

თ. ხმელიძე

ხისა და პლასტმასის
სამშენებლო კონსტრუქციები

თბილისი
2008

ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციების წინამდებარე სახელმძღვანელო შედგენილია არსებული სილაბუსების მიხედვით და მოიცავს პროგრამით გათვალისწინებული ხისა და პლასტმასის კონსტრუქციების კონსტრუირებისა და გაანგარიშების საფუძვლებს.

წიგნი განკუთვნილია სამშენებლო პროფილის უმაღლესი ტექნიკური პროფესიული სასწავლებლების სტუდენტებისათვის. იგი შეიძლება გამოიყენონ აგრეთვე მონათესაო სპეციალობის სტუდენტებმა, მაგისტრებმა, მშენებლობის ადმინისტრატორებმა, მენეჯერებმა, ინჟინრებმა, დამპროექტებლებმა, მეცნიერთანამშრომლებმა და ამ საქმით დაინტერესებულმა ყველა პირმა.

პროფესორ გიორგი ჯაფარიძის საერთო რედაქციით

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესიული განვითარების, მეცნიერებისა და კულტურის ცენტრი, 2008

ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციები

კურსის აღწერა:

კურსი მოიცავს ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციების პროექტირებისა და გაანგარიშების საფუძვლებს. ძირითადი აქცენტი გაკეთებულია ტრადიციულ კონსტრუქციებზე, აგრეთვე განხილულია ახალი ტიპის მსუბუქი მზიდი კონსტრუქციები.

კურსის კომპონენტები.

კურსის გავლის შემდეგ სტუდენტს შეეძლება:

- დააპროექტოს ხის მასალისგან დამზადებული მზიდი სამშენებლო კონსტრუქცია – ფენილი, კოჭი, წამწე, კამარა, თალი, ჩარჩო და სხვ. მოახდინოს მისი გაანგარიშება სტატიკური დატვირთვების ზემოქმედებისას;
- სწორად შეაფასოს და შეარჩიოს ამა თუ იმ კონკრეტულ შემთხვევაში გამოყენებული კონსტრუქციის ფუნქციონალური შესაბამისობა;
- უზრუნველყოს მზიდი კონსტრუქციების დაცვა ტემპერატურის, მავნებლების და ატმოსფერული ზემოქმედებისაგან;
- მიანიჭოს პრიორიტეტი ისეთ კონსტრუქციებს, რომლებიც უფრო ეფექტურია საქართველოს კლიმატური პირობებისათვის.

წინასიტყვაობა

ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციების წინამდებარე სახელმძღვანელო დაწერილია მსოფლიოს მოწინავე ტექნიკურ უმაღლეს სასწავლებლებში მოქმედი სასწავლო პროგრამების შესაბამისად და განკუთვნილია სამშენებლო პროფილის საინჟინრო სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

განათლების მიმდინარე რეფორმის მოთხოვნების გათვალისწინებით ავტორის მიზანი იყო შექმნილიყო, არსებული ქართული და რუსული სახელმძღვანელოებისგან განსხვავებით, პრინციპულად ახალი ტიპის სახელმძღვანელო, რომელშიც ძირითადი აქცენტი გაკეთებული იქნებოდა პრაქტიკული მშენებლობისათვის საჭირო სამშენებლო კონსტრუქციების განხილვაზე, აგრეთვე მიღებული თეორიული ცოდნის განმტკიცებაზე რიცხვითი მაგალითების წიგნში ჩართვის გზით.

სახელმძღვანელო თავისი სტრუქტურით მოხერხებულია გადმოცემული მასალის აღქმის თვალსაზრისით, რადგანაც წიგნში მოცემული თეორიული მასალა საბაზისოა და არ არის გადატვირთული რთული საანგარიშო ფორმულებითა და გრაფიკული ნაწილით.

წიგნში განხილულია ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციები. სასწავლო მასალა გადმოცემულია მეცნიერებისა და ტექნიკის ბოლო მიღწევების გათვალისწინებით კონსტრუქციების წარმოების, დამზადების ტექნოლოგიის, პრაქტიკული გამოყენების, ტრანსპორტირების, მონტაჟის და კომერციის თვალსაზრისით.

თანამედროვე ეტაპზე სამშენებლო კონსტრუქციების წარმოება სწრაფი ტემპით ვითარდება, ჩნდება ახალი მასალები, ფართოვდება ახალი ასორტიმენტი, ინერგება ტექნოლოგიის ოპტიმიზაციის მეთოდები, იხვეწება გაანგარიშების და დაპროექტების საკითხები, ამიტომ სასურველია სტუდენტებმა სახელმძღვანელოზე მუშაობისას დამატებით ისარგებლონ უახლესი სასწავლო, ნორმატიული და სამეცნიერო ლიტერატურით.

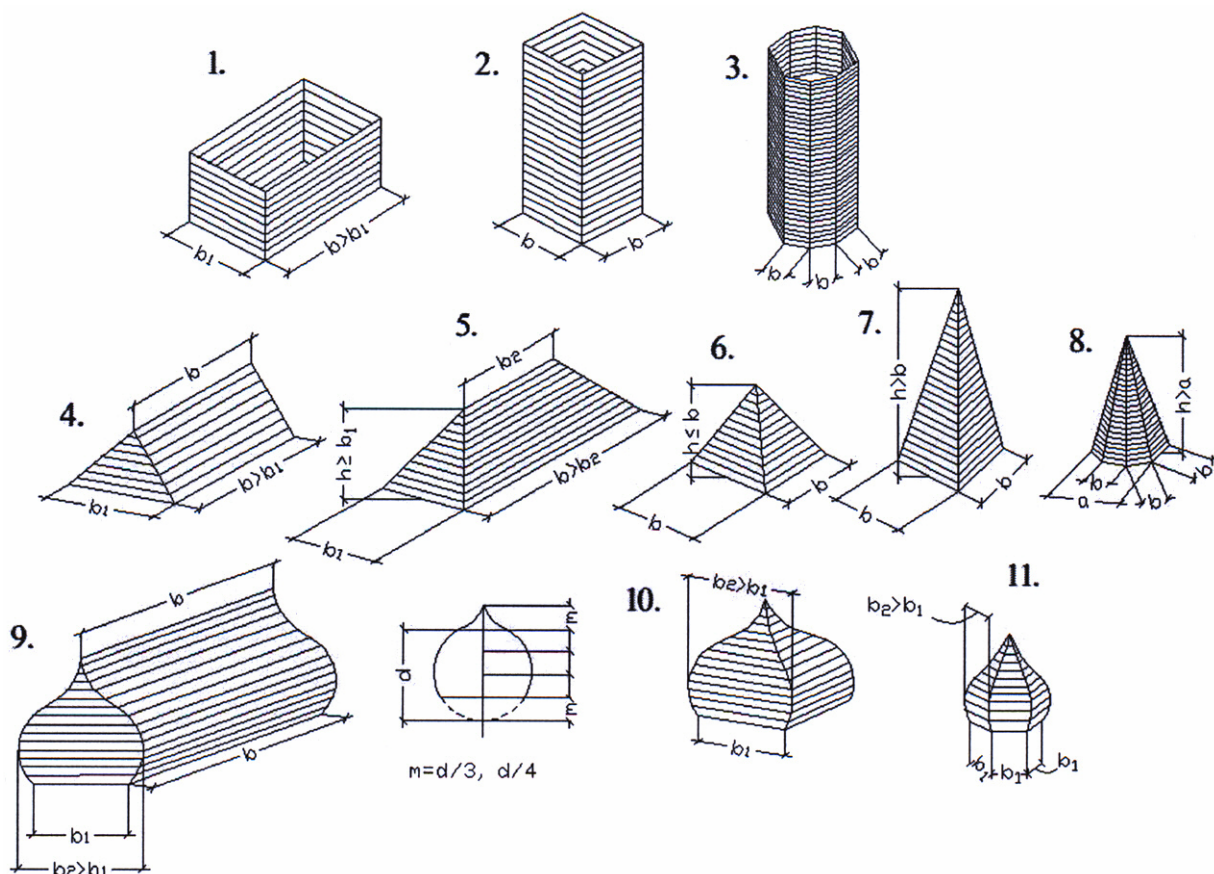
ავტორი სიამოვნებით მიიღებს ყველა რეალურ შენიშვნას გამოთქმულს სახელმძღვანელოს მიმართ.

