვეტზე.

ტიპურ გადაწყვეტებში (იხ. ფიგ. 68), წამწვების საყრდენი კვანძების უნიფიკაციის მიზნით, ფოლადის ან რკინაბეტონის სვეტებზე დაყრდნობის შემთხვევაში იყენებენ სახსრულ ჩამაგრებას, რომლის დროსაც წამწვის საყრდენის რეაქცია სვეტის სათავისს გადაეცემა ვერტიკალური საყრდენი წიბოს ტორსით (ფიგ. 87). ფოლადის სვეტების გამოყენების შემთხვევაში, განაპირა ღერძებზე მიბმას აპროექტებენ ღერძულად (ფიგ. 87, ა), რკინაბეტონის სვეტების დროს კი მიბმა ნულოვანია (ფიგ. 87, ბ). საყრდენის ზედა ღვარი განკუთვნილია წამწვის ზონაში შემომფარგვლელი პანელების დასამაგრებლად.

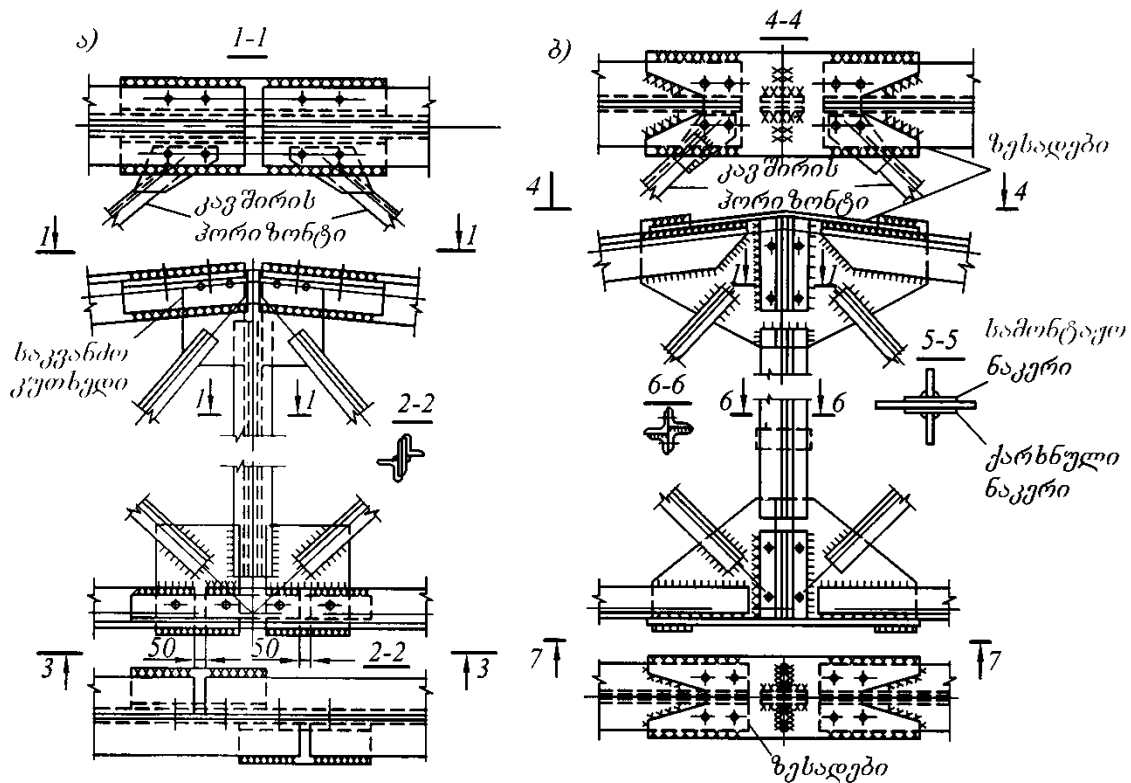
წამწვების ყველაზე საპასუხისმგებლო კვანძებია სამონტაჟო პირაპირა კვანძები (ფიგ. 88). ამ კვანძების საჭიროება აიხსნება ნივნივური წამწვის ცალკეულ სამონტაჟო ელემენტებად დანაწევრების (უფრო ხშირად ორ ნახევარფერმად, მაღის შუაში - სარტყელებში მაქსიმალური გრძივი

ძალეების მოქმედების ზონაში) აუცილებლობით. ნახევარწამწეების ურთიერთ-შენაცვლებადობის პირობიდან გამომდინარე, სამონტაჟო ელემენტებად დანაწევრება აგრეთვე გულისხმობს საკვანძო ფასონურების ორ ტოლ ნაწილად დანაწევრებას.



ფიგ. 87. ტიპური უნიფიცირებული წამწეების საყრდენი კვანძები (1-4) განაპირა (ა, ბ) და შუა (გ) სვეტზე ზევიდან დაყრდნობის შემთხვევაში

სამონტაჟო პირაპირის უმარტივესი კონსტრუქცია ნაჩვენებია ფიგ. 88, ა-ზე. ზედა სარტყელში პირაპირი გადახურულია სიმეტრიულად განლაგებული საპირაპირე კუთხედებით, რომლებიც მიღებულია ზედა სარტყელის კუთხედების თაროებთან. საპირაპირე კუთხედებს ნახევარწამწეებთან, პირაპირის ყოველ მხარეს, წინასწარ ამაგრებენ ორ-ორი სამონტაჟო ჭანჭიკით. ქვედა (პორიზონტალურ) სარტყელში საპირაპირე კუთხედებს განლაგებენ ხტულად, რაც ამაღლებს პირაპირის საიმედოობას, ვინაიდან ამ შემთხვევაში პირაპირი დახურულია ერთი საპირაპირე კუთხედით და კვანძის ფასონურით.

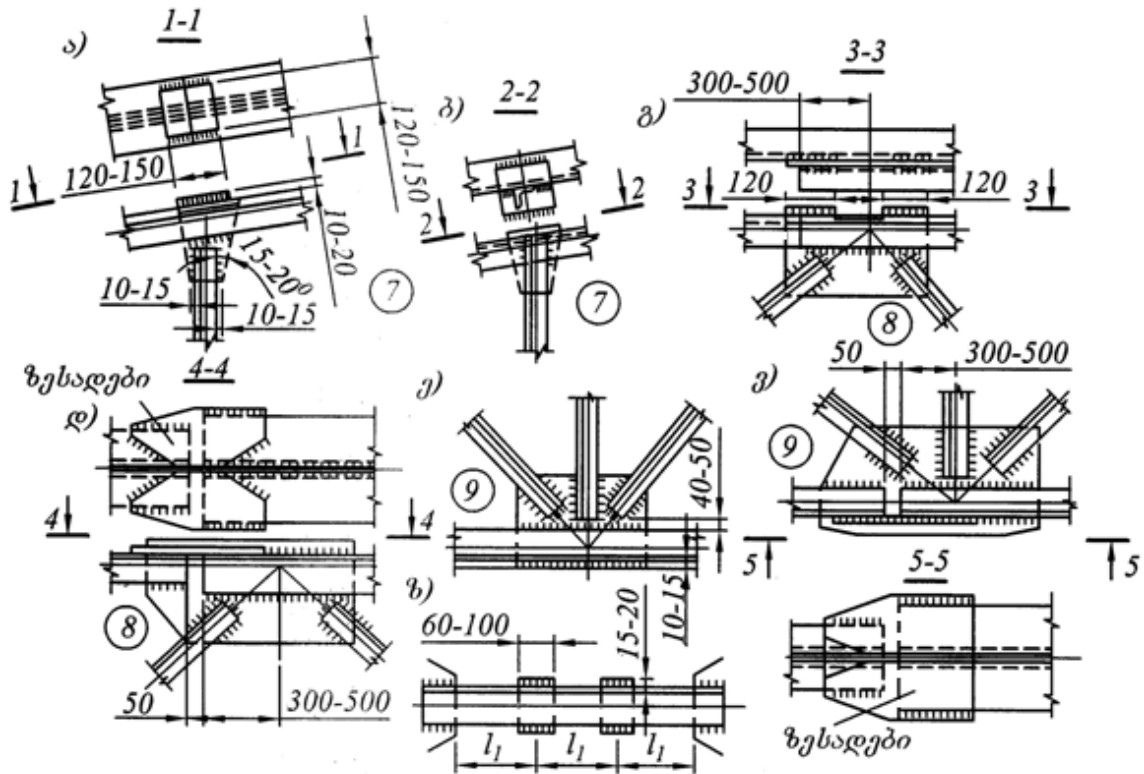


ფიგ. 88. წამწეების ზედა და ქვედა სარტყელების სამონტაჟო პირაპირები

ა – კუთხედი საპირაპირე ზესადებებით; ბ – ფურცლოვანი საპირაპირე ზესადებებით

ამავე მოთხოვნებს პასუხობს ფიგ. 88, ბ-ზე ნაჩვენები კვანძის კონსტრუქცია. ეს გადაწყვეტა პირველთან შედარებით უფრო შრომატევადია, მაგრამ ხასიათდება მეტი მზიდუნარიანობითა და საიმედოობით. სამონტაჟო საპირაპირე კვანძების ძირითადი დანიშნულებაა საპირაპირე ელემენტების კვეთისა და სარტყელების კვეთის თანაბარი სიმტკიცის უზრუნველყოფა. წამწეების კვანძების შუალედური კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტები ნაჩვენებია ფიგ. 89-ზე.

წამწეებზე რკინაბეტონის წიბოვანი ფილების დაყრდნობის ადგილებში სარტყელების კუთხედების თაროებს აძლიერებენ არა უმეტეს 150x150 სმ ზომის ჰორიზონტალური საკვანძო ფირფიტებით (ფიგ. 89, ა, ბ). ნულოვანი ძალვის მქონე დეროებში, ფოლადის დამატებითი ეკონომიის მისაღებად დასაშვებია ცალმაგი კუთხედის გამოყენება (ფიგ. 89, გ). ამ შემთხვევაში, და აგრეთვე სარტყელებში უფრო მცირე კვეთის მქონე კუთხედებზე გადასვლისას, შეწყვილებული ან უფრო დიდი კვეთის მქონე კუთხედები კვანძის ცენტრს გადაცილებიან 300–500 მმ-ით (ფიგ. 89, დ)



ფიგ. 89. ტიპობრივი უნიფიცირებული წამწეების შუალედური კვანძები და წამწეების ელემენტებში შემავრთებელი თამასების მოწყობა

პირაპირში საანგარიშო კვეთად მიიჩნევა საკვანძო ფასონურას ფურცლისა და ზესადების ფირფიტებისაგან შედგენილი კვეთი. ორი კუთხედისგან, შევლერისგან და ა.შ. შედგენილი დეროების ერთობლივი მუშაობა უზრუნველყოფილია იმ შემთხვევაში, თუ მათ შორის ჩადგმულია შემავრთებელი თამასები (ფიგ. 89, ზ). შეკუმშულ დეროების სიგრძეზე თამასებს აყენებენ ბიჯით $\leq 40i_x$ (სადაც i_x კუთხოვანას ინერციის რადიუსია $x-x$ დერძის მიმართ), ხოლო გაჭიმული ელემენტებისთვის – ბიჯით $\leq 80i_x$. თამასების სისქე აიღება წამწეების ძირითადი საკვანძო ფასონურების სისქის ტოლი.

ფოლადის ეკონომიის ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულებაა ფოლადის მილისებრი კონსტრუქციების გამოყენება. თეორიულმა და ექსპერიმენტულმა კვლევებმა, აგრეთვე მშენებლობაში მილისებრი ელემენტებისაგან დამზადებული ნივნიური წამწეების გამოყენებამ აჩვენა, რომ ჩვეულებრივი პროფილებისაგან დამზადებულ წამწეებთან შედარებით, ფოლადის ერთი და იგივე მარკის შემთხვევაში და თანაბარ საექსპლუატაციო პირობებში, ფოლადის ეკონომია აღწევს 15–20 %-ს, ხოლო 400–500 მპა დროებითი წინაღობის მქონე ფოლადების შემთხვევაში, მასალის ხარჯი შეიძლება შემცირდეს 30–40 %-მდე.

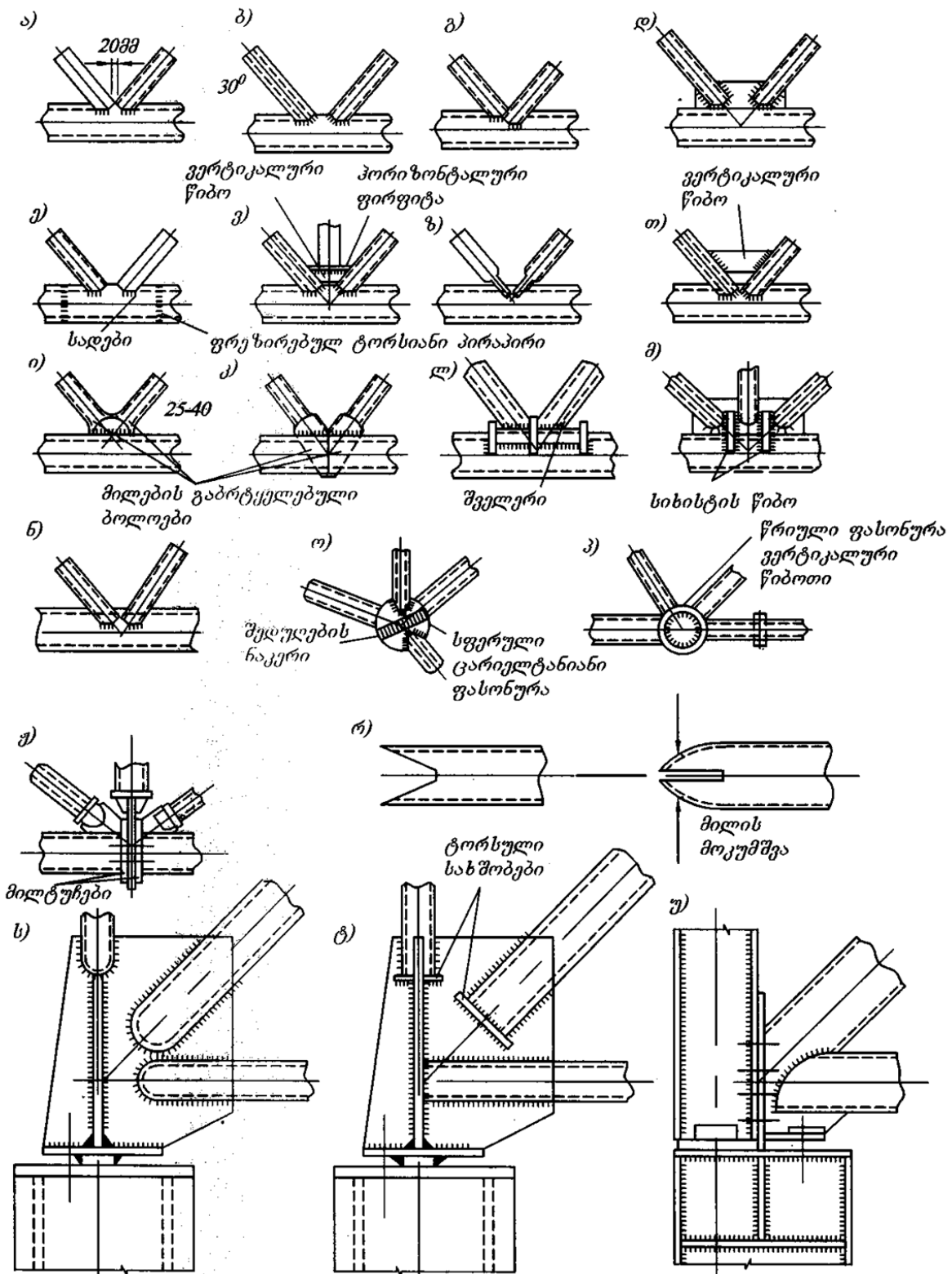
მილისებრი წამწეები, ფოლადის ეკონომიასთან ერთად, ხასიათდება დამზადების ნაკლები შრომატევადობით საშემდუღებლო სამუშაოების მოცულობების შემცირების გამო.

მრგვალი მილებისაგან ნივნივური წამწეების დაპროექტებისას უპირატერსობა ენიჭება ისეთ კონსტრუქციულ სქემებს, რომელსაც აქვთ სამკუთხა გისოსი, კვანძებში გისოსის არაუმეტეს ორი ელემენტის შეუღლებით. შპრენგერული გისოსები, კვანძების კონსტრუირების სირთულის გამო, მილისებრ წამწეებში რეკომენდებული არ არის. მილისებრი კვეთის გამოყენების მაქსიმალური ეფექტი მიიღწევა კონსტრუქციის ყველა შეკუმშული დეროს საანგარიშო სივრძეების ტოლობის შემთხვევაში.

მილისებრ წამწეებში დასაშვებია ელექროშენადული ან ცხლად დეფორმირებული მილების გამოყენება დიამეტრით 40–530 მმ, თუმცა ყველაზე მიზანშეწონილია მილები გარე დიამეტრით 140–180 მმ-დე და კედლის სისქის დიამეტრთან შეფარდებით: $1/35 - 1/45$ სარტყელებისათვის; $1/70 - 1/100$ გისოსის შეკუმშული ელემენტებისათვის და $1/100$ გისოსის გაჭიმული ელემენტებისათვის. ამასთან, მილის მინიმალური სისქე უნდა იყოს არანაკლები 3 მმ.

მილისებრი წამწეების საკვანძო შეერთებები შეიძლება იყოს ფასონურების გარეშე, საკვანძო ფასონურებითა და საკვანძო ჩასადგმელებით: ცილინდრული, პრიზმული და სფერული ფორმის (ფიგ. 90). მასალის ხარჯის მიხედვით ყველაზე ეფექტურია უფასონურო შეერთებები მილების ცილინდრული შეუღლებით (ფიგ. 90, ა-გ), რომლებიც გამოიყენება გისოსის სარტყელთან არანაკლებ 30° დახრის კუთხის და გისოსის ელემენტებისა და სარტყელების დიამეტრების შეფარდების არანაკლებ $1/3$ -ის შემთხვევაში. გაბრტყელებულ ბოლოებიანი მილების უფასონურო შეერთებები (ფიგ. 90, ზ, ი, კ) უფრო მარტივი დასამზადებელია, მაგრამ ნაკლებად საიმედოა მუშაობაში.

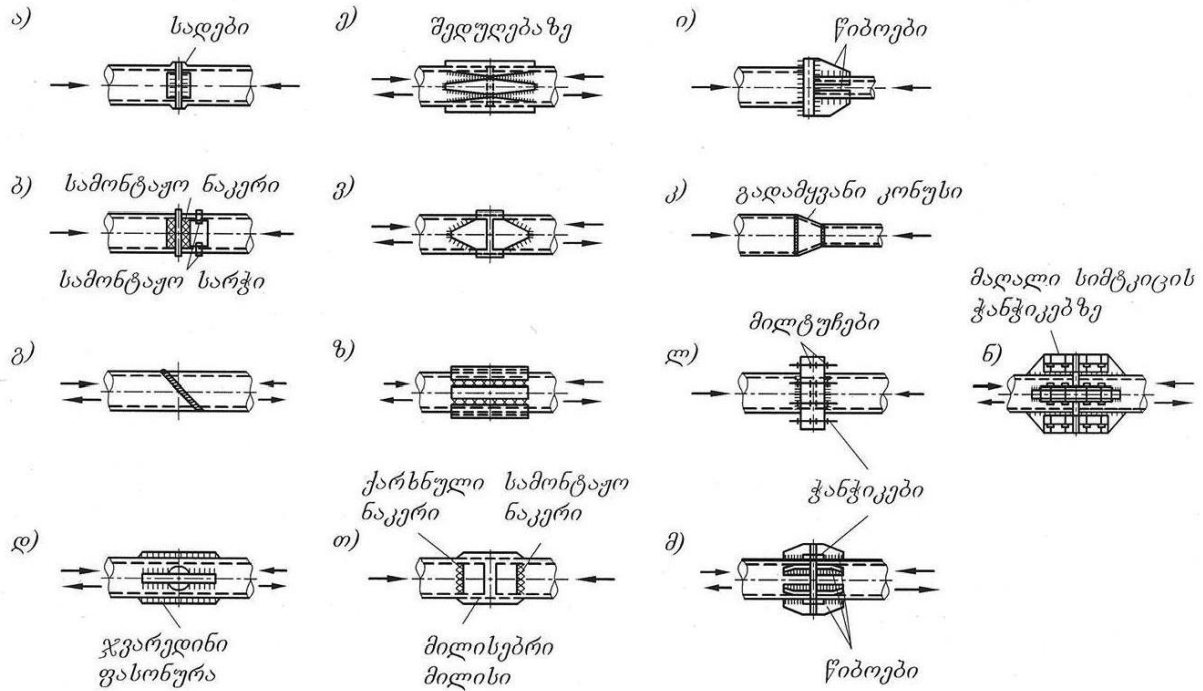
ფასონურებიანი კვანძები (ფიგ. 90, დ, მ, ს, ტ) იშვიათად გამოიყენება, ვინაიდან ისინი საჭიროებს მასალის დიდ ხარჯს. ასეთი შეერთებები მოსახერხებელია წამწეების საყრდენი კვანძებისათვის სვეტებზე ზევიდან დაყრდნობის შემთხვევაში (ფიგ. 90, ს, ტ). საკვანძო ჩასადგმელებიანი კვანძები (ფიგ. 90, ო, პ) გამოირჩევა უნივერსალობით, მათ ფართოდ იყენებენ ნივნივური წამწეების სხვადასხვა ტიპებში (განსაკუთრებით სივრცითში), მაგრამ მასალის ხარჯის მხრივ ჩამორჩებიან უფასონურო შეერთებებს.



ფიგ. 90. გისოსოვანი კონსტრუქციების კვანძები მრგვალ მილებიანი ღეროებით

შენადრე პირაპირებს (ფიგ. 91, ა-კ), როგორც წესი, ქარხნულ პირობებში ამზადებენ. მათი დანიშნულებაა სარტყელების სიგრძის გაზრდა ან სხვადასხვა დიამეტრის მილების შეუღლება. მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებიან

პირაპირებს (ფიგ. 91, ლ-ნ) (ტორსული მილტუჩებით ან გრძივი წიბოებით) აპროექტებენ სამონტაჟო სახით, გასაგზავნი მარკების ერთ მთლიან კონსტრუქციად შესაუღლებლად. მილტუჩა შეერთებები ჭანჭიკებით გათვალისწინებულია, როგორც გაჭიმული, ასევე შეკუმშული ელემენტებისათვისაც.

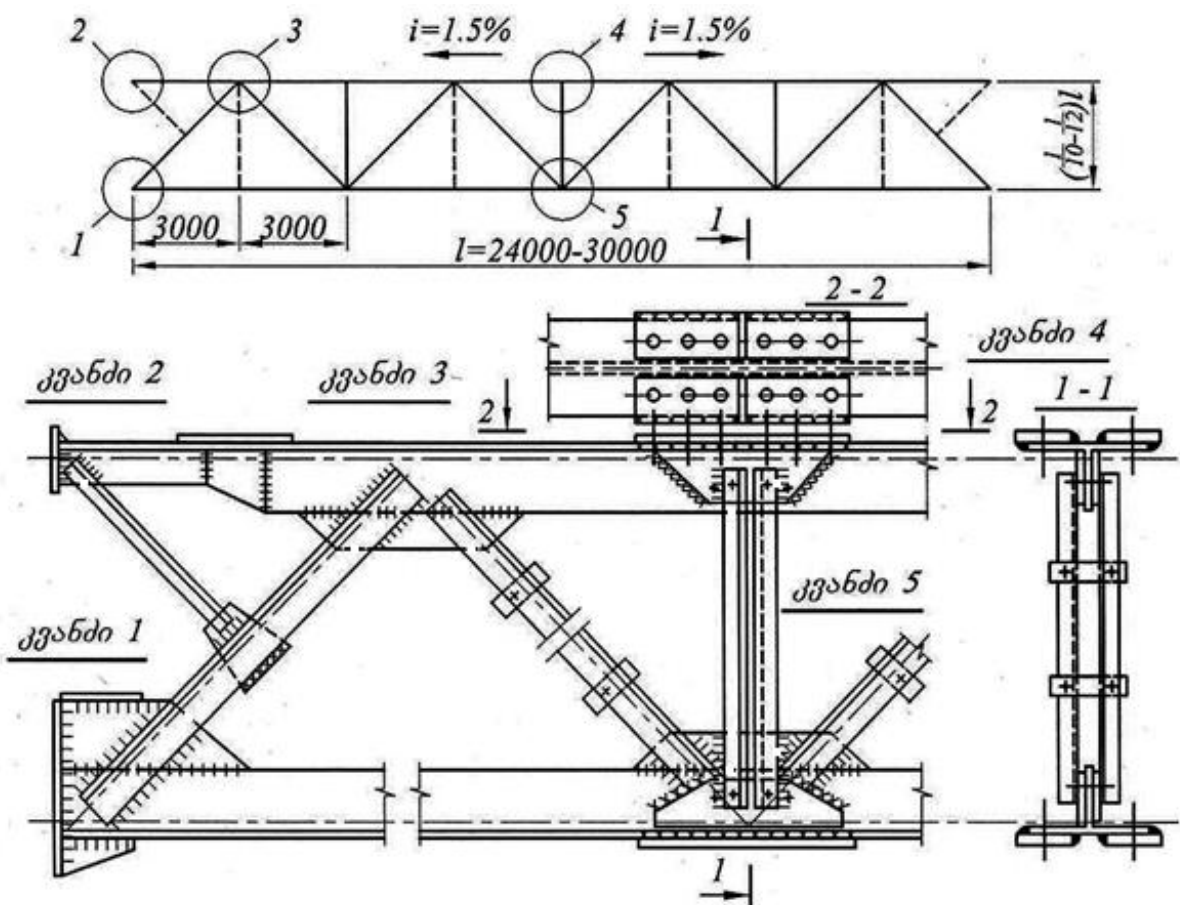


ფიგ. 91. მილისებრი დეროების შენადული (ა-კ) და ჭანჭიკური (ლ-ნ) გრძივი პირაპირები

24 და 30 მ მალის მქონე სამრეწველო შენობების გადახურვების ეკონომიკური ეფექტურობის გაზრდის მოთხოვნამ გამოიწვია ნივნივური წამწების ახალი კონსტრუქციული გადაწყვეტები: ფართოთაროებიანი ტესები და ორტესები, მართკუთხა კვეთის ნაღუნ-შენადული, ცალკეული კუთხედი და კუთხედორტესები (ცხლად გლინული შევლერისა და კუთხედის კომბინირებული კვეთი) პროფილების გამოყენებით.

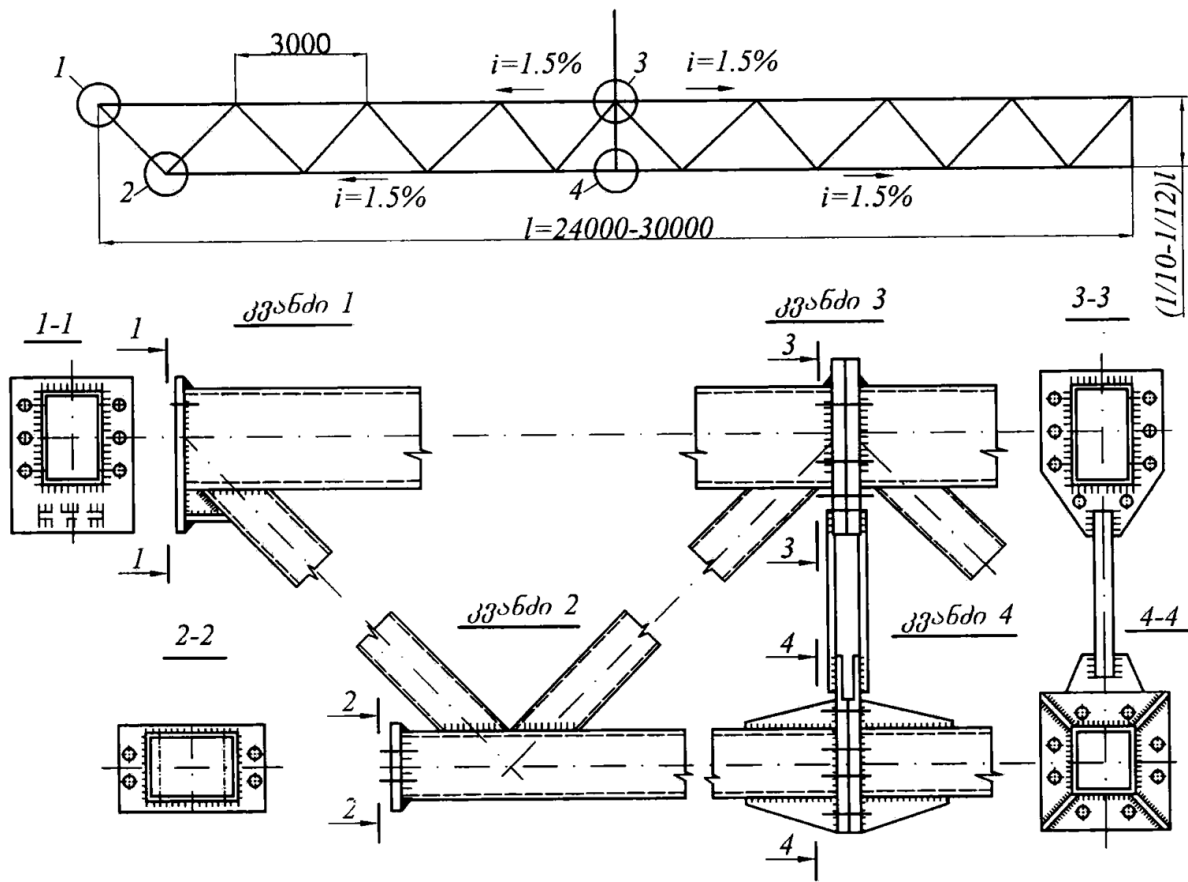
ამ გადახურვების საერთო ნიშანია – ბურულის უგრძივო გადაწყვეტა, დაპროფილებული ფენილის უშუალოდ ნივნივური წამწების ზედა სარტყელზე დაყდნობით. დაპროფილებული ფენილის მზიდუნარიანობიდან გამომდინარე, ნივნივური წამწების ბიჯი მიიღება 3 ან 4 მ. ნივნივური წამწები ყერდნობა ნივნივქვეშა წამწებზე მალით 12 მ. ნივნივური და ნივნივ-ქვეშა წამწები პარალელურ სარტყელებიანია და ბურულის ქანობი 1.5°-ია.

აღსანიშნავია ფართოთაროებიანი ტესებრი და ორტესებრი პროფილებიდან დამზადებული წამწეების კონსტრუქციები (ფიგ. 92). ისინი წარმატებით გამოიყენება დაპროფილებული და რკინაბეტონის ფენილებიან გადახურვებში. ამ ტიპის ნივნიურ წამწეებში სარტყელებს აკეთებენ ფართოთაროებიანი ტესებრი პროფილებისაგან, ხოლო გისოსს – წყვილი კუთხედისაგან. გისოსის ტიპობრივი სქემის არსებითი ნაკლოვანებაა – კვანძებში გაგანიერების მოწყობა ტესებრის კედელთან მიღებული ფურცლოვანი ფასონურების სახით. გისოსის კუთხედების მჭიდრო მიბჯენისათვის შედუღების ნაკერი პირაპირის ადგილას უნდა იყოს გულმოდგინედ დამუშავებული. საკვანძო გაგანიერების თავიდან აცილება შესაძლებელია იმ შემთხვევებში, თუ გისოსი დამზადებულია ცალკეული კუთხედებისგან, შევლერებისგან ან ტესებრებისგან, როდესაც კვანძში თავს იყრის მხოლოდ ორი ელემენტი – სამკუთხა დგარების გარეშე, ირიბი ან ჯვარედინა ტიპის გისოსების დროს.



ფიგ. 92. ფართოთაროებიანი ტესებრი სარტყელების მქონე ტიპობრივი ნივნიური წამწეების კვანძები

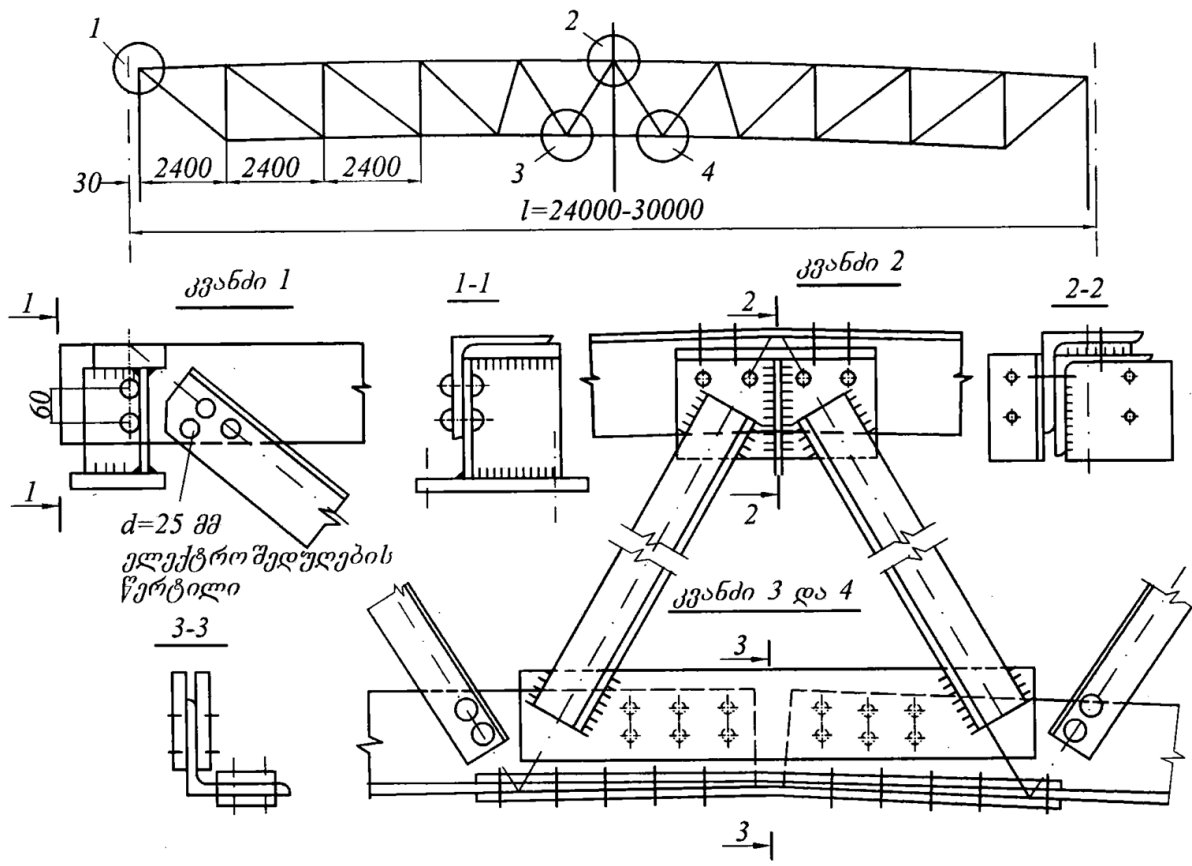
ფართოთაროებიანი ტესებრი პროფილებიანი წამწის ქარხნული კვანძები მზადდება წყვილკუთხედიანი ტრადიციული წამწებისათვის დამახასიათებელი ტექნოლოგიით. სამონტაჟო პირაპირები სრულდება შედუღებით ორი წყვილი ზესადების გამოყენებით – ვერტიკალურების, რომელთაგან თითო-თითო ყოველ ნახევარწამწეზე მიდუღებულია ქარხანაში, და ჰორიზონტალურების, რომლების მიდუღება ხდება სამშენებლო მოედანზე. ზესადების დაყენების სიზუსტეს უზრუნველყოფს მათი წინასწარი შეუღლება სარტყელებთან ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკების გამოყენებით.



ფიგ. 93. მართკუთხა კვეთის მილებისაგან დამზადებული ნივნივური წამწის კვანძები

სამშენებლო პრაქტიკაში ფართოდაა გავრცელებული მართკუთხა კვეთის ნალუნ-შენადული პროფილებისაგან დამზადებული ნივნივური და ნივნივქვეშა წამწები (ფიგ. 93). მართკუთხა კვეთის მილებისაგან დამზადებული წამწების საკვანძო შეერთებებს აკეთებენ ფასონურების გარეშე, გისოსის ელემენტების უშუალოდ სარტყელებთან მიდუღების გზით. ამასთან, გისოსის ელემენტების კვეთის სიგანეს იღებენ 20–30 მმ-ით ნაკლებს სარტყელის ელემენტების კვეთის სიგანესთან შედარებით, რაც

უზრუნველყოფს შენადული ნაკერების ნორმალურ განლაგებას და არ იწვევს თარობის ადგილობრივ ღუნვას. ასეთი წამწეების ზედა სარტყელს აქვს სიმაღლის მიხედვით განვითარებული მართკუთხა კვეთი, რომელიც მუშაობს არაცენტრალურ კუმშვაზე. ნივნიური წამწეების სამონტაჟო საპირაპირე კვანძებს აკეთებენ მიღტუნების გამოყენებით და ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკებით.



ფიგ. 94. ცალკეული კუთხედებისაგან შენადული შეერთებების ჩაღნობით დამზადებული წამწის კვანძები

უგრძივო გადახურვების (ნივნიური წამწეების ბიჯით 3–4 მ) საუკეთესო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები აქვთ ცალკეული კუთხედებისაგან შენადული შეერთებების ჩაღნობით დამზადებული წამწეებით გადახურვებს (ფიგ. 94). ამ წამწეებში სარტყელები და გისოსი მზადდება თანაბარ და არანაბართარობიანი კუთხედებისაგან. ელემენტების ყველა ქარხნული შეერთება შესრულებულია ფასონურების გარეშე, რკალური წერტილოვანი შეღუღებით, იძულებითი გამჭოლი ჩაღუნებით. 25 მმ დიამეტრის შენადული წერტილები მისამაგრებელ ელემენტებში განლაგებულია სიმეტრიულად ელემენტის ღერძის მიმართ ერთ ან ორ რიგად ბიჯით 60 მმ. ერთი წერტილის

მზიდუნარიანობა შეადგენს 135 კნ-ს. იმისათვის, რომ გისოსის კუთხედების თაროების და სარტყელების შეხების ზედაპირზე შესაძლებელი იყოს არანაკლებ ორი შენადული წერტილის განთავსება, ღერძებს აცენტრებენ სარტყელის წიბოზე. ქვედა გაჭიმული სარტყელის სამონტაჟო პირაპირი სრულდება ზესადებებით მაღალი სიმტკიცის ტანჭიკებზე, ხოლო ზედასი – სარტყელის კუთხედების ტორსების ფრეზებით.

ნაღუნ-შენადული სწორთკუთხა პროფილებისაგან, ცალკეული კუთხედებისაგან და კუთხედტესებრებისაგან დამზადებულ წამწეებს ანგარიშობენ ისევე, როგორც ხისტკვანძებიან მრავალჯერ სტატიკურად ურკვევ სისტემებს, კვანძარე დატვირთვებისა და კვანძებში განცენტრების გათვალისწინებით.

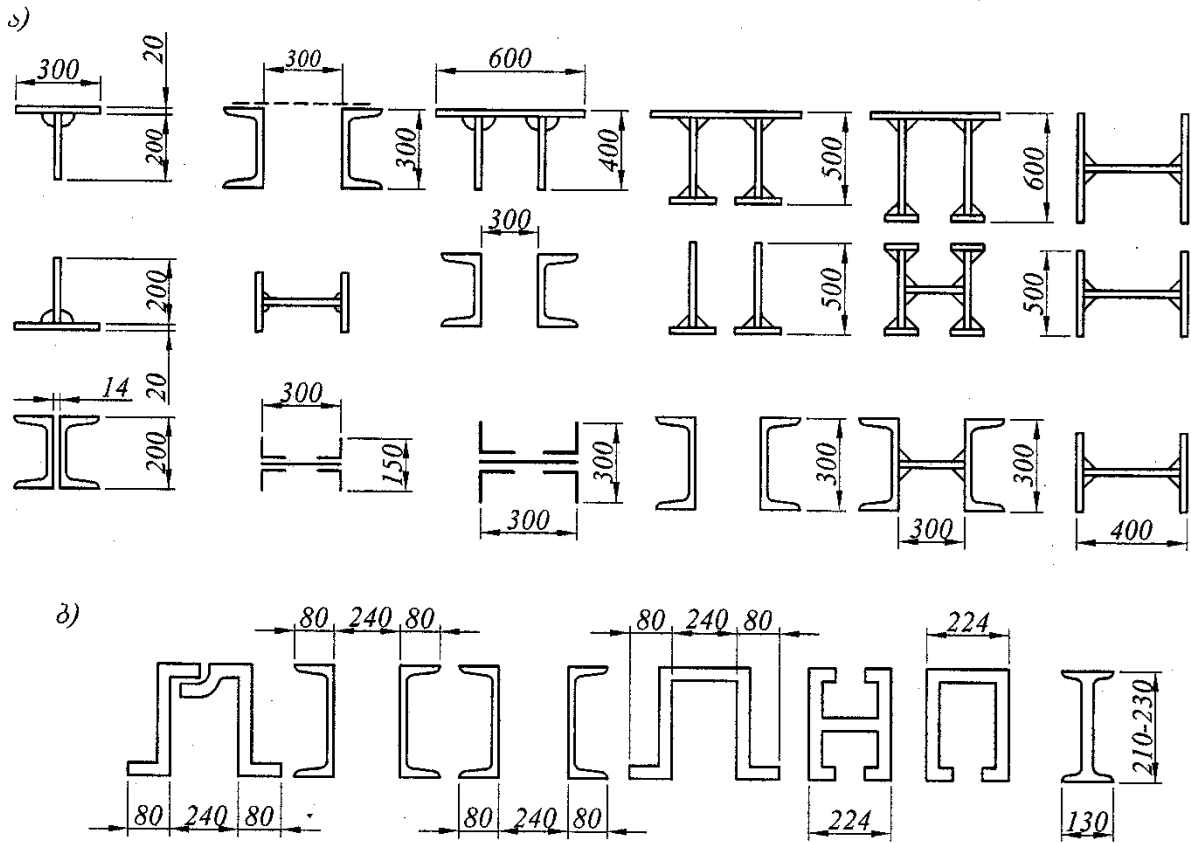
5.8. მძიმე დიდმალიანი წამწეების კონსტრუქცია

60–150 მ მალეში გამოიყენება ე.წ. მძიმე წამწეები, ორკედლიანი კვეთის მქონე ელემენტებით (ფიგ. 95). ასეთი კვეთების გამოყენება გამოწვეულია იმით, რომ ნაგლინი კუთხოვანების კვეთები ვერ აკმაყოფილებს სარტყელებში, ხანდახან კი კონსტრუქციების გისოსებში წარმოქმნილ ძაღვებს. უპირატესად გამოიყენება შენადული H-ის და II-ის მაგვარი კვეთები (ფიგ. 95, ა), ვინაიდან ისინი საშუალებას იძლევა დაპროექტდეს კვანძებში ღეროების შეუღლების შედარებით მარტივი ვარიანტები. ფიგ. 95, ბ-ზე ნაჩვენებია მძიმე წამწის ალუმინის შენადნობებისგან დაწნეხილი პროფილების კომპლექტი.

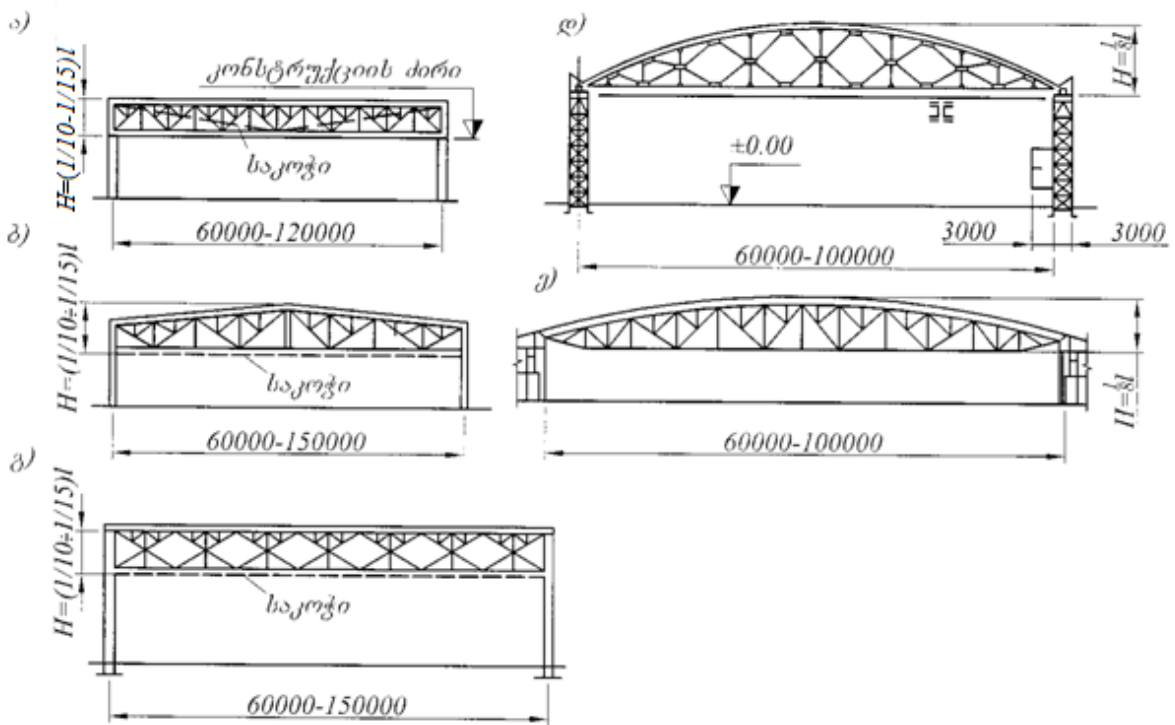
მძიმე დიდმალიან წამწეებს შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა მოხაზულობა, მაგრამ მათთვის საერთოა სამკუთხა ან რომბისებრი გისოსების გამოყენება შპრენგელებით, რომლებიც წამწის სიბრტყეში ამცირებს ზედა არაცენტრალურად შეკუმშული სარტყელის საანგარიშო სიგრძეს (ფიგ. 96). დიდი მალეების შემთხვევაში იყენებენ პარალელურსარტყელებიან და ტრაპეციისებრ წინასწარ დაძაბულ წამწეებს (ფიგ. 96, ა-გ).

წამწის საკუთარი მასის შესამცირებლად უპირატესობა ენიჭება სეგმენტურ ან პოლიგონურ მოხაზულებებს (ფიგ. 96, დ, ე), რომელთა გამოყენება დიდი სიმაღლის გამო შეზღუდულია 100 მ-მდე მალეებით.

მძიმე წამწეების სარტყელების კვეთის სიმაღლე, როგორც წესი, არ აღემატება $1/15 l_m$, ხოლო კვეთის სიგანე $b \leq 400-500$ მმ.



ფიგ. 95. მძიმე ნივნიური წამწეების ფოლადის (ა) და ალუმინის (ბ) შენადული ელემენტების კვეთები

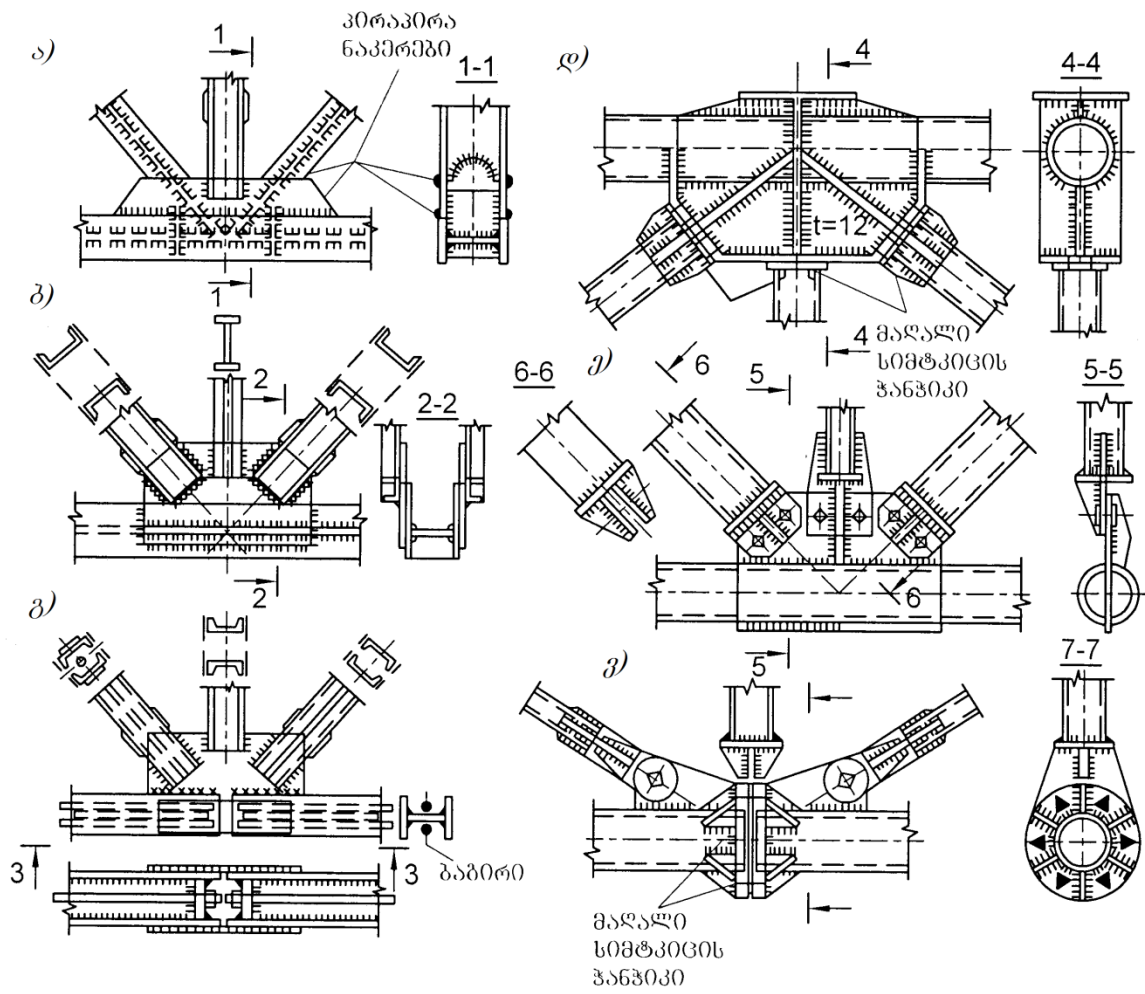


ფიგ. 96. დიდმალიანი ნივნიური წამწეები პარალელური სარტყელებით (ა, გ), ტრაპეციისებრი (ბ) და სეგმენტური (დ, ე)

მძიმე წამწეების კონსტრუირების განმასხვავებელი თავისებურებაა სარტყელებისა და გისოსის ელემენტების კვეთის ფორმის ცვალებადობა მოქმედი ძალების სიდიდისა და ნიშნის მიხედვით, კვეთის სიგანის შენარჩუნების პირობიდან გამომდინარე (კვანძებში მათი შეუღლების უზრუნველსაყოფად). მძიმე წამწეების კონსტრუირების დროს აცილებულ უნდა იქნას კვანძებში ღეროების განცენტრება, ვინაიდან დიდი ძალების შემთხვევაში ყველაზე მცირე ექსცენტრისიტეტებიც კი იწვევს მნიშვნელოვანი მღუნავი მომენტების გაჩენას კვანძებში.

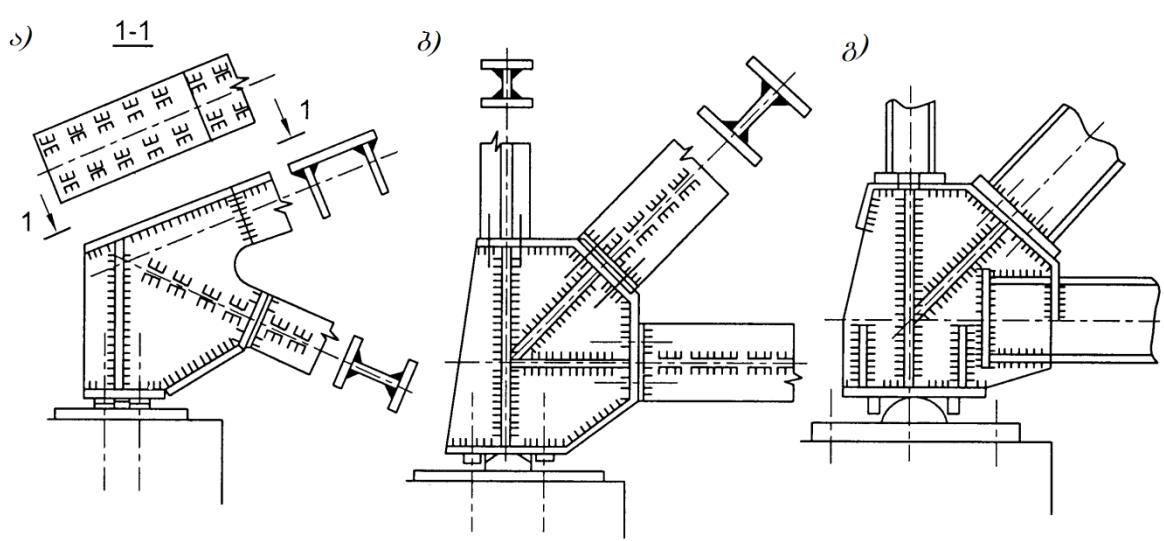
იმის გათვალისწინებით, რომ დიდმალიან წამწეებს, დიდი სიმაღლის გამო, ანაწევრებენ გასაგზავნ ელემენტებად ცალკეული ღეროების სახით, უნდა ვეცადოთ საკვანძო შეერთებების მაქსიმალური გამარტივება, რათა მონტაჟის დროს შესაძლებელი იყოს მაღალი ხარისხის ჭანჭიკებიანი შეერთებებისა და შეღულებითი სამუშაოების ჩატარება. ცალკეული ღეროებისგან აწყობილ მძიმე წამწეებში უპირატესობა ენიჭება შეერთებებს მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით. ამ შემთხვევაში, სამონტაჟო პირაპირებს განალაგებენ ღეროებზე კვანძებთან ახლოს. მილისებრი კვეთების გამოყენების შემთხვევაში, მძიმე წამწეებისათვის ყველაზე რაციონალურია ჭანჭიკებიანი შეერთებები ვერტიკალური ფასონურებით ან მილტუჩებით. მძიმე წამწეების დამასხასიათებელი კვანძები ნაჩვენებია ფიგ. 97-ზე და ფიგ. 98-ზე.

მძიმე დიდმალიან წამწეებში, აგრეთვე მაღალი სიმტკიცის ფოლადისა და ალუმინის წამწეებში, ღეროების დიდი გრძივი დეფორმაციების შედეგად (დაგრძელება – გაჭიმული ღეროების, დამოკლება – შეკუმშული ღეროების), წარმოიქმნებან მნიშვნელოვანი ვერტიკალური ჩაღუნვები და საყრდენი კვანძების ჰორიზონტალური გადაადგილებები. კონსტრუქციის ექსპლუატაციაზე ზომასზე მეტი ჩაღუნვების გავლენის თავიდან ასაცილებლად, წამწეებში აწყობენ სამშენებლო აწევას, რომლის სიდიდე მიიღება მთლიანი მუდმივი და ნახევარი დროებითი დატვირთვისაგან გამოწვეული ჩაღუნვის სიდიდის ტოლი (ფიგ. 99, ა).

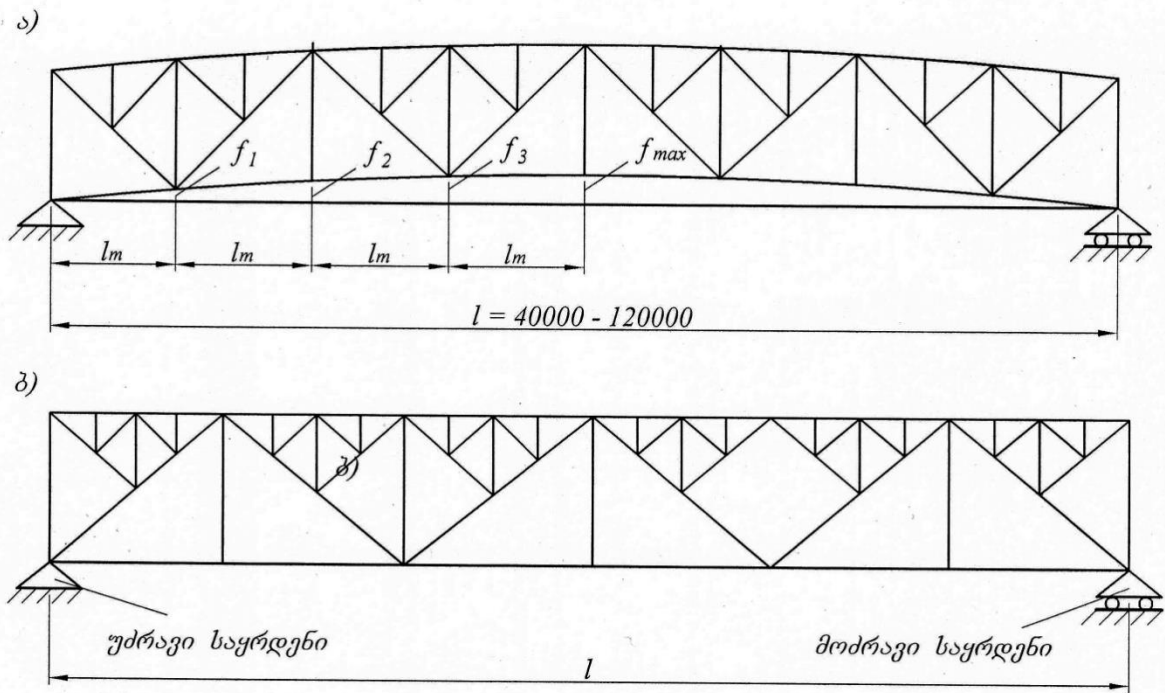


ფიგ. 97. მძიმე წამწის კვანძები

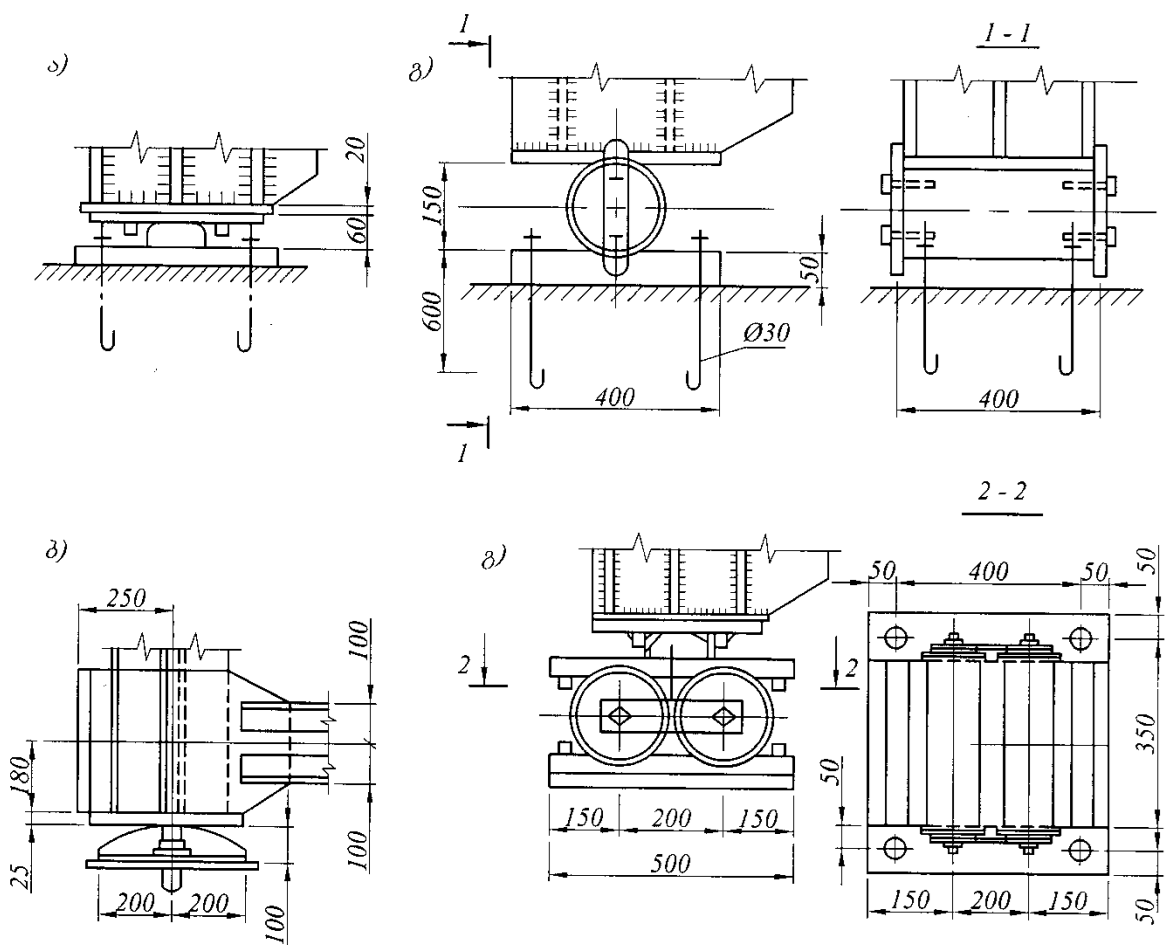
(ა-გ) - შენადული; (დ-ე) - მალალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით



ფიგ. 98. მძიმე წამწის საყრდენი კვანძები



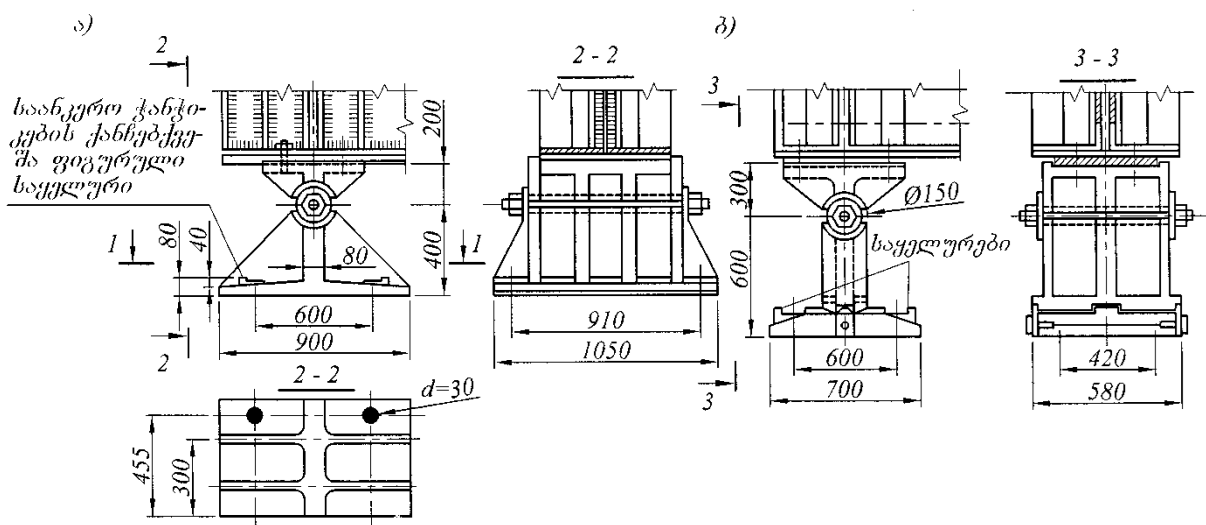
ფიგ. 99. მძიმე წამწის მუშაობის სქემა



ფიგ. 100. მძიმე წამწის საყრდენის ტიპები

ა, ბ - უძრავი; გ, დ - საგორავებიანი

წამწისა და კარკასის საყრდენი (დამჭერი) ელემენტების მუშაობაზე ჰორიზონტალური გადაადგილების გავლენის გამოსარიცხად, მძიმე წამწებისათვის აპროექტებენ უძრავ და მოძრავ საყრდენებს (ფიგ. 99, ბ). $l = 30-60$ მ მაღების შემთხვევაში უძრავ საყრდენს აკეთებენ ფილისებრი ან ტანგენციური სახსრების სახით (ფიგ. 100, ა, ბ), ხოლო მოძრავს – ერთსაგორავიანი საყრდენის სახით (ფიგ. 100, გ). $l = 60-120$ (150) მ მაღების დროს იყენებენ უძრავ ბალანსირულ საყრდენს (ფიგ. 101, ა), ხოლო მოძრავ საყრდენად – ორ ან მრავალსაგორავიან (ნახ. 101, დ) ან ბალანსირულ საყრდენს (ფიგ. 101, ბ).



ფიგ. 101. მძიმე წამწის ბალანსირული საყრდენები

ა – უძრავი; ბ – მოძრავი

ცილინდრული საგორავის დიამეტრი შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$d = F_v / n l_{cd} R_{cd},$$

სადაც F_v არის საყრდენი რეაქცია; n – საგორავების რაოდენობა; d – საგორავის დიამეტრი; l_{cd} – საგორავის სიგრძე; R_{cd} – თავისუფალი შეხების დროს საგორავების საანგარიშო წინაღობა დიამეტრულ შეკუმშვაზე.

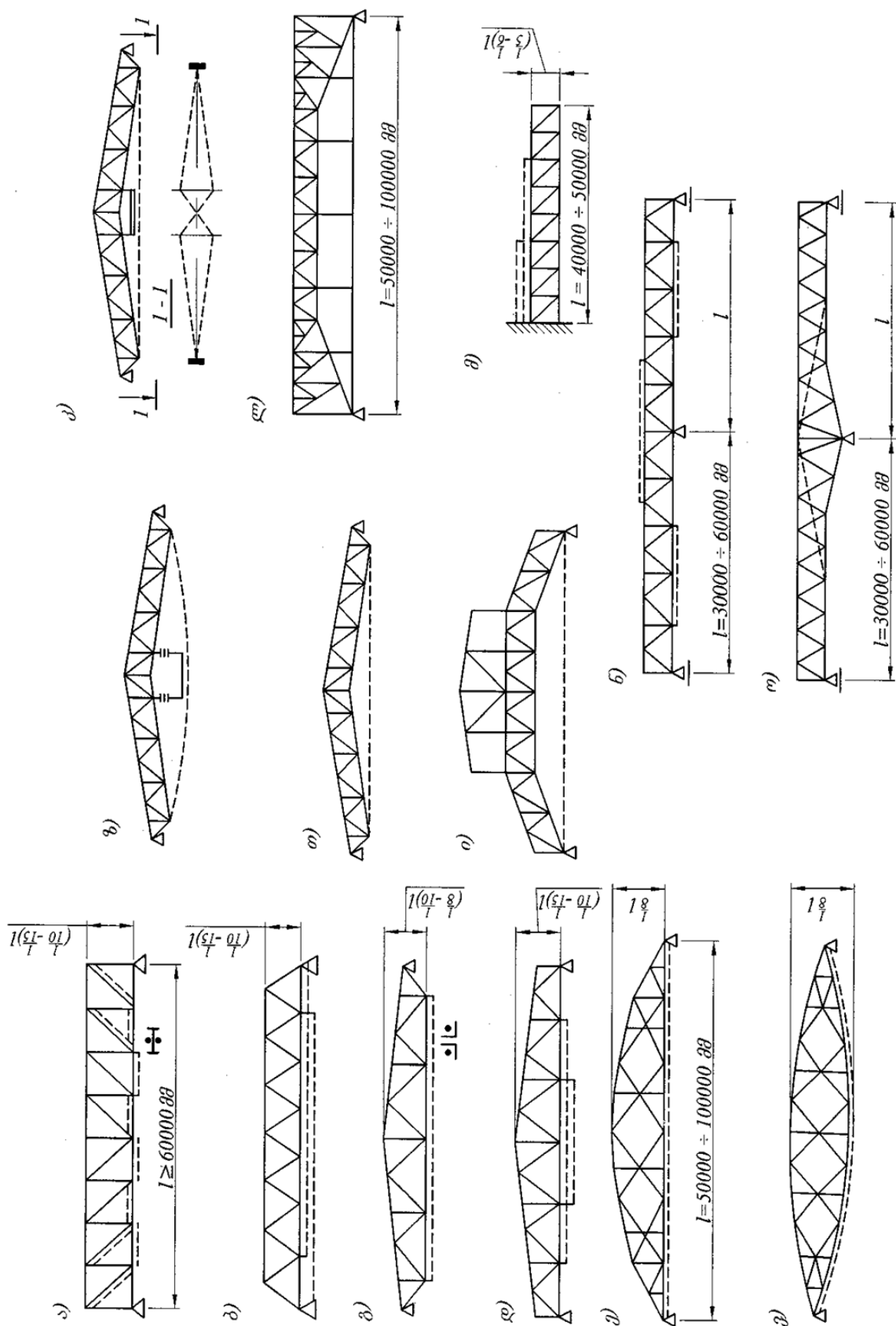
5.9. წინასწარ დაძაბული წამწების კონსტრუქციული გადაწყვეტები

წინასწარი დაძაბვის ძირითადი იდეაა კონსტრუქციაში ან მის ელემენტებში გარე საექსპლუატაციო დატვირთვების ზემოქმედებისაგან წარმოქმნილი ძაბვების საწინააღმდეგო ნიშნის წინასწარი საწყისი ძაბვების შექმნა. ამის შედეგად იზრდება კონსტრუქციის დრეკადი მუშაობის არეალი, ვინაიდან გარე დატვირთვები ჯერ აქრობს წინასწარ დაძაბვას, ხოლო შემდეგ ავითარებს ძირითად ძაბვებს მასალის საანგარიშო წინაღობამდე. წინასწარი დაძაბვა გამოიყენება ლითონის კონსტრუქციების ეფექტურობის ასამაღლებლად (ლითონის ხარჯის შესამცირებლად), ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში სიხისტის გასაზრდელად.

წინასწარ დაძაბვას უფრო ხშირად იყენებენ დერძულ გაჭიმვაზე მომუშავე დეროებში (ფერმების ელემენტები და სხვა გისოსოვანი კონსტრუქციები) ან ღუნვაზე მომუშავე ელემენტებში (კოჭები). თუმცა, წინასწარ დაძაბული მოქნილი ელემენტი – ბაგირი, თხელი ფურცელი, საარმატურე დერო – შეიძლება მუშაობდეს კუმშვაზე წინასწარი დაძაბვის სიდიდის საზღვრებში, რაც ფართოდ გამოიყენება ლითონის სხვადასხვა კონსტრუქციებში (ვანტური წამწები, მემბრანები და სხვ.) მათი მზიდუნარიანობის გასაზრდელად. წინასწარი დაძაბვა ფართოდ გამოიყენება ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტებისა და მთლიანად ნაგებობების მდგრადობის ამაღლების მიზნით. იგი განსაკუთრებით ეფექტურია მძიმე დიდმალიან წამწებში.

წინასწარი დაძაბვა მნიშვნელოვნად ზრდის წამწის მზიდუნარიანობას და სიხისტეს, გამომდინარე აქედან საშუალებას იძლევა შემცირდეს კონსტრუქციის სამშენებლო სიმაღლე და მიღებულ იქნას ლითონის 25–30 %-ანი ეკონომია ტრადიციულ გადაწყვეტებთან შედარებით. მაგრამ ამავე დროს იზრდება წამწის დამზადების შრომატევადობა, ვინაიდან წინასწარი დაძაბვის სამუშაოები გადააქვთ სამშენებლო მოედანზე.

ცნობილია წინასწარი დაძაბვის მრავალი ხერხი, თუმცა ბრტყელი წამწებისათვის ყველაზე მისაღებია მაღალი სიმტკიცის მასალებისგან (ფოლადის ბაგირები, კონები და წნულეები) დამზადებული სხვადასხვა სახის საკოჭების მოწყობაზე დაფუძნებული ხერხი.

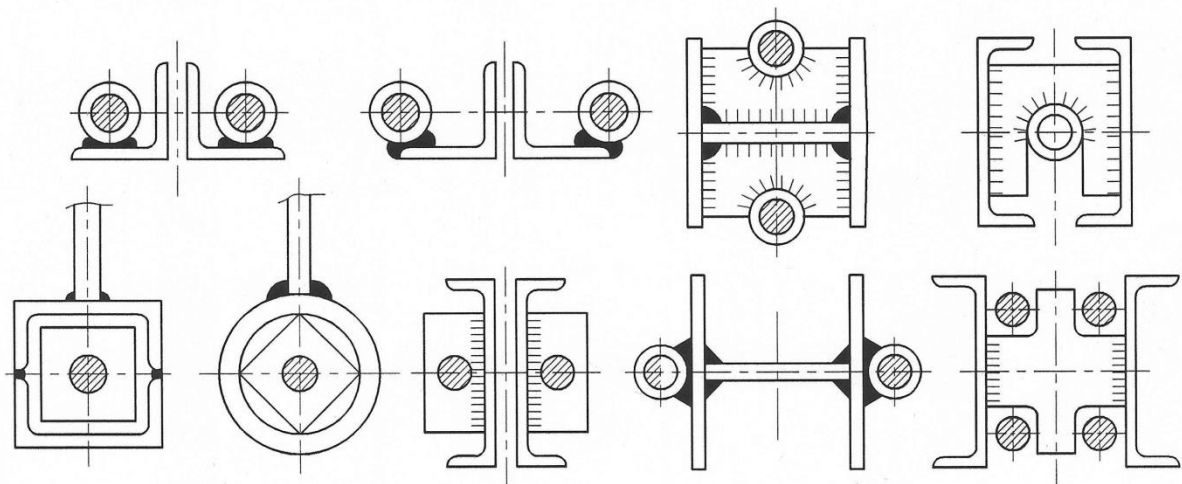


ფიგ. 102. წინასწარ დადებული ნივთიერი ფერმების ტიპები

საკოჭების განლაგების მიხედვით წინასწარ დაძაბული წამწები იყოფა ორ ძირითად ტიპად: წამწები, რომლებშიც საკოჭები განლაგებულია ყველაზე დატვირთული ყოველი ღეროს საზღვრებში (ფიგ. 102, ა); წამწები, რომლებშიც საკოჭები განლაგებულია მთელი მალისა და ყველაზე დატვირთული ღეროების ჯგუფის საზღვრებში (ფიგ. 102, ბ-ვ). მეორე ტიპი უფრო ეფექტურია და გააჩნია მრავალი კონსტრუქციული ფორმა. ამ ტიპს აგრეთვე მიეკუთვნება წამწები გამოსატანი შპრენგელური საკოჭებით, რომელთა განმტვირთავი ზემოქმედება ძირითადი წამწის ელემენტებზე განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია (ფიგ. 102, ზ-ლ). ასეთი წამწების ნაკლია კონსტრუქციის დიდი სამშენებლო სიმაღლე.

სტატიკური თვალსაზრით წინასწარ დაძაბულ წამწებს უფრო ხშირად აპროექტებენ, როგორც ჭრად ერთმალისანს (ფიგ. 102 ა-ლ), აგრეთვე კონსოლურს (ფიგ. 102, მ) და მრავალმალისანს (ფიგ. 102, ნ, ო).

წინასწარ დაძაბულ წამწებში ღეროების კვეთებს აპროექტებენ ისეთივეს, როგორც წინასწარ დაუძაბავ ჩვეულებრივ წამწებში (ფიგ. 103). ამასთან, ღეროების წინასწარ დაძაბული საკოჭების განლაგება კვეთის ინერციის მთავარი ღერძების მიმართ უნდა იყოს სიმეტრიული, ხოლო ტოლქმედი ძალა უნდა გადიოდეს კვეთის ცენტრზე. ღეროს სიგრძის გასწვრივ საკოჭის ფიქსირება ხორციელდება მილებში ან სიხისტის წიბოებზე, რომლებიც მიღუღებულია კვეთის პროფილურ ელემენტებზე.

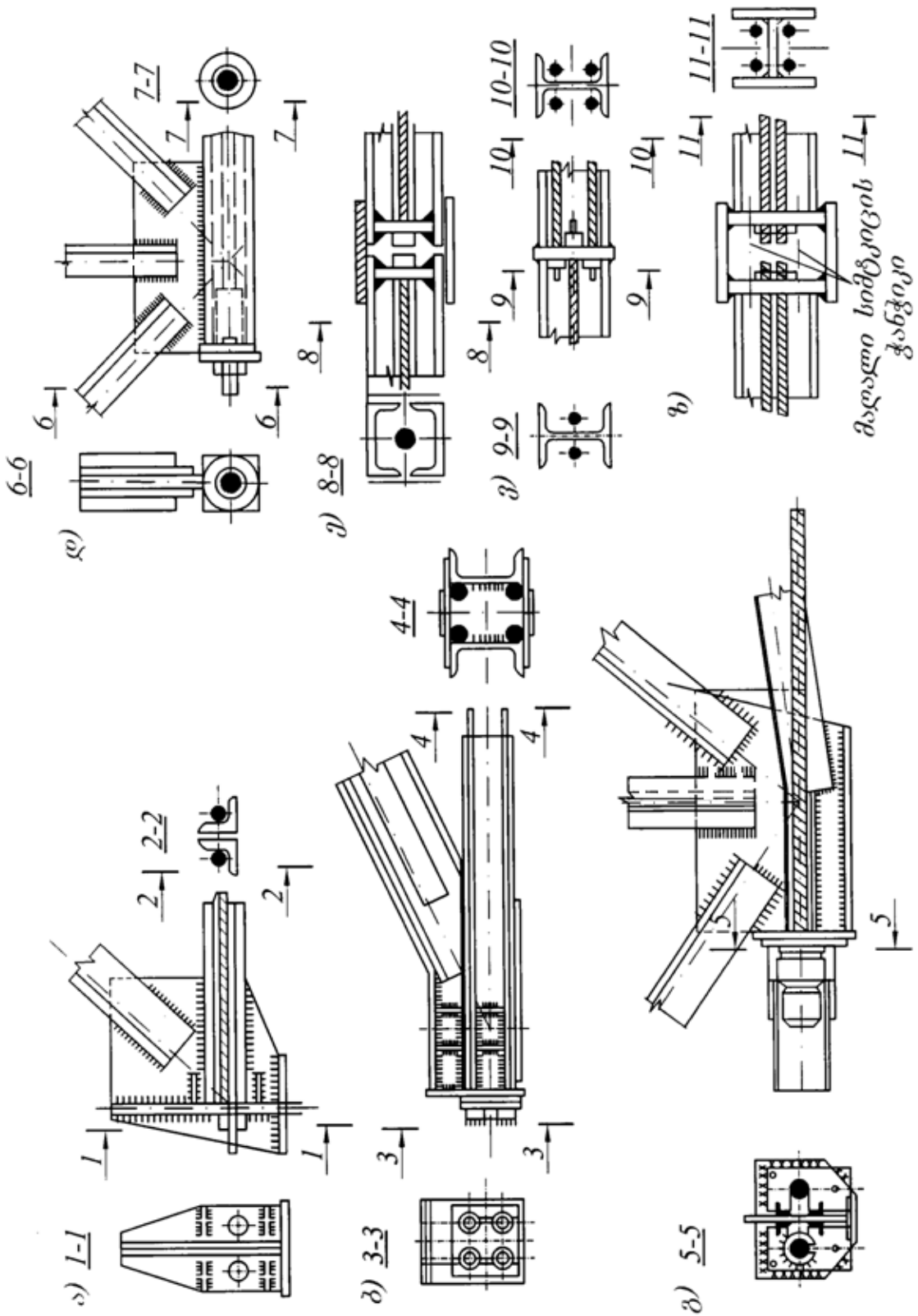


ფიგ. 103. წინასწარ დაძაბული წამწების ელემენტების კვეთები

საკვანძო შეერთებების გადაწყვეტა ჩვეულებრივი წამწეების ანალოგიურია, იმ კვანძების გამოკლებით, რომლებშიც საკოჭი დეროები დაანკერებულია. ასეთ კვანძებში აპროექტებენ საანკერო საბრჯენებს წინასწარი დაძაბვის ძაღვის საკოჭიდან სარტყელის ელემენტის კვეთზე ან ირიბნებზე გადასაცემად (ფიგ. 104, ა-დ).

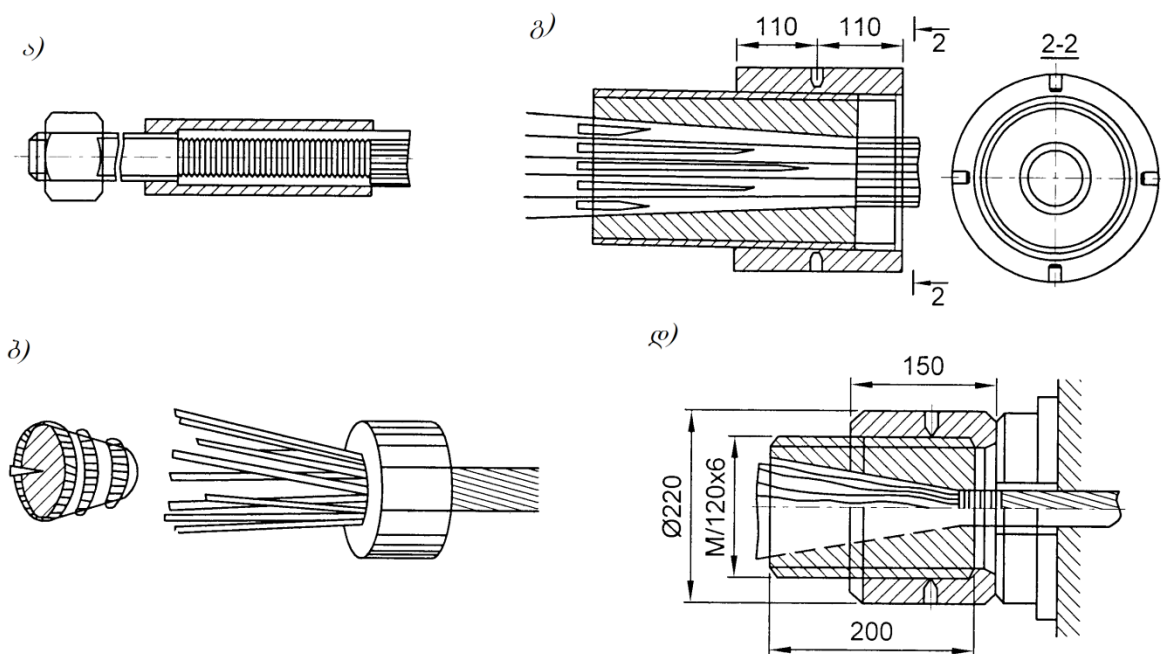
წამწეების დიდი ძაღვისა და საკოჭების შეზღუდული სიგრძეების შემთხვევაში, წამწეების წინასწარ დაძაბული უბნების ქარხნულ პირობებში დამზადებისა და მათი სამონტაჟო ბლოკებად დანაწევრების შემთხვევაში, იქმნება წინასწარ დაძაბული დეროების (საკოჭების ჩათვლით) შეპირაპირების აუცილებლობა სიგრძის გასწვრივ. განასხვავებენ პირაპირის რამდენიმე ვარიანტს იმაზე დამოკიდებულებით, თუ რამდენი საკოჭია პირაპირის ორივე მხარეს და როგორია პირაპირში ერთი წინასწარ დაძაბული ელემენტიდან მეორეზე ძაღვის გადაცემის პრინციპი. ყველაზე გავრცელებულია პირაპირი, რომელშიც შენარჩუნებულია საკოჭის თანადერძულობა, ხოლო ძაღვა გადაეცემა ჩვეულებრივი ფურცლოვანი ზესადებებით (ფიგ. 104, ე). პირაპირი შეიძლება რეკომენდებულ იყოს მასში ძაღვის ცვლილების შემთხვევაში (ფიგ. 104, ვ), აგრეთვე მძლავრი დეროებისათვის პირაპირში დიდი ძაღვების დროს (ფიგ. 104, ზ).

ანკერული მოწყობილობები და დიაფრაგმები უნდა იყოს ხისტი, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს კვანძის არადეფორმადობა საკოჭების შტოებიდან გადაცემული შეყურსული ძაღვის ზემოქმედების შედეგად. საკოჭის დაძაბვის პროცესში, როდესაც წამწეზე არ მოქმედებს საანგარიშო საექსპლუატაციო დატვირთვები, სარტყელში წარმოიქმნება დიდი მკუმშავი ძაღვები და შედეგად, შეიძლება დაკარგოს მდგრადობა. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად მიწის ზედაპირზე აწარმოებენ სამონტაჟო ბლოკების გამსხვილებულ აწყობას ორი დაწვევილებული წამწის სახით, და მხოლოდ ამის შემდეგ ახდენენ საკოჭის დაჭიმვას. ამ მიზეზის გამო, არც თუ იშვიათად, ბრტყელ წამწეებს ცვლიან სამკუთხა განივი კვეთის სივრცითი წამწეებით.



ფიგ. 104. წინასწარ დაბმული წამწის კვანძები

წინასწარ დაძაბული წამწეების მუშაობის საიმედოობის უზრუნველსაყოფად დაძაბულ ღეროს საბრჯენ კვანძში მყარად აანკერებენ. ამ მიზნით, მშენებლობის პრაქტიკაში გამოიყენება სხვადასხვა გადაწყვეტები (ფიგ. 105). შესასრულებლად ყველაზე მარტივია მასრულ-ღეროვანი ანკერი (ფიგ. 105, ა) და ღარისებრი (ვარცლისებრი) ანკერი საცობით (ფიგ. 105, ბ). ასეთ ანკერებს იყენებენ შედარებით დაჭიმვის მცირე საანგარიშო ძალების შემთხვევებში (1500 კნ-დე). დიდი ძალების შემთხვევაში (6000 კნ-დე) იყენებენ ჭიქურ ანკერებს სოლების ჩაჭედვით (ფიგ. 105, გ) ან ადვილდნობადი შენადნობის ჩასხმით (ფიგ. 105, დ).



ფიგ. 105. წინასწარ დაძაბული ღეროების დაანკერების სახეები

წინასწარ დაძაბულ წამწეებს, მთელ სარტყელზე ან ღეროების ჯგუფზე საკოჭებით, ანგარიშობენ როგორც სტატიკურად ურკვევ სისტემებს, რომლებშიც ზედმეტ უცნობებად დებულობენ საკოჭებსა და ზედმეტ ღეროებში ძალებს. კონსტრუქციის გაანგარიშება წარმოებს თანამიმდევრობითი მიახლოების მეთოდით. ცალკეულ ღეროში ადგილობრივი ძაბვის შემთხვევაში, გაჭიმული ხისტი ღეროსა და საკოჭის კვეთები შესაძლებელია განისაზღვროს მასალის საანგარიშო წინააღობის სრული გამოყენების პირობიდან გამომდინარე, ფორმულებით:

$$A_m = \frac{S \left(R_{dh} - \frac{1.8R_y E_{dh}}{E} \right)}{1.8R_y \left(R_{dh} - \frac{R_y E_{dh}}{E} \right)}, \quad (85)$$

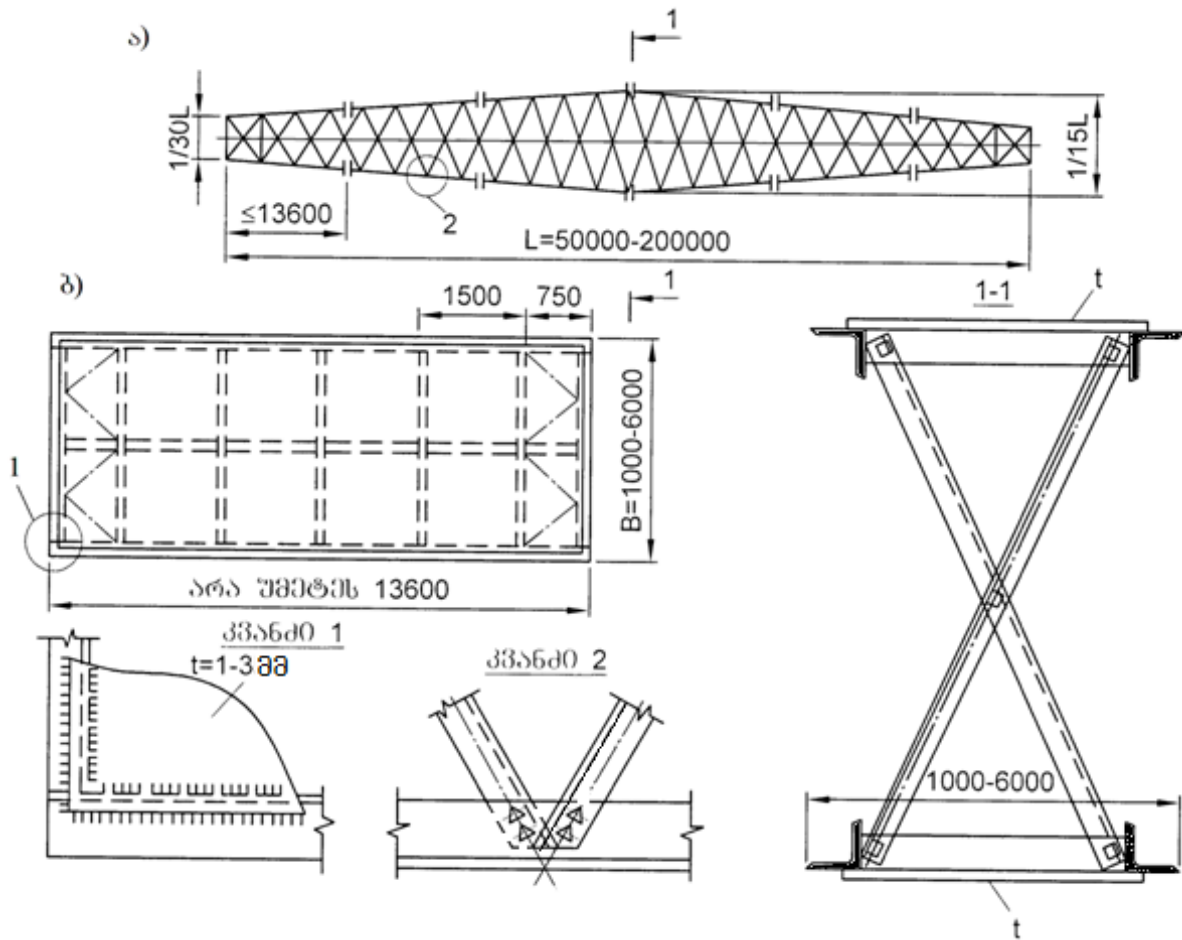
$$A_p = S \left[\frac{1}{R_{dh}} - \frac{1 - \frac{1.8E_{dh}R_y}{ER_{dh}}}{1.8 \left(R_{dh} - \frac{E_{dh}R_y}{E} \right)} \right], \quad (86)$$

სადაც A_m და A_p არის პროფილური ღეროს და საკოჭის ღეროს კვეთების ფართობები; R_y და R_{dh} – პროფილური ღეროს და საკოჭის ღეროს საანგარიშო წინაღობები; E და E_{dh} – პროფილური ღეროს და საკოჭის ღეროს დრეკადობის მოდულები.

ვინაიდან, საკოჭის წინასწარი დაძაბვის პროცესში, პროფილური ღერო განიცდის მკუმშავ ძალებს, მისი ზღვრული მოქნილობა არ უნდა აღემატებოდეს $\lambda=120$ მნიშვნელობას.

სამშენებლო პრაქტიკაში ფართოდ არის გავრცელებული ბლოკური და ბლოკურ-პანელური წინასწარ დაძაბული დიდმალიანი ფოლადისა და ალუმინის კონსტრუქციები (ფიგ. 106). ასეთ კონსტრუქციებში დამძაბავ ელემენტად გამოიყენება თხელკედლიანი $t=1-3$ მმ სისქის ფურცელი, რომელიც ბლოკის სარტყელების ძირითად კვეთთან ერთად მუშაობს კუმშვაზე და გაჭიმვაზე, აგრეთვე ასრულებს შემომფარგლავი ზედაპირის ფუნქციას. თხელკედლიან ფურცელს დაჭიმავენ ნაგლინი ან ნალუნი ელემენტებისაგან შემდგარ ხისტ კარკასზე, რომელიც წარმოადგენს სივრცით ბლოკს და შეიცავს ცალკეული კუთხოვანებისაგან აწყობილ რომბულ გისოსებიან ორ ვერტიკალურ წამწეს.

ბლოკის სიხისტე განივი მიმართულებით მიიღწევა ჯვარედინა დიაფრაგმებით, რომლებიც ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკებით მაგრდება გრძივ სასარტყელე კუთხედებთან მიდულებულ განივ განმბჯენებთან. რომბული გისოსის ელემენტებს სარტყელების კუთხედებთან ამაგრებენ მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით.



ფიგ. 106. დიდმალიანი წინასწარ დაძაბული ბლოკური წამწვე
 თხელფურცლოვანი შემოსვით
 ა - სქემა; ბ - ბლოკ-პანელი

დამზადების შრომატევადობის შემცირების მიზნით დამუშავებულია კონსტრუქციის ბლოკურ-პანელური ვარიანტი, რომელიც ბლოკურისგან იმით განსხვავდება, რომ დიდმალიან კონსტრუქციას ანაწევრებენ პანელებად, რომელთა გაბარიტები არ აღემატება სატრანსპორტო შესაღებლობებს. არაუმეტეს 13.6 x 3 მ ზომის დაძაბული პანელები მიაქვთ სამონტაჟო მოედანზე, სადაც სპეციალური კონდუქტორების გამოყენებით აერთიანებენ მთლიანი საანგარიშო სიგრძის ბლოკებად.