დიდი მადლობა გვინდა გადავუხადოთ სგმს, სტუ, CIDA, CCID-USA-ს ერთობლივ პროექტს წინამდებარე სახელმძღვანელოს გამოცემის ინციატივისა და თანადგომისათვის. გვინდა აღვნიშნოთ სახელმძღვანელოს რედაქტორის პროფესორ გიორგი ჯაფარიძის, აგრეთვე ინჟინერ მარია სანოძისა და სამშენებლო ფაკულტეტის მაგისტრების ნინო ტაბატაძისა და გერონტი გოგოლაძის დიდი კვალიფიციური შრომა წიგნის ტექსტობრივი და გრაფიკული ნაწილის მომზადების დროს.

შესავალი

მერქანი წარმოადგენს ყველაზე ძველ და იმავდროულად თანამედროვე პერსპექტიულ საშენ მასალას. ცოცხალი ბუნების პროდუქტში - მერქანში თავმოყრილია ბევრი დადებითი თვისება, რაც უზრუნველყოფს მის ფართოდ გამოყენებას მშენებლობაში. იგი ხასიათდება სიმსუბუქით, კარგი ხვედრითი სიმტკიცით, თბოსაიზოლაციო თვისებებით, ადვილად მუშავდება, თავის თავზე იღებს დარტყმით დატვირთვებს, აქრობს ვიბრაციას, წებვადია, აქვს შესანიშნავი ტექსტურა, ფერთა სასიამოვნო გამა, ადვილი მოსაპოვებელია და სხვ., ხოლო რაც შეეხება ისეთ უარყოფით მხარეებს, როგორცაა წვადობა, დაბალი ბიომედეგობა, სოკოვანი დაავადებები, ლპობისაკენ მიდრეკილება, მაგნებლების გაჩენა და სხვა - ეს თვისებები შედარებით ადვილად აღმოიფხვრება მერქნის კონსერვირების გზით, რაც ითვალისწინებს მის დამუშავებას ანტისეპტიკებით, ანტიპერინებით, ზეთებით, საღებავებით, ლაქებით.

ტყის მასივების კვლავწარმოების სწორი ორგანიზაცია საშუალებას იძლევა უწყვეტად მივიღოთ ხის მასალები იმ რაოდენობით, რომელიც ჭირდება კაცობრიობას. მერქნის რაციონალური გამოყენებისათვის აუცილებელია კიდევ უფრო დაიხვეწოს მერქნის უნარჩენო გადამუშავების მეთოდები, ელემენტების დამზადების ტექნოლოგიები და მათი გაანგარიშების თეორიები, რათა მინიმალური დანახარჯებით მივიღოთ შენობებისა და ნაგებობების, კომერციული თვალსაზრისით მისაღები, მზიდი და შემომფარგვლელი კონსტრუქციები.



ნახ. 1. ძელებისაგან განხორციელებული ხის ნაგებობების ძირითადი ფორმები: 1 - მართკუთხა; 2 - კვადრატული; 3 - მრავალკუთხა; 4 - ორქანობიანი; 5 - ოთხქანობიანი; 6, 7 - პირამიდა; 8 - მრავალწახნაგოვანი კარვისებრი; 9 - კეხიანი ქვაბისებური; 10 - ოთხწახნაგოვანი ქვაბისებური; 11 - მრავალწახნაგიანი ქვაბისებური.

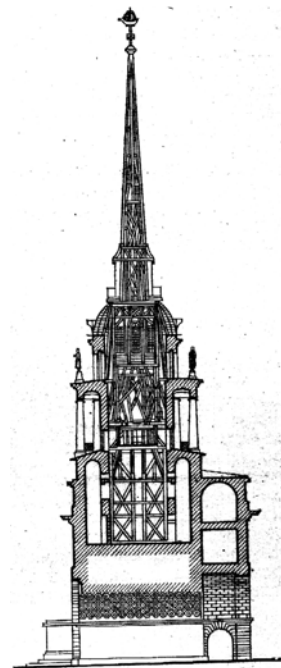
ბუნებრივია, რომ ხის ნაგებობებმა თავიდანვე დიდი გამოყენება პოვეს ტყით მდიდარ რეგიონებში, სადაც ჩვენი წელთაღრიცხვის დასაწყისიდან აგებდნენ სხვადასხვა დანიშნულების ხის ნაგებობებს - საცხოვრებელ სახლებს, სასახლებს, ტაძრებს, ციხე-სიმაგრეებს, საფორტიფიკაციო ხიდებს და სხვ. ყველაზე ხანდაზმულ, დღემდე შემორჩენილ ნაგებობად, ითვლება სამი ათასი წლის წინ იაპონიაში აშენებული იაპონური ტაძარი, რომელიც ადგილობრივი წითელი ხის მერქნისგან იყო აგებული. საკმაოდ გავრცელებულია აგრეთვე ხის კონსტრუქციების გამოყენება ძველ რომში საცხოვრებელი სახლების, ტაძრების გადახურვების და ხიდების ასაშენებლად.

თავდაპირველად ხის სახლების ძირითად კონსტრუქციულ ელემენტს ჰორიზონტალურად განლაგებული ძეღურები წარმოადგენდა, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებული იყო კოტებით, ჭდობებით და სხვა ელემენტებით, რომლებსაც ასრულებდნენ მაღალკვალიფიციური ხელოსნები. ნახ.1-ზე მოცემულია ძეღურებისაგან განხორციელებული ნაგებობების ძირითადი ფორმები.

ხის კონსტრუქციების მასიური გავრცელება დაიწყო მე - 17 საუკუნიდან, როდესაც პოლანდიელებმა, წყლის ენერჯის გამოყენებით დაიწყეს მორების სიგრძეში დახერხვა და ფიცრების ამოღება სამრეწველო დანიშნულებით. დღეისათვის საქვეყნოდ არის ცნობილი სამოქალაქო და საკულტო დანიშნულების ხის ნაგებობები, როგორცაა წმინდა პეტრეს ეკლესიის ხის შპილი სიმაღლით 130მ (ქ. რიგა, 1666წ.), პრობრაუნსკის ეკლესია კიჟაში (ნახ. 2), აგებული 1714წ., საადმირალოს კოშკის ხის შპილი სანკტ-პეტერბურგში (1738წ.) (ნახ. 3), ეკლესია კონდოპონგში ონეგის ტბის ნაპირზე (1774წ.), სამეფო სასახლე კოლომენსკოეში (1681წ.), 48მ მაღის მქონე ხის წამწებით გადახურული მოსკოვის მანეჟი (1817წ.), ოსტანკინოს სასახლე (1793წ.), რკინიგზის გზაგამტარი ცხრამალიანი ხის ხიდები მდინარეებზე მსტაზე და ვერებინაზე (1851წ.), ძმები გრუბენმარების მიერ შვეიცარიაში აგებული ხიდი მალით 100მ; სპორტული დარბაზის გუმბათოვანი სახურავი დიამეტრით 91,5მ (აშშ, შტატი მონტანა, 1956წ.); იუტას შტატის უნივერსიტეტის სპორტული ცენტრის ხის გუმბათი დიამეტრით 105მ (აშშ, 1968წ.) და მრავალი სხვა.



ნახ. 2. საადმირალოს კოშკის ხის შპილი (სანკტ-პეტერბურგი, რუსეთი).



ნახ. 2. პრობრაუნსკის ეკლესია კიჟაში (რუსეთი).

მე - 19 საუკუნის მეორე ნახევრიდან, როდესაც მშენებლობაში გამოჩნდა ფოლადისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები, მორებისა და ძელების ნაცვლად აქტიურად დაიწყო ფიცრულ-ლურსმნული და შემდეგ დაწებებული დიდზომიანი ელემენტების დამზადება. შეიქმნა აგრეთვე ხის სივრცითი ბადისებრი გადახურვები. პირველი მსოფლიო ომის პერიოდში კი, ლითონის მწვავე დეფიციტის გამო, ხის კონსტრუქციები ფართოდ გამოიყენებოდა სამოქალაქო, სამრეწველო და თავდაცვითი ნაგებობების განსახორციელებლად.

ცალკე უნდა აღინიშნოს ხის კონსტრუქციების განვითარება და გამოყენება ამერიკის შეერთებულ შტატებში, სადაც სხვა ქვეყნების გამოცდილების საფუძველზე მასიურად დაიწყო ცნობილი სისტემებისა და ელემენტების სრულყოფა და დანერგვა მშენებლობაში. ამის დასტურია მრავალგისოსიანი ტაუნისა და ბურის წამწეები, წამწეები რგოლისებრ სოგმანებზე, ქარგილოვან - ბადისებრი თაღები, დაწებებული კონსტრუქციები და მრავალი სხვა.

ძველი ისტორიული წყაროებიდან (არქიტექტორი ვიტრუვი, გეოგრაფი სტრაბონი) ჩანს, რომ საქართველოშიც ფართოდ იყენებდნენ მერქანს საცხოვრებელი სახლების (ე.წ. „დარბაზის“ ტიპის), ეკლესიების, სასახლეების და თავდაცვითი ნაგებობების ასაშენებლად. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ქართველების უპირველესი საკათედრო ტაძარი – სვეტიცხოველი, თავდაპირველად ხის კონსტრუქციისაგან ყოფილა აგებული.

ხის ნაგებობების მაღალი სეისმომდევობა განაპირობებს საქართველოში მათ ფართოდ გამოყენებას, რადგანაც ჩვენი ქვეყანა მოქცეულია მაღალი სეისმური აქტივობის რეგიონში. ცნობილი 1991 წლის ძლიერი მიწისძვრის შედეგად, მთელ რიგ რაიონებში (რაჭა, ზემო იმერეთი, შიდა ქართლი) პირწმინდად დაინგრა ან საგრძნობლად დაზიანდა ქვისა და აგურისაგან აშენებული 1..2 სართულიანი საცხოვრებელი სახლები, ასევე რკინაბეტონის ასაწყობი კონსტრუქციებისაგან დამზადებული მრავალსართულიანი და ერთსართულიანი სამრეწველო ობიექტები. ეს იმ დროს, როდესაც ძლიერი მიწისძვრის ზონებში მოხვედრილი არც ერთი ხის სახლი არ დანგრეულა და არ დაზიანებულა.

ყოველივე ზემოთქმულის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ საქართველოს პირობებისათვის მიზანშეწონილია სასოფლო მშენებლობაში უპირატესად გამოყენებულ იქნეს ხისა და პლასტმასის მსუბუქი სეისმომდევო სამშენებლო კონსტრუქციები.

მსოფლიო მოწინავე ქვეყნების სამშენებლო გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მერქანი, პლასტმასა, ლითონი, რკინაბეტონი კი არ უპირისპირდება ერთმანეთს, არამედ გამოიყენება ისეთი ურთიერთშეთანხმებით, რომელშიც თითოეული მასალის თვისებები რაციონალურად არის წარმოდგენილი და პრობლემისადმი ასეთი მიდგომა ნებისმიერი სამშენებლო ფირმისთვის კომერციული თვალსაზრისით მისაღებია.

ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციების კვლევაში, პროექტირებაში, გაანგარიშების მეთოდების შექმნასა და დაზუსტებაში და საკუთრივ მშენებლობაში მნიშვნელოვანი წვლილი ისეთ მეცნიერებს მიუძღვით, როგორებიც არიან: ი. კულიბინი, ვ. შუხოვი, ი. კორობოვი, ს. პესელნიკი, ვ. დერევიაგინი, გ. კარლსენი, ვ. ივანოვი, ვ. ბოლშაკოვი, მ. კაგანი, ა. გუბენკო, გ. სვენციცი, ბ. ოსვენსკი, ი. სლიცკოუხოვი, ა. შენგელია, დ. არლენინოვი, ი. ბოიტემიროვა, ი. ზოტოვა, ა. ფრეიდინი, ლ. კოვალჩუკი, კ. პიატიკრესტოვსკი, ი. ლინკოვი, პ. ჯეკობსი, რ. დევისი, ე. კიდუელი, ვ. კინზი, დ. რობინსონი, დ. ხოორი, ი. ნატერერი, ბ. ბარტელემი, კ. პოლმი, პ. კალიონიემი, რ. ჯონსონი, ო. პეტერსონი, ტ. ლი, ა. ჰაკსევერი, ა. შტამი, ჯ. მაიერსი და სხვ.

საქართველოში ხისა და პლასტმასის კონსტრუქციების განვითარებას შედარებით მოკრძალებული ხასიათი ჰქონდა, თუმცა მაინც შეიძლება ზოგიერთი ქართველი მეცნიერის დასახელება, რომლებიც ამ დარგში მუშაობდნენ და გამოქვეყნებული შრომებითა და პრაქტიკული საქმიანობით თავისი კვალი დააჩნინეს დარგის შესწავლას. ესენია: დ. დოლიძე, პ. ურიდია, ი. ბერიშვილი, ვ. ჯავახიშვილი, ბ. სალუქვაძე, გ. აბაშიძე, ა. გრძელიშვილი, ა. გუგუციძე და სხვ.

იმედს გამოვთქვამთ, რომ მომავალში დამოუკიდებელი საქართველოს სამშენებლო ინდუსტრია თავის კანონიერ ადგილს მიუჩენს საერთო და სპეციალური დანიშნულების ხისა და პლასტმასის კონსტრუქციებს. საჭირო იქნება დამუშავდეს ახალი ტიპის, ქარხნული წესით დამზადებული, დიდგაბარიტიანი კონსტრუქციები, ამაღლდეს დამზადების ხარისხი, მოხდეს კონსტრუქციების სტანდარტიზაცია და უნიფიცირება, რათა ერთნაირი ელემენტებისა და დეტალების გამოყენებით მიღებულ იქნეს კონსტრუქციების უფრო ფართო ნომენკლატურა, შეიქმნას ხის მრეწველობის ნარჩენების და დაბალი ხარისხის მერქნის გადამამუშავებელი წარმოება, ამაღლდეს ხის კონსტრუქციების საექსპლუატაციო მოთხოვნები და კაპიტალურობა საიმედოობის, ცეცხლგამძლეობის და ხანმედევობის გაზრდით ტექნოლოგიისა და კონტროლის მეთოდების სრულყოფის ხარჯზე. აშენდეს დაწებებული ხის კონსტრუქციების მწარმოებელი ქარხანა და მოხდეს მერქანთან ერთად სხვა ტრადიციული მასალების კომპლექსური გამოყენება.

თავი 1. მერქანი, როგორც კონსტრუქციული სამშენებლო მასალა

1.1. საერთო ცნობები ხის მასალის შესახებ. ჯიშები. სორტამენტი.

მერქანი წარმოადგენს ძვირფას სამშენებლო კონსტრუქციულ მასალას. იგი ტყის პროდუქტია, რომლის მარაგი რაციონალური დამზადების პირობებში ექვემდებარება მუდმივ აღდგენას. ტყის მასივებს ჩვენი ქვეყნის საკმაოდ დიდი ფართობი ($\approx 30\%$) უჭირავს და ძირითადად გავრცელებულია მესხეთისა და კავკასიონის მთების მისადგომებთან, აჭარაში, აფხაზეთში, გურიაში და ზემო იმერეთში.