ფოლადის თხელფურცლოვან შემოსვას ამზადებენ 10XНДП მარკის მაღალი სიმტკიცის ან ВСт3кп2 მარკის ნახშირბადიანი ფოლადისაგან, ხოლო ალუმინის ვარიანტში - АМг21/2Н მარკის შენადნობით. შესაძლებელია კომბინირებული ბლოკური კონსტრუქციები, რომლებშიც თხელკედლიანი ფურცლები გაკეთებულია ალუმინისგან, ხოლო კარკასი - ფოლადისგან.

ამის გამო, ალუმინის ვარიანტთან შედარებით, გადახურვის ღირებულება მცირდება 1.5-ჯერ. დასახელებული კონსტრუქციების გამოყენება შესაძლებელს ხდის 10–20%-ით შემცირდეს მზიდი კონსტრუქციის მასა, 1.5-ჯერ შემცირდეს სამშენებლო სიმაღლე მაღალი სიხისტის შენარჩუნებით, უზრუნველყოფილ იქნეს ბურულის შეთავსებული გადაწყვეტა და შემცირდეს მშენებლობის საერთო ღირებულება.

თავი 6. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის კარკასები

6.1. კარკასების საერთო დახასიათება და მათი დაპროექტებისათვის წაყენებული ძირითადი მოთხოვნები

ერთსართულიანი სამრეწველო შენობები განკუთვნილია ტექნოლოგიური პროცესებისათვის, რომელთა განთავსება მრავალსართულიან შენობებში შეუძლებელია ან ეკონომიკურად მიზანშეწონილი არ არის. მათ უმთავრესად მიეკუთვნება მანქანათმშენებლობისა და მეტალურგიული ქარხნების საამქროები, თბოენერგოსადგურების მთავარი კორპუსების შენობები, საავიაციო ანგარები და სხვ. საწარმოო პროცესის ხასიათის, ამწეების არსებობის და ტვირთამწეობის მიხედვით თანამედროვე სამრეწველო შენობებს აქვთ სხვადასხვა მაღლები და სიმაღლეები, და გარე დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად კონსტრუქციულ ელემენტებში წარმოიქმნებიან მნიშვნელოვანი ძალები (ფიგ. 107).

ერთსართულიანი სამრეწველო შენობების ფოლადის კარკასი მოიცავს კონსტრუქციული ელემენტების კომპლექსს (სვეტები, ნივნივური და ნივნივქვეშა წამწეები, ამწისქვეშა კოჭები, გრძივები, ჩალანგარებისა და კავშირების ელემენტები), რომლებიც ერთმანეთთან შეუდლებით ქმნიან სივრცით გეომეტრიულად უცვლელ სისტემას (ფიგ. 108). ეს სისტემა მოიცავს განივ ჩარჩოებს, რომლებიც შედგებიან საძირკველში ხისტად ჩამაგრებული სვეტებისა და სვეტებთან სახსრულად ან ხისტად დაკავშირებული ნივნივური წამწეებისაგან, რომლებიც დებულობენ კარკასზე მოქმედ ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ დატვირთვებს. ჩარჩოვანი კარკასის სიხისტე და მდგრადობა

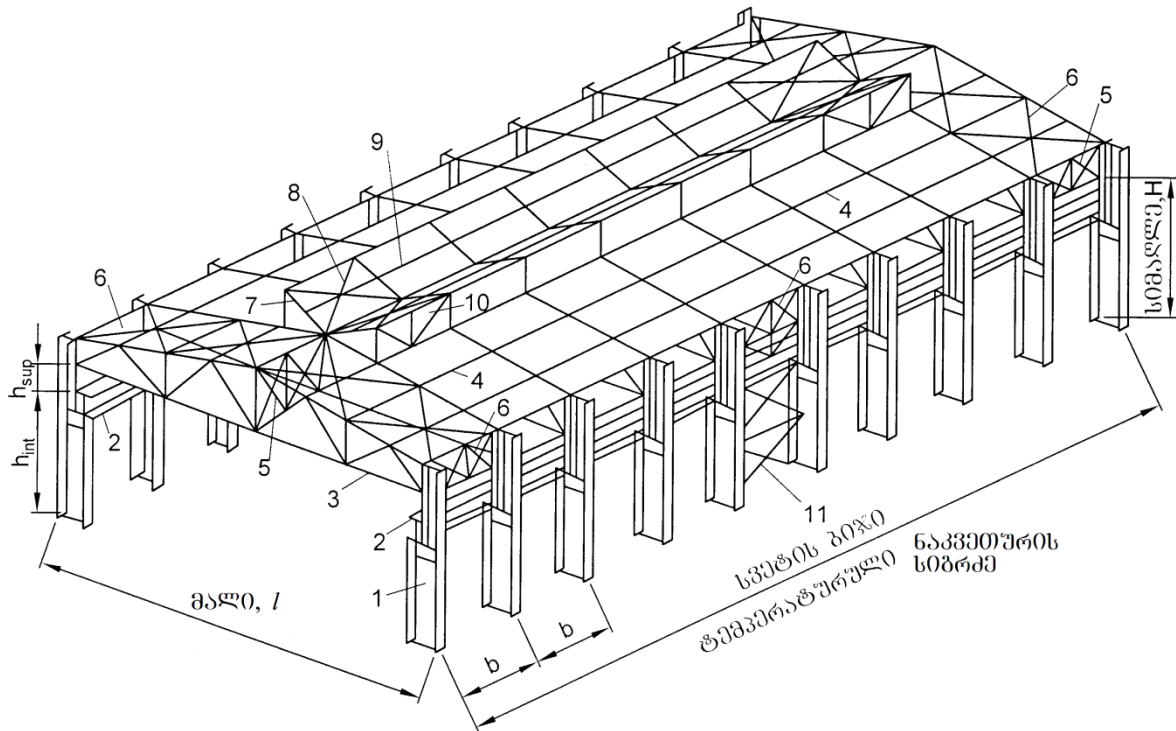
უზრუნველყოფილია ვერტიკალური და ჰორიზონტალური კავშირების მუშაობით, რომლებსაც ამონტაჟებენ სვეტებს შორის და წამწეების (რიგელების) სარტყელების სიბრტყეში, აგრეთვე გადახურვის ხისტი დისკოთი (მსხვილზომიანი ფილების გამოყენების შემთხვევაში).

ჩარჩოს გენერალური მაღი ეწოდება მანძილს სვეტების ამწისზედა ნაწილის ღერძებს შორის განივი მიმართულებით, ხოლო ჩარჩოების ბიჯი – მანძილს ჩარჩოებს შორის შენობის გასწვრივ. ძირითადი სამშენებლო მასალების ეკონომიური ხარჯვის მიხედვით ფოლადის კარკასები გამოიყენება მაღლებში არანაკლებ 24 მ.

სამრეწველო მშენებლობაში ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ზომებისთვის გამოიყენება ერთიანი მოდული $M=600$ მმ. ამ მოდულის შესაბამისად, ერთსართულიანი შენობებისთვის ფოლადის კარკასის მაღლები მიიღება 6 მ-ის ჯერადი – 24, 30, 36 მ და ა.შ. სვეტების ბიჯი განაპირა და შუალედური რიგებისთვის მიიღება 6 ან 12 მ. მრავალმალიან შენობებში, სადაც აუცილებელია დიდი ზომის პროდუქციის მაღიდან მაღში გადაცემა, სვეტების მაღი შიგა რიგებში აგრეთვე 6 მ-ის ჯერადია და შეიძლება გაიზარდოს 18, 24 და მეტ მეტრამდე. ჩარჩოს სიმაღლე H იატაკის დონიდან ნივნივური წამწის ქვედა სარტყელის ღერძამდე უნდა იყოს 1.2 მ-ის ($2M$) ჯერადი 10.8 მ სიმაღლემდე და 1.8 მ-ის ($3M$) ჯერადი 10.8 მ-ზე მეტი სიმაღლის შემთხვევაში.

ერთსართულიანი საწარმოო შენობები შეიძლება იყოს ერთმალიანი და მრავალმალიანი. გამსხვილებული აწეობისა და უწყვეტი ტექნოლოგიური პროცესების მქონე მანქანათმშენებლობის, მეტალურგიული და სხვა წარმოებების სრულყოფისათვის საჭიროა სხვადასხვა საამქროების ერთ ჭერქვეშ ბლოკირება. ბლოკირებული შენობები წარმოადგენს დიდი ფართობის კორპუსებს, რომლებიც მოიცავს სხვადასხვა ტვირთამწეობის ხიდური და კიდული ამწეებით აღჭურვილ სხვადასხვა სიმაღლის გრძივ და განივ მაღებს (ფიგ. 107).

კარკასის მუშაობაზე დიდ გავლენას ახდენს ხიდური ამწეები, რომელთა მუშაობის რეჟიმიც მთლიანობაში განსაზღვრავს საწარმოო კორპუსის მუშაობის რეჟიმს: მსუბუქი, საშუალო, მძიმე და განსაკუთრებით მძიმე. შენობების რეჟიმში გაითვალისწინება კონსტრუქციების დაპროექტირებისა და გაანგარიშების დროს სპეციალური კოეფიციენტებით სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად.



ფიგ. 108. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის ფოლადის კარკასის კონსტრუქციული სქემა

- 1 – სვეტები; 2 – ამწისქვეშა კოჭები; 3 – ნიენიური წამწეები;
- 4 – წამწეების გრძივები; 5 – ვერტიკალური კავშირები ფერმებს შორის;
- 6 – ფერმების ჰორიზონტალური კავშირები; 7 – შექფარნის ჩარჩოები;
- 8 – შექფარნის ჰორიზონტალური კავშირები; 9 – ფარანის გრძივები;
- 10 – შექფარნის ვერტიკალური კავშირები; 11 – სვეტების ვერტიკალური კავშირები

მაღალი ტემპერატურისა და აგრესიული გარემოს შემთხვევაში, საწარმოო შენობების დაპროექტებისას ითვალისწინებენ ფოლადის კონსტრუქციების სპეციალურ დაცვას გადაჭარბებული გახურებისა (კერამიკით და ბეტონით მოპირკეთება, ამრეკლი ეკრანების მოწყობა და სხვ.) და კოროზიისაგან (ზეთის საღებავებით, ბიტუმის ლაქით, ლითონებით დაფარვა და სხვ.). დაბალი ტემპერატურის პირობებში (-40° -დან -65°C -დე) საექსპლუატაციო შენობის კონსტრუქციების გაანგარიშება ხდება დრეკად სტადიაში, მცირდება ტემპერატურული ნაკვეთურების ზომები, კარკასზე ეყენდება დამატებითი კავშირები, გაითვალისწინება ძაბვების კონცენტრაციის შესამცირებელი ღონისძიებები.

ფოლადის კარკასის მონტაჟის დაჩქარებისა და შრომატევადობის შემცირების მიზნით ფართოდ იყენებენ მსხვილი ბლოკებით მონტაჟის

კონვეირულ მეთოდს. ამ მეთოდის ღირსებაა აწყოების პროცესის დანაწევრება მარტივ ოპერაციებად, რომლებიც სრულდება კარგად მოწყობილ ასაწყო სტენდებზე ბლოკების შემდგომი გადაადგილებით ერთი პოსტიდან მეორეზე და აწვევის ზონაში, მოძრავი ურიკა-პლატფორმების საშუალებით.

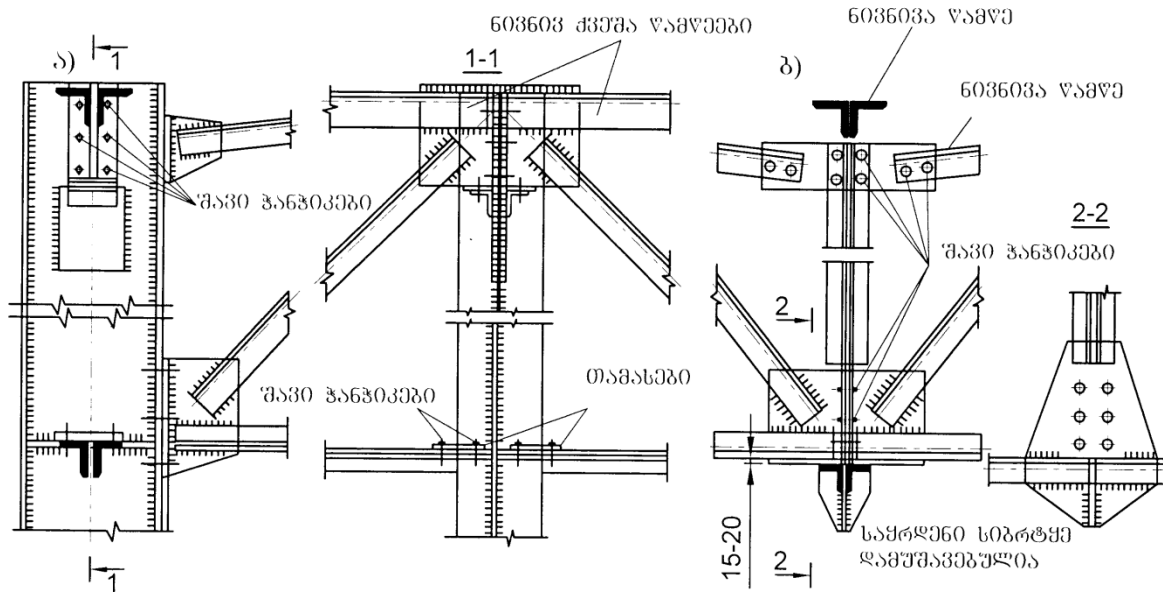
6.2. საწარმოო შენობების კარკასის ელემენტები

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, კარკასების ძირითადი ელემენტებია მთლიანი ან გამჭოლი კვეთის მქონე დგარებითა და რიგელებით შედგენილი განივი ჩარჩოები (ფიგ. 108). მთლიანკვეთიან რიგელებს (კოჭებს) აქვთ ნაკლები სამშენებლო სიმაღლე გამჭოლკვეთთან შედარებით, მარტივია დასამზადებლად და მოსახერხებელია ტრანსპორტირების დროს, მაგრამ საჭიროებენ ლითონის მეტ ხარჯს ვიდრე გამჭოლკვეთიანი რიგელები (ფერმები). ამიტომ კარკასულ საწარმოო შენობებში რიგელის ძირითად ტიპებად მიღებულია პარალელურ სარტყელებიანი, ტრაპეციისებრი ან სეგმენტური ნივნივური წამწები (იხ. პ. 5.2). 20 ტ-ზე მეტი ტვირთამწობის ხიდური ამწეების შემთხვევაში იყენებენ მთლიანკვეთიან საფეხუროვან სვეტებს, ან გამჭოლ სვეტებს, რომლებიც შედგება ერთობლივად მომუშავე გარე და ამწისქვეშა შტოებისაგან (იხ. პ. 4.2).

უპირატესად გამოიყენება შერეული ტიპის სვეტები, რომლებშიც ამწისზედა ნაწილი კეთდება მთლიანკედლიანი, ნაგლინი ან შენადული ორტესების სახით, ხოლო ამწისქვედა – გამჭოლი, თამასებით ან ირიბნული გისოსით დაკავშირებული ნაგლინი პროფილის ორი შტოს სახით. 125 ტ და მეტი ტვირთამწობის მძიმე ხიდურ ამწეებთან შენობებში ითვალისწინებენ განცალკევებული ტიპის სვეტებს, რომლებიც შედგება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად მომუშავე გარე და ამწისქვეშა შტოებისაგან. განივი მიმართულებით შენობის სიხისტის გასაზრდელად ნივნივურ წამწეს ხისტად აერთებენ სვეტზე. ასეთი გადაწყვეტა მიიღწევა ნივნივური წამწის მიერთებით სვეტის გარე შტოსთან გვერდიდან (ფიგ. 109, ა). წამწის სარტყელების სვეტებთან შეუღლება ხორციელდება შავი ჭანჭიკებით.

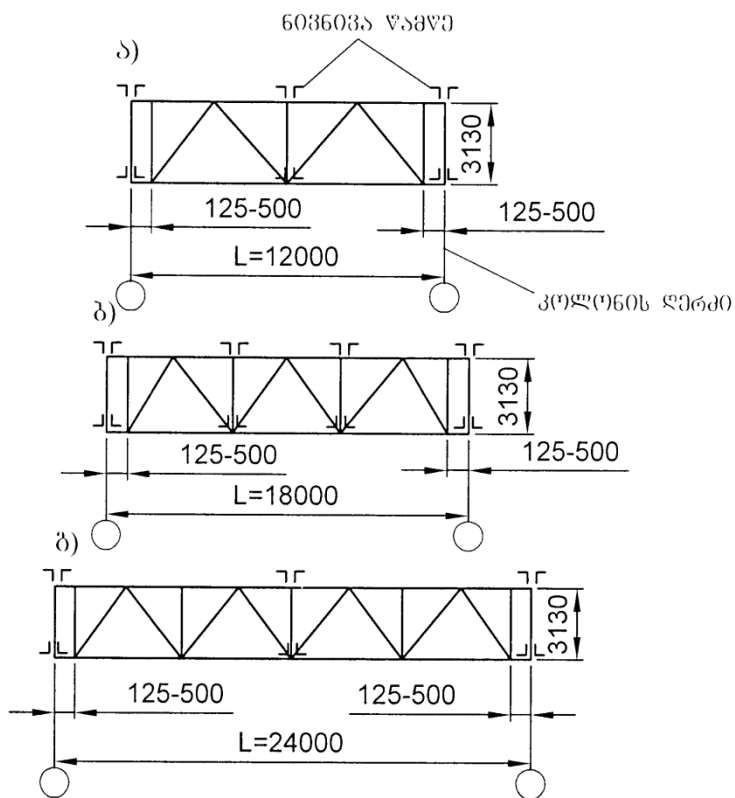
მრავალმალიანი შენობის შუა რიგების ბიჯის 12–24 მ-მდე გაზრდის შემთხვევაში ნივნივური წამწები სვეტებს შორის შუალედში ეყრდნობა ნივნივქვეშა წამწებზე (ფიგ. 109, ბ). როგორც წესი, ნივნივქვეშა წამწები

წარმოადგენს პარალელურ სარტყელებიან წამწეებს (ფიგ. 110), რომლებიც სვეტების ამწისქვეშა ნაწილთან აგრეთვე შეუღლებული არიან შავი ჭანჭიკებით (ფიგ. 115, ა).



ფიგ. 109. ფერმის სვეტთან შეერთების კვანძები

ა – ნივნივური და ნივნივქვეშა წამწეების სვეტთან შეერთება; ბ – ნივნივური წამწის ნივნივქვეშასთან შეერთება

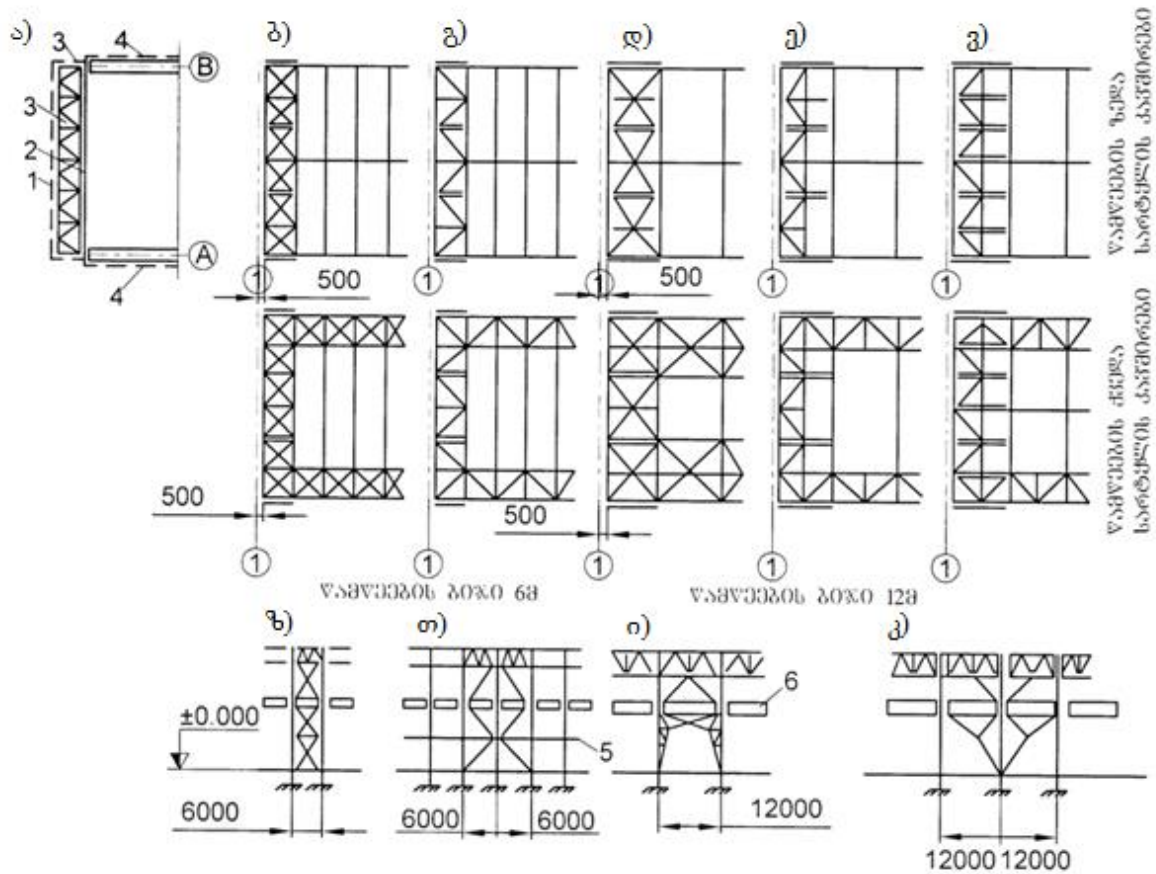


ფიგ. 110. ნივნივქვეშა წამწეების უნიფიცირებული ტიპური სქემები

ამწისქვეშა კონსტრუქციების ძირითადი მზიდი ელემენტებია – მთლიანი ან გამჭოლი განივკვეთის მქონე ამწისქვეშა კოჭები. მლიანკედლიანი მზადდება ნაგლინი ორტესებრისაგან, კუთხედებით ან ბრტყელი ფურცლებით გაძლიერებული ზედა სარტყელით. მათ იყენებენ სვეტების 6 მ ბიჯის და 20 ტ-მდე ტვირთამწეობის ამწეების შემთხვევაში. უფრო მეტი ტვირთამწეობის შემთხვევაში, ამწისქვეშა კოჭებს აკეთებენ ორტესებრი განივკვეთისას სამი შედუღებული ფურცლისაგან. მთლიანკედლიანი ამწისქვეშა კოჭები შეიძლება იყოს ჭრადი და უჭრი. უჭრი კოჭების დამონტაჟება შრომატევადია, მაგრამ უფრო ხისტია და 10–13 %-ით მსუბუქია ჭრადზე.

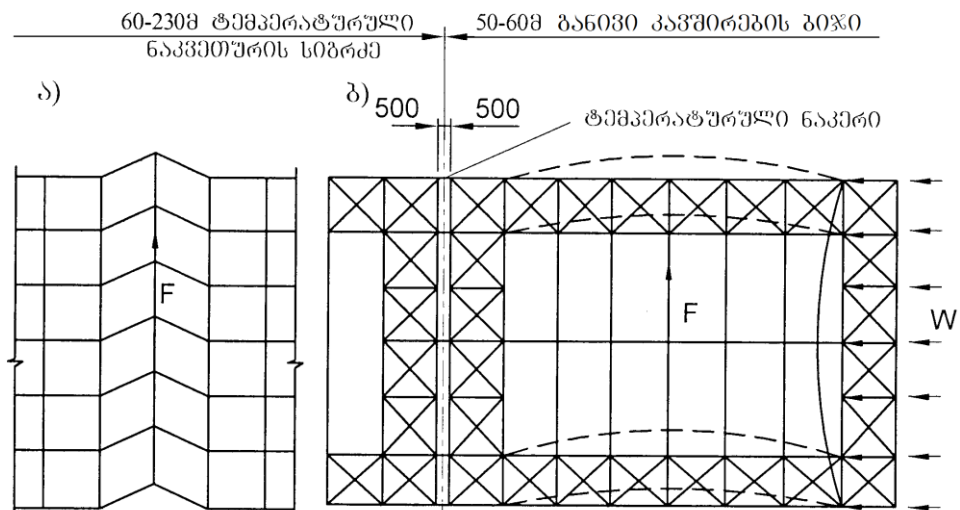
გისოსოვანი ამწისქვეშა კოჭების გამოყენება მიზანშეწონილია სვეტების 12 მ და მეტი ბიჯის, 75 ტ-მდე ტვირთამწეობის მსუბუქ და საშუალო რეჟიმზე მომუშავე ამწეების შემთხვევაში. ამ შემთხვევაში, მთლიანკედლიანთან შედარებით, ფოლადის ეკონომია შეადგენს 15-20 %. დიდი მალეებისა და მძიმე ხიდური ამწეების შემთხვევაში, სიხისტის გასაზრდელად, ამწისქვეშა კოჭს აერთიანებენ ნივნივქვეშა წამწესთან, შედეგად მიიღება კომბინირებული კონსტრუქცია, რომელსაც ეწოდება ამწისქვეშა–ნივნივქვეშა წამწე. ამწისქვეშა კოჭები ეყრდნობა სვეტების ამწისქვეშა შტოებზე საყრდენი ტორსული წიბოებით და მაგრდება ჭანჭიკებით, ხოლო გარე შტოსთან – მისამაგრებელი თამასებით (იხ. ფიგ. 52 და 63). კარკასის კონსტრუქციული სქემის გაერთმთლიანება მოიცავს კავშირების სისტემის მოწყობას სვეტებზე და წამწებზე. წამწის ზედა და ქვედა სარტყელებზე ამონტაჟებენ ჰორიზონტალურ კავშირებს, ხოლო წამწეებს შორის – ვერტიკალურ კავშირებს (ფიგ. 111).

ზედა სარტყელებზე ჰორიზონტალურ კავშირებს ამონტაჟებენ განივი მიმართულებით, რითაც უზრუნველყოფენ წამწეების ზედა სარტყელის შეკუმშული ელემენტების მდგრადობას ვერტიკალური დატვირთვებისაგან (იხ. თვ. 5). უგრძივო სისტემაში ზედა სარტყელებში კავშირების ფუნქციას ასრულებს რკინაბეტონის ფილები, რომლებსაც ზედა სარტყელთან ამაგრებენ შედუღებით, ხოლო კავშირებს აწყობენ მხოლოდ ტემპერატურული ნაკვეთურების ნაპირებში მონტაჟის დროს. ჰორიზონტალურ კავშირებს წამწეების ქვედა სარტყელებში აწყობენ როგორც განივი ასევე გრძივი მიმართულებით. ქვედა სარტყელებში განივ კავშირებს, როგორც წესი, აწყობენ შენობებისა და ტემპერატურული ნაკვეთურის ტორსებში, რაც აუცილებელია შენობის ტორსზე მოქმედი ქარის დატვირთვისაგან დასაცავად (ფიგ. 112, ბ).



ფიგ. 11. კავშირების სისტემის სქემები

ა-გ – გადახურვაზე, სვეტების ბიჯით 6 მ; დ-გ – გადახურვაზე, სვეტების ბიჯით 12 მ;
ზ-კ – სვეტებს შორის



ფიგ. 112. კარკასის განივი დეფორმაცია ამწის ადგილობრივი დატვირთვისაგან
ა – წამწების ქვედა სარტყელების პორიზონტალური კავშირების გარეშე;
ბ – იგივე, პორიზონტალური კავშირებით

ქვედა სარტყელებზე გრძივი კავშირები უმთავრესად გამოიყენება მთელი გადახურვის სივრცით მუშაობაში ჩართვის მიზნით ამწეების ადგილობრივი (ფიგ. 112, ა) ან სხვა დატვირთვების მოქმედების დროს. ქვედა სარტყელებში კავშირებს ძირითადად იყენებენ მუშაობის მძიმე რეჟიმთან შენობებში.

წამწეებს შორის ვერტიკალურ კავშირებს აწეობენ წამწეების საყრდენ დგარებს შორის და წამწეებს შორის შუალედში ბიჯით არა ნაკლები 12 მ. მათი ძირითადი დანიშნულებაა – ხისტი უცვლელი სივრცითი ბლოკის შექმნა, რომელიც შედგება ორი ნივნივური წამწისა და ზედა და ქვედა სარტყელების განივი კავშირებისაგან.

მსუბუქი და საშუალო მუშაობის რეჟიმთან შენობებში კავშირებს ამზადებენ ცალკეული კუთხედებისა და მილებისაგან, რომლებიც ნივნივური წამწეების კვანძებთან მიემარება ჭანჭიკებით, ხოლო მძიმე რეჟიმის შენობებში – მილებისა და შეველერებისაგან შედუღებით. ორი წამწისა და კავშირების სისტემით წარმოქმნილ ხისტ ბლოკებთან დანარჩენ წამწეებს აერთებენ განმბჯენებით ან გრძივებით ზედა სარტყელებში, ხოლო მუშაობის მძიმე რეჟიმის შენობებში – ქვედა სარტყელებშიც, მათი ვიბრაციის თავიდან ასაცილებლად (ფიგ. 111). კავშირის ელემენტებში კუმშვის ძალების თავიდან ასაცილებლად მას აპროექტებენ ჯვრისებრი ფორმით.

გაჭიმვაზე და კუმშვაზე მომუშავე, სამკუთხა გისოსიანი კავშირების მქონე წამწეებში ლითონის ხარჯი მეტია ჯვარედინ გისოსიან წამწეებთან შედარებით, მაგრამ მათი დამზადება და მონტაჟი უფრო იოლია, რაც განაპირობებს მათი გამოყენების უპირატესობას.

გადახურვის კავშირების გარდა, კარკასის სვეტებს შორის ეწყობა ვერტიკალური კავშირები გრძივი მიმართულებით (ფიგ. 111, ზ, კ), რაც უზრუნველყოფს შენობის კარკასის სიხისტესა და უცვლელობას გრძივი მიმართულებით: გრძივი მიმართულების ქარის ზემოქმედებისაგან; ხიდური ამწეების ზემოქმედებისაგან გამოწვეულ გრძივი სამუხრუჭო ძალებისაგან; აგრეთვე, ზრდის სვეტების მდგრადობას მართობ სიბრტყეში. უმარტივესი კონსტრუქციაა ჯვარედინი ან ირიბნული კავშირის სისტემები (ფიგ. 111, ზ, თ). შუა რიგებში თავისუფალი გასასვლელისთვის ეწყობა პორტალური ან ნახევრად პორტალური კავშირების სისტემები (ფიგ. 111, ი, კ).

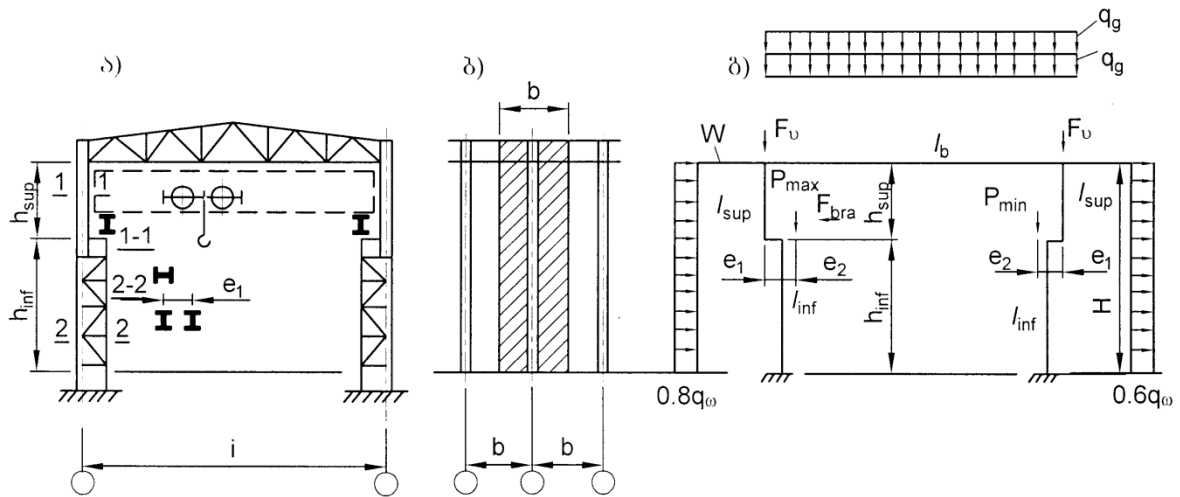
ჰორიზონტალურ დატვირთვას და გადასცემს მას კარკასის ტორსულ ჩარჩოს. ტორსული ჩალანგარის ტრადიციული გადაწყვეტა ნაჩვენებია ფიგ. 113, ა. ძირითად ვერტიკალურ დგარებს აყენებენ 6 ან 12 მ ინტერვალით, აყრდნობენ განივი კავშირის წამწეზე ნივნივური წამწის დონეზე (ფიგ. 113, დ) და სახსრულად საძირკველზე. განივი ჩარჩოს სიმაღლის მიხედვით ძირითადი დგარები შეიძლება იყოს მთლიანკედლიანი ($H \leq 18$ მ) ან გამჭოლი გისოსოვანი წამწეების სახით ($H > 18$ მ). რიგელები, განმზღვენები და შუალედური დგარები, როგორც წესი, კეთდება ნალუნი შველერების ან ნაგლინი ორტესებრებისაგან.

განივი ჩარჩოს დიდი მალისა და სიმაღლის შემთხვევაში, ტორსული ჩალანგარი შეიძლება შესრულდეს მთელ პერიმეტრზე დაყრდნობილი ჯვარედინა-დეროვანი სივრცითი კონსტრუქციის სახით (ფიგ. 113, ვ). ასეთი გადაწყვეტის ღირსებებია: სარტყელების დერძებში ჩალანგარის სამშენებლო სიმაღლის შემცირება 2-ჯერ, ფოლადის ხარჯის შემცირება 2-3-ჯერ და გარე ხედის მნიშვნელოვანი გაუმჯობესობა. გრძივი ჩალანგარი (ფიგ. 113, ბ, გ) ტორსული ჩალანგარის ტრადიციული გადაწყვეტის ანალოგიურია.

6.3. ბანივი ჩარჩოს ბანგარიშება. საერთო ცნებები

სტატიკური თვალსაზრისით ერთმალისანი განივი ჩარჩო შესაძლებელია იყოს ორი ტიპის: ორსახსრიანი (სახსრებით რიგელის სვეტებთან შეუღლების კვანძებსა და საყრდენებზე) და უსახსრო. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობებისთვის ყველაზე გავრცელებულია უსახსრო ტიპის ჩარჩო. იგი სამჯერ სტატიკურად ურკვევია, ამიტომ მისი გაანგარიშება შეიძლება განხორციელდეს გადაადგილებების ან ძალების მეთოდით.

სტატიკური გაანგარიშებისთვის კონსტრუქციული სქემის მიხედვით აღგენენ საანგარიშო სქემას და საანგარიშო ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ დატვირთვებს ერთი ჩარჩოს სატვირთო ფართობისა და ხილური ამწეების ზემოქმედების გათვალისწინებით (ფიგ. 114). ჩარჩოს ელემენტებში ძალები განისაზღვრება ცალცალკე ყოველი დატვირთვისათვის, შემდეგ მათი კომბინაციის გზით განისაზღვრება ყველაზე არახელსაყრელი შეხამება, რომელსაც იღებენ საანგარიშოდ.



ფიგ. 114. ერთმალიანი ჩარჩოს გაანგარიშებისათვის

- ა – კონსტრუქციული სქემა; ბ – საანგარიშო ბლოკის სიგანე;
 გ – საანგარიშო სქემა

სტატიკური გაანგარიშებისთვის აუცილებელია ჩარჩოს ელემენტების კვეთების ინერციის მომენტების თანაფარდობები. ერთგვაროვანი ფოლადის გამოყენების შემთხვევაში, ეს თანაფარდობები მიახლოებით შეიძლება მიღებულ იქნას:

ერთმალიანი ჩარჩოებისთვის

$$J_{inf}/J_{sup} = 7 - 10, \quad J_b/J_{sup} = 20 - 40,$$

მრავალმალიანებისთვის

$$J_{inf,i}/J_{inf,e} = 1 - 4,$$

სადაც J_{inf} არის ერთმალიან შენობაში სვეტის ამწისქვეშა ნაწილის კვეთის ინერციის მომენტი; $J_{inf,i}$ – იგივე, გარე რიგის სვეტებისათვის; J_{sup} – ერთმალიან შენობაში სვეტის ამწისზედა ნაწილის კვეთის ინერციის მომენტი; $J_{inf,e}$ – იგივე, შუა რიგის სვეტებისათვის; J_b – ნივნიური წამწის განივი კვეთის ინერციის მომენტი.

იმის გათვალისწინებით, რომ ინერციის მომენტების ფარდობის ცვლილება 30 %-ს საზღვრებში მცირედ აისახება საანგარიშო მომენტების მნიშვნელობებზე, შეიძლება, კონსტრუქციული მოსაზრებებით, წამწის კვეთის დანიშნული ინერციის მომენტის (იხ. პ. 6.3) მეშვეობით განისაზღვროს ჩარჩოს დანარჩენი ელემენტების ინერციის მომენტები.

ჩარჩოებიანი კარკასების გაანგარიშების თანამედროვე ტენდენცია, ადგილობრივი და ამწეების დატვირთვების მოქმედებისას, ითვალისწინებს მთლიანი კონსტრუქციის სივრცით მუშაობას, ანუ ყველა განივი ჩარჩოსა და კავშირების სისტემის ერთობლივ მუშაობას ერთ სივრცობრივ ბლოკში. ჩარჩოვანი კარკასის ასეთი გაანგარიშება იძლევა ლითონის ხარჯის მნიშვნელოვან ეკონომიას, განსაკუთრებით ამწეების შეყურსული დატვირთვების შემოქმედების დროს. შენობებში, რომლებშიც რიგელები სვეტებთან სახსრულადაა შეუღლებული, ნივნივურ წამწეს (რიგელს) ანგარიშობენ, როგორც ორ საყრდენზე დაყრდნობილ ჩვეულებრივ წამწეს ან, როგორც მრავალმალიან უჭრ (გაუჭრელ) წამწეს. სვეტებს ანგარიშობენ, როგორც საძირკველში ჩამაგრებულ, არაცენტრალურად შეკუმშულ დეროებს (იხ. პ. 1.10).

თავი 7. მრავალსართულიანი შენობის კარკასი

7.1. კონსტრუქციული სქემები.

სვეტების და კოჭების განივკვეთის ტიპები

გაზრდილი სართულიანობის (16–30 სართული) და მაღლივ შენობებში (30 სართულზე მეტი) ფოლადის კონსტრუქციების გამოყენება აიხსნება უპირატესობებით, რომლებიც გააჩნია ფოლადს, როგორც კონსტრუქციულ მასალას: მინიმალური განივი კვეთის მქონე სვეტების დიდი ბიჯით დაპროექტების შესაძლებლობა; მცირე საკუთარი მასის მქონე კარკასის მაღალი მზიდუნარიანობა; დაგეგმარების მაქსიმალური მოქნილობა შენობის მოცულობის გამოყენების მაღალი კოეფიციენტით; მშენებლობის ინდუსტრიალიზაცია სრული ქარხნული დამზადების ელემენტებისგან, რაც ამცირებს მშენებლობის ვადებს; მონტაჟის დროს სველი პროცესების თავიდან აცილება; შენობის დემონტაჟის შესაძლებლობა ექსპლუატაციის ვადის დასრულების შემდეგ.

კარკასის ელემენტებია: სვეტები, გადახურვის კოჭები (რიგელები), სიხისტის ვერტიკალური კავშირები და გადახურვის ჰორიზონტალური დისკოები გადახურვის ფილის ჩათვლით. მაღლივი და გაზრდილი სართულიანობის შენობის კარკასი იღებს და საძირკველს გადასცემს ყველა ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ დატვირთვას. შენობის სიმაღლის

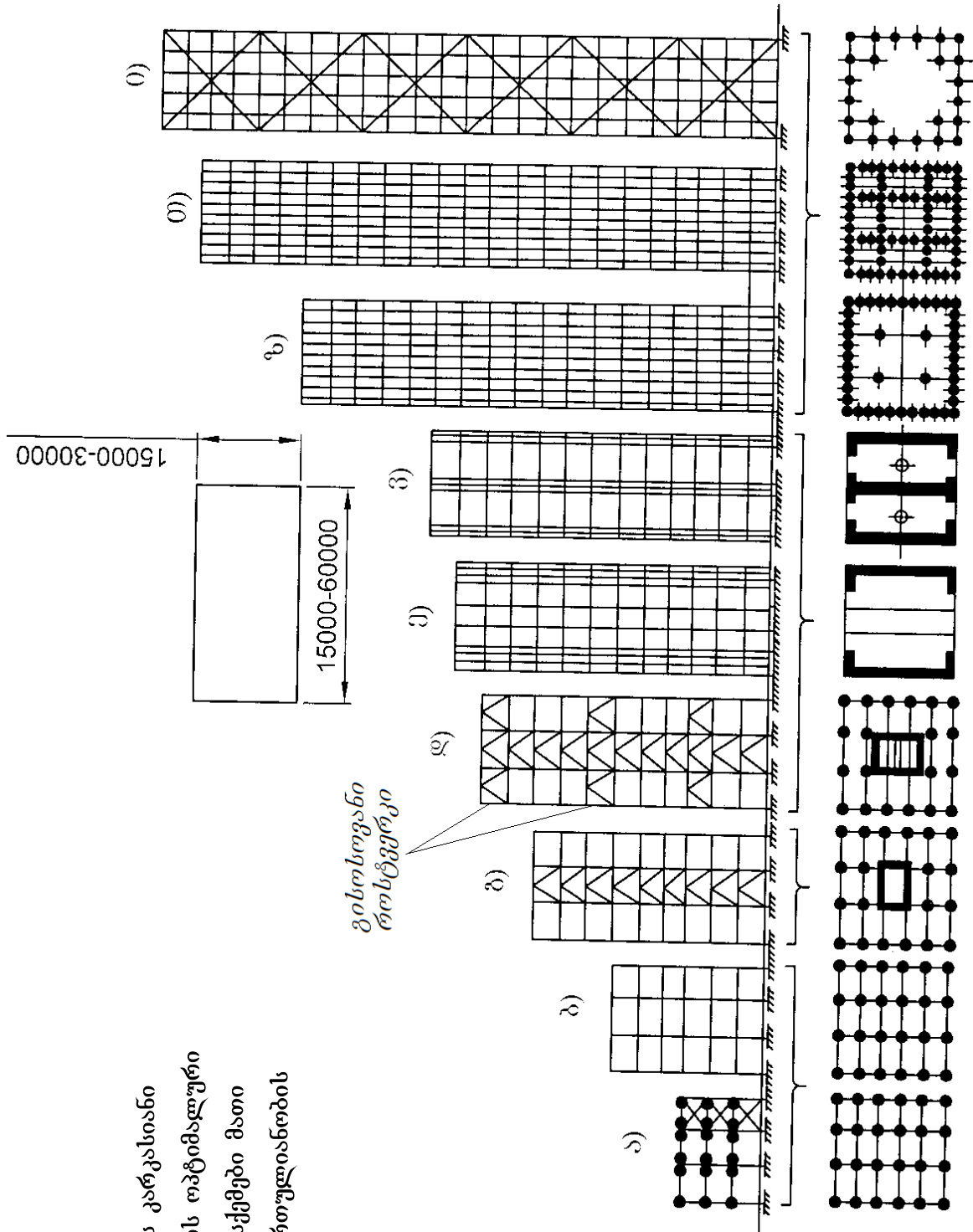
გაზრდისას ყველაზე სახიფათო ზემოქმედებად ითვლება ქარის ჰორიზონტალური დატვირთვა, ამიტომ მრავალსართულიანი შენობის კარკასის თანამედროვე კლასიფიკაცია დაკავშირებულია ჰორიზონტალური დატვირთვების აღქმის ხერხთან (ფიგ. 115).

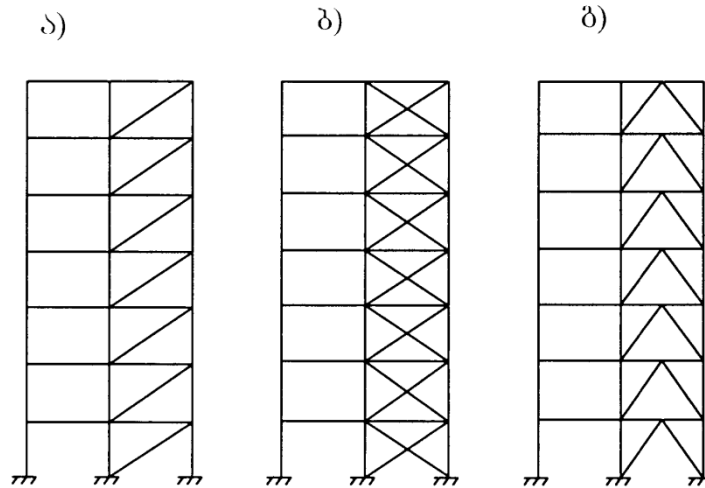
20 სართულამდე შენობებში დიდი გავრცელება პოვა დამყოლი საკვანძო შეერთებების მქონე კავშირებიანმა სქემამ (ფიგ. 115, ა). სხვა სქემებთან შედარებით მას გააჩნია რიგი უპირატესობებისა, რომელთა შორის მთავარია კოჭების სვეტებთან შეუღლების სიმარტივე და აგების ნაკლები შრომატევადობა. ჰორიზონტალურ სიხისტეს უზრუნველყოფს ვერტიკალური კავშირები, რომლებსაც, როგორც წესი, აყენებენ ჩარჩოების ყველა განივ და გრძივ სიბრტყეებში. ვერტიკალური კავშირები კეთდება ირიბნული, ნახევრად ირიბნული და ჯვარედინი გისოსების სახით, რომლებიც განლაგებულია ჩარჩოს ერთ მალში მთელ სიმაღლეზე (ფიგ. 116). უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ნახევრად ირიბნულ სქემას, რომელსაც კავშირების ელემენტების ნაკლები სიგრძე აქვს, ამავე დროს მცირდება მთავარი კოჭების მალი და შედეგად მასალის ხარჯიც.

სართულიანობის 30–50 სართულამდე გაზრდის შემთხვევაში იყენებენ ჩარჩოვან (როდესაც ექსპლუატაციის პირობებით კარკასში შეუძლებელია კავშირების განლაგება) და კომბინირებულ ჩარჩო-კავშირებიან სქემებს (იხ. ფიგ. 115, ბ, გ). ჰორიზონტალური სიხისტის გასაზრდელად კავშირებიანი მალეების ბეტონით შევსებით იქმნება სიხისტის დიაფრაგმები ან ეწყობა კოლოფისებრი რკინაბეტონის ბირთვი, რომელიც აგრეთვე გამოიყენება ვერტიკალურ საკომუნიკაციო შახტად. ასეთ სქემებში სიხისტის შემდგომი გაზრდა მიიღწევა სიმაღლეზე ორ ან მეტ იარუსში გისოსოვანი ხისტი როსტვერკის მოწყობით (იხ. ფიგ. 115, დ).

60-ზე მეტ სართულიან შენობებში გამოიყენება უკარკასო სქემები განივი მზიდი კედლებით, რომლებიც ასრულებს სიხისტის დიაფრაგმების როლს (იხ. ფიგ. 115, ე, ვ). ჰორიზონტალური დატვირთვების მოქმედების დროს, განივი კედლების ერთობლივი მუშაობის უზრუნველყოფა ხორციელდება გადახურვის დისკებით, კედლების შევსებით და, გარე და შიგა კედლების სიბრტყეში მდებარე ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კავშირების სისტემით. ასეთ სქემებში გამოიყენება ხისტად დაარმირებული (ნაგლინი პროფილებისგან) მონოლითური რკინაბეტონის კედლები.

ფიგ. 115. ფოლადის კარკასიანი
 მაღლივი შენობების ოპტიმალური
 კონსტრუქციული სქემები მათი
 სიმაღლისა და სართულიანობის
 მიხედვით





ფიგ. 116. ვერტიკალური კავშირის წამწების გისოსის ტიპები

ა – ირიბნული; ბ – ჯვარედინი; გ – ნახევრად ირიბნული;

მაღლივი შენობების შესამსუბუქებლად და სიხისტის ასამაღლებლად გამოიყენება კოლოფისებრი სქემები შიგა კარკასით და კოლოფისებრი მრავალსექციანი სქემები (იხ. ფიგ. 115 ზ, თ).

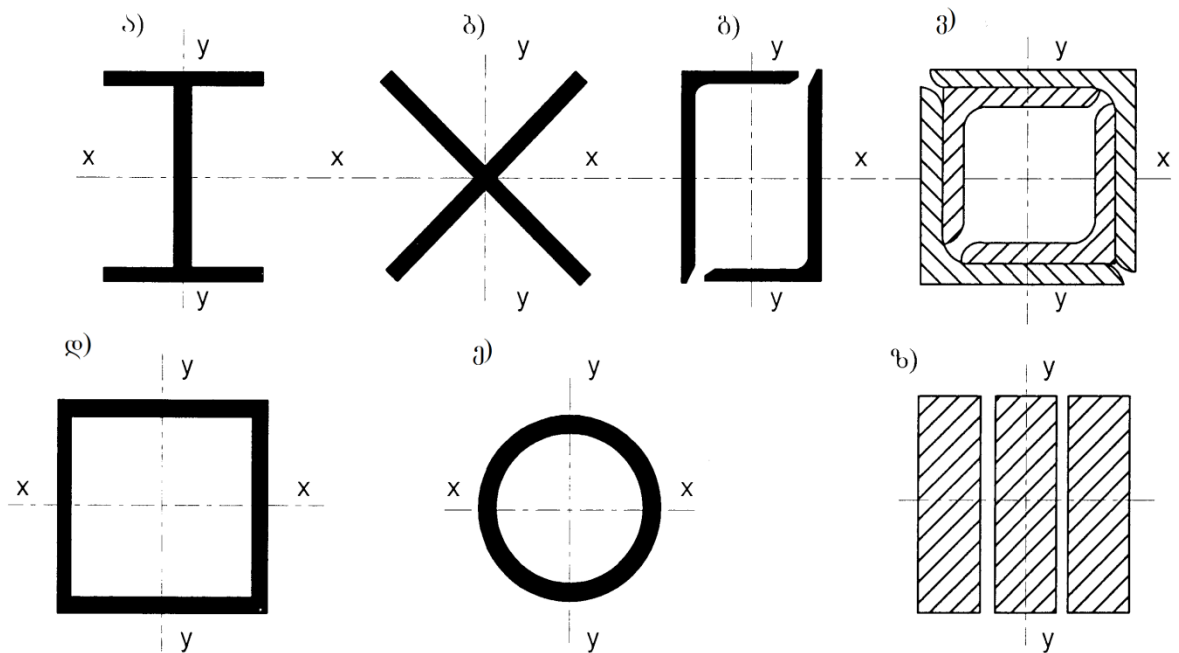
ამ კონსტრუქციული სქემების თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ ჰორიზონტალურ დატვირთვებს იღებს გარე კედლების კოლოფის განვითარებული განივი კვეთი, ხოლო ვერტიკალურებს – კარკასის შიგა ელემენტები, რის გამოც კოლოფისებრი სქემები ხასიათდებიან ჰორიზონტალური ზემოქმედებების მიმართ გაზრდილი გამძლეობით.

მზიდი განივ კედლებიანი სქემებისაგან განსხვავებით, კოლოფისებრი სისტემებში კედელი გადაწყვეტილია, როგორც უირიბნო ტიპის სისტემა სივრცითი გისოსოვანი სახის. ეს იძლევა შენობის მთელი პერიმეტრის შემინვის საშუალებას. უდიდესი ჰორიზონტალური სიხისტით გამოირჩევა გარეთა შემომფარგლავ სიბრტყეში მდებარე კოლოფისებრი სისტემა სივრცითი ირიბნული გისოსით (იხ. ფიგ. 115, ი).

სვეტების განივი კვეთების გავრცელებული ტიპებია: ორტესებრი, მართკუთხა და კვადრატული კოლოფისებრი პროფილები, ჯვარედინი, მილისებრი, აგრეთვე კუთხედების და სქელფურცლოვანი ფოლადისაგან შედგენილი პროფილები (ფიგ. 117). ფართო გამოყენება აქვთ ორტესებრი კვეთებს, რომლებიც გამოირჩევა კარკასის მონტაჟის მინიმალური შრომატევადობით (ფიგ. 117, ა).

მართკუთხა კვეთები ხშირად გამოიყენება კოლოფისებრ სქემებში მზიდი გისოსოვანი კედლებისათვის, ამასთან კვეთების გაბარიტები კედლის სიბრტყეში 30–150 სმ-ია, ხოლო კედლის მართობულ სიბრტყეში – 20–60 სმ. კარკასის შიგა სვეტებისათვის, რომლებთანაც განლაგებულია ტიხრები, მოსახერხებელია ჯვარედინი კვეთები, რომლებიც ტიხარში სვეტის დამალვის საშუალებას იძლევა (ფიგ. 117, ბ).

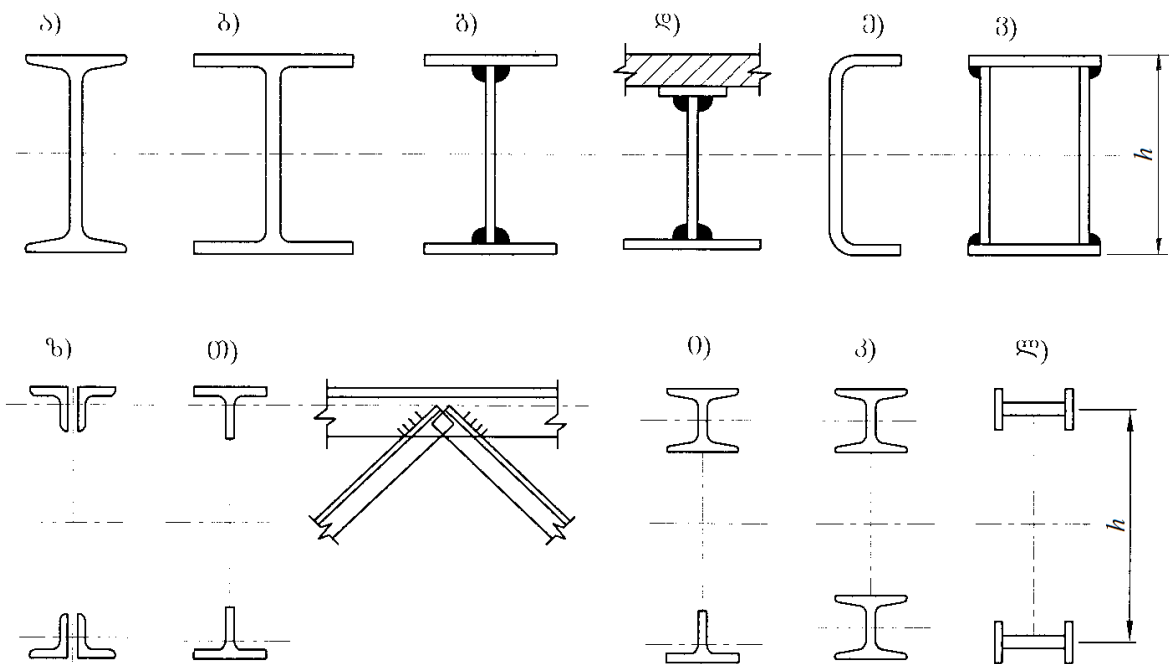
მაღლივი შენობებისთვის აგრეთვე გამოიყენება კომბინირებული პროფილები (ფიგ. 117, ვ, ზ), რომლებიც უზრუნველყოფენ კვეთის მაქსიმალურ მზიდუნარიანობას მინიმალური გაბარიტული ზომებით. კოჭებისათვის უმთავრესად გამოიყენება სიმაღლეში განვითარებული ორტესებრი, შეგლერისებრი და კოლოფისებრი კვეთები (ფიგ. 118). ფოლადის ეკონომიის მიზნით, ორტესებრი კვეთის შედგენილი შენადული კოჭები შეიძლება იყოს მღუნავი მომენტის ეპიურის ცვლილების შესაბამისი ცვლადი სიმაღლის. კოჭები ქმნის კოჭოვან უჯრედს, რომლის დაპროექტების საფუძვლები მოცემულია მე-3 თავში.



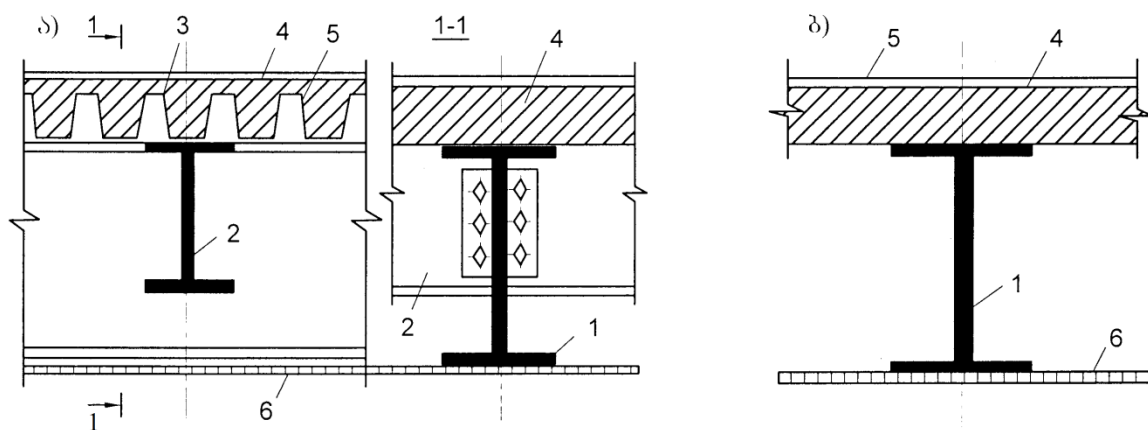
ფიგ. 117. სვეტის განივკვეთის ტიპები

- ა – ორტესებრი; ბ – ჯვრისებრი; გ – მართკუთხა; დ – კვადრატული;
- ე – მილისებრი; ვ – კუთხედებით კომბინირებული;
- ზ – სქელფურცლოვანი ფოლადით კომბინირებული;

სართულშუა გადახურვის სამშენებლო სიმაღლე ეკონომიკური მოსაზრებით იზღუდება 350–400 მმ-ით. ამიტომ მთავარი კოჭების სიმაღლეს იღებენ ოპტიმალურ მნიშვნელობაზე ნაკლებს, გამომდინარე ფარდობიდან $h/l=1/10-1/18$. კოლოფისებრი სქემის მაღლივ შენობებში, დიდი მალის გამო, სართულშუა გადახურვის მზიდი კონსტრუქცია შეიძლება გაკეთდეს ჯვარედინი კოჭებით ან წამწევებით (იხ. ფიგ. 196, 209), რომლებიც შენობის გეგმის ფორმიდან გამომდინარე მუშაობენ ორი და მეტი მიმართულებით.



ფიგ. 118. კოჭების (ა-გ) და წამწევების (ზ-ლ) განივკვეთების ტიპები



ფიგ. 119. სართულშუა გადახურვის ძირითადი სისტემები

ა – ფოლადის მზიდი დაპროფილებული ფენილით; ბ – იგივე, რკინაბეტონის ფენილით;
 1 – მთავარი კოჭი; 2 – დამხმარე კოჭი; 3 – ფოლადის დაპროფილებული ფენილი;
 4 – ბეტონის ფილა; 5 – იატაკის კონსტრუქცია; 6 – კიდული ჭერის კონსტრუქცია

კავშირებიან, ჩარჩოვან და ჩარჩო-კავშირებიან კარკასებში გარე კედლებს აკეთებენ მსუბუქი ბეტონის ერთშრიანი კიდული პანელების სახით ან მრავალშრიანს, რომლის გარე და შიგა ფენები დამზადებულია დაპროფილირებული ფოლადის ან ალუმინის შენადნობისაგან, ხოლო შუა ფენა მსუბუქი ეფექტური მათბუნებლისაგან. კოლოფისებრ სისტემებში კედლებს აპროექტებენ მზიდი გისოსოვანი სახით, რომლებიც შედგება ორტესებრი ან კოლოფისებრი კვეთის სვეტებისა და კოჭებისაგან. ასეთ კედლებში სვეტების ბიჯი არ აღემატება 3 მ-ს.

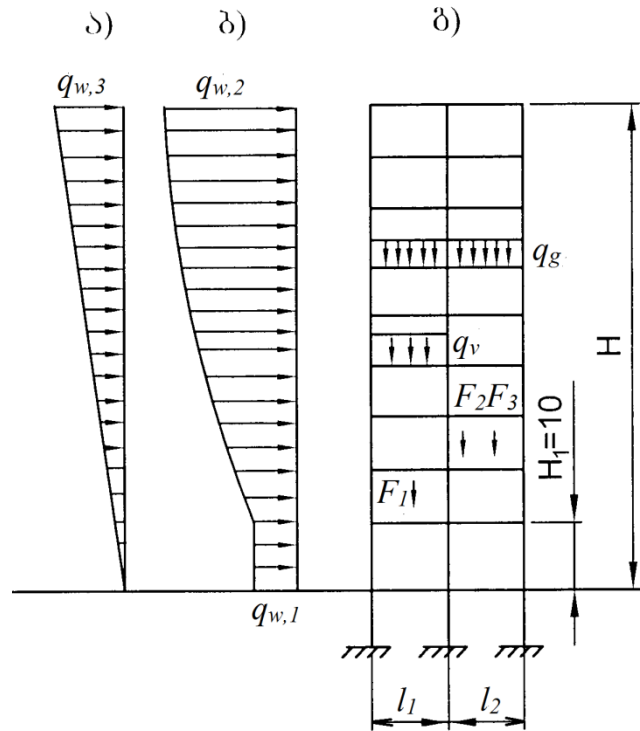
გადახურვის შემომფარგლავ კონსტრუქციებად გამოიყენება მონოლითური გადახურვები ფოლადის დაპროფილებულ ფენილზე ან რკინაბეტონის ფილები ფოლადის კოჭებზე. ფოლადის ფენილზე გადახურვის მალი, როგორც წესი, არ აღემატება 3 მ-ს, ხოლო ფოლადის კოჭებზე – 6 მ-ს. დიდი მალეების შემთხვევაში ეწყობა რკინაბეტონის წიბოვანი ფილები (ფიგ. 119).

7.2. მრავალსართულიანი შენობის კარკასის მუშაობა

მრავალსართულიანი შენობის კარკასზე მოქმედი ძირითადი დატვირთვები: ვერტიკალური – კარკასის კონსტრუქციისა და სართულშუა გადახურვის საკუთარი მასისგან გამომწვეული მუდმივი თანაბრად განაწილებული დატვირთვები; დროებითი – მოწყობილობებისა და ადამიანებისაგან გამომწვეული თანაბრად განაწილებული დატვირთვები; მუდმივი და დროებითი – მანქანებისგან, მოწყობილობისგან და ა. შ. გამომწვეული შეყურსული დატვირთვები; ჰორიზონტალური – ქარისგან არათანაბრად განაწილებული დატვირთვები; სეისმური დატვირთვები (ფიგ. 120);

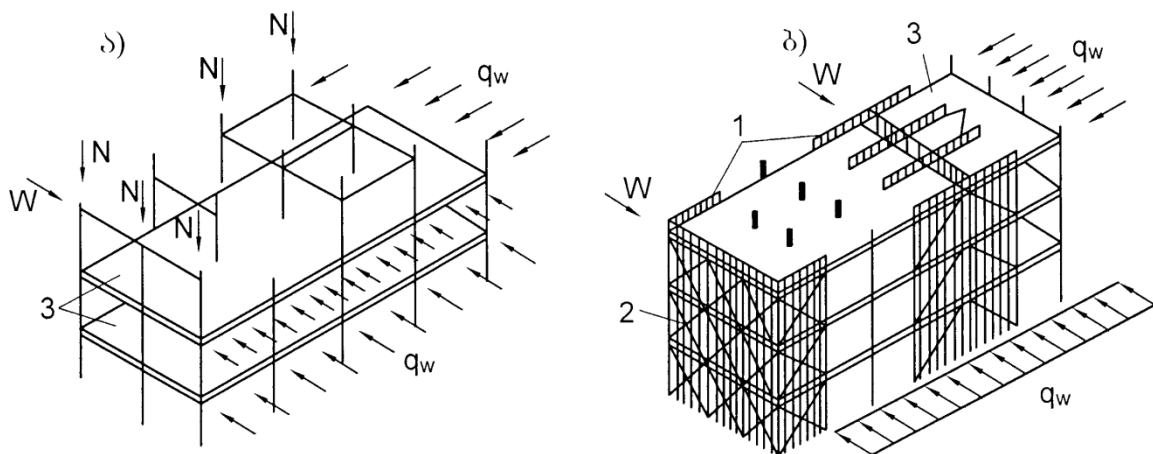
მრავალსართულიანი შენობის ან ნაგებობის ფოლადის კარკასის გაანგარიშება ხორციელდება მზიდუნარიანობაზე პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის, და სიხისტეზე – მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით. რიგელის სვეტებთან ხისტად შეუღლების მქონე ჩარჩოვან კარკასებში, კარკასის ყველა ელემენტი ერთდროულად ერთგება მუშაობაში სივრცითი ჩარჩოს ნებისმიერ უბანში მოდებული ჰორიზონტალური დატვირთვების ასათვისებლად. ამასთან, ქარის ჰორიზონტალური დატვირთვები, რომლებიც მოქმედებენ გარე კედლებზე, გადახურვების მეშვეობით გადაეცემათ კარკასის ყველა ჩარჩოზე (ფიგ. 121, ა). კავშირებიან

სისტემებში რიგელები და სვეტები იღებენ მხოლოდ ვერტიკალურ დატვირთვებს, ხოლო ჰორიზონტალურ დატვირთვებს იღებენ ვერტიკალური კავშირის წამწები, რომლებიც განლაგებული არიან როგორც გარე შემომფარგლავ სიბრტყეში, აგრეთვე შენობის შიგა ღერძებზე (ფიგ. 121, ბ).



ფიგ. 120. საანგარიშო დატვირთვები კარკასზე

ა – ქარის ჩქაროსნული დაწნევის პულსაცია; ბ – ქარის სტატიკური მოქმედება; გ – განივი ჭრილი ვერტიკალური დატვირთვის ვარიანტებით;



ფიგ. 121. კარკასის მუშაობის სქემები ჰორიზონტალურ ზემოქმედებაზე

ა – ჩარჩოსებრი; ბ – კავშირებიანი; 1 – სიხისტის გრძივი ვერტიკალური დისკოები; 2 – იგივე, განივი; 3 – სიხისტის ჰორიზონტალური დისკოები;

მრავალსართულიანი შენობის ან ნაგებობის კარკასის გაანგარიშებისას ვერტიკალური მუდმივები და დროებითი დატვირთვები დაიყვანება გადახურვის კოჭებზე მოდებულ წრფივ, თანაბრად განაწილებულ ან შეყურსულ დატვირთვებამდე მათი ნორმატიული მნიშვნელობების და გადატვირთვის კოეფიციენტების გათვალისწინებით. ქარისაგან გამოწვეული ჰორიზონტალური დატვირთვა განისაზღვრება შემდეგი მიახლოებითი ფორმულებით:

$$q_{\omega,1} = \omega (0.8 + 0.6) \gamma_{\omega s} , \quad (87)$$

$$q_{\omega,2} = q_{\omega,1} k_{\omega} , \quad (88)$$

$$q_{\omega,3} = 0.24 (2q_{\omega,2} + q_{\omega,1}) , \quad (89)$$

სადაც ω არის ქარის ჩქაროსნული ნორმატიული დაწნევა, რომელიც განისაზღვრება სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით, კნ/მ²; $q_{\omega,1}$ და $q_{\omega,2}$ – ქარის განაწილებული დატვირთვის ეპიურის სტატიკური ნაწილის ორდინატები, შესაბამისად მიწიდან 10 მ-ის სიმაღლეზე და შენობის ზედა ნიშნულზე, კნ/მ; k_{ω} – სიმაღლის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით; $\gamma_{\omega} = 1.2$ – გადატვირთვის კოეფიციენტი ქარის დატვირთვისათვის; 0.8 და 0.6 – აეროდინამიკური კოეფიციენტები; $q_{\omega,3}$ – ქარის დინამიკური ჩქაროსნული დაწნევისგან გამოწვეული განაწილებული დატვირთვის ეპიურის ორდინატა, კნ/მ²; s – ჩარჩოების ბიჯი, მ.

მიწის დონეზე სრული მღუნავი მომენტი, რომელიც მოქმედებს მთელ ნაგებობაზე, განისაზღვრება ფორმულით:

$$M = (H^2/3) [(q_{\omega,1}/2) + q_{\omega,2}] (1 + \xi/5) , \quad (90)$$

სადაც ξ არის დინამიკურობის კოეფიციენტი, რომელიც აიღება სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით. **XX**

ქარის დატვირთვის სტატიკური ნაწილისგან გამოწვეული მღუნავი მომენტი ტოლია:

$$M_s = (H^2/6) (2q_{\omega,2} + q_{\omega,1}) . \quad (91)$$

კავშირებიანი სქემის მქონე კარკასის სტატიკური გაანგარიშება ითვალისწინებს სივრცითი კონსტრუქციის დანაწევრებას ცალკეულ ბრტყელ სისტემებად, რომლებიც მუშაობენ, როგორც წესი, განივი მიმართულებით (ფიგ. 122, ა). საანგარიშო სქემა წარმოადგენს მრავალსართულიან ჩარჩოს რიგელების სვეტებთან სახსრული შეუღლებით და კავშირის წამწით ერთ-ერთ მალში.

ასეთი ჩარჩოს რიგელები, რომლებიც დატვირთულია თანაბრად განაწილებული მუდმივი და დროებითი დატვირთვებით, მუშაობენ როგორც ჭრადი კოჭები და მათი გაანგარიშება წარმოებს მე-3 თავში მოყვანილი მეთოდით. რიგელების საყრდენი რეაქციები კარკასის სვეტებზე გადაეცემა გრძივი N ძალების სახით.

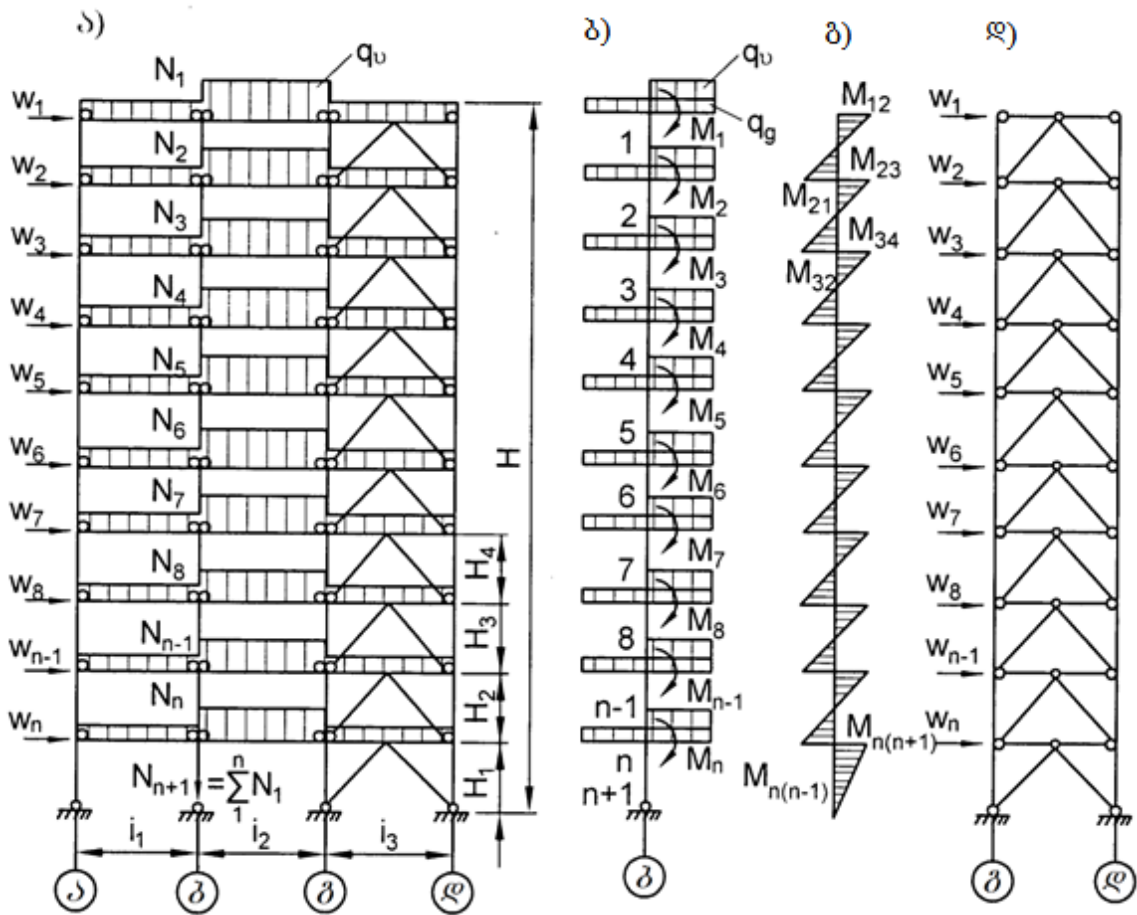
ყველა სართულზე რიგელების სიმეტრიული დატვირთვის შემთხვევაში სვეტებში წარმოიშვება მხოლოდ ცენტრალური კუმშვის ძალები. ექსპლუატაციის პროცესში დატვირთვის ყველაზე უარესი ვარიანტია ძალების ცალმხრივი დროებითი დატვირთვა (ფიგ. 122, ბ), რაც იწვევს ადგილობრივი M_{loc} მღუნავი მომენტების წარმოქმნას სვეტებში (ფიგ. 122, გ), ამიტომ სვეტების დაპროექტირების დროს სრულდება ორი გაანგარიშება: პირველი – ცენტრალურ კუმშვაზე, რომელიც გამოწვეულია მაქსიმალური მკუმშავი ძალისგან N_{max} ; მეორე – არაცენტრალურ კუმშვაზე, რომელიც გამოწვეულია ადგილობრივი M_{loc} მღუნავი მომენტისა და შესაბამისი N გრძივი ძალის ერთობლივი მოქმედებით. ადგილობრივი მღუნავი მომენტის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით

$$M_{loc} = G_{max} e_1 - G_{min} e_2 , \quad (92)$$

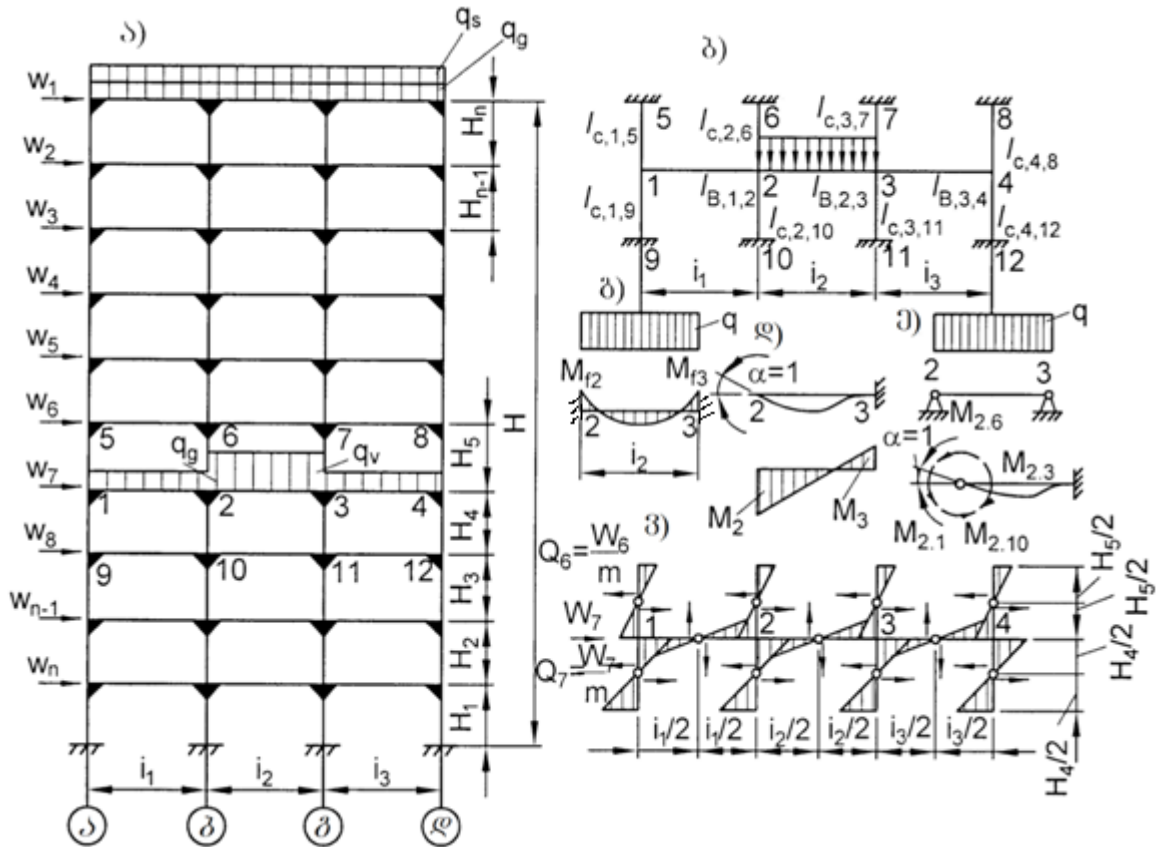
სადაც G_{max} , G_{min} არის რიგელის საყრდენი რეაქციები, რომელიც დატვირთულია შესაბამისი დატვირთვებით $q = (q_g + q_v)$ და q_g ; e_1 , e_2 – საყრდენი რეაქციების მოდების შესაბამისი ექსცენტრისიტეტები სვეტის ღერძის მიმართ.

ქარის ჰორიზონტალური დატვირთვა მთლიანად გადაეცემა კავშირების სისტემას ჩარჩოს კვანძებზე მოდებული შეყურსული ძალების სახით (ფიგ. 122, დ). ასეთი სისტემის გაანგარიშება ხორციელდება როგორც საძირკველში ჩამაგრებული კონსოლური სტატიკურად რკვევადი წამწის (იხ. პ. 5.5).

რიგელისა და სვეტების ხისტი შეუღლების მქონე ჩარჩოსებრი კონსტრუქციული სქემის გაანგარიშება ხორციელდება სამშენებლო მექანიკის მეთოდებით კომპიუტერის გამოყენებით, როგორც მრავალჯერ სტატიკურად ურკვევი სისტემის. საანგარიშო ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დატვირთვების მოქმედებისას სვეტებისა და რიგელების კვეთებში განისაზღვრება საანგარიშო მღუნავი მომენტები M_{cal} , გრძივი N_{cal} და განივი Q_{cal} ძალები (ფიგ. 123, ა). ამასთან, განიხილება საანგარიშო დატვირთვების ყველაზე არახელსაყრელი კომბინაცია.



ფიგ. 122. კავშირებიანი კარკასის გაანგარიშებისთვის



ფიგ. 123 ჩარჩოსებრი კარკასის გაანგარიშებისთვის

ჩარჩოს კვეთებში ვერტიკალური დატვირთვისაგან გამოწვეული მომენტების მნიშვნელობები შეიძლება განისაზღვროს მიახლოებითი გაანგარიშებით. ამისთვის მრავალსართულიანი ჩარჩოდან ამოიჭრება ერთი რგოლი (ფიგ. 123, ბ). 21-ე და 23-ე ცხრილების გამოყენებით ინიშნება ჩარჩოს რიგელისა და დგარის გაბარიტული ზომების მიახლოებითი მნიშვნელობები და 63-ე ფორმულით განისაზღვრება საანგარიშო რგოლში შემავალი ყველა დგარისა და რიგელის ინერციის მომენტები. რეალური მდუნავი მომენტი დატვირთულ 2–3 დეროში, კვანძ 2 -ში, განისაზღვრება ფორმულით:

$$M_{2,3} = M_{f,2} [(\Sigma k_2 - k_{r,2,3}) / \Sigma k_2] , \quad (93)$$

სადაც $M_{f,2}$ არის ფიქტიური მდუნავი მომენტი 2–3 დეროში საყრდენზე 2; Σk_2 – კვანძ 2-ში მიერთებული დეროების წრფივი სიხისტეების ჯამი; $k_{r,2,3}$ – 2–3 დეროს (რიგელის) წრფივი სიხისტე.

კვანძ 2-თან მიერთებულ დაუტვირთავ დეროში (მაგალითად 1–2) რეალური მდუნავი მომენტი შეიძლება ანალოგიურად გამოითვალოს

$$M_{2,1} = M_{f,2} (k_{r,1,2} / \Sigma k_2) . \quad (94)$$

დეროს ბოლოების ხისტად ჩამაგრების შემთხვევაში (ფიგ. 123, გ), თანაბრად განაწილებული დატვირთვისგან გამოწვეული ფიქტიური მდუნავი მომენტი დეროს საყრდენზე გამოითვლება ფორმულით:

$$M_{f,2} = -ql_2^2 / 12 .$$

რიგელის და დგარების დეროების წრფივი სიხისტე შესაბამისად განისაზღვრება ფორმულებით:

$$k_r = 6EJ_b / l ; \quad k_c = 6EJ_c / H_i . \quad (95)$$

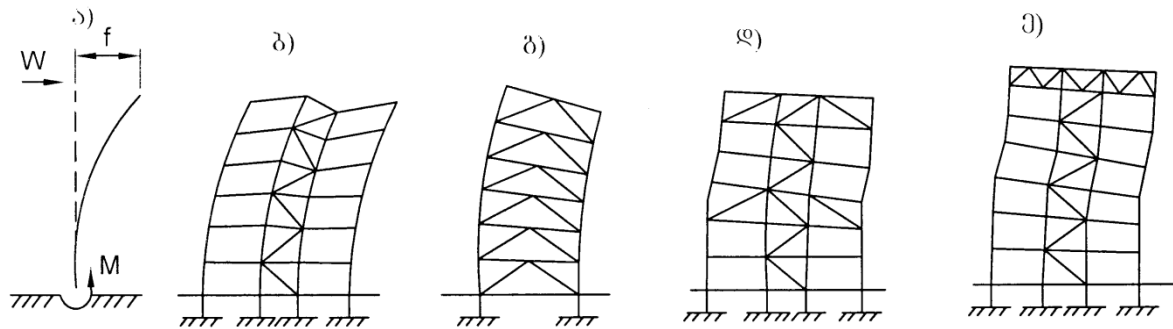
გადახურვებზე სხვადასხვა დატვირთვის შემთხვევაში განიხილება ჩარჩოს ყველა დამახასიათებელი რგოლი და მათთვის განისაზღვრება საანგარიშო მდუნავი მომენტები. სვეტებში ვერტიკალური დატვირთვებისგან გამოწვეული გრძივი N ძალები განისაზღვრება კავშირების კარკასის ანალოგიურად.

ქარის ჰორიზონტალური დატვირთვისაგან გამოწვეული საანგარიშო მდუნავი მომენტები, აგრეთვე, შესაძლებელია განისაზღვროს მიახლოებით.

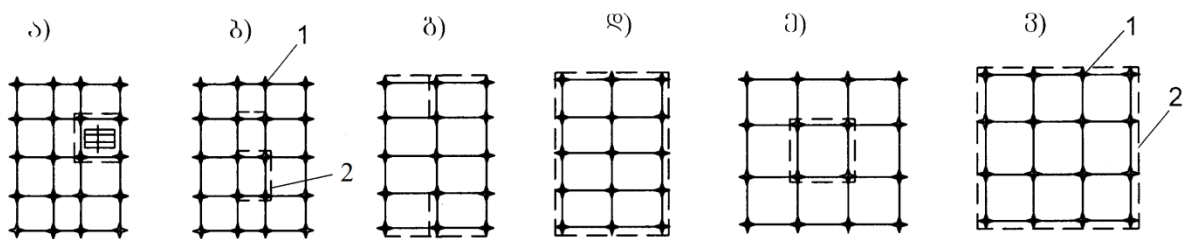
ამისთვის, მრავალსართულიან ჩარჩოს ანაწევრებენ ერთსართულიანებად ჩარჩოს დგარებსა და რიგელებში მომენტების ეპიურების ნულოვანი წერტილების დადგენილი მდებარეობით: დგარებში – ზედა სართულში, ზედა რიგელის ღერძიდან $0.6H$ მანძილზე; შუალედურ სართულში $0.5H$; ქვედა სართულში $0.4H$ ზედა რიგელიდან; რიგელებში – $0.5l$. ქარის დატვირთვით გამოწვეული მდუნავი მომენტი განისაზღვრება ფორმულით

$$M_{\omega} = Q_{\omega} H / 2, \quad (96)$$

სადაც Q_{ω} არის განივი ძალა ერთ დგარში სახსარის დონეზე, რომელიც განისაზღვრება განსახილველი სახრის ღერძის ზევით მოქმედი ქარის ჯამური დატვირთვის ფარდობით საანგარიშო სქემის განივკვეთში არსებულ ვერტიკალური დგარების რაოდენობასთან (ფიგ. 123, ვ).



ფიგ. 124. ვერტიკალური კავშირების (ა-ვ) და ჰორიზონტალური როსტვერკის წამწეების (დ, ე) მუშაობა



ფიგ. 125. გეგმაში ვერტიკალური კავშირების განლაგების ვარიანტები

ა – კიბის უჯრედის გარშემო; ბ – შიგა ღერძებზე, პერიმეტრზე ლენტური შეშინვის შემთხვევაში; გ – ყრუ ტორსული კედლების შემთხვევაში; დ-ე – დიდი სართულიანობის მქონე შენობებში; 1 – სვეტი; 2 – კავშირები;

ჩარჩოს ელემენტებში საანგარიშო ძალებს დებულობენ ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დატვირთვებისაგან გამოწვეული მდუნავი მომენტების,

ნორმალური და განივი ძალების დაჯამებით. საანგარიშო კვებების მზიდუნარიანობის შემოწმებას ახორციელებენ (16) – (21) ფორმულებით.

მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობით გაანგარიშება ზღუდავს მრავალსართულიანი შენობის ზედა სართულის ჰორიზონტალურ გადადგილებას $f \leq (1/600-1/800)H$. ამ პირობის შესასრულებლად რეკომენდებულია ნაგებობის სიმაღლის შეფარდება მის სიგანესთან აკმაყოფილებდეს პირობას – $H/B \leq 7$.

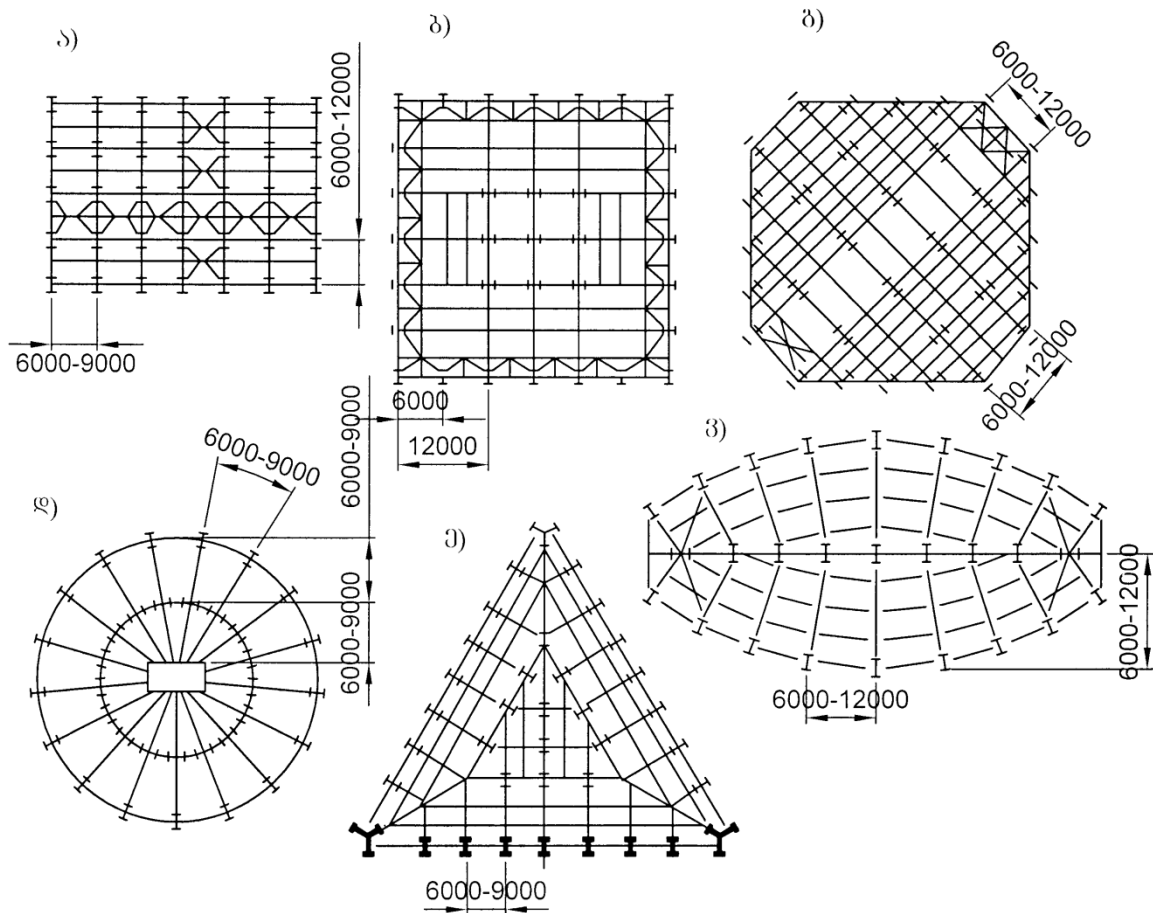
სტატიკაში მრავალსართულიანი შენობა წარმოადგენს საძირკველში ჩამაგრებულ ღუნვად ღეროს (ფიგ. 124). კავშირის ვიწრო წამწის შემთხვევაში (ფიგ. 124, ბ), კავშირების მნიშვნელოვანი გრძივი დეფორმაციების გამო, კარკასი განიცდის დიდ ჰორიზონტალურ გადაადგილებებს, ამიტომ ჰორიზონტალური სიხისტის გასაზრდელად, ცალკეულ ჩარჩოებში, შენობის მთელ სიგანეზე, შეიძლება მოეწყოს კავშირის წამწე (ფიგ. 124, გ). იმ შემთხვევაში, როდესაც ასეთი კავშირები აფერხებს შენობის ნორმალურ ექსპლუატაციას, კავშირების ვიწრო წამწეები შეიძლება გაძლიერდეს დამატებითი კავშირით გარე დგარებთან (ფიგ. 124, დ) ან როსტვერკის ჰორიზონტალური წამწის მეშვეობით (ფიგ. 124, ე). კავშირის წამწეების მოწყობის ადგილები ნაჩვენებია ფიგ. 125-ზე.

7.3. შენობათა სისტემების გაერთმთლიანება.

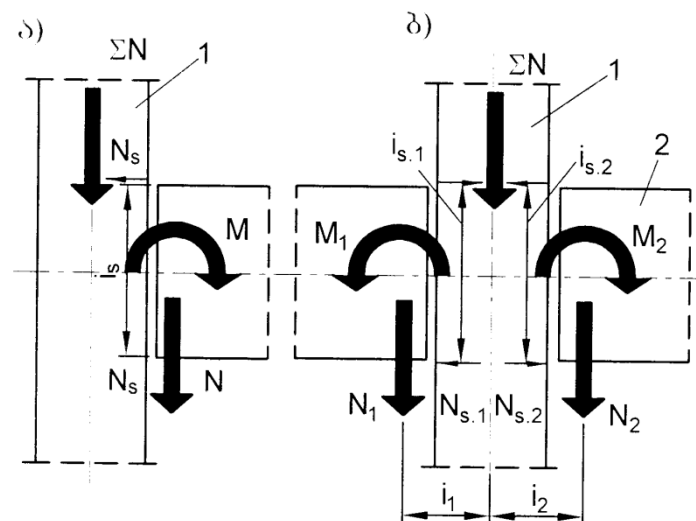
კოჭის სვეტთან შეერთების კვანძები

სართულშუა გადახურვის კონსტრუქციები ქმნიან ჰორიზონტალურ ხისტ დისკოებს, რომლებიც აერთიანებს შენობის ვერტიკალურ მზიდ კონსტრუქციებს და უზრუნველყოფს მთლიანი ნაგებობის ერთობლივ მუშაობას. სართულშუა გადახურვის კოჭური უჯრედების მოწყობა განისაზღვრება შენობის არქიტექტურულ-კონსტრუქციული ფორმის მიხედვით. გადახურვის მოწყობის დამახასიათებელი ტიპები ნაჩვენებია ფიგ. 126-ზე.

გადახურვის ჰორიზონტალური სიხისტე მიიღწევა გადახურვის რკინაბეტონის ფილების საშუალებით, ხოლო გაძლიერების აუცილებლობის შემთხვევაში, დამატებითი ჰორიზონტალური კავშირების მოწყობით კონტურის შიგნით (ფიგ. 126, ა) ან პერიმეტრზე (ფიგ. 126, ბ, გ).