საქართველოს ტყეებში უმეტესად გავრცელებულია ფოთლოვანი ჯიშები (75%), ხოლო წიწვოვანი ჯიშებს შედარებით მოკრძალებული (25%) რაოდენობა უჭირავს. ტყეების საშუალო წლოვანებაა 97 წელი. 1 ჰა ფართობიდან მზადდება 0,46მ³ მასალა, რაც რუსეთის მაჩვენებელს 4-ჯერ ჩამორჩება, ხოლო ევროპული სახელმწიფოების მაჩვენებლებს – 7...8-ჯერ, რაც მკვეთრად მიუთითებს არა მარტო საქართველოს, არამედ რუსეთის მნიშვნელოვან ჩამორჩენას იმ დონესთან შედარებით, რომელსაც მიაღწიეს ტყის რესურსების მერქანწარმოებაში და მერქანგამოყენებაში ევროპულმა სახელმწიფოებმა.

სამშენებლო ინდუსტრიაში ძირითადად გამოიყენება წიწვოვანი ჯიშის მერქანი (ფიჭვი, ნაძვი, ლარიქსი, სოჭი და კედარი), რომელიც ხასიათდება დიდი სიმტკიცით, ხის ტანის სწორი ფორმით, რაც მასალის მოცულობის მაქსიმალური გამოსავლიანობის შესაძლებლობას იძლევა და ნაკლებად ლპობასაშიშია ფოთლოვანი ჯიშებთან შედარებით, რადგანაც მის ტანში ფისების საკმაოდ რეოდენობაა.

წიწვოვანი ჯიშების მერქნისაგან ამზადებენ ხის კონსტრუქციების ძირითად ელემენტებსა და დეტალებს. ყველაზე მაღალი ხარისხით გამოირჩევა **ფიჭვის** მერქანი, რომელიც ხასიათდება სიმსუბუქით, მაღალი სიმტკიცით. აქვს მკვეთრად გამოხატული მუქი-წითელი ან ღია-ყვითელი ფერის გული, დიდი რაოდენობით შეიცავს ფისს (18...20 კგ ფისი 1მ³ მერქანზე). სიმკვრივე მშრალ მდგომარეობაში იცვლება ზღვრებში 4...7,1კგ/მ³. მერქნის გამოსავალი მორის განივკვეთის 80...90% შეადგენს. რაც შეეხება ნაძვს, იგი თვისებებით უახლოვდება ფიჭვს, მაგრამ აქვს დიდი რაოდენობით როკები, ადვილად ლპობადია და ატმოსფერული ზემოქმედებისადმი ნაკლებად მდგრადია. ცვლადი ტენიანობის და ხანგრძლივი საექსპლუატაციო ვადის მქონე კონსტრუქციებში მიზანშეწონილია კონსერვირებული ნაძვის მერქნის გამოყენება.

ლარიქსი (ფოთლოვანა) მდიდარია ფისებით და მშვენიერი სამშენებლო მასალაა იმ კონსტრუქციებისათვის, რომლებიც შეხებაში არიან წყალთან ან გრუნტთან. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ დიდი სიმკვრივის გამო იგი ძნელი დასამუშავებელია, მოითხოვს შრომის ზედმიწევნით ზუსტ ტექნოლოგიას, მიდრეკილება აქვს ბზარების გაჩენისაკენ. მისი მასივებით დაფარულია რუსეთისა და ამერიკის კონტინენტის დიდი ფართობები.

ფოთლოვანი ჯიშები (მუხა, წიფელი, კოპიტი, აკაცია, არყის ხე, ვერხვი, ცაცხვი და სხვ.) თითქმის არ გამოიყენება სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად, რადგანაც დიდი მიდრეკილება აქვთ ლპობისადმი და იმავდროულად დეფიციტურ მასალას წარმოადგენს, ამიტომ მათი გამოყენების სფეროა დროებითი ნაგებობები და შენობები. გამონაკლისს წარმოადგენს მუხა და არყის ხე. მუხისგან ამზადებენ შედგენილი ხის კონსტრუქციებისათვის შემაერთებელ დეტალებს (წირწვიმალეები, სოგმანები), აგრეთვე ქვესადებებს, შუასადებებს, ბალიშებს და მცირე ზომის დეტალებს კონსტრუქციის იმ ადგილებისათვის, სადაც ხდება კუმშვისა და თელვის დიდი ძაბვების თავმოყრა ბოჭკოების მიმართულების განივად ან მერქნის ბოჭკოებისადმი რაღაც კუთხით.

არყის ხის მერქანი შეუცვლელი მასალაა ფანერის წარმოებაში.

სამშენებლო საქმეში, ძირითადად გამოიყენება მრგვალი და დახერხილი ხის მასალა.

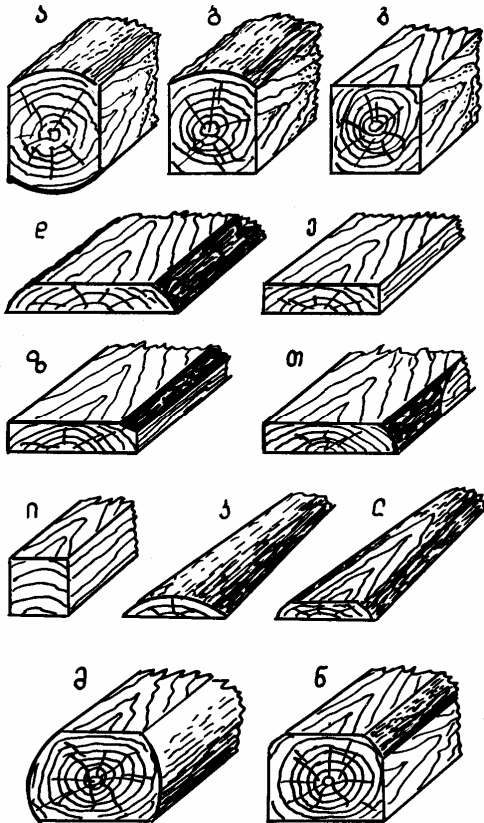
მრგვალი ხის მასალა (მორი) ეწოდება სუფთად ჩამოხერხილი ბოლოებითა და ქერქისა და როკებისგან გაწმენდილ ტანის ნაწილს, რომელსაც დამატებითი დამუშავების გარეშე იყენებენ ანძების, კოშკების, წამწეების, ხარახოების, ქარგილების, ხიდების მოსაწყობად, აგრეთვე ხიმინჯებად საძირკვლების ქვეშ. მორს წაკვეთილი კონუსის ფორმა აქვს და ახასიათებს წოწება (დიამეტრის ცვალებადობა სიგრძეში), რომელიც ყოველ გრძივ მეტრზე შეადგენს 1სმ-ს. დიამეტრი ჩვეულებრივად აიღება წვრილი ბოლოს ზომის მიხედვით. მრგვალი ხის მასალა დიამეტრის შესაბამისად მზადდება კუნძების (40...60 სმ), მორების (16...39სმ), ლატანმორების (8...15სმ) და ლატანების (2...7 სმ) სახით. მორის დიამეტრი მისი სიგრძის შუაში შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულით $d_{ბაშ} = d + 0,4l$, სადაც, d არის წვრილი ბოლოს დიამეტრი, l - მორის სიგრძე. მორების სტანდარტული სიგრძეებია: 4; 4,5; 5; 5,5; 6 და 6,5მ.

დახერხილი ხის მასალა მიიღება მორების გრძივად დახერხვით.

ხის დამამუშავებელი საწარმოების მიერ გამოშვებული პროდუქციის ნომენკლატურას, სადაც თავმოყრილია ყველა საჭირო გეომეტრიული მახასიათებელი ხის მასალის ნაწარმზე, სორტამენტი ეწოდება (დანართი, ცხრ. 11). დახერხილი ხის მასალის სახეები მოცემულია ნახ. 1.1-ზე.

მშენებლობაში ყველაზე მეტად გამოიყენება ფიცარი და ძელი.

ფიცარი ეწოდება ისეთ დახერხილ მასალას, რომლის სიგანე ორჯერ და უფრო მეტად ჭარბობს მის სისქის (ნახ. 1.1, დ, ე, ზ, თ). ფიცრის სისქე იცვლება 1,1...10 სმ-მდე, ხოლო სიგანე – 6...25 სმ. ფიცრის მაქსიმალური სიგრძეა 6,5მ გრადაციით 0,25მ. არსებობს თხელი ფიცარი სისქით $h \leq 3,5$ სმ და სქელი ფიცარი $\geq 3,5$ სმ. თუ ფიცარს ოთხივე გვერდი სუფთად აქვს ჩამორანდული, მას სუფთა ფიცარი ეწოდება (ნახ. 1.1, ე); თუ ორი დიდი გვერდი გარანდული აქვს, მაშინ იგი ნაშურიან ფიცარს წარმოადგენს (ნახ. 1.1, დ).



ნახ. 1.1. დახერხილი ხის მასალის სახეები: ა - ორნაწიბურიანი ძელი; ბ - სამნაწიბურიანი ძელი; გ - ოთხნაწიბურიანი ძელი; დ - ნაშურიანი ფიცარი; ე - სუფთა ფიცარი; ზ - სუფთა ფიცარი ბლაგვი ნაშურით; თ - სუფთა ფიცარი მახვილი ნაშურით; ი - ძელაკი; კ - ნაგვერდული; ლ - ფიცრული ნაგვერდული; მ - ნაშურიანი შპალი (წონალა); ნ - სუფთა შპალი.

ძელი ეწოდება ისეთ მასალას, რომლის განივკვეთის სისქე და სიგანე მეტია 10 სმ-ზე. იგი შეიძლება იყოს ორი -, სამი - და ოთხნაწიბურიანი (ნახ. 1.1, ა, ბ, გ). განივკვეთის მაქსიმალური ზომებია 27,5სმ. პრაქტიკულად ძელი, რომლის განივკვეთის ზომები მეტია 15 სმ-ზე დეფიციტურია, ამიტომ მათი გამოყენება შეზღუდულია.

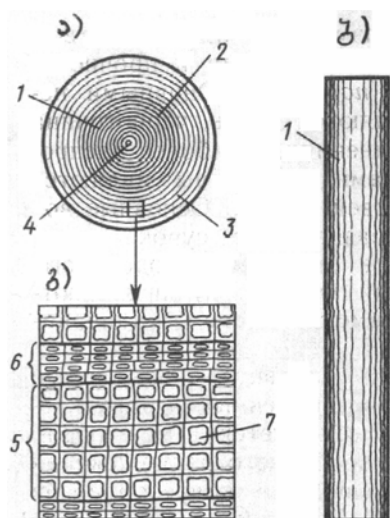
მერქნის დამუშავების სიზუსტის, სისუფთავის და მანკების რაოდენობის მიხედვით დადგენილია ხის მასალის ხარისხები (I, II, III და IV). აქედან მშენებლობაში ძირითადად გამოიყენება II და III ხარისხის მასალა. I ხარისხის მასალას იყენებენ მანქანათმშენებლობაში, გემთმშენებლობაში, ვაგონმშენებლობაში და სხვ., ხოლო IV ხარისხისას – ხის ტარის დასამზადებლად.

1.2. მერქნის აღნაგობა და შემადგენლობა

ხის სამშენებლო კონსტრუქციები ძირითადად მზადდება წიწვოვანი ჯიშის მერქნისაგან, ამიტომ შემოვიფარგლოთ ასეთი ჯიშის მერქნის ანატომიური შემადგენლობის შესწავლით, რომელიც განსხვავდება ფოთლოვანი ჯიშის მერქნისაგან სტრუქტურის სიმარტივითა და ერთგვაროვნებით.

მერქანი ხის პროდუქტია, ამიტომ მას მიღოვანი (ფენოვანი-ბოჭკოვანი) აღნაგობა აქვს. მერქნის ძირითად მასას წარმოადგენს ხის ტანის მიმართულებით განლაგებული ბოჭკოები, რომლებიც წაგრძელებული სწორკუთხოვანი განივკვეთის სიღრუეებიანი უჯრედებისაგან-ტრაქეიდებისაგან შედგება. კედელი კი ორგანული ნივთიერების-ლიგნინის და ცელულოზისაგან რომლის სიგანეა 50მკმ, სიგრძე 3მმ.

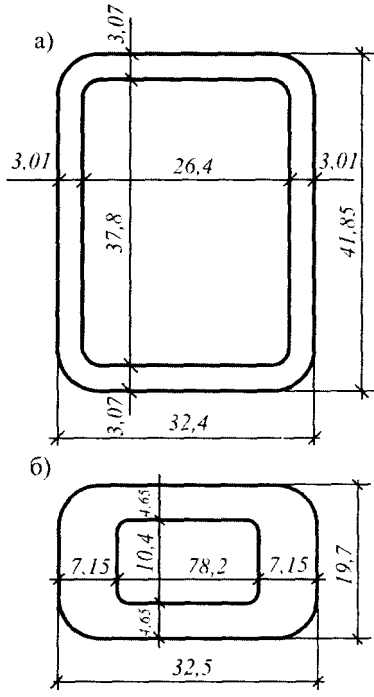
თუ განვიხილავთ ხის ჰორიზონტალურ (ტორსულ) გადანაჭერს (ნახ.1.2) დავინახავთ გულის ირგვლივ კონცენტრულად განლაგებულ წრიულ რგოლებს. თითოეული ასეთი რგოლი შეესაბამება ხის ტანის სისქეში წლიურ ზრდას და მას წლიურ რგოლებს უწოდებენ. ამ რგოლების სისქე იცვლება წლოვანებით ჯიშზე, ზრდის პირობებზე და ტანში ადგილმდებარეობაზე დამოკიდებულებით. ხის გადანაჭერზე წლიური რგოლების რაოდენობა მკაცრად შეესაბამება ხის წლოვანებას.



ნახ. 1.2. წიწვოვანი ჯიშის მერქნის აღნაგობა: ა - ხის ტანის განივკვეთი; ბ - საერთო ხედი; გ - მიკროსტრუქტურა; 1 - მერქნის ბოჭკოები; 2 - გული; 3 - ნაქურთენი; 4 - გულგულა; 5 - ადრეული წლიური ბოჭკოები; 6 - გვიანი წლიური ბოჭკოები; 7 - უჯრედები-ტრაქეიდები.

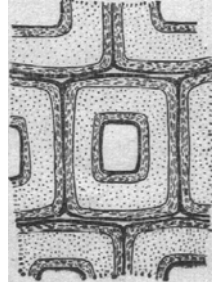
თითოეული წლიური რგოლი შედგება ორი ნაწილისაგან: შინაგანი-უფრო განიერი და ნათელი შრე, გაზაფხულზე წარმოიშობა რბილი, ადრეული მერქნისაგან, როდესაც ხე სწრაფად იზრდება. მის უჯრედებს თხელი კედლები და ფართო სიღრუეები აქვს (ნახ 1. 3, ა); გარეგანი - ვიწრო მუქი შრე, რომელიც მაგარი, ნაგვიანები მერქნისაგან არის შედგენილი და ზაფხულში ჩნდება. მის

უჯრედებს უფრო სქელი კედლები და ვიწრო სიღრუეები აქვს (ნახ. 1. 3, ბ), რის გამოც მერქნის სიმტკიცე დამოკიდებულია მასში ასეთი ნაგვიანები მერქნის ფარდობით შემცველობაზე. მაგალითად, ფიჭვში ის 10...30%-ის ფარგლებში მერყეობს.



ნახ. 1.3. ფიჭვის მერქნის ადრეული და გვიანი ტრაქეიდების განივი ჭრილი.