ფიგ. 126. სართულშუა გადახურვების გაერთილიანების სქემები შენობის გეგმის სხვადასხვა ფორმის შემთხვევაში

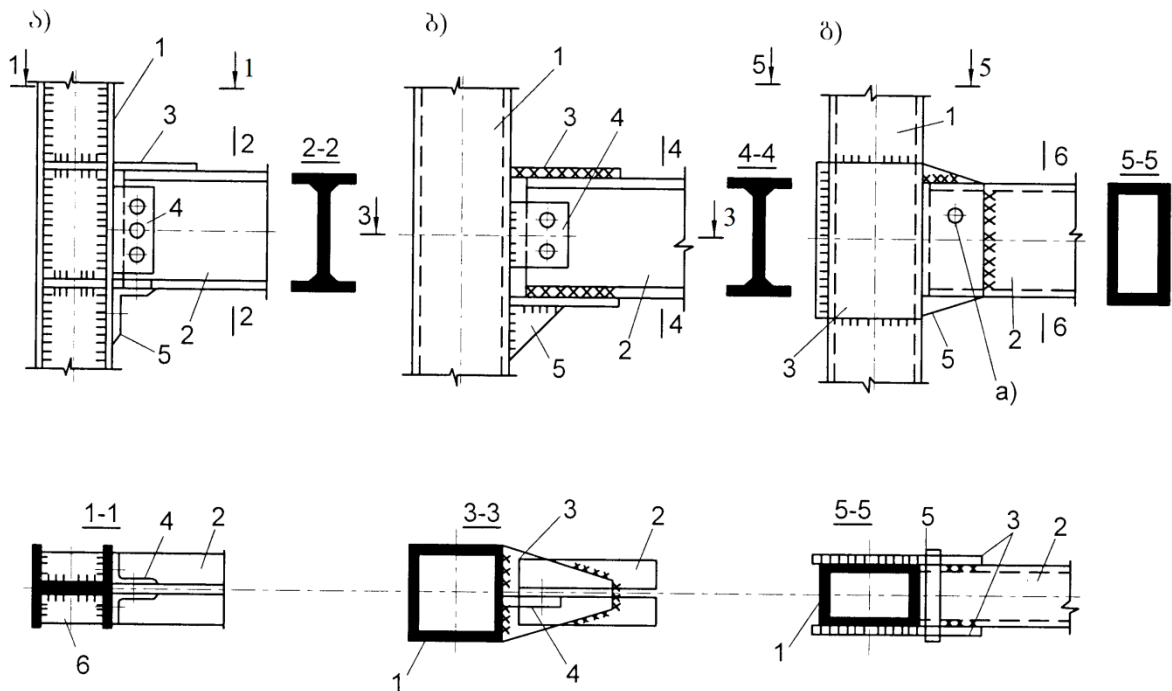


ფიგ. 127. ჩარჩოვანი კარკასის კვანძების საანგარიშო სქემები
 ა - განაპირა ღერძზე; ბ - შუა ღერძზე; 1 - სვეტი; 2 - კოჭი;

ჩარჩოვან კარკასებში, დგარებთან რიგელის შეუღლების კვანძებში, წარმოიქმნება M მღუნავი მომენტი და N ნორმალური გრძივი ძალა (ფიგ. 127). მღუნავი მომენტი იშლება წყვილ N_s ძალებად, რომლებიც სვეტსა და კოჭის თაროებზე მიღუღებული შემაერთებელი ფირფიტებით გადაეცემა სვეტს,

$$N_s = M / l_s, \quad (97)$$

სადაც l_s არის თამასების ღერძებს შორის მხარი.



ფიგ. 128. კოჭების სვეტებთან შეერთების კვანძები

ა – კოჭის და სვეტის ორტესური კვეთის შემთხვევაში; ბ – კვადრატული კვეთის სვეტისა და ორტესური კოჭის შემთხვევაში; გ – კოჭის და სვეტის მართკუთხა კოლოფისებრი კვეთის შემთხვევაში; 1 – სვეტი; 2 – კოჭი; 3 – შემაერთებელი ფირფიტა; 4 – სამონტაჟო ელემენტი; 5 – საყრდენი მაგიდა; 6 – სიხისტის წიბო;

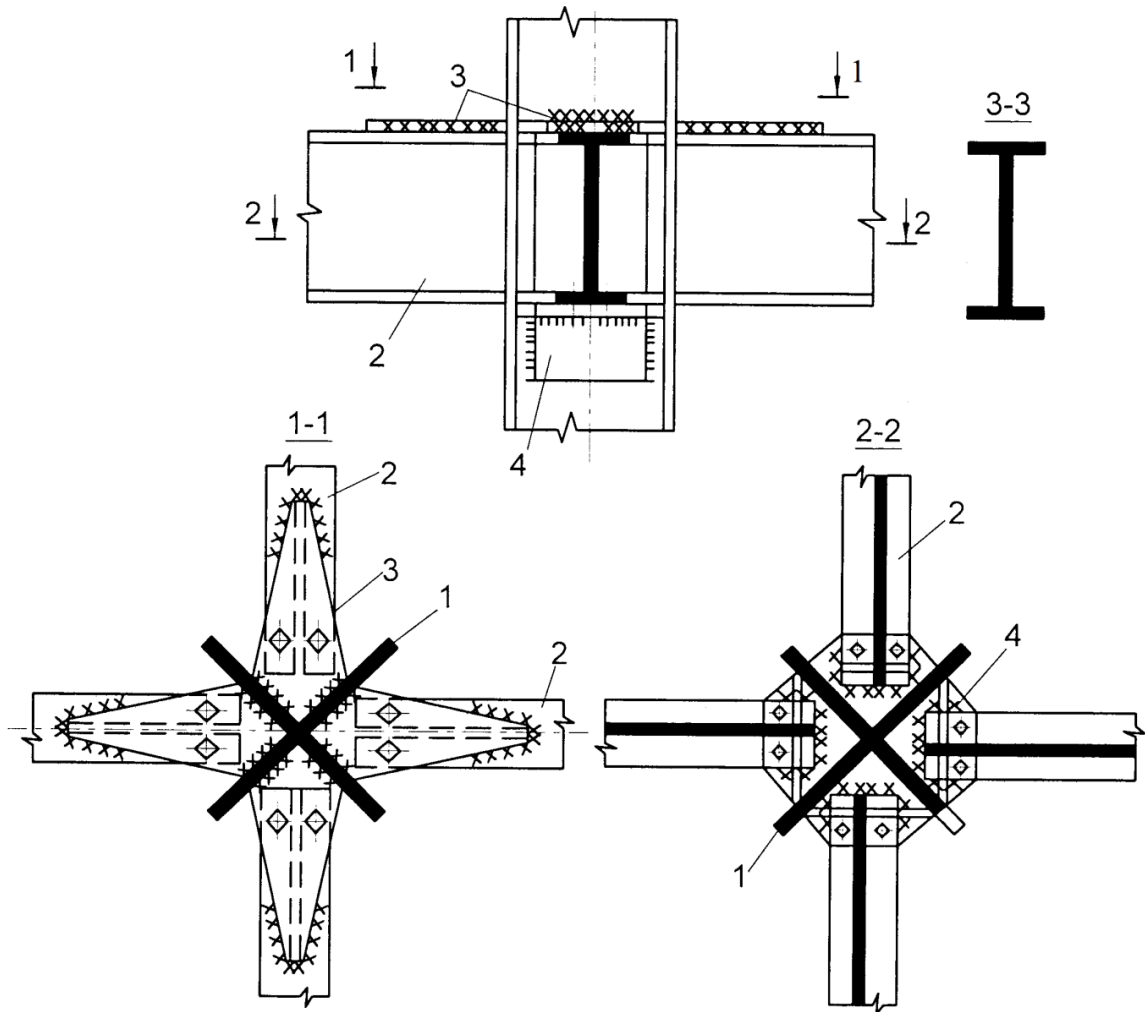
განივი ძალები სვეტზე გადაეცემა საყრდენი მაგიდის მეშვეობით. ორტესური სვეტებისა და კოჭების შემთხვევაში, სვეტებში შემაერთებელი თამასების ღერძის გასწვრივ საჭიროა სიხისტის წიბოების მოწყობა, რათა თავიდან იქნას აცილებული თაროების ადგილობრივი ღუნვა, რომელიც თამასებში ნორმალური ძალების მოქმედებისგანაა გამოწვეული, (ფიგ. 128, ა). კოლოფისებრი კვეთის მქონე სვეტების გამოყენებისას, შემაერთებელი თამასების სიგანე აიღება სვეტის სიგანის ტოლი (ფიგ. 128, ბ). კოლოფისებრი კვეთის კოჭებისა და სვეტების გამოყენების შემთხვევაში, უნდა

მივისწრაფოდეთ იმისკენ, რომ შესაუღლებელი ელემენტების კვეთის სიგანეები იყოს ერთნაირი. ეს საშუალებას იძლევა მოეწყოს ვერტიკალური საპირაპირე ზესადებები, რომლებიც მიღუღებუღია ელემენტების გვერდითა წახნაგებზე (ფიგ. 128, გ). სამონტაჟო სამუშაოების გამარტივეებისათვის კოჭებსა და ზესადებებში დატანებულია ხვრეღები, რომღებშიც, შეთავსების შემღევ, გატარღება სამონტაჟო საღები. ამ ოპერაციის შემღევ ხორციელღება სამონტაჟო შეღუღება.

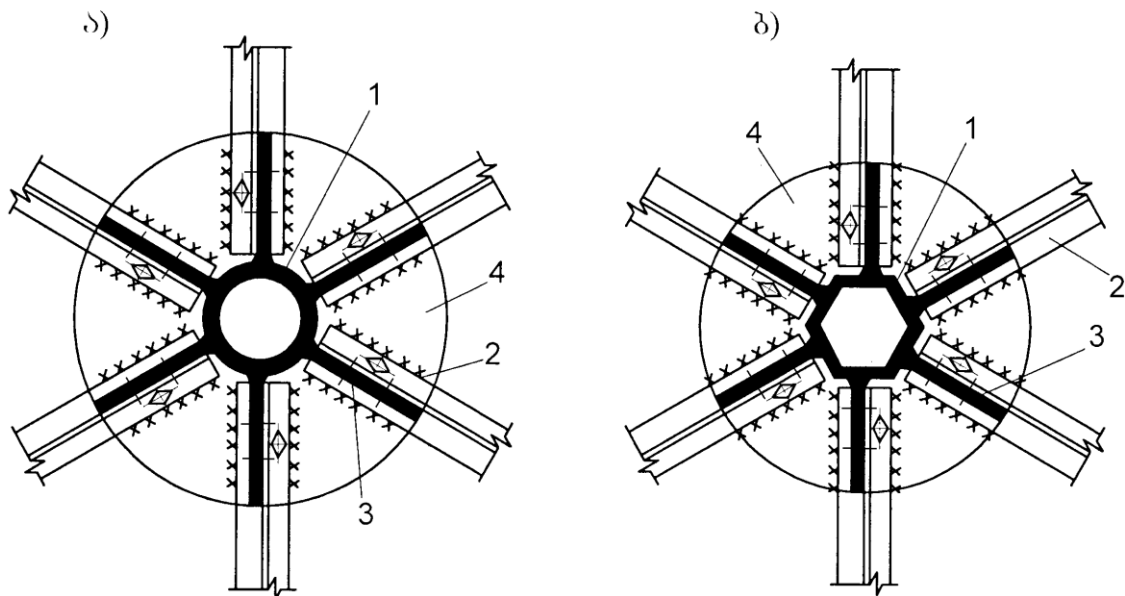
ჯვარეღინა სვეტებში ნებისმიერი კვეთის კოჭები ეყრღნობა სვეტების ვერტიკალურ ფურცღებზე მიღუღებულ საყრღენ მაგიღებს, რომღებიც შესრუღებულია კუთხეღებისაგან. სვეტებში მაგიღები ახორციელღებს სიხისტის წიბოების ფუნქციასაც. კოჭებს მაგიღებთან ამაგრებენ სამონტაჟო ჭანჭიკებით, ხოლო შემღევ ამაგრებენ სვეტთან ტრაპეციისებრი თამასებით, რომღებიც კოჭის თაროებზე ფღანგური ნაკერებითაა მიღუღებუღი (ფიგ. 129). თამასების რთული ფორმა განისაზღვრება ქვეღა ფღანგური ნაკერების კოჭის თაროზე მოწყობის აუციღებღობით.

მიღოვანი კვეთის მქონე სვეტების შემთხვევაში, განივი ძაღა კოჭებიღან გადაეცემა სვეტების გასწვრივ მიღუღებუღი ვერტიკალური საყრღენი ფირფიტების მეშვეობით (ფიგ. 130). ასეთ შემთხვევაში სვეტის კეღლის ხაღუნვისაგან დასაცავად, კვანღში აყენებენ სვეტის ტანთან, ვერტიკალურ წიბოებთან და კოჭის თაროებთან მიღუღებულ ორ მრგვაღ ან მრავაღწახნაგა ფირფიტებს. იგივე ფირფიტები ასრუღებს თამასების ფუნქციასაც, რომელთა მეშვეობით ხორციელღება სისტ კვანღებში საყრღენი მომენტის სვეტზე გადაცემა. კვანღის ნაკღად შეიღღება ჩაითვაღოს ჭერის ნაკერების შესრუღების აუციღებღობა წრიულ ფირფიტასა და კოჭის ზეღა სარტყელს შორის.

ერთმაგი ან ორმაგი კუთხეღებისაგან შესრუღებული კავშირების ელემენტებს სამონტაჟო ჭანჭიკებითა და შეღუღებით ამაგრებენ საკვანღო შეერთებებში შემავაღ ვერტიკალურ წიბოებთან (ფიგ. 131). დამაკავშირებელი ელემენტების საკვანღო ფასონურებთან მისამაგრებელი შენაღული ნაკერების გაანგარიშებას აწარმოებენ კავშირის ფერმების გაანგარიშების შეღევად განსაზღვრულ ძაღვებზე.

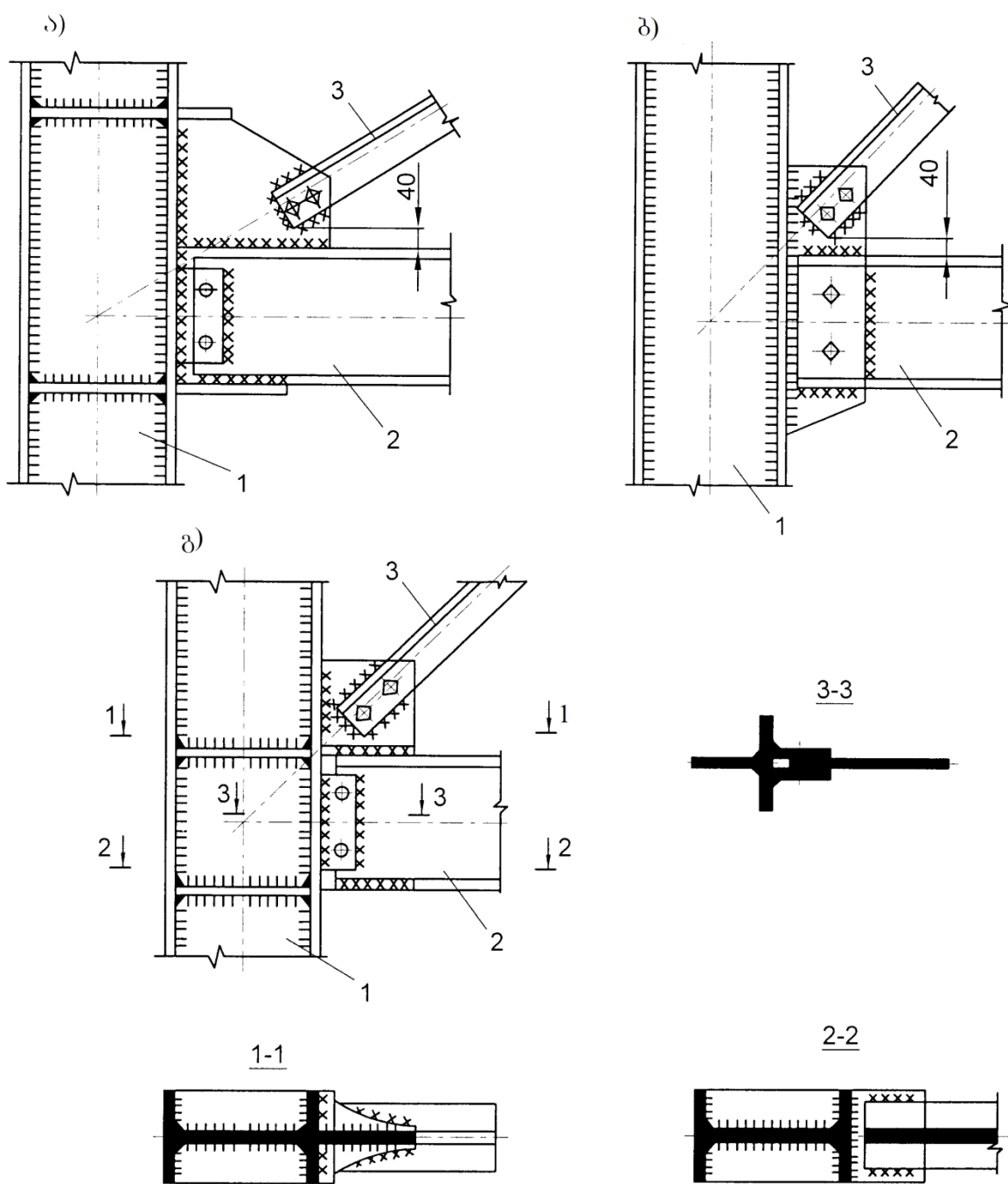


ფიგ. 129. კოჭების ჯვარედინა სვეტებთან შეერთების კვანძები
 1 - სვეტი; 2 - კოჭი; 3 - შემაერთებელი ფირფიტა; 4 - საყრდენი მაგიდა



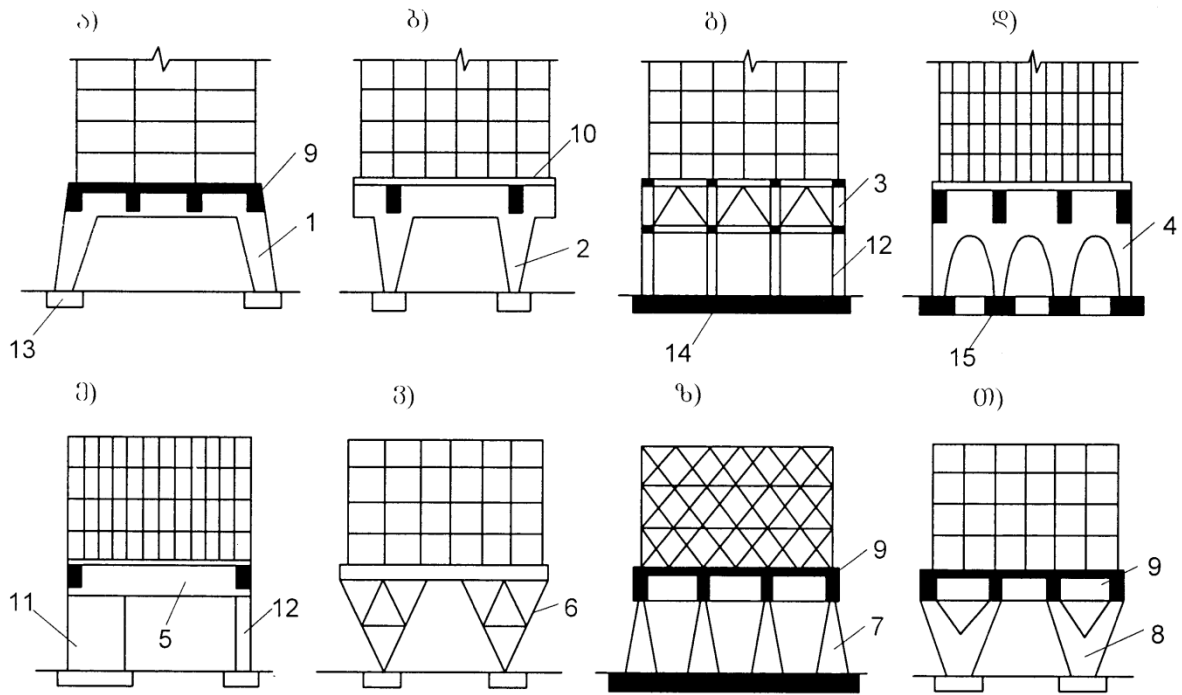
ფიგ. 130. კოჭების სვეტებთან შეერთების კვანძები სვეტების სამკუთხა ბადის შემთხვევაში

ა - მრგვალი მილის სახით; ბ - ექვსწახნაგა მილის სახით; 1 - სვეტი; 2 - კოჭი; 3 - შემაერთებელი ვერტიკალური წიბო; 4 - ნახვრეტებიანი მრგვალი ფურცელი



ფიგ. 131. კავშირების ჩამაგრების კვანძები ჩარჩოვან (ა, ბ) და კავშირებიან (ვ) კარკასებში

1 – სვეტი; 2 – კოჭი; 3 – კავშირები



ფიგ. 132. პორტალის საყრდენი კონსტრუქციების სისტემები

ა, ბ – ჩარჩოსებრი; ; გ – ჯვარედინა წამწეებიანი; დ – თაღოვანი; ე – კოჭოვანი; ვ – გისოსოვანი ჩარჩოსებრი; ზ – ჯვარედინი როსტვერკით და კონუსური საყრდენებით; თ – V-ს ფორმის საყრდენებით; 1 – ერთმალიანი ჩარჩო; 2 – კონსოლური ჩარჩო; 3 – ჯვარედინი წამწეები; 4 – თაღები; 5 – კოჭი; 6 – გისოსოვანი საყრდენები; 7 – კონუსური საყრდენები; 8 – V-ს ფორმის საყრდენები; 9 – კოჭოვანი როსტვერკი; 10 – გამანაწილებელი ფილა; 11 – პილონი; 12 – სვეტი; 13 – წერტილოვანი საძირკველი; 14 – ფილოვანი საძირკველი; 15 – ჯვარედინ ლენტური საძირკველი;

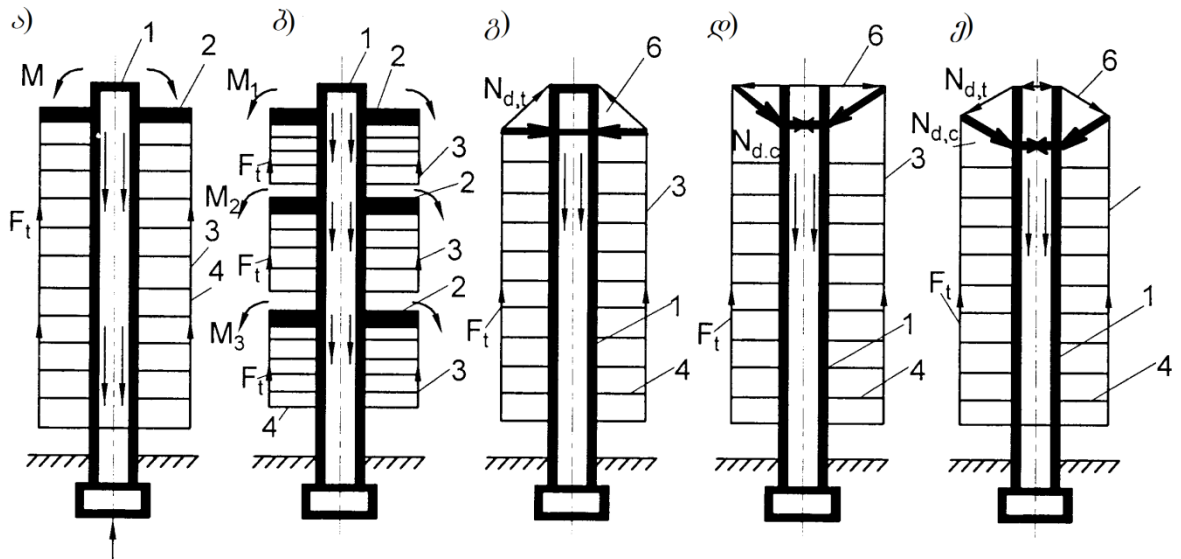
არც თუ ისე იშვიათად, მშენებლობის პრაქტიკაში, ფუნქციონალური თავისუფალი სივრცის ორგანიზების მიზნით, რომელიც გამოიყენება, როგორც ქალაქგეგმარებითი ნაწილი, მანქანათა სადგომი, გასასვლელები და ა.შ., წარმოიქმნება შენობის ძირითადი მოცულობის მიწის ზედაპირიდან დაცილების აუცილებლობა. ამ ამოცანის გადასაჭრელად კარკასს აყრდნობენ სპეციალურ კონსტრუქციებზე, რომლებსაც პორტალები ეწოდებათ (ფიგ. 132.). პორტალის მზიდი კონსტრუქციის ძირითად ნაწილს შეადგენს ერთმანეთთან მძლავრი კოჭებითა და ფერმებით დაკავშირებული განივი და გრძივი ჩარჩოები, რომლებიც ერთობლიობაში ქმნის ხისტ უცვლელ სისტემას. კონსტრუქციულად პორტალებს აკეთებენ ხისტი და მოქნილი არმატურით არმირებულ მონოლითურ რკინაბეტონში.

7.4. შეკიდულ სართულებიანი შენობების კონსტრუქციული სქემები

კონსტრუქციული თალსაზრისით, შეკიდულ სართულებიანი შენობები პრინციპულად განსხვავდებიან მრავალსართულიანი შენობებისაგან. კონსტრუქციული სქემის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს სივრცითი ვერტიკალური ტანები – შახტები, რომლებშიც განთავსებულია კიბისა და ლიფტების კომუნიკაციები და ითვისებენ ყველა ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ დატვირთვებს. სართულებს კიდებენ კონსოლურ სათავისებზე, რომლებსაც აქვთ კოჭური როსტვერკის ან ჯვარედინი ფერმების სისტემის სახე, რომლებიც ეყრდნობიან შენობის ვერტიკალურ ტანს. მრავალსართულიანი შენობების კარკასებისათვის დამახასიათებელი შეკუმშული დგარების საკიდებით შეცვლის წყალობით, შეკიდულ სართულებიანი შენობები ნაკლებად მასალატევადია ტრადიციულ მრავალსართულიან კარკასებთან შედარებით, აქვთ მეტი სასარგებლო ფართი, ახასიათებთ გაზრდილი სეისმომდებობა, საჭიროებენ მიწის სამუშაოების ნაკლებ მოცულობას და ამავე დროს საშუალებას იძლევიან შეიქმნას ორიგინალური არქიტექტურულ-კონსტრუქციული ფორმები.

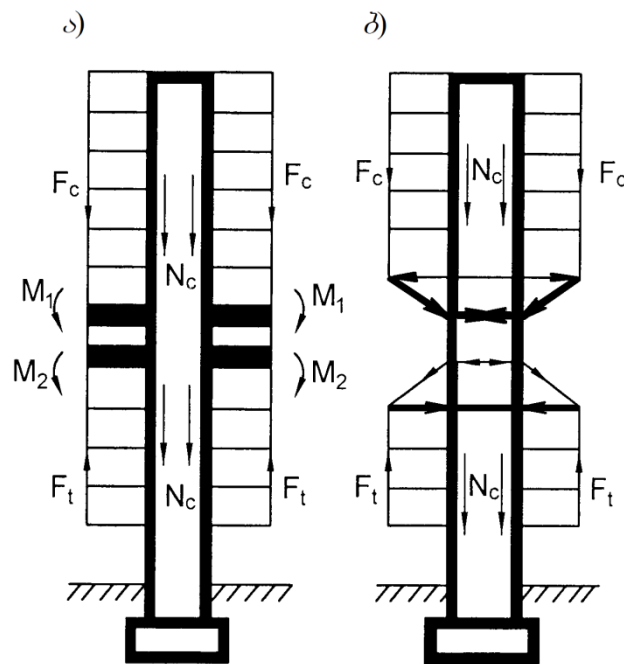
კონსტრუქციული სქემები მთავარი საყრდენების რაოდენობის მიხედვით შეიძლება დაიყოს ორ მთავარ ჯგუფად: ერთტანიან და, ორ და მრავალტანიან სისტემებად. ყოველ ჯგუფში, კონსოლური როსტვერკების ადგილმდებარეობის, რაოდენობის, კონსტრუქციული ფორმისა და სხვა ნიშნების მიხედვით, შემოაქვთ დამატებითი კლასიფიკაცია.

სამშენებლო პრაქტიკაში, უმეტეს წილად, განვითარება ჰპოვა ერთტანიანმა სისტემებმა ერთი კონსოლური როსტვერკით, რომელიც განთავსებულია მთავარი ტანის სათავსზე (ფიგ. 133). ამასთან, როსტვერკი წარმოადგენს კოჭების (ფიგ. 133, ა) ან ფერმების (ფიგ. 133, გ, დ, ე) სისტემას. როსტვერკის ელემენტებში (ფიგ. 133, ე) მინიმალური ძაღვები წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც ძირითადი ელემენტების დახრის კუთხე ჰორიზონტალის მიმართ შეადგენს 30-35°. კოჭისებრ როსტვერკებში მღუნავი მომენტის შესამცირებლად, ტანის სიმაღლეზე, სართულების რაოდენობიდან გამომდინარე, აწყობენ ორ, სამ და მეტ როსტვერკს (ფიგ. 133, ბ).



ფიგ. 133. დაკიდულ სართულებიანი ერთტანიანი (ერთჭაურიანი) შენობების კონსტრუქციული სქემები

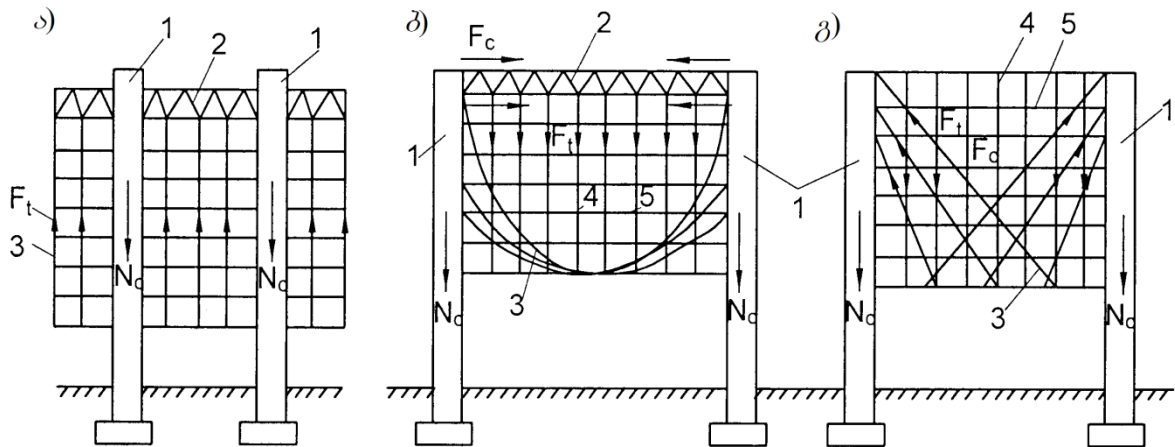
ა – კიდული; ბ – კიდული ჯგუფური; გ-ე – კიდული, დეროვანი დონიანი სისტემის სხვადასხვა გეომეტრიით; 1 – ტანი (ჭაური) (კოშკი); 2 – მზიდი კოჭოვანი როსტვერკი; 3 – საკიდრები; 4 – კოჭოვანი უჯრედი; 5 – საპირკველი; 6 – მზიდი დონიანი სისტემა



ფიგ. 134. დაკიდულ სართულებიანი ერთტანიანი კომბინირებული შენობების კონსტრუქციული სქემები

ა – ჯგუფური, კოჭოვანი როსტვერკებით; ბ – ჯგუფური, დეროვანი დონიანი სისტემებით

ასევე შესაძლებელია კომბინირებული სისტემები, რომლებიც ნაწილობრივ შეკიდულია და ნაწილობრივ კონსოლურ როსტვერკებზე დაყრდნობილი (ფიგ. 134, ა, ბ). კომბინირებულ სისტემებს იყენებენ მაშინ, როდესაც გადახურვის სისქის შესამცირებლად ან სართულის გარკვეულ მონაკვეთებზე დიდი დატვირთვების გადასაცემად, ვერტიკალური საყრდენების ბიჯი შეადგენს 3-6 მ-ს.



ფიგ. 135. დაკიდულ სართულებიანი ორტანიანი შენობების კონსტრუქციული სქემები
 ა – კიდული; ბ, გ – კომბინირებული, ხიდური ტიპის; 1 – ტანი; 2 – გისოსოვანი როსტვერკი; 3 – საკიდარი; 4 – სვეტი; 5 – კოჭი;

ორტანიან კონსტრუქციებში შენობის მთავარ ვერტიკალურ ელემენტებად გამოიყენება ორი საკიბე-სალიფტო შახტა, რომელზეც მაღიანი სახიდე ნაგებობების მსგავსად, ეყრდნობა კოჭის, წამწის ან ვანტური სისტემების გადახურვის დამჭერი კონსტრუქციები (ფიგ. 135).

სართულშორის გადახურვებს, რომლებიც შესრულებულია კოჭური უჯრედების ან ჯვარედინა წამწეების სახით, დამჭერ კონსტრუქციაზე კიდებენ საკიდების მუდმივი ან ცვლადი ბიჯით. საკიდებს შორის მაქსიმალური მანძილი, როგორც წესი, არ აღემატება 12 მ-ს.

ფიგ. 135, ბ-ზე მოყვანილი სქემის მსგავსად, ორტანიან შენობებში შესაძლებელია დამჭერი კონსტრუქციების მოწყობა ორ ან მეტ იარუსში, ან დამატებითი ვანტური საკიდებით (ფიგ. 135, გ). ბოლო ორ შემთხვევაში, დამჭერ კონსტრუქციაში ან შეკიდული კარკასის კოჭებში, წარმოიქმნება დამატებითი ჰორიზონტალური F_c ძალები, რომლებიც იწვევენ მაღის კონსტრუქციების გრძივ კუმშვას.

აღწერილ სქემებთან ერთად, შესაძლებელია შეკიდულ სართულებიანი შენობებისა და ნაგებობების სხვა ვარიანტებიც, რომლებიც ძირითადად განსხვავდება მთავარი მზიდი კონსტრუქციის კონსტრუქციული ფორმით, რომელიც შეიძლება გადაწყვეტილი იყოს თაღის, ჩარჩოს ან V-ს მსგავსი პროფილის სახით.

7.5. შეკიდულ სართულებიანი შენობის გაანგარიშება და კონსტრუქცია

შეკიდულ სართულებიანი შენობა, სტატიკური თვალსაზრისით, წარმოადგენს საძირკველში ჩამაგრებულ, მუდმივი და დროებითი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური (ქარის) დატვირთების ზემოქმედების ქვეშ მყოფ კონსოლურ ღეროს. ყველა დატვირთვას ღებულობს შენობის ტანი, რომელშიც ვერტიკალურ გრძივ N_c ძალებს საზღვრავენ, როგორც შენობის კონსტრუქციის საკუთარი მასისა და სართულებზე სასარგებლო დატვირთის ჯამს. საძირკვლის ზედაპირის დონეზე, ტანის საანგარიშო კვეთში ჰორიზონტალური დატვირთვისაგან გამოწვეულ მღუნავ მომენტს საზღვრავენ (90) და (91) ფორმულებით.

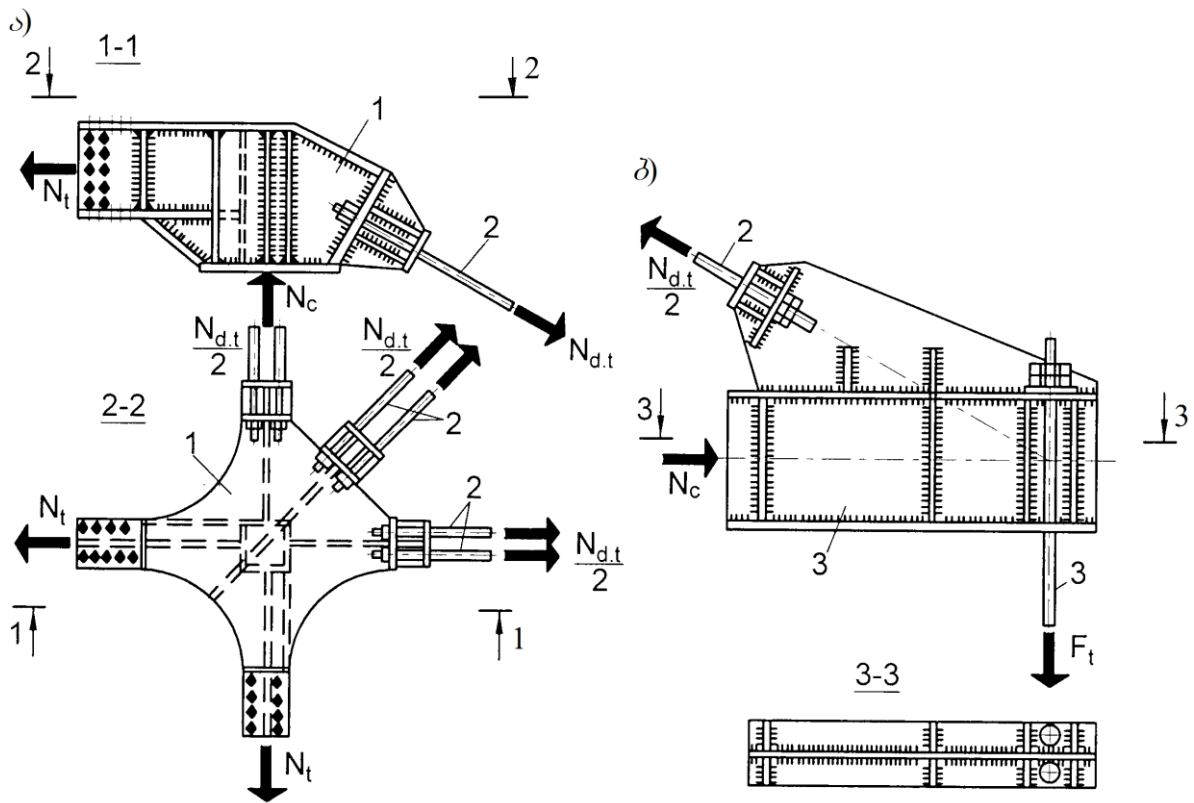
ტანის კოლოფა კვეთის გაანგარიშებას აწარმოებენ, როგორც არაცენტრულად შეკუმშულ ღეროს, ამასთან გასათვალისწინებელია, რომ ხანძარსაწინააღმდეგო თვალსაზრისით, მთავარი ტანი რკინაბეტონისაა. ტანების (ჭაურების) რკინაბეტონის კედლების სისქე განისაზღვრება შენობაში სართულების რაოდენობის მიხედვით და ქვედა სართულების დონეზე 40-80 სმ-ია, ხოლო ზედა სართულებში – 20-60 სმ.

განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა საძირკვლების დაპროექტებას, ვინაიდან ჰორიზონტალური ძალების ზემოქმედებით ისინი იღებენ უდიდეს მღუნავ მომენტს და გადასცემენ საფუძველს (ფუძეს). საძირკვლებად იყენებენ ღრმა სატენ ხიმინჯებს გაფართოებული ქუსლით, მასიურ (მთლიან მონოლითურ რკინაბეტონის ფილებს და სხვ.).

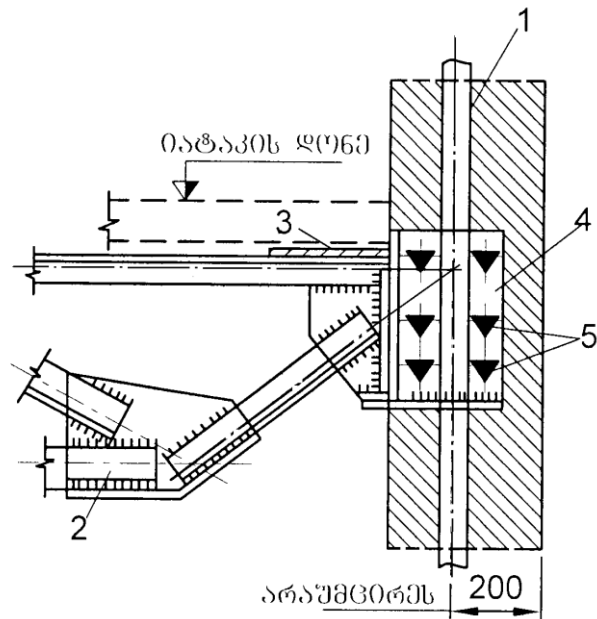
გადახურვის კონსტრუქციების, რომლებიც წარმოადგენს ჰორიზონტალურ ხისტ დისკოებს, კონსტრუქცია წარმოებს კოჭოვანი უჯრედების სახით, სადაც მთავარი და დამხმარე კოჭები ერთ დონეზეა განლაგებული. გადახურვის კოჭები მუშაობს, როგორც ჭრადი ერთმალისანი ან

უჭრი მრავალმალიანი სისტემები, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში, როგორც ჯვარედინი კოჭების ან ფერმების სისტემები. ღუნვადი ელემენტების გაანგარიშების მეთოდის უნდა ითვალისწინებდეს მათ საანგარიშო სქემას. ანალოგიურად აწარმოებენ როსტვერკის ელემენტებისა და საყრდენი კოჭების ან ფერმების გაანგარიშებას.

ვერტიკალური საკიდები მუშაობს ცენტრალურ გაჭიმვაზე F_t ძალებისაგან, რომელთა მნიშვნელობაც მცირდება ზემოდან ქვემოთ. ფიგ. 136-ზე ნაჩვენებია როსტვერკის ძირითადი კვანძები, რომლებიც შესრულებულია ფიგ. 133-ზე წარმოდგენილი კონსტრუქციული სქემების შესაბამისად. საკიდებად გამოყენებულია 600-800 მპა დენადობის ზღვრის მქონე მაღალი სიმტკიცის ფოლადის მრგვალი დეროები. დეროებს კვანძებში ამაგრებენ ქანჩებისა და კონტრქანჩების მეშვეობით.

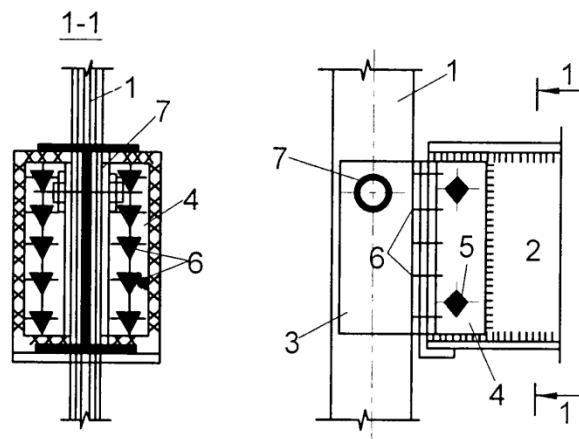


ფიგ. 136. დონჯიან სისტემებში საჭიმრების დეროების დამაგრების კვანძები
 1 – საყრდენი ჩარჩო; 2 – საჭიმარის დერო; 3 – საკიდარი; 4 – განმბჯენი;



ფიგ. 137. სართულშუა გადახურვის მზიდი კონსტრუქციის საკიდართან დამაგრების კვანძი

- 1 – მოქნილი საკიდარი; 2 – რიგელი (წამწვე); 3 – პირაპირის ზესაღები; 4 – მოსაჭერი საყრდენი მაგიდა; 5 – მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკები



ფიგ. 138. სართულშუა გადახურვის კოჭოვანი უჯრედის ხისტ საკიდართან დამაგრების კვანძი

- 1 – ფურცლოვანი საკიდარი; 2 – კოჭი; 3 – საყრდენი კავი; 4 – პირაპირის კუთხედები; 5 – სამონტაჟო ჭანჭიკები; 6 – მაღალი სიმტკიცის მუშა ჭანჭიკები; 7 – სამონტაჟო საღები

სართულშუა გადახურვის კოჭებსა და ფერმებს, მრგვალი ღეროებით ან ბრტყელი ფირფიტებით დამზადებულ საკიდებთან ამაგრებენ სპეციალური სატაცების გამოყენებით მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით (ფიგ. 137 და 138).

სპეციალურ საყრდენ მაგიდებიან სატაცებს წინასწარ ამაგრებენ საკიდებზე, ხოლო შემდეგ ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკებითა და შედუღებით მათზე ამაგრებენ სართულშუა გადახურვის კოჭებს ან წამწეებს (ფიგ. 137). სხვა შემთხვევებში, სატაცები შეიძლება დამაგრდეს თავად კოჭებზე, ხოლო საკიდებზე ფიქსაცია განხორციელდეს სამონტაჟო ლილვაკით (ფიგ. 138). შენობის ყველა ლითონის ელემენტის დამონტაჟების შემდეგ ახორციელებენ გარე კედლების სიბრტყეების დაბეტონებას საკიდებთან ერთად.

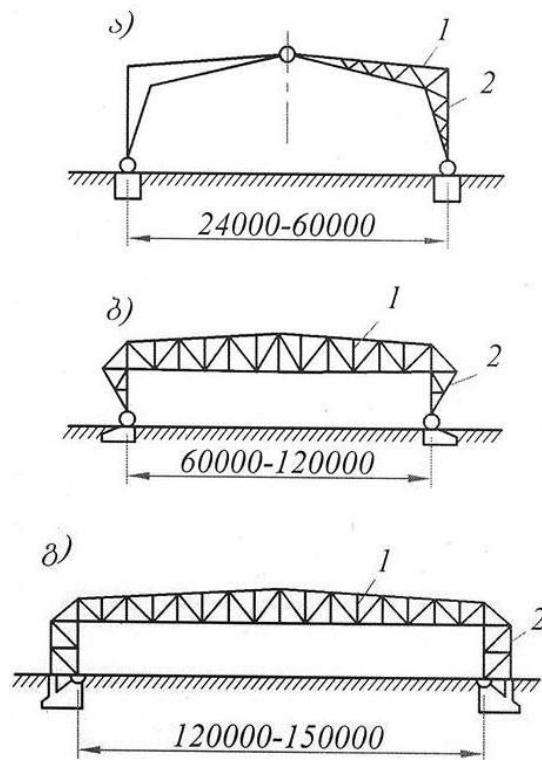
თავი 8. დიდმალიანი ჩარჩოვანი კონსტრუქციები

8.1. ჩარჩოების სტატიკური და კონსტრუქციული სქემები

ჩარჩო წარმოადგენს ბრტყელ კონსტრუქციას, რომელიც შედგება სწორხაზოვანი, ტეხილი ან მრუდწირული მალის ელემენტისაგან – რიგელისაგან და მათთან მიერთებული ვერტიკალური ან დახრილი ელემენტებისაგან – დგარებისაგან. ჩარჩოვან კონსტრუქციებში, რიგელებისა და დგარების ხისტი შეუღლების წყალობით, ანალოგიურ განივ ჩარჩოსთან შედარებით, რომელსაც სვეტებზე სახსრულად დაყრდნობილი წამწის ან კოჭის სახე აქვს, ლითონი უფრო მეტად ეფექტურად გამოიყენება და მნიშვნელოვნად იზრდება რიგელის სიხისტე. ჩარჩოების დაპროექტება მიზანშეწონილია 60 მ-ზე მეტი მალეების დროს, თუმცადა მათ შეუძლიათ წარმატებული კონკურენცია გაუწიონ 24-60 მ მალის მქონე წამწეებსა და კოჭებს.

სტატიკური მუშაობის თვალსაზრისით ჩარჩო შესაძლებელია იყოს სამსახსრიანი, ორსახსრიანი და უსახსრო (ფიგ. 139). სამსახსრიანი ჩარჩოები (ფიგ. 139, ა) უფრო მეტად ლითონტევადია, ამიტომ მათი გამოყენება შეზღუდულია მცირე მალეებითა და სიმაღლეებით. მათ იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც მალი და სიმაღლე ნახევარჩარჩოს მთლიანად საქარხნო პირობებში დამზადებისა და სამშენებლო მოედანზე ტრანსპორტირების საშუალებას იძლევა. ორსახსრიანი ჩარჩოები (ფიგ. 139, ბ) უფრო ხშირად გამოიყენება, ვინაიდან მათში საკმაოდ სრულად ვლინდება დგარებში რიგელის ჩამაგრების ეფექტი და ისინი საძირკვლის ჯდომის მიმართ ნაკლებ მგრძობიარეა.

მასალის ხარჯის თვალსაზრისით, ყველაზე ეკონომიური, უსახსრო ჩარჩოებია (ფიგ. 139, გ), რომელთაც მათ იყენებენ დიდმალიანი ჩარჩოებისათვის. თუმცადა, ასეთი ჩარჩოები საკმაოდ მგრძობიარეა საყრდენების ჯდომისა და ტემპერატურული ზემოქმედების მიმართ. მათი დაპროექტება შესაძლებელია კლდოვანი ან ნახევრად კლდოვანი გრუნტების ფუძეზე.



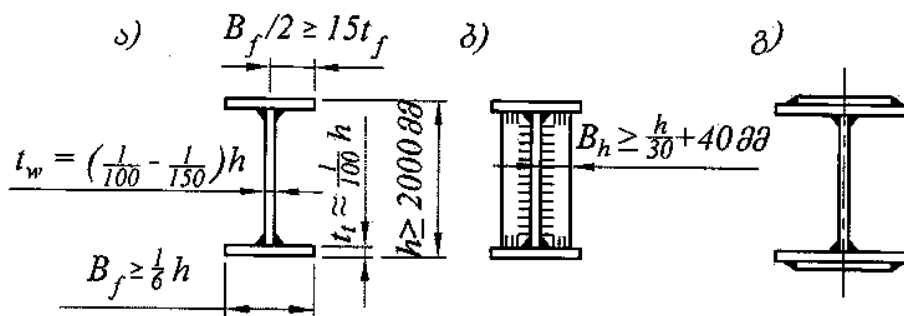
ფიგ. 139. დიდმალიანი ჩარჩოების სისტემები

- ა – სამსახსრიანი მთლიანკედლიანი, გისოსოვანი ან კომბინირებული ნახევარჩარჩოებით; ბ – ორსახსრიანი გისოსოვანი; გ – უსახსრო გისოსოვანი;
 1 – რიგელი; 2 – ღვარი;

დიდმალიანი ჩარჩოვანი კონსტრუქციები გამოიყენება საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობა-ნაგებობებში – საგამოფენო პავილიონებში, თეატრებსა და სანახაობრივ დარბაზებში, დასურულ ბაზრებსა და მსხვილ მარკეტებში, სტადიონებსა და სპორტულ დარბაზებში; სამრეწველო დანიშნულების შენობა-ნაგებობებში – ავიასამაშობო საამქროებში, ანგარებში, გემთმშენებელ ელინგებში, ავტოპარკებში, უნივერსალურ სამრეწველო შენობებსა და სხვ. ჩარჩოვანი კონსტრუქციების გამოყენება უზრუნველყოფს ნაგებობის მაღალ არქიტექტურულ-დაგეგმარებით მოქნილობას და საშუალებას იძლევა

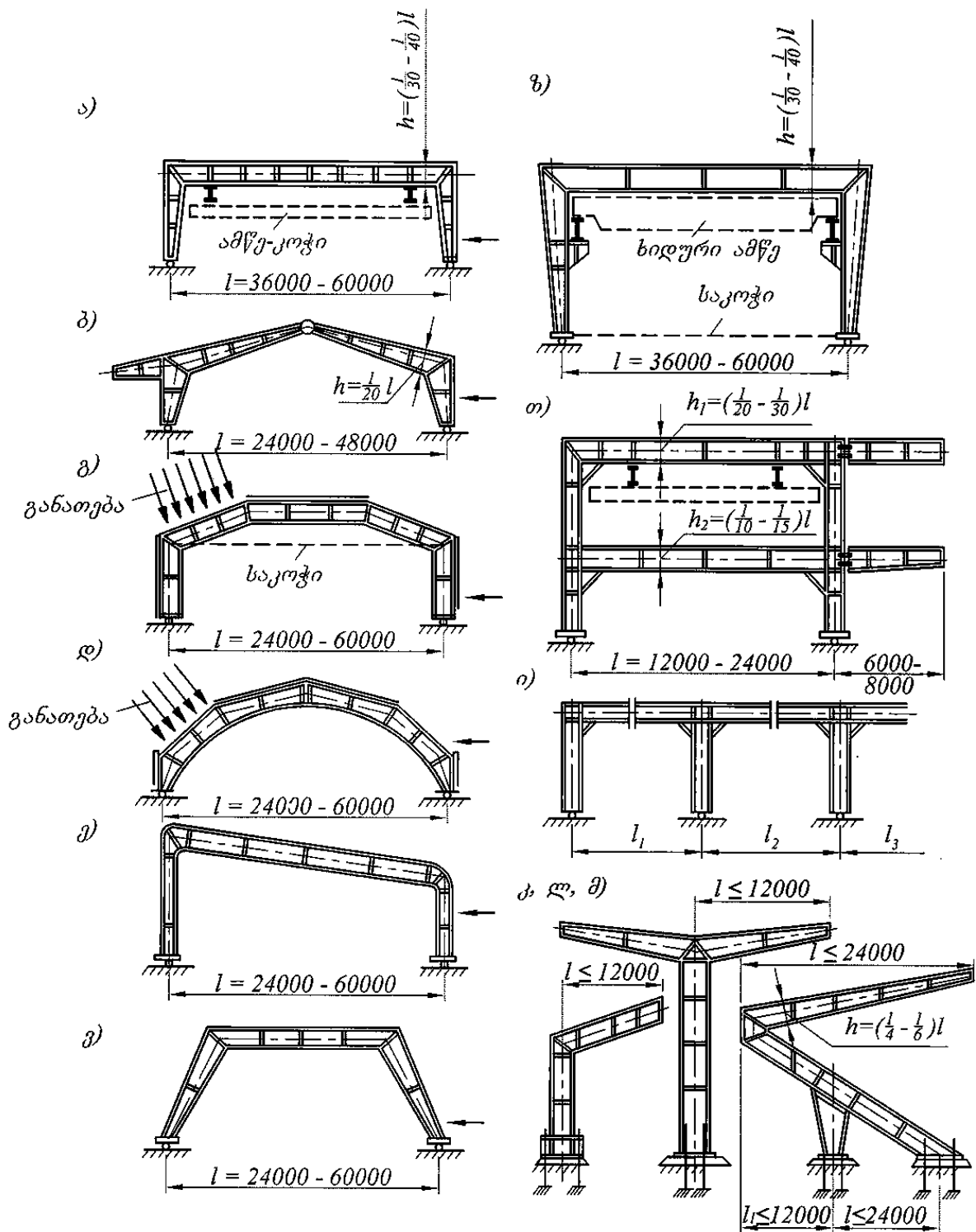
გადაწყვეტილი იქნას პრაქტიკულად ნებისმიერი არქიტექტურულ-სამშენებლო და ტექნოლოგიური ამოცანები ფოლადის მნიშვნელოვანი ეკონომიით. რიგელისა და დგარების ურთიერთგანლაგება საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას ჩარჩოების მრავალფეროვანი კონსტრუქციული ფორმები, რომლებიც აკმაყოფილებენ კონკრეტულ მოცულობით-გეგმარებით გადაწყვეტას.

ორსახსრიან მთლიანკედლიან ჩარჩოებს აქვთ ორტესებრი, როგორც წესი, ცვლადი კვეთის რიგელი და დგარები, რომლებიც შეესაბამება ძალების ეპიურას. ყველაზე ხშირად იყენებენ, დამზადების მხრივ ნაკლებად შრომატევად, სამი ფურცლისგან შენადულ კვეთს (ფიგ. 140). მთლიანკედლიანი ჩარჩოების კვეთის სიმაღლედ იღებენ მალის 1/30 – 1/40-ს, მაგრამ არა უმეტესს 2 მეტრისა ეკონომიკური მოსაზრებით. კედლისა და თაროების, აგრეთვე კვეთის სიმაღლისა და სიგანის თანაფარდობები ემორჩილება ორტესებრი კოჭების დაპროექტირების კანონებს.



ფიგ. 140. მთლიანკედლიანი ჩარჩოების შენადული კვეთების ტიპები

მთლიანკედლიანი ჩარჩოს მეტწილად გავრცელებული ფორმაა – ერთმალიანი ორსახსრიანი ჩარჩო პორიზონტალური ან დახრილი რიგელით (ფიგ. 141, ა, ბ). მალის 60 მ-მდე გაზრდის შემთხვევაში, ტეხილ რიგელიანი ჩარჩო ხდება უფრო მეტად ეკონომიური, მაგრამ ამავე დროს ითხოვს რიგელისა და დგარების შეუღლების კვანძებს შორის საკოჭის დაყენებას განმბჯენის ასაცილებლად (ფიგ. 141, გ). აუცილებლობის შემთხვევაში, დასაპროექტებელი ნაგებობის ჭერის ქანობის ორგანიზების ან არქიტექტურული მოსაზრებებიდან გამომდინარე, ჩარჩოს რიგელი ან დგარი შეიძლება იყოს დახრილი (ფიგ. 141, ე, ვ). ასეთ ჩარჩოებში, კვანძის შეკუმშულ ზონაში ძაბვების ძლიერი კონცენტრაციის წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად, მახვილი კუთხეები უნდა დაპროექტდეს არა ნაკლებ 45°-ისა.



ფიგ. 141. მთლიანკედლიანი ჩარჩოების კონსტრუქციული სქემები

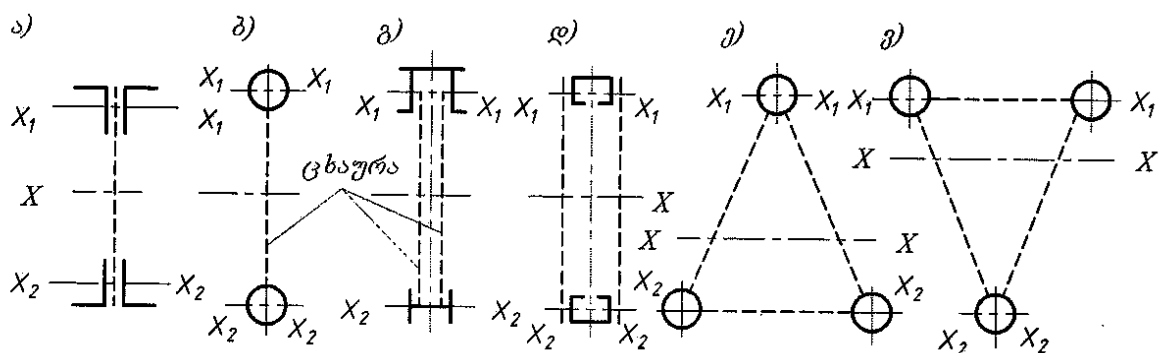
მთლიანკედლიანი ჩარჩოები, მცირე დეფორმაციულობის გამო, კარგად მუშაობს ხიდური ან კიდული ამწეებით აღჭურვილ ნაგებობებში (ფიგ. 141, ზ, თ). ამ და სხვა შემთხვევაშიც, ჩარჩოს რიგელის სიმაღლე შესაძლოა აღებულ

იქნას მალის 1/20-1/40. ერთმალთან ჩარჩოებში, რომლებიც დატვირთულა 25 ტონაზე მეტი ტვირთამწეობის მქონე ხიდური ამწეებით, რეკომენდებულია იატაკის დონის ქვემოთ, საყრდენი სახსრების დონეზე საკოჭის (შემკვერელის) მოწყობა (ფიგ. 141, ზ).

მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები ახასიათებთ უჭრ მრავალმალთან ჩარჩოებს (ფიგ. 142, ი), თუმცა, აგების შრომატევადობის თვალსაზრისით, მათი გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ სპეციალური მოთხოვნების გათვალისწინებით, მაგალითად, მინიმალური ჩაღუნვების მიღწევით ან მასალის პლასტიკურ სტადიაში მუშაობის გამოყენებით.

ორი დგარის მქონე ერთმალთან ჩარჩოების გარდა (ფიგ. 141, ა-ზ), მშენებლობის პრაქტიკაში შესაძლოა გამოყენებულ იყოს ერთდგარიანი Γ-ს ან T-ს მაგვარი ჩარჩოები (ფიგ. 141, კ, ლ), ან რთული ჩარჩოები (ფიგ. 141, მ) დახრილი ან ჰორიზონტალური რიგელით. რიგელის სიმაღლეს, ჩარჩოს დგართან ჩამაგრების ადგილას, იღებენ კონსოლის შევრილის 1/4-1/6-ს, იმ პირობით, რომ უზრუნველყოფილი იქნება ბურჯის (ჭერის) ნორმალური ექსპლუატაცია.

60-80 მ-ზე მეტი მალეების დროს, მთლიანკედლიან ჩარჩოებს ცვლიან გამჭოლკედლიანი (გისოსურკედლიანი) ჩარჩოებით, რომელთა რიგელისა და დგარების კვეთებს აპროექტებენ გისოვანი წამწის ანალოგიურს (ფიგ. 142). ორსახსრიან გამჭოლ ჩარჩოებს აპროექტებენ სახსრებით საძირკველის დონეზე. ასეთ ჩარჩოებში რიგელის სიმაღლე, მთლიანკვეთთან შედარებით, იზრდება მალის 1/8-1/15-მდე (ფიგ. 143, ა-გ).



ფიგ. 142. გამჭოლი ჩარჩოს კვეთის ტიპები

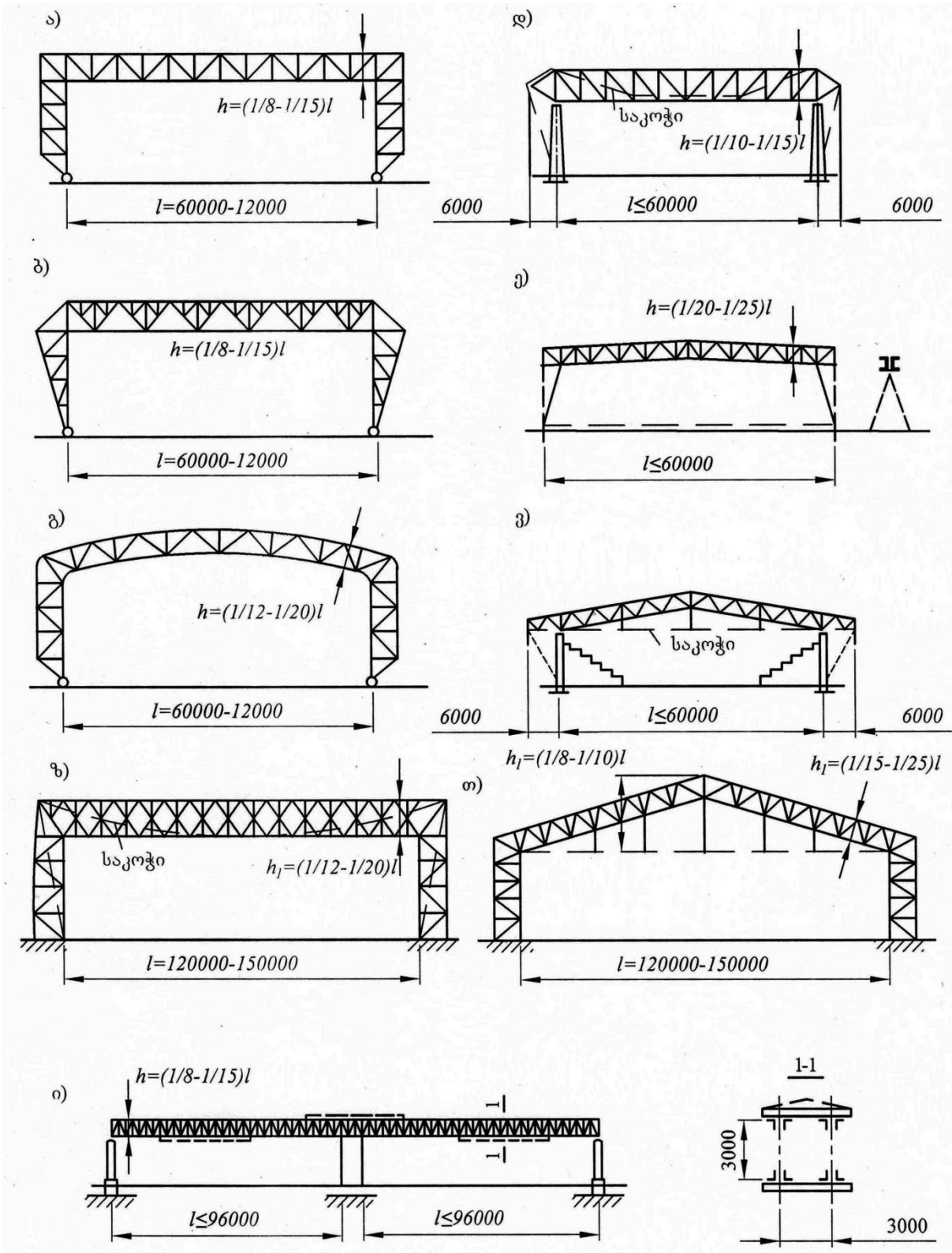
უსახსრო გამჭოლ ჩარჩოებს, ორსახსრიანებთან შედარებით, მეტი სიხისტე აქვთ, ამიტომ ასეთ ჩარჩოებში რიგელის სიმაღლე შეიძლება

შემცირდეს მალის 1/12-1/20-მდე. გამჭოლი ჩარჩოს ეფექტურობა იზრდება დგარისა და რიგელის სიხისტეების თანაზომადობის შემთხვევაში. ამიასათვის, გამჭოლი ჩარჩოს დგარის სიგანეს იღებენ რიგელის პანელის (3-6მ) ტოლს. ამ შემთხვევაში, დგარის წრფივი სიხისტე (სიხისტის შეფარდება ელემენტის სიგრძესთან) აჭარბებს რიგელის სიხისტეს, რის გამოც რიგელის ჩამაგრების ეფექტი იზრდება.

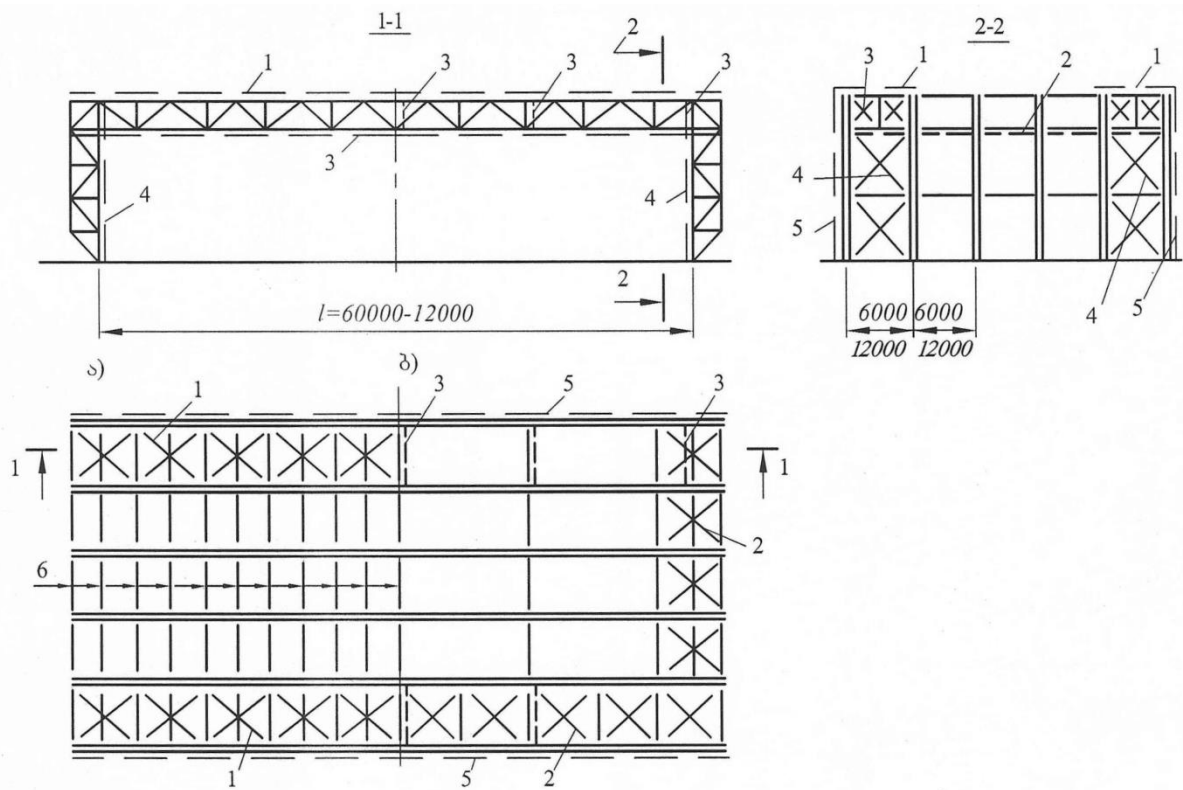
გამჭოლი ჩარჩოს განტვირთვის უდიდესი ეფექტი მიიღწევა ჩარჩოს რიგელისა და დგარების წინასწარი დაძაბვით (ფიგ. 143, დ-ზ), რაც ჩარჩოს სისტემაში წარმოქმნის ვერტიკალური დატვირთვისგან გამოწვეული მომენტების საპირისპირო ნიშნის მღუნავ მომენტებს. წინასწარი დაძაბვის ძალის მნიშვნელობა შეირჩევა კონსტრუქციის მინიმალური მასის მიღების პირობიდან. ჩარჩოვან კონსტრუქციებში დასაძაბ საკოჭს აკეთებენ მონტაჟის დროს და განათავსებენ გაჭიმულ ზონაში ვერტიკალური სტატიკური დატვირთვისაგან გამოწვეული მღუნავი მომენტების ეპიურის შესაბამისი მოხაზულობის მიხედვით.

სპეციალურ ნაგებობებში (ანგარები, ელინგები და სხვ.) მიზანშეწონილია დაპროექტდეს უჭრი, ორმალიანი, წინასწარ დაძაბული ჩარჩოები (ფიგ. 143, ი), რომლებიც ლოკალური სწორხაზოვანი საკოჭების განთავსების საშუალებას იძლევა. ასეთი გადაწყვეტა წინასწარ დაძაბულ ჩარჩოებში ამარტივებს კვანძების კონსტრუქციას.

ჩარჩოვანი გადახურვების გაერთმთლიანების სქემა თავისი სტრუქტურით ახლოსაა ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის გადახურვის სქემასთან, რომელშიც რიგელი სვეტებთან სახსრულადაა შეუღლებული (ფიგ. 144). თუმცა, ჩარჩოვან კონსტრუქციებში ყოველთვის საჭიროა გადახურვის გასწვრივ ქვედა სარტყელებზე ჰორიზონტალური კავშირების მოწყობა, ვინაიდან რიგელის დგარებთან შეერთების კვანძების მიმდებარე ზონებში, ქვედა სარტყელებში წარმოიქმნება მკუმშავი ძალები. გარდა ამისა, გადახურვის ტორსების გასწვრივ, ხისტ ბლოკებში, ორი განაპირა ჩარჩოს ზედა და ქვედა სარტყელებს აერთებენ ჰორიზონტალური კავშირებით, ხოლო ჩარჩოებს შორის ვერტიკალურ კავშირებს აყენებენ არა უმეტეს 18 მ მანძილზე.



ფიგ. 143. გამგული ჩარჩოების კონსტრუქციული სქემები



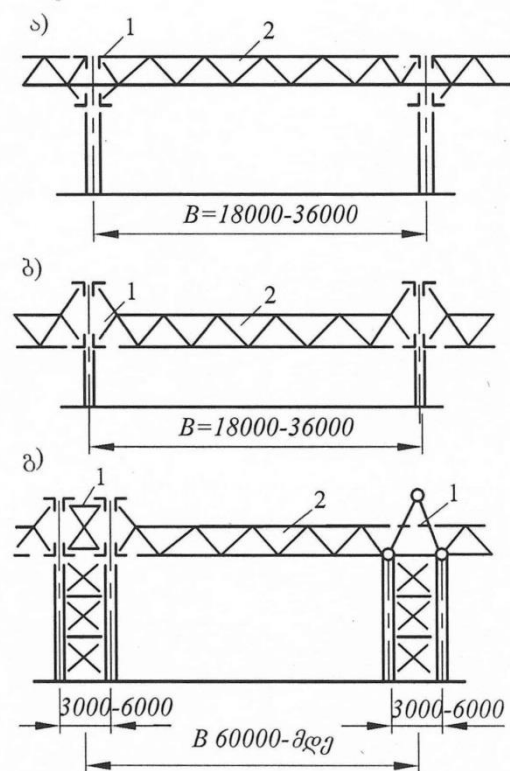
ფიგ. 144. დიდმალიანი ჩარჩოვანი გადახურვის გაერთიანება

ა – ზედა სარტყელების გასწვრივ; ბ – ქვედა სარტყელების გასწვრივ;

1 – პორიზონტალური კავშირები ზედა სარტყელების გასწვრივ;

2 – პორიზონტალური კავშირები ქვედა სარტყელების გასწვრივ; 3 – ვერტიკალური კავშირები ჩარჩოს რიგელებს შორის; 4 - ვერტიკალური კავშირები ჩარჩოს დგარებს შორის; 5 – ტორსული ჩაღანგარი

90 მ-დე მაღის მქონე ჩარჩოებს აპროექტებენ, როგორც ბრტყელს, ბიჯით 6 ან 12 მ. დიდი მალეების შემთხვევაში და ამწისქვეშა კოჭების არ არსებობის დროს, მიზანშეწონილია ბიჯის 18-24 მ-დე გაზრდა, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში 36 მ-დე (ფიგ. 145, ა, ბ). ამ შემთხვევაში, ჩარჩოებს შორის აყენებენ პარალელურ სარტყელებიან გისოსოვან წამწვეებს, რომლებიც ჩარჩოს ზედა და ქვედა სარტყელებთან ერთ დონეზეა მიმაგრებული.



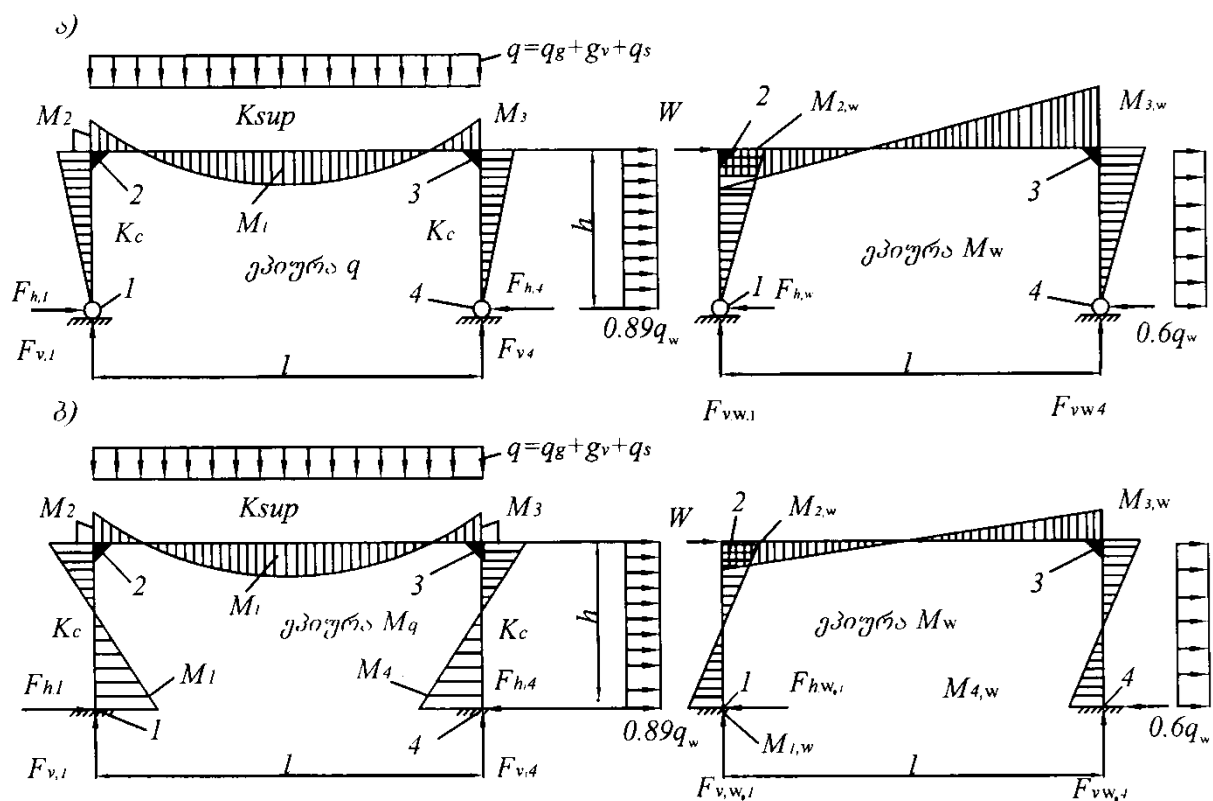
ფიგ. 145. გისოსოვანი წამწვეებით კომბინაციების ვარიანტები

1 – ხარჩო; 2 – წამწვე

90 მ-ზე მეტი სიგრძის მალეების შემთხვევაში, მათი მდგრადობის მიზნით, როგორც წესი, აპროექტებენ შეწყვილებულ (ფიგ. 145, გ) ან სამკუთხა განივი კვეთის მქონე ხარჩოებს. ამ შემთხვევაში, ხარჩოების ბიჯმა შესაძლოა მიაღწიოს 60 მ-ს. ასეთი გადაწყვეტები მიზანშეწონილია ანგარების მშენებლობაში, ანუ იქ, სადაც ფუნქციური მოსაზრებებიდან გამომდინარე, ხარჩოებს განალაგებენ შენობის გეგმის დიდი ზომის მიმართულებით, და არა მისი გრძივი ღერძის განივად. ხარჩოებს შორის დასაყენებელი წამწვეების ბიჯი მიზანშეწონილია დაპროექტდეს 6 მ-ის ტოლი, გრძივების გარეშე უშუალოდ მათზე გადახურვის ფილების დასალოგებლად. მეტი ბიჯის შემთხვევაში წამწვეებზე ალაგებენ გრძივებს და ყოველ ნაკვეთურში აწყობენ წამწვეებით გადახურვის გაერთმთლიანების სქემების ანალოგიურ კავშირების სისტემას.

8.2. ჩარჩოვანი კონსტრუქციების გაანგარიშება

შენობებში ჩარჩოვან კონსტრუქციებზე მოქმედებს: რიგელის სიგრძეზე, საკუთარი წონისაგან გამოწვეული, თანაბრად განაწილებული ვერტიკალური დატვირთვა; ჭერისა და თოვლის წონა; ხიდური ან კიდული კოჭური ამწისგან გამოწვეული შეყურსული დატვირთვა; რიგელის, დგართან შეერთების კვანძში, ქარის დაწნევისაგან გამოწვეული ჰორიზონტალური შეყურსული ძალა (ფიგ. 146). ქარის ზემოქმედების განსაზღვრისას გაითვალისწინება – ქარის მოქმედების მხრიდან დაწნევა $0.8q_w$, ხოლო საპირისპირო მხრიდან – გაწოვა $0.6q_w$.



ფიგ. 146. მთლიანკედლიანი ორსახსრიანი (ა) და უსახსრო (ბ) ჩარჩოების გაანგარიშებისათვის

უძრავ საყრდენებიანი ორსახსრიანი ჩარჩოები – ერთჯერ სტატიკურად ურკვევი სისტემებია, სადაც უცნობ ძალას წარმოადგენს საყრდენ კვანძებში ჰორიზონტალურად მოდებული F_h განმბჯენი. უსახსრო ჩარჩოები სამჯერ სტატიკურად ურკვევი სისტემაა, სადაც უცნობ განმბჯენთან F_h ერთად წარმოიქმნება უცნობი საყრდენი M მომენტი და ვერტიკალური F_v ძალა. ჩარჩოვან კონსტრუქციებში განმბჯენში აღძრულ ძალვას დებულობს ფუძე,

ხოლო სუსტი ფუძეების დროს – იატაკის ნიშნულის ქვევით საყრდენ სახსრებში განლაგებული საკოჭი. ჩარჩოს სიმაღლე შეიძლება იყოს ნებისმიერი, თუმცა ერთნაირი მაღლების შემთხვევაში, რაც უფრო მაღალია ჩარჩო, მით უფრო ნაკლები განმბჯენი ძალა წარმოქმნება მასში.

ჩარჩოების გაანგარიშებას, უმეტეს შემთხვევაში ახორციელებენ ძალთა ან გადაადგილებათა მეთოდით, რის შედეგადაც ჩარჩოს ყველა დამახასიათებელ კვეთში საზღვრავენ M , N და Q ძალების საანგარიშო სიდიდეებს. გრძივი-განივი ღუნვის პირობებში, გრძივი მკუმშავი ძალების არსებობა მნიშვნელოვნად მოქმედებს სისტემის დეფორმირებულ მდგომარეობაზე, ამიტომ ჩარჩოების გაანგარიშებას აწარმოებენ დეფორმირებული სქემის მიხედვით. ასეთ შემთხვევაში, გაანგარიშების სირთულე მნიშვნელოვნად იზრდება. გაანგარიშების გამარტივების მიზნით უგულებელყოფენ გაჭიმვისა და კუმშვის დეფორმაციებს ღუნვის დეფორმაციებთან შედარებით და გაანგარიშებას აწარმოებენ არადეფორმირებული სქემის მიხედვით, ძალთა დამოუკიდებლად მოქმედების პრინციპის გათვალისწინებით.

ჩარჩოების უმეტესობისათვის დამუშავებულია ცხრილები და ფორმულები, რომელთა დახმარებითაც შესაძლებელია განისაზღვროს დატვირთვებისგან გამომწვეული განმბჯენები და საყრდენი მომენტები. ამ სიდიდეთა განსაზღვრის შემდეგ, სტატიკის წონასწორობის განტოლებების – $\sum x = 0$ და $\sum y = 0$ დახმარებით, ჩარჩოს დამახასიათებელ კვეთებში საზღვრავენ ნორმალურ და განივ ძალებს. აღნიშნული ცხრილებისა და ფორმულების გამოყენებისას გაითვალისწინება რიგელისა და დგარის წრფივი სიხისტეების თანაფარდობა $k = k_{sup} / k_c$, რომელიც პირველ მიახლოებაში რეკომენდებულია მივიღოთ 2-ის ტოლად. ორსახსრიანი მართკუთხა ჩარჩოსთვის (ფიგ. 146, ა), რიგელის სიგრძეზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვისგან გამომწვეული განმბჯენისა და მომენტების მნიშვნელობებს შესაბამისად პოულობენ ფორმულებით:

$$F_h = \frac{ql^2}{4h(3+2k)}; \quad (98)$$

$$M_2 = M_3 = \frac{ql^2}{4(3+2k)}; \quad (99)$$

$$M_1 = \frac{ql^2}{8} - M_2. \quad (100)$$

ჰორიზონტალური ძალისგან W , რომელიც მოდებულია მე-2 კვანძში:

$$F_{h,\omega} = \frac{W}{2}; \quad (101)$$

$$M_{2,\omega} = M_{3,\omega} = \frac{Wh}{2}. \quad (102)$$

უსახსრო მართკუთხა ჩარჩოსთვის (ფიგ. 146, ბ), ანალოგიური დატვირთვებისგან გამოწვეული, განმბჯენებისა და მომენტების მნიშვნელობები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$F_h = \frac{3ql^2}{(2+k)12h}, \quad (103)$$

$$M_2 = M_3 = \frac{ql^2}{(2+k)6}, \quad (104)$$

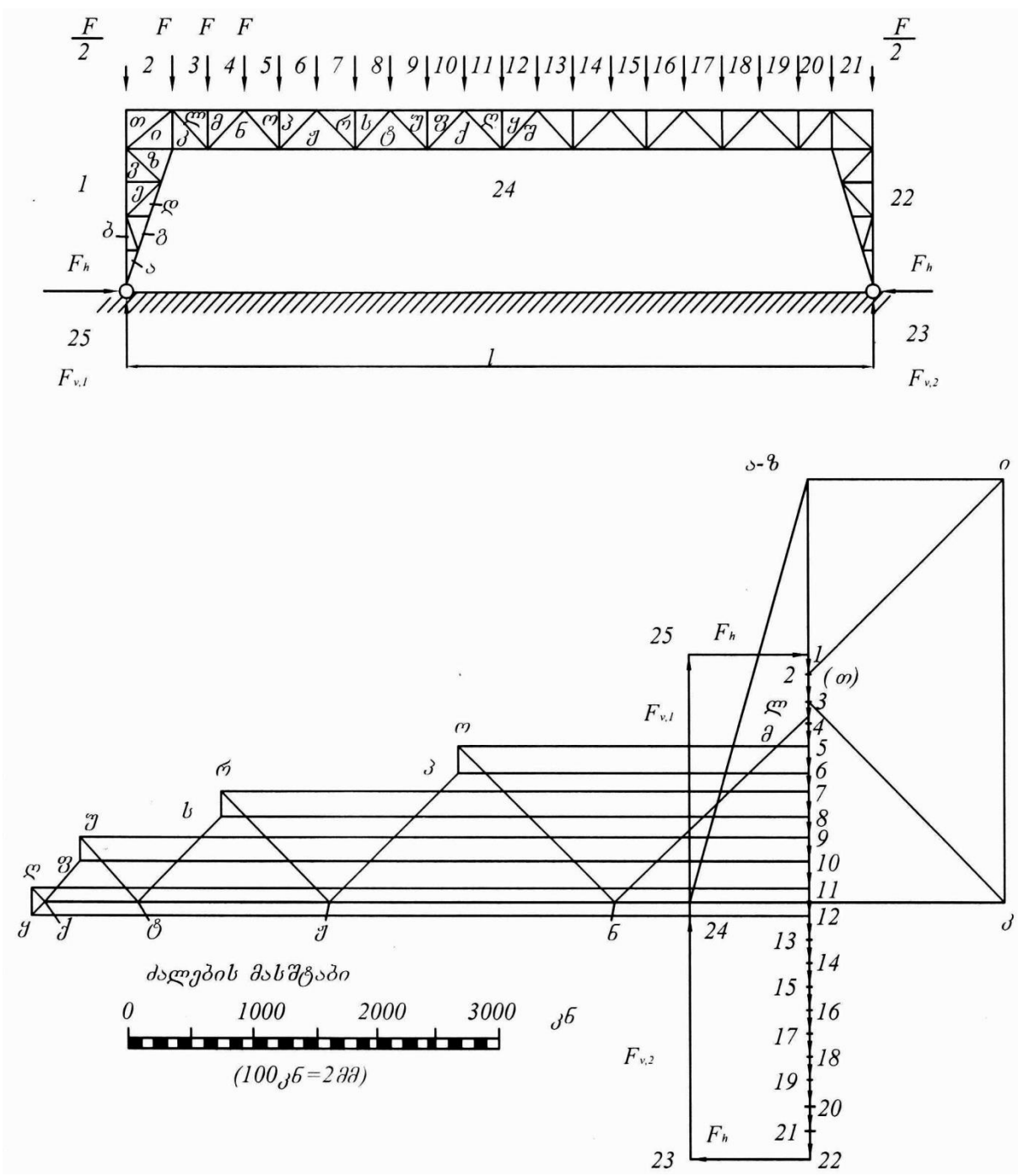
$$M_1 = M_4 = \frac{ql^2}{(2+k)12}, \quad (105)$$

$$F_{h,\omega} = \frac{W}{2}, \quad (106)$$

$$M_{2,\omega} = M_{3,\omega} = \frac{3kWh}{2(1+6k)}, \quad (107)$$

$$M_{1,\omega} = M_{4,\omega} = \frac{(1+3k)Wh}{2(1+6k)}. \quad (108)$$

M და N ძალების მნიშვნელობების მიხედვით ახორციელებენ ჩარჩოს კვეთის შერჩევას და მიღებული k -ს მნიშვნელობების შემოწმებას. თუკი სიხისტეების თანაფარდობის ნამდვილი მნიშვნელობა k_{ca} , მისი პირველი მიახლოებით მნიშვნელობისგან 20%-ზე მეტად განსხვავდება, საჭიროა კვეთის კორექტირება და განმეორებითი გაანგარიშება k -ს ახალი, გასაშუალებული მნიშვნელობისთვის. მიახლოებით გაანგარიშებებში რიგედი გაიანგარიშება მხოლოდ მდუნავი მომენტის მოქმედებაზე, ვინაიდან N გრძივი ძალა, სიმცირის გამო, შეიძლება უგულებელვყოთ.



ფიგ. 147. ორსახსრიანი გამჭოლი ჩარჩოს გაანგარიშებისთვის

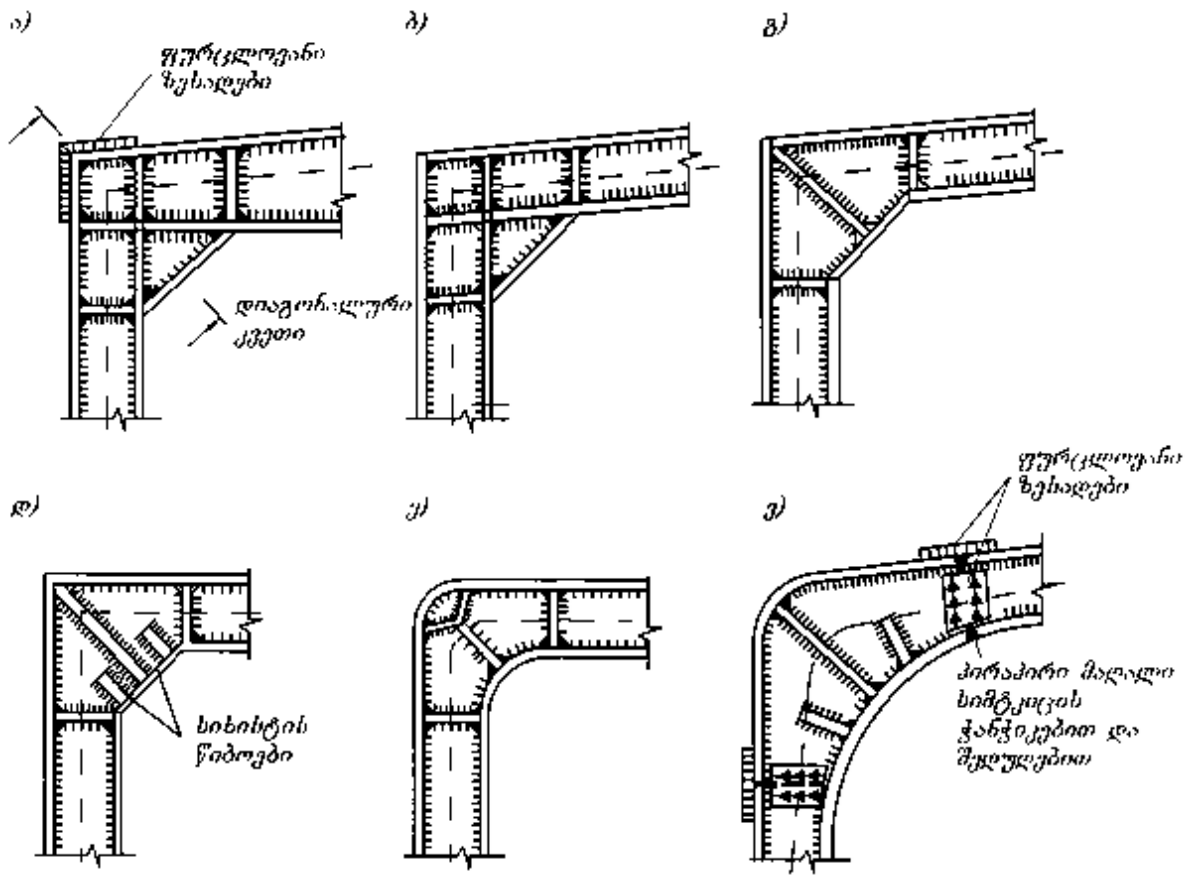
მთლიანკედლიანი ჩარჩოს დგარი გაანგარიშდება მდგრადობაზე, როგორც არაცენტრალურად შეკუმშული დერო. გისოსოვან ჩარჩოებში ძალების განსაზღვრისათვის, განსაკუთრებით რიგელის ტრაპეციისებრი ან პოლიგონალური მოხაზულობის დროს, მოსახერხებელია კრემონას დიაგრამის გამოყენება (ფიგ. 147). ამასთან, განმზღვენსა და ვერტიკალურ საყრდენ რეაქციებს წინასწარ საზღვრავენ ანალიზური გზით.