თანამედროვე კვლევებით დადგენილია, რომ ტრაქეიდის უჯრედის კედელი წარმოადგენს ფენოვან გარსს (ნახ 1. 4.), შედგენილს თხელი პირველადი, სქელი მეორადი, შუა და შიგა ფენებისაგან.



ნახ. 1.4. ტრაქეიდის გარსის აღნაგობის სქემა.

თითოეული ფენა შედგება სპირალურად განლაგებული მიკროფიბრილებისაგან, რომელთა საფუძველს წარმოადგენს კრისტალური ცელულოზა. უჯრედის კედლის შემადგენლობაში განსაკუთრებულ როლს თამაშობს ლიგნინი, თუ მერქნის მაღალი სიმტკიცე გაჭიმვაზე უზრუნველყოფილია ძირითადად ცელულოზის მიკროფიბრილებით, კუმშვაზე სიმტკიცეს განაპირობებს ლიგნინი.

წიწკოვან მერქანს გააჩნია შვეული და ჰორიზონტალური ფისსავალი გზები და ერთრიგა და მრავალრიგა გულგულას სხივები, რომლებიც ასევე ემსახურებიან მერქანში ფისის გადაადგილებას.

1.3. მერქნის ფიზიკურ - მექანიკური თვისებები

მერქნის ფიზიკურ - მექანიკური თვისებებიდან სამშენებლო საქმეში ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანია: ტენიანობა, თბოგამტარობა, ტემპერატურული გაფართოება, სიმტკიცე, სიმკვრივე, სიხისტე და სიმაგრე.

ტენიანობა წარმოადგენს მერქნის ნიმუშში არსებული ტენის მასის შეფარდებას თვით ამ ნიმუშის მასასთან აბსოლუტურად მშრალ მდგომარეობაში. იგი პროცენტებში იზომება და გამოითვლება ფორმულით:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100, \quad (1.1)$$

სადაც G_1 არის ნიმუშის წონა გამოშრობამდე; G_2 - იმავე ნიმუშის წონა გამოშრობის შემდეგ.

ტენიანობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მის თვისებებზე. ყველაზე მაღალი ტენიანობა (200%-მდე) აქვს მდინარეში დაცურებულ მორებს. ახლად მოჭრილი ხის მერქნის ტენიანობა 80...100...%-ია. დასაწყობების პროცესში და შრობისას მერქნის ტენიანობა მცირდება 40, 25, 20 და 10%-მდე. მშრალად ისეთი მერქანი ითვლება, რომლის ტენიანობა $W < 15\%$.

მერქნის დატენიანობა და გამოშრობა იწვევს მისი უჯრედების კედლების ზომების ცვლილებას, რასაც მოსდევს მერქნის ელემენტების გაჯირჯვებისა და შეშრობის დეფორმაციები. იმის გამო, რომ ამ დეფორმაციათა სიდიდეები სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვაგვარია, მერქნის ტენიანობის ცვლილება იწვევს დახერხილი ხის მასალის დაბრეცას, დააფრაკებას და ბზარების გაჩენას, ხოლო მომატებული ტენიანობა (20%) ლპობის ძირითადი მიზეზია.

ტენიანობის გაზრდა-შემცირებით 30%-მდე ხდება მაქსიმალური შეშრობა და გაჯირჯვება ბოჭკოების განივად, ანუ წლიური რგოლების მართობულად და აღწევს 4%, ხოლო ტანგენციალური მიმართულებით - წრიული რგოლების პარალელურად იზრდება 10%-მდე. მათი მინიმალური მნიშვნელობაა 0,3% ბოჭკოების გრძივად 30% ზევით ტენიანობის გაზრდისას, თავისუფალი წყლის ხარჯზე, მერქნის შეშრობა და გაჯირჯვება არ ხდება.

პრაქტიკაში მიღებულია, რომ სხვადასხვა ტენიანობის მქონე მერქნის სიმტკიცეების მახასიათებლები დაყავთ სტანდარტულ ტენიანობაზე (12%) ფორმულით:

$$B_{12} = B_w [1 + \alpha(w - 12)], \quad (1.2)$$

სადაც B_{12} არის საძიებელი სიმტკიცე 12% ტენიანობისას; w - ტენიანობა გამოცდის მომენტში; B_w - მერქნის სიმტკიცის ზღვარი ფაქტიური ტენიანობისას; α - შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც მერქნის ჯიშისაგან დამოუკიდებლად ტოლია: კუმშვისა და ღუნვის დროს 0,04, გაჭიმვაზე - 0,01, ხოლო ახლენის დეფორმაციის დროს - 0,03.

მერქანში შეიძლება იყოს ორი სახის წყალი (ტენი) - შეკავშირებული (ჰიგროსკოპული) და თავისუფალი (კაპილარული). შეკავშირებული წყალი იმყოფება მერქნის ბოჭკოების შიგნით, ხოლო თავისუფალი - ავსებს სიცარიელეს ბოჭკოებს შორის. მათ გარდა მერქანში შეიძლება იყოს აგრეთვე ქიმიურად შეკავშირებული წყალი, რომელსაც მხოლოდ მერქნის ქიმიური გადამუშავების დროს აქვს მნიშვნელობა.

მერქნის ბოჭკოებში შეკავშირებული წყლის მაქსიმალურ რაოდენობას **ჰიგროსკოპულობის (გაჯერების) ზღვარი** ეწოდება. ასეთ მდგომარეობაში მერქნის ტენიანობა დამოკიდებულია ჰაერის ფარდობით ტენიანობაზე და ტემპერატურაზე. გაჯერების ზღვრის ზემოთ მერქნის ტენიანობის გაზრდა შესაძლებელია მხოლოდ თავისუფალი წყლის ხარჯზე.

უნდა გავითვალისწინოთ, რომ სქელ მასალაში (მორები, ძელები) ტენიანობა გულისკენ მაღალია, ზედაპირებისკენ კი დაბალი, რაც იწვევს განივკვეთში ტენიანობის უთანაბრობას.

თბოგამტარობა მერქნის მილოვან - ფოროვანი სტრუქტურის გამო ძლიერ მცირეა, განსაკუთრებით ბოჭკოების განივად, რაც სხვა საშენ მასალებთან შედარებით მერქანს საშუალებას აძლევს გამოყენებულ იქნეს, როგორც კარგი თბოსაიზოლაციო მასალა, განსაკუთრებით შენობა-ნაგებობების მსუბუქი

შემომფარგვლელი კონსტრუქციებისათვის. მაგალითად, 15სმ სისქის ხის კედელი თბოგამტარობის მხრივ 2,5-იანი აგურის კედლის იდენტურია.

ტემპერატურული გაფართოება: გამოცდილება გვაჩვენებს, რომ მერქნის სიმტკიცის ზღვარი და დრეკადობის მოდული ტემპერატურის მომატებისას მცირდება, რაც იწვევს ხის კონსტრუქციების დეფორმაციის ზრდას. ამდღებულ ტემპერატურაზე სიმტკიცის კლება ძირითადი მიზეზი ხდება ზაფხულის ცხელ თვეებში ხის კონსტრუქციების ელემენტების რღვევისა, მაშინ როცა ელემენტებში ძაბვები უფრო ნაკლებია, ვიდრე ზამთრის თვეებში.

უარყოფითი ტემპერატურის შემთხვევაში მერქანში მყოფი ტენი ყინულად იქცევა, მიიღება ე.წ. გაყინული მერქანი, რომლის სიმტკიცე კუმშვაზე, განივ ღუნვაზე და ახლენაზე იზრდება, მაგრამ მერქანი უფრო მყიფე ხდება და მასში წარმოიქმნება ბზარები.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე მერქნის სიმტკიცის ექსპერიმენტული მეთოდებით განსაზღვრისას, მხედველობაში მიიღება არა მარტო ტენიანობა, არამედ ექსპლუატაციის პირობების შესაბამისი ტემპერატურა. ამა თუ იმ ტემპერატურაზე მერქნის სიმტკიცის ზღვრის გამოთვლა წარმოებს სტანდარტულ $20^{\circ}C$ ტემპერატურაზე დაყვანის გზით, ფორმულით:

$$\sigma_t = \sigma_{20} - \beta(t - 20), \quad (1.3)$$

სადაც σ_t არის მერქნის სიმტკიცე მოცემულ ტემპერატურაზე $^{\circ}C$; σ_{20} - იგივე $20^{\circ}C$ ტემპერატურაზე; β - ტემპერატურის შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც აიღება ცხრილიდან (დანართი, ცხრ. 24).

1.3 ფორმულა გამოიყენება $10...50^{\circ}C$ ტემპერატურის დიაპაზონში. $20^{\circ}C$ ტემპერატურაზე გადაანგარიშება უნდა მოხდეს ტენიანობაზე გადაანგარიშების შემდეგ.

ტემპერატურულ-ტენიანობის პირობების მიხედვით ხის კონსტრუქციები დაყოფილია ოთხ ჯგუფად – A, B, B, Г. A ჯგუფში შედის კონსტრუქციები, რომლებსაც მუშაობა უხდებათ გამთბარ შენობებში; B - ცივ შენობებში; B - ღია ცის ქვეშ Г - წყალში, ან გრუნტთან შეხებაში. (დანართი, ცხრ. 4)

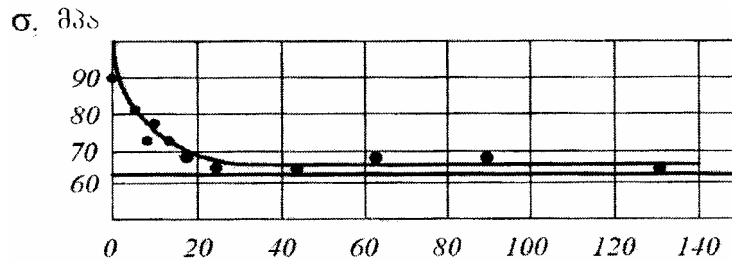
სიმტკიცე. მერქანს საკმაოდ მაღალი სიმტკიცე ახასიათებს ძალის მოქმედებისას ბოჭკოების გასწვრივ. ამ დროს ბოჭკოების უჯრედების გარსი მუშაობს ყველაზე ხელსაყრელ პირობებში და მერქანს გააჩნია მაქსიმალური სიმტკიცე. მაგალითად, სუფთა ფიჭვის მერქნის სიმტკიცის ზღვრის საშუალო მნიშვნელობებია: გაჭიმვაზე - 100მპა, ღუნვაზე - 75მპა, კუმშვაზე - 40მპა, მაგრამ რეალურ კონსტრუქციებში არ ხერხდება ასეთი მაღალი სიმტკიცის სრული გამოყენება, რადგანაც ხის კონსტრუქციების მზიდუნარიანობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რეალური მერქნის ბუნებრივი მანკები – ბზარები, როკები, ირიბობოჭკოიანობა, ორგულიანობა, აგრეთვე კონსტრუქციაზე დატვირთვების მოქმედების მიმართულეობა და ხანგრძლივობა.

ბოჭკოების განივი მიმართულებით ძალის მოქმედების დროს უჯრედის გარსები ადვილად იჭყლიტება ან შრეებად იშლება, ამიტომ კუმშვაზე, გაჭიმვაზე, ახლენაზე მერქნის სიმტკიცე დაბალია და არ აღემატება 6,5მპა-ს.

გარდა აღნიშნულისა მერქნის სიმტკიცე დამოკიდებულია მის მიღოვანობაზე, ანიზოტროპიულ და არაერთგვაროვან აღნაგობაზე, აგრეთვე ხის ჯიშზე, ნაგვიანები მერქნის პროცენტულ შემცველობაზე, ტენიანობაზე, ტემპერატურასა და სხვა ფაქტორებზე.

მერქნის სიმტკიცეზე დიდ გავლენას ახდენს დატვირთვების მოდების სიჩქარე და ხანგრძლივობა. სტანდარტული ნიმუშების გამოცდით დადგენილია, რომ რაც მეტია დატვირთვა (ძაბვა), მით უფრო სწრაფად ირღვევა ნიმუში. ასევე ექსპერიმენტებით დადგენილ იქნა, რომ მერქნის წინაღობა დატვირთვის ხანგრძლივობასთან ერთად მცირდება და მიისწრაფის გარკვეული მუდმივი

სიდიდისაკენ, რომელსაც მერქნის ხანგრძლივი წინალობის ზღვარი ეწოდება. ამის შემდეგ, რაც არ უნდა ხანგრძლივად მოქმედებდეს დატვირთვა, ნიმუში არ ირღვევა (ნახ. 1.5).



ნახ. 1.5. მერქნის ხანგრძლივი წინალობის მრუდი.

მერქნის ხანგრძლივი წინალობა დროებითისაგან განსხვავებით მერქნის სიმტკიცის რეალურ მახასიათებელს წარმოადგენს.

14. მერქნის დაცვა ღვობის, ხანძრის და ენტომოლოგიური მავნებლებისაგან

მერქანი, თავისი მრავალი დადებითი თვისებით, წარმოადგენს ძვირფას კონსტრუქციულ სამშენებლო მასალას, მაგრამ ამავე დროს ნაკლებად საიმედოა ექსპლუატაციაში, ვიდრე რკინაბეტონი, ლითონი, ქვა ან აგური.

რადგანაც მერქანი ორგანული წარმოშობის მასალაა, იგი ადვილად ექვემდებარება ღვობას და დაშლას ცეცხლის ზემოქმედების დროს, ამიტომ ხის კონსტრუქციების დაპროექტების და დამზადების პროცესში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება მათ დაცვას ღვობისა და ცეცხლისაგან.

მერქანი ექსპლუატაციის მთელ პერიოდში განიცდის ცვლილებებს ფოტოქიმიური, ფიზიკური, მექანიკური, ბიოლოგიური ფაქტორების, აგრეთვე გარემოს ზემოქმედების გამო. გარდა ამისა ატმოსფერული ზემოქმედების გავლენის სახე და ხარისხი დამოკიდებულია მერქნის ჯიშზე, სტრუქტურაზე და მისი ზედაპირის დამუშავების ხერხზე.

მშენებლობის პერიოდში მერქნის დაცვა პირველ რიგში ითვალისწინებს ტენიანობის გავლენის შეზღუდვას ან გამორიცხვას. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მერქნის ძლიერი დატენიანება იწვევს კონსტრუქციების შემოშლის და გაჯირჯეების დეფორმაციებს, აგრეთვე ბზარების გაჩენას, რაც უარყოფითად მოქმედებს მის სიმტკიცეზე, ხანმედგობაზე და გარეგან სახეზე. გარდა ამისა, სისველე ხელს უწყობს სახლის სოკოების გაჩენას, რომლებიც შლიან მერქანს. ასეთ მერქანს მეტად ეტანება მერქანჭამია მწერები (ხოჭოები, თერმიტები, მოლუსკები და სხვ.), რომელთაგან მერქნის დასაცავად სასხვენო გადახურვების „სასმენ ფანჯარებზე“ აკრავენ სუფთა ნაქსოვ ბადეებს.

მასალის ტრანსპორტირებისა და დაშტაბელებისას იგი დაცული უნდა იყოს ატმოსფერული ნალექების პირდაპირი მოხვედრისაგან. არ შეიძლება ხის დეტალების შეფუთვა ჰაერგაუმტარ მასალაში 8...10 დღეზე მეტი ხნით, რადგანაც ამ დროს მერქანს უნდება ობი და სხვადასხვა ბაქტერიები, რომლებიც ასევე ხელს უწყობენ მის დაშლას და ხარისხის დაქვეითებას.