8.3. ჩარჩოების კონსტრუქცია

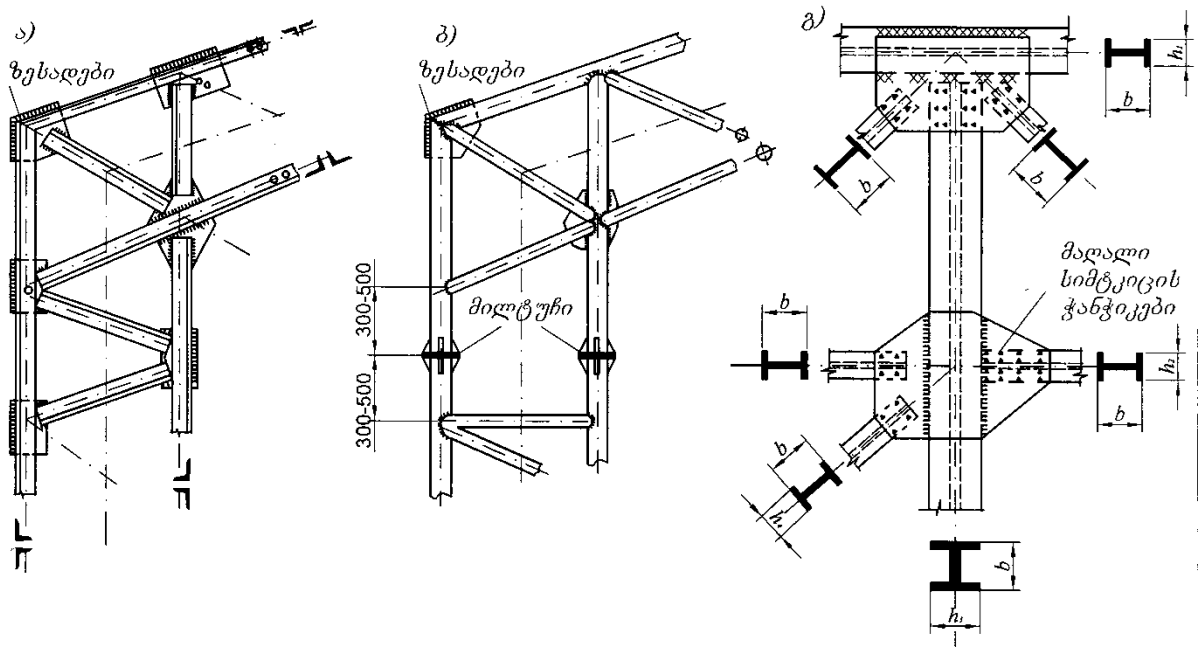
ჩარჩოვან კონსტრუქციებში ყველაზე საპასუხისმგებლო კვანძად ითვლება რიგელისა და დგარის შეუღლების კვანძი. კვანძის დიაგონალურ კვეთში ნეიტრალური ღერძი კვეთის ღერძიდან ინაცვლებს შიგა კუთხის მხარეს, რაც კვანძის შეკუმშულ ზონაში იწვევს მნიშვნელოვანი ადგილობრივი ძაბვების წარმოქმნას. ამის გამო, მთლიანკვეთიანი ჩარჩოების შემავალი კუთხეები მზადდება ირიბი-ფუტებით (ფიგ. 148, ა-დ) ან მრუდზე მდორე გადასვლით (ფიგ. 148, ე, ვ). კვანძში გამჭიმვი ძაბვების აღსაქმელად გაჭიმული ბოჭკოების მხრიდან აუცილებელია ფურცლოვანი ზესადების გათვალისწინება, რომელიც მიედრება რიგელისა და დგარის სარტყელებს (ფიგ. 148, ა).

ორტესებრი კვეთის კედლის მდგრადობისათვის, შეუღლების კვანძში მკუმშავი ძაბვების მიმართულებით, კეთდება სიხისტის წიბოები. მთლიანკედლიან და გისოსურკედლიან ჩარჩოებში, რიგელის დგართან შეუღლების კვანძები მზადდება ქარხნის პირობებში, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მათ საიმედოობას ექსპლუატაციის პროცესში.

მსუბუქი გამჭოლი ჩარჩოების გასაგზავნ მარკებად დანაწევრება ხორციელდება რიგელის საზღვრებში, ნულოვანი მომენტის კვეთის სიახლოვეს (ფიგ. 149, ა) ან ჩარჩოს დგარის საზღვრებში (ფიგ. 149, ბ). კუთხვანის პროფილიან ჩარჩოებში პირაპირი სრულდება საპირაპირე კუთხედების შედუღებით, ხოლო მილოვან ჩარჩოებში მიღტუჩებით, მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების გამოყენებით. მძიმე, დიდმალიან ჩარჩოებს აპროექტებენ მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით სრულდასაწყობ კონსტრუქციად (ფიგ. 149, გ). ჩარჩოებში, კონსტრუქციული თვალსაზრისით, შედარებით რთულია საყრდენისა და საჭექის სახსრების მოწყობა.

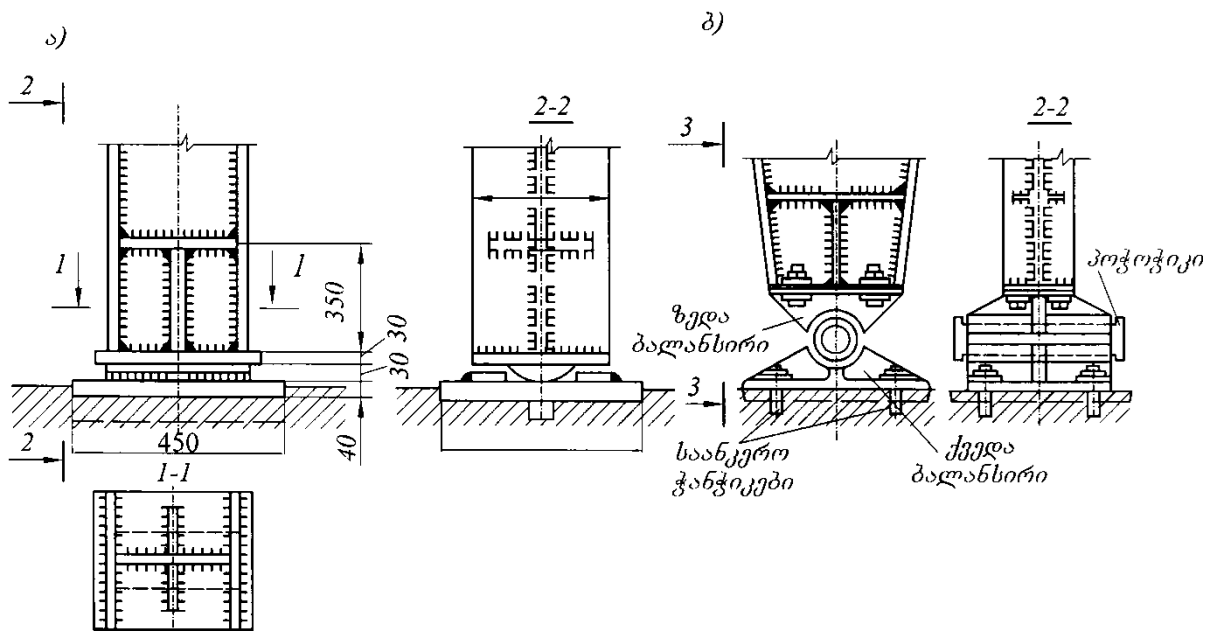


ფიგ. 148. მთლიანკედლიან ჩარჩოებში რიგელის დგართან შეუღლების კვანძები



ფიგ. 149. გამჭოლ ჩარჩოებში რიგელის დგართან შეუღლების კვანძები

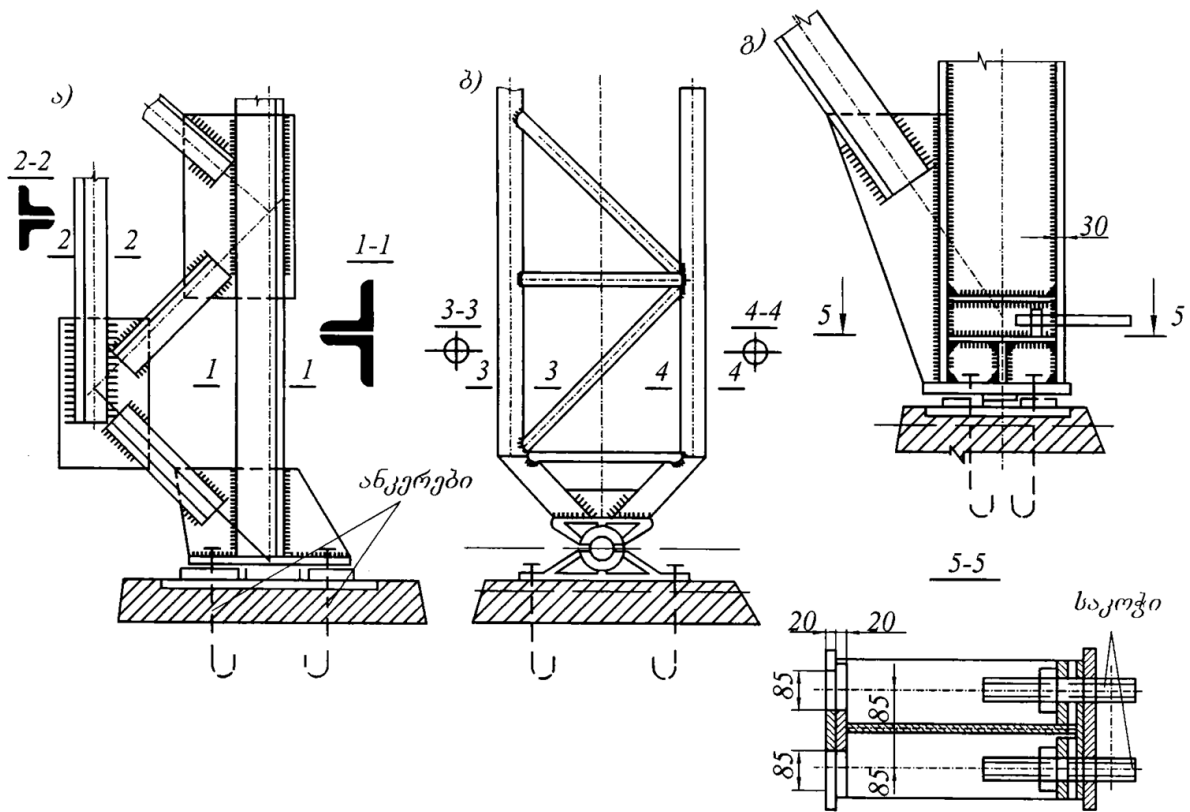
60 მ-მდე მაღლის მქონე ჩარჩოებში, 2500 კნ-ზე ნაკლები საყრდენი რეაქციების დროს, უპირატესად გამოიყენება მარტივი კონსტრუქციის ფილისებრი სახსრები (ფიგ. 150, ა; ფიგ. 151, ა, გ), ისინი კარგად მუშაობენ ჰორიზონტალურ რიგელებიანი და ვერტიკალურ დგარებიანი ჩარჩოების კვანძებში. დიდი საყრდენი რეაქციების დროს გამოიყენება ბალანსირული სახსრები (ფიგ. 150, ბ; ფიგ. 151, ბ), რომლებიც შედგება ზედა ბალანსირის, საძირკველთან მიმაგრებული ქვედა ბალანსირისა და მათ შორის დასაყენებელი ცილინდრული პოჭოჭიკისაგან.



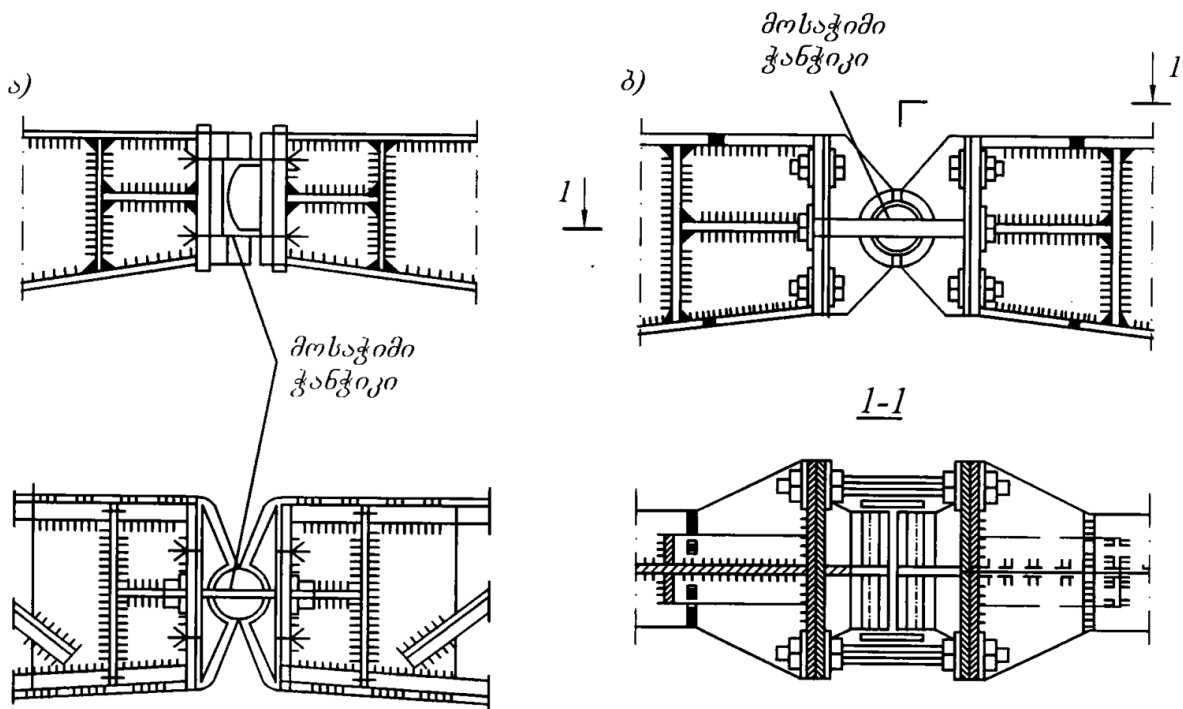
ფიგ. 150. მთლიანკედლიანი ჩარჩოების საძირკველზე დაყრდნობის კვანძები

ა – ფილოვანი სახსარი; ბ – ცილინდრული სახსარი;

შეუღლების კვანძებში ჩარჩოს ელემენტებს აძლიერებენ სიხისტის წიბოებითა და დამატებითი ფურცლებით, რომელთა დანიშნულებაა შეყურსული კვანძური ძალის გადანაწილება მთელ საანგარიშო კვეთზე (ფიგ. 152).



ფიგ. 151. გამჭოლი ჩარჩოს დგარის საძირკველზე დაყრდნობის კვანძები
 ა – ფილოვანი სახსარი; ბ – ბალანსირული ცილინდრული სახსარი;



ფიგ. 152. კლიტის (საჭექის, კეხის) სახსრები
 ა, ბ – მთლიანკედლიან ჩარჩოებში; გ – გამჭოლ ჩარჩოებში;

ფილისებრი და ბალანსირული სახსრების გამოყენება უზრუნველყოფს საყრდენ და კლიტის (საჭექის, კეხის) კვანძებში საჭირო მობრუნების კუთხის მიღებას, ასევე, გრძივი და განივი ძალების გადაცემისთვის აუცილებელ სიმტკიცეს. კლიტის სახსრების საექსპლუატაციო მდგომარეობა მიიღწევა მოსაჭიმი ჭანჭიკების დაყენებით, რომლებსაც ასევე შეუძლიათ ჩარჩოებსა და თაღებში ქარის გაწოვის ძლიერი მოქმედების დროს წარმოქმნილი გამჭიმავი ძალების ათვისება. საყრდენ კვანძში საკოჭს ამაგრებენ ჩარჩოს დგარის შეკუმშული შტოს თაროსთან (ფიგ. 151, გ). თაროს მდგრადობისთვის იყენებენ სიხისტის ორმხრივ წიბოებს. ფიგ. 153-ზე მოყვანილია ალუმინის შენადნობის, მაღალი სიმტკიცის ფოლადის ორსაკოჭიანი, 60 მ მაღის მქონე წინასწარ დაძაბული ჩარჩოს კონსტრუირების მაგალითი. ლითონის ეკონომიის მიზნით, ჩარჩოს შეკუმშული დგარი შესრულებულია ასაწყობი რკინაბეტონისაგან და აქვს ორტესებრი განივი კვეთი.

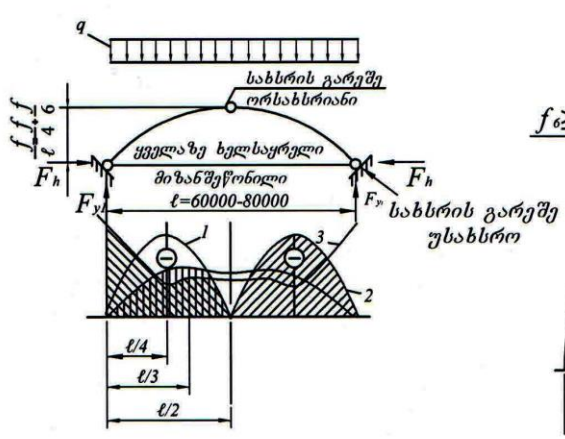
თავი 9. თაღოვანი კონსტრუქციები

9.1. თაღების სტატიკური და კონსტრუქციული სქემები

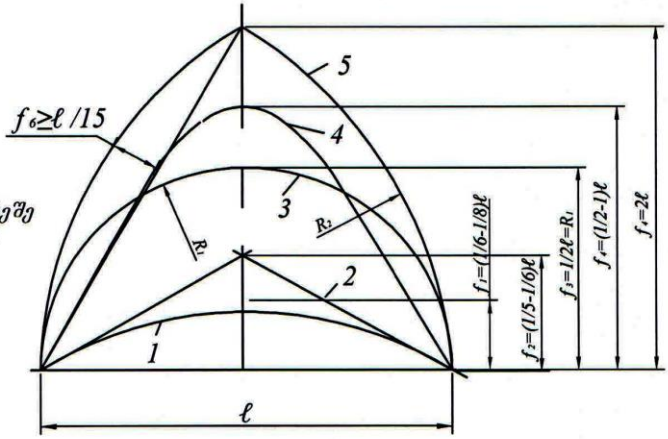
ჩარჩოსგან განსხვავებით თაღი წარმოადგენს მრუდხაზოვან (რკალისებრ) კონსტრუქციას, რომლითაც გადაიხურება მაღლი ორ საყრდენს (საძირკვლებს, პილონებს ან სვეტებს) შორის. სამრეწველო, საზოგადოებრივ და სასოფლო-სამეურნეო შენობებსა და ნაგებობებში გამოყენებული ლითონის თაღოვანი კონსტრუქციების მაღლი შეიძლება იყოს 30-150 მ. განმბჯენის არსებობიდან გამომდინარე კონსტრუქციის დაბალი მასის გამო, აგრეთვე იმის გამო, რომ თაღში უპირატესად წარმოიქმნება მკუმშავი ძალები და უმნიშვნელო მღუნავი მომენტები, თაღები მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას 60-80 მ-ზე მეტი მაღლების შემთხვევაში.

სტატიკური სქემის მიხედვით თაღები შეიძლება იყოს სამსახსრიანი, ორსახსრიანი და უსახსრო (ფიგ. 154). თაღების მიზანშეწონილობაზე შეიძლება ვიმსჯელოთ მღუნავი მომენტების ეპიურის მიხედვით. უდიდესი მღუნავი მომენტები წარმოიქმნება სამსახსრიანი თაღის მაღის მეოთხედში, ამიტომ ისინი ყველაზე მძიმეებია და შესაბამისად, ნაკლებად გამოიყენება. უსახსრო თაღებში მომენტები მაღის შუა ნაწილში მინიმალურია და იზრდება

შედარებით მცირე უბნებზე საყრდენებთან ახლოს, ამიტომ ისინი ყველაზე მსუბუქი კონსტრუქციებია. თუმცა, ჩარჩოების ანალოგიურად, უსახსრო თაღების გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ არადეფორმირებად გრუნტებზე. წინააღმდეგ შემთხვევაში მასალების ხარჯი საძირკველზე მნიშვნელოვნად გადაფარავს მასალის ეკონომიას, რომელიც მიიღწევა თაღში.



ფიგ. 154. თაღების სტატიკური სქემები და თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან გამოწვეული მომენტების ეპიურები
 1 – სამსახსრიანი; 2 – ორსახსრიანი; 3 – უსახსრო;



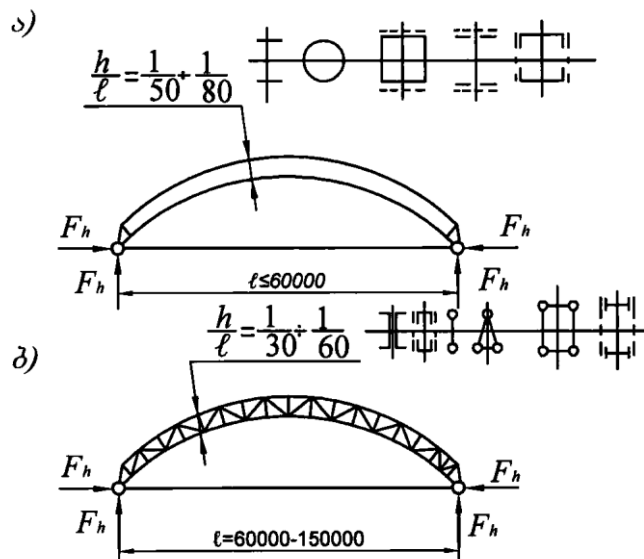
ფიგ. 155. თაღების ტიპები f/l ფარდობაზე დამოკიდებულებით
 1 – დამრეცი; 2 – სწორხაზოვანი; 3 – ნახევარწრიული; 4 – შემადლებული; 5 – ისრული;

ორსახსრიანი თაღები, უსახსროსთან შედარებით, ნაკლებად მგრძნობიარეა ტემპერატურულ და დეფორმაციულ ზემოქმედებაზე და აქვთ მეტი სიხისტე, ვიდრე სამსახსრიან თაღებს. ამის გარდა, მათ აქვთ მღუნავი მომენტის უფრო თანაბარი განაწილება დანარჩენ ორ სტატიკურ სქემასთან შედარებით. ორსახსრიანი თაღები მასალის ხარჯის მიხედვით საკმაოდ ეკონომიურია, მათი დამზადება და მონტაჟი მარტივია და ამ თვისებების გამო სარგებლობენ გამოყენების უპირატესობით შენობებსა და ნაგებობებში.

ჩარჩოსთან შედარებით, თაღს უკავია მეტი სივრცე, ვინაიდან თაღოვან გადახურვებში (დამრეცობის გამო) საყრდენებთან ახლოს არსებობს შეზღუდული ექსპლუატაციის ზონები. თაღების ყველაზე ხელსაყრელი სიმაღლე შეადგენს მალის 1/4–1/6-ს, მაგრამ ექსპლუატაციის პირობებიდან გამომდინარე თაღების მოხაზულობა შეიძლება იყოს ნებისმიერი (ფიგ. 155). თაღების მინიმალურად დასაშვები დამრეცობა აიღება არანაკლებ მალის 1/8,

ხოლო მაქსიმალური აწეულობა (შემაღლება) ისრულ თაღებში არაუმეტეს ორი მაღისა.

თანაბრად განაწილებული დატვირთვის მოქმედებისას, თაღებში მომენტების მინიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა მაშინ, როდესაც თაღის მოსახულობა ემთხვევა წნევის მრუდს. ამ შემთხვევას შეესაბამება კვადრატული პარაბოლის მიხედვით შემოსახული თაღი. დამრეც თაღებში, დამზადების გამარტივების მიზნით, პარაბოლური მრუდი შეიძლება შეცვლილი იქნეს წრეწირის რკალით, რაც არ იწვევს ძაღვების მნიშვნელოვან ზრდას. თაღების სიმაღლის გაზრდის შემთხვევაში ნორმალური ძალა და განმბჯენი მცირდება, ხოლო მღუნავი მომენტი მნიშვნელოვნად იზრდება. ამას დიდწილად ხელს უწყობს ქარის დატვირთვის გავლენა, რაც იწვევს განსხვავებულ ზემოქმედებას თაღზე დაწნევისა და გაწოვის მხრიდან, რაც იძლევა ორ არათანაბარ წნევის მრუდს.



ფიგ. 156. ორსახსრიანი თაღის კონსტრუქციული სქემები და კვეთების ტიპები

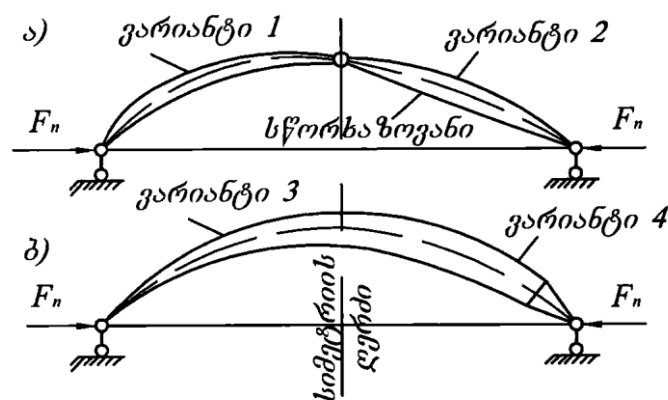
ა – მთლიანკედლიანი; ბ – გამჭოლი;

კონსტრუქციული თვალსაზრისით ლითონის თაღი შეიძლება იყოს მთლიანი და გამჭოლი (გისოსოვანი). მთლიან თაღს, რომლის სიმაღლე მაღის 1/50–1/80-ია (ფიგ. 156, ა), იყენებენ 60 მ-დე მაღლებში. ზოგჯერ, ფუნქციური მოსაზრებებიდან, თაღებს აპროექტებენ ორი სწორსახოვანი ელემენტით. ასეთ თაღებში კვეთის სიმაღლეს იღებენ მაღის 1/15–1/20-ს ფარგლებში.

მრუდსახოვან თაღებთან შედარებით ეს თაღები ნაკლებად ეფექტურებია. მთლიანი თაღების კვეთები სრულდება შენადული ფართოთაროებიანი ორტესებრის, მილის და თამასებით შეერთებული ორი შველერისგან ან ორტესებრისგან შედგენილი კვეთების სახით. შედგენილ კვეთებს აქვთ დიდი სიხისტე თაღის სიბრტყიდან, ამიტომ მათი გამოყენება მიზანშეწონილია დიდი მალეების შემთხვევაში.

60 მ-ზე მეტი მალის შემთხვევაში უპირატესად აპროექტებენ გამჭოლ თაღებს პარალელური სარტყელებით (ფიგ. 156, ბ). გამჭოლ თაღებს ნაკლები სიხისტე აქვთ, ამიტომ ასეთ თაღებში კვეთის სიმაღლეს ზრდიან მალის 1/30–1/60-დგ. გამჭოლი თაღების სარტყელები კეთდება კუთხედების, შველერების, მილებისა და ორტესებრისაგან. დიდი მალეებისა და ძაღვების შემთხვევაში გამჭოლი თაღები კეთდება სამკუთხა ან ოთხკუთხა განივი კვეთის მქონე სივრცითი სახის. გამჭოლ თაღებში სარტყელები ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებით შეუღლებულია სამკუთხა ან ირიბანული ტიპის გისოსოვანი კავშირებით, რომლებიც კეთდება ერთეული კუთხედებით, შველერებით ან ორტესებრით.

მთლიანკედლიანი და გამჭოლი თაღების კვეთები რეკომენდებულია მთელ სიგრძეზე იყოს მუდმივი. თუმცა, ორ და სამსახსრიან თაღებში, ლითონის ეკონომიის მიზნით, დასაშვებია დაპროექტდეს ნამგლისებრი ან სეგმენტური მოხაზულობების თაღები (ფიგ. 157).

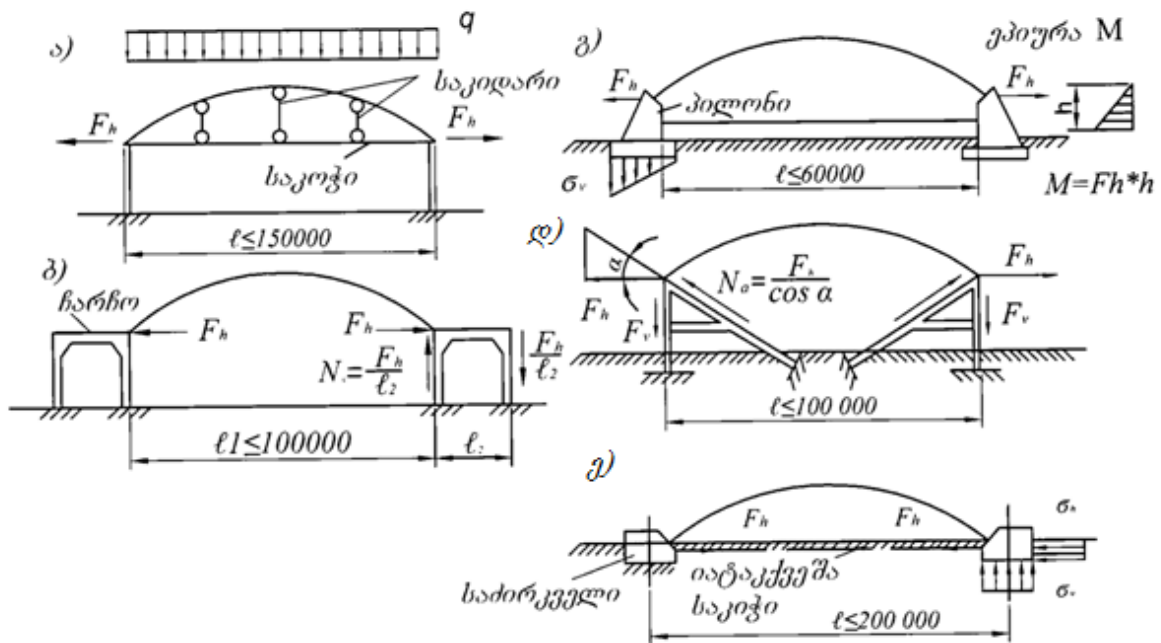


ფიგ. 157. თაღების მოხაზულობა

ა – სამსახსრიანი; ბ – ორსახსრიანი;

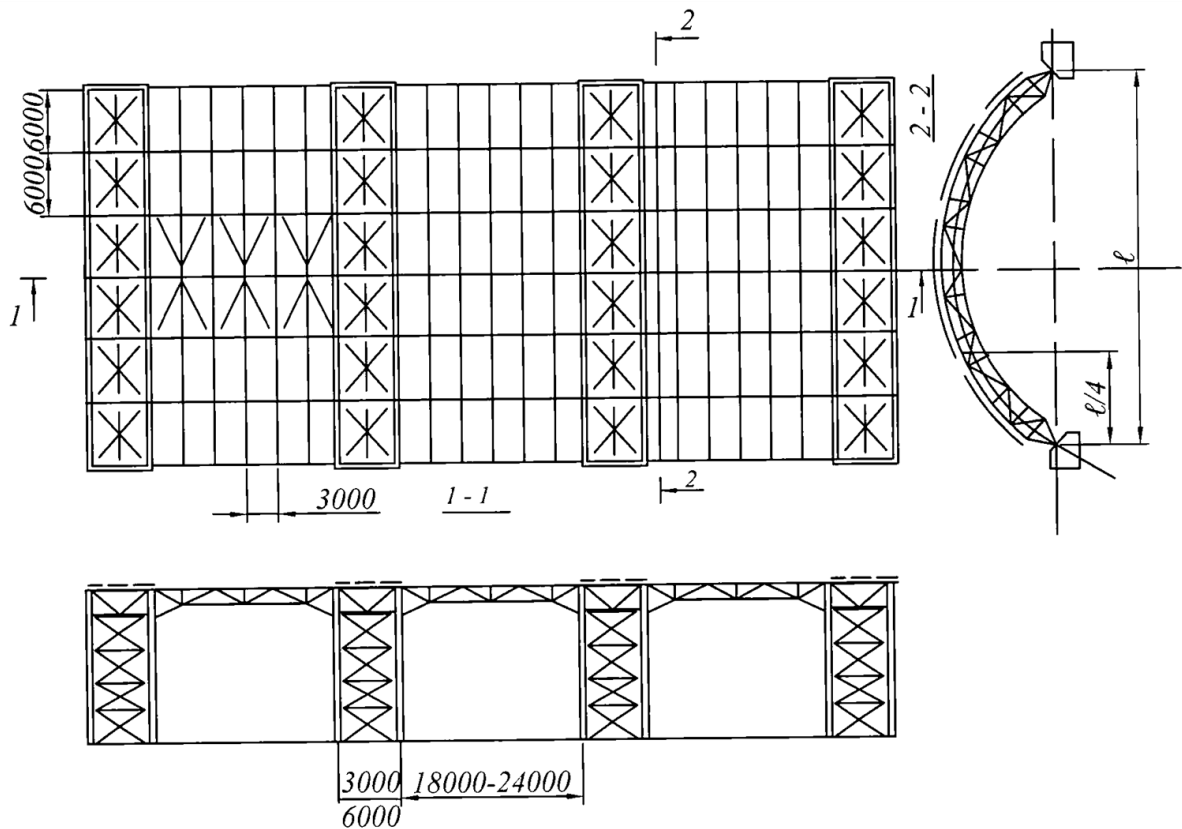
1, 3 – ნამგლისებრი; 2 – სეგმენტური; 4 – პარალელურ სარტყელებიანი;

განმზღენი თაღურ კონსტრუქციაში ათვისება საკოჭის მიერ, რომელიც მოწყობილია საყრდენი კვანძების დონეზე (ფიგ. 158, ა). თუმცა, საკოჭი ხელს უშლის მთელი შენობის ნორმალურ ექსპლუატაციას და საჭიროებს საკიდრებზე მასალის დამატებით ხარჯს. დიდმალიან საზოგადოებრივ და სამრეწველო შენობებში საკოჭისგან განთავისუფლება ხორციელდება განმზღენის გადაცემით ხისტ საყრდენებზე, განივი ჩარჩოების (ფიგ. 158, ბ), პილონების (ფიგ. 158, გ), ტრიბუნების (ფიგ. 158, გ) სახით ან უშუალოდ საძირკვლებზე (ფიგ. 158, ე). სუსტ გრუნტებში საძირკვლის ზომაზე მეტად გადანაცვლების თავიდან ასაცილებლად იატაკქვეშა საკოჭი შეიძლება მოეწყოს მნიშვნელოვანი განმზღენი ძაღვების შემთხვევაში (ფიგ. 158, ე).



ფიგ. 158. თაღებში განმზღენის ათვისების ვარიანტები

მთლიანი თაღების დაპროექტებისას მათი ბიჯი შენობის გასწვირივ რეკომენდებულია მიღებულ იქნას 6-12 მ, ხოლო გამჭოლი თაღების შემთხვევაში – 12-24 მ. თაღებს შორის 6 მ ბიჯის დროს გადახურვას აპროექტებენ კავშირების გარეშე, ფიღების დაღაგებით უშუალოდ თაღის ზედა სარტყელზე. ხოლო 12-24 მ ბიჯის დროს კავშირებად გამოიყენება 6 მ ბიჯით განღაგებული გისოსოვანი ფერმები, ხოლო ფიღებს აღაგებენ მათზე ან კავშირის ფერმებზე 3 მ ბიჯით განღაგებულ დამატებით კავშირებზე (ფიგ. 159).



ფიგ. 159. თაღოვანი გადახურვის გაერთიანებული შეწყვილებული თაღების შემთხვევაში

თაღებზე ნივნივური გადახურვის მოწყობა ჩარჩოს ნივნივური გადახურვის ანალოგიურია. თაღოვანი გადახურვის განმასხვავებელი თავისებურებაა – თაღებს შორის, არა უმეტეს 12 მ ბიჯით, ვერტიკალური გრძივი კავშირების მოწყობის აუცილებლობა, რომლებიც უზრუნველყოფენ ქვედა შეკუმშული სარტყელის მდგრადობას ზედა სარტყელებზე ჰორიზონტალური კავშირების არსებობისას.

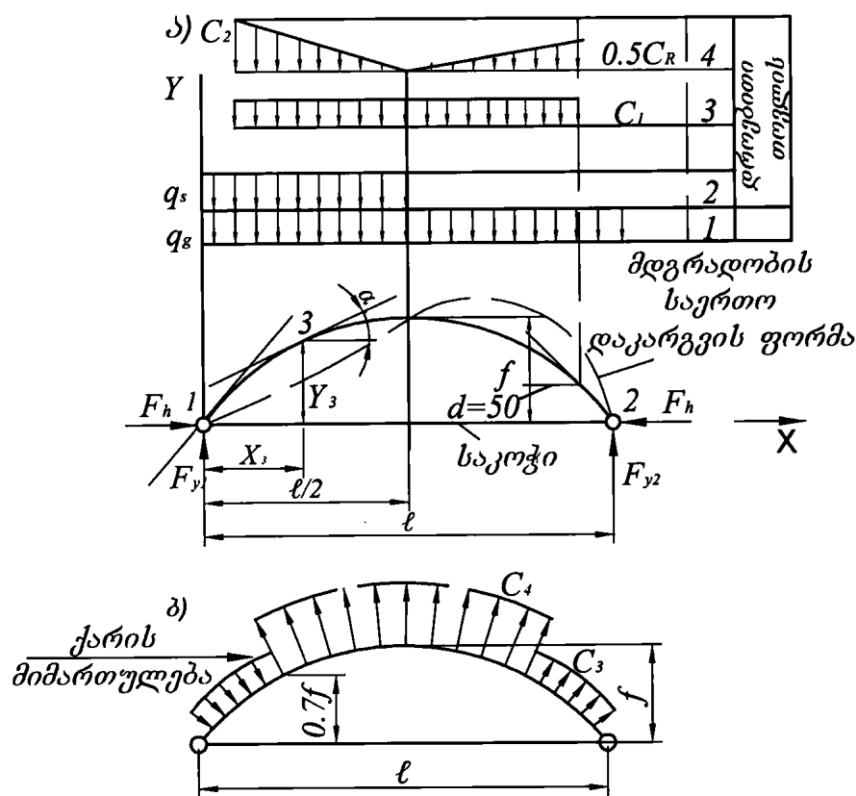
60 მ-ზე მეტი მანძილის შემთხვევაში, ცალკეულ ბრტყელ თაღებს აერთიანებენ წყვილ-წყვილად 3-6 მ სიგანის ბლოკებად, რომელთა შორის მანძილი 18-24 მ-ია. ასეთი გადახურვის საერთო მდგრადობა იზრდება ბლოკებს შორის დამატებითი ჰორიზონტალური კავშირების მოწყობით ზედა სარტყელების სიბრტყეში, გადახურვის კეხის გასწვრივ. ასეთ შემთხვევაში კავშირების სისტემაში რთავენ წამწე-გრძივების ზედა სარტყელებს. თაღოვან გადახურვებში წამწე-გრძივების სიმაღლე, ჩამაგრების გათვალისწინებით, შეიძლება იყოს მათი მანძილის 1/15–1/20.

9.2. თაღოვანი კონსტრუქციების გაანგარიშება

შენობებში და ნაგებობებში თაღებზე მოქმედებს ვერტიკალური მუდმივი (საკუთარი მასა) და დროებითი (თოვლი) დატვირთვები, აგრეთვე დროებითი ქარის დატვირთვა (ფიგ. 160). ორსახსრიანი თაღი წარმოადგენს ერთჯერ სტატიკურად ურკვევ სისტემას, რომელშიც უცნობია F_h განმბჯენის სიდიდე. კვადრატული პარაბოლის ან მასთან მიახლოებული სხვა მრუდის მოხაზულობის, $f / l < 1/8$ დამრეცობის მქონე ორ და სამსახსრიან თაღებში თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან გამოწვეული განმბჯენი განისაზღვრება ფორმულით

$$F_h = q_g l^2 / 8f, \quad (109)$$

სადაც q_g არის საანგარიშო მუდმივი დატვირთვა თაღზე.



ფიგ. 160. ორსახსრიანი თაღის გაანგარიშებისთვის

თაღებში, დამრეცობით $f / l \geq 1/8$, საანგარიშო მუდმივ დატვირთვას წარმოადგენენ ორი სიმეტრიული პროექციის სახით – $q_{g,1}$ (საჭკეპში) და $q_{g,2}$ (ქუსლში), ამიტომ განმბჯენის დაზუსტებული მნიშვნელობა მოცემული შემთხვევისთვის გაიანგარიშება ფორმულით:

$$F_h = (q_{g,1} l^2/8f) + (q_{g,2} - q_{g,1})l^2/24. \quad (110)$$

თაღების დამრეცობაზე დამოკიდებულებით, აგრეთვე იცვლება საანგარიშო თოვლის დატვირთვის მდებარეობა. თაღებში დამრეცობით $f/l < 1/8$, საანგარიშო თოვლის დატვირთვის იღებენ თანაბრად განაწილებულს თაღის სიგრძეზე (იხ. დატვირთვა 3), ხოლო, როდესაც $f/l \geq 1/8$ – ორ ვარიანტად: პირველი – თანაბრად განაწილებული დატვირთვის სახით, მეორე – ორი არათანაბარი სამკუთხედის სახით (იხ. დატვირთვა 4), რომელთა გავლენა საანგარიშების დროს შეიძლება მიახლოებით შეიცვალოს ცალმხრივი თანაბრად განაწილებული დატვირთვით q_s (იხ. დატვირთვა 2).

განმბჯენის სიდიდეს დროებითი თოვლის დატვირთვისგან, ამ შემთხვევებისთვის, გამოითვლიან ფორმულებით:

$$F_{h,s,1} = q_s l^2/8f, \quad (111)$$

$$F_{h,s,2} = q_s l^2/16f. \quad (112)$$

თაღის ღერძის გასწვრივ მოქმედი M, N, Q ძალები ნებისმიერ კვეთში საყრდენიდან x მანძილზე გამოითვლება ფორმულებით:

$$M_x = M_b - F_h y, \quad (113)$$

$$N_x = Q_b \sin \alpha + F_h \cos \alpha, \quad (114)$$

$$Q_x = Q_b \cos \alpha - F_h \sin \alpha. \quad (115)$$

სადაც F_h არის მუდმივი ან დროებითი დატვირთვისგან გამოწვეული განმბჯენი; M_b და Q_b – ვერტიკალური საანგარიშო დატვირთვებისგან გამოწვეული კოჭური მომენტი და განივი ძალა, როდესაც თაღი განიხილება როგორც l მაღის მქონე კოჭი; y – საანგარიშო კვეთის ღერძული წერტილის ორდინატი; α – კუთხე საანგარიშო კვეთში თაღის ღერძის მხებსა და ჰორიზონტალს შორის.

უსახსრო თაღში მღუნავი მომენტი უდიდეს მნიშვნელობას აღწევს ქუსლებში და მიახლოებით შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$M = q_{g,s} l^2/64, \quad (116)$$

სადაც $q_{g,s}$ არის მუდმივი დატვირთვისა და თოვლის ჯამური საანგარიშო თანაბრად განაწილებული დატვირთვა.

ძალეები მუდმივი კვეთის გამჭოლი თაღების ელემენტებში (ფიგ. 161) განისაზღვრება M_x -ის, N_x -ის და Q_x -ის მეშვეობით ფორმულებით:

ზედა სარტყელში

$$N_{sup} = - [(N_x a_2 / h) - (M_x / h)], \quad (117)$$

ქვედა სარტყელში

$$N_{inf} = - [(N_x a_1 / h) + (M_x / h)], \quad (118)$$

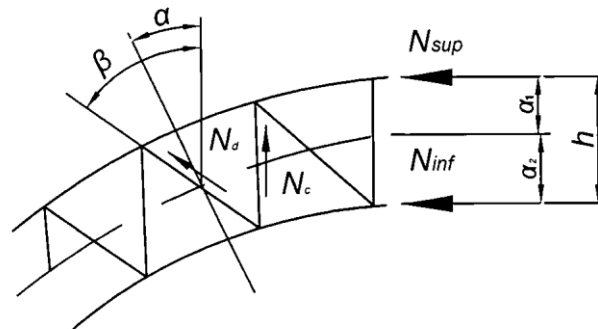
ირიბნებში

$$N_d = Q_x / \cos(\beta - \alpha), \quad (119)$$

ვერტიკალურ დგარებში

$$N_c = Q_x / \cos \alpha. \quad (120)$$

სადაც a არის მანძილი კვეთის სიმძიმის ცენტრიდან შესაბამის სარტყელამდე.



ფიგ. 161. გამჭოლი თაღის ელემენტების კვეთის გაანგარიშებისათვის

გამჭოლი თაღების ელემენტების კვეთები ძალვის ნიშანზე დამოკიდებულებით განისაზღვრება (81) ან (82) ფორმულებით, ხოლო მთლიანი თაღების კვეთები – (17) და (18) ფორმულებით. ორ და სამსახსრიან თაღებში გრძივი ძალისა და მღუნავი მომენტის ყველაზე არახელსაყრელი თანწყობის შემთხვევაში საანგარიშო კვეთი აიღება ძალის მეოთხედში, ხოლო უსახსრო თაღებში – საყრდენზე.

გაანგარიშების დროს მნიშვნელოვანია თაღების საერთო მდგრადობის შემოწმება. სიბრტყიდან თაღების მდგრადობა მიიღწევა ვერტიკალური კავშირების დამონტაჟებით (იხ. ფიგ. 159), რომლებიც დაპროექტების პირობებით არ უნდა აღემატებოდეს თაღის სარტყელის 16-20 სიგანეს. სარტყელის მდგრადობა თავის სიბრტყეში კმაყოფილდება შემდეგი პირობით

$$N_{cr} > (1.2 - 1.3)N, \quad (121)$$

სადაც N არის საანგარიშო გრძივი ძალა ძალის 1/4-ში (მთლიან ძალზე მუდმივი დატვირთვისა და ნახევარ ძალზე დროებითი თოვლის დატვირთვისაგან); N_{cr} – საანგარიშო კრიტიკული ძალა თაღის, როგორც მრუდხაზოვანი შეკუმშული ძელის, მდგრადობის დაკარგვისას.

თაღოვან კონსტრუქციებში კრიტიკული ძალა მიახლოებით შეიძლება განისაზღვროს ეილერ-იასინსკის ფორმულით; ამ შემთხვევაში საანგარიშო სიგრძედ l_{ef} მიიღება თაღის სიგრძის ნახევარი (იხ. ფიგ. 160, ა):

$$N_{cr} = \pi^2 E J_x / \mu l_{ef}^2 . \quad (122)$$

საანგარიშო სიგრძის კოეფიციენტი μ , რომელიც ითვალისწინებს თაღის სიმრუდეს და დამოკიდებულება f/l ფარდობაზე, განისაზღვრება ცხრილი 33-ით.

ცხრილი 33

μ კოეფიციენტის მნიშვნელობები თაღოვან კონსტრუქციებში

თაღის სტატიკური სქემა	μ ფარდობისას f/l			
	0.05	0.2	0.3	0.4
სამსახსრიანი	0.6	0.6	0.6	0.65
ორსახსრიანი	0.5	0.55	0.6	0.65
უსახსრო	0.35	0.375	0.4	0.425

გაანგარიშება ქარის დატვირთვაზე აუცილებელია ჩატარდეს თაღებისთვის, რომლებშიც $f/l > 0.2$.

9.3. თაღების კონსტრუქცია

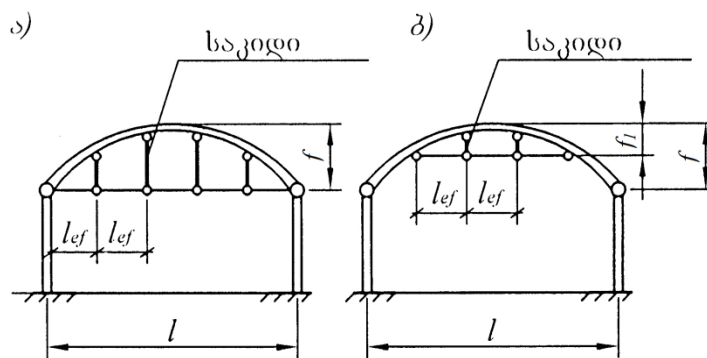
თაღების კვანძების კონსტრუქცია პრაქტიკულად არ განსხვავდება ჩარჩოების კვანძების კონსტრუქციისაგან. ჩარჩოების მსგავსად თაღებში ყველაზე რთულია საყრდენი და კლიტის (კეხის, საჭეკის) სახსრები. ამ კვანძების მახლობლად გამჭოლ თაღებს, როგორც წესი, კონსტრუქციული მოსაზრებებიდან აქვთ მთლიანი კვეთი, რაც, ჩარჩოვანი კონსტრუქციებისგან განსხვავებით, განსაზღვრავს მთლიანი და გამჭოლი თაღების სახსროვანი კვანძების მსგავსებას.

თაღებში საკოჭი შეიძლება განთავსდეს საყრდენი სახსრების დონეზე (ფიგ. 162, ბ) ან საყრდენების ზევით, რითაც იზრდება შენობის სასარგებლო

სიმაღლე (ფიგ. 162, ბ). მეორე შემთხვევაში აწვევის ისრების ფარდობა f_1/f არ უნდა იყოს 0.5-ზე ნაკლები. არასრული საანგარიშო დატვირთვისას ჩაკიდულობის ლიკვიდაციისათვის საკოჭს მთელ სიგრძეზე კიდებენ თაღზე საკიდრების მეშვეობით. საკიდრების რაოდენობა განისაზღვრება საკოჭის გაჭიმული ელემენტის მაქსიმალური მოქნილობის უზრუნველყოფის პირობიდან შემდეგი ფორმულით

$$l_{ef} \leq 400i, \quad (123)$$

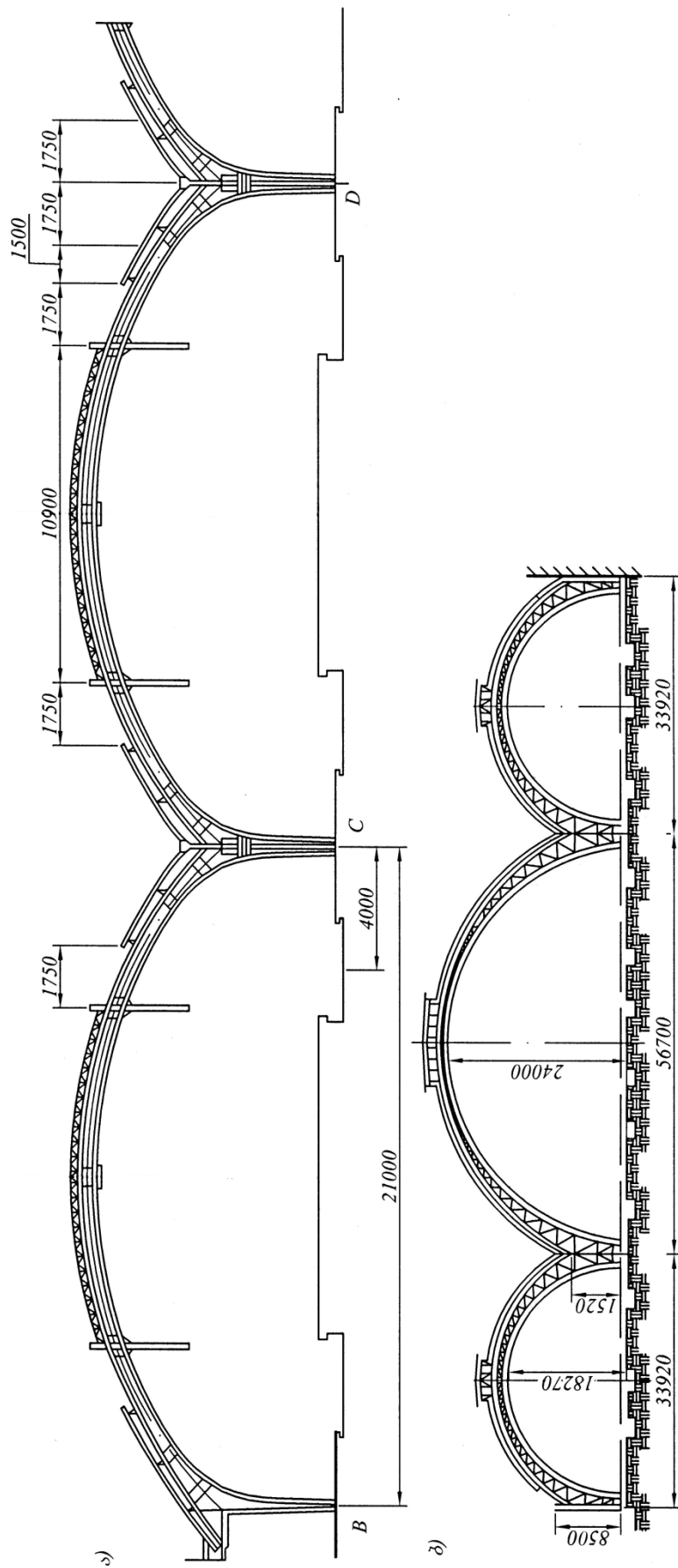
სადაც i არის საკოჭის კვეთის ინერციის რადიუსი ჰორიზონტალური ღერძის მიმართ.



ფიგ. 162. საკოჭიან თაღში საკიდების განსაზღვრისათვის

ა – საყრდენი სახსრების დონეზე; ბ – საყრდენების ზემოთ;

XX საუკუნის დასაწყისში თაღებს ძირითადად აპროექტებდნენ საგამოფენო პავილიონებისა და ვაგზლებისთვის. ამ პროექტებიდან, კონსტრუირების თვალსაზრისით, საინტერესოა რკინიგზის სადგურების პლატფორმების გადასახური უჭრი მრავალმალიანი თაღები. პირველ შემთხვევაში (ფიგ. 163, ა), ვაგზალის გადახურვის მრავალმალიანი თაღი არის მთლიანკედლიანი, თანაბარი 21 მ-იანი მალეებით და საყრდენების ზევით ვერტიკალური უბნებით, საყრდენების მახლობლად შენობის ზონების მაქსიმალურად სრულად გამოყენების მიზნით. მეორე შემთხვევაში (ფიგ. 163, ბ), მოსკოვის ყაზანის ვაგზლის გადახურვის მრავალმალიან თაღს (პროექტი) აქვს შესაბამისად სხვადასხვა სიმაღლის ერთი 56.7 მ-ის ტოლი მთავარი მალი და 33.92 მ-ის ტოლი ორი გვერდითი მალი. მოცემული მალეების შემთხვევაში, გისოსოვანი თაღების წრიული მოხაზულობა საშუალებას იძლევა უზრუნველყოს საყრდენისპირა ზონების ნორმალური ექსპლუატაცია.



ფიგ. 163. უკრი თაღოვანი კონსტრუქციების მაგალითები

ა – სადგურის გადახურვის მრავალმდლიანი თაღი;

ბ – ყაზანის სადგურის გადახურვის პროექტი, (მოსკოვი, რუსეთი)

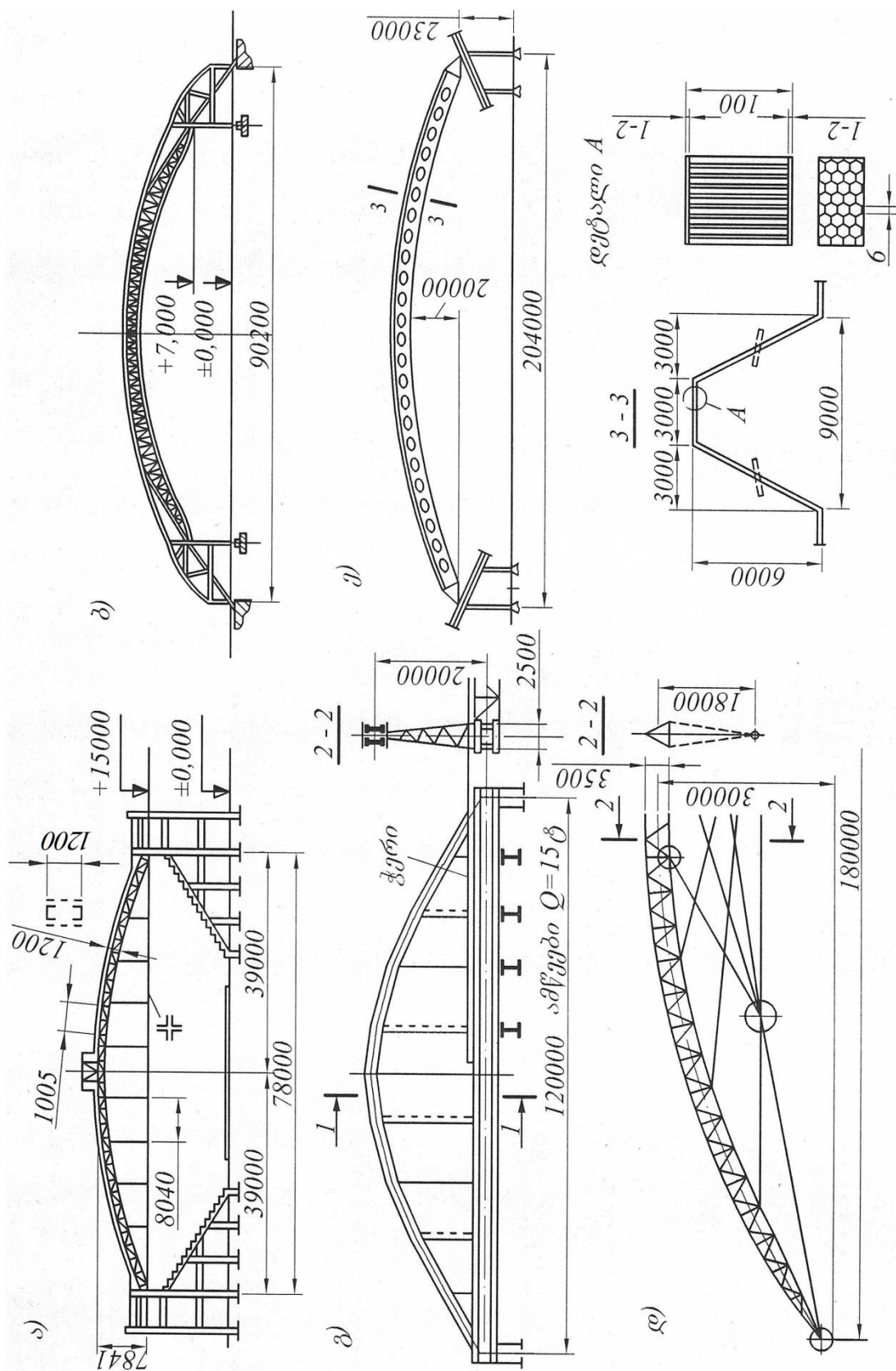
თანამედროვე მრავალმალიან თაღებს აპროექტებენ საკოჭიან ან უსაკოჭო ერთმალიანი კონსტრუქციის სახით. საყრდენების დონეზე საკოჭიანი, 78 მ მაღის მქონე ფოლადის თაღითაა გადახურული სპორტის სასახლე ლუენიკებში (ფიგ. 164, ა). გამჭოლი თაღის სარტყელები შესრულებულია II-ს მაგვარი შენადული პროფილით, რომლებიც შეერთებულია კუთხედებიანი გისოსით. ოთხი კუთხედისაგან შედგენილი საკოჭი კვეთში ჯვრის ფორმისაა.

საინტერესოა 90.2 მ მაღის, გამჭოლ ბურჯებიანი საავიაციო ანგარის თაღოვანი გადახურვა. შენობის სასარგებლო სიმაღლის გასაზრდელად ფოლადის გისოსოვანი თაღი შესრულებულია საკოჭის გარეშე. თაღის საყრდენი კვანძი აწეულია 7 მ სიმაღლეზე. ბურჯს აქვს რთული ჩარჩოს ფორმა, რომლის ერთ-ერთი ელემენტი წარმოადგენს დეროვან ელემენტს, რომელიც ტოლქმედ ძალას საყრდენ კვანძში გადასცემს გარე საძირკვლებზე (ფიგ. 164, ბ).

ფიგ. 164, გ-ზე წარმოდგენილია კომბინირებული თაღი კოლოფისებრი კვეთის სიხისტის კოჭის სახის საკოჭით. თაღები დაყენებულია 12 მ-იანი ბიჯით, რაც საშუალებას იძლევა დალაგდეს სახურავის მზიდი ფარები და ჩამოიკიდოს კიდული ამწეების კოჭები უშუალოდ სიხისტის კოჭზე. შენობის გარეთ გამოტანილი თაღის მდგრადობა უზრუნველყოფილია თაღსა და სიხისტის კოჭს შორის განლაგებული ცვლადი სიმაღლის ვერტიკალური კავშირის წამწეებით.

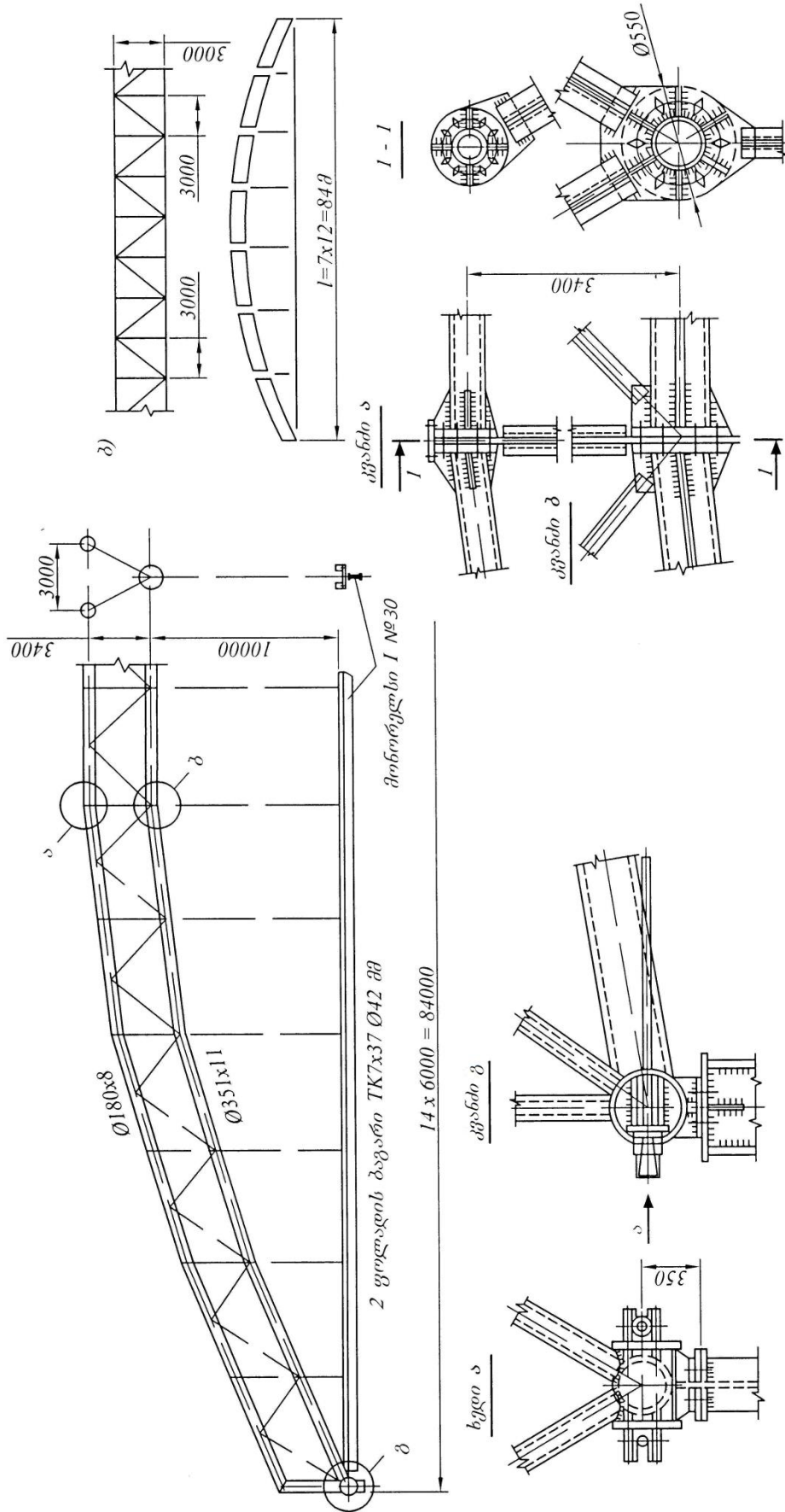
მოსკოვში დინამოს სტადიონის გადახურვისათვის შემუშავებული იქნა ტრაპეციის მოხაზულობის ნაკეცოვანი (ნაოჭა) გარსის ფორმის თაღოვანი გადახურვა (ნახ. 164, ე). 6X9 მ ზომის ნაკეცოვანი ელემენტის სისქე 100 მმ-ია, ხოლო სამფენოვან პაკეტში გარეთა ბრტყელი ალუმინის ფურცლების სისქე 1 მმ. ასეთი ელემენტის შუა ფენა წარმოადგენს ალუმინის ფიჭურ ფილას.

დინამოს სტადიონის გადასახურად წარმოდგენილი იყო აგრეთვე თაღის მეორე ორიგინალური გადაწყვეტა – საკოჭების სისტემით წინასწარ დაძაბული თაღი მაღლით 180 მ (ფიგ. 164, დ). თაღში წინასწარდაძაბული საკოჭების შემოტანამ მნიშვნელოვნად გაზარდა კონსტრუქციის სიხისტე ცალმხრივად თაღის დატვირთვისას დროებითი თოვლის დატვირთვით.



ფიგ. 164. დომის თაღის მანქანის მანქანები

ა - საკოჭიანი თაღი (ლუჩნიკები, მოსკოვი); ბ - გამჭოლ ბურჯების ანგარის გადასურვის პროექტი; გ - კოლოფისებრი კეპის სისხტის კოჭიანი კომბინირებული თაღი; დ - წინასწარ დაჭიმული ზედა სარტყლიანი თაღის პროექტი ("დინამო"-ს სტადიონი, მოსკოვი); ე - პროზემული კეპის თაღის პროექტი ("დინამო"-ს სტადიონი, მოსკოვი)



ფიგ. 165. ფოლადის წინასწარ დაბამული, საკოჭიანი, 84 მ მალის მქონე თაღის კონსტრუქციების მაგალითი

ჩარჩოვანი კონსტრუქციისაგან განსხვავებით, დიდმალიან თაღს აქვს კვეთის ისეთი გაბარიტი, რომელიც საშუალებას იძლევა თაღი დანაწევრდეს მთლიანად საქარხნო პირობებში დამზადებულ მსხვილ სატრანსპორტო ელემენტებად. თაღის, 12 მ-დე სიგრძის ბრტყელი ან სივრცითი ბლოკების ფორმის, სატრანსპორტო ელემენტებს სამშენებლო მოედანზე სამონტაჟო კვანძების დახმარებით აწყობენ მსხვილ ბლოკებად (ნახევარი თაღი ან მთლიანი თაღი) და საექსპლუატაციო მდგომარეობაში ააწყობენ მობრუნების მეთოდით ჰორიზონტალური მდგომარეობიდან ვერტიკალურში.

საკოჭიანი დიდმალიანი სივრცითი თაღის სატრანსპორტო ელემენტებად დანაწევრების მაგალითი და ამ თაღის საპირაპირე სამონტაჟო კვანძები ნაჩვენებია ფიგ. 165-ზე. დამზადების გამარტივებისთვის ამ თაღის მრუდხაზოვანი მოხაზულობა შეცვლილია ტეხილი მოხაზულობით, რომელიც შედგენილია 12 მ სიგრძის სამკუთხა კვეთის სწორხაზოვანი ბლოკებით.

თავი 10. გისოსოვანი ნაოჭები

10.1. გისოსოვანი ნაოჭების სტატიკური და კონსტრუქციული სქემები

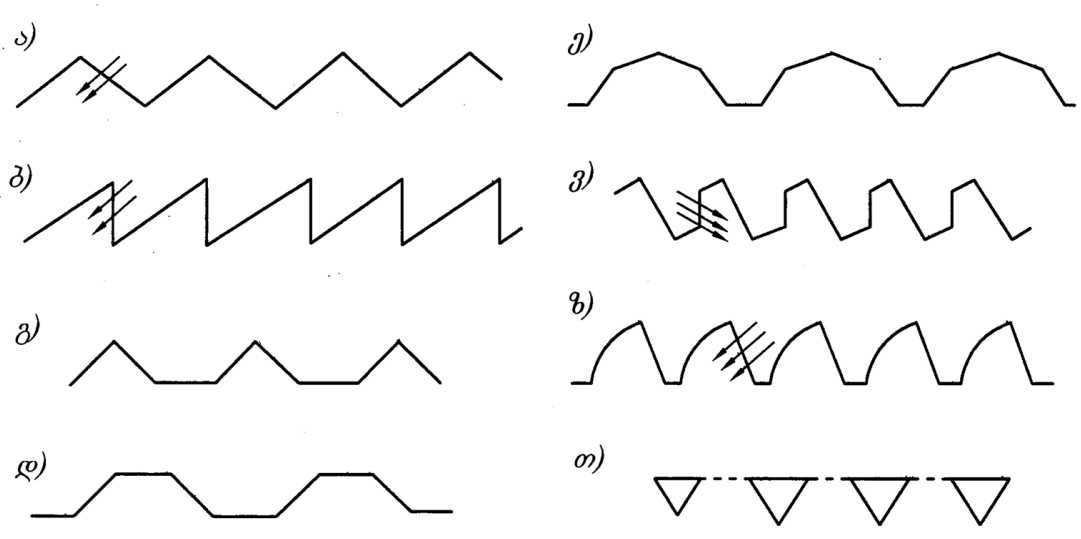
ლითონის გისოსოვანი ნაოჭი წარმოადგენს უმარტივეს სივრცით კონსტრუქციას, შედგენილს ბრტყელი გისოსოვანი წამწეებისაგან, რომლებიც მონაცვლეობით დახრილი არიან სხვადასხვა მიმართულებით, ისე რომ გადახურვის განივ კვეთში, ტალღის მთელ სიგრძეზე, ისინი წარმოქმნის ერთნაირ სამკუთხა ან პრიზმულ ფორმას (ფიგ. 166).

ნაოჭების ღირსებას, ტრადიციული ბრტყელი წამწეებით გადახურვებთან შედარებით, წარმოადგენს მათი დიდი რეგულარობა, რაც განსაზღვრავს გაზრდილ არქიტექტურულ-ესთეტიკურ თვისებებს, რომლებიც ხელს უწყობს ამ კონსტრუქციების გამოყენებას შეკიდული ჭერის გარეშე. მათი დაპროექტება მიზანშეწონილია შედური გადახურვების სახით სამრეწველო და საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობებში, სადაც ნაოჭის ერთ-ერთი დახრილი სიბრტყე იფარება შუქგამჭვირვალე, ხოლო მეორე ყრუ პანელით. ასეთ შემთხვევაში ნაოჭის შემინულ სიბრტყეს აყენებენ ვერტიკალურად (ფიგ. 166, ბ) ან ჰორიზონტის მიმართ დიდი კუთხით (ფიგ. 166, ვ, ზ). ნაოჭოვან

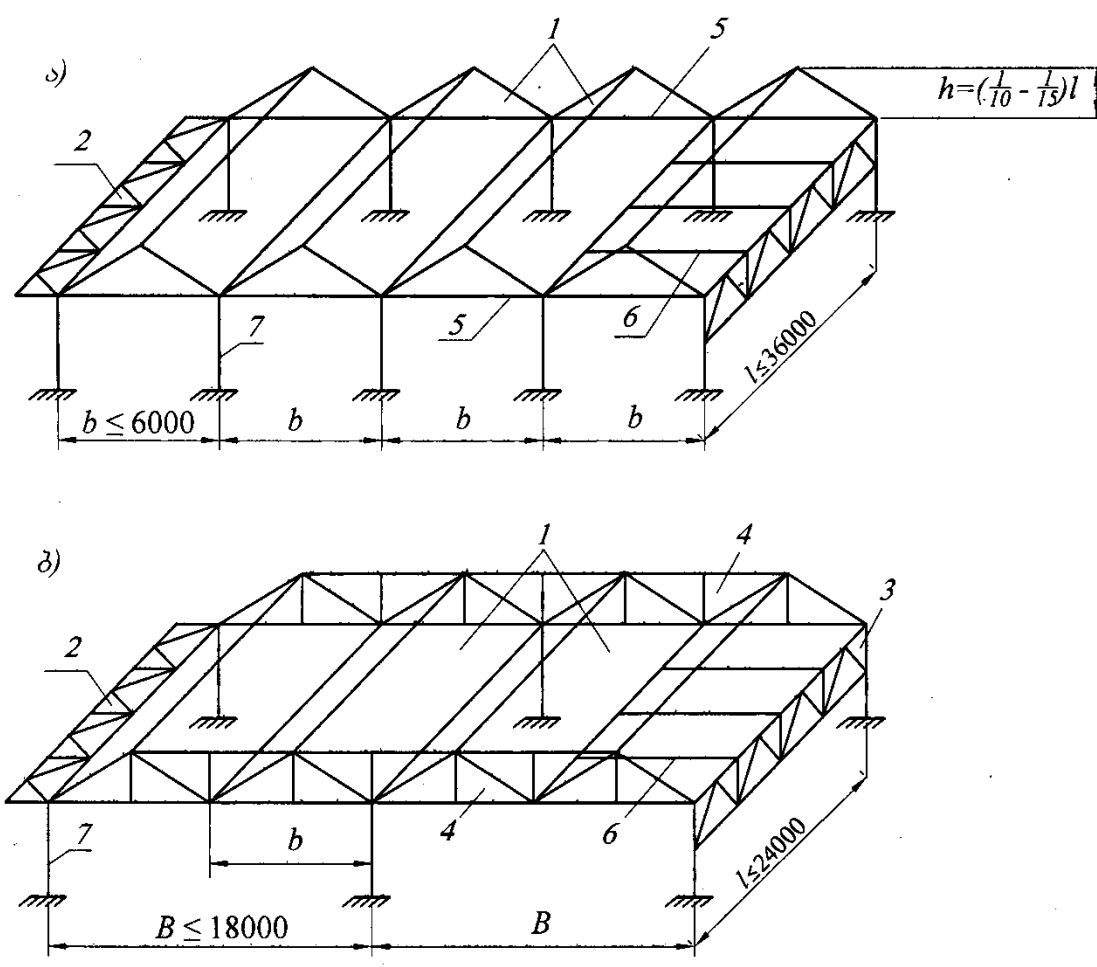
კონსტრუქციებს იყენებენ 18-36 მ მალების შემთხვევაში, თუმცა შესაძლებელია უფრო დიდი მალების გადახურვაც.

ნაოჭები შესაძლოა ეყრდნობოდეს ფოლადის ან რკინაბეტონის სვეტებს (ფიგ. 167, ა), ნაგებობების კედლებს ან ნივნივქვეშა კონსტრუქციებს (ფიგ. 167, ბ). სვეტებზე დაყრდნობისას, ნაოჭის ტალღის მაქსიმალური სიგანე არ უნდა აღარბებდეს 6 მ-ს. ნაოჭოვანი გადახურვის მდგრადობისათვის, სვეტების სიბრტყეში, საყრდენი კვანძების დონეზე, ორივე ტორსზე აწყობენ საკოჭებს, ხოლო სარტყელის სიგრძეზე, განაპირა ტალღებში, განმბჯენის ასათვისებლად, აყენებენ ჰორიზონტალურ ბრტყელ წამწეებს ან საკოჭების სისტემას. ნივნივქვეშა წამწეები ზრდის ნაოჭოვანი გადახურვის სვეტების ბიჯს, რაც შენობის უფრო მეტად მოქნილი გეგმარებითი გადაწყვეტის შესაძლებლობას იძლევა. გისოსოვან ნაოჭებს, ბრტყელ წამწებთან შედარებით, მეტი სიხისტე გააჩნიათ, ამიტომ მათი სიმაღლე შეიძლება შემცირებულ იქნას მაღის 1/10-1/15-მდე.

შენობებში ფართოდ გამოიყენება სამკუთხა ნაოჭები (ფიგ. 166, ა, ბ, თ), როგორც ყველაზე მარტივად დასამზადებელი. გისოსების სისტემა ასეთ ნაოჭებში ნაჩვენებია ფიგ. 168-ზე. ჯვარედინა გისოსის შენთხვევაში (ფიგ. 168, ა), ელემენტები მუშაობენ მხოლოდ გაჭიმვაზე, რაც მათი, მოქნილი მაღალი სიმტკიცის ფოლადისაგან დაპროექტების საშუალებას იძლევა.



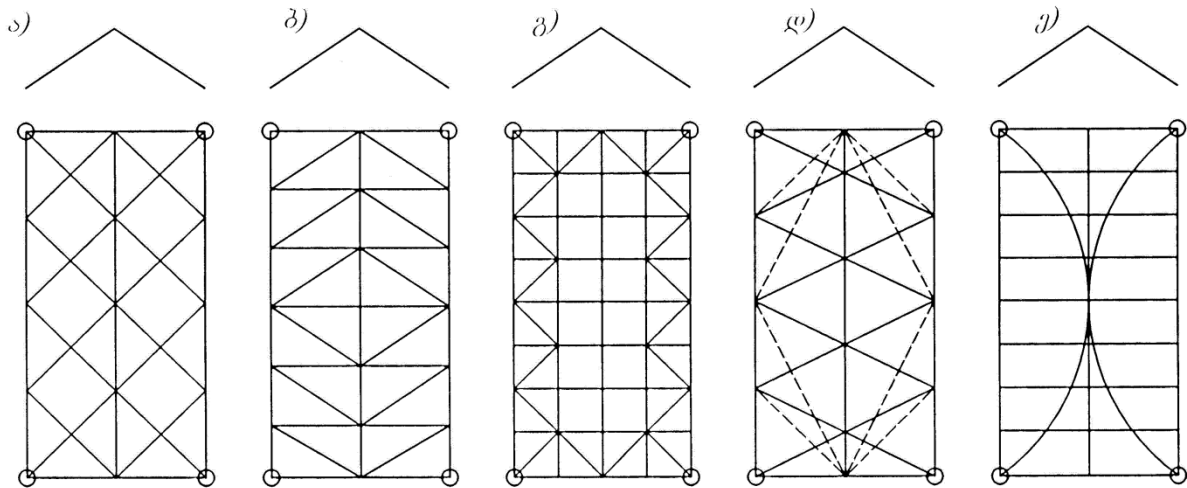
ფიგ. 166. ნაოჭების წამწეები



ფიგ. 167. ნაოჭოვანი გადახურვის საერთო ხედი

- ა - ნაოჭების უშუალოდ სვეტებზე დაყრდნობის შემთხვევაში; ბ - ნაოჭების ნივნივქვეშა წამწეებზე დაყრდნობის შემთხვევაში; 1 - გისოსოვანი ნაოჭი;
- 2 - ჰორიზონტალური გვერდული (ბორტის) ელემენტი; 3 - იგივე, ვერტიკალური;
- 4 - ნივნივქვეშა წამწე; 5 - საკოჭი სვეტების სიბრტყეში; 6 - ნაოჭის განაპირა ტალღის საკოჭი; 7 - სვეტი;

უმეტეს შემთხვევებში, ნაოჭებს აპროექტებენ სამკუთხა ან პოლიგონური განივი კვეთის მქონე ერთმალაიანი სისტემების სახით. აუცილებლობის შემთხვევაში, მათ განიხილავენ, როგორც უჭრ მრავალმალაიან და კონსოლურ სისტემებად. არქიტექტურული მოსაზრებებით, გისოსოვან ნაოჭებს შეიძლება ქონდეთ ცვლადი კვეთი სიმაღლის გასწვრივ და ტალღის ცვლადი სიგანე. ასეთი ნაოჭები მოსახერხებელია მრგვალი, ტრაპეციისებრი და სხვა რთული გეგმების გადასახურად. ცვლადი კვეთის ნაოჭებში გისოსის ყველაზე მეტად გავრცელებული ტიპია ირიბანული სისტემა (ფიგ. 168, ბ).



ფიგ. 168. გისოსოვანი ნაოჭების სისტემები

ა – ჯვარედინი; ბ – ირიბანული; გ – კომბინირებული; დ – სამკუთხა დამატებითი შპრენგელებით; ე – უირიბნო თალით;

10.2. ბისოსოვანი ნაოჭების გაანგარიშება და კონსტრუირება

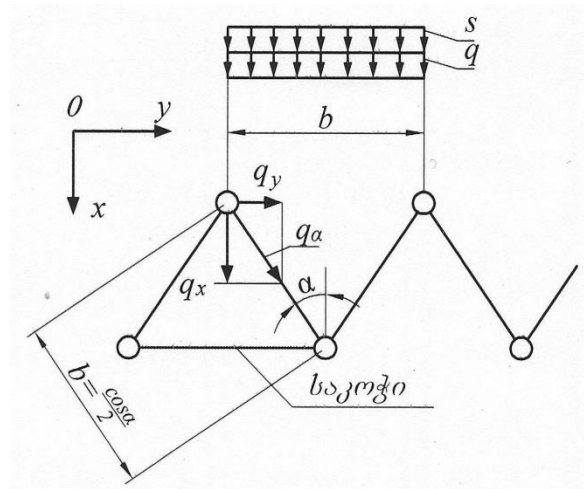
გისოსოვანი ნაოჭი მუშაობს გრძივი და განივი მიმართულებით. ვერტიკალური დატვირთვების ზემოქმედებისაგან ნაოჭი გრძივი მიმართულებით მუშაობს, როგორც ბრტყელი დახრილი წამწეების სისტემა, რომელთა დატვირთვის ფართობი ერთი ნაოჭის ტალღის b სიგანის ტოლია (ფიგ. 169). ამასთან, ნაოჭის ტალღის ერთ სიბრტყეზე წრფივ საანგარიშო დატვირთვას განსაზღვრავენ მისი დახრის კუთხის გათვალისწინებით

$$q_{\alpha} = \frac{\left[\frac{(g+s)b}{2} \right]}{\cos^2 \alpha}, \quad (124)$$

სადაც, g არის მუდმივად განაწილებული დატვირთვა; s – თოვლის განაწილებული დატვირთვა.

ერთმალიან ნაოჭში საანგარიშო მღუნავი მომენტი განისაზღვრება ფორმულით:

$$M = \frac{q_{\alpha} l^2}{8}, \quad (125)$$



ფიგ. 169. ნაოჭის განივ კვეთზე დატვირთვის მოდების სქემა

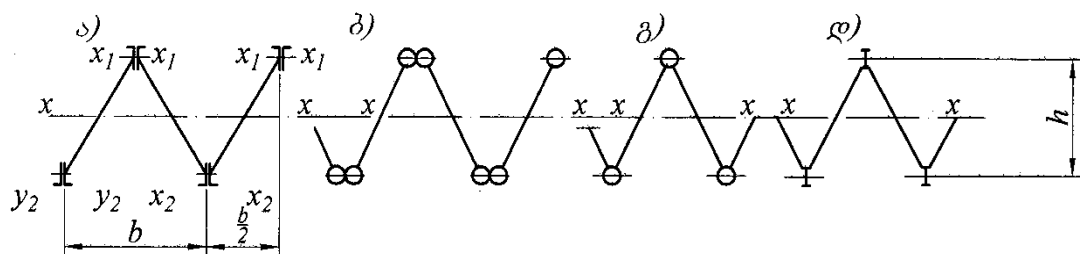
დადებითი მღუნავი მომენტის ზემოქმედებისას, ნაოჭის სარტყელებში წარმოიქმნება გრძივი მკუმშავი (ზედაში) და გამჭიმი (ქვედაში) ძალები. განაპირა სარტყელებს ანგარიშობენ q_α დატვირთვის ზემოქმედებაზე, ხოლო დანარჩენს – $2q_\alpha$ დატვირთვაზე. სარტყელებში გრძივი ძალების განსაზღვრისას, დახრილი წიბოს სიმაღლეს დებულობენ $b \cos \alpha / 2$ ტოლს.

ნაოჭოვანი გადახურვის განაპირა ტალღებში სარტყელებს შორის დასაყენებელი საკოჭების კვეთს, გამოსახავენ მე-(8) ფორმულით, რომელშიც N ტოლია

$$N = q_y l_m = q_\alpha \sin \alpha \cdot l_m, \quad (126)$$

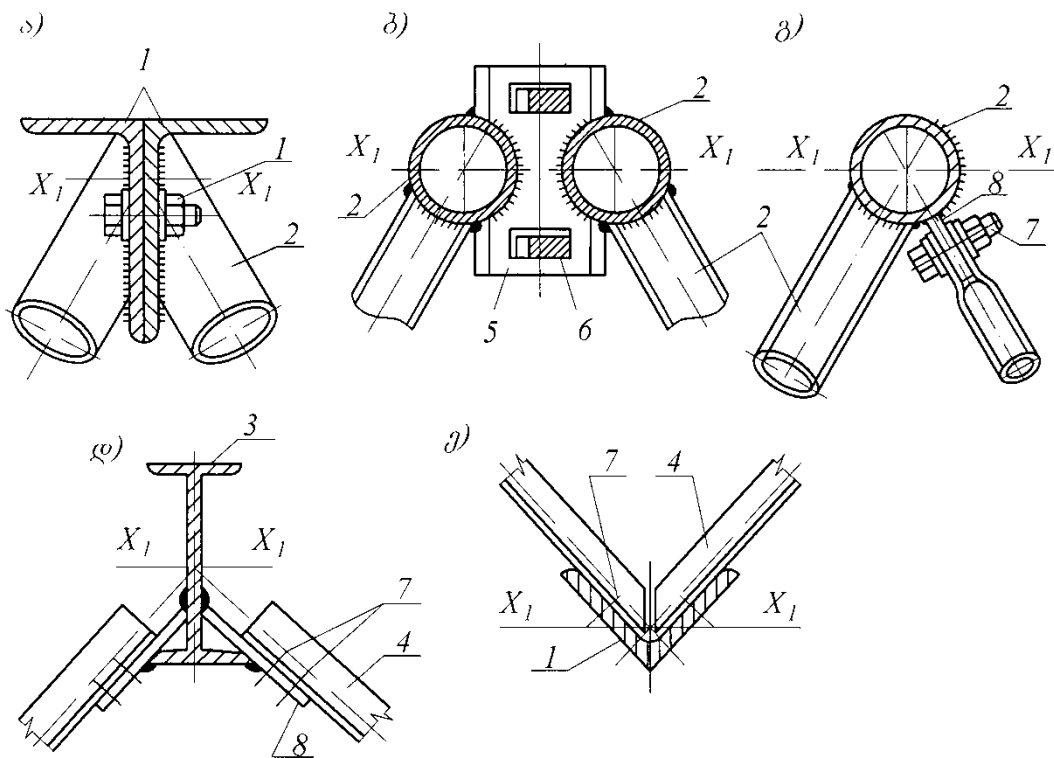
სადაც l_m არის ნაოჭის სარტყელის პანელის სიგრძე.

ნივნივქვეშა წამწის გაანგარიშება, ნაოჭის ტალღის საყრდენი რეაქციის სიდიდის ტოლი შეყურსული ძალებით დატვირთული, ნივნივა წამწის გაანგარიშების ანალოგიურია.



ფიგ. 170. ნაოჭების განივი კვეთის ვარიანტები

- ა – ცალკეული კუთხედისგან შედგენილი დამოუკიდებელი ბრტყელი წამწეებით;
- ბ – იგივე, მიღოვანი სარტყელებით;
- გ – შეთავსებული მიღოვანი სარტყელებით;
- დ – იგივე, ორტესებრი პროფილების სარტყელებით;



ფიგ. 171. გისოსოვანი ნაოჭების საკვანძო შეერთებები

- ა - შეწყვილებულ კუთხედებიანი სარტყელებით; ბ - იგივე, მიღებით;
 გ - შეთავსებული მილოვანი სარტყელით; დ - ორტესებრი სარტყელით;
 ე - იგივე, ცალმაგი კუთხედით; 1 - სარტყელის კუთხედი; 2 - მილი;
 3 - ორტესებრი; 4 - გისოსის კუთხედი; 5 - საკეტი მოწყობილობა;
 6 - სოლი; 7 - მუშა ჭანჭიკები; 8 - ფასონურა;

18 მ-მდე მალის მქონე ნაოჭებს აგებენ სრული ქარხნული დამზადების ბრტყელი გისოსოვანი წამწეებისაგან. დიდი მალეების შემთხვევაში ნაოჭებს, წამწეების მსგავსად, აწყობენ ორი ნახევარწამწისაგან მალის სიგრძის გასწვრივ. მონტაჟის პირობიდან გამომდინარე, ნაოჭების სარტყელებს აპროექტებენ უპირატესად შეწყვილებული კუთხედების ან მიღებისაგან, იშვიათად ცალკეული (ერთეული) მილოვანი ან ორტესებრი კეეთის სახით (ფიგ. 170).

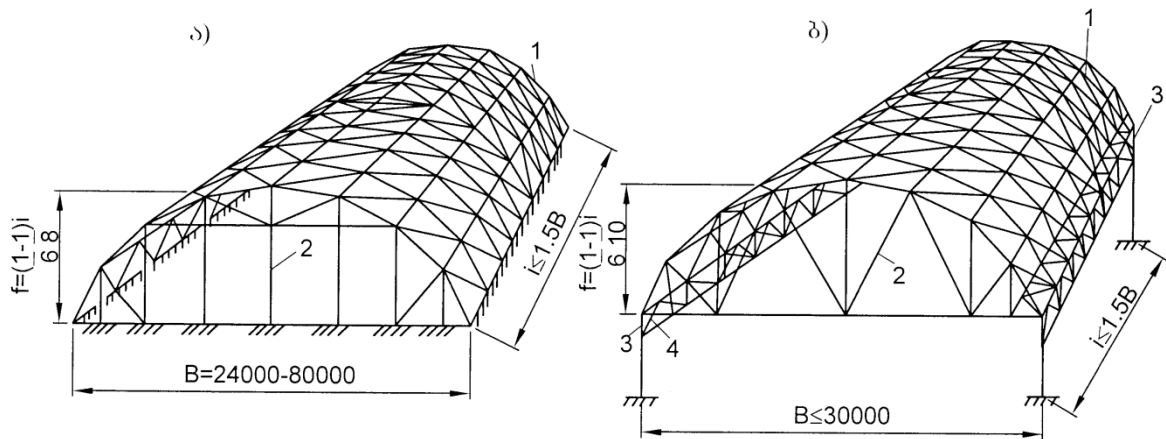
შეწყვილებულ ელემენტებს სარტყელის სიგრძეზე აუღლებენ ჭანჭიკებით (ფიგ. 171, ა) ან ფოლადის სოლებით (ფიგ. 171, ბ), რომლებიც აფერხებენ ამ ელემენტების ერთმანეთის მიმართ გადანაცვლებას. ცალკეული ელემენტის სახით დაპროექტებული სარტყელის შემთხვევაში, ნაოჭის ელემენტებს ერთმანეთთან ამაგრებენ მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით, სარტყელზე მიღუღებული დახრილი ფურცლების (ირიბნების) დახმარებით (ფიგ. 171, გ, დ, ე).

თავი 11. ბადისებრი კამარები

11.1. ბადისებრი კამარების სტატიკური და კონსტრუქციული სქემები

ამ ტიპის კონსტრუქციებს განეკუთვნება ერთსართულიანი (ერთბადიანი) ცილინდრული გარსები და ორსართულიანი კამარები (ფიგ. 172, ა, ბ). ერთბადიან გარსს, რომლის შუა ზედაპირი მიიღება წრფის ნებისმიერ მრუდწირულ მიმმართველზე სრიალით, ეწოდება ცილინდრული გარსი. მრუდწირული მიმმართველის სახეობიდან გამომდინარე, განასხვავებენ წრიულ, პარაბოლურ, ელიფსურ და სხვა ტიპის ცილინდრულ გარსებს, რომელთა შორის ყველაზე მეტად გავრცელებულია წრიული ცილინდრული მოხაზულობის გარსი.

კედლებზე ან საძირკველზე დაყრდნობილი ერთსართულიანი ცილინდრული კამარის ძირითადი ელემენტებია ბადისებრი გარსი და გისოსოვანი ტორსული დიაფრაგმა (ფიგ. 172, ა). ოთხ სვეტზე კუთხეებით დაყრდნობილ ცილინდრულ გარსში მალის გასწვრივ დამატებულია ვერტიკალური და ჰორიზონტალური გისოსოვანი გვერდული (ბორტის) ელემენტები (ფიგ. 172, ბ), რომლებიც ზრდიან გარსის სიხისტეს.

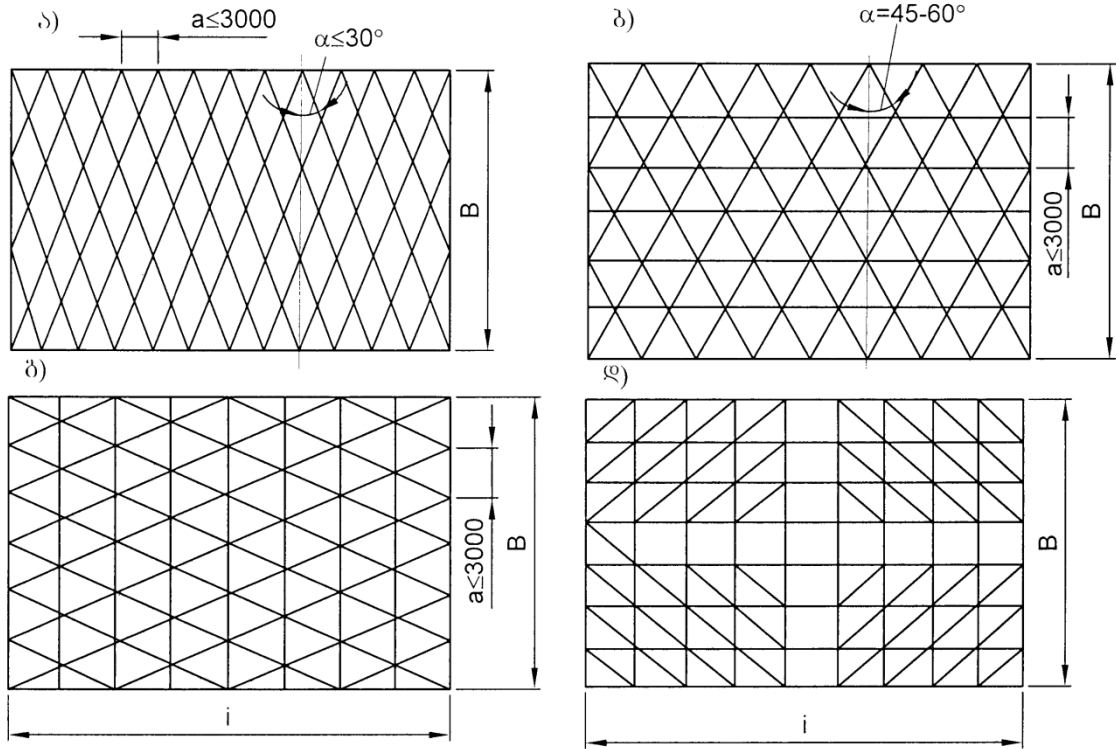


ფიგ.172. ერთსართულიანი ბადისებრი გარსების ძირითადი ფორმები

- ა – ცილინდრული კამარა; ბ – ცილინდრული გარსი; 1 – ბადისებრი გარსი;
- 2 – გისოსოვანი დიაფრაგმა; 3 – ვერტიკალური გვერდული (ბორტის) ელემენტი;
- 4 – იგივე, ჰორიზონტალური;

ერთსართულიანი ბადისებრი კამარის მალი ეწოდება მანძილს ტალღის განივი მიმართულებით, რომელიც შესაძლოა იყოს 24-80 მ, ხოლო გაზრდილი

მდგრადობისას, რომელიც მიიღწევა ფენილის გისოსთან ერთობლივ მუშაობაში ჩართვით, 100 მ-მდე. ერთსართველიანი ბადისებრი კამარის აწვევის ისარი ინიშნება მალის $1/6 - 1/8$, ხოლო ცილინდრულ გარსებში – $1/6 - 1/10$. ბადის ღეროვანი ელემენტების კვეთის სიმაღლეს ღებულობენ ტალღის b სიგანის $1/80 - 1/200$.

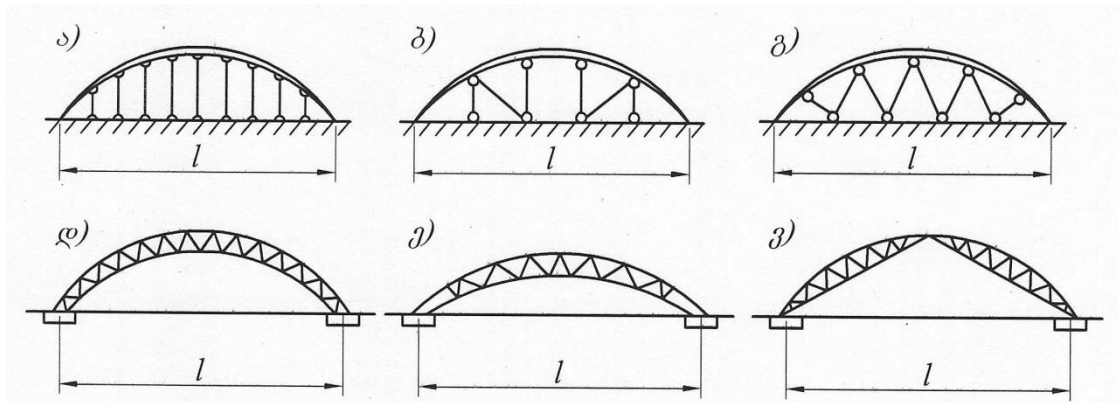


ფიგ. 173. ბადისებრი გარსების ბადეების სისტემები

ა – რომბისებრი; ბ – სამკუთხა გრძივი ღეროებით; გ – სამკუთხა განივი ღეროებით;
დ – ირიბნული;

ერთსართველიან ცილინდრულ გარსებში და კამარებში შეიძლება გამოყენებულ იქნას ბადეების სხვადასხვა სისტემები. უმარტივესია რომბისებრი (რომბული) სისტემა (ფიგ. 173, ა), რადგან თითოეულ კვანძში უდღდება მხოლოდ ოთხი ღერო. თუმცა, ასეთი სისტემა ვერ უზრუნველყოფს კონსტრუქციის სიხისტეს გრძივი მიმართულებით, ამიტომ მას იყენებენ მხოლოდ ცილინდრულ კამარებში (ფიგ. 172, ა) მაღლით არა უმეტეს 36 მ. ერთბადიან კონსტრუქციებში ყველაზე მეტად გამოიყენება ფიგ. 173, ბ, გ-ზე გამოსახული ბადეების სისტემები. ასეთ ბადეებში, ცილინდრულ მსახველთან ღეროების დახრის კუთხე მიიღება $45 - 60^\circ$.

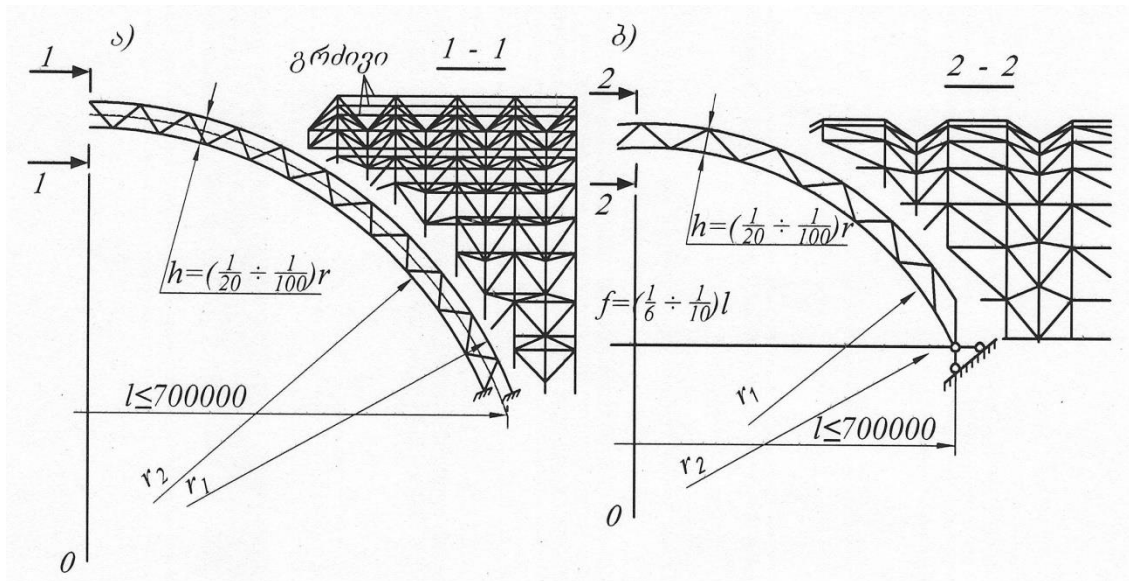
ცილინდრული გარსი შეიძლება იყოს ერთმალიანი ან მრავალმალიანი, ერთტალღიანი ან მრავალტალღიანი. პირველ შემთხვევაში მრავალმალიანი გარსის პირაპირზე ეწყობა საერთო დიაფრაგმები, ხოლო მეორეში – საერთო გვერდული (ბორტის) ელემენტები. ერთბაღიანი გარსების საერთო მდგრადობის უზრუნველყოფა ხორციელდება ტორსული დიაფრაგმებით, რომელთა გეომეტრიული სქემები ნაჩვენებია ფიგ. 174-ზე.



ფიგ. 174. ბადისებრი გარსების ტორსული დიაფრაგმის სქემები

ეკონომიურობისა და ექსპლუატაციის მოხერხებულობის თვალსაზრისით უმეტესად გავრცელებულია დიაფრაგმები სეგმენტური წამწეების სახით (ფიგ. 174, ბ, გ). თუმცა, მათი გამოყენება მიზანშეწონილია მხოლოდ ერთმალიან გარსებსა და კამარებში. მრავალმალიან კამარებში წარმატებით გამოიყენება საძირკველზე დაყრდნობილი თაღოვანი ტიპის დიაფრაგმები (ფიგ. 174, დ-ე). ამასთან, მრავალმალიანი შენობის ტორსებზე ტოვებენ დიაფრაგმებს სეგმენტური წამწეების სახით. ნაკლებად ეკონომიურია ჩარჩოვანი დიაფრაგმები (ფიგ. 174, ა), რომელთა გამოყენებასაც ასაბუთებენ ფუნქციური ან არქიტექტურული მოსაზრებებით.

ორსართულიანი გისოსოვანი კამარები – ორბაღიანი გარსები და პრიზმული კვეთის კამარები (ფიგ. 175), ერთბაღიან გარსებთან შედარებით გამოირჩევა მეტ სიხისტითა და მზიდუნარიანობით. ასეთი კონსტრუქციებით შესაძლებელია 700 მ-მდე მალეების გადახურვა, თუ მათი აწვევის ისრის მაღასთან შეფარდება $f/l = 1/6 - 1/10$, ხოლო კვეთის სიმაღლის სიმრუდის საშუალო რადიუსთან შეფარდება $h/r = 1/20 - 1/100$.



ფიგ. 175. ორბადიანი გარსების ძირითადი ფორმები

ა - რეგულარული ნაოჭოვანი; ბ - პრიზმული;

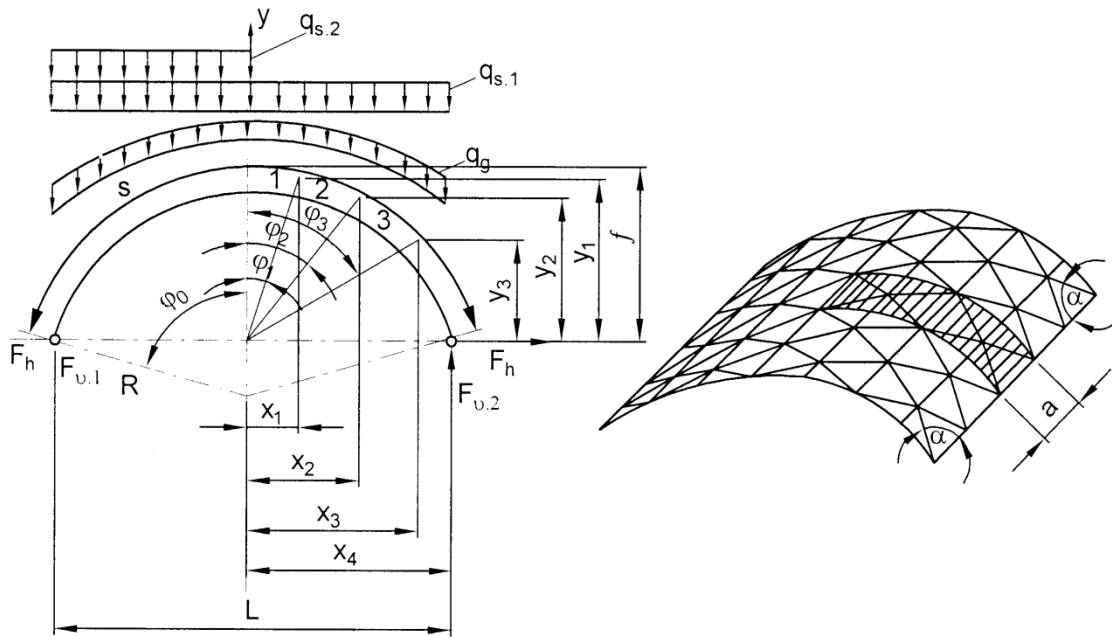
ორბადიანი გარსი (ფიგ. 175, ა) შედგება ჯვარედინა წამწეებისა და ორი ან სამი მიმართულების თაღების სისტემისაგან. ძირითად მუშა ფუნქციას ასრულებს განივი გისოსოვანი თაღები, რომლებიც საძირკველს გადასცემენ დატვირთვისგან გამოწვეულ ძირითად ძალებს, ხოლო გრძივი სწორხაზოვანი წამწეები ხელს უწყობენ ძალების გადანაწილებას განივ თაღებს შორის და მნიშვნელოვნად ზრდიან ორბადიანი გარსის სიხისტეს.

სამკუთხა ან პრიზმული განივი კვეთის ორსართკედიანი კამარები, თავიანთი სტატიკური და კონსტრუქციული სქემებით, ახლოს არიან გისოსოვან ორსახსრიან თაღებთან. ორსართკედიანი გისოსოვანი კამარები ასევე ტორსებით ეყრდნობა ხისტ დიაფრაგმებს, რომლებაც შესაძლოა გამოყენებულ იქნას მთლიანი კედლები, სეგმენტური წამწეები და სხვა კონსტრუქციები. ბადისებრი კამარების ოპტიმალურ გადაწყვეტას დებულობენ $l/B=1$ თანაფარდობის დროს. თუმცა, შენობებისა და ნაგებობის დაპროექტებისას დასაშვებია ამ თანაფარდობის 1.5-მდე გაზრდა.

11.2. ბადისებრი კამარების ბაზანბარიშება და კონსტრუქცია

გრძივი კიდევითი კედლებზე ან საძირკველზე, ხოლო ტორსებით ხისტ დიაფრაგმებზე დაყრდნობილი ბადისებრი ცილინდრული გარსის

მიანხლოებითი გაანგარიშება ხდება, როგორც ორსახსრიანი თაღის, რომლის საანგარიშო სივანე კამარის უჯრედის a ზომის ტოლია (ფიგ. 176).



ფიგ. 176. ბადისებრი გარსების გაანგარიშებისათვის

კამარის გეომეტრიული პარამეტრები, მოცემული მაღისა და f აწეულობის ისრისას, განისაზღვრება ფორმულებით:

$$R = (l^2 + 4f^2) / 8f, \quad (127)$$

$$\varphi_0 = \text{Arc sin} \left(\frac{l}{2R} \right), \quad (128)$$

$$S = \pi R \left(\frac{\varphi_0}{90} \right), \quad (129)$$

სადაც R არის კამარის სიმრუდის რადიუსი; φ_0 – ცენტრალური კუთხე კეხიდან კამარის საყრდენამდე; S – კამარის რკალის სიგრძე.

პანელების n რაოდენობის შემთხვევაში, კამარის ღერძის გადატეხის წერტილების კოორდინატები სიგრძის ნახევარზე ტოლია:

$$x_n = R \sin \varphi_n; \quad (130)$$

$$y_n = f - R(1 - \cos \varphi_n). \quad (131)$$

კამარის საანგარიშო ზოლში, მუდმივი საანგარიშო დატვირთვისაგან გამომწვეული განმბჯენი და ვერტიკალური რეაქციები შესაბამისად შეიძლება გამოსახულ იქნას შემდეგნაირად:

$$F_{h,g} = \frac{\left[\left(\frac{\varphi_0 l}{2} \right) - R(1 - \cos \varphi_0) \right] q_g R k_c}{f}, \quad (132)$$

$$F_{v,1} = F_{v,2} = q_g \varphi_0 R. \quad (133)$$

სადაც φ_0 არის ცენტრალური კუთხე რადიანებში; $q_g = ga$ – კამარის საკუთარი მასიდან და ჭერის მასიდან მიღებული წრფივი საანგარიშო დატვირთვა; k_{co} – კამარის დრეკადი მოკუმშვის (მოჭიმვის) გამოვალისწინებელი კოეფიციენტი, რომელიც მიახლოებით განისაზღვრება ფორმულით

$$k_{co} = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{k_\varepsilon S^2}{4f^2} \right) 10^4 \right]}. \quad (134)$$

კამარის საანგარიშო ზოლში, თანაბრად განაწილებული თოვლის დატვირთვისაგან გამოწვეული განმბჯენი და ვერტიკალური რეაქციები შესაბამისად იქნება:

$$F_{h,s,1} = \frac{q_{s,1} l^2 k_c (1 - 5\alpha^2 + 5\alpha^4)}{8f}, \quad (135)$$

$$F_{v,1,s,1} = F_{v,2,s,1} = \frac{q_{s,1} (1 - 2\alpha)}{2}, \quad (136)$$

სადაც $\alpha = a/l$, კამარებისათვის, თუ $\varphi_0 \leq 50^\circ$, $\alpha = 0$.

ცხრილი 34

k_ε , S და φ_0 მნიშვნელობები (რადიანებში) f/l დამოკიდებულებიდან
ბამომდინარე

f/l	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
S	1.57 l	1.28 l	1.16 l	1,10 l	1,07 l	1,05 l	1,04 l	1,03 l	1,02 l
k_ε	1	1.2628	1.4488	1.5747	1.6533	1,7073	1.742	1.7681	1.7873
φ_0	1.57	1.176	0.927	0.761	0.643	0.557	0.49	0.437	0.395

კამარის საანგარიშო ზოლში, სამკუთხა სქემის მიხედვით მოდებული თოვლის დატვირთვისაგან გამოწვეულ განმბჯენსა და ვერტიკალურ რეაქციებს პოულობენ ფორმულებით:

$$F_{h,s,2} = \frac{0.0342 q_{s,2} l^2 k_{co} (1 - 2\alpha + 8\alpha^2)}{f}, \quad (137)$$

$$F_{v,1,s,2} = \frac{q_{s,2}l(11-26\alpha+8\alpha^2)}{48}, \quad (138)$$

$$F_{v,2,s,2} = \frac{q_{s,2}l(7-10\alpha+8\alpha^2)}{48}. \quad (139)$$

ფორმულებში (135), (136), (138), (139) თოვლის დატვირთვებს $q_{s,1}$ და $q_{s,2}$, კამარის საანგარიშო ზოლისთვის, იღებენ სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით.

კამარის საანგარიშო ზოლის ნებისმიერ კვეთში, ნორმალური და განივი ძალების მდუნავი მომენტები განისაზღვრება ფორმულებით (113), (114), (115).

ერთ და ორსართყელიანი კამარების ცალკეულ დეროებში გრძივი მკუმშავი ძალები შესაძლოა განისაზღვროს შესაბამისად ფორმულებით (140) და (141) დახრის α -ს კუთხის გათვალისწინებით:

$$N_1 = \frac{N}{2 \sin \alpha}, \quad (140)$$

$$N_2 = \frac{\left(\frac{N}{2} \pm \frac{M}{h}\right)}{2 \sin \alpha}, \quad (141)$$

სადაც h არის ორსართყელიანი კამარის კვეთის სიმაღლე სართყელების დერებში.

ბადისებრი კამარის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია (121)-ე პირობის შესრულება, ამასთან კრიტიკული ძალა კამარაში მიახლოებით შეადგენს

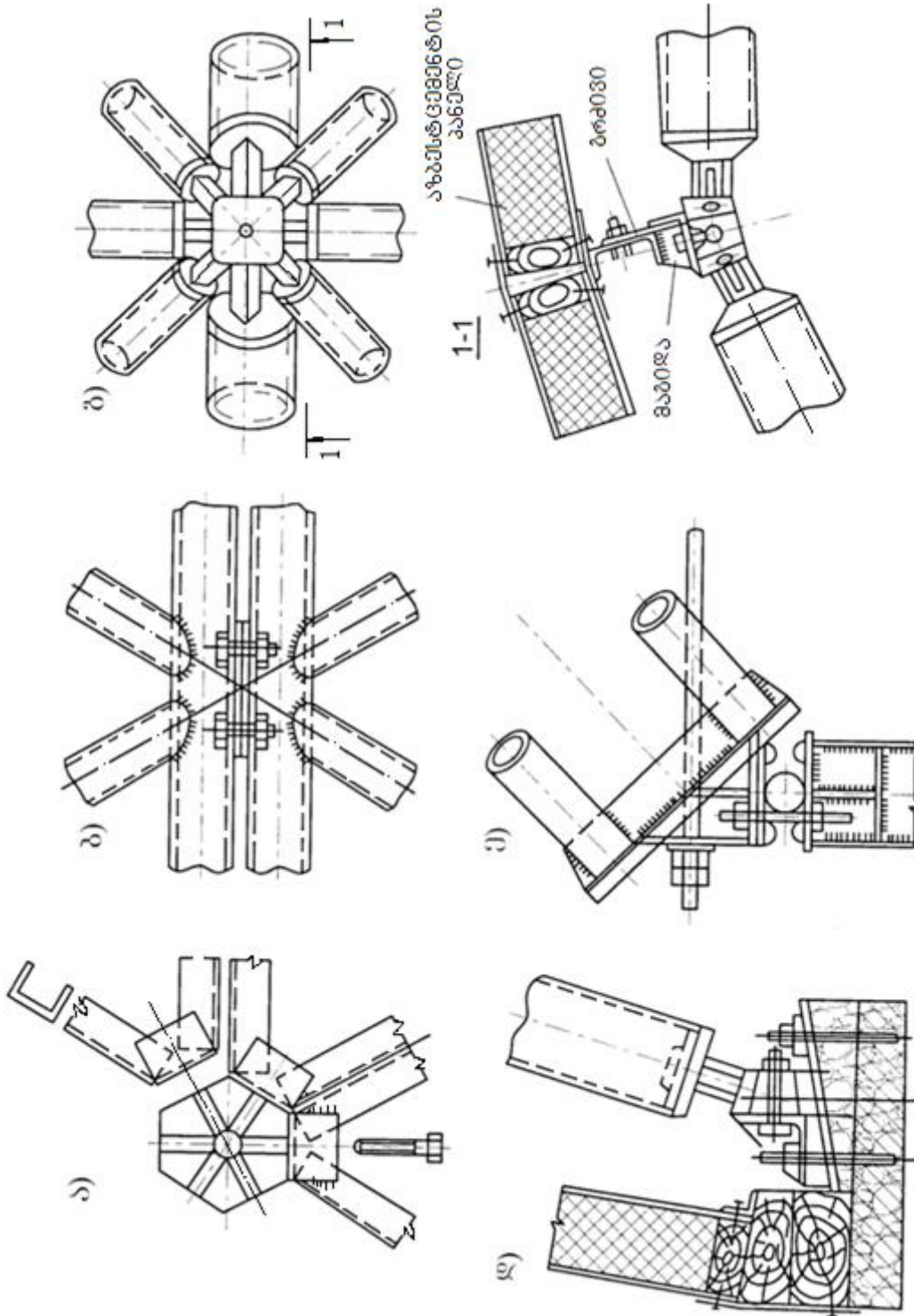
$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_0 J_x}{(\mu S)^2}, \quad (142)$$

სადაც E_0 არის ბადისებრი კამარის დაყვანილი დრეკადობის მოდული, რომელიც განისაზღვრება ფორმულებით (143) და (144); J_x – წყვილი დეროების ან დეროთა ჯგუფის განივი კვეთის ინერციის მომენტი შესაბამისად ერთსართყელიან ან ორსართყელიან კამარაში; μ – კოეფიციენტი, შეირჩევა ცხრ. 33-ის მიხედვით.

E_0 -ს მნიშვნელობა ერთ და ორსართყელიანი კამარებისთვის შესაბამისად ტოლია:

$$E_0 = 2E, \quad E_0 = \frac{4EA}{3ha}, \quad (143), (144)$$

სადაც E ფოლადის დრეკადობის მოდულია, რომელიც გამოიყენება კამარის ღეროების დასამზადებლად, A – ერთი ღეროს განივი კვეთის ფართობი.



ფიგ. 177. ცილინდრული ბადისებრი გარსების კვანძები

ა – ჩესური კონსტრუქცია; ბ – ბრტყელი წამყვებისგან ახაწვობი; გ, დ – მოსკოვის არქიტექტურის ინსტიტუტის კონსტრუქციები; ე – ორსართულიანი საკოჭიანი კამარის საყრდენი კვანძის კარიანტი

ბადისებრი ცილინდრული კამარებისა და გარსების კონსტრუქციულ განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის, რომ ორი მეზობელი კვანძის ღეროების ღერძები არ მდებარეობს ერთ სიბრტყეში. ამ თვისების გამო ბადისებრ კამარებსა და გარსებში გამოიყენება ისეთი პროფილები (მილები, შეგლეერები, ორტესებრი), რომელთა გრძივი ღერძის მიმართ მცირე კუთხით დაგრესა კვეთში არ იწვევს მნიშვნელოვან ძაბვებს.

კამარებსა და გარსებს აწყობენ უპირატესად მოკლე ღეროვანი ელემენტებისაგან და სპეციალური საკვანძო დეტალებისაგან, რომლებიც ღეროვანი ელემენტების სხვადასხვა კუთხით მიმაგრების საშუალებას იძლევა. უმეტეს შემთხვევაში იყენებენ ჭანჭიკურ შეერთებებს, რომელთა მაგალითებიც ნაჩვენებია ფიგ. 177-ზე. მსოფლიო პრაქტიკაში, ბადისებრ კამარებში ფართო გამოყენება პოვის საკვანძო შეერთების სისტემებმა “ტრიოდეტიკ”, იფი (იხ. ფიგ. 204) და “ოკტაპლატ” (იხ. ფიგ. 205).

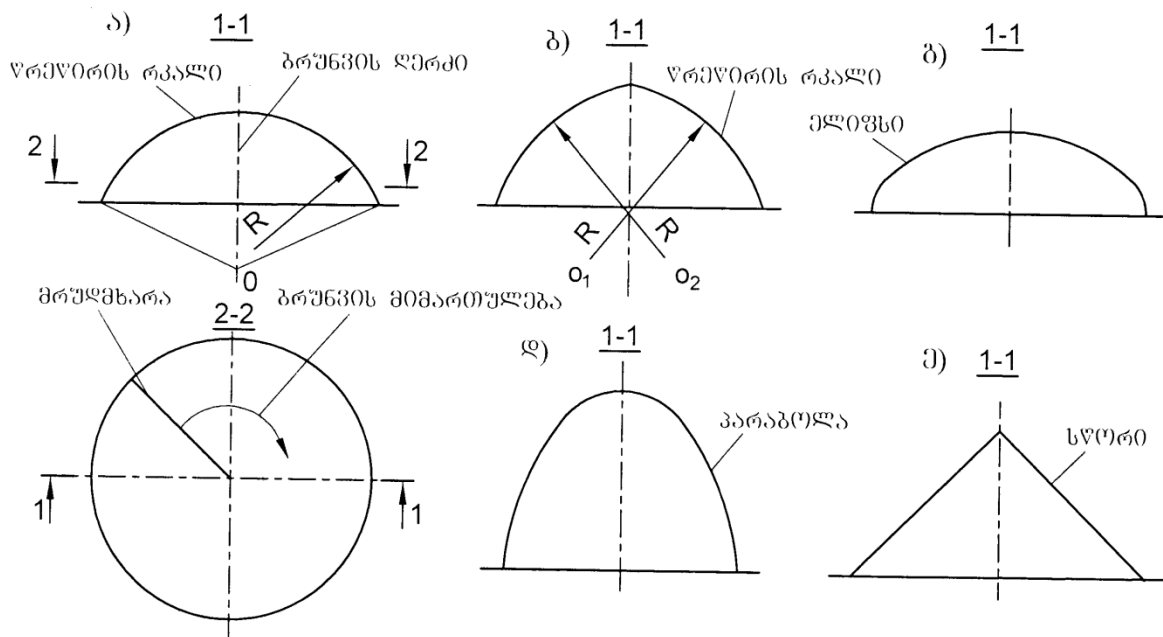
თავი 12. ორმაგი სიმრუდის ბადახურვის კონსტრუქციები

12.1. გუმბათოვანი კონსტრუქციები.

ძირითადი ტიპები და მათი ღახასიათება

გუმბათი ეწოდება დადებითი გაუსის სიმრუდის¹ მქონე სივრცით კონსტრუქციას, რომლის ზედაპირი მიიღება ბრტყელი მრუდის ბრუნვით ვერტიკალური უძრავი ბრუნვის სწორი ღერძის გარშემო. მშენებლობის პრაქტიკაში უფრო მეტად გავრცელებულია წრიული გეგმის მქონე გუმბათები, რომლებიც მბრუნავი მრუდით შემოხაზულ ზედაპირზე დამოკიდებულებით, შეიძლება იყოს: სფერული, ისრული, ელიფსური, პარაბოლური, კონუსური (ფიგ. 178) და ა.შ.

¹ გაუსის სიმრუდე წარმოადგენს მთავარი სიმრუდეების ნამრავლს $1/R_1 \cdot 1/R_2$, სადაც R_1 და R_2 მოცემულ წერტილში მრუდი ზედაპირის ურთიერთპერპენდიკულარული კვეთების სიმრუდეებია. თუ სიმრუდის ცენტრები მდებარეობს ზედაპირის ერთ მხარეს, მაშინ ზედაპირს აქვს დადებითი გაუსის სიმრუდე (გუმბათი, დამრეცი გარსი). თუ ეს ცენტრები მდებარეობს ზედაპირის ორივე მხარეს, მაშინ ზედაპირს აქვს უარყოფითი გაუსის სიმრუდე (პიპარი). თუ ერთ-ერთი რადიუსი ტოლია უსასრულოობის, მაშინ ზედაპირს აქვს ნულოვანი გაუსის სიმრუდე (ბადისებრი ცილინდრული კამარა).

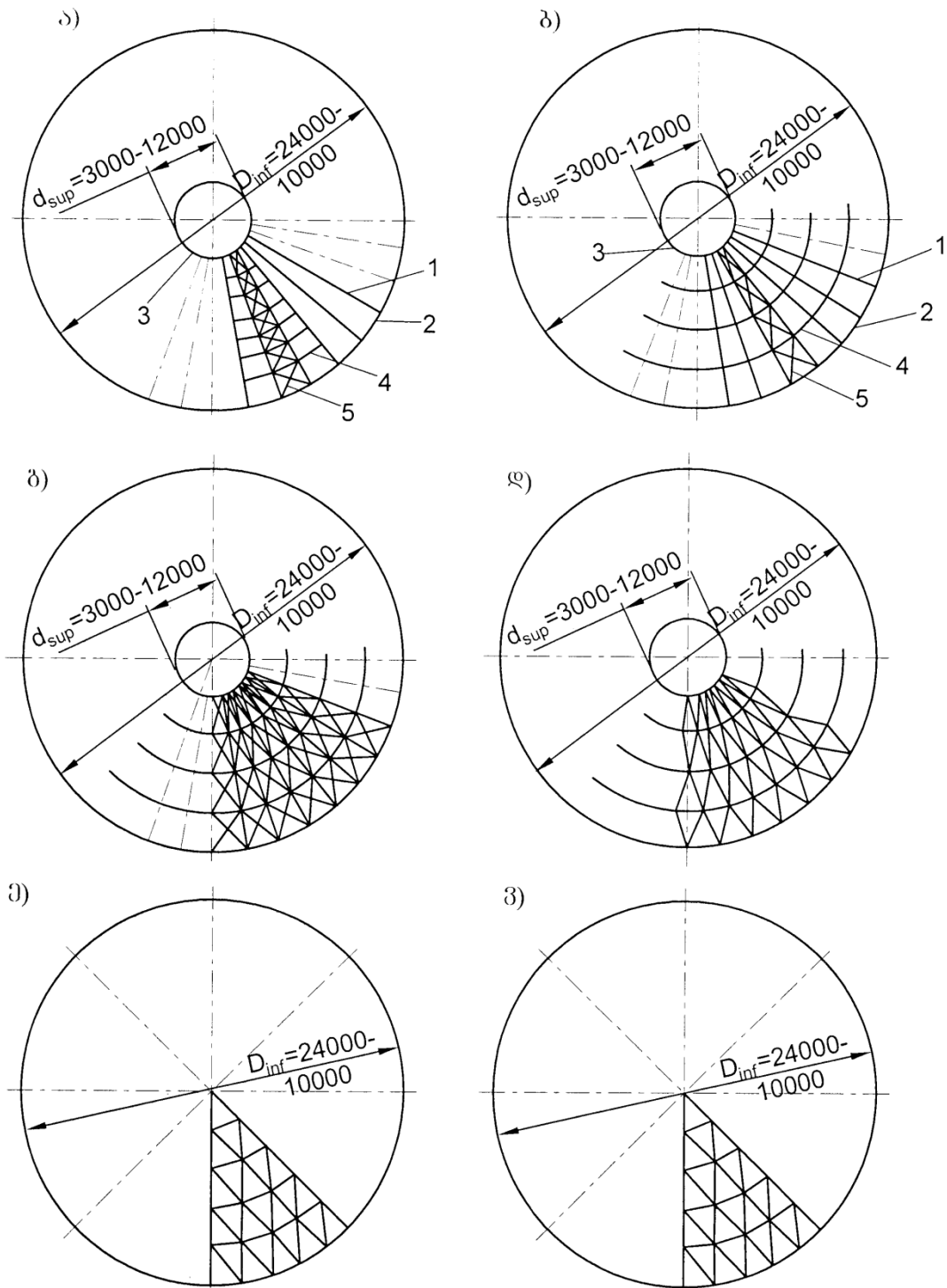


ფიგ. 178. გუმბათის სქემები

ა – სფერული; ბ – ისრული; გ – ელიფსური; დ – პარაბოლური; ე – კონუსური

კონსტრუქციული ნიშნებით გუმბათი შეიძლება იყოს წიბოვანი, წიბოვან-რგოლური და ბადისებრი. წიბოვანი გუმბათი წარმოადგენს სივრცით-თაღოვან კონსტრუქციას, რომელიც შედგენილია რადიალური მიმართულებით განლაგებული ბრტყელი მრუდხაზოვანი წიბოებისგან, რომლებიც ქვედა ნაწილში ერთმანეთთან შეერთებულია გაჭიმვაზე მომუშავე საყრდენი რგოლით, ხოლო გუმბათის წვეროში – კუმშვაზე მომუშავე ზედა რგოლით (ფიგ. 179, ა). სახურავის პანელები ღაგდება გუმბათის წიბოებთან სახსრულად შეერთებულ რგოლურ გრძივებზე.

წიბოვან-რგოლური გუმბათები წიბოვანებისაგან განსხვავდება იმით, რომ გუმბათის მუშაობაში ჩართულია რგოლური გრძივები, რომლებიც წიბოებთან ერთად ქმნის ხისტ სივრცით სისტემას (ფიგ. 179, ბ). წრიულ-რგოლურ გუმბათში რგოლური გრძივები, სახურავის პანელების დაყრდნობის გარდა, უზრუნველყოფს საერთო მდგრადობას და ამცირებს გუმბათის წიბოების საანგარიშო სიგრძეს საკუთარი სიბრტყიდან. ამ სახის გუმბათის საერთო სიხისტისათვის აწყობენ კავშირების მინიმუმ ოთხ პანელს, რომლებიც წარმოადგენს ორი მეზობელი წიბოსგან შედგენილ სექტორებს, რომლებიც თავის მხრივ ერთმანეთთან შეერთებულია ჯვარედინა კავშირებითა და განმბჯენი-გრძივებით.



ფიგ. 179. ღეროვანი გუმბათების ძირითადი სისტემები

- ა – წიბოვანი; ბ – წიბოვან-რგოლური; გ – ბადისებრი (შვედლერის სისტემა);
 დ – ვარსკვლავისებრი (ფიოპლის სისტემა); ე – ბადისებრი (ჩივიტის სისტემა);
 ვ – ბადისებრი, რომბული ბადის საფუძველზე; 1 – მერიდიანული წიბო,
 2 – საყრდენი რგოლი; 3 – ზედა რგოლი; 4 – გრძივები; 5 – კავშირები;

წიბოვან და წიბოვან-რგოლურ გუმბათებს უფრო ხშირად აპროექტებენ დამრეცი სისტემების სახით აწეულობის ისრით $(1/5-1/8)D_{inf}$ და გარე დიამეტრით $D_{inf}=24-100$ მ. წიბოების სიმაღლე რეკომენდებულია $(1/60-1/100)D_{inf}$, ხოლო წიბოების ბიჯი გარე დიამეტრზე 6-12 მ, D_{inf} -ის მნიშვნელობიდან გამომდინარე.

წიბოვან-რგოლური გუმბათების განვითარებას წარმოადგენს შვედლერის გუმბათი, რომელიც ზემოთ აღნიშნულებისაგან განსხვავდება იმით, რომ ჯვარედინა კავშირები დაყენებულია ყოველ ოთხკუთხა უჯრედში, რის გამოც მნიშვნელოვნად იზრდება გუმბათის სიხისტე. ასეთი გუმბათის დიამეტრი შეიძლება გაიზარდოს 200 მ-დე (ფიგ. 179, გ).

გუმბათების მშენებლობის თანამედროვე პრაქტიკაში უპირატესი გამოყენება პოვის სამკუთხა უჯრედებიან ბადისებრმა გუმბათებმა, აგრეთვე გუმბათების გეოდეზიურმა სისტემებმა, რომელთა ღეროები წარმოადგენს სფეროში ჩახახულ მრავალკუთხედების წიბოებს. სამკუთხა უჯრედებიან ბადეებზე დაფუძნებული გუმბათების აგების პრინციპი მდგომარეობს გუმბათის ზედაპირზე ბრტყელი ბადის დაპროექტებაში. ამისათვის გუმბათს ანაწევრებენ გარკვეული რაოდენობის ერთნაირ სივრცით სექტორებად, რომელთაგან თითოეული იყოფა უფრო პატარა სამკუთხა უჯრედებად.

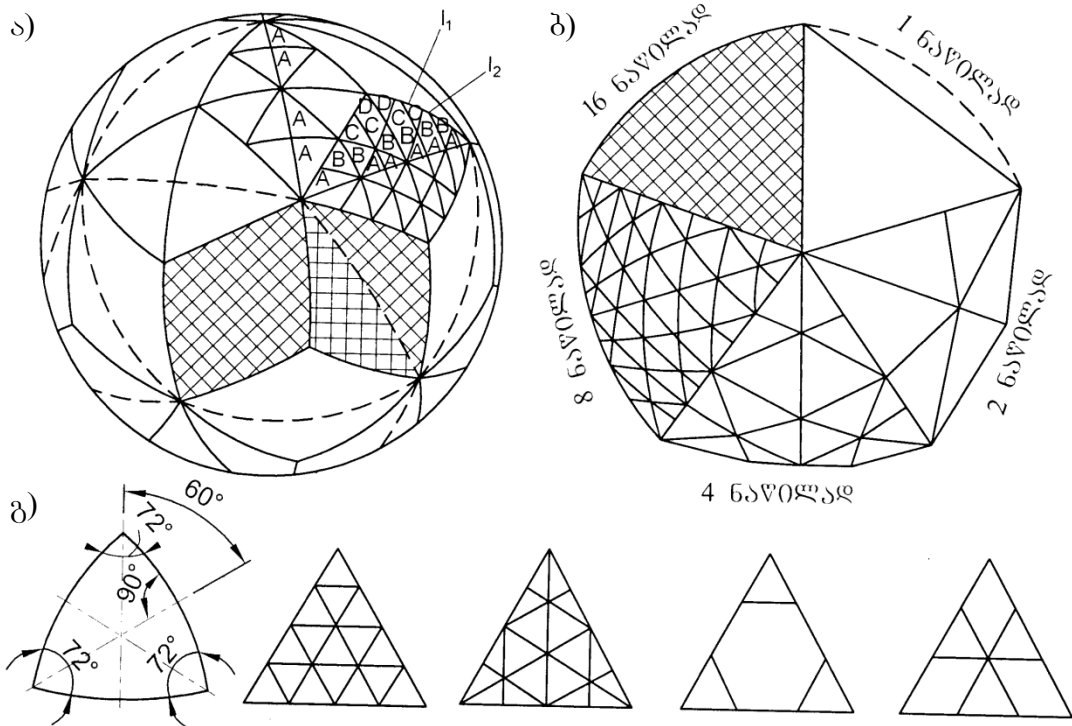
დაყოფის ვარსკვლავა სისტემა (ფიგ. 179, დ) მიიღება შვედლერის სისტემიდან თითოეული ჰორიზონტალური რგოლის $\theta = \pi/n$ (n – გუმბათის წახნაგების რაოდენობა) კუთხით მობრუნებით (ფიგ. 179, დ). ვარსკვლავა დაყოფის შემთხვევაში რგოლის ღეროების გარდა ყველა სხვა ღეროს აძლევენ ერთნაირ სიგრძეს, რის შედეგადაც ვიღებთ ჩებიშევის წესიერ ბადეს.

ჩივიტას სისტემაში (ფიგ. 179, ე) იარუსის ყველა კვანძი მდებარეობს ერთ ჰორიზონტალურ სიბრტყეში, რაც გუმბათის დაყოფისას საშუალებას იძლევა დაპროექტდეს რგოლებს შორის მანძილები, ან ერთ იარუსში რგოლის ელემენტების სიგრძეები, ერთნაირი სიდიდის.

მერიდიანული მიმართულებით განლაგებული ღეროების სიგრძეების ტოლობით გამოირჩევა ფიგ. 179, ვ-ზე გამოსახული რომბული ბადე, რომელიც აგებულია ჩებიშევის წესიერი ბადის საფუძველზე.

ერთი ტიპის ღეროვანი და საკვანძო ელემენტების მისაღებად ყველაზე მიზანშეწონილია დოდეკაედრისა (რ. ბ. ფულერის დაყოფა; ფიგ. 180, ა) და

იკოსაედრის სფერული ბადეების საფუძველზე აგებული გეოდეზიური გუმბათები (მ. ს. ტუპოლევის დაყოფა; ფიგ. 180, ბ).



ფიგ. 180. გეოდეზიური გუმბათების აგების სქემები

- ა – დოდეკაედრის საფუძველზე; ბ – წაკვეთილი იკოსაედრის საფუძველზე;
- გ – სფერული სამკუთხედების შევსების ვარიანტები (A–D – დაყოფის ტიპები);

სფერული სამკუთხედების პატარა უჯრედებად დაყოფით შეიძლება მიღებულ იქნას სამკუთხა, ხუთკუთხა, ექვსკუთხა და რომბული სახის ბადეები, რაც ბადისებრ გუმბათებს ანიჭებს საინტერესო არქიტექტურულ ფორმებს (ფიგ. 180, გ). ერთსართულიან ბადისებრ გუმბათებს აპროექტებენ 150 მ-დე დიამეტრით, ხოლო ორსართულიანებს, $(1/100-1/150)D_{inf}$ კვეთის შემთხვევაში, 600 მ-დე. გეოდეზიური გუმბათების ორი სქემის შედარებიდან ჩანს, რომ ღეროებისა და პანელების ტიპზომების რაოდენობის მიხედვით უფრო რაციონალურია დოდეკაედრზე დაფუძნებული სქემები.

12.2. წიბოვანი და წიბოვან-რგოლური გუმბათების გაანგარიშება

წიბოვანი გუმბათები, რომლებიც შედგებიან კლიტეში (საჭექი, კეხი) შეერთებული თაღებისგან, წარმოადგენს მრავალჯერ სტატიკურად ურკვევ სისტემას (ფიგ. 181, ა). მათი გაანგარიშება, მიახლოების საკმარისი ხარისხით, შეიძლება ვაწარმოოთ, როგორც სამსახსრიანი თაღების, რომლებიც შედგენილი არიან ორი ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მდებარე წიბოებისგან. ვერტიკალური დატვირთვა საანგარიშო სამსახსრიან თაღზე, რომელიც აიღება სფერული ტრაპეციის ფართობის მიხედვით, შეიძლება შეიცვალოს სამკუთხა დატვირთვით, რომლის მაქსიმალური ორდინატა გარე პერიმეტრზე $q_{g,1}=ga_{inf}$ (a_{inf} არის საყრდენ რგოლზე წიბოებს შორის მანძილი). სიმეტრიული ვერტიკალური დატვირთვის შემთხვევაში განმბჯენი და საყრდენი რეაქცია საანგარიშო თაღში შეიძლება გამოისახოს ფორმულებით:

$$F_h = q_{g,1} D_{inf}^2 / 24f, \quad (145)$$

$$F_v = q_{g,1} D_{inf} / 4. \quad (146)$$

დერძული მკუმშავი ძალვა თაღის წიბოში საყრდენი რგოლის დონეზე განისაზღვრება ფორმულით: $N = \sqrt{F_h^2 + F_v^2}$. წიბოების ხშირი განლაგების შემთხვევაში ($a_{inf} \leq 6$ მ) საანგარიშო თაღში წარმოქმნილი განმბჯენის გავლენა შეიძლება შეიცვალოს საყრდენი რგოლის ან ზედა რგოლის სიგრძეზე მოდებული თანაბრად განაწილებული დატვირთვით, შესაბამისად F_h/a_{inf} და F_h/a_{sup} .

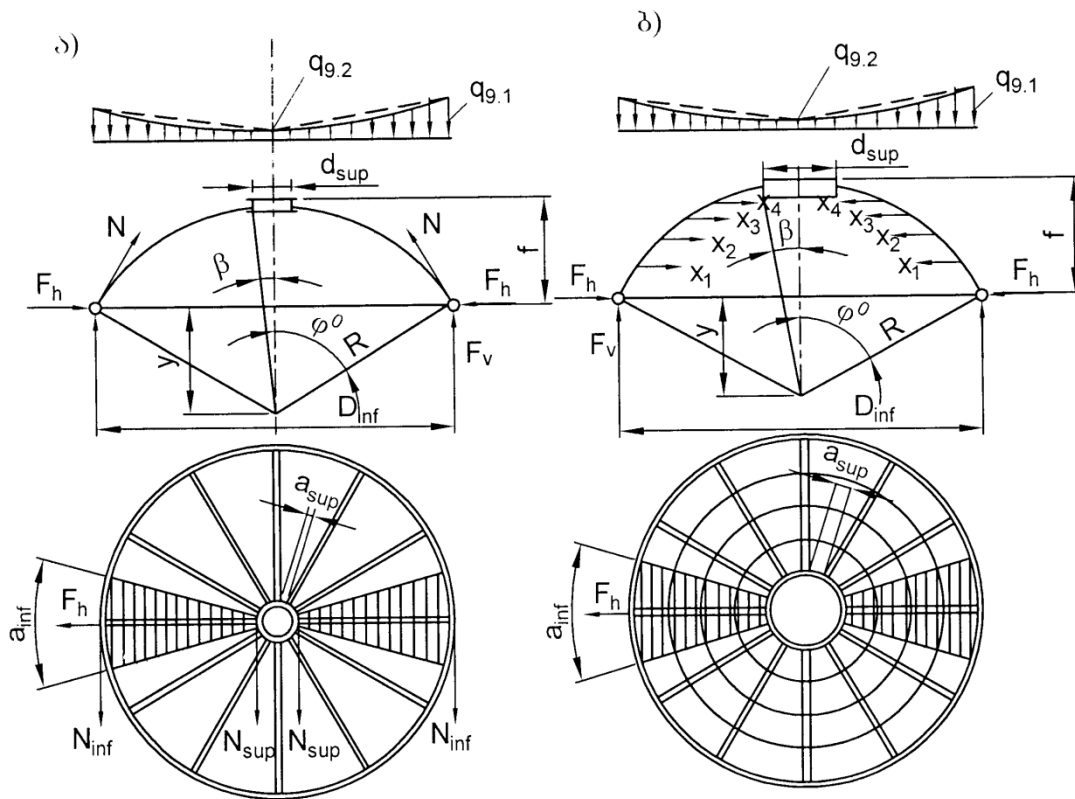
საყრდენ რგოლში გამჭიმავი და ზედა რგოლში მკუმშავი ძალები შესაბამისად ტოლია:

$$N_{inf} = F_h D_{inf} / 2a_{inf}, \quad (147)$$

$$N_{sup} = F_h d_{sup} / 2a_{sup}. \quad (148)$$

წიბოვან-რგოლური გუმბათის გაანგარიშება დერძიმეტრიულ დატვირთვაზე, წიბოვანი გუმბათის გაანგარიშების ანალოგიურად, დაიყვანება პირობითი საკოჭ-რგოლებიანი ბრტყელი სამსახსრიანი თაღის გაანგარიშებაზე, რის გამოც წიბოებში მცირდება ძალები, და შესაბამისად, მცირდება

მასალების ხარჯი (ფიგ. 181, ბ). ზედმეტი უცნობების $x_1, x_2 \dots$ გავლენა განისაზღვრება კანონიკური განტოლებების სისტემის ამოხსნით.



ფიგ. 181. გუმბათების გაანგარიშებისთვის

ა – წიბოვანი; ბ – წიბოვან-რგოლური;

რეალური დაპროექტების დროს ყველა ტიპის გუმბათი აგრეთვე გაანგარიშდება არასიმეტრიულ ქარის და თოვლის დატვირთვებზე, ვინაიდან ეს დატვირთვები გუმბათებში იწვევს სახიფათო გამჭიმავ ძალებს რგოლური მიმართულებით და მნიშვნელოვან ადგილობრივ მღუნავ მომენტებს სისტემის წიბოებსა და რგოლებში.

12.3. ბადისებრი ბარსების გაანგარიშება

ბადისებრი გუმბათების გაანგარიშებას აწარმოებენ უმომენტო თეორიის მიხედვით, რომლის გამოყენების პირობებია: გარსის დაყვანილი სისქის ცვლილების სიმდოვრე, მისი მერიდიანის სიმრუდის რადიუსის მუდმივობა, დატვირთვის ცვლილების სიმდოვრე, გუმბათის კიდეების თავისუფალი გადაადგილება რადიალური და წრიული მიმართულებით. ამ პირობებში

დერძიმეტრიული უწყვეტი (მთლიანი) თანაბრად განაწილებული დატვირთვის მოქმედების შემთხვევაში ბადისებრი გუმბათის დაძაბული მდგომარეობა ხასიათდება მხოლოდ ნორმალური F_1 და F_2 ძალების წარმოქმნით, რომლებიც მოქმედებს შესაბამისად მერიდიანული და წრიული მიმართულებით (ფიგ. 182, ა).

უმომენტო სფერული გარსის წონასწორობის ძირითად განტოლებას აქვს სახე

$$F_1 + F_2 = pR, \quad (149)$$

სადაც $p = g \cdot \cos \varphi$ არის თანაბრად განაწილებული წნევა გუმბათის ზედაპირის ერთეულზე; g – თანაბარი დატვირთვა გუმბათის ზედაპირის გასწვრივ (ბადისებრი გუმბათის საკუთარი მასა, ფოლადით შესრულების შემთხვევაში მიახლოებით შეიძლება მიღებულ იქნას $g_m = (3-6) D_{inf}$ (კგ/მ²), ხოლო ალუმინის შენადნობების შემთხვევაში $g_m = (2-4) D_{inf}$ (კგ/მ²).

გუმბათის გეომეტრიული მახასიათებლები განისაზღვრება ფორმულებით (ფიგ. 182, ბ):

$$R = (D_{inf}^2 / 8f) + f / 2, \quad (150)$$

$$\sin \varphi_0 = 0.5 D_{inf} / R_{\varphi}, \quad (151)$$

$$S_{inf} = \pi D_{inf}^2, \quad (152)$$

სადაც S_{inf} არის საყრდენი რგოლის სიგრძე.

მერიდიანული ძალვა რგოლის სიგრძის ერთეულზე, რომელიც მდებარეობს სფეროს ცენტრიდან y მანძილზე გუმბათის მოკვეთილი ნაწილის ჰორიზონტალურ სიბრტყეში, შეიძლება განსაზღვროთ წონასწორობის განტოლებიდან:

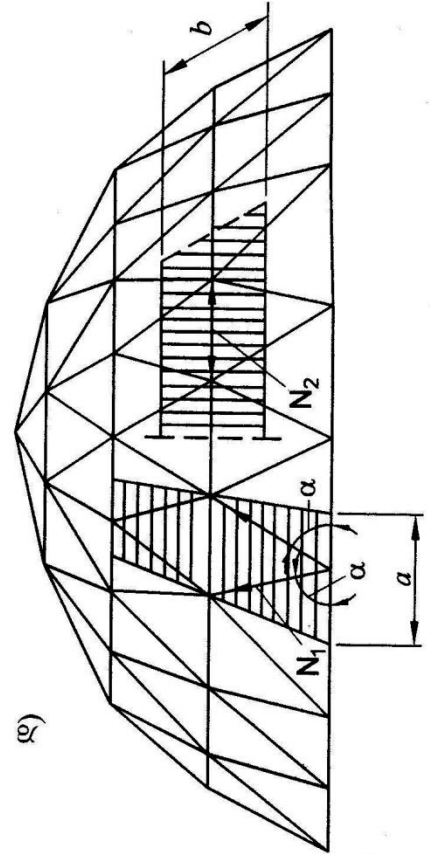
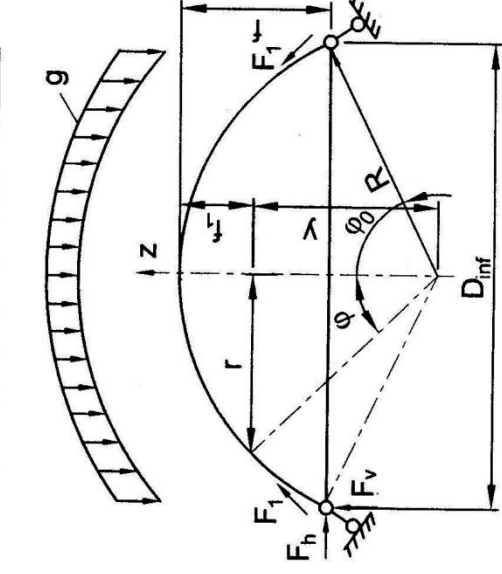
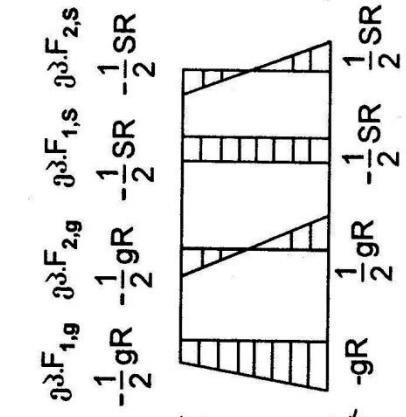
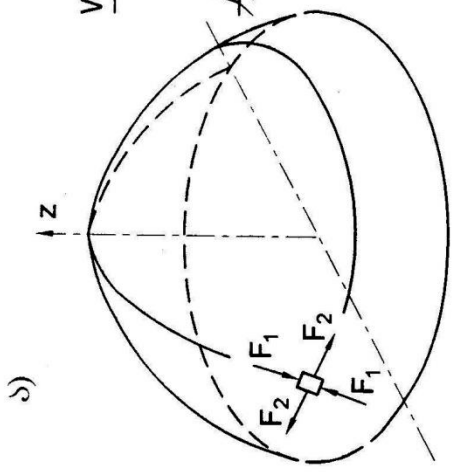
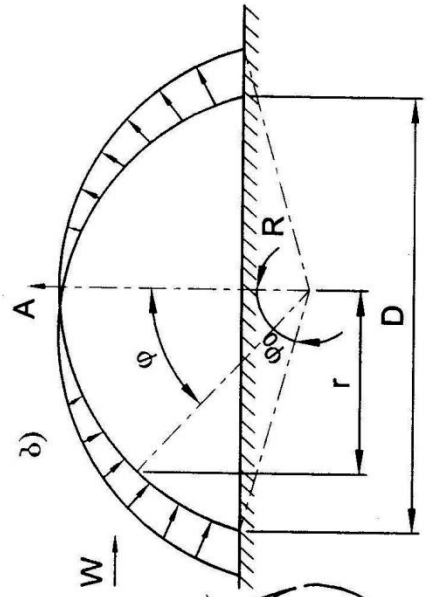
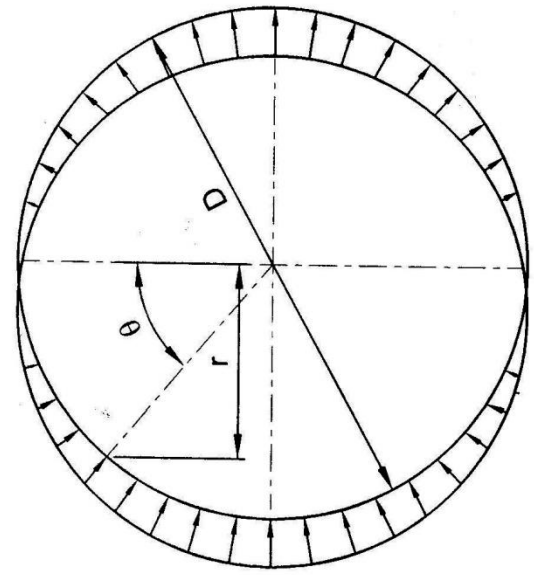
$$2F_1 \pi r \sin \varphi = G = - g 2\pi R (R - y), \quad (153)$$

სადაც G არის გუმბათის მოკვეთილი ნაწილის წონა; φ – ცვლადი კუთხე გარსის მერიდიანულ კვეთში; r – პარალელის რადიუსი განსახილველი კვეთის დონეზე.

F_1 მიმართ (153)-ე განტოლების ამოხსნით მივიღებთ

$$F_1 = - gR / (1 + \cos \varphi). \quad (154)$$

ბ.ე.ე.ე. A



ფიგ. 182. ბადისებრი გარსების გაანგარიშებისთვის

რგოლური ძალვა მერიდიანის სიგრძის ერთეულზე, γ დონეზე, შეიძლება მივიღოთ (149)-ე განტოლებაში (154)-დან F_1 -ის მნიშვნელობის ჩასმით:

$$F_2 = -gR [\cos \varphi - 1/(1 + \cos \varphi)]. \quad (155)$$

თანაბრად განაწილებული თოვლის დატვირთვისაგან გამოწვეული, გუმბათის მოკვეთილი ნაწილის დონეზე მოქმედი F_1 -ის და F_2 -ის ძალების მნიშვნელობები განისაზღვრება ფორმულებით:

$$F_{1,S} = -SR/2; \quad (156)$$

$$F_{2,S} = -SR \cos 2\varphi / 2, \quad (157)$$

სადაც S არის საანგარიშო თოვლის დატვირთვა გუმბათის ჰორიზონტალური ზედაპირის 1 მ²-ზე.

გუმბათზე ქარი მოქმედებს ზედაპირის მიმართ ნორმალურად, ირიბსიმეტრიული სქემით (ფიგ. 182, გ).

სფერულ გარსში ქარის ზემოქმედებისაგან გამოწვეული რადიალური და რგოლური ძალები შეიძლება განისაზღვროს ფორმულებით:

$$F_{1,w} = wR \cos \varphi \sin \theta (2/3 - \cos \varphi + \cos^3 \varphi / 3) / \sin^3 \varphi, \quad (158)$$

$$F_{2,w} = wR \sin \theta [\sin \varphi - \cos \varphi (2/3 - \cos \varphi + \cos^3 \varphi / 3) / \sin^3 \varphi], \quad (159)$$

სადაც w – საანგარიშო ქარის დატვირთვა 1 მ² ვერტიკალურ ზედაპირზე გუმბათის ფუძის დონეზე.

საანგარიშო ზოლების a და b სიგანის გათვალისწინებით (ფიგ. 182, დ), დატვირთვის ყოველი სახისგან შეიძლება მივიღოთ საანგარიშო ძალები მერიდიანული და რგოლური მიმართულების დეროებში, ფორმულებით:

$$N_1 = F_1 a / 2 \cos \alpha, \quad (160)$$

$$N_2 = F_2 b. \quad (161)$$

გუმბათის მდგრადობის შესანარჩუნებლად ვერტიკალურ სიბრტყეში აუცილებელია შემდეგი პირობის შესრულება:

$$N_1 \leq N_{cr}, \quad N_{cr} = E \sqrt[3]{J^2 a / 2R}; \quad (162)$$

სადაც J არის გუმბათის კვეთის ინერციის მომენტი a მერიდიანული ზოლის სიგანეზე, ერთსარტყელიანი და ორსარტყელიანი გუმბათებისთვის შესაბამისად განისაზღვრება ფორმულებით:

$$J = \pi (d_e^4 - d_i^4) / 64, \quad (163)$$

$$J = Ah^2/2, \quad (164)$$

სადაც d_e და d_i არის მილის გარე და შიდა დიამეტრი; A – სარტყელის განივი კვეთის ფართობი.

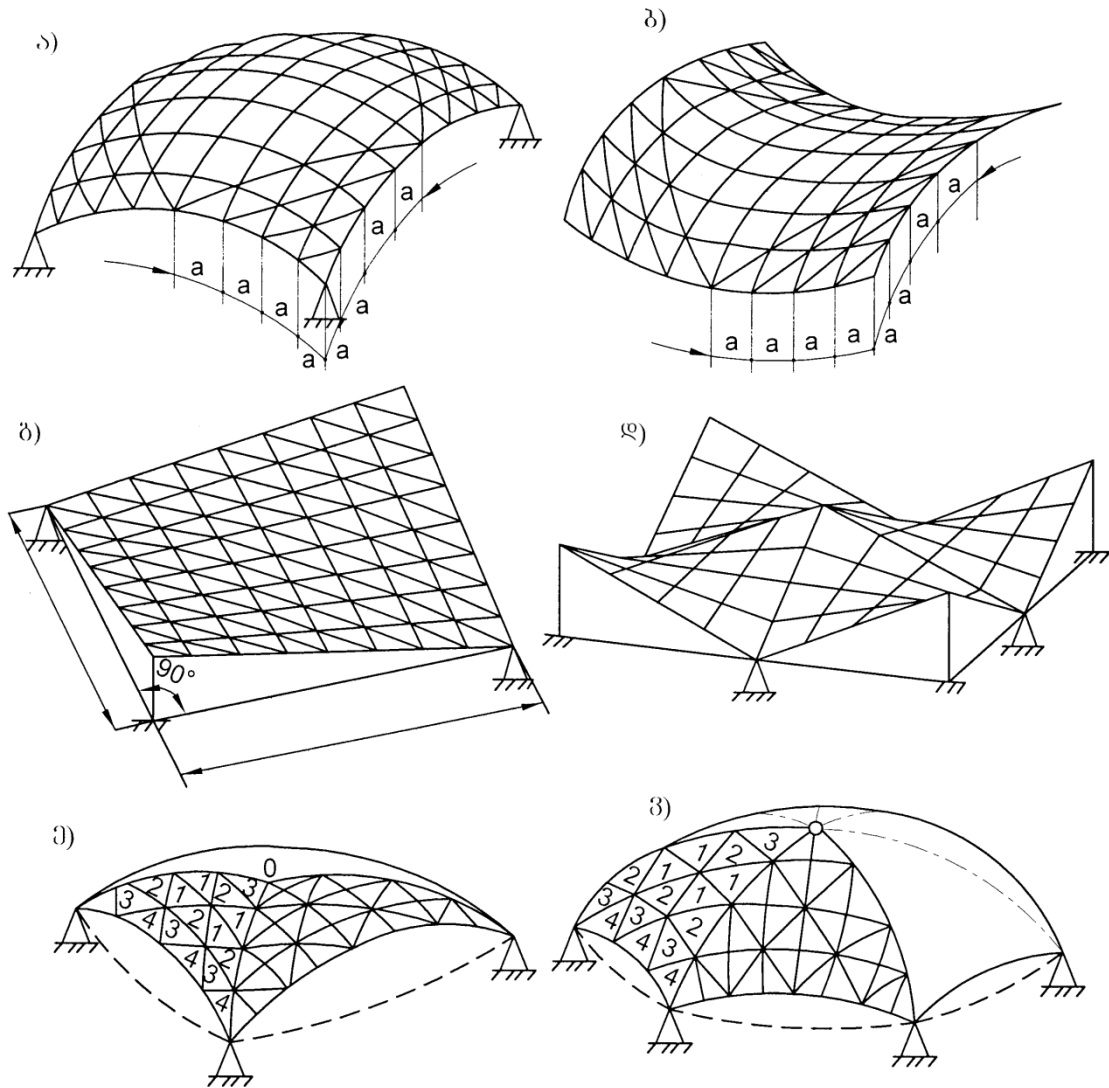
12.4. ბადისებრი ბარსების ტიპები

და მათი კონსტრუქციული გადაწყვეტები

ბადისებრი გარსები წარმოადგენს ერთი ტიპის ღეროვანი და საკვანძო ელემენტების გამოყენებაზე დაფუძნებულ კონსტრუქციას. ბადისებრი გარსს, როგორც წესი, აქვს დაცენტრირებული გეგმა და მიიღება სფეროდან, გეგმაში კვადრატული, სამკუთხა ან ექვსკუთხა ფორმის ამოკვეთით (დადებითი გაუსის სიმრუდის გარსები) ან ბრუნვის ჰიპერბოლოიდის ზედაპირიდან კვადრატული ან რომბული ფორმის ამოკვეთით (უარყოფითი გაუსის სიმრუდის გარსები) (ფიგ. 183).

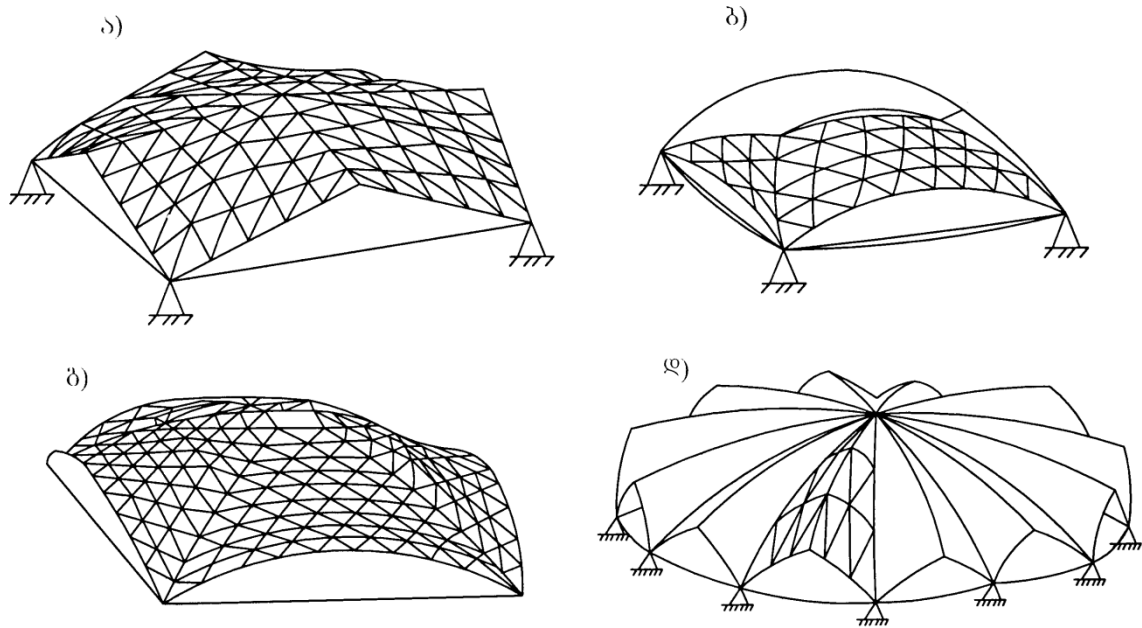
დადებითი გაუსის სიმრუდის (ფიგ. 183, ა) დამრეცი ბადისებრი გარსების დაყოფის ძირითადი ხერხი მდგომარეობს საწყის ზედაპირზე ჩებიშევის წესიერი ბადის დატანაში, რომელიც წარმოადგენს ორთოგონალურ მსახველებზე დამაგრებულ, ერთი სიგრძის მოპირდაპირე გვერდების მქონე უჯრედებს. ბადის ოთხკუთხა უჯრედების კუთხურ ზონებში ყენდება გამჭიმავი რგოლური ძაღვების ამთვისებელი დიაგონალური ღეროები.

ჰიპერბოლური პარაბოლოიდის სახის ბადისებრი გარსებში (ფიგ. 183, ბ-დ) ზედაპირის დაყოფა ხორციელდება მართკუთხა კონტურის გვერდების პარალელური სწორხაზოვანი მსახველებით, რაც საშუალებას იძლევა რამდენიმე ელემენტალური სექციისაგან აიგოს სხვადასხვა ფორმის გადახურვები და შენარჩუნებული იქნას ღეროვანი და საკვანძო ელემენტების ტიპურობა. გეგმაში ნებისმიერი ფორმის ბადისებრი გარსის საინტერესო ფორმები შეიძლება მივიღოთ დახრილი მსახველების მეთოდის გამოყენებით. ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს ბრუნვით ზედაპირზე მუდმივი კუთხური ბიჯით მრუდი ხაზების დატანაში, რომლებიც არ ემთხვევა მერიდიანებსა და პარალელებს (ფიგ. 183, ე, ვ).



ფიგ. 183. ბადისებრი გარსების წარმოქმნის სქემები (1-4 – დაყოფის ტიპები)

ბრტყელი დახრილი მსახველების ბადე საშუალებას იძლევა აიგოს გარსების რთული ზედაპირები, რომლებიც შედგებიან კვადრატული ან მრავალკუთხა გეგმის მქონე ბრუნვის ჰიპერბოლოიდის სამკუთხა (ფიგ. 184, ა) და ტრაპეციისებრი (ფიგ. 184, ბ) ფრაგმენტებისგან, აგრეთვე რთული გარსები სფეროს ტიპის სამკუთხა და ტრაპეციისებრი ფრაგმენტებისგან (ფიგ. 184, გ, დ). ახალი ტიპის ბადისებრი გარსები შეიძლება გამოყენებული იქნას მალეების ფართო დიაპაზონში (30–150 მ). 60 მ-ზე მეტი მალეების შემთხვევაში მათი სიხისტისა და მდგრადობის გასაზრდელად რეკომენდებულია გამოყენებულ იქნას გისოსის ორბადიანი სტრუქტურა, კვეთის მალთან ფარდობით $1/100-1/150$.



ფიგ. 184. რთული გარსების სქემები, რომლებიც წარმოიქმნებიან დახრილი მსახველებით

12.5. ღამრეცი ბაღისებრი ბარსების ბანბარიშება

გეგმაში კვადრატული ღამრეცი სფერული გარსი, მუდმივი სიმრუდით:

$$R_x = R_y = R = (i^2/8f) + f/2, \quad (165)$$

რომელიც დატვირთულია თანაბრად განაწილებული დატვირთვით g , შეიძლება გაანგარიშებული იქნეს მიახლოებით, უმომენტო თეორიის მიხედვით, როგორც ორი მიმართულებით მომუშავე კამარა (ფიგ. 185). ამისათვის ბაღისებრი გარსს ორი მიმართულებით ანაწევრებენ 1 მ სიგანის ზოლოვან-თაღებად, რომელთა ბოლოებზე განისაზღვრება ვერტიკალური საყრდენი რეაქციები და განმბჯენი, ფორმულებით:

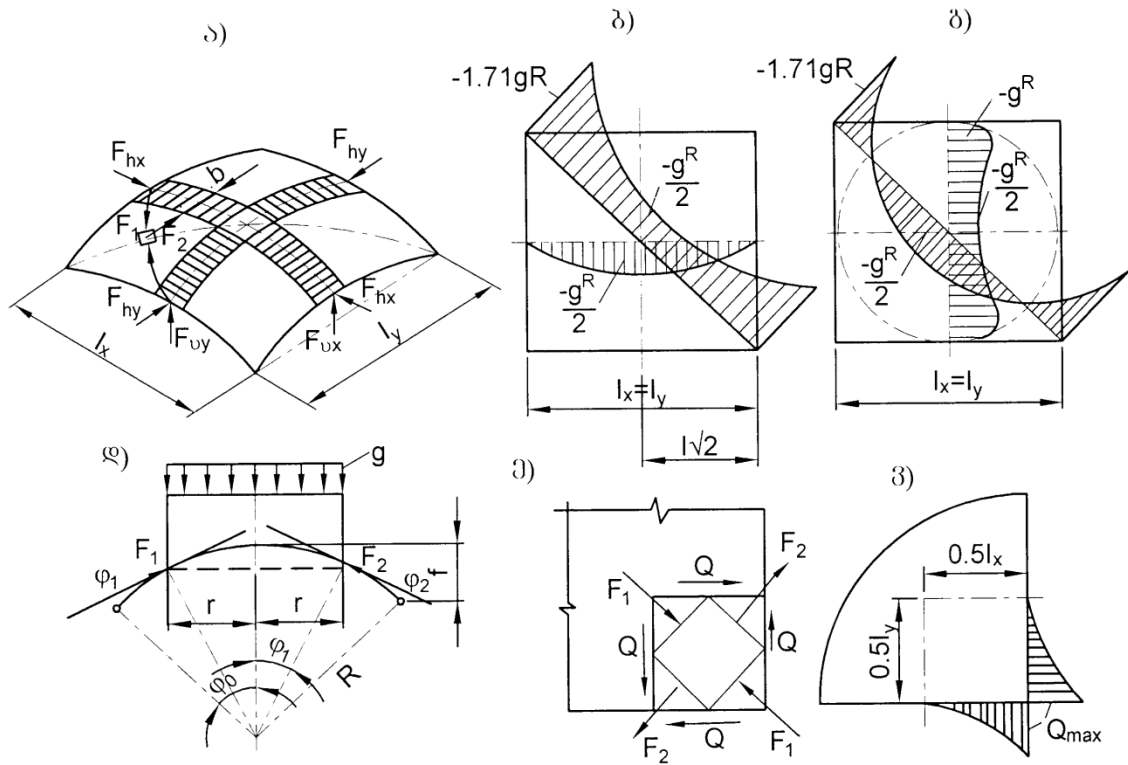
$$F_{v,x} = F_{v,y} = gl/4; \quad (166)$$

$$F_{h,x} = F_{h,y} = gl^2/16f. \quad (167)$$

თაღების ბოლოებში გრძივი მკუმშავი ძალები

$$F_1 = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}. \quad (168)$$

გარსის კვადრატულ მოხაზულობაში ჩახაზული, წაკვეთილი სფერული სეგმენტის ფარგლებში, მუდმივი და თოვლის დატვირთვებისგან გამოწვეული მერიდიანული და რგოლური ძალები, ბადისებრი გარსების მსგავსად, შეიძლება განისაზღვროს შესაბამისად (154 – 157) ფორმულებით.



ფიგ. 185. ბადისებრი დამრეცი გარსის გაანგარიშებისათვის

ფიგ. 185, ბ, გ-ზე მოყვანილია გეგმაში კვადრატულ გარსში, მუდმივი თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან გამოწვეული, ზუსტი მეთოდით გაანგარიშებული ძალების ეპიურები. ამ ეპიურებიდან ჩანს, რომ დამრეცი გარსში არსებობს ორღერძა კუმშვის არე, და მხოლოდ კუთხურ ზონებში, დიაგონალის ღერძის პერპენდიკულარულად, წარმოიქმნება მთავარი გამჭიმავი ძალები მაქსიმალური მნიშვნელობით $F_2=1.71gR$ და მათ მიმართ პერპენდიკულარული მთავარი მკუმშავი ძალები $F_1 = - 1.71gR$. დამრეცი გარსზე მოქმედი საერთო გარე დატვირთვა წონასწორდება კონტურის დიაფრაგმის ზედა სარტყელის გასწვრივ მოდებული ძვრის ძალების Q ვერტიკალური პროექციების ჯამით (ფიგ. 185, ე, ე).

ნახ. 185, ბ, გ-ზე გამოსახული ეპიურების შესაბამისად, ძვრის ძალის მაქსიმალური ორდინატა წარმოიქმნება გარსის კუთხეში (ფიგ. 185, ე) და აქვს შემდეგი სახე:

$$Q_{max} = \sqrt{2(1.71gR)^2} / \sqrt{2} = 1.71gR. \quad (169)$$

განსახილველ კვეთში, საანგარიშო ძალები ბადისებრი კონსტრუქციის დეროებში, მათი ბიჯის გათვალისწინებით, განისაზღვრება ბადისებრი გუმბათების ანალოგიურად ფორმულებით (160) და (161).

დამრეცი გარსის დიაფრაგმა მიახლოებით შეიძლება გაანგარიშდეს როგორც ჩვეულებრივი საკოჭიანი ორსახსრიაანი თაღი ან სეგმენტური ფერმა, რომელიც დატვირთულია $q=F_v$ ინტენსივობის თანაბრად განაწილებული დატვირთვით.

დამრეცი გარსის მდგრადობა უზრუნველყოფილი იქნება, თუ დაცული იქნება პირობა

$$g \leq g_{cr}, \text{ სადაც } g_{cr} = 10^4 E \sqrt[3]{J^2/a^2} / R^2. \quad (170)$$

12.6. ჰიპერბოლური პარაბოლოიდის (ჰიპარის) ფორმის ბადისებრი ბარსების ბანგბარიშება

ჰიპარის ფორმის გარსი, თანაბრად განაწილებული დატვირთვის მოქმედებისას, იმყოფება დაძაბულ მდგომარეობაში, რაც ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში ხასიათდება ძალების ტოლობით $F_1 = F_2$ (ნახ. 186, ა, ბ). ამასთან, ჩაზნექილი პარაბოლის მიმართულებით (ფიგ. 186, დ) წარმოიქმნება გამჭიმავი ძალები, ხოლო ამოზნექილის (ფიგ. 186, ე) მიმართულებით – მკუმშავი.

ბადისებრ გარსში და სასაზღვრე (კიდურ) სარტყელში დრეკადი დეფორმაციების გავლენის უგულებელყოფით, შეიძლება დავუშვათ, რომ თანაბრად განაწილებული დატვირთვა სრულად წონასწორდება ორი მიმართულების დიაგონალურ თაღებში წარმოქმნილი ნორმალური ძალებით.

იმის გათვალისწინებით, რომ გარსზე მოქმედი დატვირთვა ერთდროულად მოდებულია ორივე თაღზე, შეიძლება განისაზღვროს გამჭიმავი და მკუმშავი ძალების მნიშვნელობები 1 მ სიგანის თაღებში

$$F_1 = F_2 = 0.5g (\sqrt{2} \cdot l)^2 / 8f = gl^2/8f. \quad (171)$$

ჰიპერბოლური გარსები ხასიათდებიან მუდმივი ინტენსიობის ძვრის ძალებით, რომლებიც ტოლია $Q = F_1 = -F_2$ (ფიგ. 186, გ). მაქსიმალური მკუმშავი ძალვა ბორტის (კიდურ) ელემენტში $N_{b,max}$, მისი ჰორიზონტთან დახრის კუთხის გათვალისწინებით, წარმოიქმნება საყრდენთან, როგორც ძვრის ძალების ჯამი ბორტის (კიდური) ელემენტის სიგრძეზე

$$N_{b,max} = Ql / \cos \alpha. \quad (172)$$

ვერტიკალური საყრდენი რეაქცია, ჰიპარის ორ საყრდენზე დაყრდნობის შემთხვევაში, განისაზღვრება ფორმულით

$$F_v = gl^2 / 2. \quad (173)$$

განმზენი, რომელიც მიმართულია ერთფურცლიანი ჰიპარის საყრდენი დიაგონალის მიმართულებით (ფიგ. 186, ა), ტოლია

$$F_h = 2N_{b,max} / \cos 45^\circ. \quad (174)$$

ოთხფურცლიან ჰიპარში საყრდენი რეაქცია და ძალვა საკოჭში შესაბამისად ტოლია:

$$F_v = 4gl^2 / 4 = gl^2, \quad (175)$$

$$F_h = N_{b,max} / \cos \alpha. \quad (176)$$

ოთხფურცლიან ჰიპარში საერთო ბორტის (კიდური) ელემენტი გაანგარიშდება ჯამურ მკუმშავ ძალვაზე დამწვევი (შემამცირებელი) 0.85 კოეფიციენტის გათვალისწინებით, რომელიც ითვალისწინებს სასაზღვრო ეფექტს ჰიპარის ფურცლების შეუღლებისას

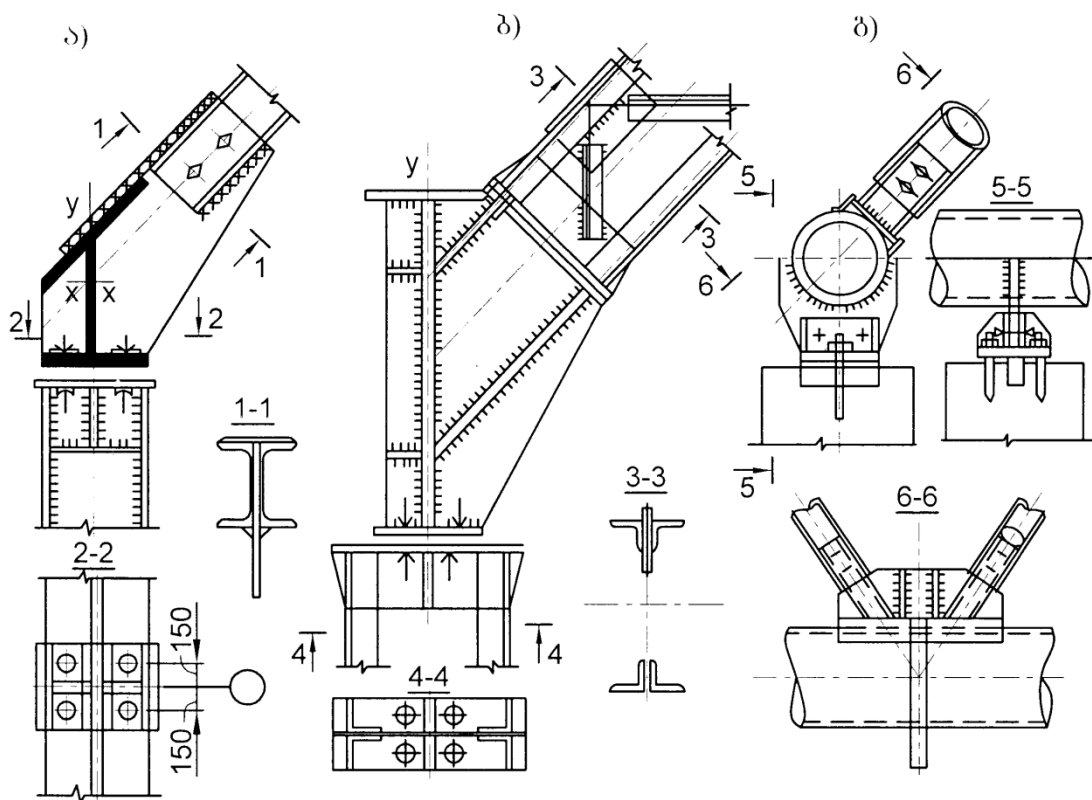
$$N = 2 N_{b,max} 0.85. \quad (177)$$

ძალები გარსის ცალკეულ ორთოგონალურ და დიაგონალურ დეროებში, მათი ბიჯის გათვალისწინებით, განისაზღვრება ნახ. 186, ვ, ზ გათვალისწინებით.

12.7. გუმბათებისა და ბადისებრი ბარსების კონსტრუქცია

წიბოვანი და წიბოვან-რგოლური გუმბათები შედგება მთლიანი ან გამჭოლი, ბრტყელი ან სივრცითი წიბოებისაგან, რომლებიც თავისი კონსტრუქციით გვანან მთლიან ან გამჭოლ თაღებს. წიბოები (თაღები)

საყრდენი კონტურით შეუღლებულია ლითონის (ფიგ. 187) ან რკინაბეტონის საყრდენ რგოლთან, რომელიც მუშაობს ღუნვაზე ორ ურთიერთმართობ სიბრტყეში $x-x$ და $y-y$.



ფიგ. 187. გუმბათის წიბოების საყრდენ რგოლთან შეუღლების კვანძები

ა – ერთსართველიან წიბოვან გუმბათებში; ბ – ორსართველიან წიბოვან გუმბათებში;
 გ – ბადისებრ გუმბათებში

რგოლის სიმაღლე აიღება სვეტებს შორის მანძილის $1/10-1/15$, ხოლო სიგანე – არანაკლებ კვეთის სიმაღლის $1/5$. წიბოების ხშირი განლაგების (3-6 მ) შემთხვევაში, საყრდენ რგოლს გეგმაში აქვს წრეწირის ფორმა; უფრო მეჩხერი განლაგებისას – მრავალკუთხედის ფორმა. რგოლის მრავალკუთხა ფორმის შემთხვევაში გუმბათის წიბოები რგოლთან შეუღლებული არიან გადატეხის კვანძებში.

საყრდენ სვეტებს შორის შუალედებში წიბოების შეუღლება რგოლთან რეკომენდებული არ არის მნიშვნელოვანი მღუნავი მომენტების წარმოქმნისა და ფოლადის გაზრდილი ხარჯის გამო. გუმბათის წვეროში საყრდენი რგოლის ანალოგიურად აპროექტებენ ზედა შეკუმშულ რგოლს. რადიალური წიბოების შეუღლება ზედა და ქვედა რგოლებთან შეიძლება იყოს ხისტი ან სახსრული. სახსრული შეერთების შემთხვევაში ზედა რგოლის სიხისტისა და

მდგრადობის გასადიდებლად რგოლს აძლიერებენ შიდა განმბჯენებით. წიბოვან გუმბათებში გრძივებს, როგორც წესი, აპროექტებენ შველერის ტიპის ნალუნი პროფილების სახით, რომლებიც გუმბათის წიბოებს მიემაგრება ჭანჭიკებით სახსრულად.

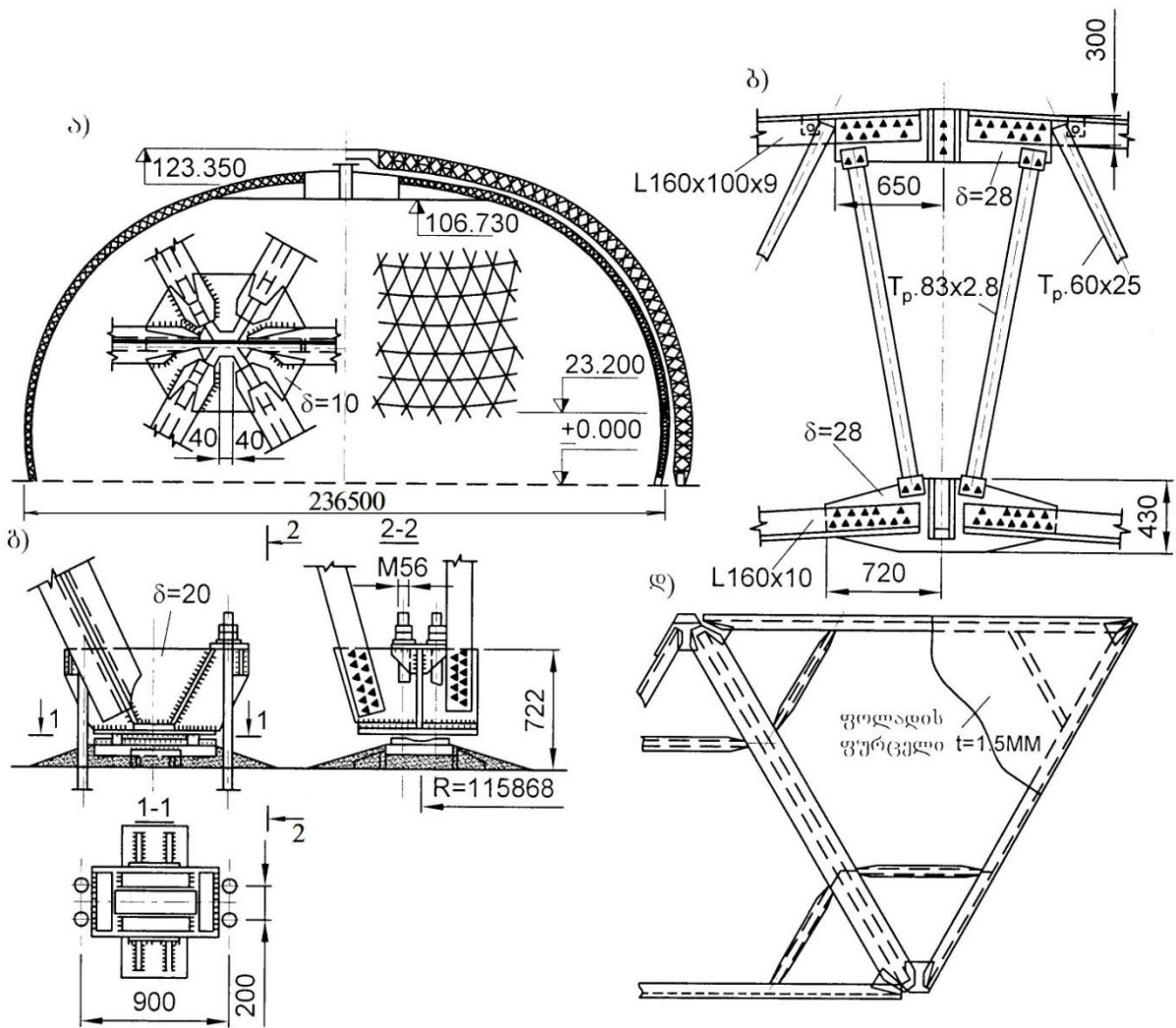
წიბოვან-რგოლურ გუმბათებში გრძივები კეთდება როგორც ნაგლინი პროფილებით, ასევე პარალელურსარტყელებიანი მსუბუქი გისოსოვანი წამწების სახის. გრძივის ჩამაგრება კოჭოვანი უჯრედის კვანძების ტიპის მიხედვით სახსრული ან ხისტია, მაგრამ გაანგარიშებულია რგოლური ძაღვების ათვისებაზე.

ბადისებრ გუმბათებსა და გარსებში საკვანძო შეერთებას აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა მასალატევალობის, დამზადებისა და აწყობის შრომატევალობის, აგრეთვე ღირებულების განსაზღვრისას. გამოიყოფა საკვანძო შეერთებების გადაწყვეტის სამი ძირითადი ჯგუფი, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდება ღეროების შეერთების პრინციპებითა და ღეროვანი ელემენტების ორიენტაციის შესაძლებლობებით.

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება საკვანძო შეერთებები, რომელთა ღეროები ორიენტირებულია საკვანძო ელემენტის მხებ სიბრტყეზე. ასეთ შეერთებებში საკვანძო ფასონურები კეთდება სწორკუთხა (ფიგ. 188, ა), წრიული ან ნებისმიერი სხვა ფორმის დაშტამპული ფურცლებისაგან.

მეორე ჯგუფის საკვანძო შეერთების ტიპური მაგალითია ფიგ. 188, ბ-ზე გამოსახული კვანძი, რომელშიც ღეროები ორიენტირებულია ბრუნვით სხეულზე – ღრუ სფერულ ფასონურაზე. ბრუნვით სხეულად აგრეთვე შეიძლება გამოყენებული იქნას ცილინდრი, ტორი, კონუსი ან მრავალკუთხედი (იხ. ფიგ. 204, 205).

ბადისებრი გარსებისა და გუმბათებისათვის ყველაზე მოსახერხებელია მესამე ჯგუფის საკვანძო შეერთებები, რომლებშიც ღეროები ქმნიან კონას და გადაიკვეთებიან ნორმალთან დამთხვეულ წირზე. ცნობილი გადაწყვეტებიდან ამ ჯგუფს მიეკუთვნება “იფი“-ს და “ტრიოდეტიკი“-ს კვანძები (იხ. ფიგ. 204), აგრეთვე გაბრტყელებული მილების შეერთების კვანძები ვანური შედუღებით (იხ. ფიგ. 205) და კვანძები რადიალურად განშლადი ფასონურებით (ფიგ. 188, ე). კვანძის მხებ სიბრტყეში ღეროებს შორის 7°-ის ფარგლებში კუთხეების ცვლილება მიიღწევა ფასონურას ფურცლის გადაღუნვით, რასაც ხელს უწყობს ყელის არსებობა თითოეულ ფურცელზე.



ფიგ. 189. 236.5 მ დიამეტრის ბადისებრი გუმბათის კონსტრუირების მაგალითი

ბადისებრი გუმბათების ასაწყობი ელემენტების ქარხნული მზაობის დონის ამაღლებამ გამოიწვია სამკუთხა, რომბული და ექვსკუთხა ფორმის პანელური კონსტრუქციების შექმნა, რომლებიც პერიმეტრზე მოხარჩობულია ხისტი წიბოებით. მოხარჩობული წიბოების კედლების გრესაზე დაბალი სიხისტის გამო, პანელები ერთმანეთთან მჭიდროდ მაგრდება ჭანჭიკებით წახნაგების სიგრძეზე, მობრუნდებიან რა ერთმანეთის მიმართ განსაზღვრული კუთხით. საკვანძო შეერთებები კეთდება ჭანჭიკებით, რადიალურად განშლადი საკვანძო ფასონურების გამოყენებით.

ასეთი გადაწყვეტის მაგალითია ბრუნვის ელიფსოიდის ფორმასთან მიახლოებული ბადისებრი გარსი, ეკვატორზე დიამეტრით 236.5 მ (ფიგ. 189).

თავი 13. ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციები

13.1. ზოგადი ცნობები.

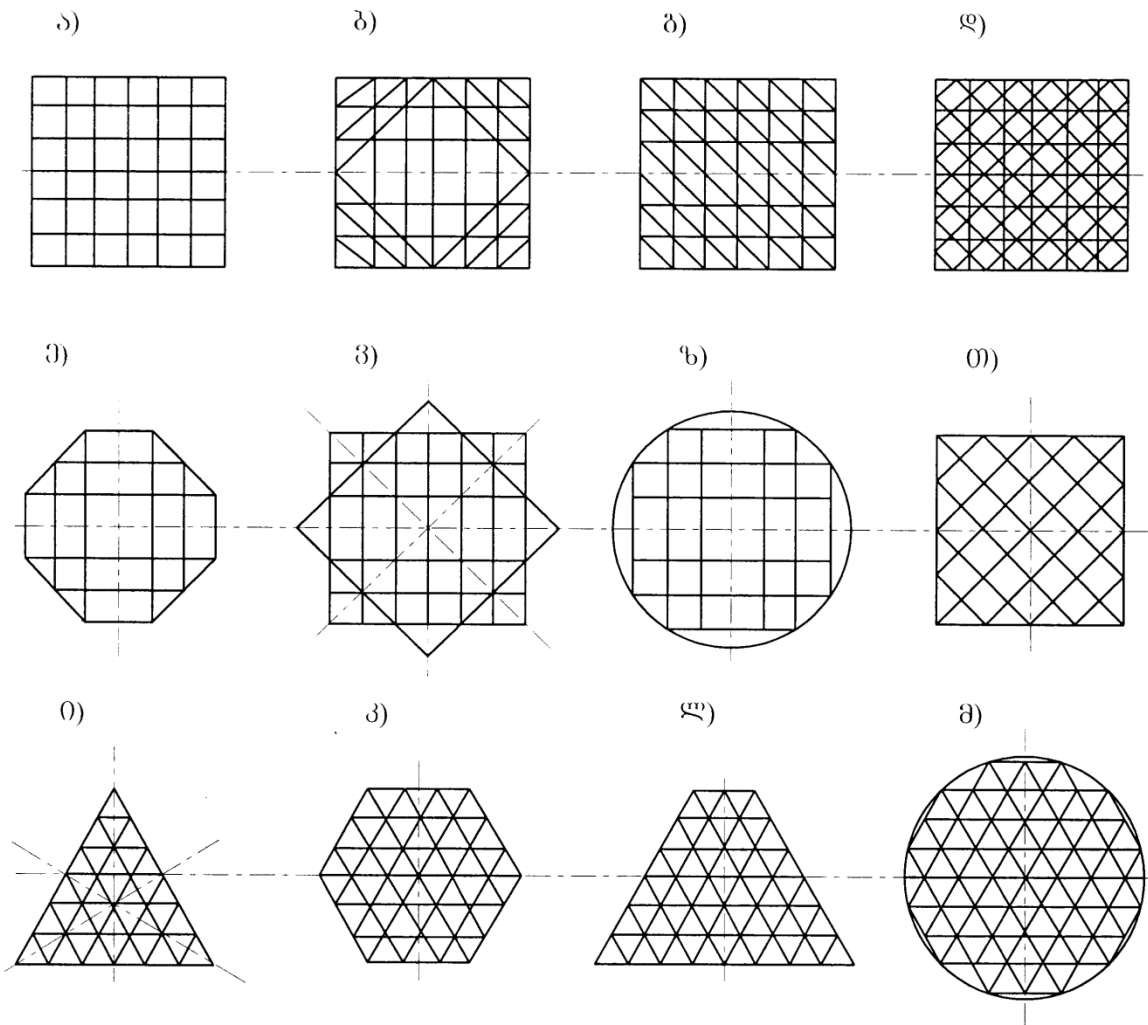
აბეზის პრინციპები

ჯვარედინ-ღეროვანი ეწოდება გადახურვის სივრცით კონსტრუქციას, რომელიც შედგება გადაკვეთის კვანძებში ერთმანეთთან გადაბმული (დაკავშირებული) კოჭებისა და წამწეებისაგან, რომლებიც მუშაობენ ღუნვაზე ორი ან მეტი მიმართულებით. ამ ელემენტების ფორმისა და შეერთების ხასიათიდან გამომდინარე, ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციები შეიძლება დაიყოს ჯვარედინა კოჭებად ან წამწეებად, ჯვარედინ-ღეროვან ფილებად, ფირფიტოვან-ღეროვან სისტემებად. ჯვარედინა კოჭები ან წამწეები შედგება ორი ან სამი მიმართულებით გადამკვეთი ვერტიკალური წიბოებისგან (კოჭების ან წამწეებისგან) (ფიგ. 190).

გადასახური გეგმის გვერდების მიმართ წიბოების განლაგების მიხედვით, განასხვავებენ ორთოგონალურ (ფიგ. 190, ა-ზ); დიაგონალურ (ფიგ. 190, თ) და სამკუთხა (ფიგ. 196, ი-მ) სისტემებს.

ორთოგონალური და დიაგონალური სისტემები, ბრტყელი წიბოების მცირე გრესითი სიხისტის გამო, არ აღიქვამენ მგრეს მომენტებს, ამიტომ ისინი უფრო ლითონტევადია, ვიდრე სამკუთხა სისტემები. ორთოგონალურ და დიაგონალურ სისტემებში გრესით სიხისტეს ზრდიან დიაგონალური ღეროების დაყენებით სარტყელების ბადეების კუთხურ ზონებში (ფიგ. 190, ბ), სადაც მოქმედებს მაქსიმალური მძვრელი ძალები, ან კონსტრუქციის მთელ გეგმაზე (ფიგ. 190, გ, დ).

ჯვარედინ-ღეროვანი ფილების კონსტრუქცია შედგება მრავალჯერ განმეორებადი ელემენტარული უჯრედებისგან (პირამიდები, პრიზმები და ა.შ.), რომელთა აგებაც ეფუძნება კრისტალოგრაფიის კანონებს (ფიგ. 191). ასეთ კონსტრუქციებს უწოდებენ რეგულარულ სისტემებს (ფიგ. 191, ა, ბ). გეომეტრიული სტრუქტურის დარღვევისას, მაგალითად, კონსტრუქციის სახენიტო ფარნებიან ზონებში ცალკეული გამოტოვებული ღეროების შემთხვევებში, სისტემა ხდება არარეგულარული, ხოლო ორგანიზებული არარეგულარობისას – დიფერენცირებული (ფიგ. 191, გ-ზ, კ, ლ).



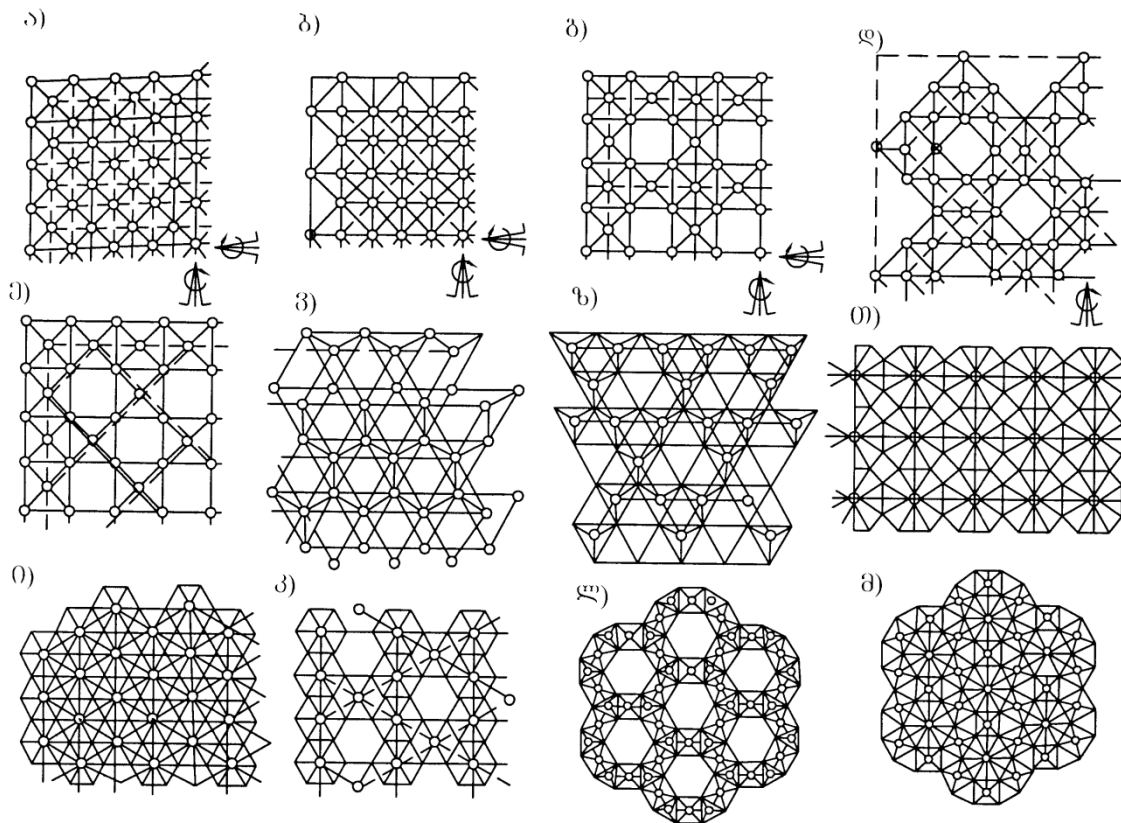
ფიგ. 190. ვერტიკალური ჯვარედინა კოჭებითა და წამწეებით გადახურვის ძირითადი სქემები

დღესდღეობით, მშენებლობის პრაქტიკაში, უფრო მეტად გავრცელებულია პენტაედრებზე (ნახევაროქტაედრებზე) დაფუძნებული რეგულარული ორთოგონალური დეროვანი სისტემები (ფიგ. 191, ა) და ტოლგვერდა სამკუთხა ტეტრაედრებზე დაფუძნებული რეგულარული სისტემები (ფიგ. 191, ვ).

ჯვარედინ-დეროვანი ფილების ზედა და ქვედა სარტყელის ბადეებს შეიძლება ჰქონდეთ ერთნაირი ან განსხვავებული აგებულება (ფიგ. 191, გ-ვ), რაც მნიშვნელოვნად მოქმედებს სისტემაში წარმოქმნილ მდუნავ და მგრეს მომენტებზე, აგრეთვე მის ლითონტევადობასა და დამზადების შრომატევადობაზე.

მნიშვნელოვან ინტერესს წარმოადგენს ნაკლებად შესწავლილი სისტემები – ზედა ორთოგონალურად და ქვედა დიაგონალურად

განლაგებული სარტყელების ბადეებით (ფიგ. 191, ე). მათში, ზედა შეკუმშულ დეროებს აპროექტებენ მოკლებს, ხოლო ქვედა გაჭიმულებს – გრძელებს; საკვანძო შეერთებების რიცხვი, რომელიც განსაზღვრავს დამზადების შრომატევადობას, მცირდება 20-25%-ით. ასეთივე ღირსებებით ხასიათდება უფრო რთული ბადეებიც სისტემებში, რომლებიც შედგებიან ექვსკუთხა და რვაკუთხა საფუძველზე შექმნილი პირამიდებისაგან (ფიგ. 191, კ-მ).



ფიგ. 191. წესიერი და ნახევრად წესიერი მრავალკუთხედებისგან შედგენილი ჯვარედინ-დეროვანი კონსტრუქციების სქემები

ჯვარედინ-დეროვანი ფილებით გადასახური გეგმების დიდი მრავალფეროვნება შეიძლება მიღწეულ იქნეს კვადრატული, სამკუთხა და ექვსკუთხა ფუძეებიანი პირამიდებისაგან გადახურვის კომბინირებული გადაწყვეტის გზით (ფიგ. 191, ლ, მ). ფირფიტოვან-დეროვანი (კესონური) სისტემები შედგებიან თხელკედლიანი ალუმინის პირამიდებისაგან, რომლებიც ასრულებენ შუა ფენის როლს ორსარტყელიან კონსტრუქციებში, რაც მათ ანიჭებს დიდ სიხისტეს. თხელკედლიან პირამიდებს, კვადრატული ან სამკუთხა ფუძით, ძირითადად ამზადებენ ალუმინის შენადნობებისაგან.

პირამიდის მდგომარეობიდან გამომდინარე – წვეროთი ზევით ან ქვევით – კესონის ფუძის გაძლიერებული წიბოები მუშაობენ როგორც სისტემის ზედა ან ქვედა სარტყელები, ხოლო მეორე სარტყელს წარმოქმნის პირამიდის წვეროებში სახსრულად ჩამაგრებული დეროვანი ელემენტები.

თხელკედლიანი პირამიდებისაგან შემდგარი კონსტრუქციების გაერთმთლიანებული სქემები თანხედრობაში არიან ჯვარედინ-დეროვანი ფილების სქემებთან. ჯვარედინ-დეროვანი კონსტრუქციები ეწინააღმდეგება სისტემის ნებისმიერ წერტილში მოდებულ და ნებისმიერი მიმართულებით მოქმედ გარეგან ძალებს.

ჯვარედინ-დეროვანი კონსტრუქციის სივრცითი მუშაობიდან გამომდინარე, ძალები გადანაწილდება მაქსიმალურად დატვირულ და ნაკლებად დატვირთულ ელემენტებს შორის. შედეგად, მაღლდება საექსპლუატაციო საიმედოობა და მცირდება კონსტრუქციის მგრძობობიარობა დიდი შეყურსული დატვირთვების, სეისმური ზემოქმედებების, მოძრავი დატვირთვების და ა.შ. მიმართ. გარდა ამისა, ამ კონსტრუქციებს აქვთ მაღალი სიხისტე, რაც აუცილებელ შემთხვევებში 10 ტონამდე ტვირთამწეობის ამწე-მოწეობილობების დაკიდებისა და შენობის ექსპლუატაციის პროცესში საყრდენების გადაადგილების, ასევე ჩვეულებრივი წამწეებით გადახურვის სიმაღლესთან შედარებით კონსტრუქციის გადახურვის სამშენებლო სიმაღლის ორჯერ შემცირების საშუალებას იძლევა.

სივრცითი კონსტრუქციების სხვა ტიპებისაგან განსხვავებით, ჯვარედინ-დეროვანი კონსტრუქციები უზრუნველყოფს თოვლის ნაკლებადდამკავებელი, მზისგან დამცავი, წყალმდინარე ბრტყელი სახურავების მოწეობის სიმარტივეს, ხოლო ქვედა ბრტყელი ზედაპირი, კვანძების ხშირი ბიჯით, აიოლებს მსუბუქი შეკიდული ჭერის და, ტრანსფორმირებადი კედლებისა და ტიხრების მოწეობას.

ჯვარედინ-დეროვანი ფილები, შედგება რა სრული საქარხნო დამზადების მცირე ზომის უნიფიცირებული დეროებისა და საკვანძო ელემენტებისაგან, განსხვავებულ კონსტრუქციულ ფორმებში ელემენტების ურთიერთშენაცვლების საშუალებას იძლევა, რაც ხელს უწყობს მათ მასიურ წარმოებას მაღალმწარმოებლურ ნაკადურ-მექანიზებულ ხაზებზე და დამკვეთის განაცხადის მიხედვით შემდგომ დაკომპლექტებას. კონსტრუქციის გასაგზავნი მარკების მცირე ზომისა და მასის წყალობით, ხორციელდება მათი

კომპაქტური ტრანსპორტირება ნებისმიერი სახის ტრანსპორტით, ადვილად იწყობა მსხვილ ბლოკებად ხელით მიწაზე და მუშა ნიშნულზე მონტაჟდება მსუბუქი თვითმავალი ამწეების, ჯალამბრების ან ბლოკების დახმარებით.

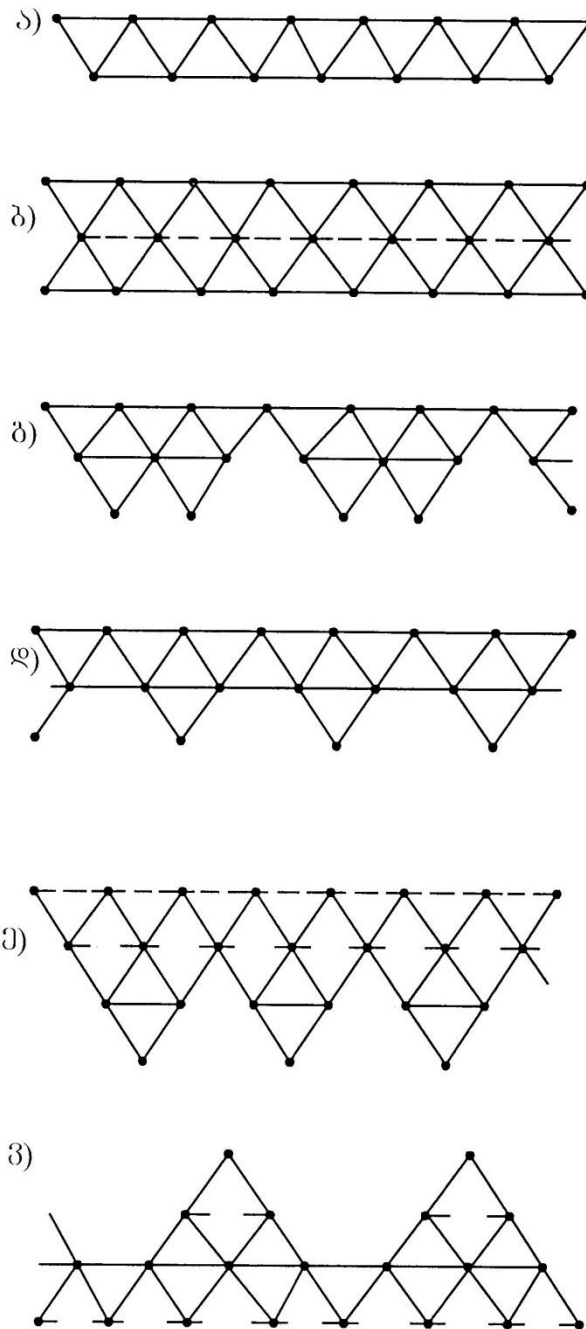
ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციები გამოირჩევა კარგი არქიტექტურულ-ესთეტიური თვისებებით, რაც შეკიდული ჭერის გარეშე მათი გამოყენების საშუალებას იძლევა არა მარტო სამრეწველო, არამედ საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობებშიც. ცნობილია ასეთი კონსტრუქციების რაციონალურად გამოყენების შემდეგი სფეროები: სამრეწველო მშენებლობაში – ერთსართულიანი ცალკე მდგომი და ბლოკირებული უნივერსალური დანიშნულების საწარმოო შენობები, ანგარები; სამოქალაქო მშენებლობაში – დიდი სპორტული დარბაზები, საგამოფენო პავილიონები, დახურული ბაზრები, თეატრებისა და კინოთეატრების გადახურვები, ტექნიკური მომსახურების სადგურები, გარაჟები; სასოფლო-სამეურნეო მშენებლობაში – სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის სარემონტო მექანიკური სახელოსნოები; დახურული სადგომები, საზოგადოებრივი ნაგებობები.

ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციების კარკასების შევსებისათვის ეკონომიურად გამართლებულია შემსუბუქებული ფენილების – დამატებით მსუბუქ გრძივებზე დაპროფილებული ფოლადის ფურცლის ან მერქანბურბუშელის ფილის, ბრტყელი აზბესტცემენტის ფურცლის, ფანერის და მსგავსი შემონაკერის კარკასული ფარების გამოყენება.

ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციების ოპტიმალური სიმაღლე დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე, როგორცაა: ელემენტთა ერთტიპოვნება, გადახურვის დაყრდნობისა და დატვირთვების ხასიათი, კიდული ტრანსპორტისა და შემომდობის არსებობა. კონტურზე დაყრდნობის შემთხვევაში სამშენებლო სიმაღლე შეიძლება აღებულ იქნას მაღის 1/15–1/25, ხოლო შიგა კონტურზე დაყრდნობისას (კონსოლებიანი) ან უჭრი მრავალმაღლიანი ვარიანტის დროს, მაღის 1/15–1/40.

კონსტრუქციის ოპტიმალური სიმაღლე მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია საყრდენი ზონის ხასიათსა და საყრდენების რაოდენობაზე. ოთხ წერტილზე დაყრდნობისას, განვითარებული საყრდენი კაპიტელების შემთხვევაშიც კი, კონსტრუქციის დეფორმაციულობის პირობიდან გამომდინარე, ოპტიმალური სიმაღლე მერყეობს მაღის 1/12–1/18 ფარგლებში. ირიბნების ოპტიმალური

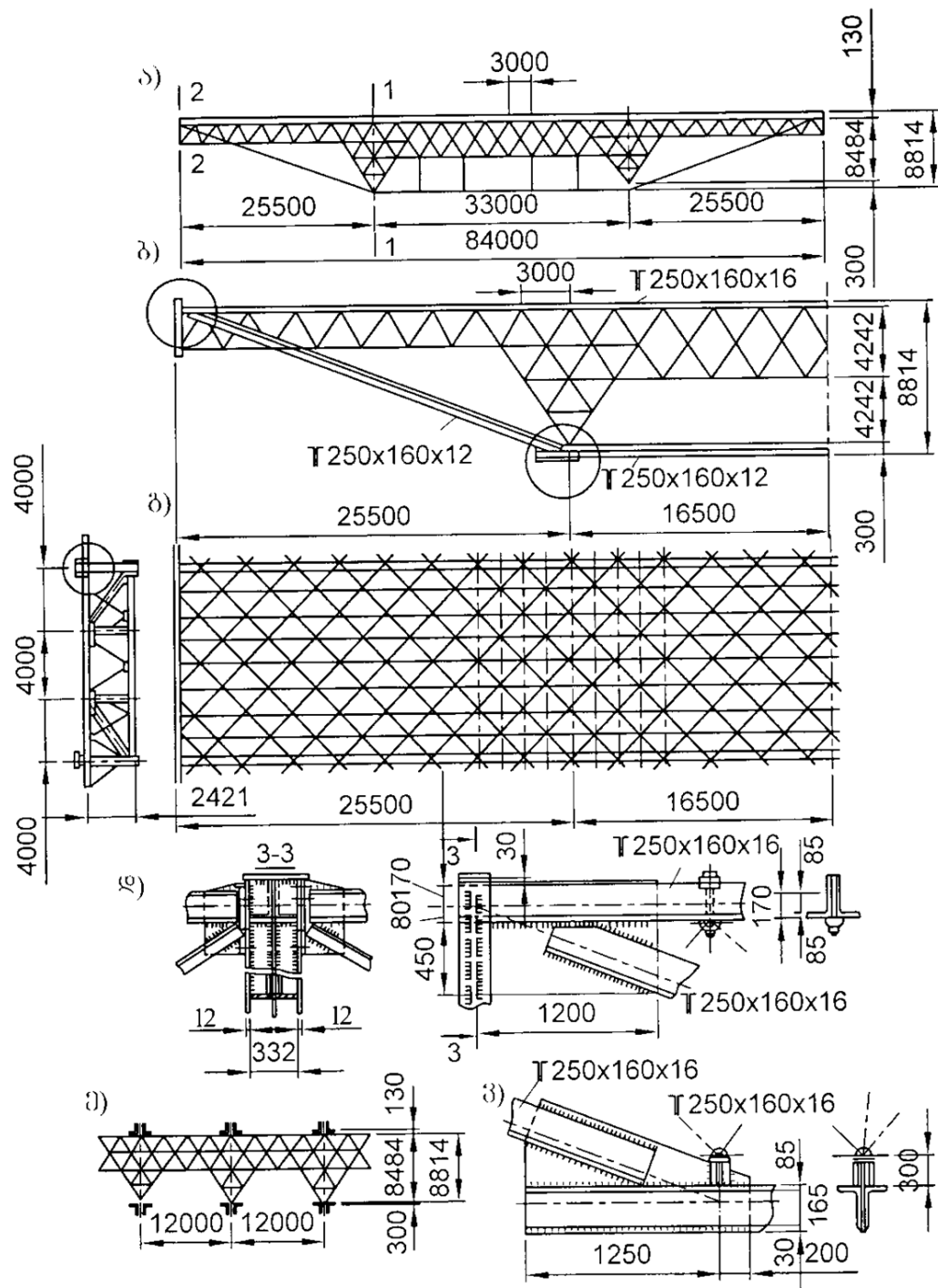
დახრილობა, ლითონის მინიმალური ხარჯისა და ყველა ღეროს სიგრძეთა ტოლობიდან გამომდინარე, შეადგენს 45–60°.



ფიგ. 192. ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციების განივი კვეთის ვარიანტები

ღეროვანი ელემენტებისათვის, ოპტიმიზაციის პირობიდან გამომდინარე, მიიღება ძირითადი მოდულური ზომა (სარტყელის ბადის ზომა კვანძების ღერძებში) 3 მ და მოდულური სისტემის შესაბამისი დამატებითი ზომები 1.5, 2

და 4.5 მ, რაც ხელს უწყობს სივრცითი კონსტრუქციების მრავალფეროვან ფორმაწარმოქმნას.



ფიგ. 193. კომბინირებული ჯვარედინ-ღეროვანი სივრცითი კონსტრუქცია შპრენგელით

მშენებლობის პრაქტიკაში ფართო გამოყენება პოვეს ცალკეული ღეროებისა და საკვანძო ელემენტებისაგან ასაწყობმა ჯვარედინ-ღეროვანმა კონსტრუქციებმა. ასეთი კონსტრუქციებისათვის დამახასიათებელია

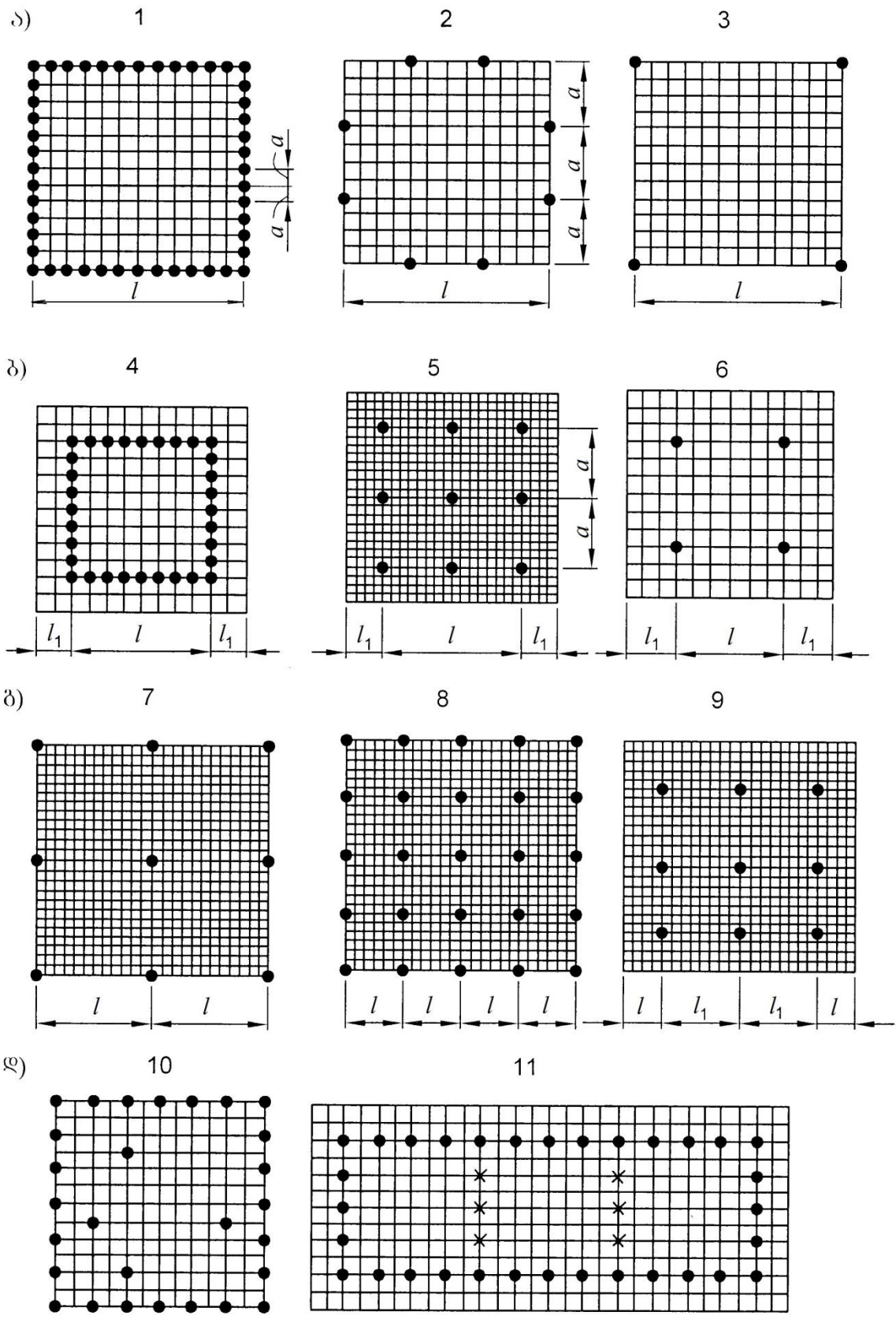
სარტყელებისა და გისოსის ყველა დეროს ერთნაირი სიგრძე: პენტაედრების საფუძველზე აგებული სისტემებისათვის $h=0.707a$; ტეტრაედრების საფუძველზე აგებული სისტემებისათვის $h=0.816a$, სადაც h – კონსტრუქციის სიმაღლეა სარტყელების დერძებში; a – უჯრედის მოდულური ზომა.

ჯვარედინ-დეროვანი კონსტრუქციებით შესაძლებელია 100 მ-მდე და მეტი მალეების გადახურვა, ამასთან ორსართულიან (ერთშრიან) სისტემებს (ფიგ. 192, ა) იყენებენ 60 მ-მდე მალეების დროს. მაღის 100 მ-მდე გაზრდისას, უნიფიცირებული ელემენტების შენარჩუნების პირობიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილია სამ ან ოთხსართულიან (ორ ან სამშრიან) მზიდ კონსტრუქციაზე გადასვლა (ფიგ. 192, ბ-ვ). მაღის შემდგომი ზრდა მიიღწევა გისოსოვანი ფილის სახის კომბინირებული კონსტრუქციის დაპროექტებით, რომელიც გაძლიერებულია ნაგლინი პროფილების ან მაღალი სიმტკიცის ბაგირებისაგან დამზადებული შპრენგელით. ასეთი კონსტრუქციის მაგალითი ნაჩვენებია ფიგ. 193-ზე.

13.2. ჯვარედინ-დეროვანი კონსტრუქციების დაყრდნობის ვარიანტები

ასეთი კონსტრუქციების მნიშვნელოვანი თავისებურებაა მათი დაყრდნობის შესაძლებლობა წიბოების გადაკვეთის ნებისმიერ წერტილში, რომლებიც მდებარეობს, როგორც სისტემის კონტურზე, ასევე კონტურის შიგნითაც, რა შემთხვევაშიც წარმოიქმნება კონსოლური განაკიდები (ფიგ. 194).

გეგმაში სვეტების განლაგებას და მათ შორის მანძილს ნიშნავენ გეგმაში სივრცითი კარკასის კონფიგურაციისა და შენობის ფუნქციური დანიშნულებიდან გამომდინარე. ამასთან, ხელმძღვანელობენ შემდეგი მოსაზრებებით: შენობისა და ნაგებობების ყველა ფუნქციური მოთხოვნების დაკმაყოფილება; კონსტრუქციის ეკონომიური გადაწყვეტა მასალების ხარჯსა და შრომატევადობაზე; ეკონომიური მონტაჟის საჭირო მოთხოვნის დაცვა. ასეთი კონსტრუქციების გამოყენებისგან მეტ ეფექტს დებულობენ კვადრატული (1:1) ან კვადრატულთან მიახლოებული (1:1.2) სვეტების ბადის შემთხვევაში, რაც უზრუნველყოფს სივრცითი სისტემის თანაბარ დაძაბვას ორი მიმართულებით.



ფიგ. 194. ჯვარედინ-ღეროვანი სივრცითი კონსტრუქციების დაყრდნობის ვარიანტები:
 ა - კონტურული; ბ - შიდაკონტურული; გ - კომბინირებული; დ - თავისუფალი;

საყრდენების კონტურული განლაგება (ფიგ. 194, ა) რაციონალურია დარბაზის ტიპის შენობებში, საყრდენებისგან მნიშვნელოვანი თავისუფალი სივრცის მისაღებად. კონტურზე საყრდენების გადაადგილებით შესაძლებელია მთლიანი კონსტრუქციის დაძაბული მდგომარეობის რეგულირება. მიზანშეწონილია ვარიანტი კუთხის საყრდენების გარეშე (ფიგ. 195ა, პოზ. 2), რადგანაც ამ შემთხვევაში კუთხის კონსოლები განტვირთავენ არა მარტო საყრდენ ხაზს, არამედ კონსტრუქციის ძირითად ფართობსაც.

თავისუფალი დაგეგმარების თვალსაზრისით, კონსტრუქციის დაყრდნობა ოთხ კუთხურ წერტილზე, წარმოადგენს იდეალურ ვარიანტს (ფიგ. 194, ა, პოზ. 3). თუმცა, მასალის ხარჯიდან გამომდინარე, ასეთი ვარიანტი გაუმართლებელია, რადგან კონტურის წიბოები განიცდის დიდ ძაღვებს. ასეთი დაყრდნობა, დამატებითი გაძლიერების გარეშე, შეიძლება დაიშვას სვეტების შედარებით მცირე ბადეების შემთხვევაში (12–18 მ-მდე).

დიდი ბადეების შემთხვევაში, საყრდენებს განლაგებენ კონსტრუქციის კონტურის შიგნით, წარმოიქმნება კონსოლური განაკიდები, რომელთა განმტვირთავი გავლენის გამო შესაძლებელი ხდება ელემენტებში ძაღვების გადანაწილება – საყრდენებს შორის და საყრდენების ზემოთ, მალში მათი გათანაბრება.

ცალკე მდგომ სექციებში ლითონის მინიმალური ხარჯი შეიძლება მიღწეულ იქნეს საყრდენების კონტურის შიგნით განლაგებით და კონსტრუქციის პერიმეტრზე კონსოლური განაკიდების წარმოქმნით, რომელთა შვერილიც l_1 შეადგენს ძირითადი l მალის $1/3-1/4$ -ს (ფიგ. 194, ბ). უჭრი სივრცითი კონსტრუქციებისათვის მიზანშეწონილია საყრდენების რეგულარული განლაგება 18×18 და 24×24 მ ზომის ბადეზე (ფიგ. 194, გ), ხოლო კონსოლურ შვერილიანი, სვეტების უფრო დიდი ბადის შემთხვევაში – l_1 პერიმეტრზე, რომელიც შეადგენს ძირითადი l მალის $1/4-1/5$ -ს (ფიგ. 194, გ, პოზ. 9).

მოგრძო გეგმების (გვერდების შეფარდებით მეტი 1:2-ზე) გადახურვისას რეკომენდებულია კონსტრუქციის, კვადრატთან მიახლოებულ უბნებად დანაწევრება და პირაპირის ხაზზე საყრდენების ან ნივნიკვეშა კონსტრუქციების მოწყობა (ფიგ. 194, დ, პოზ. 11). ნივნიკვეშა კონსტრუქციებად შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს კოჭები, წამწეები ან ჩარჩოები, თაღოვანი კონსტრუქციები ზედნაშენით, ვანტები.

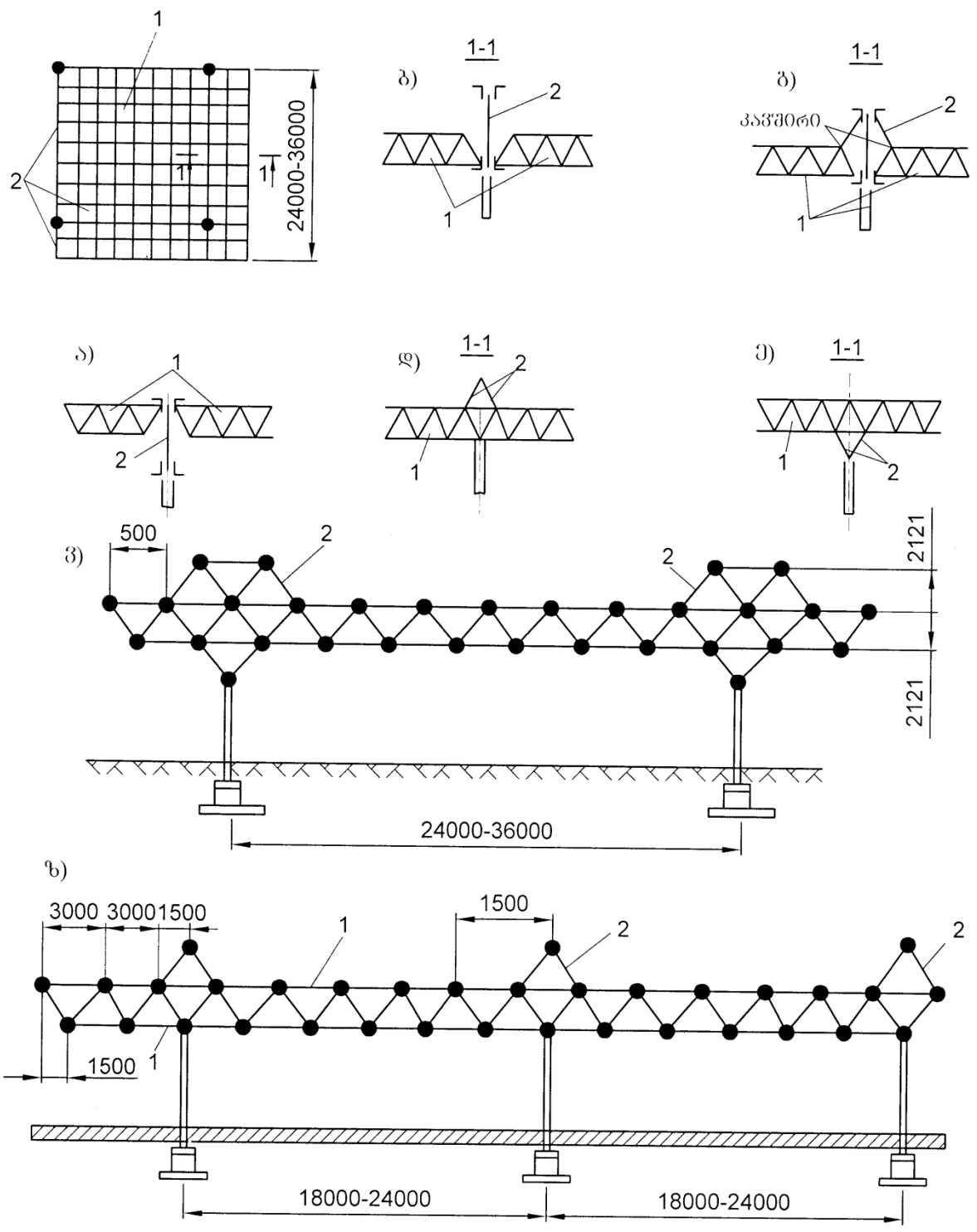
ნივნიექვეშა კონსტრუქციებს, მათი ტიპის, შენობის დანიშნულებისა და სხვა ფაქტორებიდან გამომდინარე, სივრცითი კონსტრუქციის მიმართ განლაგებენ ერთ დონეზე, ზევიდან ან ქვევიდან (ფიგ. 195, ა-ე). შენობის ჭერის სისუფთავისა და გასათბობი მოცულობის შემცირების თვალსაზრისით, მიზანშეწონილია სივრცითი კონსტრუქციის განთავსება ნივნიექვეშა კონსტრუქციის ქვედა სარტყელის პირისპირ. ჯვარედინ-დეროვან კონსტრუქციებში ასეთ წამწეს აპროექტებენ მოდულური დეროებისგან ტრაპეციისებრი ან სამკუთხა ზედნაშენის სახით და, როგორც წესი, იყენებენ შუქფარნად (ფიგ. 195, ვ, ზ).

ფართოდ იყენებენ სივრცითი ჯვარედინა კონსტრუქციების ვანტებთან კომბინირების ვარიანტებს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება კიდული კონსტრუქციები (ფიგ. 196). სვეტების გაზრდილი ბადე შეიძლება მიღებულ იქნეს კონსტრუქციის დაკიდებით ცალკეულ წერტილებში (ფიგ. 196, ა-გ), ან მისი დაკიდებით კიდულ ვანტზე (ფიგ. 196, დ-ე). პირველ სამ სქემაში ვანტის დახრის კუთხე ჰორიზონტთან უნდა იყოს არანაკლები 30° .

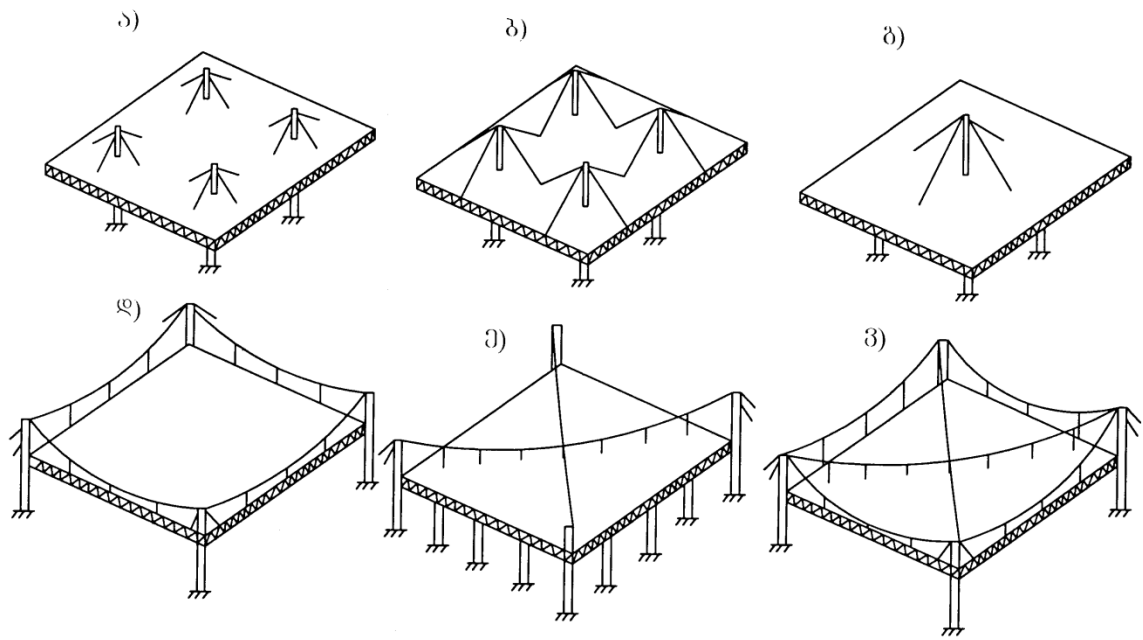
გვარლების უმცირეს სიგრძეს დებულობენ მათი განლაგებით მართკუთხედის ორთოგონალურ დერძებზე. მზიდი გვარლების დიაგონალურად განლაგებისას მათი სიგრძის ზრდის ხარჯზე იზრდება მასალის ხარჯი გვარლებზე, თუმცა კონსტრუქცია ხდება უფრო მსუბუქი და ეკონომიური. ასეთი გადაწყვეტა უფრო ხელსაყრელია გადახურვაზე სატრანსპორტო მოწყობილობის დაკიდების შემთხვევაშიც.

სივრცით ჯვარედინა კონსტრუქციებიან ერთსართულიან კარკასებს აპროექტებენ 54×54 მ-მდე ზომის ცალკეული სექციების სახით ან მათი კომბინაციებით, როგორც წესი, ჩვეულებრივი სქემით – საძირკველში ჩამაგრებული საყრდენი სვეტებით, რომლებიც გადახურვის კონსტრუქციის სივრცით გისოსთან სახსრულად არის შეერთებული.

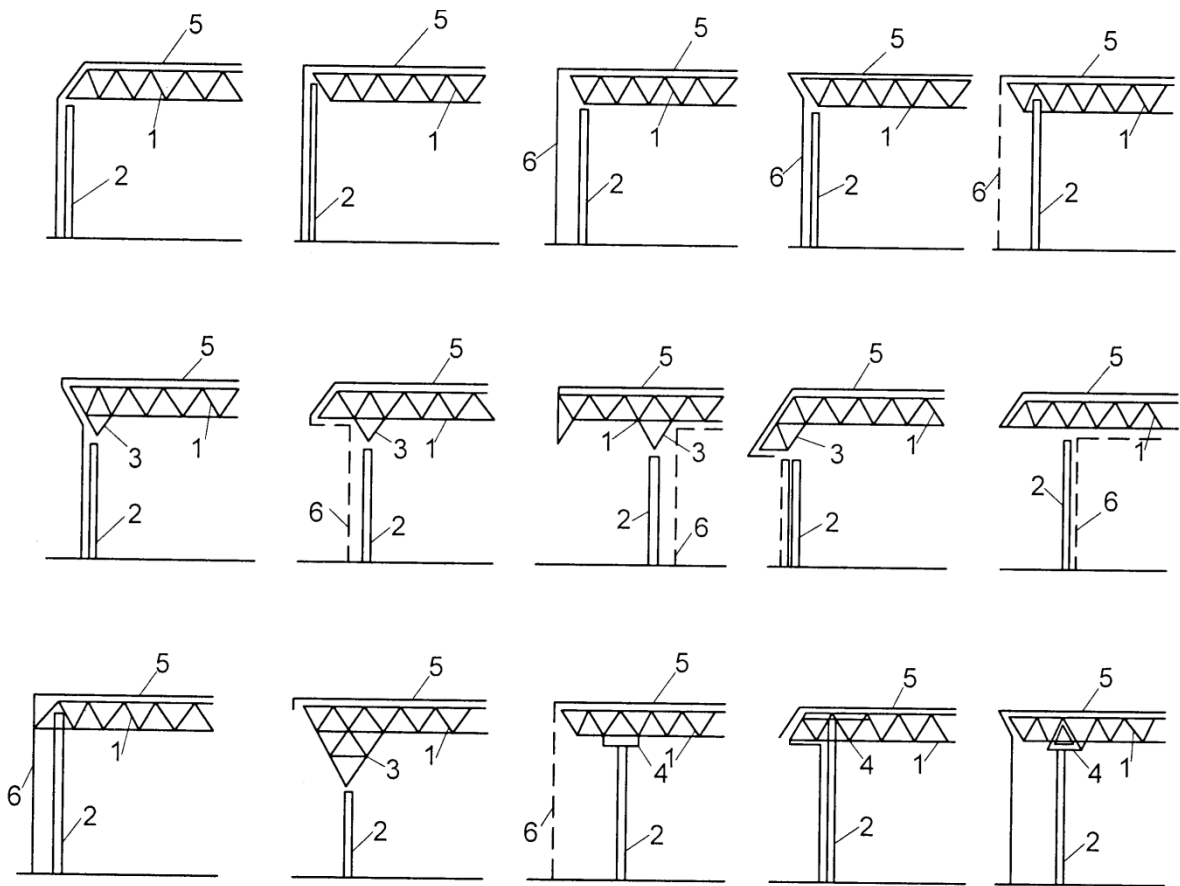
კონსტრუქცია შესაძლოა ეყრდნობოდეს უშუალოდ ქვედა ან ზედა სარტყელის კვანძებს, დეროვანი პირამიდების სახის გამოშვებულ საყრდენ კაპიტელებს ან ჯვარედინ სახის სპეციალურ საყრდენ კაპიტელებს (ფიგ. 197). საყრდენ საკვანძო ელემენტებს სვეტის სათავესთან ამაგრებენ შედუღებით ან ჭანჭიკებით.



ფიგ. 195. ჯვარედინ-ღეროვანი სივრცითი კონსტრუქციის (1) ნივინქვეშა წამწეზე (2) დაყრდნობის ვარიანტები



ფიგ. 196. კომბინირებული ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციები ვანტებით



ფიგ. 197. ბურჯისა და კედლების მოწყობის სქემები

1 – ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქცია; 2 – სვეტი; 3 – გამოშვებული საყრდენი კაპიტელი; 4 – ჩაშენებული საყრდენი კაპიტელი; 5 – ბურჯი; 6 – კედელი;

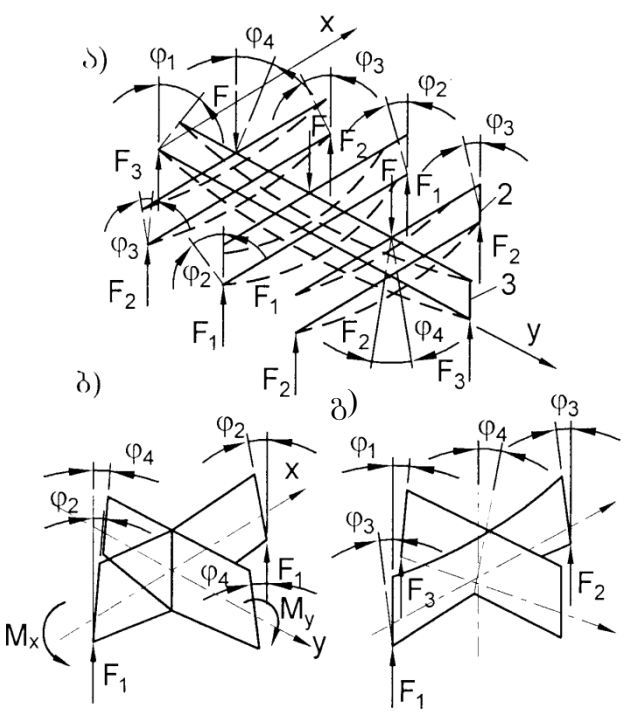
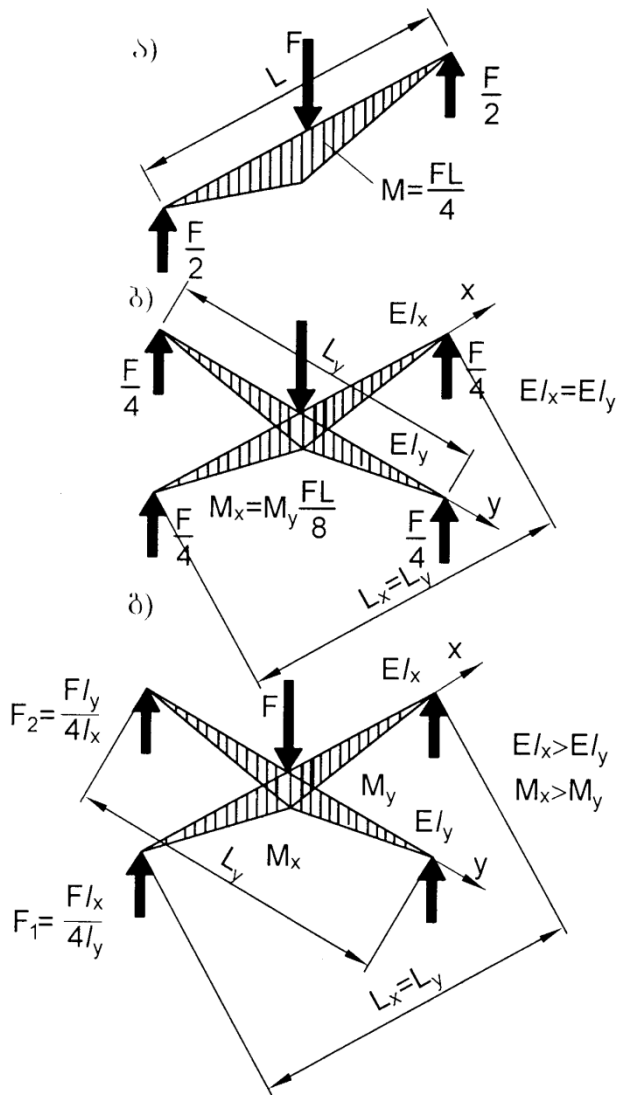
გადახურვების მრავალმალიან უჭრ ჯვარედინა კონსტრუქციებში, ასევე დიდმალიან დარბაზულ ნაგებობებში, სადაც საყრდენ დგარებს პერიმეტრზე აპროექტებენ ბიჯით 6–12მ, საჭიროა მოეწიოს ვერტიკალური კავშირები, რომლებიც საშუალებას იძლევა გათვალისწინებული იქნეს სვეტების სახსრული შეერთება გადახურვის კონსტრუქციასთან და საძირკვლებთან, რაც ფოლადის დამატებით ეკონომიას იძლევა.

13.3. ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციების ბაანბარიშება

ორი ურთიერთგადამკვეთი კოჭისაგან შემდგარი უმარტივესი სისტემის გადაკვეთის კვანძში მოდებული F ძალა აღიქმება ორივე კოჭის ერთდროული მუშაობით. ერთნაირი მძალების $l_x=l_y$ და ერთნაირი სიხისტეების $EJ_x=EJ_y$ დროს, ძალა თანაბრად ნაწილდება ორივე კოჭზე და თითოეულ მათგანზე მოქმედებს მდუნავი მომენტი $M_x=M_y=Fl/8$, რაც იმავე მძლისა და სიხისტის მქონე ერთმალიან ჭრად კოჭში მოქმედ მომენტზე ($M=Fl/4$) 2-ჯერ ნაკლებია (ფიგ. 198, ა, ბ). ერთნაირი მძალების, მაგრამ კოჭების სხვადასხვა სიხისტეების დროს $EJ_x>EJ_y$, მეტი სიხისტის მქონე კოჭი დებულობს მომენტის მეტ ნაწილს, ვინაიდან ნაკლები სიხისტის მქონე კოჭი მიყვება მეორე კოჭის დეფორმაციას (ფიგ. 198, გ). ასეთივე ეფექტი მიიღება იმ შემთხვევაშიც, თუ ორივე კოჭის სიხისტე ერთნაირია, მაგრამ ერთი კოჭი მეორეზე მოკლეა.

ერთნაირი სიხისტეების მქონე ოთხი წამწისაგან შედგენილ უფრო რთულ კონსტრუქციაში (ფიგ. 199), რომლის გადაკვეთის კვანძები დატვირთულია F ძალებით, უფრო მეტად დატვირთული იქნება განაპირა წამწეები 2 (ფიგ. 199, ა), ვინაიდან ისინი მდებარეობენ წამწე 3-ის საყრდენ კვანძებთან ახლოს. 1 და 3 წამწეების გადაკვეთის კვანძი მხოლოდ ვერტიკალურად გადაადგილდება, ხოლო 2 და 3 წამწეების გადაკვეთის კვანძებში, ვერტიკალური გადაადგილების გარდა, ხდება მე-2 წამწის კუთხური გადაადგილება საკუთარი სიბრტყიდან (გრეხა). თუ წამწე 2-ს ექნებოდა გრეხითი სიხისტე, იგი გაუწევდა წინააღმდეგობას მე-3 წამწის ღუნვას და მთელ კონსტრუქციას წიბოებში ექნებოდა ნაკლები ჩაღუნვა და ნაკლები ძალები. ამგვარად, ჯვარედინა კონსტრუქციის მუშაობა მთლიანად დამოკიდებულია მის გეომეტრიულ სქემაზე, წიბოების ან ცალკეულ ღეროვანი

ელემენტების სისისტეზე, მათ ურთიერთმდებარეობაზე, დაყრდნობისა და დატვირთვის მოდების ხასიათზე.



ფიგ. 199. ჯვარედინა წამწების (1-3) მუშაობა გრესაზე

ფიგ. 198. ჯვარედინა კოჭების მუშაობა შეყურსულ ძალაზე

კონსტრუქციის წიბოების მიერ მგრესი მომენტების აღქმის უნარზე დამოკიდებულებიდან გამომდინარე, ასეთი კონსტრუქციები სტატიკური მუშაობის პირობების მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება კონსტრუქციები გეომეტრიულად ცვლადი სასარტყლო ბადებით, რომლებიც არ მუშაობენ გრესაზე (ორთოგონალური სისტემები დიაგონალების გარეშე). მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება კონსტრუქციები გეომეტრიულად უცვლელი სასარტყლო ბადებით, რომლებიც მუშაობენ გრესაზე (სამკუთხა და ექვსკუთხა კონსტრუქციები ორთოგონალური დიაგონალებით და მუშაობაში ჩართული გადახურვის ხისტი დისკის სარტყელებით). პირველი ტიპის კონსტრუქციები მუშაობენ, როგორც

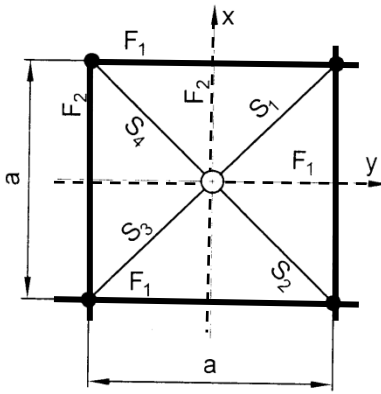
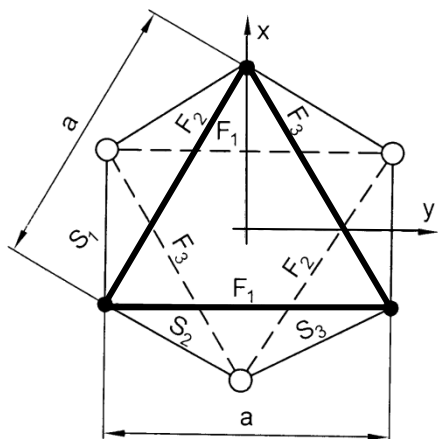
ჯვარედინა კოჭები (წამწეები), ხოლო მეორე ტიპის – როგორც იზოტროპიული ფილები.

საანგარიშო-თეორიული თვალსაზრისით, ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციები წარმოადგენს გარეგანად და შინაგანად მრავალღრუს სტატიკურად ურკვევ სისტემებს, ამიტომ მათი გაანგარიშება წარმოებს საყრდენების კონსტრუქციული და სიხისტის თავისებურებების გათვალისწინებით, მათ შორის ნაგებობების მზიდი ჩონჩხებისა და ტექნოლოგიური მოწყობილობების კარკასების, თუ ეს უკანასკნელი წარმოადგენენ ჯვარედინა კონსტრუქციების დამატებით საყრდენებს. ასეთი კონსტრუქციების ზუსტ გაანგარიშებას, როგორც დისკრეტული სახსრულ-ღეროვანი სისტემისა, ახდენენ კომპიუტერული სპეციალური პროგრამების საშუალებით.

ტექნიკური პროექტის სტადიაზე, ხშირად იყენებენ ჯვარედინა კონსტრუქციების მიახლოებით გაანგარიშების მეთოდებს, რომლებიც დაფუძნებულია კონსტრუქციის ნამდვილი საანგარიშო სქემის წარმოდგენით დისკრეტული სისტემის მახასიათებლების ექვივალენტური დრეკად მახასიათებლებიანი ორთოტროპიული ან იზოტროპიული ფილის სახით. ასეთი ცვლილება საშუალებას იძლევა გაანგარიშების შედეგები მიღებულ იქნას 5-20% სიზუსტით $h/l \leq 1/15$ თანაფარდობის შემთხვევაში და ფილის ძვრაზე მუშაობის გათვალისწინებით.

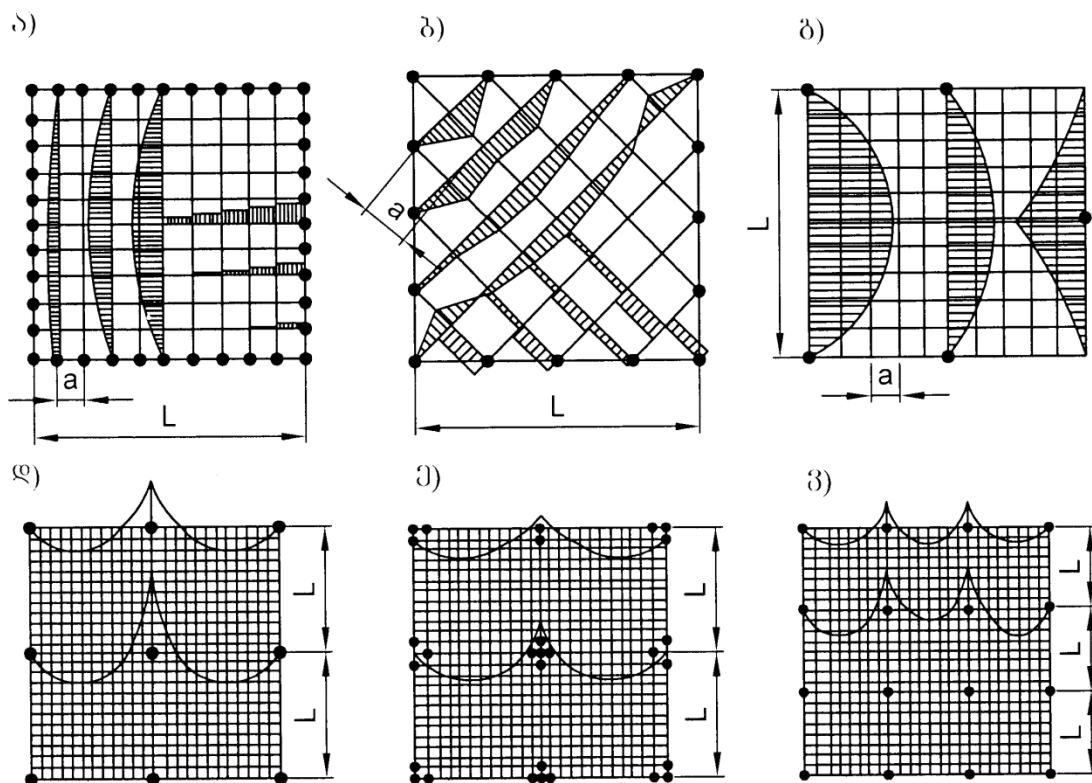
ფილების ღუნვის კლასიკური თეორიის საფუძველზე, ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციების მიახლოებითი გაანგარიშების მეთოდით განისაზღვრება: საანგარიშო მომენტები M_x, M_y, M_{xy} და განივი ძალები Q_x, Q_y იზოტროპიული ფილების ან ჯვარედინა კოჭების ცხრილების მიხედვით; ნორმატიული დატვირთვების ზემოქმედებისაგან გამომწვეული კონსტრუქციის დამახასიათებელი წერტილების ჩაღუნვები; ძალები ღეროებში (ფილაში ძალების ღეროვან კონსტრუქციაში ძალებზე გადამყვანი ფორმულების დახმარებით) (ცხრილი 35).

დრეკადი მახასიათებლები და კალვები ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციის ელემენტებში

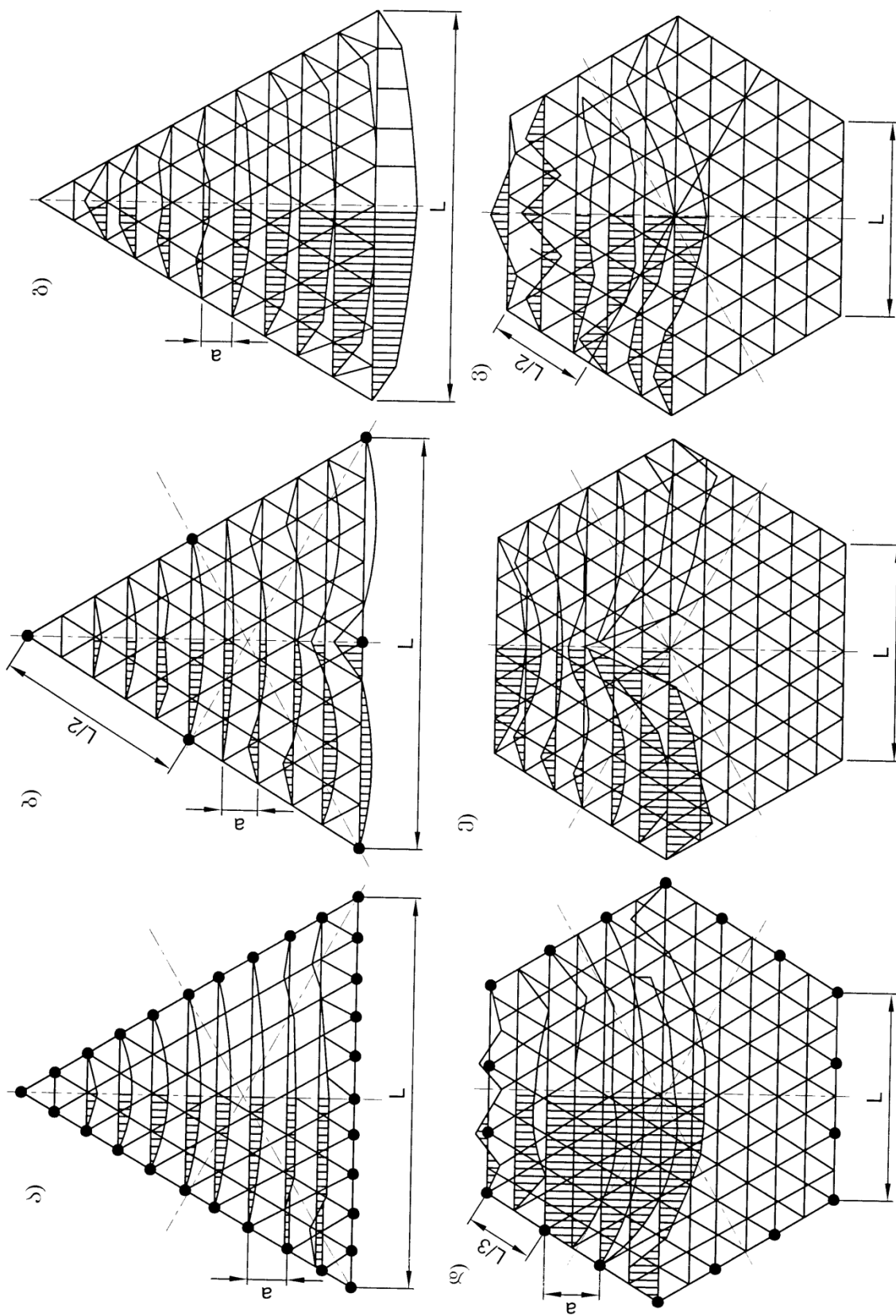
დრეკადი მახასიათებლები	კონსტრუქციული სქემა	
	ორთოგონალური ბადით	სამკუთხა ბადით
		
<p>ცილინდრული სიხისტე $D = EA_{sup}a \tan^2 \alpha \cdot k_1$</p>	$k_1 = \frac{1}{2}(1 + n)$	$k_1 = \frac{\sqrt{3}}{4}(1 + n)$
<p>გრესის სიხისტე $D = EA_{sup}a \tan^2 \alpha \cdot k_2$</p>	$k_2 = 0$	$k_2 = \frac{1}{4}\sqrt{3}(1 + n)$
<p>პუასონის კოეფიციენტი ν</p>	<p>0</p>	<p>1/3</p>
<p>ξ</p>	<p>0</p>	<p>1</p>
<p>ძაღვები სარტყელებში, F</p>	$F_1 = \pm \frac{2aM_y}{h},$ $F_2 = \pm \frac{2aM_x}{h}$	$F_1 = \frac{a \left(\mp \sqrt{3} \frac{M_y}{2} \pm \frac{M_x}{2} \sqrt{3} \right)}{h},$ $F_2 = \frac{a \left(\mp \frac{M_x}{\sqrt{3}} \mp M_{xy} \right)}{h},$ $F_3 = a \left(\mp \frac{M_x}{\sqrt{3}} \pm M_{xy} \right) / h$
<p>ძაღვები ირიბნებში, S</p>	$S_1 = -\frac{a^2(Q_x - Q_y)}{2h},$ $S_{2,4} = -\frac{a^2(Q_x + Q_y)}{h},$ $S_3 = \frac{a^2(Q_x + Q_y)}{h}$	$S_1 = -\frac{a^2 Q_x}{h},$ $S = -\frac{a^2(Q_x - \sqrt{3}Q_y)}{h},$ $S = \frac{a^2(Q_x + \sqrt{3}Q_y)}{h}$

პირობითი აღნიშვნები: **————** ზედა ბადე; **-----** ქვედა ბადე; **———** ირიბნები; A_{sup} და A_{inf} – შესაბამისად ზედა და ქვედა სარტყელების ფართობები; $n = A_{sup} / A_{inf}$; a – ირიბნების დახრის კუთხე პორიზონტალურ სიბრტყესთან.

გეგმაში კვადრატულ ჯვარედინ-ღეროვან კონსტრუქციებში თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან გამოწვეული მომენტებისა და განივი ძალების ეპიურები წარმოდგენილია ფიგ. 200-ზე. გეგმაში სამკუთხა და ექვსკუთხა მოხაზულობის კონსტრუქციებისათვის მომენტების ეპიურები, საყრდენების მდებარეობის სხვადასხვა ვარიანტებისათვის, წარმოდგენილია ფიგ. 201-ზე. მომენტებისა და განივი ძალების ეპიურების ორდინატების მამრავლებს ღებულობენ შესაბამისად $-ql^2 \cdot 10^{-3}$ და $ql \cdot 10^{-3}$, სადაც $q=(g+v+s)a$ – წიბოზე წრფივი, თანაბრად განაწილებული დატვირთვაა.



ფიგ. 200. გეგმაში კვადრატულ ჯვარედინ-ღეროვან კონსტრუქციებში თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან გამოწვეული მომენტებისა და განივი ძალების ეპიურები დაყრდნობის სხვადასხვა ვარიანტების შემთხვევაში

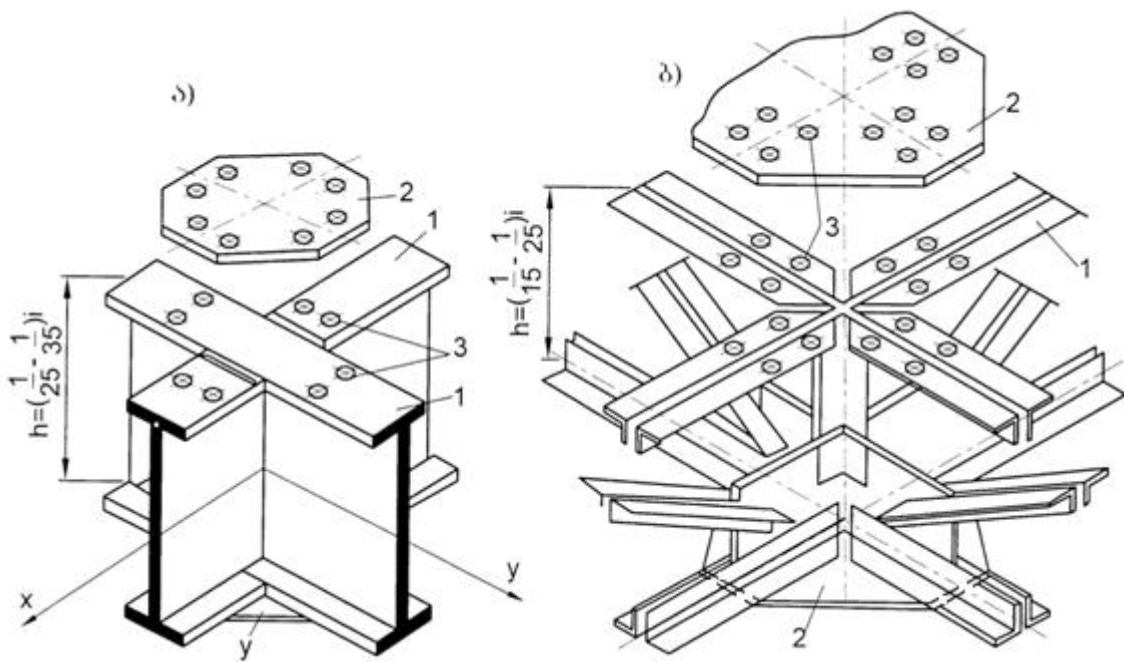


ფიგ. 201. გეგმაში სამკუთხა და ექვსკუთხა სისტემებში თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან გამომწვეული მდუნავი მომენტების ეპიურები დაყრდნობის სხვადასხვა კარიანტის შემთხვევაში

13.4. ელემენტებისა და კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტები

ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციების ეფექტურობა დიდადაა დამოკიდებული საკვანძო შეერთების გადაწყვეტაზე, რამდენადაც კვანძებში საჭირო ხდება 8–18 ღეროს სხვადასხვა კუთხით შეერთება. უმარტივესი სისტემები შედგება ვერტიკალურ სიბრტყეში გადამკვეთი კოჭების ან გისოსოვანი წამწეებისგან.

კოჭების გადაკვეთისას, ერთი მიმართულების კოჭები გატარდებიან გამჭოლად, ხოლო მეორე მიმართულებისას – აპროექტებენ მოკლე სადებების სახით, ამასთან პირაპირებს გადაფარავენ ჰორიზონტალური ფურცლოვანი ფასონურებით, რომლებიც მაგრდება ორივე მიმართულების კოჭის სარტყელებთან სამონტაჟო ჭანჭიკებით და მუშა შენადული ნაკერებით (ფიგ. 202, ა).



ფიგ. 202. შეუღლების კვანძები

ა – ჯვარედინა კოჭების; ბ – ჯვარედინა წამწეების;

1 – ზედა სარტყელი; 2 – პირაპირის ზესადები; 3 – ჭანჭიკის ნახვრეტი

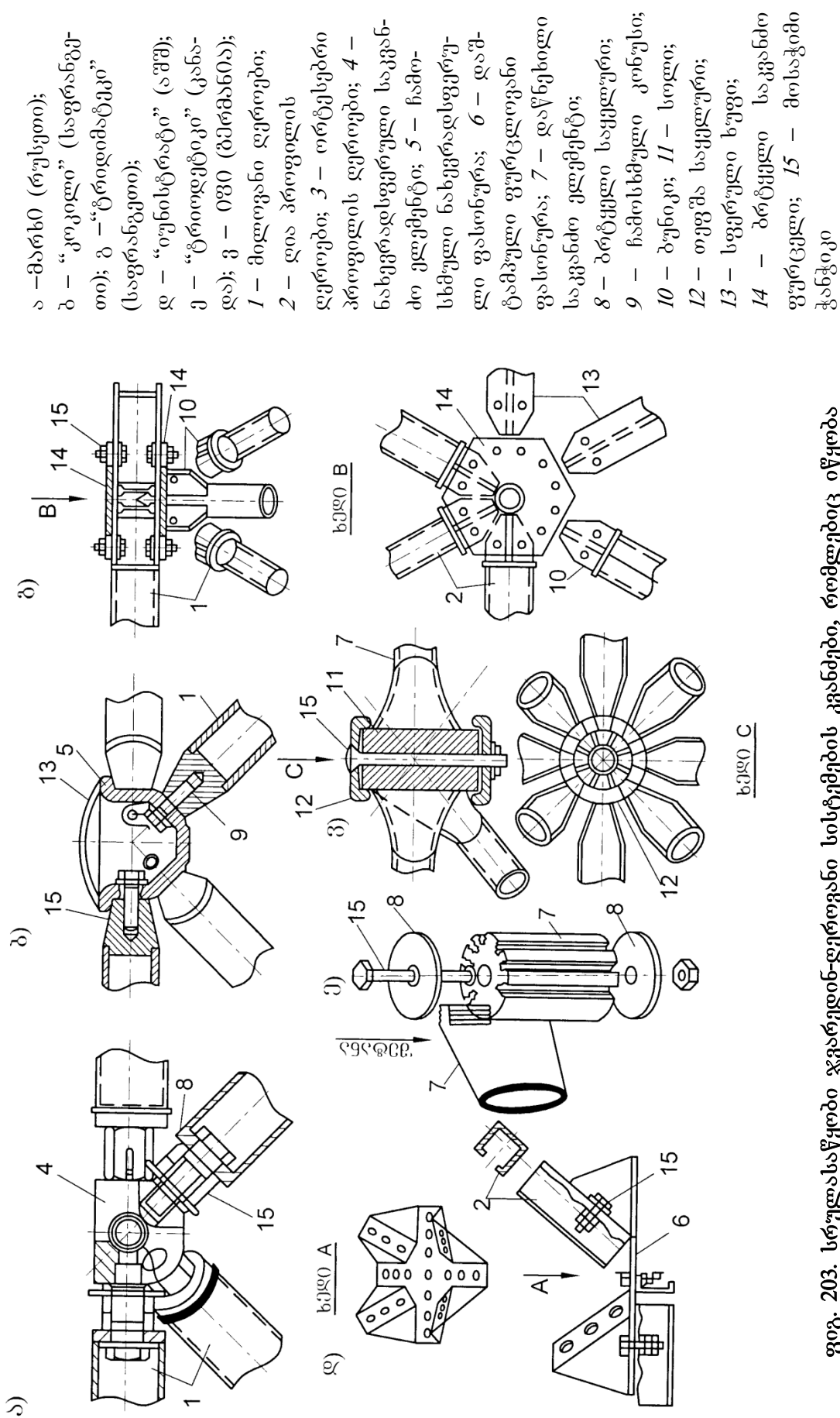
წამწეების გადაკვეთისას, კვანძში ითვალისწინებენ ჯვარედინ ფასონურას, სარტყელების ელემენტებს, უნიფიცირების მიზნით, ჭრიან კვანძებში, ხოლო პირაპირს გადაფარავენ ანალოგიური ჰორიზონტალური ფურცლოვანი ფასონურათი (ფიგ. 202, ბ). მართკუთხა გეგმაზე ჯვარედინა

ფერმების გამოყენების შემთხვევაში, სიმტკიცის პირობიდან გამომდინარე, მოკლე მიმართულების წამწეებს აკეთებენ მაღალი სიმაღლისას, ხოლო გრძელი მიმართულების წამწეებს – ნაკლები სიმაღლისას. ასეთი ხერხი საშუალებას იძლევა გრძელი მიმართულების წამწეები გატარდეს მოკლე მიმართულების წამწეების სარტყელებს შორის, რაც აიოლებს მონტაჟს და ამარტივებს ფერმების გადაკვეთის კვანძებს.

ღეროების შეერთების ხერხის მიხედვით განასხვავებენ დასაშლელ (ღერძულა ან ჭრად ჭანჭიკებზე; პერფორირებული, სოლისებრი ან სხვა სახის სატაცებით) და დაუშლელ (შენადულ) შეერთებებს. სამშენებლო მოედანზე აწყობის სიმარტივისა და მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გამო, მსოფლიო პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება დასაშლელი შეერთებების მქონე კონსტრუქციები (ფიგ. 203). მათ შორის ყველაზე მეტად გავრცელებულია "მერო"-ს სისტემები (გერმანია), რომელთა მოდიფიკაციას წარმოადგენს სისტემა "მარხი" (ფიგ. 203, ა).

ეს გადაწყვეტები წარმოადგენს ერთჯანჭიკიან შეერთებებს, რომლებიც შედგება მრავალწახნაგა ნახევარსფერული ან სფერული, შესაერთებელი ღეროების მიმართულებით ორიენტირებული კუთხვილ ნახვრეტებიანი საკვანძო ელემენტისაგან. მილოვანი ღეროები აღჭურვილია ბუნიკებით, რომლებიც შედგება მილთან მიდუღებული ცილინდრული სადებისაგან, რომლის ღერძულ ნახვრეტშიც გატარებულია მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკი მილისით და დაფიქსირებულია წკირით. შეერთების მუშა მდგომარეობა მიიღწევა მილისის ბრუნვის დახმარებით ჭანჭიკის საკვანძო ელემენტში ჩახრახნით, საკვანძო ელემენტისა და სადების საკონტაქტო ზედაპირებთან მილისას ტორსული ზედაპირების მჭიდროდ შეხებამდე და ჭანჭიკის თავის სადების საკონტაქტო ზედაპირთან მჭიდროდ შეხებამდე.

შეერთებაში გამჭიმავი ძალები გადაეცემა მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკით, რომელიც დაპროექტდება 10.9 ან 12.9 სიმტკიცის კლასის მიხედვით. ჭანჭიკების რეკომენდებული დიამეტრებია: 20, 22, 30, 36, 42 და 48 მმ. კუმშვის ძალვა გადაეცემა მილისას საშუალებით, რომელსაც, როგორც საკვანძო ელემენტს, აპროექტებენ კონსტრუქციული ფოლადებისგან დენადობის ზღვარით არა ნაკლები 36 მპა. საკვანძო ელემენტის საყრდენი ზომა, ღეროების მიერთების პირობიდან გამომდინარე, საორიენტაციოდ უნდა დაინიშნოს მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის არა ნაკლები 4.5 *d*.



ფიგ. 203. სრულასაწყობი ჯვარედინ-ღეროვანი სისტემების კვანძები, რომლებიც იწყობა ცალკეული ელემენტებისაგან დერბული და თვითმჭრელი ჭანჭიკებითა და სოლისებრი სატაცებით

- ა - მარბი (რუსეთი);
- ბ - "კოილი" (საფრანგეთი); გ - "ტრიდობსტეკი" (საფრანგეთი);
- დ - "იუნისტრატ" (აშშ);
- ე - "ტრიოდტეკი" (კანადა);
- ვ - 080 (ბერმანია);
- 1 - მილოვანი ღეროები;
- 2 - დია პროფილის ღეროები; 3 - ორტესები პროფილის ღეროები; 4 - ნახერადსფერული საკანძო ელემენტი; 5 - ჩამოსმული ნახერადსფერული ფასონურა; 6 - დამტამბული ფურცლოვანი ფასონურა; 7 - დაწნეხილი საკანძო ელემენტი; 8 - ბრტყელი საყვლური; 9 - ჩამოსმული კონუსი; 10 - ბუნიკი; 11 - სოლი; 12 - თეფშა საყვლური; 13 - სფერული ბუფი; 14 - ბრტყელი საკანძო ფურცელი; 15 - მოსაჭიმი ჭანჭიკი

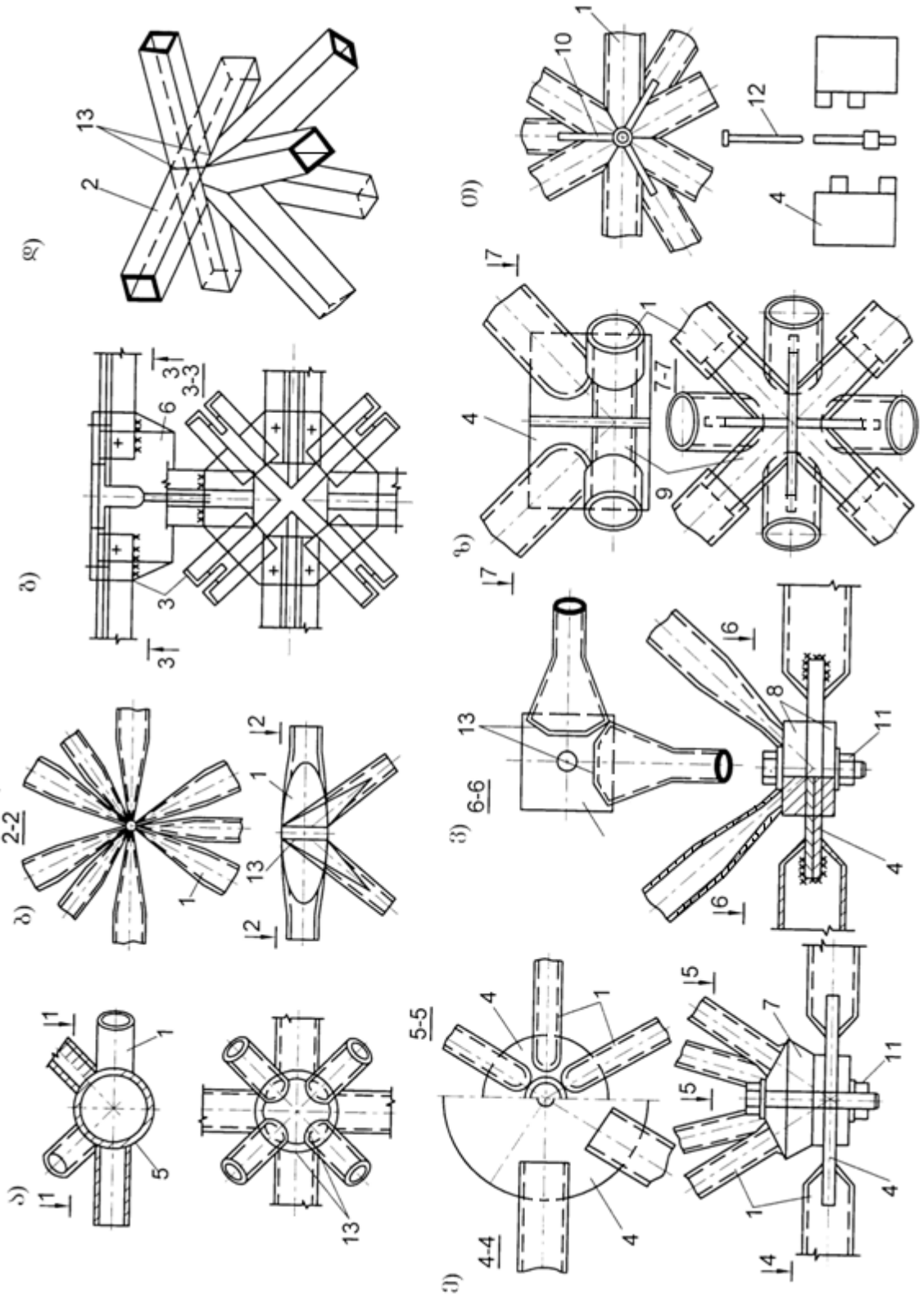
სისტემა “კოკილ”-ის საკვანძო შეერთებას (ფიგ. 203, ბ) ჭანჭიკის დეროვან ელემენტთან შეუღლების გამარტივებული პრინციპი აქვს, თუმცა ჯამისებრი ფასონურას დიდი სისქე, რომელიც საჭიროა მდგრადობისათვის, მნიშვნელოვნად ზრდის კვანძის ლითონტევადობას. სხვადასხვა პროფილების გამოყენების თვალსაზრისით საინტერესოა სისტემა “ტრიადამეტიკ”-ის საკვანძო შეერთება (ფიგ. 203, გ), რომლის მზიდუნარიანობა შეიძლება დარეგულირდეს საკვანძო ფასონურების სისქითა და ჭრადი ჭანჭიკების რაოდენობით.

აშშ-ი ფართოდ გამოიყენება სისტემა “იუნისტრატ”-ის კვანძი (ფიგ. 203, დ), რომელშიც 4–8 მმ სისქის საკვანძო ფასონურა დამზადებულია დაშტამპვით, და მასთან ჭანჭიკებით მიმაგრებულია ნალუნი ღია პროფილები. ამ გადაწყვეტას გააჩნია შედარებით დაბალი მზიდუნარიანობა და ზღუდავს მალის ზომებს 18–24 მ-ს ფარგლებში. ასეთივე ნაკლი გააჩნიათ სისტემა “ტრიოდეტიკ”-ის და “იფი”-ს კვანძებს (ფიგ. 203, ე, ვ).

შენადული შეერთებების უპირატესობა, ჭანჭიკოვან შეერთებებთან შედარებით, მდგომარეობს მათ მიერ მნიშვნელოვნად დიდი ძალების ათვისების შესაძლებლობაში, ამიტომ მათი გამოყენება მიზანშეწონილია დიდი ძალებისა და დატვირთვების შემთხვევაში. შედუღებით შესრულებულ ასეთ შეერთებას წარმოადგენს სისტემა “ოტკაპლატ”-ის კვანძი (ფიგ. 204, ა). დისკურ სადებიან, ორი დაშტამპული ნახევარსფეროსაგან შედუღებულ ღრუ სფეროს ტორსებით აღუდებენ მიღოვან დეროებს. ღრუ სფეროს გარე დიამეტრს იღებენ მოცემულ კვანძში შემავალი დეროვანი ელემენტების $2d_{max}$ ტოლს, ხოლო სფეროს სისქეს – დიამეტრის $1/25 - 1/30$.

“ცნისკ”-ის კვანძში გამოყენებულია სააბაზანე შედუღება (ფიგ. 204, ბ). გარკვეული კუთხეებით ჩამოჭრილ, მიღების გაბრტყელებულ ბოლოებს შეუღლების კვანძში ავსებენ გამდნარი ლითონით. ამ კვანძის ღირსებაა – საკვანძე ფასონურების არარსებობა და შედეგად, ლითონის მინიმალური ხარჯი. შეწყვილებულ კუთხედებიანი დეროებისთვის კვანძებში იყენებენ ბრტყელი ფურცლებისაგან შედუღებულ ჯვარედინა ფასონურებს (ფიგ. 204, გ), ხოლო მართკუთხა მიღებისათვის – ფასონურების გარეშე გადაწყვეტას (ფიგ. 204, დ). შედუღებით სრულსაწყოები ჯვარედინ-დეროვანი კონსტრუქციების საერთო ნაკლია აწყოების მნიშვნელოვანი შრომატევადობა, ნაკერების ხარისხის კონტროლის სირთულე და შედუღების დიდი ძაბვების არსებობა.

ა - "ოქტაპლატი";
 ბ - ცნობის; გ -
 შენადული საკვან-
 ძო ფურცლებით;
 დ - სწორკუთხა
 მილებით ფასონუ-
 რების გარეშე;
 ე - "პირამიტეკი";
 ზ - მაისი;
 1 - მილოვანი ღე-
 რი; 2 - სწორ-
 კუთხა მილოვანი
 ღერი; 3 - კუთ-
 ხოვანის ღერი;
 4 - ფურცლოვანი
 ფასონი; 5 -
 ღრუ სვერული
 ფასონი; 6 -
 ფურცლოვანი
 ჯვარედინი ფას-
 ნი; 7 - წაკე-
 თილი კონუსის
 ფორმის დაშტამ-
 პული ფასონი;
 8 - კვადრატული
 საკვანძო ფორფი-
 ტა; 9 - მრგვალ-
 მილოვანი კარს-
 კვლავა ფასონუ-
 რა; 10 - საკვანძო
 ფასონი მარეკ-
 ული სახსრებით;
 11 - მოსაჭიმი
 ჭანჭიკი; 12 - სა-
 მონტაჟო სარტყი;
 13 - შედუღება



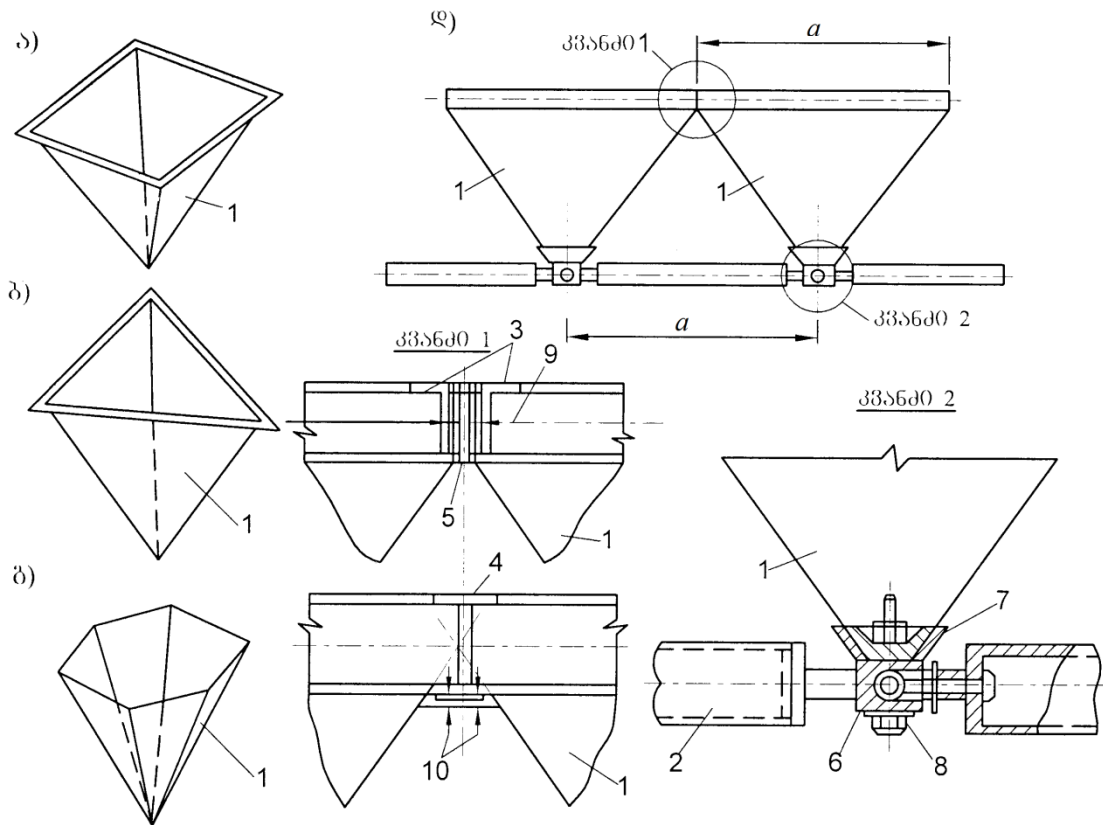
ფიგ. 204. სრულსაწყობი ჯვარედინ-ღერიანი სისტემების კვანძები სამონტაჟო შედუღებით (ა-დ),
 რომლებიც იწყობა სრული ქარხნული დამზადების მოცულობითი პირამიტეკით და პირამიტეკით (ე-თ)

ასეთი კონსტრუქციების აწყობა ასევე შესაძლებელია ქარხანაში წინასწარ დამზადებული გამსხვილებული სამონტაჟო ბლოკებით, გეგმაში კვადრატული, სამკუთხა ან ექვსკუთხა პირამიდების სახით.

უმეტეს შემთხვევაში პირამიდის კონსტრუქცია კეთდება კომბინირებული – ფუძის ელემენტებით, რომლებიც წარმოადგენს სარტყელებს, შესრულებულია ერთმაგი კუთხედებით, ხოლო გისოსი – მილებით. ორი პირამიდის შეპირაპირებისას ფუძის სიბრტყეში ორი კუთხედისგან წარმოიქმნება სარტყელის ღერო. პირამიდების წვეროებს აერთებენ მილოვანი ღეროებით, რომლებიც მიღებულია პირამიდის წვეროს კვანძთან ჭანჭიკით მიმაგრებულ პორიზონტალურ საკვანძე ფასონურასთან, როგორც სისტემა “პირამიტეკ”-ის კვანძებში (ფიგ. 204, ე, ვ), ან მილოვან ვარსკვლავა ფასონურასთან, როგორც “მარხი”-ს კვანძში (ფიგ. 204, ზ).

თუ პირამიდის ფუძე მზადდება მილოვანი ღეროებისაგან, მაშინ ღეროების შეერთება ფუძის კვანძებში შეიძლება შესრულდეს შედუღებით, სახსრული ანჯამების სახის სპეციალური მოწყობილობის დახმარებით პირამიდების შეუღლების შემდეგ (ფიგ. 204, თ).

ფირფიტოვან კონსტრუქციებს ამზადებენ ალუმინის შენადნობებისაგან, ვინაიდან ამ შემთხვევაში, კოროზიამედეგობის გამო, შესაძლებელია ერთ კონსტრუქციაში მზიდი და შემომფარგლავი ფუნქციების შეთავსება. ფურცლის სისქეს, რომლისგანაც ამზადებენ კესონურ პირამიდას, იღებენ კონსტრუქციის სიმაღლის $1/300 - 1/500$, ოღონდ არა ნაკლებს 2 მმ-ისა. პირამიდების ერთმანეთთან შესაუღლებლად, ფუძესთან, ვერტიკალურ ან პორიზონტალურ სიბრტყეში აღუნავენ გვერდებს, რომლებსაც ჩასვამენ კუთხედებისგან დამზადებულ ორ ჩარჩოს შორის, ამაგრებენ ორტესებრის თაროსთან ან სხვა პროფილთან და მათთან აერთებენ ალუმინის მოქლონებით ან ჭანჭიკებით, ხოლო პირამიდის წვეროებს აერთებენ მილოვანი ღეროებით (ფიგ. 205).



ფიგ. 205. ალუმინის პირამიდებისგან აგებული ფირფიტოვან-დეროვანი სისტემების კონსტრუქცია

- ა-გ – კესონების ფორმები; დ – ორი პირამიდის შეუღლების ფრაგმენტი;
 1 – თხელკედლიანი პირამიდა; 2 – მილოვანი დერო; 3 – სარტყელის კუთხედები;
 4 – სარტყელის ორტყეხები; 5 – ჯვარისებრი შუასადები;
 6 – კონუსური როზეტი; 7 – მიმჭერი საყელური; 8 – მოსაჭიმი ჭანჭიკი;
 9 – საერთოებელი ჭანჭიკი; 10 – მოქლონები

საკვანძო მოწყობილობა თხელკედლიანი პირამიდის წვეროში შედგება სამი ძირითადი დაწნეხილი დეტალისაგან: კუთხვილიანი ნახვრეტების მქონე საკვანძო ფასონურისაგან – დეროების შესაერთებლად და კონუსური როზეტისაგან – თხელკედლიანი პირამიდის წახნაგების შესაერთებლად; მიმჭერი საყელურისა და მოსაჭიმი ჭანჭიკისაგან. პირამიდის წახნაგები, მდგრადობის ასამაღლებლად, შეიძლება გაძლიერებულ იქნას დაშტამპვით ან კუთხედის სახის სიხისტის წიბოთი.

თავი 14. კიდული გადახურვები

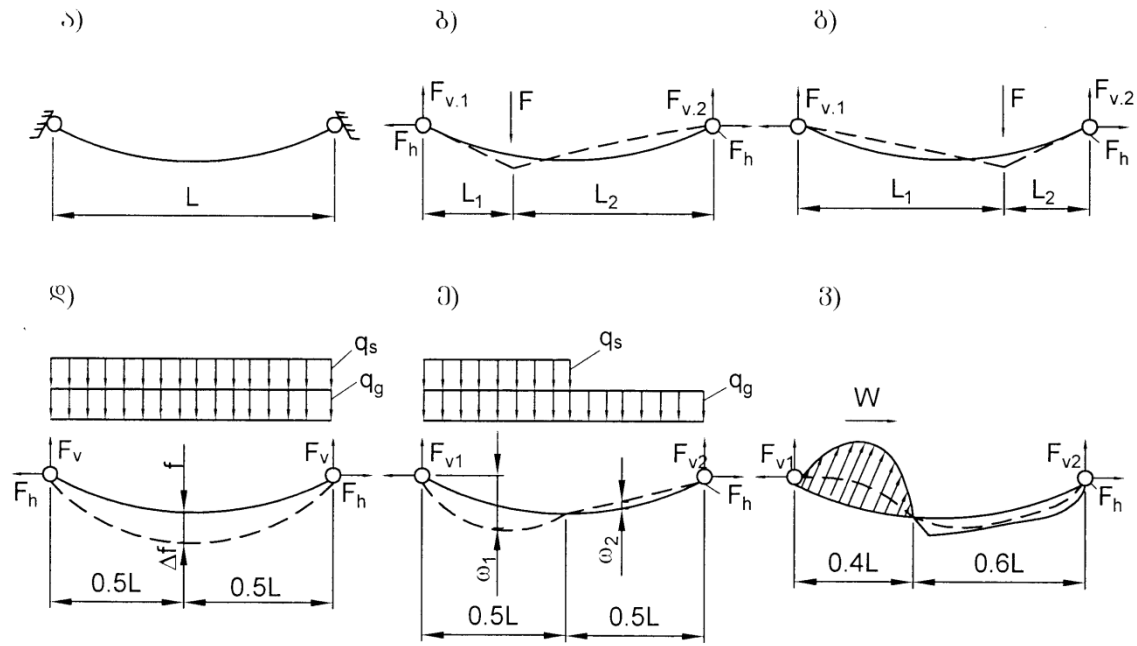
14.1. კიდული გადახურვების სამართო დახასიათება

კიდული ეწოდება გადახურვებს, რომლებშიც მზიდი კონსტრუქციების ძირითადი ელემენტები მუშაობენ გაჭიმვაზე. კიდული გადახურვების უმეტესობაში ძირითად მზიდ ელემენტად გამოიყენება ბაგირი – მაღალი სიმტკიცის მავთულით დახვეული გვარლი, გაწყვეტაზე 1200-1800 მპა და მეტი დროებითი წინაღობით (ფიგ. 206, ა). ბაგირი-გვარლის ან არმატურის დეროების გამოყენების შემთხვევაში სისტემას უწოდებენ კიდულს მოქნილი ვანტებით. თუ ვანტა შესრულებულია ხისტი დეროებით, მაგალითად ნაღუნი (გრეხილი) ორტესებრით ან ფერმებით, მაშინ ასეთ სისტემას უწოდებენ კიდულს ხისტი ვანტებით ან ღუნვად-ხისტი ელემენტებით.

კიდული კონსტრუქცია ასევე შეიძლება იყოს ლითონის ან რკინაბეტონის წინასწარ დაძაბული გარსის სახის. ფურცლოვანი ფოლადის ან ალუმინისგან შედგენილ ლითონის გარსებს უწოდებენ მემბრანულ კონსტრუქციებს.

შენობების გადახურვისთვის მოქნილი ძაფის გამოყენების იდეა პირველად წარმოდგენილ იქნა ვ. გ. შუხოვის მიერ, რომელმაც 1896 წელს დააპროექტა და ნიჟნი ნოვგოროდში ააშენა იმ დროისათვის რეკორდული ზომის პავილიონები – 30X70 მ; 50X100 მ და დიამეტრით 68 მ. კიდული კონსტრუქციების მეორე დაბადება თარიღდება 1953 წლით, აშშ-ში რელეი-არენის 92X97 მ ზომის, გვარლებიანი უნაგირა ბადისებრი გადახურვის აგების შემდეგ. ამ დროიდან დაიწყო კიდული კონსტრუქციების ფართო გამოყენება სხვადასხვა დანიშნულების შენობებსა და ნაგებობებში, როგორცაა: სპორტული და საგამოფენო ნაგებობები, დახურული ბაზრები და უნივერსალური დარბაზები, მსხვილი გარაჟები, ანგარები და ელინგები, აგრეთვე სამრეწველო დანიშნულების უნივერსალური შენობები.

კიდული კონსტრუქციების ღირსებებია: მაღალი სიმტკიცის ფოლადების მზიდუნარიანობის მაქსიმალურად სრულად გამოყენება, ერთ კონსტრუქციაში მზიდი და შემომფარგვლელი ფუნქციების შეთავსება, რის გამოც დამატებით მცირდება გადახურვის მასა, სეისმომედეგობა.



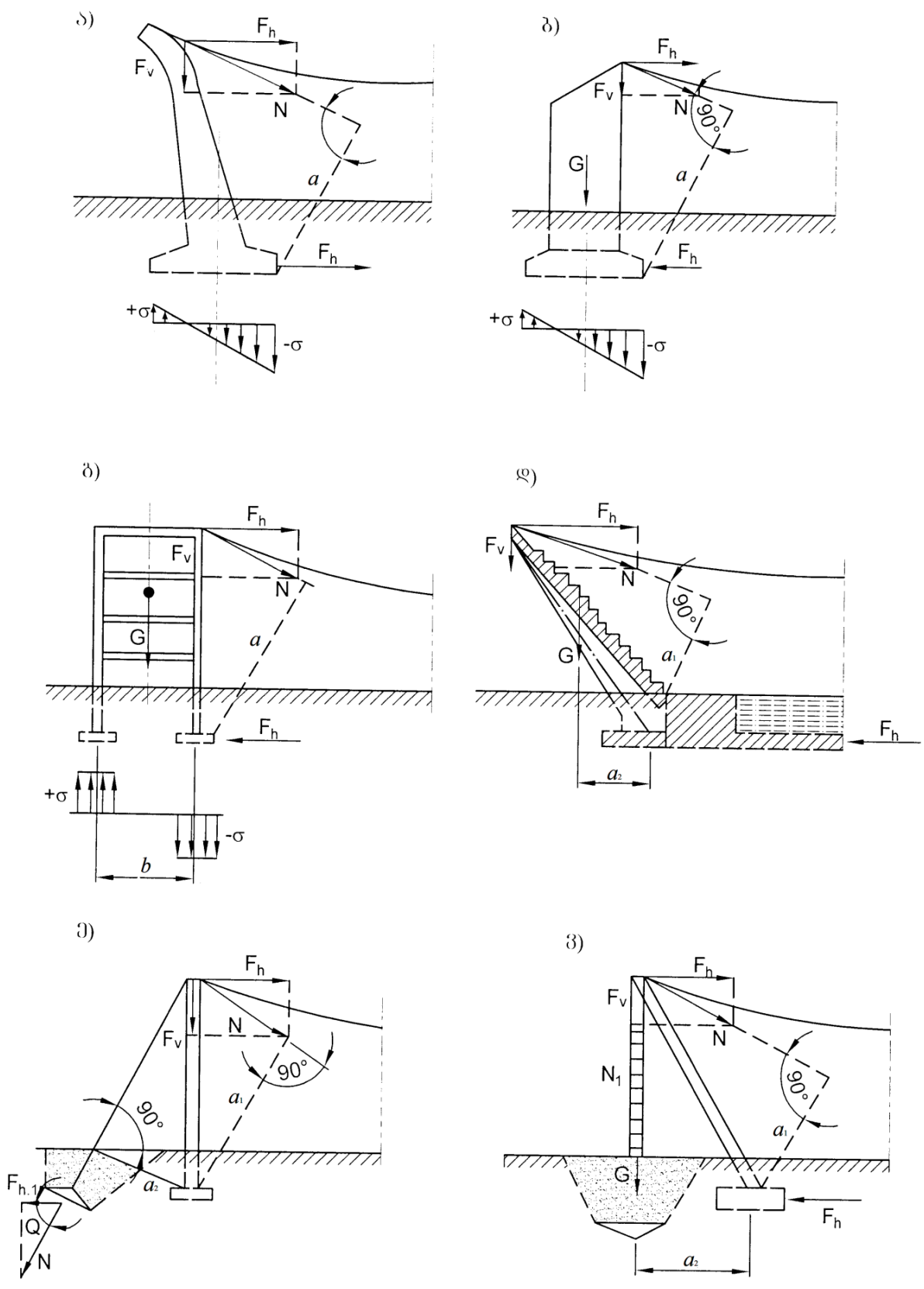
ფიგ. 206. მოქნილი ძაფის მუშაობა

a – საკუთარი მასისგან; *b-d* – ვერტიკალური დატვირთვისგან; *e* – ქარის ჰორიზონტალური დატვირთვისგან

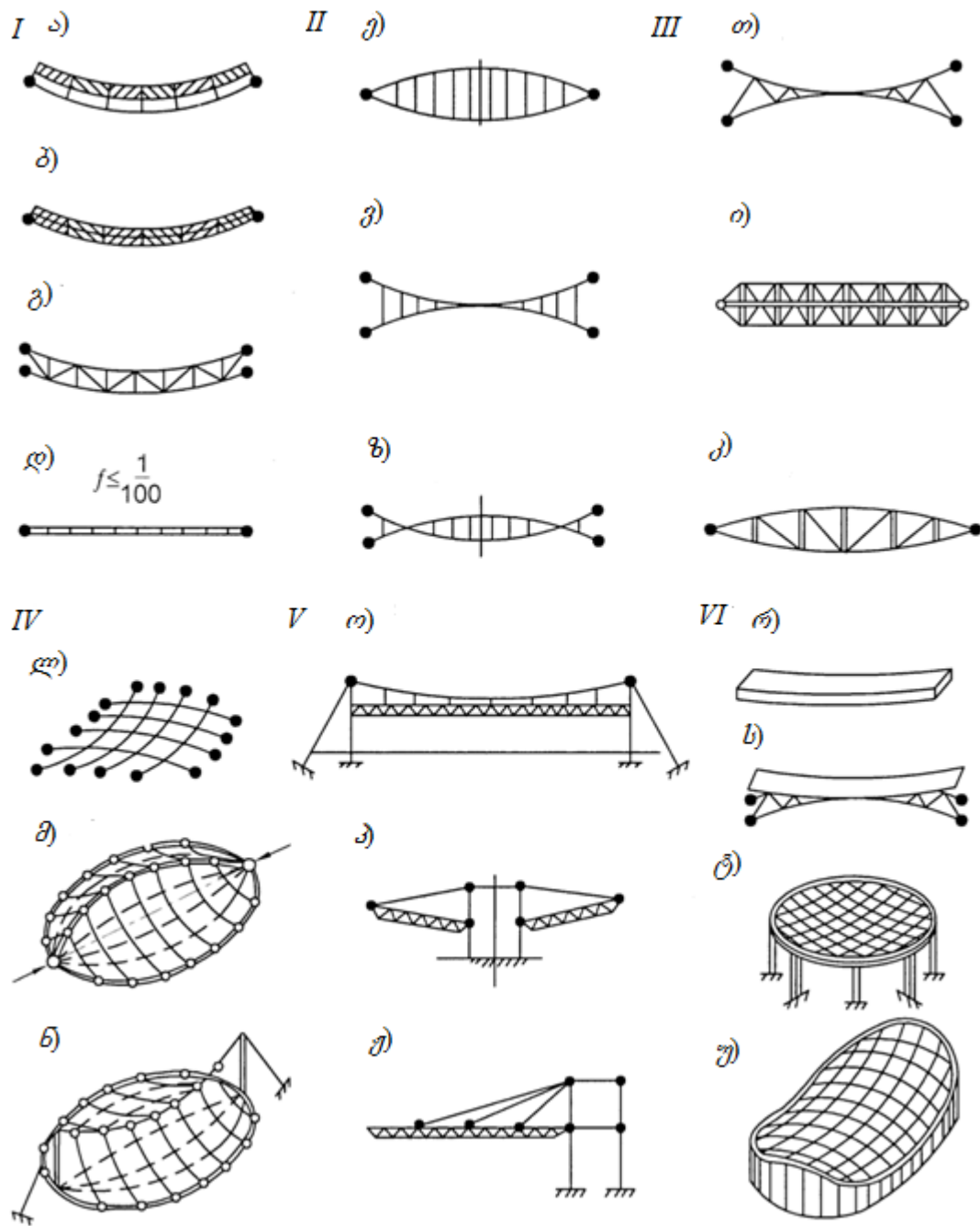
საკმაოდ მცირე მასის კონსტრუქციებით შეიძლება გადაიხუროს 40-300 მ მაღები, ხოლო ხიდების კონსტრუქციებში 1000 მ-ზე მეტი. მაღის გადიდებით კიდული კონსტრუქციების ეფექტურობა იზრდება.

კიდული კონსტრუქციების ფორმაწარმოქმნის შესაძლებლობები საშუალებას იძლევა შეიქმნას შენობებისა და ნაგებობების სრულიად სხვადასხვაგვარი არქიტექტურულ-კონსტრუქციული კომპოზიციები. მცირე მასის გამო კიდული კონსტრუქციების ტრანსპორტირება და მონტაჟი გაადვილებულია.

კიდული სისტემები განმბჯენიანი სისტემებია. განმბჯენის ასათვისებლად იყენებენ მძლავრ საყრდენ კონსტრუქციებს: მოღუნული ფორმის სვეტებსა და პილონებს (ფიგ. 207, ა, ბ), ჩარჩოებსა და ტრიბუნების კონსტრუქციებს (ფიგ. 207, გ-დ), საჭიმრებს (ფიგ. 207, ე-ვ), აგრეთვე შეკრულ საყრდენ კონტურებს (ფიგ. 208, მ, ნ, ტ, უ), რომლებიც ითვისებენ დიდ ძალებს და საჭიროებენ მასალის მნიშვნელოვან ხარჯს. ყველა ეს მოწყობილობა ართულებს და აძვირებს კიდულ კონსტრუქციებს და მნიშვნელოვნად ამცირებს მათი გამოყენების ეფექტურობას.



ფიგ. 207. საყრდენი კონსტრუქციების სახეები



ფიგ. 208. კიდული გადახურვები

I – ერთსარტყელიანი სისტემები მოქნილი ან ხისტი ძაფებით; *II* – ორსარტყელიანი კიდული სისტემები; *III* – ვანტური წამწეები; *IV* – უნაგირისებრი ბადეები; *V* – კომბინირებული სისტემები; *VI* – მემბრანული გარსები; *ა* – დამატებული დატვირთვით; *ბ* – კიდული გარსი; *გ* – ღუნვადი-ხისტი; *დ* – სიმისებრი; *ე* – ამოხნეკილი; *ვ* – ჩახნეკილი; *ზ* – ამოხნეკილ-ჩახნეკილი; *თ* – გვარღური; *ი* – გვარღური, გრძივი განმბჯენი ღეროთი; *კ* – გვარღური, განივი ხისტი განმბჯენებით; *ლ* – ჰიპერბოლური პარაბოლოიდის სახის ბადე; *მ* – ბადე მზიდი თალით; *ნ* – ბადე გვარღ-სადგარით; *ო* – ერთმალიანი; *პ* – ორკონსოლური; *ჟ* – ერთკონსოლური; *რ* – დამატებული დატვირთვით; *ს* – დაძაბული გვარღური წამწით; *ტ* – კიდული; *უ* – უნაგირისებრი

კიდული კონსტრუქციების უარყოფით თვისებებს აგრეთვე მიეკუთვნება მათი გაზრდილი დეფორმაციულობა, რაც გამოწვეულია მაღალი სიმტკიცის ფოლადის შემცირებული დრეკადობის მოდულით ($E \approx 1.5-1.8$) 10^4 კნ/სმ²) ნაგლინ ფოლადთან შედარებით, და არათანაბარი დატვირთვების მოქმედებით გამოწვეული კინემატიკური ცვალებადობა (იხ. ფიგ. 206, ბ-ვ).

კინემატიკური გადაადგილებების შესამცირებლად კიდულ სისტემებში აპროექტებენ მასტაბილიზებელ მოწყობილობებს: 1 კნ/მ²-ზე მეტი წონის დატვირთვის დამატება (ფიგ. 208, ა, ბ); მზიდი გვარლის (ჩაზნექილი) წინასწარი დაძაბვა მასტაბილიზებელი გვარლით (ამოზნექილი), განმბჯენების (ფიგ. 208, ე), საკოჭების (ფიგ. 208, ვ, თ, ს) ან მათი კომბინაციით (ფიგ. 208, ზ), ასევე მათი ურთიერთდაძაბვა ბადეებში (ფიგ. 208, ლ-ნ, უ); სისტემაში ხისტი ელემენტების შეტანა (ფიგ. 208, გ, ი, ო-ჟ).

კიდული კონსტრუქციების დაპროექტებისას ყურადღება ექცევა გადახურვიდან წყლის არინებას და სახურავის ჰერმეტიზაციას.

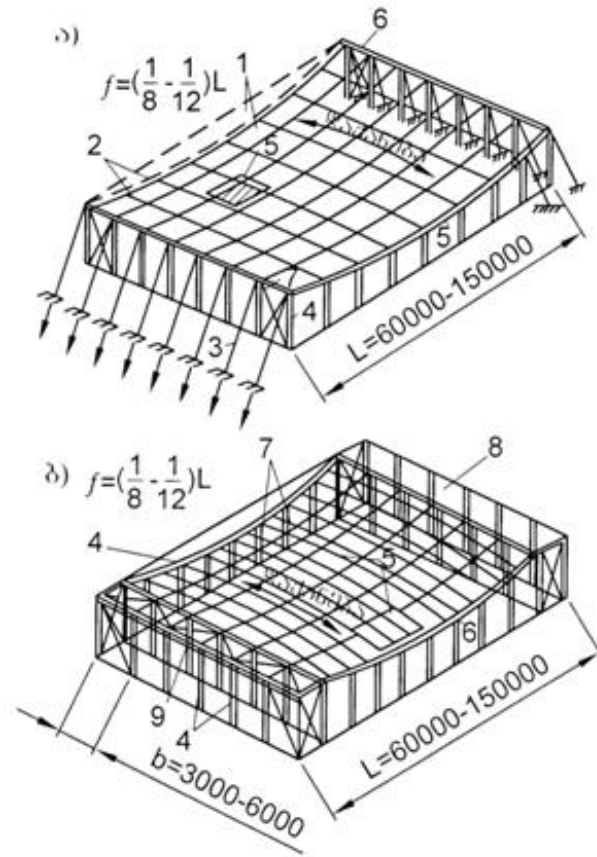
კონსტრუქციული ფორმების, ძირითადი მზიდი ელემენტის სახის, გადახურვის სტაბილიზაციის ხერხის და სხვა ნიშნების მიხედვით კიდული კონსტრუქციები შეიძლება დაიყოს ექვს ჯგუფად (ფიგ. 208.) თავის მხრივ თითოეული ჯგუფი, სისტემაში ელემენტების ურთიერთგანლაგების მიხედვით, შეიძლება დაიყოს ქვეჯგუფებად, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან დაპროექტების თავისებურებებით.

14.2. ერთსართულიანი კიდული გადახურვები

ერთსართულიან კიდულ გადახურვებს მიეკუთვნება: მზიდი მოქნილი დეროების ან გვარლებისაგან შედგენილი სისტემები, რომელთა სტაბილიზაცია მიიღწევა მათზე დაწყობილი ფენილის მასით, რომელიც ტორსებიდან წინასწარაა მოჭიმული და კვანძებშია დამონოლითებული (ფიგ. 209, ა); ხისტი ძაფების ან წამწეებისაგან შედგენილი სისტემები (იხ. ფიგ. 214); განივი კოჭების ან წამწეების გამოყენებით დაძაბული, მოქნილ ძაფებიანი სისტემები (იხ. ფიგ. 216).

მშენებლობაში ყველაზე მეტად გამოიყენება ერთსართულიანი გადახურვები რკინაბეტონის ან კერამზიტბეტონის ფილებით. ასეთი სისტემების უპირატესობაა კონსტრუქციის დიდი სიხისტე და

ცეცხლმედგობა, ნაკლები საექსპლუატაციო ხარჯები სხვა გარსებთან შედარებით, ხოლო ნაკლია გადახურვის დიდი მასა, რაც იწვევს გვარლებზე ფოლადისა და საყრდენი კონსტრუქციების მასალის გაზრდილ ხარჯს.

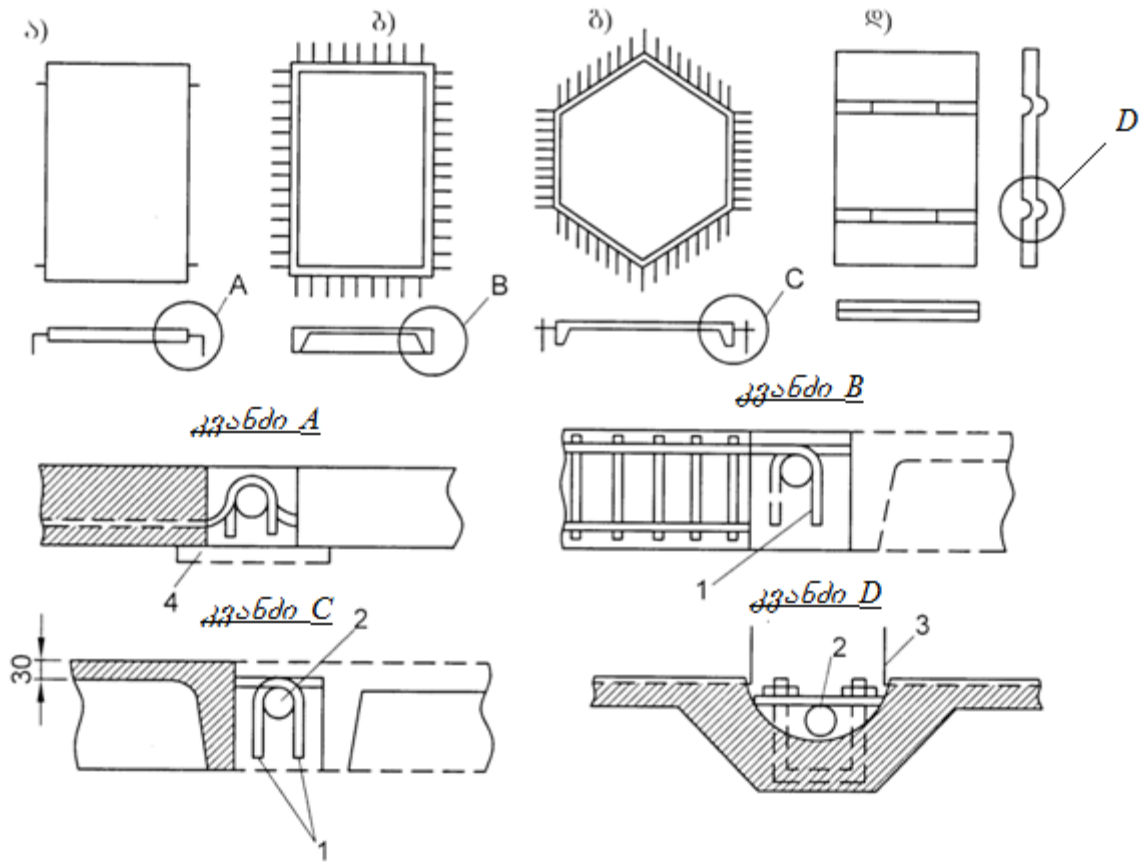


ფიგ. 209. ერთსართულიანი გადახურვები რკინაბეტონის ფილებით

- a – საჭიმრები; b – კოჭის ან წამწის სახის ხისტი საყრდენი კონტურით;
- 1 – მზიდი ვანტები; 2 – გრძივები; 3 – საჭიმრები; 4 – სვეტები;
- 5 – რკინაბეტონის ასაწყობი ფილები; 6 – საყრდენი კონტურის კოჭები;
- 7 – კავშირები; 8 – ტორსის კოჭი; 9 – ტორსის წამწე

ერთსართულიანი გადახურვის წინასწარი დაძაბვა რკინაბეტონის ფილების გამოყენებით (ფიგ. 210) შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი თანამიმდევრობით: ვანტებზე სპეციალური კაკების საშუალებით ჩამოკიდებენ ფილებს; ფილებზე აწყობენ ბალასტს, რის შედეგადაც ფილებს შორის ნაკერები ფართოვდება; ნაკერებს ავსებენ ცემენტის დუღაბით; შემავსებლის საპროექტო სიმტკიცის მიღწევის შემდეგ ხსნიან ბალასტს; დრეკადი ძალების მოქმედების შედეგად ძალების ჩაკიდულობის ისარი მცირდება, ხოლო ფენილის ფილები მოიჭიმებიან. გარსის დაძაბულ მდგომარეობაში შესანარჩუნებლად ბალასტისგან დატვირთვა უნდა იყოს მეტი, ვიდრე

დროებითი დატვირთვა გადახურვაზე. გამოიყენება წინასწარი დაძაბვის სხვა სერხებიც.

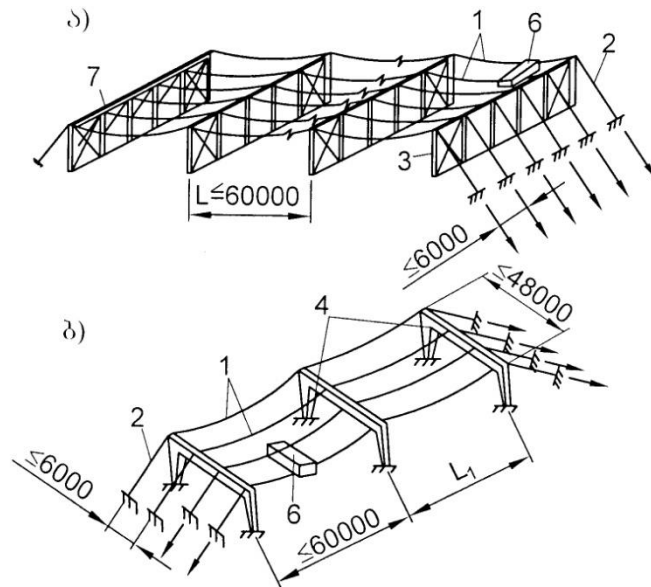


ფიგ. 210. რკინაბეტონის ასაწყობი ფილების ტიპები ერთსართველიანი კიდული გადახურვებისთვის

1 – კაკვი; 2 – ვანტა; 3 – არმატურა; 4 – საგების მომზადება დასაბეტონებლად

ერთსართველიანი გადახურვები რკინაბეტონის ფილებით შეიძლება იყოს გეგმაში სწორკუთხა, წრიული, ელიფსური და სხვა ფორმის. ერთმალიან ცილინდრულ გადახურვებს (იხ. ფიგ. 209, ბ) აქვთ გვარლების პერპენდიკულარული მიმართულებით, მცირე სიმრუდის ამოზნექილობის მქონე ცილინდრული ფორმა. ეს სიმრუდე უზრუნველყოფს გადახურვიდან წყლის ანირებისთვის აუცილებელ სახურავის დაქანებას. ასეთ გადახურვებში დეროებს შორის მანძილი არ აღემატება 6 მ. გადახურვის მასის შესამცირებლად მიზანშეწონილია იგი დაენიშნოთ 1.5-3 მ. საყრდენ კონტურად ხელსაყრელია გამოყენებულ იქნას ჩარჩოვანი კარკასი, რომელსაც გადახურვის სიბრტყეში გააჩნია გამანაწილებელი წამწე ან კოჭი-ფილა, რომელიც გამოიყენება ვანტური დეროების ჩასამაგრებლად და განმბჯენის ასათვისებლად.

გეგმაში სწორკუთხა მრავალმალიანი გადახურვების დაპროექტებისას საყრდენ კონსტრუქციებად შეიძლება გამოყენებულ იქნას კოჭები სვეტებით ან ჩარჩოები (ფიგ. 211). მეორე შემთხვევა უმჯობესია, რადგანაც შენობა თავისუფლდება შიდა სვეტებისგან და მნიშვნელოვნად მცირდება მიწის სამუშაოების მოცულობა.

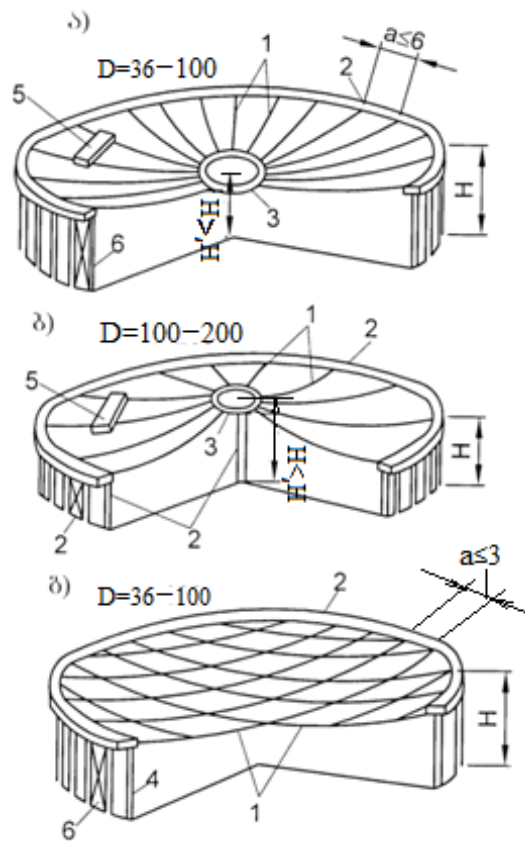


ფიგ. 211. მრავალმალიანი ერთსართულიანი სწორკუთხა გადახურვების სქემები

a – მზიდი სვეტებით; *b* – მზიდი ჩარჩოებით; 1 – მზიდი ვანტები; 2 – საჭიმრები; 3 – სვეტები; 4 – ჩარჩოები; 5 – კავშირები; 6 – რკინაბეტონის ფილები; 7 – საყრდენი კონტურის კოჭები;

ერთსართულიანი გადახურვები რკინაბეტონის ფილებით მიზანშეწონილია დაპროექტდეს გეგმაში წრიულ შენობებზე (ფიგ. 212). ასეთი გადახურვების ძირითადი ღირსებაა გვარლების განმბჯენის ამთვისებელი რკინაბეტონის საყრდენი რგოლის არსებობა.

განასხვავებენ ასეთი გადახურვების ორ პრინციპულ ფორმას – ჩაზნექილს (ფიგ. 212, ა) და კარვისებრს (ფიგ. 212, ბ). ჩაზნექილ სისტემაში კუმშვაზე მომუშავე გარე საყრდენ რგოლთან ერთად გათვალისწინებულია გაჭიმვაზე მომუშავე ლითონის შიგა რგოლი. ასეთ სისტემაში გვარლები განთავსებულია მერიდიანულად და შიგა რგოლზე დამაგრებულია 35-50 სმ მანძილზე, რაც განსაზღვრავს შიგა რგოლის დიამეტრს – 6-12 მ. რკინაბეტონის ფილების დალაგების პირობიდან გამომდინარე. გარე რგოლზე ღეროების ჩამაგრება არ უნდა აღემატებოდეს 6 მ-ს.



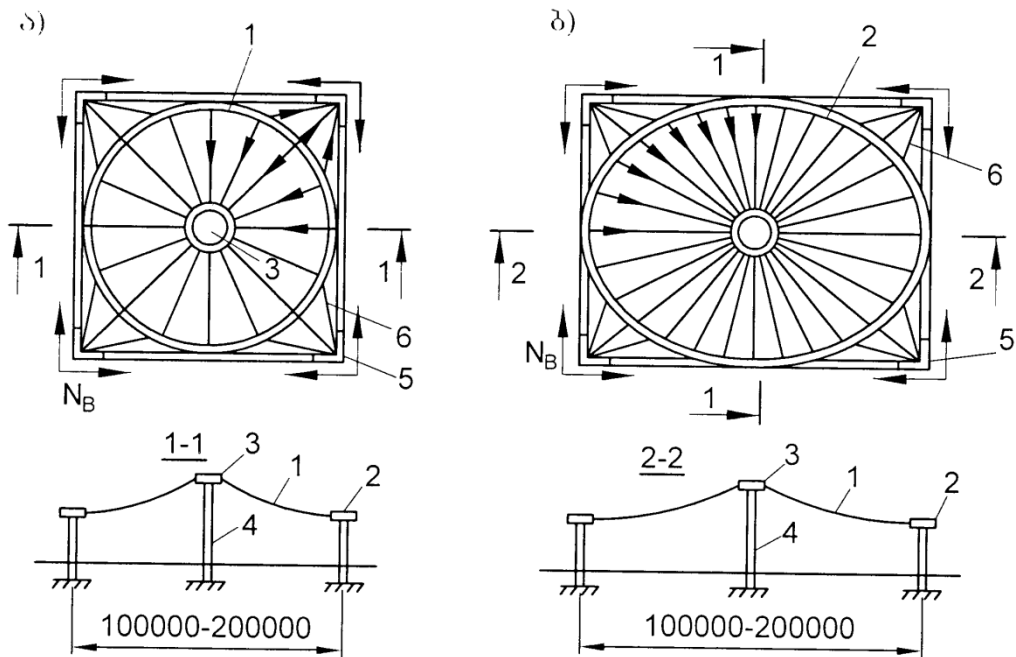
ფიგ. 212. ერთსარტყელიანი წრიული გადახურვის სქემები

- ა - რადიალური შიგა რგოლით; ბ - რადიალური შიგა საყრდენით;
- გ - ორთოგონალური ბადით; 1 - მზიდი ვანტა; 2 - საყრდენი რგოლი;
- 3 - შიგა რგოლი; 4 - სვეტი; 5 - რკინაბეტონის ფილა; 6 - კავშირები

კარვისებრი გადახურვების განმასხვავებელი თავისებურება ისაა, რომ მნიშვნელოვანი დატვირთვა გადახურვიდან გადაეცემა შიგა რგოლის მეშვეობით, რომელიც მუშაობს არაცენტრალურ გაჭიმვაზე, რკინაბეტონის შუა საყრდენის საშუალებით. რადიალურ გადახურვებში ვანტების ჩაკიდულობის ისარი შეიძლება დაინიშნოს გადასახური მალის 1/10-1/20.

ერთსარტყელიანი, გეგმაში წრიული კიდული სისტემების საერთო ნაკლია ვანტებზე დალაგებული ტრაპეციისებრი რკინაბეტონის ფილების ტიპ-ზომების დიდი რაოდენობა, სამკუთხა სექტორების მრავალჯერ განმეორებადობის შემთხვევაშიც. ფილების ტიპ-ზომების შემცირების მცდელობამ გამოიწვია ორთოგონალურ ბადიანი ჩაზნექილი სისტემის შექმნა შიგა რგოლის გარეშე (ფიგ. 212, გ). მაგრამ ასეთ კონსტრუქციაში, ფილებს შორის ნაკერების დიდი სიგანის გამო, აგებისას იზრდება სველი პროცესების მოცულობა. ჩაზნექილი სისტემების ნაკლია გადახურვიდან წყლის არინების გაძნელება.

ერთსართყელიანი სისტემები რადიალური ვანტებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას გეგმაში სწორკუთხა გადახურვისთვისაც. ამ მიზნით საყრდენ რგოლს კიდული გარსით დამატებითი ვანტებით ჩამოკიდებენ სწორკუთხა საყრდენი კონტურის კუთხურ საყრდენებზე (ფიგ. 213). ამ შემთხვევაში დამატებითი ვანტებისაგან გამოწვეული განმბჯენი იშლება (გადანაწილდება) შემზღვეუდელის სიბრტყეებში.

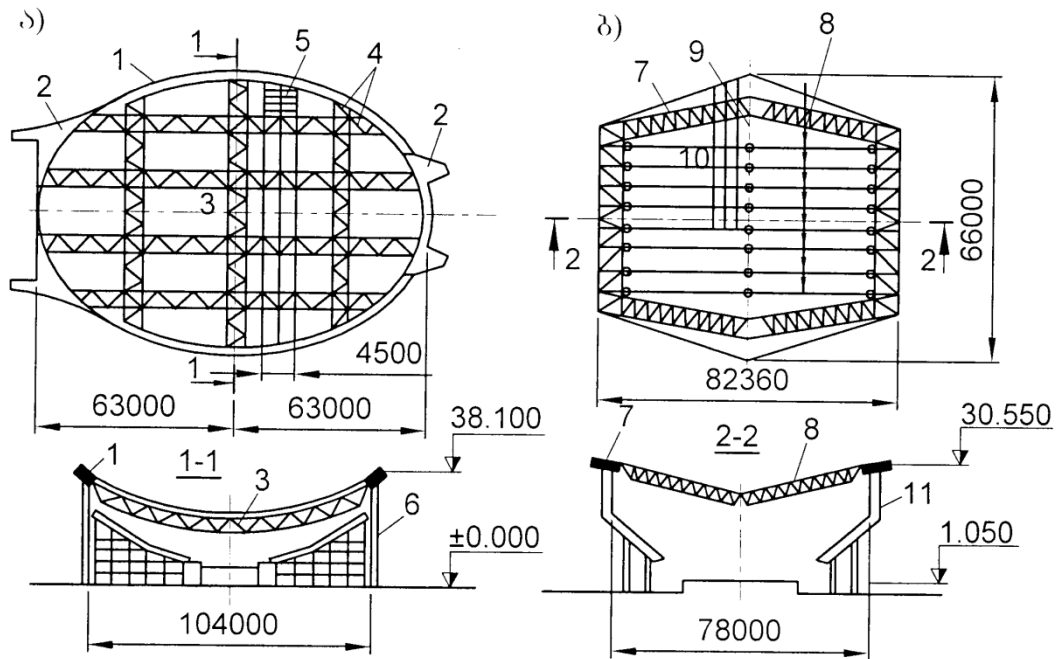


ფიგ. 213. ერთსართყელიანი რადიალური გადახურვის სქემები შენობებისთვის

ა – კვადრატული გეგმით; ბ – სწორკუთხა გეგმით; 1 – მზიდი ვანტები;
2 – საყრდენი კონტური; 3 – ცენტრალური რგოლი; 4 – სვეტები; 5 – კუთხის
საყრდენები; 6 – დამატებითი ვანტები

ერთსართყელიანი კიდული გადახურვები გაჭიმული ღუნვად-ხისტი ელემენტებით, რომლებიც შესრულებულია შენადული ან ნაგლინი ორტესებრი პროფილებისგან, ან მოღუნული და სწორხაზოვანი წამწეებისგან, გადახურვის სტაბილიზაციისთვის არ საჭიროებს სპეციალურ ღონისძიებებს. ამ ფუნქციას ასრულებს საკუთრივ ელემენტები, რომლებსაც შეუძლიათ მიიღონ გამჭიმავი და მღუნავი ძალები (ფიგ. 214). ამის გამო ხისტი ძაფის ჩაკიდულობის ისარი შეიძლება შემცირდეს მალის 1/20–1/30-მდე ძაფების 3-4.5 მ ბიჯის შემთხვევაში. მთლიანი ნაღუნი ორტესებრის კვეთის სიმაღლე აიღება მალის 1/40–1/50, ხოლო წამწის სიმაღლე მალის 1/35–1/45. სიმაღლე დამოკიდებულია მუდმივი

და დროებითი დატვირთვების თანაფარდობაზე, აგრეთვე გადახურვის საჭირო სიხისტეზე.



ფიგ. 214. გაჭიმული ღუნვად-ხისტ ელემენტებიანი გადახურვების მაგალითები

ა – ოლიმპიური საცურაო აუზი (მოსკოვი); ბ – უნივერსალური სპორტული დარბაზი (მოსკოვი); 1 – რკინაბეტონის საყრდენი თაღები 2X3.3; 2 – თაღების რკინაბეტონის საყრდენები; 3 – კიდული მრუდხაზოვანი წამწეები; 4 – კავშირები; 5 – ფენილის დაფები; 6 – სვეტები; 7 – საყრდენი კონტური; 8 – კიდული სწორხაზოვანი წამწეები; 9 – საყრდენი კონტურის ფურცლოვანი საკოჭი; 10 – გრძივები; 11 – ტრიბუნის ქვეშა ჩარჩოები;

ხისტ ძაფებიანი გადახურვების უპირატესობებია: კონსტრუქციული ფორმის სიმარტივე, დამზადების ინდუსტრიულობა, ჩვეულებრივი ფოლადების გამოყენება. ნაკლია: მაღალი ლითონტევადობა, გადახურვის არასივრცითი მუშაობა. გამომდინარე აქედან ღუნვად-ხისტ ძაფებიანი ერთსართულიანი კიდული გადახურვები მიზანშეწონილია დაპროექტდეს შედარებით პატარა მაღის გადახურვებში, რომლებზეც მოდის მცირე მუდმივი და დიდი დროებითი დატვირთვები.

ღუნვად-ხისტ ძაფებიანი კიდული გახურვა გამოყენებულია ორ ოლიმპიურ ობიექტზე მოსკოვში: 126x104 მ ზომის ელიფსური ფორმის საცურაო აუზი, რომელიც გადახურულია კვადრატული პარაბოლის მოხაზულობის წამწეებით, და 78X66 მ ზომის არაწესიერი ექვსკუთხედის

ფორმის მქონე სპორტული დარბაზი, რომელიც გადახურულია კლიტეში ბლაგვი შემავალი კუთხით გადამკვეთი სწორხაზოვანი წამწეებით (ფიგ. 214). თავისი ტექნიკურ-ეკონომიკური და კონსტრუქციული მახასიათებლებით ორივე გადახურვა მნიშვნელოვნად ჩამორჩება მემბრანულს.

ბაგირ-კოჭოვან სისტემებს (ფიგ. 216) ახასიათებთ მომატებული სიხისტე ღუნვაზე, რომელიც იზრდება საყრდენ კონტურში ჩამაგრებული წამწეების განივ კონსტრუქციად გამოყენების შემთხვევაში. გადახურვის კონსტრუქცია იძენს სივრცით სიხისტეს, კარგად მუშაობს ადგილობრივი დატვირთვის დროს და საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნას მსუბუქი კონსტრუქციის სახურავი. ასეთ კონსტრუქციებში ჩაკიდულობის ისარი არ უნდა იყოს მაღლის 1/15-ზე ნაკლები.

მოქნილ ძაფებიანი ერთსართულიანი კიდული გადახურვების გაანგარიშების მიახლოებითი ხერხი მდგომარეობს იმაში, რომ განისაზღვრება მოქნილი ძაფის და საჭიმების კვეთები, ხოლო წრიულ ნაგებობებში აგრეთვე გარე საყრდენი და შიგა შუა რგოლების კვეთებიც. მზიდი ელემენტების კვეთის შერჩევა ხორციელდება მონტაჟის სტადიაში, რადგანაც ჯამური დატვირთვა გადახურვაზე დამძაბავი ბალასტის გათვალისწინებით საანგარიშო დატვირთვაზე მეტია. ზღვრულ მდგომარეობაში ნაგებობის საანგარიშო სქემად მიიღება ბრტყელი მოქნილი ძაფი, საყრდენებით ერთ ან სხვადასხვა დონეებზე.

საანგარიშო დატვირთვა ვანტზე ცილინდრულ გადახურვაში (ფიგ. 215, ა), წინასწარი დაძაბვის გათვალისწინებით, განისაზღვრება ფორმულით:

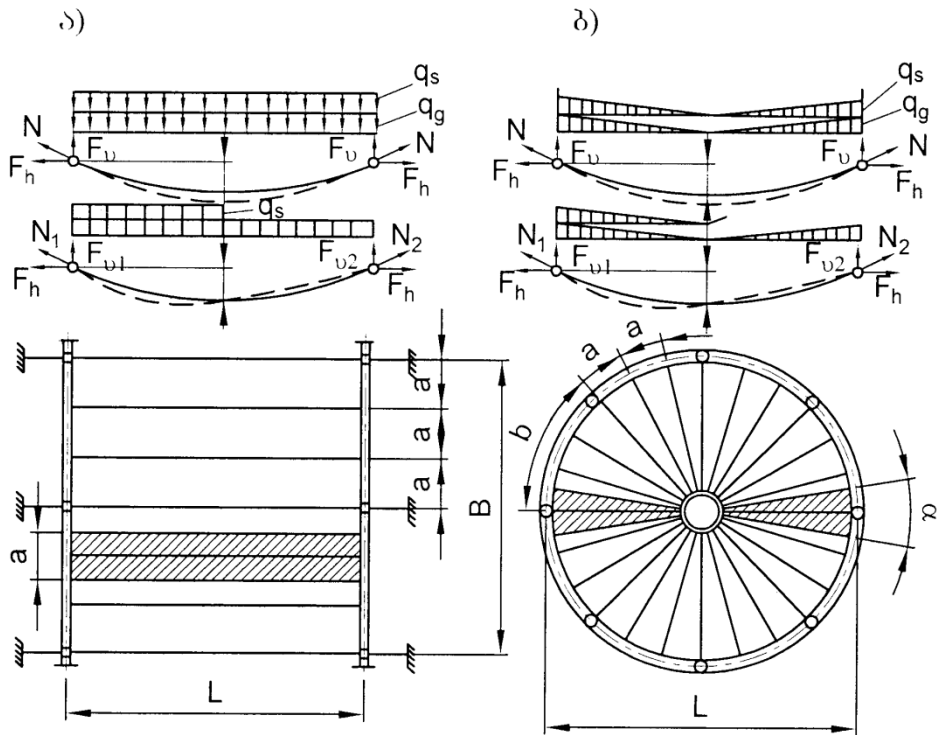
$$q = q_g + (1.2 - 1.3)q_s = ga + (1.2 - 1.3)sa, \quad (178)$$

სადაც g არის საანგარიშო მუდმივი დატვირთვა ვანტების, გადახურვის ფილებისა და სახურავის 1მ^2 -ის საკუთარი წონისაგან; s – საანგარიშო თოვლის დატვირთვა გადახურვის 1მ^2 -ზე; a – ვანტებს შორის მანძილი.

გაჭიმვისაგან ძაფის დეფორმაციის გათვალისწინების უგულვებელყოფით, განმზღვნი საანგარიშო დატვირთვისაგან შეიძლება გაანგარიშებული იქნას ფორმულით:

$$F_h = M_0 / y = ql^2 / 8f, \quad (179)$$

სადაც M_0 არის q დატვირთვისაგან გამოწვეული მღუნავი მომენტი კოჭში მაღით l ; y – ვანტის წირის ორდინატა.



ფიგ. 215. ერთსართკელიანი კიდული სისტემების გაანგარიშებისათვის

ა – მართკუთხა გეგმით; ბ – წრიული გეგმით;

ვანტის საყრდენი რეაქციის ვერტიკალური მდგენელი

$$F_v = ql / 2. \quad (180)$$

ძაფის გაჭიმვის მაქსიმალური ძალვა მოქმედებს საყრდენთან

$$N = \sqrt{F_h^2 + F_v^2}. \quad (181)$$

მოქნილი ძაფის გაანგარიშებისას განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გაანგარიშება ზღვრულ მდგომარეობათა მეორე ჯგუფის მიხედვით – დროებითი დატვირთვისაგან გამომწვეული დასაშვებზე მეტი ჩაღუნვების შედეგად კონსტრუქციის ნორმალური ექსპლუატაციის შეუძლებლობის მიხედვით. ეს გაანგარიშება ხდება მიახლოებითი მეთოდებით. დროებითი დატვირთვის მოქმედებისაგან გამომწვეული, მოქნილი ძაფის საანგარიშო ვერტიკალური ჩაღუნვის ზღვრული სიდიდე უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობას

$$\Delta f / l = 3q_{s,n} l^2 / 128EAf^2 \leq 1/200, \quad (182)$$

სადაც $q_{s,n}$ არის ძაფის მალის 1მ^2 -ზე ნორმატიული დროებითი დატვირთვა; E – ძაფის დრეკადობის მოდული; A – ძაფის კვეთის ფართობი.

თუ განმზღენი გადაეცემა გარე ანკერებზე, მაშინ ძაფის დაყვანილი სიგრძე საჭიმების სიგრძეების გათვალისწინებით ტოლია:

$$S = l(1+8f^2/l^2)+2l_1\sec^2\theta, \quad (183)$$

სადაც l_1 არის საჭიმის ჰორიზონტალური პროექცია (გეგმილი) სვეტის ღერძიდან საძირკველთან ჩამაგრების ღერძამდე; θ – საჭიმის დახრის კუთხე ჰორიზონტთან.

ძაღვები დახრილ და ვერტიკალურ საჭიმებში (იხ. ფიგ 207, ე, ვ) გაანგარიშდება შესაბამისად ფორმულებით:

$$N_1 = F_h B / a \cdot \cos\theta, \quad (184)$$

$$N_1 = F_h B / aa_2, \quad (185)$$

სადაც B საჭიმების ბიჯია.

ჩაზნექილი ტიპის ერთსარტყელიან რადიალურ ვანტურ სისტემებში (ფიგ. 215, ბ) ძაღვები წინა გაანგარიშების ანალოგიურად გამოითვლება:

$$F_h = ql^2 / 24f; \quad F_v = ql / 4;$$

$$N = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} = F_h \sqrt{1 + 36 f^2 / l^2}. \quad (186)$$

მზიდი ვანტის განივი კვეთის საჭირო ფართობი განისაზღვრება ტოლობიდან

$$A_{ca} = 1.6 N / \eta 100R_{um}, \quad (187)$$

სადაც 1.6 არის მასალის საიმედოობის კოეფიციენტი; η – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ბაგირის გამწვევტი ძაღვის შემცირებას მავთულების ჯამურ გამწვევტ ძაღვასთან შედარებით ($\eta=0.81-0.85$ – 1x37 კონსტრუქციის TK და 6x19 კონსტრუქციის JK-P ბაგირებისთვის; $\eta=0.75-0.8$ – 6x36 კონსტრუქციის TJK-PO ბაგირებისთვის; $\eta=1$ – დახურული მზიდი ბაგირებისთვის); R_{um} – ბაგირის მავთულების დროებითი წინაღობა გაწვევტაზე, მპა (TK, TJK-PO, JK-P ბაგირებისთვის $R_{um} = 1176, 1372, 1568, 1666, 1764, 1862$ და 1960; დახურული ბაგირებისთვის $R_{um} = 1078, 1176, 1274, 1372$); 100 – მპა-ის ნ/სმ²-ში გადასაყვანი კოეფიციენტი.

შიგა რგოლის გამჭიმავი და გარე საყრდენი რგოლის მკუმშავი ძალები განისაზღვრება ფორმულით:

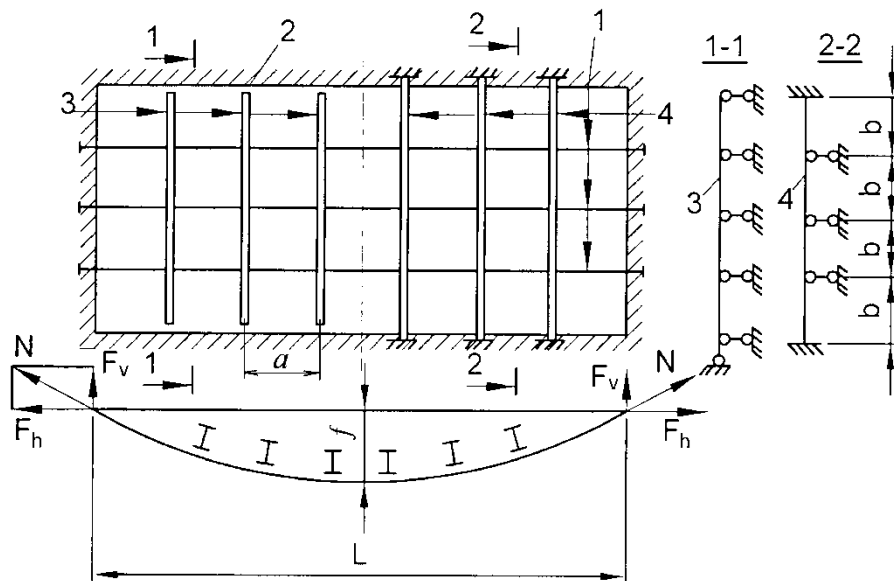
$$N_t = F_h l / 2a. \quad (188)$$

ღუნვად-ხისტი ძაფების ზუსტი გაანგარიშება საკმაოდ რთულია, ამიტომ მუდმივი დატვირთვისაგან, თოკის მრუდის მსგავსად, მოღუნული ხისტი ძაფების კვეთები შეიძლება შეირჩეს მიახლოებითი ხერხით. ხისტი ძაფის გამჭიმავი ძალვა განისაზღვრება (182)-ე ფორმულით, ხოლო მღუნავი მომენტი – ფორმულით:

$$M = M_b - F_h f, \quad (189)$$

სადაც M_b – კოჭური მომენტია ძაფის კვეთში.

ვანტურ-კოჭური სისტემები (ფიგ. 216), რომლებშიც კოჭებს ვანტთან ყოველ გადაკვეთაზე აქვთ სახსრები, გაიანგარიშება როგორც შეყურსული ძალებით დატვირთული ერთსართულიანი მოქნილი ძაფები.



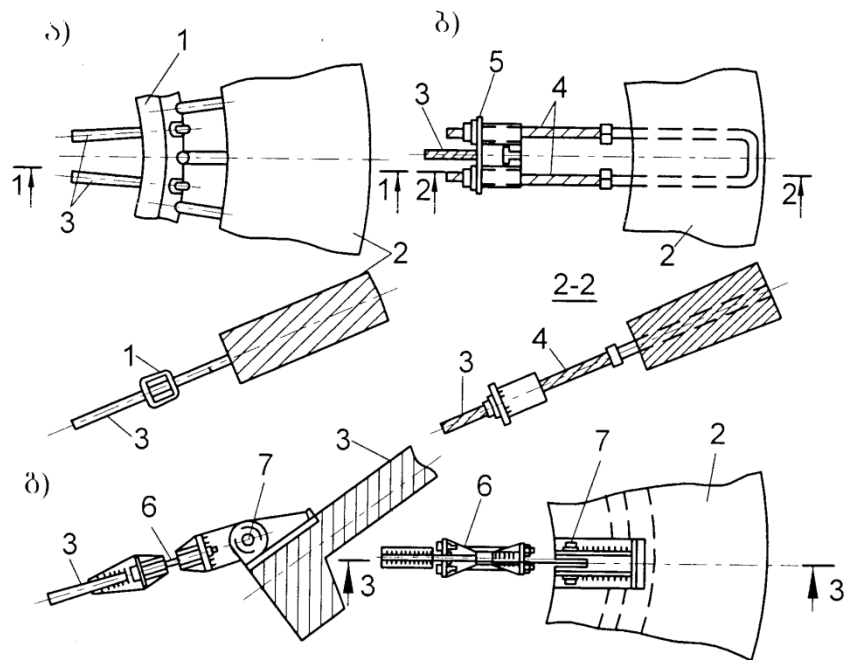
ფიგ. 216. ვანტურ-კოჭური სისტემების გაანგარიშებისათვის

- 1 – მზიდი ვანტა; 2 – საყრდენი კონტური; 3 – მრავალმალიანი უჭრი კოჭები;
- 4 – იგივე, კონტურზე ჩამაგრებული

უჭრი კოჭების შემთხვევაში, სიხისტიდან გამომდინარე, მათ შეუძლიათ შეასრულონ სისტემაში ძალების გადამანაწილებელი ან სისტემის მასტაბილიზებელი ელემენტების ფუნქცია, განსაკუთრებით არათანაბარი დატვირთვისას. გადამანაწილების ეფექტი იზრდება სისტემის წინასწარი

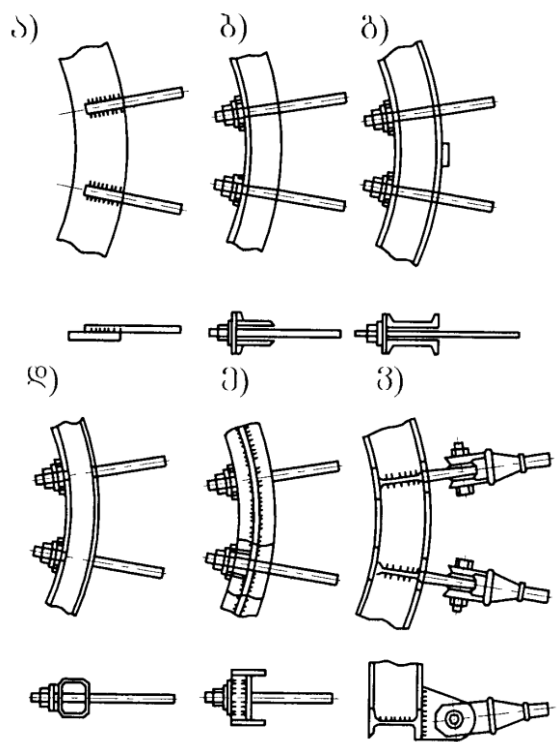
დაძაბვის შემთხვევაში (კოჭების წინასწარი მოღუნვით, ამოზნექილობით ზევით). გაანგარიშება წარმოებს ჯვარედინი კოჭების სისტემის ანალოგიურად კოჭებისა და ძაფების სიხისტის გათვალისწინებით (იხ. პ. 12.3).

მიახლოებით გაანგარიშებებში დასაშვებია ვანტა გაანგარიშდეს როგორც ერთსართველიანი სისტემა, ხოლო კოჭი, როგორც მრავალმადიანი უჭრი კონსტრუქცია, რომლისთვისაც შუალედურ საყრდენებს წარმოადგენს ვანტები. რადიალურ სისტემებში მოქნილი ვანტების გარე საყრდენ რგოლთან მიერთების კვანძები ნაჩვენებია ფიგ. 217-ზე, ხოლო შიგა გაჭიმულ რგოლთან – ფიგ. 218-ზე. პირველ შემთხვევაში კვანძები დამახასიათებელია კუმშვაზე მომუშავე შეკრული საყრდენკონტურიანი ყველა ტიპის კიდული კონსტრუქციებისათვის.



ფიგ. 217. რადიალურ სისტემებში რკინაბეტონის გარე საყრდენ რგოლთან ვანტების მიერთება

ა – გადამყვანი რგოლით; ბ – შეწყვილებული შევრილებით; გ – მოსაჭიმი ჭანჭიკებით; 1 – კოლოფისებრი რგოლური ელემენტი; 2 – რკინაბეტონის გარე საყრდენი რგოლი; 3 – ვანტები; 4 – შეწყვილებული შევრილები; 5 – ჩასასხმელი მილისი; 6 – მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკები; 7 – სახსარი

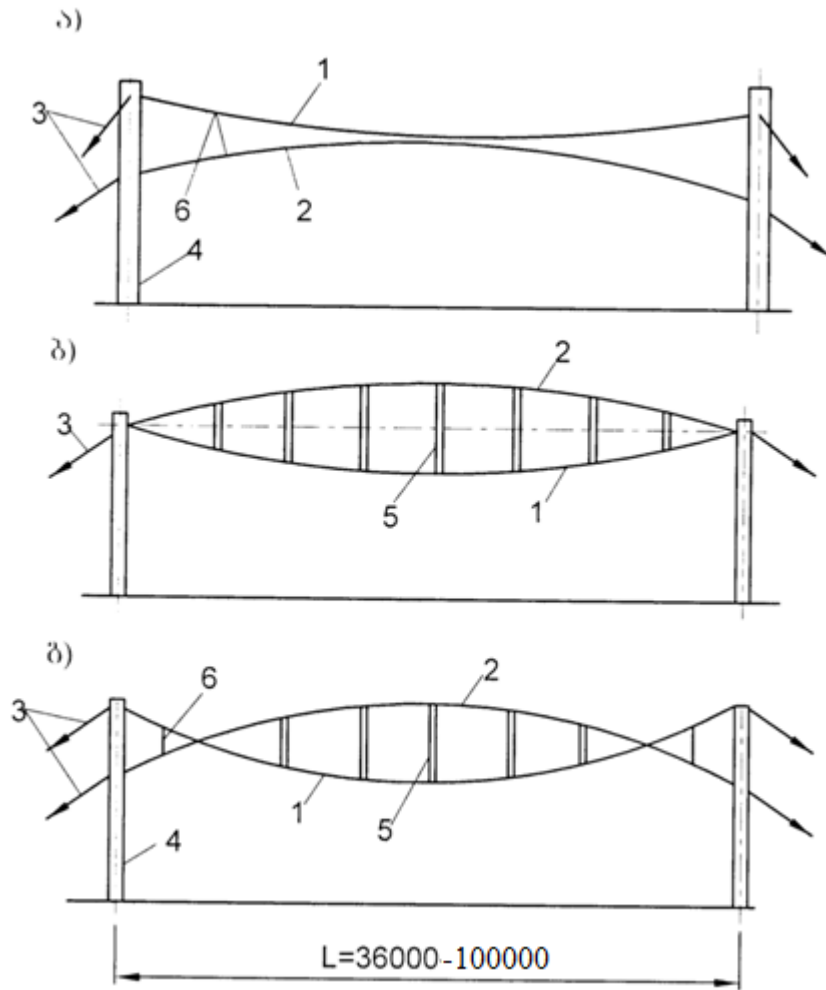


ფიგ. 218. რადიალურ სისტემებში შიგა საყრდენ რგოლთან ვანტების მიერთების ვარიანტები

14.3. ორსართყელიანი წინასწარ დაძაბული გადახურვები

ორსართყელიანი წინასწარ დაძაბული გადახურვა ეწოდება სისტემას, რომელიც შედგება ორი მოქნილი ძაფისგან, რომლებიც განლაგებულია ერთი მეორის ზევით და ერთმანეთთან დაკავშირებულია პარალელურად განლაგებული საჭიმებით (ფიგ. 2219 ა), განმბჯენებით (ფიგ. 219, ბ) ან მათი კომბინაციით (ფიგ. 219, გ). წინასწარი დაძაბვის გამო, რაც ხორციელდება საჭიმებისა და განმბჯენების დახმარებით, ორსართყელიანი სისტემებს აქვთ ნაკლები დრეკადი დეფორმაციები ერთსართყელიანთან შედარებით, რაც ქმნის კარგ წინაპირობებს მზიდი სისტემისაგან დამოუკიდებლად მომუშავე მსუბუქი სახურავების გამოყენებისათვის. თუმცა, ვერტიკალური ძაბვადი ელემენტები ხელს არ უშლიან მოქნილი ძაფების ჰორიზონტალურ გადაადგილებებს, ამის გამო ასეთი კონსტრუქციების კინემატიკური გადაადგილებები ნაკლებად განსხვავდება ერთსართყელიანი სისტემებისაგან.

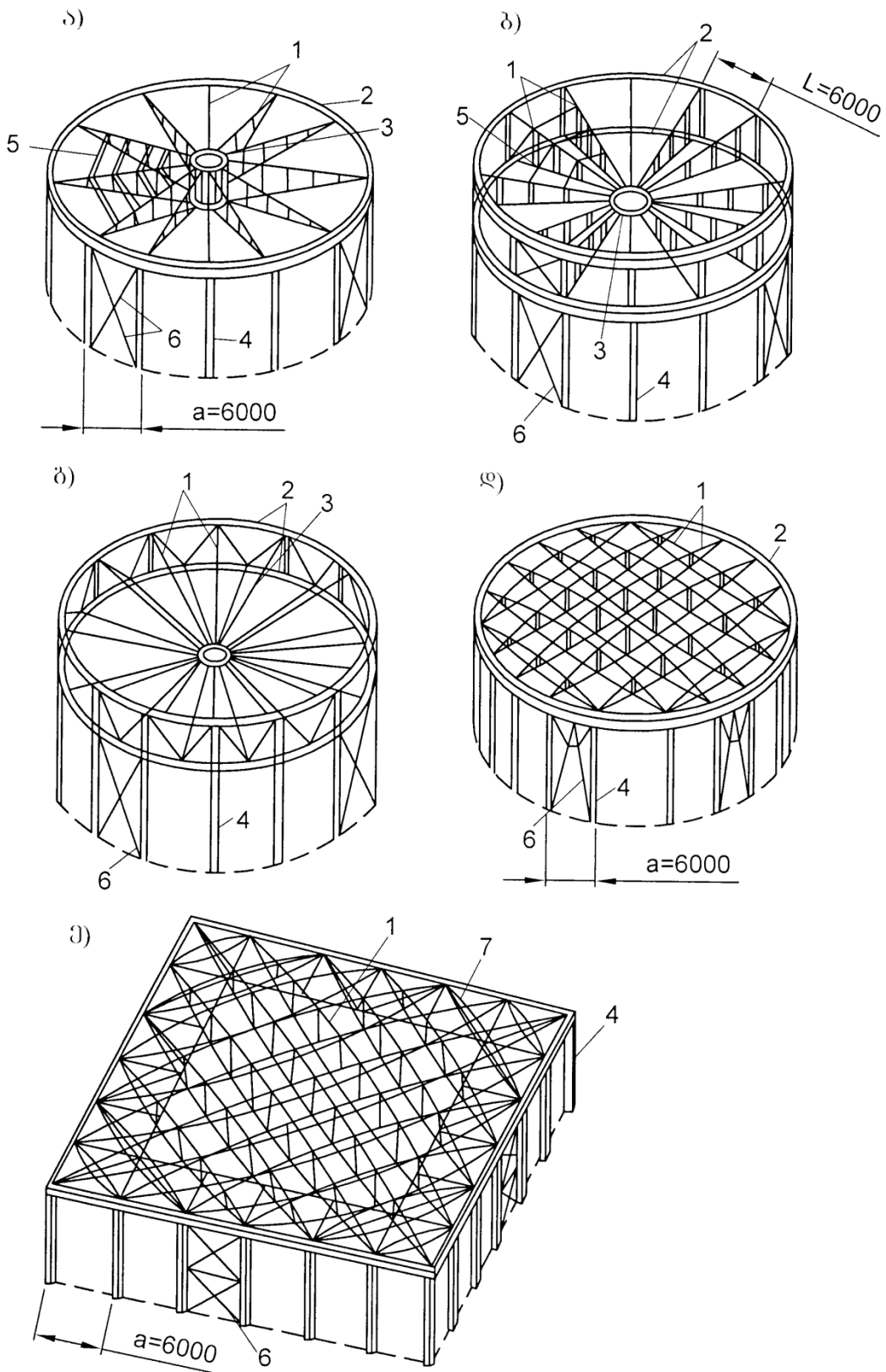
ეკონომიურად უფრო გამართლებულია ღინზისებრ-ამოზნექილი სისტემები (ფიგ. 2219 ბ), ვინაიდან მზიდი და მასტაბილიზებელი გვარლებისთვის მათ აქვთ საერთო საყრდენი კონსტრუქცია და ხელს უწყობენ წყლის მარტივ არინებას. თუმცა, შეკუმშული დგარები საჭიროებენ ლითონის მნიშვნელოვან ხარჯს, ეს კი ამცირებს მოცემული სქემის ეფექტურობას.



ფიგ. 219. მართკუთხა გეგმის მქონე ორსართულიანი კიდული გადახურვების სქემები

- ა – ჩაზნექილი; ბ – ამოზნექილი; გ – ამოზნექილ-ჩაზნექილი; 1 – მზიდი ვანტა;
 2 – მასტაბილიზებელი გვარლი; 3 – საჭიმრები; 4 – საყრდენი;
 5 – ხისტი განმბჯენები; 6 – მოქნილი საკოჭები;

ორსართულიანი სისტემის ყველაზე გავრცელებული კონსტრუქციული ფორმებია – რადიალურად განლაგებულ გვარლებიანი წრიული გადახურვები (ფიგ. 220, ა-გ), მათ შორის “ველოსიპედის ბორბლის” ტიპის სისტემა (ფიგ. 220, ა).

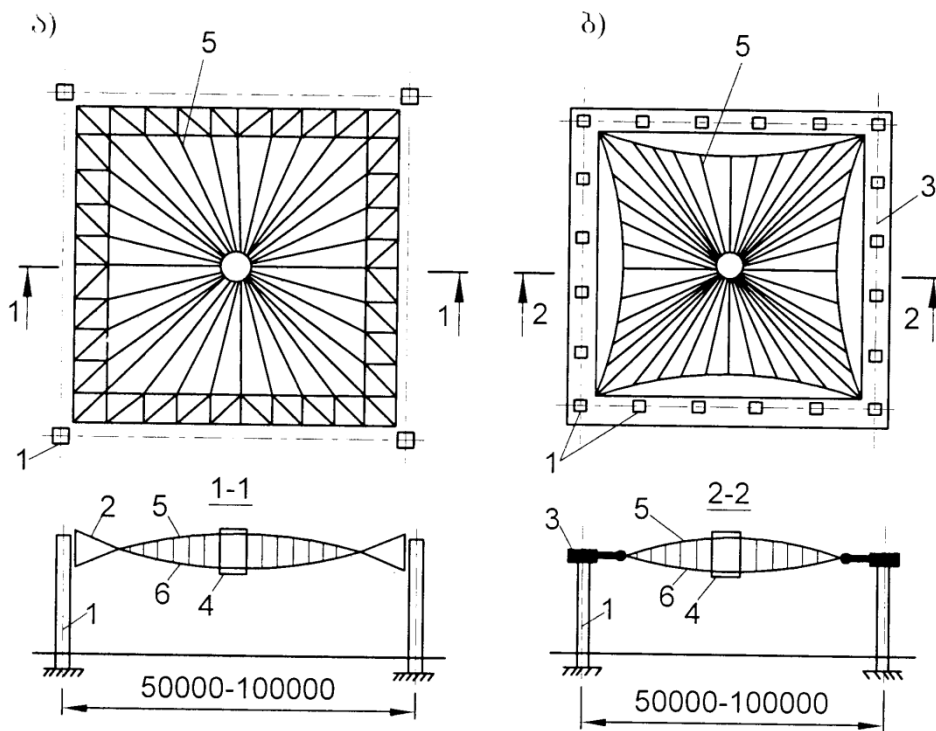


ფიგ. 220. წრიული და მართკუთხა გეგმის მქონე ორსართკელიანი კიბული გადახურვების სქემები

- ა - რადიალური, ორსართკელიანი ცენტრალური რგოლით; ბ - რადიალური, ორსართკელიანი საყრდენი რგოლით; გ - რადიალურ-ნაკეცოვანი (ნაოჭა), ორსართკელიანი საყრდენი რგოლით;
- დ - გადაჯვარედინებული ვანტურ წამწეებიანი ორთოგონალური სისტემა საყრდენი რგოლით;
- ე - კვადრატული გეგმის მქონე, გადაჯვარედინებული ვანტურ წამწეებიანი დიაგონალური სისტემა გისოსოვანი საყრდენი კონტურით; 1 - მზიდი ვანტები; 2 - საყრდენი რგოლი; 3 - ცენტრალური რგოლი; 4 - სვეტები; 5 - გრძივები; 6 - კავშირები; 7 - გისოსოვანი საყრდენი კონტური

სახურავის მონტაჟისას ზემოთჩამოთვლილი ყველა სისტემა საჭიროებს გრძივების მოწყობას, რაც ზრდის მასალების ხარჯს, განსაკუთრებით გეგმით წრიულ სისტემებში. ორი (ფიგ. 220, დ, ე) ან სამი მიმართულებით განლაგებული, პარალელურ ვანტებიანი წამწეების სისტემებში ფენილი ლაგდება სისტემის კვანძებზე გრძივების გარეშე.

ჯვარედინი ვანტური წამწეები საშუალებას იძლევა შეიქმნას გეგმაში მართკუთხა გადახურვები საჭიმების გარეშე (ფიგ. 220. ე). ასეთ კონსტრუქციებში განმბჯენს ითვისებენ სისტემის შუა სიბრტყეში, გადახურვის პერიმეტრზე განლაგებული პორიზონტალური ხისტი წამწეები.



ფიგ. 221. კვადრატული გეგმის მქონე ორსართკველიანი რადიალური გადახურვის სქემები

- ა – ღუნვადი საყრდენი კონტურით; ბ – უღუნვადი საყრდენი კონტურით;
- 1 – სვეტები; 2 – გისოსოვანი საყრდენი კონტური; 3 – კოჭური საყრდენი კონტური;
- 4 – შიგა რგოლი; 5 – მასტაბილიზებული გვარლები; 6 – მზიდი ვანტები

კვადრატულ გეგმაში, ოთხ კუთხეზე დაყრდნობისას, შესაძლებელია ვანტების რადიალურად განლაგება (ფიგ. 221, ა). ამ შემთხვევაში კონტურის წამწეები უნდა იყოს სამკუთხა კვეთის, ერთი ვერტიკალური წახნაგით, რომელიც სვეტებს შორის მალში მუშაობს ღუნვაზე. პერიმეტრზე სვეტებიან, გეგმაში მართკუთხა რადიალურ სისტემებში ხისტი ღუნვადი კონტურის

შესაცვლელად შეიძლება გამოყენებული იქნეს გვარლი-ქვესაკრავები, რომლებიც განმზღვენს გადასცემენ სვეტებზე განთავსებულ კოჭური საყრდენი კონტურის კუთხეებში (ფიგ. 221, ბ).

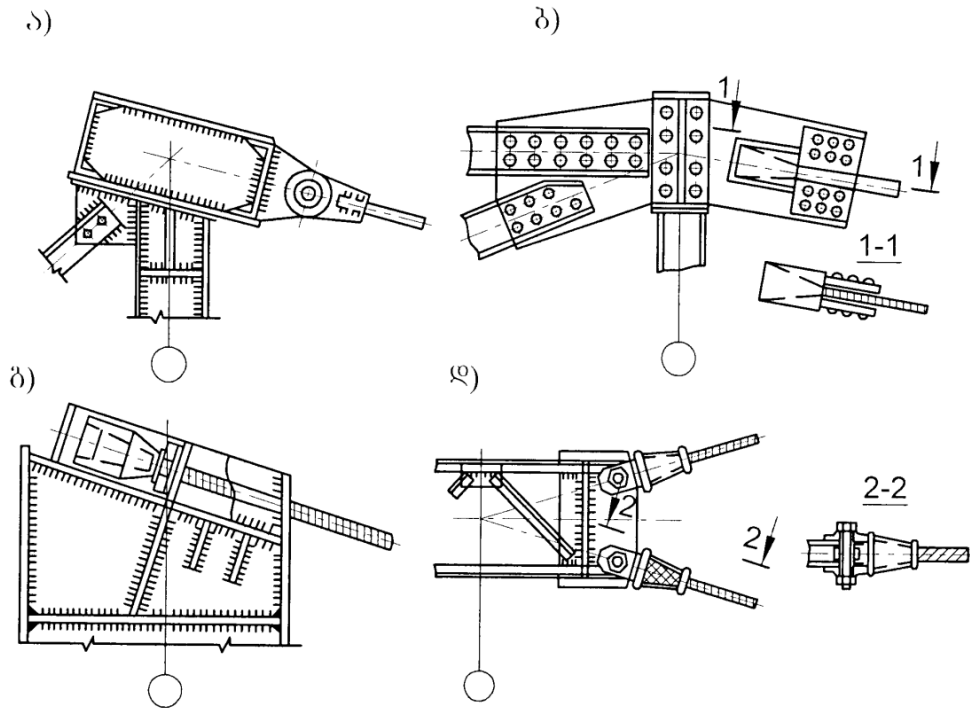
ორსართყელიანი წინასწარ დაბაბული სისტემები, ერთსართყელიანის მსგავსად, შეიძლება იყოს ერთმალიანი და მრავალმალიანი, აგრეთვე კარვისებრი, რგოლების განლაგებით ერთ ან სხვადასხვა დონეზე. ორსართყელიან სისტემებში მიზანშეწონილია გვარლებს შორის ჰორიზონტალური მანძილი დაინიშნოს 3-6 მ, ხოლო მანძილი დგარებს ან საკოჭებს შორის 2.5-4 მ. შეკუმშული დგარების გამოყენების შემთხვევაში (მათი რაოდენობისა და ფოლადის ხარჯის შესამცირებლად) მათი ბიჯი შეიძლება გაიზარდოს 4.5-6 მ-დე.

ორსართყელიანი სისტემების დაპროექტებისას განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გვარლების ჩაკიდულობის ისრის დანიშვნა, რომელთა სიდიდეები შეიძლება მერყეობდეს მალის 1/10–1/30-ს ფარგლებში. მზიდი ვანტების ჩაკიდულობის ოპტიმალური ისარია მალის 1/8–1/15 და შეიძლება დაიშვას არანკლები 1/20; მასტაბილიზებელი გვარლებისთვის ჩაკიდულობის ისარი შეიძლება იყოს იგივე ან რამდენადმე ნაკლები.

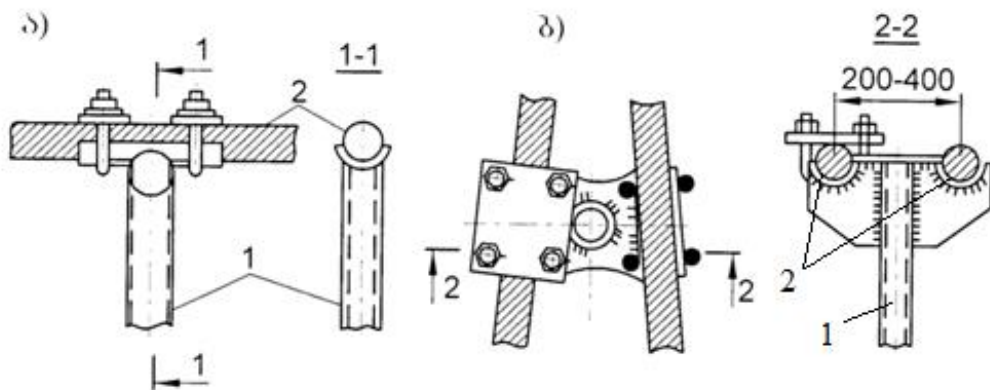
იმის გათვალისწინებით, რომ გვარლების კვეთის ფართობების თანაფარდობა მნიშვნელოვნად არ მოქმედებს სისტემის ჩაღუნვებზე, მიახლოებით გაანგარიშებებში იგი შეიძლება დაინიშნოს დატვირთვების თანაფარდობასთან დამოკიდებულებით:

$$\begin{aligned} \text{როდესაც } s \gg g, \quad A_{st} / A_{ca} &\cong 1-1.2 ; \\ \text{როდესაც } s = g, \quad A_{st} / A_{ca} &\cong 0.6-0.8 ; \\ \text{როდესაც } s \ll g, \quad A_{st} / A_{ca} &\cong 0.3-0.6 . \end{aligned} \quad (190)$$

ლითონის საყრდენ კონტურთან და შიგა რგოლთან ვანტების მიერთების კვანძები ნაჩვენებია ფიგ. 222-ზე. ხოლო განმზღვენების ჩამაგრება ვანტებთან – ფიგ. 223-ზე. მდგრადობის უზრუნველყოფის პირობიდან გამომდინარე, გარე რგოლის სიგანე აიღება მალის 1/50–1/80, ხოლო მისი სიმაღლე – სიგანის 0.3–0.4 და დამოკიდებულია რგოლის მზიდ სვეტებს შორის მანძილზე.



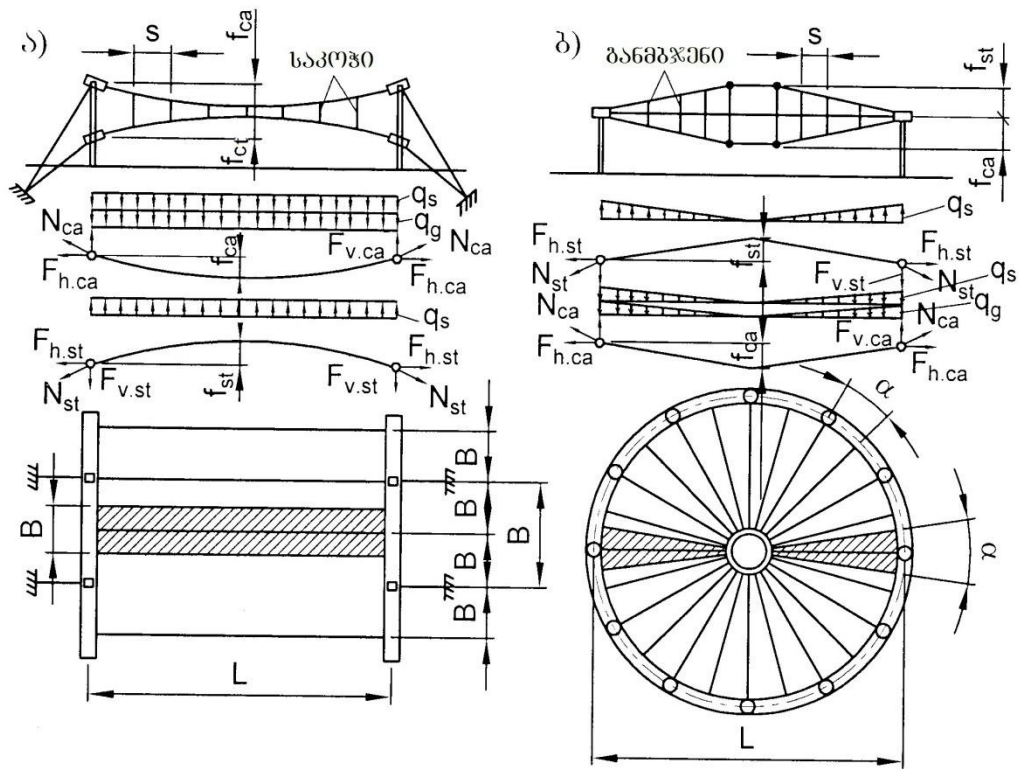
ფიგ. 222. ვანტების მიერთება ლითონის ბორტის ელემენტთან



ფიგ. 223. განმზღვენების ჩამაგრება ვანტებს შორის ორსართყევიან სისტემებში
 ა – სართყელში ერთეული ვანტის შემთხვევაში; ბ – შეწყვილებული ვანტების
 შემთხვევაში; 1 – განმზღვენი; 2 – ვანტა

ზღვრულ მდგომარეობაში, სრული მუდმივი q_g და დროებითი q_s დატვირთვის ზემოქმედების დროს ორსართყევიან სისტემების გვარლების მიახლოებითი გაანგარიშება (ფიგ. 224), იმის დაშვებით რომ დამძაბავი (მასტაბილიზებელი) გვარლები ითიშებიან მუშაობიდან, შეიძლება შესრულდეს ერთსართყევიანი სისტემის ანალოგიურად. თუმცა, საანგარიშო დატვირთვების მოქმედების დროს მასტაბილიზებელი ვანტების წინასწარი

დაჭიმულობის ძალვას ინარჩუნებენ მათი საწყისი დაჭიმულობის 20-30%-ის ფარგლებში, რაც შეესაბამება დამატებით დროებით დატვირთვას $\Delta q_s = (0.2 \div 0.3) q_s$. ამიტომ, ერთსართყელიანი სისტემებისაგან განსხვავებით, ორსართყელიან სისტემებზე საანგარიშო დატვირთვები იქნება: მზიდი გვარლისთვის – $q_{ca} = q_g + (1.2-1.3) q_s$; მასტაბილიზებული გვარლისთვის – $q_{st} = (1.2-1.3) q_s$.



ფიგ. 224. ორსართყელიანი კიდული სისტემების გაანგარიშებისათვის
 ა – მართკუთხა გეგმით; ბ – წრიული გეგმით

ძალები სისტემის დამძაბავ დგარებსა და საკოჭებში განისაზღვრება შესაბამისად ფორმულებით:

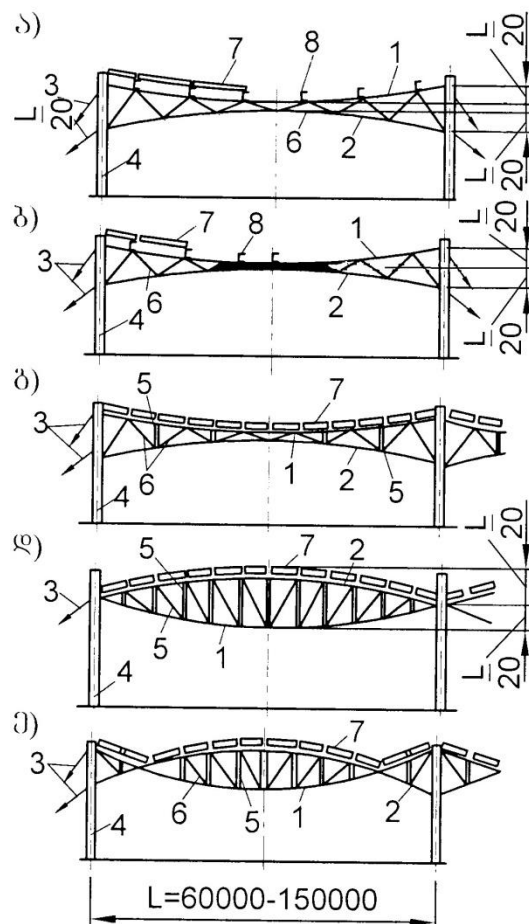
$$N_c = q_{ca} s, \quad (191)$$

$$N_t = q_{st} s, \quad (192)$$

სადაც s განმბჯენების ან საკოჭების ბიჯია.

14.4. გვარლური წამწეები

გვარლური წამწე წარმოადგენს ორსართულიანი სისტემების შემდგომ განვითარებას. ორსართულიანი სისტემებისაგან განსხვავებით, გვარლურ წამწეებში საკოჭები (შემკვრელები) და განმბჯენები შეცვლილია სამკუთხა ან ირიბნული გისოსით, რის გამოც მთელი სისტემა გეომეტრიულად უცვლელი და უფრო მეტად ხისტი ხდება (ფიგ. 225). გვარლური წამწეების ეს თვისებები განსაზღვრავენ მათი რაციონალური გამოყენების სფეროს, კერძოდ არათანაბარი და დიდი დროებითი დატვირთვების მქონე გადახურვებში..

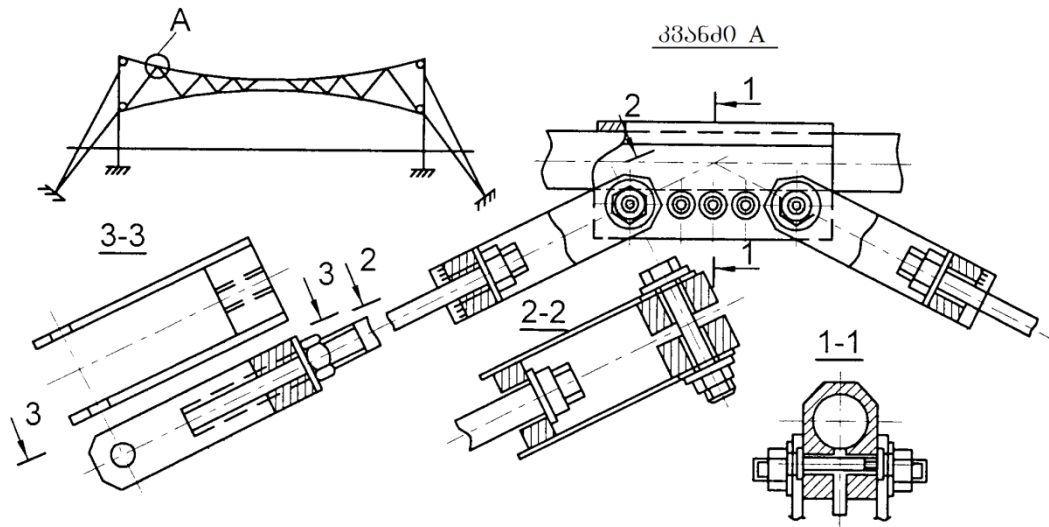


ფიგ. 225. წინასწარ დაძაბული ვანტური წამწეების სქემები

ა-ვ – ჩაზნექილი გისოსის სხვადასხვა ტიპით ; დ – ამოზნექილი; ე – ამოზნექილ-ჩაზნექილი; 1 – მზიდი ვანტა; 2 – მასტაბილიზებული გვარლი; 3 – საჭიმარი; 4 – სვეტი; 5 – ხისტი განმბჯენები; 6 – მოქნილი საკოჭები; 7 – გადახურვის ფილები; 8 – გრძივი

გვარღურ წამწეებში უპირატესად გამოიყენება მოქნილ ელემენტებიანი სამკუთხა გისოსები (ფიგ. 225, ა, ბ), რომლებშიც აღიძვრება, როგორც გამჭიმავი, ასევე მკუმშავი ძალები. შეკუმშული ირიბნების მუშაობის უზრუნველსაყოფად, გისოსში, წინასწარი დაძაბვის გამოყენებით, მუდმივად ინარჩუნებენ გამჭიმავ ძალებს. ირიბნულ გისოსებში (ფიგ. 225, გ-ე) შეკუმშულ ელემენტებს ამზადებენ ხისტი პროფილებისგან.

ვანტური წამწე წარმოადგენს სტატიკურად ურკვევ სისტემას, ამიტომ მისი გაანგარიშება ხდება სამშენებლო მექანიკის ძირითადი მეთოდებით. მიახლოებით გაანგარიშებებში, წამწეების გვარღური სარტყელების კვეთები შეიძლება განისაზღვროს ორსარტყელიანი კიდული სისტემების ანალოგიურად, ხოლო ძალები გისოსში – როგორც მოცემული მოხაზულობის ჩვეულებრივ ხისტ წამწეებში.



ფიგ. 226. ვანტური წამწეების კვანძები

გისოსში ძალების განსაზღვრის შემდეგ, ნიშნავენ წინასწარი დაჭიმვის ძალას, რომელიც აბსოლუტური მნიშვნელობით უნდა იყოს ირიბნებში მაქსიმალურ მკუმშავ ძალვაზე მეტი. შემდეგ, წინასწარ დაჭიმვის ძალის გათვალისწინებით, გისოსის ყველა ელემენტში პოულობენ საბოლოო ძალებს. გისოსის ელემენტებს ნიშნავენ მუდმივი კვეთის, რომლის ფართს საზღვრავენ მაქსიმალური გამჭიმავი ძალვის მიხედვით. ვანტური წამწეების დამახასიათებელი კვანძები ნაჩვენებია ფიგ. 226-ზე. ვანტურ წამწეებიანი გადახურვების კონსტრუქციული ფორმები ორსარტყელიანი სისტემების კონსტრუქციული ფორმების ანალოგიურია.

14.5. უნაგირისებრი გადახურვები

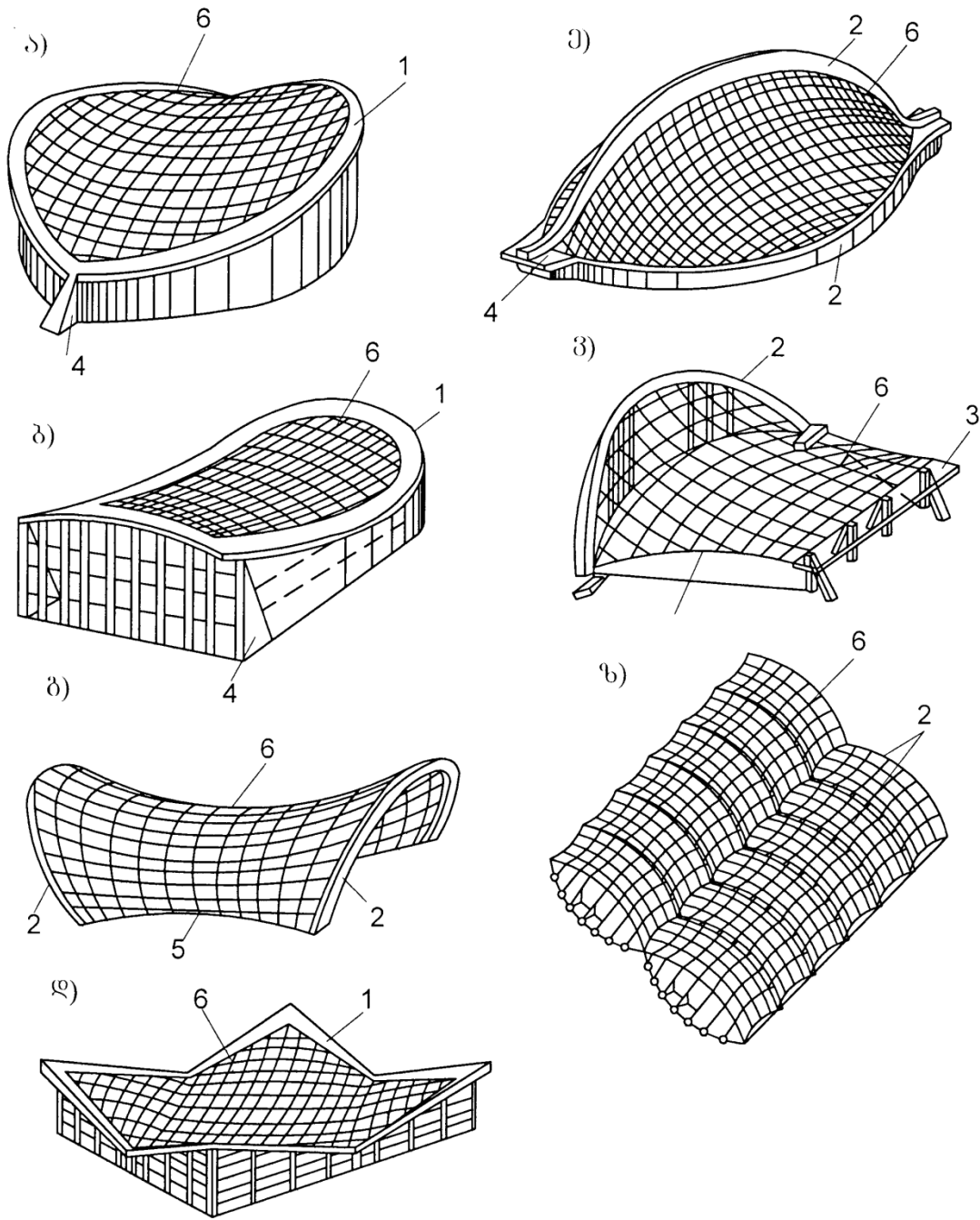
უნაგირისებრი გადახურვა წარმოადგენს სისტემას, რომელიც შედგება (უმეტეს შემთხვევაში) ჰიპერბოლური პარაბოლოიდის ზედაპირის მქონე დაძაბული ბადისაგან და ხისტი ან კომბინირებული საყრდენი კონტურისაგან (ფიგ. 227). ბადეები წარმოიქმნება ორი სახის ორთოგონალურად განლაგებული ურთიერთმართობული გვარლებისაგან, რომელთაგან ერთი მზიდია (ჩაზნექილი ბადე), ხოლო მეორე – მასტაბილიზირებელი (ამოზნექილი ბადე).

საყრდენი კონტურის კონსტრუქციიდან გამომდინარე, შეიძლება შეიქმნას კომპოზიციურად მრავალფეროვანი არქიტექტურულ-კონსტრუქციული ფორმების მქონე უნაგირისებრი გადახურვები და მთლიანად შენობები. გამომდინარე აქედან, უნაგირისებრმა ბადეებმა ფართო გავრცელება მოიპოვეს სამშენებლო პრაქტიკაში.

საყრდენი კონტურების უფრო მეტად გავრცელებული ტიპებია – ერთმანეთის მიმართ დახრილად განლაგებული და საძირკველზე, სვეტებზე ან მზიდ კედლებზე დაყრდნობილი, ორი ან სამი თაღისგან შექმნილი კომბინაციები (ფიგ. 227, ა, 228). ასეთ კონსტრუქციულ გადაწყვეტებს გააჩნიათ გაერთმთლიანების კარგი შესაძლებლობები საზოგადოებრივი დანიშნულების დიდმალიანი შენობების დაპროექტების დროს. დახრილი თაღების გამოყენება შესაძლებელია გვარდ-ქვესაკრავებისა (ფიგ. 227, გ) და კოჭების სახის სწორხაზოვანი კონტურების კომბინაციაში (ფიგ. 227, ვ). ასევე, შესაძლებელია უნაგირისებრი ბადეების გამოყენება მრავალმალიან მრავალუჯრედიან შენობებში (ფიგ. 227, ზ).

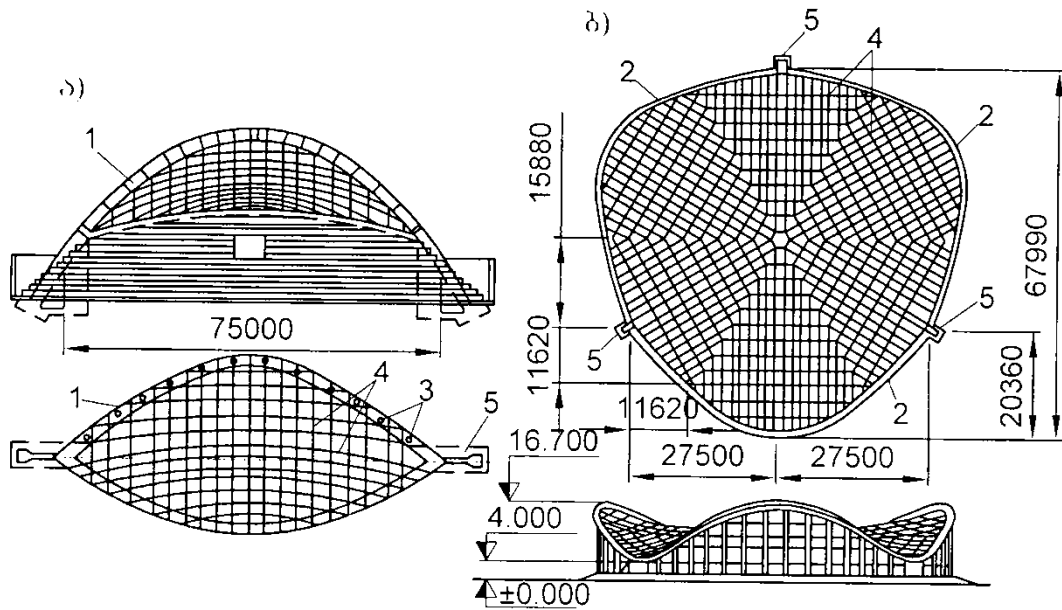
თაღოვან კონტურებთან ერთად ხშირად იყენებენ ჩაკეტილ კონტურებს – მარტივი და რთული ფორმის მოღუნული რგოლების სახით (ფიგ. 227, ბ), მართკუთხა ტიპის (ფიგ. 227, დ), რომლებიც მასალის ხარჯის მიხედვით ჩამორჩებიან თაღოვან კონტურებს.

უნაგირისებრი ბადეებიანი ნაგებობის ფუნქციურად აუცილებელი ფორმების გარდა, ამ ტიპის კონსტრუქციების ფორმაწარმოქმნის შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, დაპროექტების პრაქტიკაში გვხვდება დიდმალიანი გადახურვები, რომლებიც ხასიათდება კონსტრუქციული სირთულით და საჭიროებს მასალის დიდ ხარჯს. ასეთი გადახურვა აქვს ტოკიოში, “იოიგ”-ის ოლიმპიური კომპლექსის დიდ საცურაო აუზს (ფიგ. 229).



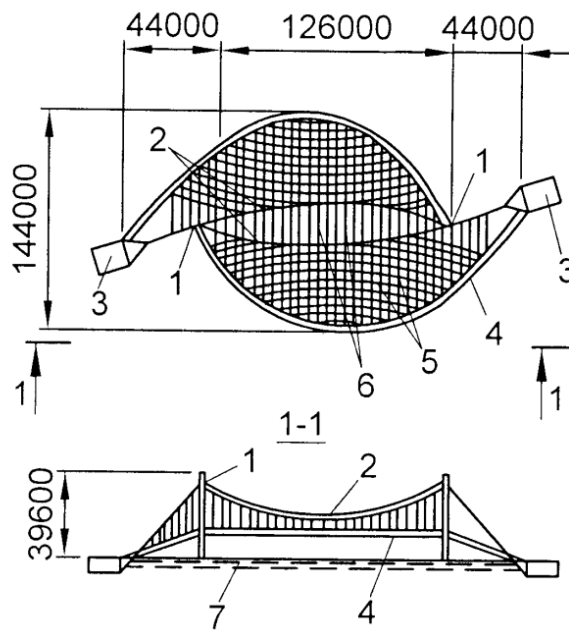
ფიგ. 227. უნაგირისუბრი ბადეების ძირითადი სქემები

ა – ორი დახრილი თაღით შედგენილი ჩაკეტილ კონტურიანი; ბ – რთული მრუდხაზოვანი კონტურით; გ – დახრილი თაღებით და გვარლ-ქვესაკრავებით; დ – კვადრატულ გეგმიანი, ხაზოვანი საყრდენი კონტურით; ე – ვერტიკალური თაღით; ვ – კომბინირებული გადაწყვეტა თაღით, კოჭით და გვარლ-ქვესაკრავებით; ზ – რამდენიმე საყრდენი თაღით; 1 – საყრდენი კონტური; 2 – თაღი; 3 – კოჭი; 4 – პილონი; 5 – გვარლ-ქვესაკრავი; 6 – ბადე



ფიგ. 228. ბადისებრი კიდეული გადახურვების მაგალითები

ა - ესტრადა ტალინში (ესტონეთი); ბ - საცურაო აუზი ოდესაში (უკრაინა);
 1 - ფოლადის თალი; 2 - რკინაბეტონის თალი; 3 - სვეტები; 4 - გვარლები;
 5 - პილონები



ფიგ. 229. ტოკიოს (იაპონია) ოლიმპიური კომპლექსის საცურაო აუზის რთული ბადისებრი გადახურვის სქემა

1 - პილონები; 2 - გვარლ-ქვესაკრავები; 3 - ანკერული საძირკველები;
 4 - კონტურის კოჭები; 5 - ვანტური წამწეები; 6 - კავშირები; 7 - განმბჯენი კოჭები

ძალეების განაწილების თვალსაზრისით, უნაგირისებრი გადახურვის საუკეთესო ზედაპირია ჰიპერბოლური პარაბოლოიდის ზედაპირი. ამ შემთხვევაში, მზიდ და მასტაბილიზირებელ ძაფებს, ყოველ გვარლში f/l^2 მუდმივი ფარდობის, ჩაზნექილი და ამოზნექილი კვადრატული პარაბოლის ფორმა აქვთ, რაც გადახურვაზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვის დროს უზრუნველყოფს ძალეების ტოლობას ყველა გვარლში. მზიდი ძაფების ოპტიმალური ჩაკიდულობის ისრები $f_{ca}=(1/8-1/15)l_{ca}$, ხოლო მასტაბილიზირებელის - $f_{st} = (1/10-1/25)l_{st}$, თუმცა არსებული კონსტრუქციების უმრავლესობაში ისინი მიიღებოდა მაღის 1/20-ის სიახლოვეს.

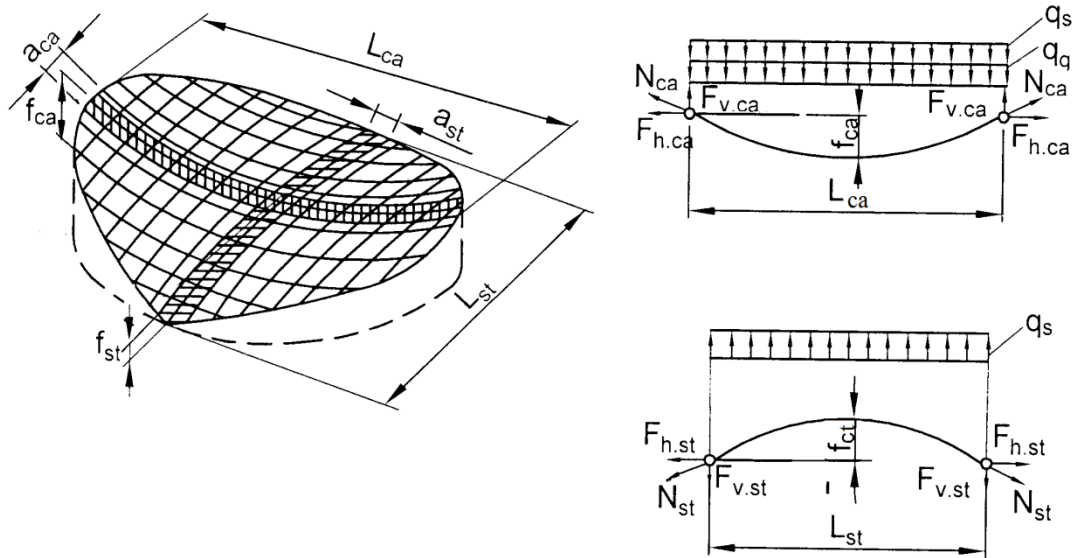
გვარლებს შორის მანძილი დამოკიდებულია ჭერის მზიდ ელემენტებზე და ტენტური და აფსკოვანი გადახურვებისათვის მიიღება არა უმეტეს 1 მეტრის, ხოლო ხისტ ფენილებიანი გადახურვებისათვის არა უმეტეს 3 მეტრის. უნაგირისებრი ბადეების წინასწარი დაძაბვა იძლევა ისეთი სისტემის შექმნის შესაძლებლობას, რომელშიც მასტაბილიზირებელ გვარლებს შეუძლიათ აითვისონ კუმშვის ძაბვები ვერტიკალური დატვირთვებისგან და ამით დაეხმარონ მზიდ გვარლებს გაჭიმვაზე მუშაობაში.

უნაგირისებრი ბადეების მუშაობა ასევე განსხვავდება ორსართყელიანი სისტემების მუშაობისაგან იმით, რომ ყოველ მზიდ გვარლს შეესაბამება, არა ერთი მასტაბილიზირებელი გვარლი, არამედ ყველა მასტაბილიზირებელი გვარლების ერთობლიობა, ანუ სისტემა მთლიანობაში მუშაობს, როგორც სივრცითი.

უნაგირისებრი სისტემების ეფექტურობა დიდადაა დამოკიდებული საყრდენი კონტურის მასალატევადობაზე. კონტურზე მასალის ხარჯის შემცირება შეიძლება მისი არადუნვადად, პარაბოლური დახრილი თაღების და ელიფსური ან მრგვალი სივრცითი რგოლის სახით დაპროექტებისას. თუმცა, კონტური არადუნვადია მხოლოდ გადახურვაზე მუდმივი, თანაბრად განაწილებული დატვირთვების მოქმედებისას. დროებითი დატვირთვის ცალმხრივი მოქმედებისას, საყრდენ კონტურში ჩნდება მღუნავი მომენტები, რაც ითხოვს კონტურის გაძლიერებას.

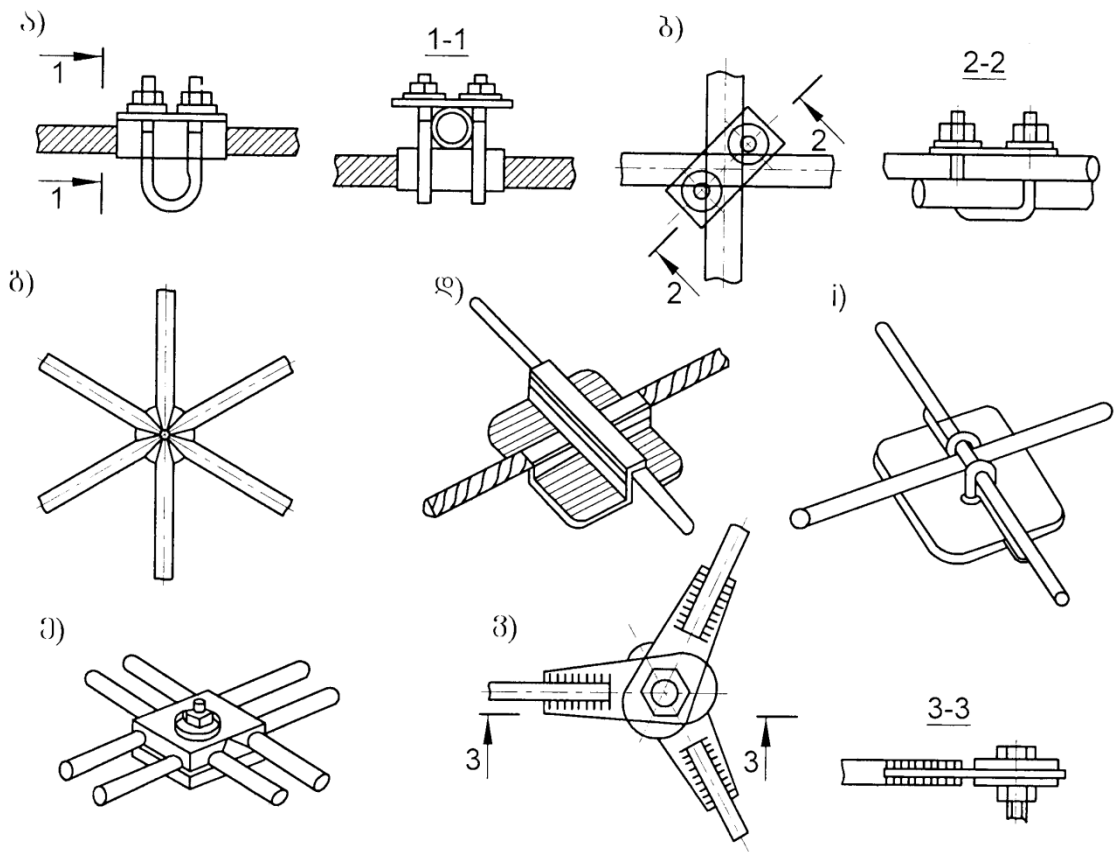
უნაგირისებრ გადახურვებს ანგარიშობენ ვერტიკალურ, საკუთარი წონისა და თოვლისაგან გამოწვეულ, და ჰორიზონტალურ, ქარის დატვირთვებზე. გადახურვების ზუსტი გაანგარიშება ხორციელდება სამშენებლო მექანიკის მეთოდებით კომპიუტერული პროგრამების

გამოყენებით, როგორც მრავალჯერ სტატიკურად ურკვევი სისტემების. უნაგირისებრი კონსტრუქციების მიახლოებითი გაანგარიშება მასტაბილიზებული გვარლის წინასწარი დაძაბვის შენარჩუნების გათვალისწინებით, სრული ვერტიკალური საანგარიშო დატვირთვისას, შეიძლება განხორციელდეს ორსართულიანი სისტემების ანალოგიურად. საანგარიშოდ იღებენ უნაგირისებრი ბადის მთავარი ღერძების სიბრტყეებში მდებარე ძაფებს (ფიგ. 230).

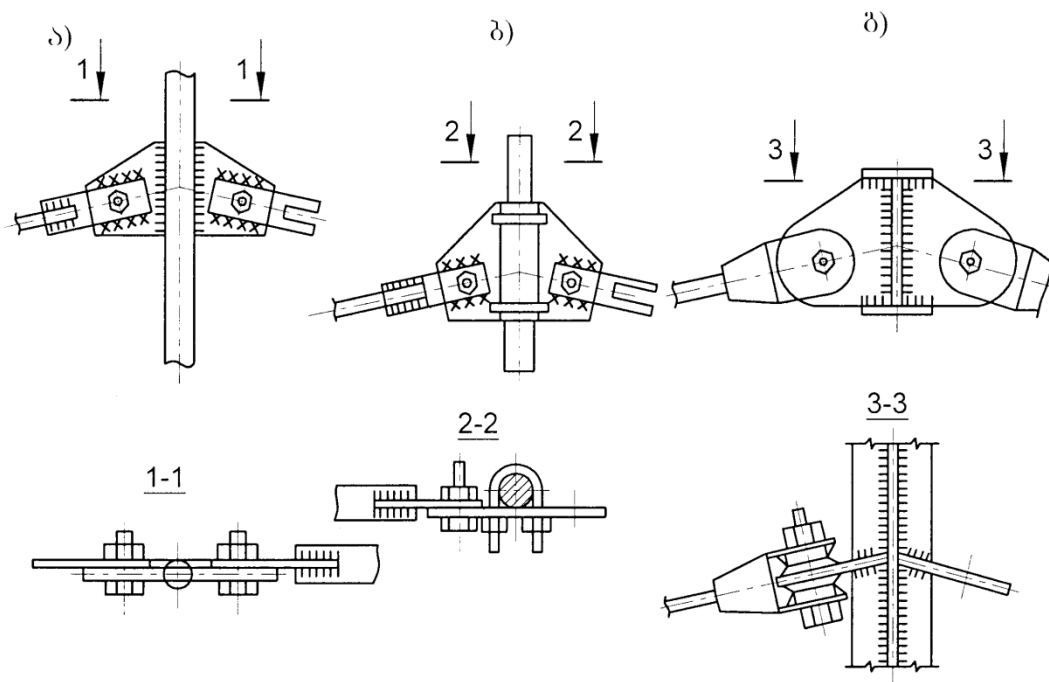


ფიგ. 230. უნაგირისებრი გადახურვის გაანგარიშებისათვის

თაღოვანი ან რთული ჩაკეტილი კონტურების გაანგარიშებას აწარმოებენ თაღებისა (იხ. პ. 9.2) და ორმაგი სიმრუდის გარსების კონტურების (იხ. პ. 11.5) გაანგარიშებების ანალოგიურად. უნაგირისებრი ბადეების სტაბილიზაციას ახორციელებენ მოწყობილობებით მასტაბილიზირებული ძაფების დაჭიმვით (იხ. ფიგ. 217) ან საყრდენი კონტურის განსაზღვრული კუთხით შემობრუნებით. იშვიათად, ბადეებს დაბავენ მზიდი ძაფების წინასწარი დატვირთვით. უნაგირისებრი ბადეებში გვარლების გადაკვეთის დამახასიათებელი კვანძები ნაჩვენებია ფიგ. 231-ზე, ხოლო ბადის გვარლების გვარლ-ქვესაკრავებთან შეერთება – ფიგ. 232-ზე.



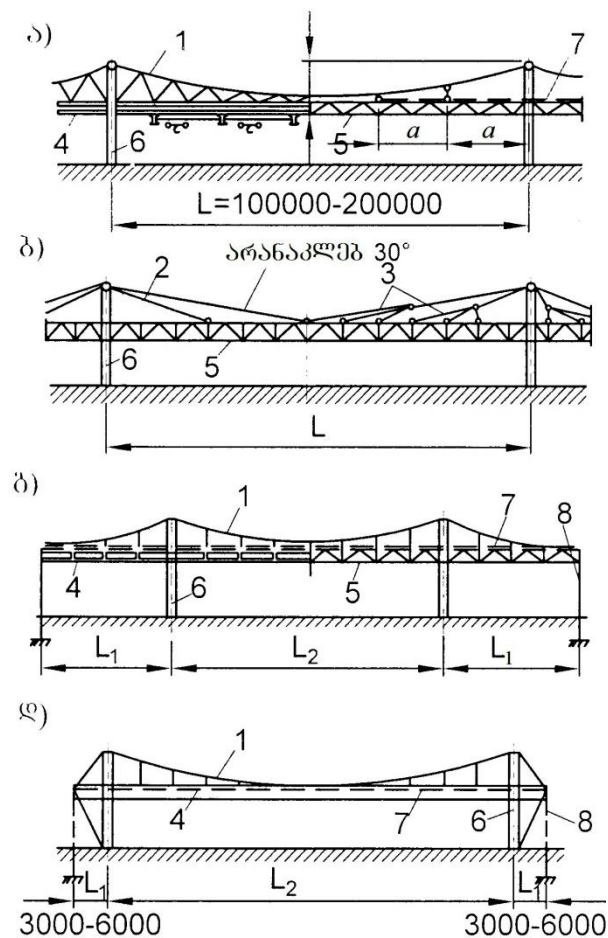
ფიგ. 231. ვანტების გადაკეთის კვანძები უნაგირისებრ გადახურვებში



ფიგ. 232. გვარლ-ქვესაკრავთან ვანტების მიერთების კვანძები

14.6. კომბინირებული სისტემები

კომბინირებულ სისტემებს მიეკუთვნება გადახურვები, რომლებიც შედგება გაჭიმული ვანტების ან ძაფებისგან და შეკუმშულ-გაღუნული კოჭების, წამწეების ან სხვა ხისტი ელემენტებისაგან (ფიგ. 233). ასეთი კონსტრუქციების ღირსებას წარმოადგენს მნიშვნელოვანი სიხისტე, რომელიც წინააღმდეგობას უწევს ადგილობრივ ჩაღუნვას არათანაბარი დატვირთვისას, ამიტომ კომბინირებულმა სისტემებმა ფართო გამოყენება პოვეს 20 ტონამდე ტვირთამწეობის კიდულ ამწეებიან სამრეწველო შენობების დიდმალიან გადახურვებში.



ფიგ. 233. მალიანი კომბინირებული კონსტრუქციების სქემები

- ა-დ – სხვადასხვა ტიპის საკიდრებით; g , g – იგივე, დამატებითი საჭიმრებით;
 1 – მზიდი გვარდი; 2 – მარტივი საკიდრები; 3 – რთული საკიდრები; 4 – კოჭები;
 5 – წამწეები; 6 – სვეტები; 7 – ფილები; 8 – დამატებითი საჭიმრები

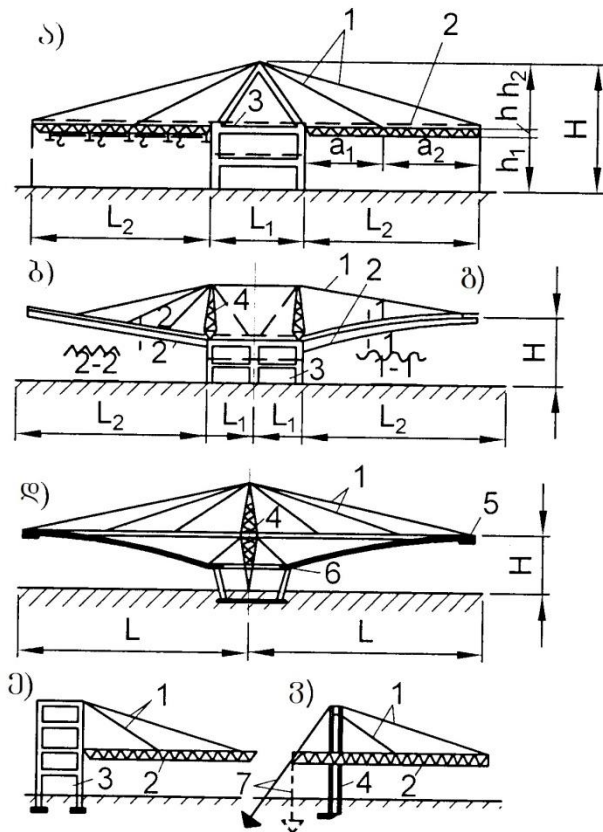
კიდული კონსტრუქციების უარყოფითი თვისებებია: ჭერს ზემოთ ღია გვარლების არსებობა, რომლებიც ატმოსფერული ფაქტორების (ტემპერატურა და ტენიანობა) ზემოქმედებით განიცდიან კოროზიას; ვანტური კონსტრუქციების დამზადების შედარებითი შრომატევადობა და მონტაჟის დროს ვანტების წინასწარი დაძაბვის რეგულირების სირთულე. კოროზიისაგან დასაცავად საჭიროა ღია ნაწილებისა და კვანძების მუდმივი კონტროლი და ღებვა.

უმეტესად გავრცელებულია ბრტყელი, გარე უგანმბჯენო კომბინირებული სისტემები, რომლებშიც ხისტ კონსტრუქციად გამოყენებულია ბრტყელი კოჭები ან წამწები (ფიგ. 233). კომბინირებული სისტემების ჩაღუნვები ძირითადად წარმოიქმნება მრუდწირული ძაფების ან წრფივი ვანტების დრეკადი დეფორმაციების შედეგად. დამრეცობის შემცირებისას, მათი დეფორმაციულობა იზრდება და მთელი სისტემა ღებულობს მნიშვნელოვან ჩაღუნვებს, ამიტომ ძაფის დამრეცობას ზღუდავენ მალის $1/8-1/12$ ჩაკიდულობის ისრით, ხოლო ვანტების მინიმალური დახრის კუთხეებს აპროექტებენ არა უმცირეს 30° .

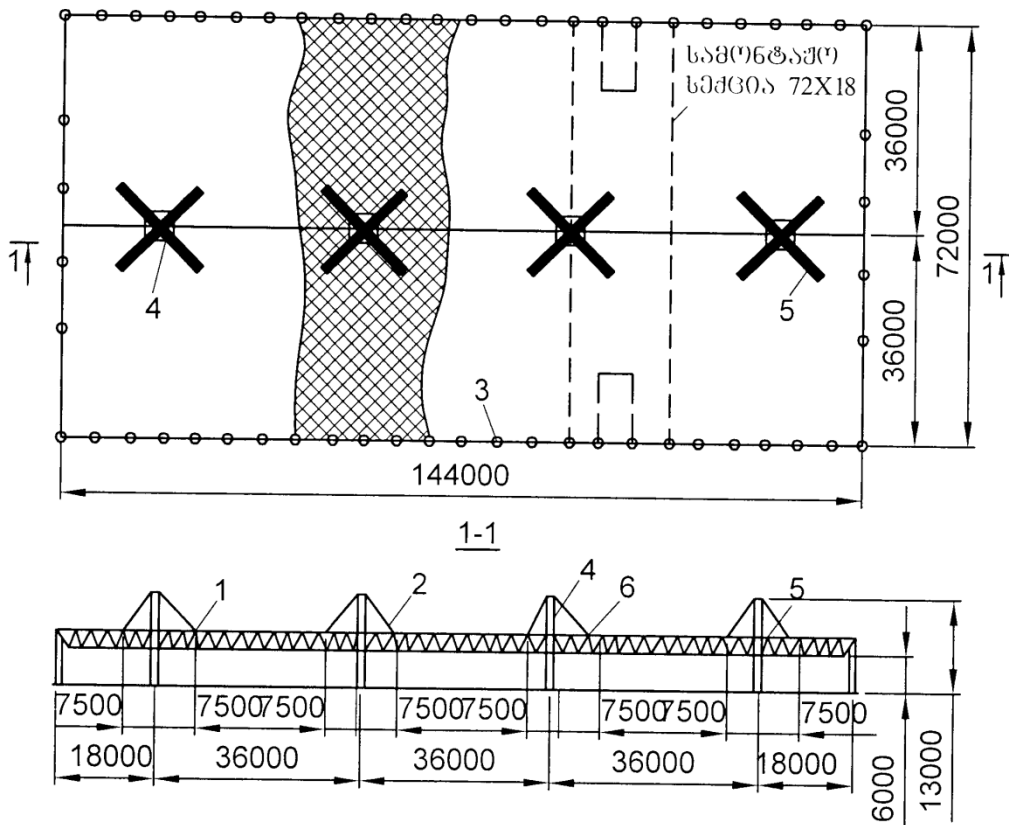
ხისტი კონსტრუქციის სამშენებლო სიმაღლე დამოკიდებულია საკიდებს შორის მანძილზე და აიღება ამ მანძილის $1/12-1/15$. კომბინირებული კონსტრუქციებით შეიძლება გადაიხუროს 200 მ-მდე მალის, მართკუთხა და კვადრატული გეგმის მქონე შენობები.

მშენებლობის პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება კონსოლური კიდული კონსტრუქციები (კონსლების ერთმხრივი ან ორმხრივი განლაგებით) (ფიგ. 234). კიდულ კონსტრუქციებად, ჩვეულებრივი ბრტყელი წამწების ან კოჭების გარდა, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ტალღოვანი, პრიზმული ან კოლოფისებრი გარსები (ფიგ. 234, ბ, გ), ასევე ძაბრისებრი გარსები (ფიგ. 234, დ).

კიდული კონსტრუქციების სახით ფართოდაა დანერგილი ჯვარედინ-დეროვანი ფილები. სივრცულად მომუშავე სისტემის კონსტრუქციის მაგალითია 72X144 მ ზომის ავტობუსების გარაჟის კომბინირებული გადახურვა სანკტ-პეტერბურგში (ფიგ. 235).



ფიგ. 234. კონსოლური კომბინირებული კონსტრუქციების სქემები
 ა - ფერმებით; ბ, გ - ნაოჭებით და ტალღოვანი გარსებით;
 დ - ძაბრისებრი ტიპის;
 ე - ერთკონსოლიანი, მზიდი ჩარჩოთი; ვ - ერთკონსოლიანი, საჭიმრებით; 1 - გვარლი; 2 - ბრტყელი ან სივრცითი წამწვე; 3 - ჩარჩო; 4 - საყრდენი დგარი; 5 - გარე რგოლი; 6 - შიდა რგოლი; 7 - საჭიმარი გვარლი



ფიგ. 235. ავტობუსების გარაჟის კომბინირებული გადახურვა კიდული სივრცითი კონსტრუქციით სანკტ-პეტერბურგში
 1 - გისოსოვანი ფილა; 2 - მზიდი გვარლები; 3 - რკინაბეტონის სვეტები;
 4 - პილონები; 5 - განმბჯენები; 6 - ჩაშენებული შენადული კაპიტელი

კომბინირებული კონსტრუქციების გაანგარიშებას აწარმოებენ სამშენებლო მექანიკის მეთოდებით, როგორც სტატიკურად ურკვევი სისტემების. სისტემის ზღვრულ ჩაღუნვებს ამოწმებენ მონტაჟის სტადიაში და დებულობენ არა უმეტეს მაღის $1/300 - 1/500$. მიახლოებით გაანგარიშებებში დასაშვებია არ იქნას გათვალისწინებული გადახურვის ცალკეული ნაწილების ერთობლივი მუშაობა, ძაფი ჩაითვალოს უჭიმრად და ელემენტების (მოქნილი და ხისტი) გაანგარიშება ჩატარდეს ცალ-ცალკე სტატიკურ დატვირთვებზე.

14.7. მემბრანული ბარსები

მემბრანული კონსტრუქციები წარმოადგენს სივრცით კონსტრუქციებს, რომლებიც შედგენილია ლითონის თხელი ფურცლისა და ხისტი საყრდენი კონტურისაგან. თხელ ფურცელს აქვს მცირე ღუნვითი სიხისტე, ამიტომ ძირითადად მუშაობს გაჭიმვაზე, რაც საშუალებას იძლევა მაქსიმალურად სრულად იქნას გამოყენებული ლითონის მზიდუნარიანობა და სხვა ბრტყელ და სივრცით კონსტრუქციებთან შედარებით მივიღოთ მინიმალური მასის გადახურვა. სხვა ტიპის კიდული კონსტრუქციებისგან მემბრანული გადახურვების განმასხვავებელი თავისებურებაა ერთ მასალაში მზიდი და შემომსახვრელი ფუნქციების შეთავსება, რის გამოც მიიღწევა კონსტრუქციის დამატებითი შემსუბუქება და მასალატევადობის შემცირება.

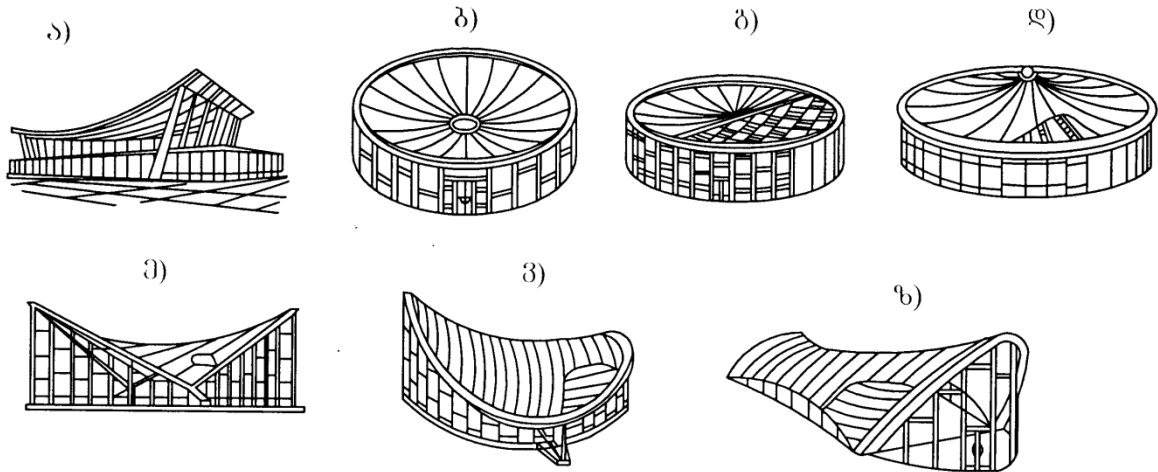
100 მ-დე მაღის შემთხვევაში სიმტკიცის პირობით, ფოლადის მემბრანის სისქე არ აღემატება 1-1.5 მმ-ს, რაც პრაქტიკულად განუხორციელებადია კოროზიამდეგობის პირობიდან გამომდინარე, ამიტომ 10F2C1 მარკის ნახშირბადმცირე ან 17F2C და 17F2CΦ მარკის მცირედ ლეგირებული ფოლადის მემბრანის სისქეს აპროექტებენ არანაკლებ 4-6 მმ-სა. რიგ ობიექტებზე 2მმ სისქის OX18T1 მარკის უჟანგავი ფოლადის გამოყენებამ არ გამოიღო დადებითი ეფექტი მისი მაღალი ღირებულებისა და გაუთვალისწინებელი სტატიკური მოვლენების გამო, რაც დაკავშირებულია ადგილობრივი ამოზნექის წარმოქმნასა და ტემპერატურის ზემოქმედებით კონსტრუქციის სხვადასხვა ზონაში ფურცლის მდგრადობის დაკარგვასთან. მემბრანულ გადახურვაში მასალის სიმტკიცის სრულყოფილი გამოყენება მიიღწევა ნახევრად მოპირსაღებული AMF21/2H მარკის ალუმინის თხელი ფურცლის გამოყენების შემთხვევაში.

ალუმინის შენადნობების გამოყენებას აქვს სპეციფიკური უარყოფითი თვისებები, რაც დაკავშირებულია ტემპერატურის ზემოქმედებით გამოწვეულ დამატებით ძაბვებთან და დეფორმაციებთან, დრეკადობის დაბალ მოდულთან, ხანძარმედეგობის დაბალ ზღვართან, ზოლების ცუდ შედუღებადობასთან, აგრეთვე მაღალ ღირებულებასთან.

მემბრანული კონსტრუქციებით შეიძლება გადაიხუროს პრაქტიკულად ნებისმიერი მალი. ჩაკიდულობის ისარი აიღება მალის 1/15–1/25-ს ფარგლებში. მალის გადიდებით მემბრანული კონსტრუქციების ეკონომიკური მიზანშეწონილობა იზრდება. მაგრამ მემბრანული კონსტრუქციების გამოყენების გამოცდილებამ აჩვენა, რომ მათ შეუძლიათ კონკურენცია გაუწიონ მცირე და საშუალო მალის (18-36 მ) მქონე ლითონის სხვა კონსტრუქციებს.

მემბრანული თხელფურცლიანი გადახურვები მუშაობის ხასიათიდან გამომდინარე შეიძლება დაიყოს ორ ტიპად – ლენტური გადახურვები და მემბრანული გარსები (ფიგ. 236). ლენტური გადახურვები შედგენილია ერთმანეთთან დაუკავშირებელი ცალკეული ლენტებისაგან და მუშაობენ ერთსარტყელიანი ვანტური კონსტრუქციების ანალოგიურად. ამ ტიპს აგრეთვე მიეკუთვნება ორი ურთიერთმართობული მიმართულებით გადახლართული ლენტური სისტემები (ფიგ. 236, გ), აგრეთვე ორშირიანი უნაგირისებრი წინასწარ დაძაბული გადახურვები შრეებს შორის მათბუნებლითა და მათბუნებლის გარეშე (ფიგ. 236, ვ, ზ). გადახლართულ ლენტებიან გადახურვებში მიიღწევა ორი მიმართულების ლენტების ერთობლივი მუშაობა, იზრდება კონსტრუქციის სიხისტე არათანაბარი დატვირთვის დროს.

მემბრანულ გარსებში ცალკეული ლენტები შედუღების, მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების ან მოქლონების გამოყენებით ერთიანდება მთლიან (უწყვეტ) სივრცით კონსტრუქციად, რომელსაც შესწევს უნარი აითვისოს ძვრის ძაღვები. ამის გამო მემბრანულ გარსებს, ლენტურ მემბრანებთან შედარებით, გააჩნიათ მეტი მზიდუნარიანობა და სიხისტე, საჭიროებენ მასალის ნაკლებ ხარჯს მალის კონსტრუქციაზე და საშუალებას იძლევა, კონტურის სხვადასხვა გადაწყვეტასთან ერთად, შეიქმნას საინტერესო არქიტექტურულ-კონსტრუქციული ფორმები.

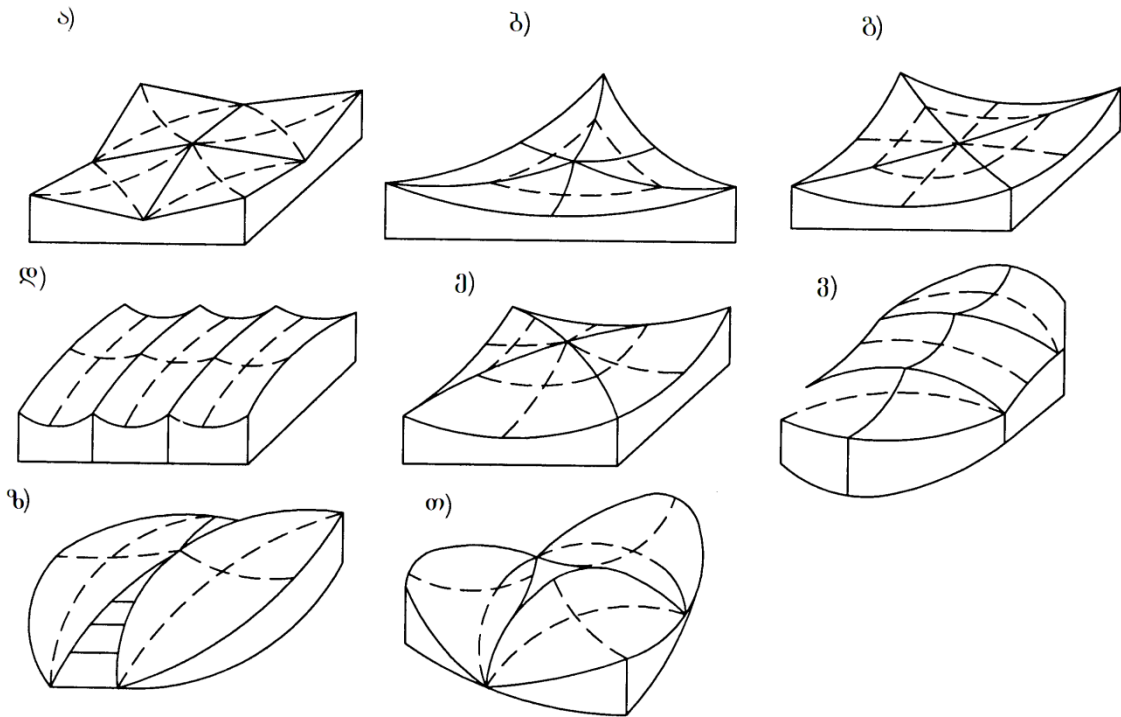


ფიგ. 236. მემბრანული გადახურვების ძირითადი სახეები

ა – გაუსის ნულოვანი სიმრუდის მქონე ცილინდრული ჩაზნექილი გარსი ფოლადის სიხისტის წიბოებით; ბ – გაუსის დადებითი სიმრუდის მქონე ჩაზნექილი გადახურვა წრიული გეგმით ; გ – ივივე, გადახლართული ლენტებით; დ – გაუსის უარყოფითი სიმრუდის მქონე კარვისებრი გარსი; ე – ჰიპერბოლური პარაბოლოიდის ფორმის, გაუსის უარყოფითი სიმრუდის მქონე ერთშრიანი გადახურვა; ვ – გაუსის უარყოფითი სიმრუდის მქონე ორშრიანი უნაგირისებრი გადახურვა ჩაკეტილი კონტურით; ზ – ივივე, ღია კონტურით

მემბრანული გარსების ფორმები ადრე განხილული კიდული გადახურვების ზედაპირების მსგავსია. ისინი შეიძლება იყოს ნულოვანი გაუსის სიმრუდის (ცილინდრული და კონუსური); დადებითი გაუსის სიმრუდის (სფერული, ელიფსური პარაბოლოიდის სახის) და უარყოფითი გაუსის სიმრუდის (კარვისებრი, უნაგირისებრი). ისინი ასევე შეიძლება იყვნენ ერთნაირი ან განსხვავებული ფორმის ზედაპირებისგან შედგენილი (ფიგ. 237). შედგენილ გარსებს აქვთ არა მარტო გამომსახველობითი არქიტექტურული ფორმა, არამედ სისტემაში დამატებითი ხისტი და დრეკადი ელემენტების შემოტანით კონტურში მცირდება მღუნავი მომენტები, უშუალოდ მემბრანაში მცირდება ძალები, იზრდება სისტემის სიხისტე.

ყველა ტიპის მემბრანული გადახურვების მნიშვნელოვანი უპირატესობაა აგების შედარებით დაბალი შრომატევადობა და ღირებულება, რაც გამოწვეულია 740-2300 მმ სიგანის რულონური ლენტების გამოყენებით.



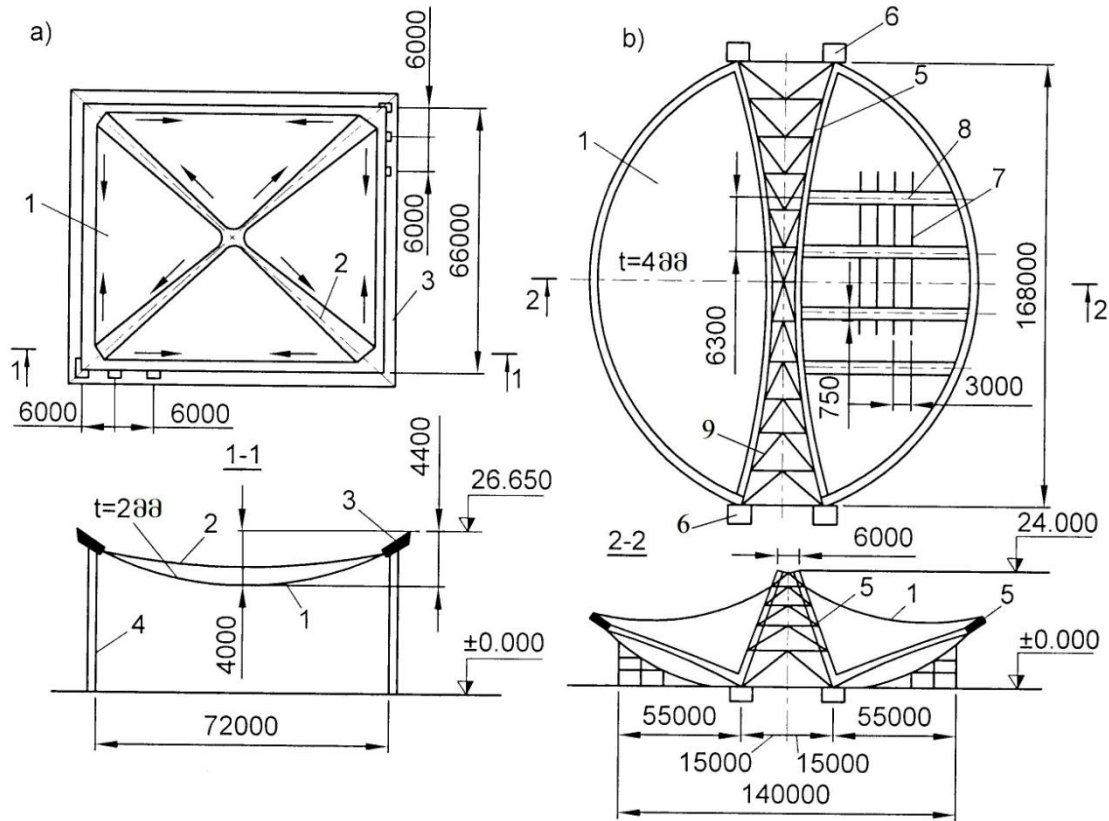
ფიგ. 237. შედგენილი მემბრანული გადახურვების ზედაპირების ფორმები

ა, დ, გ-თ – გაუსის უარყოფითი სიმრუდით; ბ, ვ, ე – გაუსის ნულოვანი სიმრუდით;

მემბრანული კონსტრუქციები კიდული კონსტრუქციების ტიპური წარმომადგენელია. ღუნვითი სიხისტის უქონლობის გამო აუცილებელია გადახურვის სტაბილიზაცია ნორმალური ექსპლუატაციის უზრუნველსაყოფად. მემბრანული გადახურვების, ისევე როგორც ვანტური სისტემების, სტაბილიზებას ახორციელებენ გადახურვის დამძიმებით; საყრდენ კონტურთან მემბრანის მოჭიმვის გზით გარსის წინასწარი დაძაბვით; ვანტური წამწეების დაჭიმვის საშუალებით გადახურვის გეომეტრიის ცვლილებით; საფუძველთან საჭიმრებით განივი კოჭების მიზიდვით; კონსტრუქციაში, მრუდხაზოვანი წამწეების ან კოჭების სახით, ხისტი-ღუნვადი ელემენტების შემოტანით. სტაბილიზების წესის არჩევა დამოკიდებულია მემბრანული გადახურვის ტიპზე, მის ზომებზე, გეგმის ფორმაზე, საყრდენი კონტურის კონსტრუქციაზე და ა.შ.

იზმაილოვოში (მოსკოვი), 2 მმ სისქის ცილინდრული მემბრანებისგან აგებულია 72X66 მ ზომის, გეგმაში მართკუთხა, დიაგონალური გამაძლიერებელ ელემენტებიანი, უნივერსალური სპორტული დარბაზის კომბინირებული გადახურვა (ფიგ. 238, ა).

კრილატსკოეში (მოსკოვი) აშენებულია 168X138 მ ზომის ველოტრეკის კომბინირებული გადახურვა, რომელიც შედგება 4 მმ სისქის ჰიპერბოლური პარაბოლოიდის ფორმის ორი შეუღლებული უნაგირისებრი გარსისგან, რომლებიც მოთავსებულია თაღებზე დაკიდებულ, 6 მმ სისქისა და 750 მმ სიგანის ფოლადის მიმმართველ ზოლებზე (ფიგ. 238, ბ).

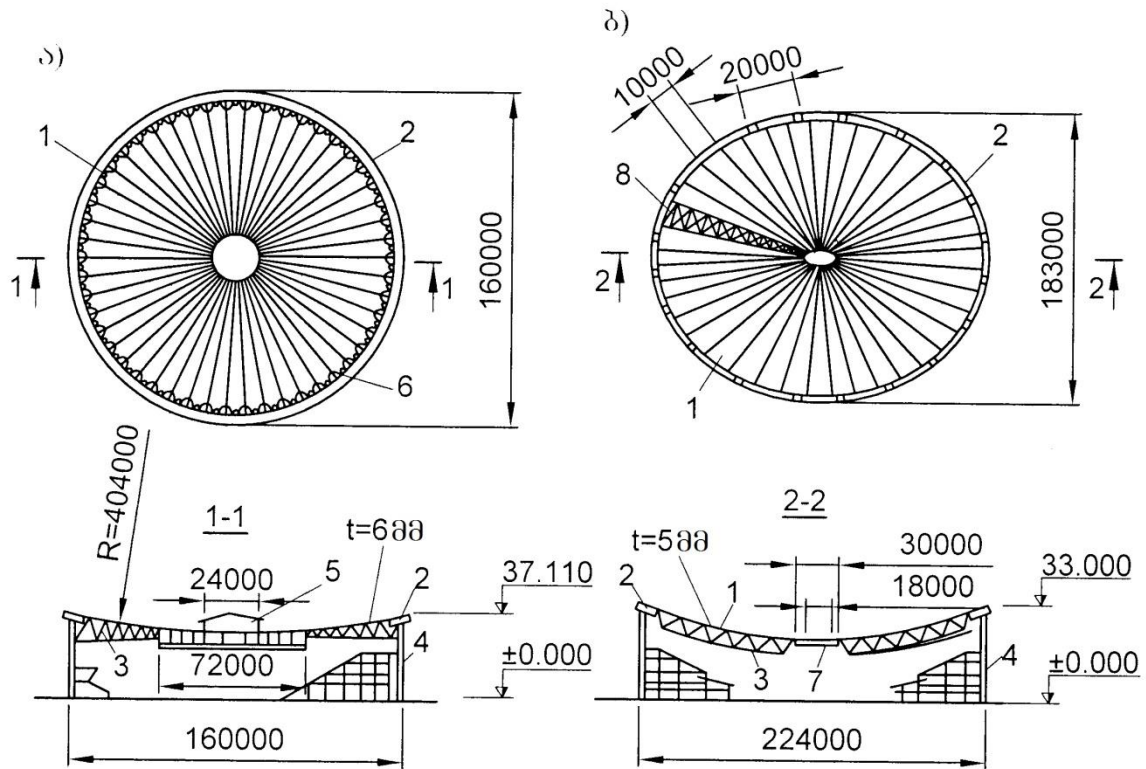


ფიგ. 238. ნაგებობების მაგალითები ცილინდრული და უნაგირისებრი მემბრანული გადახურვებით

- ა – ცილინდრული ფორმის უნივერსალური სპორტული დარბაზი იზმაილოვოში (მოსკოვი); ბ – უნაგირისებრი ფორმის ველოტრეკი კრილატსკოეში (მოსკოვი);
 1 – ფოლადის მემბრანა; 2 – ფოლადის მზიდი დიაგონალური ზოლი;
 3 – მოარშიებული (მოხარჩობული) რკინაბეტონის ელემენტი; 4 – სვეტი;
 5 – ლითონის თაღები; 6 – რკინაბეტონის საყრდენები; 7 – მიმმართველი შველერები;
 8 – ფოლადის მიმმართველი ზოლები $t=6$ მმ; 9 – კავშირები

სანკტ-პეტერბურგში უნივერსალური სპორტული დარბაზისთვის განხორციელებულია გეგმაში წრიული, 160 მ ზომის, ვანტური წამწეებით სტაბილიზებული, 6 მმ სისქის ფურცლებიანი ჩაზნექილი მემბრანა (ფიგ. 239, ა).

უნივერსალური სტადიონი მოსკოვში ზომით 224 X183, გადახურულია 5მმ სისქის ჩაზნექილი მემბრანით. მემბრანა სტაბილიზებულია 10 მ ბიჯით დაყენებული, რადიალურად განლაგებული, 2.5 მ სიმაღლის კიდული წამწეებით (ფიგ. 239, ბ).

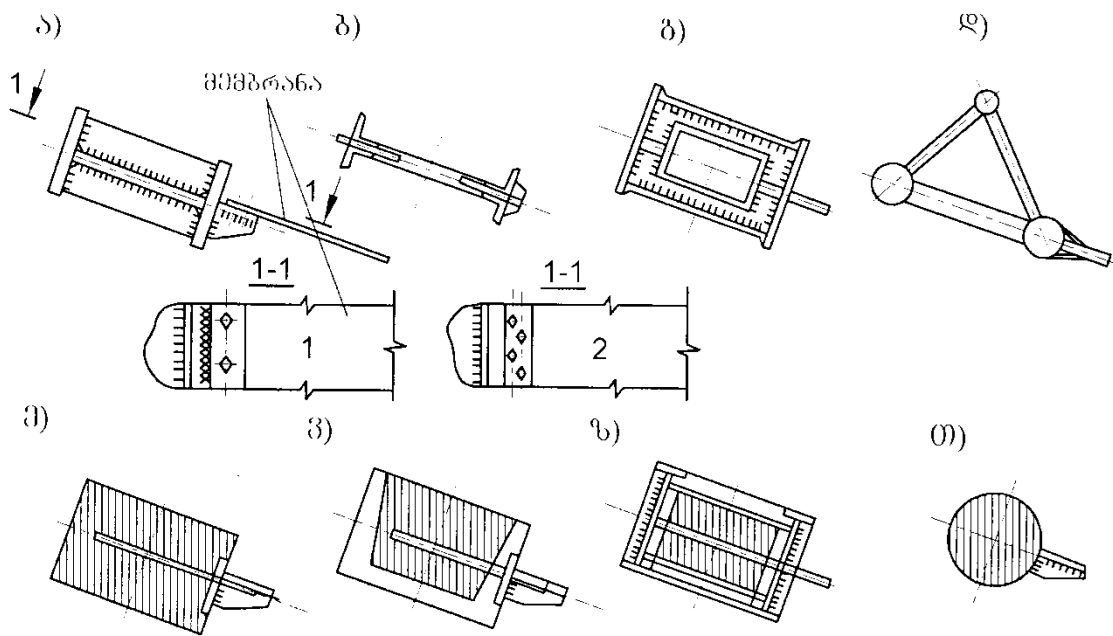


ფიგ. 239. ნაგებობების მაგალითები ჩაზნექილი მემბრანებით

- ა – უნივერსალური სპორტული დარბაზი სანკტ-პეტერბურგში;
- ბ – უნივერსალური სტადიონი მოსკოვში; 1 – თხელფურცლოვანი მემბრანა;
- 2 – რკინაბეტონის საყრდენი რგოლი; 3 – მასტაბილიზებული ვანტური (ა) და ხისტი (ბ) წამწეები; 4 – სვეტები; 5 – შუქფარის ზედნაშენი; 6 – საყრდენ კონტურთან მემბრანის მიმაგრების სისტემა; 7 – ჯვარედინა კოჭებიანი ცენტრალური ფილა;
- 8 – კავშირები

მემბრანული კონსტრუქციების უმნიშვნელოვანესი ელემენტია საყრდენი კონტური, რომელიც მემბრანისგან იღებს უდიდეს ძალებს და გადასცემს საყრდენებზე ან საძირკველზე. ნაგებობის ფორმიდან გამომდინარე, საყრდენი კონტური შეიძლება იყოს ბრტყელი ან სივრცითი, წრფივი ან მრუდწირული მოხაზულობის, ჩაკეტილი ან ღია, სიგრძეზე დაყრდნობილი ან მალში საყრდენების გარეშე.

მემბრანული გადახურვების ყველა ტიპში ძირითად ძალებს საყრდენ კონტურში წარმოადგენს მკუმშავი ძალები. ამის გარდა, კონტურში ორ ურთმართობულ სბრტყეში შეიძლება წარმოიშვას მღუნავი მომენტებიც, ხოლო მემბრანის ექსცენტრისიტეტით მიმაგრებისას – მგრეხი მომენტებიც, ამიტომ საყრდენი კონტურის კვეთი (ფიგ. 240) ვითარდება ორ სიბრტყეში, მათგან ერთი მდებარეობს საყრდენ კვანძში მემბრანის მხებ სიბრტყეში, ხოლო მეორე – ვერტიკალურ სიბრტყეში.



ფიგ. 240. საყრდენი კონტურის კვეთები

ა-დ – ლითონის; ე-თ – რკინაბეტონის

მასალის ხარჯის მიხედვით უფრო მიზანშეწონილია ჩაკეტილი კონტური, რომელშიც ჯაჭვური ძალების ჰორიზონტალური მდგენელები აითვისება გადახურვის დონეზე, ხოლო სვეტებს გადაეცემა მხოლოდ ვერტიკალური რეაქციები. ღია კონტური მხოლოდ იმ შემთხვევაში შეიძლება იყოს გამართლებული, როდესაც იგი შეუდლებულია კონსტრუქციასთან (მაგალითად, ტრიბუნების), რომელსაც შეუძლია თავისი მასით აითვისოს განმბჯენი.

კონტურის თაღოვანი კონსტრუქციების სახით გადაწყვეტის შემთხვევაში, განმბჯენი ათვისებული უნდა იყოს საკოჭებით ან უშუალოდ საძირკელებით. თაღების დაყრდნობა სვეტებზე ან პილონებზე არ არის

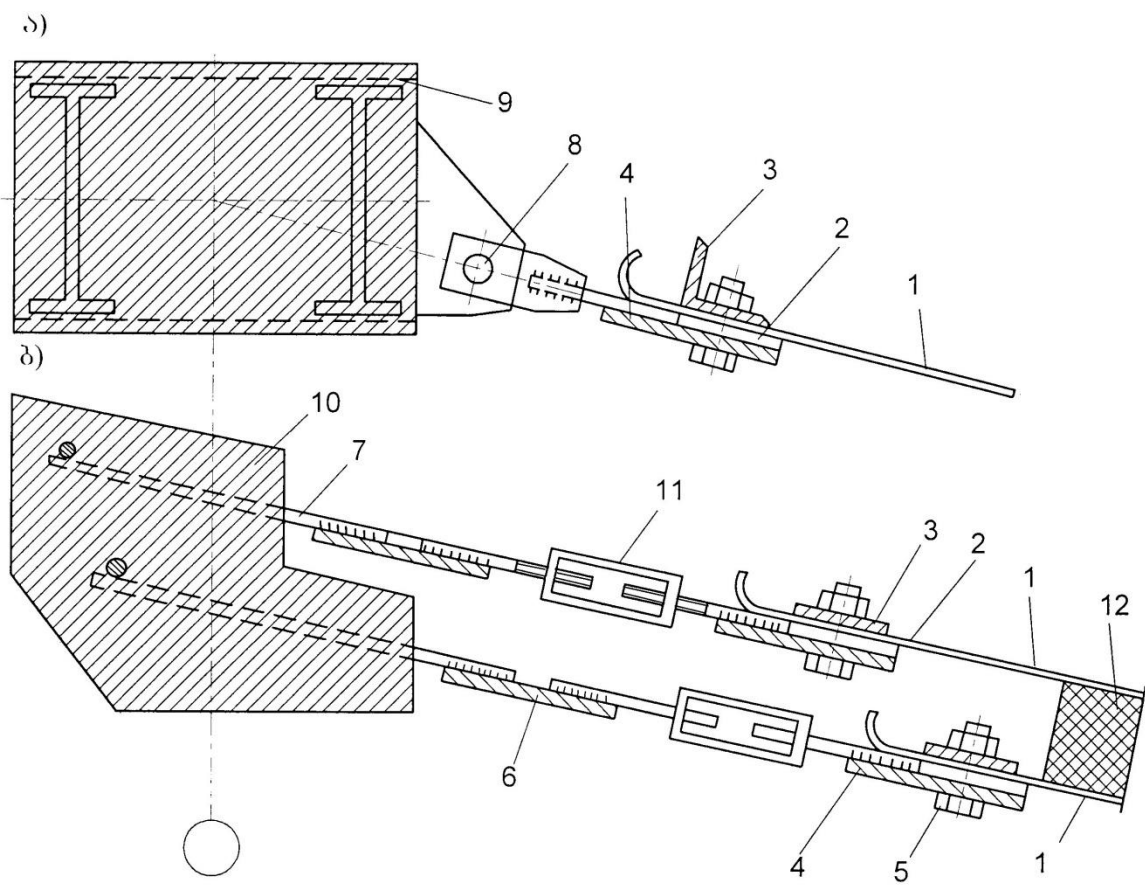
რეკომენდებული მათზე მასალის მნიშვნელოვანი ხარჯის გამო. დაყრდნობილი საყრდენი კონტურის შემთხვევაში მღუნავი მომენტები წარმოიშობა მხოლოდ გადახურვის სიბრტყეში, ამიტომ საყრდენი კონტურის კვეთებს აქვს ორტესების ფორმა (ფიგ. 240, ა, ბ). ორი ურთიერთმართობული მიმართულებით მღუნავი მომენტების არსებობისას საყრდენი კონტური კეთდება მთლიანი კოლოფისებრი (ფიგ. 240, გ) ან სამკუთხა (ან სხვა) განივი კვეთის მქონე სივრცითი წამწის სახით (ნახ. 240, დ).

ორიდან ერთ-ერთ სიბრტყეში არაცენტრალურად შეკუმშული საყრდენი კონტურის ყველაზე რაციონალური გადაწყვეტას წარმოადგენს რკინაბეტონის ვარიანტები (ფიგ. 240, ე-თ), ხოლო ამ გადაწყვეტებში – ასაწყობ-მონოლითური (ფიგ. 240, ვ), რომელიც უზრუნველყოფს აგების ვადების შემცირებას და კონტურის მაღალ სიმტკიცეს. მემბრანის თხელი ფურცელი საყრდენ ელემენტზე მაგრდება მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების მეშვეობით (ფიგ. 240). ფურცლები ლაგდება საყრდენი კონტურის მთლიან ჰორიზონტალურ ფურცელზე და ფირფიტის, კუთხედის ან სხვა პროფილის მთლიანი ელემენტის გამოყენებით მყარად ამაგრებენ კონტურის მთელ სიგრძეზე. ხახუნის კოეფიციენტის გასაზრდელად მისაჭერი ელემენტების ზედაპირი იფარება ეპოქსიდის ფისის ფრიქციულ-საიზოლაციო აფსკით, რომელიც ალუმინის მემბრანის გამოყენების შემთხვევაში, სხვადასხვაგვარი ლითონების კონტაქტის ზონაში ასევე ასრულებს ელექტროქიმიური კოროზიისგან დამცავის ფუნქციას (ფიგ. 241, ა).

ლითონის კონტურებში საყრდენი ლენტები აიღება 300-400 მმ სიგანის და კონტურის ძირითად კვეთს მიედუდება მთლიანი ნაკერებით, რომლებიც განივი წიბოების დაყენების ადგილებში არაუმეტეს 300 მმ ბიჯით გაძლიერებულია დამატებითი ნაკერებით. რკინაბეტონის კონტურებში საყრდენი ფირფიტა მიედუდება ანკერის ღეროებს, რომელთა დიამეტრი არაუმეტეს 20 მმ-ია, ხოლო ბეტონში მათი ჩამაგრების სიღრმე გლუვი ღეროებისთვის არანაკლებ 40 დიამეტრის ტოლია. ორშრიან უნაგირისებრ გადახურვებში ლენტები საყრდენ კონტურთან უდღდება დამჭიმი მოწყობილობის საშუალებით (ფიგ. 241, ბ).

მემბრანულ გადახურვებში ჭერი (ბურული) არ განსხვავდება ჩვეულებრივი ტრადიციული გადაწყვეტებისაგან: ორთქლიზოლაცია, მათბუნებელი, მასწორებელი მოჭიმვა, ჰიდროიზოლაცია. მთლიან მემბრანულ

გადახურვა-გარსებში, თხელი ლითონის ფურცლების ერთმანეთთან მჭიდროდ შეერთების შემთხვევაში, ორთქლიზოლაცია საჭირო არ არის – მის ფუნქციას ასრულებს თხელი ფურცელი. მემბრანული გადახურვების დეფორმაციულობის გათვალისწინებით, ჰიდროსაიზოლაციო ხაღის ქვეშ ცემენტის მოჭიმვა ძლიერდება ფოლადის ნაქსოვი ბადეებით, ხოლო ხაღია – მინაქსოვილით. დაძაბულ უნაგირისებრ გადახურვებში მათბუნებელი განთავსებულია ლენტების ფენებს შორის ან მზიდ ლენტზე მიწებებულია შიგნიდან. ზედა დამძაბავი ლენტი ერთდროულად ასრულებს ჰიდროსაიზოლაციო ფენის ფუნქციასაც.



ფიგ. 241. რკინაბეტონის საყრდენ კონტურთან ლენტების მიმაგრების კვანძები

ა – ნაშვერი, დამჭიმი მოწყობილობების გარეშე; ბ – იგივე, დამჭიმი მოწყობილობებით; 1 – თხელფურცლოვანი მემბრანა; 2 – ფრიქციული ფენა; 3 – ზედა მიმჭერი ელემენტი; 4 – ქვედა მიმჭერი ელემენტი; 5 – მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკი; 6 – პირაპირის ფირფიტა; 7 – საანკერო დერო; 8 – ჭანჭიკოვანი სახსარი; 9 – ხისტი არმატურით არმირებული ბორტის ელემენტი; 10 – იგივე, მოქნილი არმატურით; 11 – დამჭიმი მოწყობილობა; 12 – მათბუნებელი

მემბრანული გადახურვები რთული, მრავალჯერ სტატიკურად ურკვევი სისტემებია. მათი დაძაბული მდგომარეობა დამოკიდებულია მემბრანისა და საყრდენი კონტურის ერთობლივ მუშაობაზე, ზედაპირის ფორმაზე და დატვირტვების მოდების ხასიათზე, ამიტომ დაპროექტებისას მათი გაანგარიშება წარმოებს რიცხვითი ან ანალიზური მეთოდებით, კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით. უმეტეს შემთხვევებში გაანგარიშება წარმოებს თხელი ფურცლის მასალის დრეკადი მუშაობის პირობით და გეომეტრიული არაწრფივობის, ანუ კონსტრუქციის ყველა ელემენტის დეფორმაციის შედეგად ნაგებობის ფორმის ცვლილების გათვალისწინებით.

მემბრანული გადახურვების მიახლოებითი გაანგარიშება, სისტემის გეომეტრიული არაწრფივობის გაუთვალისწინებლად, შეიძლება შესრულდეს ვანტური სისტემების შესაბამისი გადახურვების მიახლოებითი გაანგარიშების ანალოგიურად. ამასთან, გაანგარიშება წარმოებს მემბრანის 1 მ სიგანეზე საანგარიშო მალის მიმართულებით. შედეგად ვიღებთ ძაღვების გაზრდილ მნიშვნელობებს, რადგან, ვანტური სისტემებისგან განსხვავებით, მემბრანა კარგად მუშაობს ძვრაზე და ხელს უწყობს საყრდენ კონტურში მკუმშავი ძაღვებისა და მღუნავი მომენტების შემცირებას.

პირობითი აღნიშვნები

A – ფართობი;

A – კვეთის გეომეტრიული მახასიათებელი;

A_b – ჭანჭიკის კვეთის ფართობი;

A_{bn} – ჭანჭიკის კვეთის ფართობი, ნეტო;

A_f – კოჭის თაროს კვეთის ფართობი;

A_{ca} – მზიდი ბაგირის კვეთის ფართობი;

A_{inf} – ქვედა სარტყელის კვეთის ფართობი;

A_n – კვეთის ფართობი ნეტო;

A_{st} – მასტაბილიზებული ბაგირის კვეთის ფართობი;

A_{sup} – ზედა სარტყელის კვეთის ფართობი;

A_ω – კოჭის კედლის კვეთის ფართობი;

A_{cal} – საჭირო კვეთის ფართობი;

A_p – საკოჭი ღეროს კვეთი;

A_{pl} – საყრდენი ფილის ფართობი;

B – ბიჯის მოდული;

D – ცილინდრული სიხისტე;

D_{inf} – გუმბათის საყრდენი რგოლის დიამეტრი;

D_{xy} – გრესის სიხისტე;

E – დრეკადობის მოდული;

E_0 – ბადისებრი კამარის დაყვანილი დრეკადობის მოდული;

E_{dh} – საკოჭი ღეროს დრეკადობის მოდული;

F – ძალა, დატვირთვა;

F_n – ნორმატიული ძალა, ნორმატიული დატვირთვა;

F_b – ღერძული ძალა მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკში;

F_h – ჰორიზონტალური ძალა, განმბჯენი;

F_{bra} – სამუხრუჭო ძალა;

F_t – ჰორიზონტალური ძალა;

F_c – გრძივი მკუმშავი ძალა;

F_{tot} – ჯამური ძალა;

F_v – ვერტიკალური ძალა, საყრდენი რეაქცია;

G – წონა;

G – მუდმივი დატვირთვა;

H – ხართულის სიმაღლის მოდული;

I – კვეთის ინერციის მომენტი;

I_b – კოჭის კვეთის ინერციის მომენტი;
 I_{inf} – სვეტის ქვედა შტოს კვეთის ინერციის მომენტი;
 I_{sup} – სვეტის ზედა შტოს კვეთის ინერციის მომენტი;
 I_ω – კოჭის კედლის კვეთის ინერციის მომენტი;
 L – სიგრძე, მალი, ბიჯის მოდული;
 M – მოდული;
 M – მღუნავი მომენტი;
 M_{cal} – საანგარიშო მღუნავი მომენტი;
 M_{loc} – ადგილობრივი მღუნავი მომენტი;
 M_s – ქარის დატვირთვის სტატიკური ნაწილისგან გამოწვეული მღუნავი მომენტი;
 M_ω – ქარის დატვირთვისგან გამოწვეული მღუნავი მომენტი;
 M_ω – კოჭის კედელზე მოქმედი მღუნავი მომენტი;
 N – გრძივი ძალა;
 N_b – ერთი ჭანჭიკის მუშაობით ათვისებული საანგარიშო ძალა;
 N_c – გრძივი ძალა შეკუმშულ ელემენტში;
 N_t – გრძივი ძალა გაჭიმულ ელემენტში;
 N_{cal} – საანგარიშო გრძივი ძალა (ძალვა);
 N_{cr} – კრიტიკული ძალა;
 N_{bm} – სვეტის შტოში მომენტისგან გამოწვეული გრძივი ძალა;
 N_d – გრძივი ძალა ირიბანაში;
 N_r – გრძივი ძალა რგოლში;
 N_{inf} – გრძივი ძალა ქვედა სარტყელში;
 N_{sup} – გრძივი ძალა ზედა სარტყელში;
 N_s – ძალვა თამასებში;
 Q – განივი ძალა, ძვრის ძალა;
 Q_{bh} – ერთი მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის ქვეშ ზედაპირის მიერ ათვისებული საანგარიშო ძალვა;
 Q_{cal} – საანგარიშო განივი ძალა;
 Q_{fic} – პირობითი განივი ძალა შემაერთებული თამასებისთვის;
 Q_s – განივი ძალა მოსული ერთ სიბრტყეში განლაგებულ თამასების სისტემაზე;
 Q_ω – ქარის დატვირთვისგან გამოწვეული განივი ძალა;
 R – სიმრუდის რადიუსი;
 R_{ba} – საძირკვლის ჭანჭიკების საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე;
 R_{bh} – მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე;

- R_{bp} – ჭანჭიკური შეერთების საანგარიშო წინაღობა თელვაზე;
- R_{bs} – ჭანჭიკების საანგარიშო წინაღობა ჭრაზე;
- R_{bt} – ჭანჭიკების საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე;
- R_{cd} – *катков* გლინულას საანგარიშო წინაღობა დიამეტრულ კუმშვაზე;
- R_{dh} – მაღალი სიმტკიცის მავთულის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე;
- R_{lp} – ცილინდრულ სახსრებში (პოჭოჭიკი), მჭიდრო შეხებისას, საანგარიშო წინაღობა ადგილობრივ თელვაზე;
- R_p – ფოლადის საანგარიშო წინაღობა ტორსული ზედაპირის თელვაზე (მორგების შემთხვევაში);
- R_s – ფოლადის საანგარიშო წინაღობა ძვრაზე;
- R_u – ფოლადის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე, კუმშვაზე და ღუნვაზე დროებითი წინაღობის მიხედვით;
- R_{of} – კუთხური ნაკერის საანგარიშო წინაღობა ჭრაზე (პირობითზე), ნაკერის ლითონის გასწვრივ;
- R_{ou} – პირაპირის შენადული შეერთების საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე, კუმშვაზე და ღუნვაზე დროებითი წინაღობის მიხედვით;
- R_{os} – პირაპირის შენადული შეერთების საანგარიშო წინაღობა ჭრაზე;
- R_{oy} – პირაპირის შენადული შეერთების საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე, კუმშვაზე და ღუნვაზე დენადობის ზღვარის მიხედვით;
- R_{oz} – კუთხური ნაკერის საანგარიშო წინაღობა ჭრაზე (პირობითზე), ლითონის შედნობის საზღვრის გასწვრივ;
- R_y – ფოლადის და ალუმინის შენადნობების საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე, კუმშვაზე და ღუნვაზე დენადობის ზღვარის მიხედვით;
- R_{bun} – ჭანჭიკების ფოლადის ნორმატიული წინაღობა;
- R_{un} – ფოლადის დროებითი წინაღობა გაგლეჯაზე (გაწყვეტაზე);
- R_{oun} – ნაკერის ლითონის ნორმატიული წინაღობა დროებითი წინაღობის მიხედვით;
- R_{yn} – ფოლადის და ალუმინის შენადნობების დენადობის ზღვარი;
- S – ბრუტო კვეთის ძვრადი ნაწილის სტატიკური მომენტ ნეიტრალური ღერძის მიმართ;
- S – თოვლის დატვირთვა;
- S – კამარის რკალის სიგრძე;
- S – ზესადებისა და თამასის გადამჭრელი ძალვა;
- S_{inf} – გუმბათის საყრდენი რგოლის სიგრძე;
- V – დროებითი დატვირთვა;
- V_f – შენადული ნაკერის მოცულობა;
- W – ქარის დატვირთვა;

W_x, W_y – ბრუტო კვეთის წინაღობის მომენტები შესაბამისად $x-x$ და $y-y$ ღერძების მიმართ;

W_{xn}, W_{yn} – ნეტო კვეთის წინაღობის მომენტები შესაბამისად $x-x$ და $y-y$ ღერძების მიმართ;

a – მანძილი, ზომა;

a_H – დარტყმითი სიბლანტის პირობითი სიდიდე;

a_{inf} – გუმბათის ქვედა საყრდენი რგოლის გასწვრივ წიბოებს შორის მანძილი;

a_{sup} – გუმბათის ზედა ცენტრალური რგოლის გასწვრივ წიბოებს შორის მანძილი;

b – სიგანე;

b_{ef} – საანგარიშო სიგანე;

b_f – თაროს სიგანე;

b_h – წიბოს გამოშვებული, კიდული ნაწილის სიგანე;

$c_x; c_y$ – სიმტკიცეზე გაანგარიშების კოეფიციენტები (პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების გათვალისწინებით) ღუნვის დროს შესაბამისად $x-x$ და $y-y$ ღერძების მიმართ;

d – დიამეტრი;

e – ძალის ექსცენტრისიტეტი;

f – ჩადუნვის ისარი;

g – მუდმივი განაწილებული დატვირთვა;

h – სიმაღლე;

h_{ef} – კედლის საანგარიშო სიმაღლე;

h_{inf} – სვეტის ქვედა ამწისქვეშა შტოს სიმაღლე;

h_{sup} – სვეტის ზედა ამწისზედა შტოს სიმაღლე;

h_{opt} – კვეთის ოპტიმალური სიმაღლე;

h_ω – კედლის სიმაღლე;

i – კვეთის ინერციის რადიუსი;

i – ზედაპირის ქანობი;

k – ლითონის ერთგვაროვნობის კოეფიციენტი;

k – საკუთარი მასის კოეფიციენტი;

k_f – კუთხური ნაკერის კათეტი;

k_c – დგარის წრფივი სიხისტე;

k_{co} – კამარის დრეკადი მოკუმშვის (მოჭიმვის) გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი;

k_ω – ნაგებობის სიმაღლეზე დამოკიდებული, ქარის ჩქაროსნული დაწნევის ცვლილების გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი;

k_r – რიგელის წრფივი სიხისტე;

k_e – ბადისებრი კამარების გასაანგარიშებელი კოეფიციენტი;

l – მაღის სიგრძე;

l_c – დგარის, სვეტის, განმბჯენის სიგრძე;
 l_{cd} – საგორავის სიგრძე;
 l_d – ირიბანას სიგრძე;
 l_m – ფერმის, თაღის და ა.შ. სარტყელის პანელის სიგრძე;
 l_s – თამასას სიგრძე;
 l_ω – შენადული ნაკერის სიგრძე;
 l_{ef} – პირობითი საანგარიშო სიგრძე;
 l_0 – საწყისი სიგრძე; ორ საყრდენს შორის მანძილი სინათლეში;
 m – ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი;
 m – საკუთარი მასა;
 m_{ef} – დაყვანილი ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი;
 n_b – ჭანჭიკების რაოდენობა შეერთებაში;
 n_s – ერთი ჭანჭიკის საანგარიშო ჭრების რაოდენობა;
 p – წნევა;
 q – განივი ძალა სიგრძის ან სიგანის ერთეულზე;
 q_{co} – წრფივი დატვირთვა მზიდ გვარლზე კიდულ და ვანტურ კონსტრუქციებში;
 q_{cal} – საანგარიშო წრფივი დატვირთვა;
 q_g, q_s, q_ω – წრფივი დატვირთვა, შესაბამისად საკუთარი მასისგან, თოვლისგან და ქარისგან;
 q_{st} – წრფივი დატვირთვა მასტაბილიზებელ გვარლზე კიდულ და ვანტურ კონსტრუქციებში;
 q_a – კუთხურად მოქმედი წრფივი დატვირთვა;
 r – რადიუსი;
 s – თოვლის განაწილებული დატვირთვა;
 t – ტემპერატურა;
 t – სისქე;
 t_f – თაროს (სარტყელის) სისქე;
 t_{pl} – საყრდენი ფილის სისქე;
 t_s – წიბოს სისქე;
 t_ω – კედლის სისქე;
 v – დროებითი განაწილებული დატვირთვა;
 ω – ქარის განაწილებული დატვირთვა;
 α – კუთხე;
 α – მხები ძაბვების გაზრდის კოეფიციენტი კოჭის კედლის შესუსტების შემთხვევაში;
 β – კუთხე;
 β_f, β_z – კუთხური ნაკერის გაანგარიშების კოეფიციენტები შესაბამისად ნაკერის ლითონსა და ნაკერის ლითონის საზღვრზე;
 γ – მოცულობითი წონა;

- γ_b – შეერთების მუშაობის პირობების კოეფიციენტი;
 γ_c – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი;
 $\gamma_g, \gamma_v, \gamma_s, \gamma_\omega$ – კოეფიციენტები, შესაბამისად მუდმივი, დროებითი, თოვლის და ქარის დატვირთვებისათვის;
 γ_n – საიმედოობის კოეფიციენტი დანიშნულების მიხედვით;
 γ_m – საიმედოობის კოეფიციენტი მასალის მიხედვით;
 γ_u – საიმედოობის კოეფიციენტი დროებითი წინაღობის მიხედვით;
 $\gamma_{\omega f}, \gamma_{\omega z}$ – შენადული ნაკერის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი;
 δ_5 – ფარდობითი წაგრძელება;
 ε – ფარდობითი წრფივი დეფორმაცია;
 η – კვეთის ფორმის გავლენის კოეფიციენტი;
 η – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ბაგირის გამწვევტი ძაღვის შემცირებას მავთულების ჯამურ გამწვევტი ძაღვასთან მიმართებაში;
 θ – მობრუნების კუთხე, დახრის კუთხე;
 λ – მოქნილობა ($\lambda = l_{ef}/i$);
 $\bar{\lambda}$ – პირობითი მოქნილობა ($\lambda = \bar{\lambda}\sqrt{R_y/E}$);
 λ_{ef} – გამჭოლი კვეთის მქონე ღეროს დაყვანილი მოქნილობა;
 $\bar{\lambda}_{ef}$ – გამჭოლი კვეთის მქონე ღეროს პირობითი დაყვანილი მოქნილობა:

$$\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef}\sqrt{R_y/E} ;$$
 $\bar{\lambda}_\omega$ – კედლის პირობითი მოქნილობა ($\lambda_\omega = h\sqrt{R_y/E/t}$);
 $\lambda_x; \lambda_y$ – ელემენტების საანგარიშო მოქნილობები შესაბამისად $x-x$ და $y-y$ ღერძების პერპენდიკულარულ სიბრტყეებში;
 μ – შეკუმშული ღეროს დაყვანილი სიგრძის კოეფიციენტი;
 μ – ხახუნის კოეფიციენტი;
 ν – ფოლადის განივი დეფორმაციის კოეფიციენტი (პუასონის კოეფიციენტი);
 ξ – დინამიკურობის კოეფიციენტი;
 φ_x, φ_y – გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი;
 φ_b – საანგარიშო წინაღობის შემცირების კოეფიციენტი მდგრადობის დაკარგვის ღუნვა-გრეხითი ფორმის შემთხვევაში;
 φ_e – საანგარიშო წინაღობის შემცირების კოეფიციენტი არაცენტრალური კუმშვის შემთხვევაში;
 ξ – უგანზომილებო პარამეტრი;
 ρ – სიმრუდე;
 ρ – სიმკვრივე;
 σ_{adm} – დასაშვები ძაბვა;
 σ_x, σ_y – ნორმალური ძაბვები, შესაბამისად $x-x$ და $y-y$ ღერძების პარალელური;
 τ – მხები ძაბვა.

ლიტერატურა

1. გ. მსხილაძე, ო. ფალავა. ლითონის კონსტრუქციები. სახელმძღვანელო. გამომცემლობა "განათლება", თბილისი, 1986. – 571 გვ.
2. გ. ფარცხალაძე, ი. მშენიერაძე. ლითონის კონსტრუქციები. სახელმძღვანელო. ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, ბათუმი, 2009. – 322 გვ.
3. თ. ხმელიძე, რ. იმედაძე, ი. ხმელიძე. დეროვან სისტემებში ძაღვების განსაზღვრის მაგალითები მაქსველ–კრემონას დიაგრამის გამოყენებით. მეთოდური მითითებები. თბილისი, 1992. –57 გვ.
4. სამშენებლო განმარტებითი ლექსიკონი (შემდგენელი პროფ. თ. ხმელიძე). ონლაინ–ვერსია. თბილისი, 2016. – 2100 გვ.
5. Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатъева и др.; под. ред. Ю.И. Кудишина. – 10-е изд. – М.: Издательский центр “Академия”, 2007. – 688 с.
6. Металлические конструкции. Справочник проектировщика / Под общ. ред. В.В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова) – М.: изд-во АСВ , 1998. – 1616 с.
7. Трущев А.Г. Пространственные металлические конструкции. Учеб. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1983. – 215 с.
8. Файбишенко В.К. Металлические конструкции. М.: Стройиздат, 1984, – 336 стр.
9. Handbook of structural engineering / edited by Wai-Fah Chen, Eric M. Lui. – 2nd ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Boca Raton, New York, 2005. – 1712 p.
- 10 The civil engineering handbook / edited by W.F. Chen and J.Y. Richard Liew. – 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, London New York Washington, D.C., 2003. – 2783 p.
11. СНиП II – 23-81 Стальные конструкции. Нормы проектирования – М. Стройиздат. 1982 (СП 16.13330.2011).

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შ ე ს ა მ ა ლ ი 3

თავი 1. ღაკრომქტების საშუამკლუბი

1.1. მშენებლობაში გამოყენებული ლითონების დახასიათება 11
1.2. ფოლადისა და ალუმინის შენადნობების მექანიკური თვისებები 14
1.3. ფოლადისა და ალუმინის პროფილების სორტამენტი 21
1.4. ლითონის კონსტრუქციების გაანგარიშება ზღვრული მდგომარეობის
მეთოდით 27
1.5. ელემენტების გაანგარიშება ცენტრალურ გაჭიმვაზე და კუმშვაზე 30
1.6. ღუნვადი ელემენტების გაანგარიშება 33
1.7. ღერძულ ძალასა და ღუნვაზე მომუშავე ელემენტების გაანგარიშება . . . 35

თავი 2. ლითონის კონსტრუქციების შეერთებები

2.1. საერთო ცნებები 38
2.2. შენადული შეერთებები. შეღუღების სახეები და მათი მოკლე
დახასიათება 39
2.3. შენადული შეერთების ტიპები და მათი გაანგარიშება 43
2.4. ჭანჭიკური და მოქლონური შეერთებები, მათი გაანგარიშება და
კონსტრუირება 50

თავი 3. კოჭები

3.1. კოჭების ტიპები და მათი სტატიკური სქემები 60
3.2. ნაგლინი და შეღგენილი შენადული კოჭების განივი კვეთის
გაანგარიშება 67
3.3. ფოლადის კოჭების მდგრადობის ცნება. სიხისტის წიბოების
კონსტრუქცია 73
3.4. ნაგლინი და შეღგენილი კოჭის პირაპირები. კოჭის ჩამაგრების
კვანძები 77

თავი 4. სვეტები

4.1. ცენტრალურად შეკუმშული სვეტები 83
4.2. არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტები 91

4.3. ერთშტოიანი და ორშტოიანი სვეტის ბაზა	93
4.4. სვეტის სათავის კონსტრუქციები, პირაპირები და დეტალები	98

თავი 5. წამწეები

5.1. ნივნივური გადახურვები. საერთო ცნებები	102
5.2. ნივნივური წამწეები, მოხაზულობა და გისოსის ტიპები	103
5.3. ნივნივური გადახურვის გაერთმთლიანება	109
5.4. გადახურვის ბურულის ელემენტები	112
5.5. ნივნივური წამწეების მუშაობის თავისებურებები და გაანგარიშება . . .	117
5.6. წამწის კონსტრუირების საფუძვლები. კვანძების გაანგარიშება	125
5.7. მსუბუქი წამწეების კონსტრუირება	127
5.8. მძიმე დიდმალიანი წამწეების კონსტრუირება	138
5.9. წინასწარ დაძაბული წამწეების კონსტრუქციული გადაწყვეტები	144

თავი 6. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის კარკასები

6.1. კარკასების საერთო დახასიათება და მათი დაპროექტებისათვის წაყენებული ძირითადი მოთხოვნები	152
6.2. საწარმოო შენობების კარკასების ელემენტები	156
6.3. განივი ჩარჩოს გაანგარიშება. საერთო ცნებები	162

თავი 7. მრავალსართულიანი შენობის კარკასი

7.1. კონსტრუქციული სქემები. სვეტების და კოჭების განიგვეთის ტიპები	164
7.2. მრავალსართულიანი შენობის კარკასის მუშაობა	170
7.3. შენობათა სისტემების გაერთმთლიანება. კოჭის სვეტთან შეერთების კვანძები	177
7.4. შეკიდულ სართულებიანი შენობების კონსტრუქციული სქემები	184
7.5. შეკიდულ სართულებიანი შენობის გაანგარიშება და კონსტრუირება	187

თავი 8. დიდმალიანი ჩარჩოვანი კონსტრუქციები

8.1. ჩარჩოების სტატიკური და კონსტრუქციული სქემები	190
8.2. ჩარჩოვანი კონსტრუქციების გაანგარიშება	199
8.3. ჩარჩოების კონსტრუირება	203

თავი 9. თაღოვანი კონსტრუქციები

- 9.1. თაღების სტატიკური და კონსტრუქციული სქემები 208
- 9.2. თაღოვანი კონსტრუქციების გაანგარიშება 214
- 9.3. თაღების კონსტრუქცია 217

თავი 10. ბისოლოვანი ნაოჭები

- 10.1. ბისოლოვანი ნაოჭების სტატიკური და კონსტრუქციული სქემები . . . 223
- 10.2. ბისოლოვანი ნაოჭების გაანგარიშება და კონსტრუქცია 226

თავი 11. ბადისებრი კამარები

- 11.1. ბადისებრი კამარების სტატიკური და კონსტრუქციული სქემები 229
- 11.2. ბადისებრი კამარების გაანგარიშება და კონსტრუქცია 232

თავი 12. ორმაგი სიმრუდის ბადახურვის კონსტრუქციები

- 12.1. გუმბათოვანი კონსტრუქციები. ძირითადი ტიპები და მათი დახასიათება 237
- 12.2. წიბოვანი და წიბოვან-რგოლური გუმბათების გაანგარიშება 242
- 12.3. ბადისებრი გარსების გაანგარიშება 243
- 12.4. ბადისებრი გარსების ტიპები და მათი კონსტრუქციული გადაწყვეტები 247
- 12.5. დამრეცი ბადისებრი გარსების გაანგარიშება 249
- 12.6. ჰიპერბოლური პარაბოლოიდის (ჰიპარის) ფორმის ბადისებრი გარსების გაანგარიშება 251
- 12.7. გუმბათებისა და ბადისებრი გარსების კონსტრუქცია 253

თავი 13. ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციები

- 13.1. ზოგადი ცნობები. აგების პრინციპები 258
- 13.2. ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციების დაყრდნობის ვარიანტები 265
- 13.3. ჯვარედინ-ღეროვანი კონსტრუქციების გაანგარიშება 271
- 13.4. ელემენტებისა და კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტები 277

თავი 14. კიდული ბადახურვები

- 14.1. კიდული გადახურვების საერთო დახასიათება 284
- 14.2. ერთსარტყელიანი კიდული გადახურვები 288

14.3. ორსარტყელიანი წინასწარ დაძაბული გადახურვები	300
14.4. გვარლური წამწეები	307
14.5. უნაგირისებრი გადახურვები	309
14.6. კომბინირებული სისტემები	315
14.7. მემბრანული გარსები	318
პირობითი აღნიშვნები	328
ლიტერატურა	334