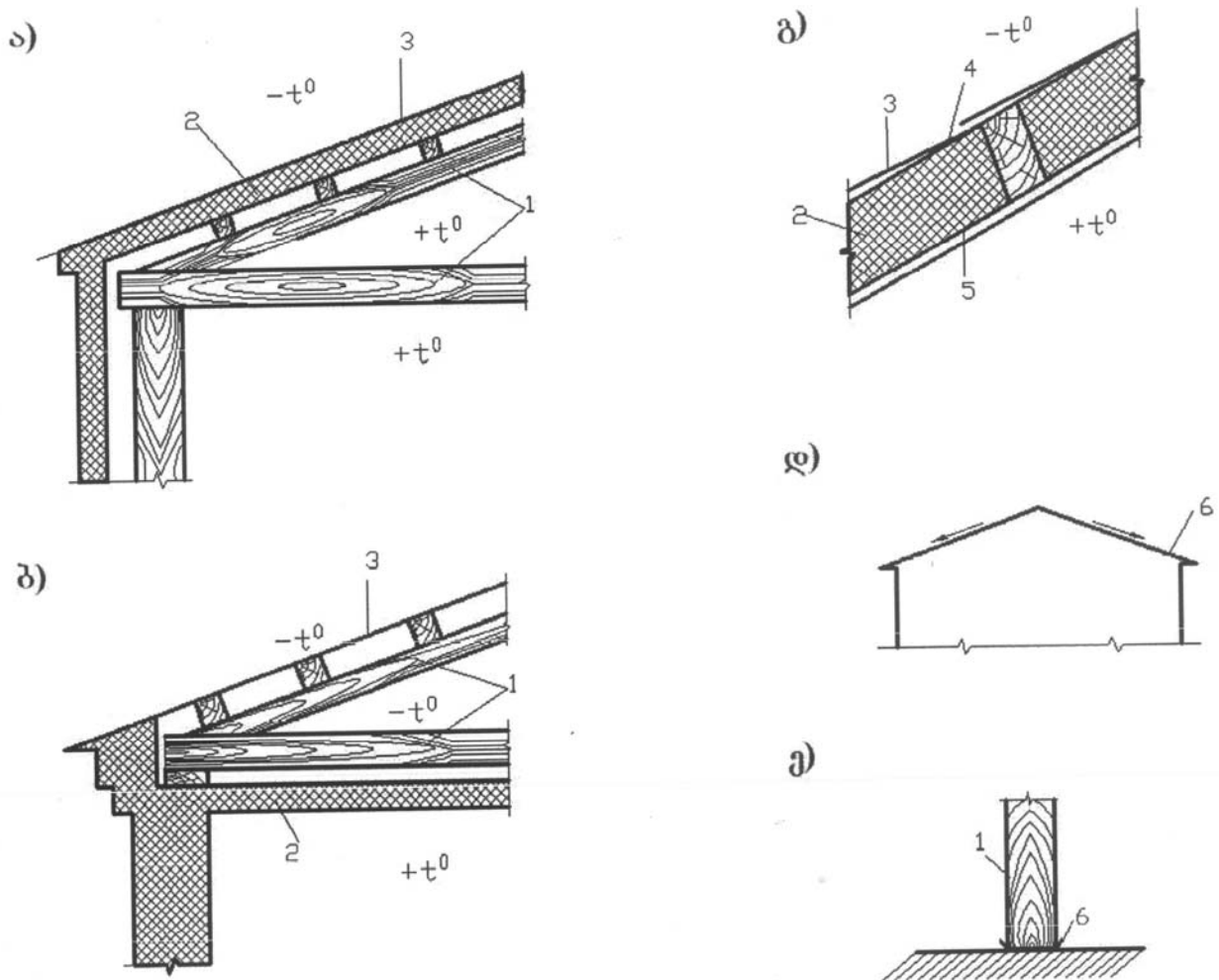
ხის კონსტრუქციები, რომლებიც ექსპლუატაციას განიცდის ღია ცის ქვეშ, აუცილებლად უნდა დამუშავდეს ქიმიურად და დაფარული წყალში უხსნადი საღებავებით.

ჰაერზე მყოფი ელემენტების ტენისაგან დასაცავად მიმართავენ შემდეგ კონსტრუქციულ ღონისძიებებს:

- სახურავის საკმაოდ დიდი შვერის მოწყობა;
- ფასადებს დაშორებული ჩაშენებული დეტალების მოწყობა;
- სახურავიდან წყლის სწრაფი გადაყვანა;

- მიწის დონიდან ხის ელემენტების დაშორება არანაკლებ 30სმ-ისა წყლის შხეფებისაგან დასაცავად;
- კონსტრუქციის და შეფიცვრისათვის რაციონალური პროფილების შერჩევა;
- შენობაზე საფარველის, საცვრეს, წვეთოვანი არხების და სხვათა სწორი განლაგება;
- წყლის შემკრები კუთხეების, ღარების, პირაპირების შესაძლო მინიმალური რაოდენობა;
- დასველებული ელემენტების სწრაფი შრობის უზრუნველყოფა.

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ხის კონსტრუქციების კონსტრუქციულ დაცვას ლპობისაგან (ნახ. 1.6). იგი უზრუნველყოფს კონსტრუქციების ექსპლუატაციის ისეთ რეჟიმს, როდესაც ტენიანობა არ აღემატება ლპობისათვის ხელშემწყობ დონეს. დახურულ შენობაში ხის ელემენტების დაცვას უზრუნველყოფს მაღალი ხარისხის წყალგაუმტარი ბურული. სახურავს უნდა ქონდეს აუცილებელი ქანობი და მათში არ უნდა მოეწყოს წყლის შიგა გადაყვანისათვის საჭირო წყალშემკრები მილები და შენადარები. კაპილარული ტენისაგან დასაცავად ბეტონსა და მერქანს შორის ეწყობა ბიტუმის ჰიდროიზოლაცია. ხის კონსტრუქციების დაყრდნობა საძირკველზე ხდება იატაკის ნიშნულის ზევით 20...30სმ-ზე.



ნახ. 1.6. მერქნის კონსტრუქციული დაცვა ლპობისაგან; ა - უსხვენო დათბურებული სახურავი; ბ - სხვენიანი დათბუნებული სახურავი; გ - დაცვა კონდენსატისაგან; დ - დაცვა ატმოსფერული ნალექებისაგან; ე - დაცვა კაპილარულ ტენისაგან; 1 - კონსტრუქცია; 2 - თბოიზოლაცია; 3 - ბურული; 4 - სასულე; 5 - ორთქლიზოლიაცია; 6 - ჰიდროიზოლაცია.

კონსტრუქციების დატენიანება ჰაერის კონდენსატით რომ არ მოხდეს, სახურავში ეწყობა ორთქლსაიზოლაციო ფენა და სასულე ხვრელები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ განიავებას. მერქნის კარგი განიავება ხელს უწყობს მის გამომშრობას ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში და პრაქტიკულად გამორიცხავს ლპობას.

გარდა აღნიშნულისა, მიღებული უნდა იყოს სიფრთხილის შემდეგი ზომები: შეერთებებში გამოყენებული ლითონის დეტალები უნდა იყოს უჟანგავი ან მოთუთიებული; ჰორიზონტალური ან დახრილი ხის ზედაპირები ყოველთვის დაცული უნდა იყოს ბურულით; ხის ელემენტებს შორის ნაკერები ისე უნდა განვალაგოთ, რომ სახიფათო შედეგის გარეშე შეიძლებოდეს ელემენტის გამოცვლა და შეკეთება.

ნესტიან და სველ სათავსებს, როგორებიცაა სამზარეულო, სააბაზანო, საშხაპე, ცხენსადგომი, საძროხე, საღორე და სხვ., უნდა ქონდეთ საკმარისი საშუალებები განიავებისათვის, რათა ჰაერის საშუალო ფარდობითი ტენიანობა შეძლებისდაგვარად იყოს დაბალი.

მაღალი ტენიანობის პირობებში მომუშავე ხის ელემენტები მოითხოვს განსაკუთრებულ ჭიმურ დაცვას ლპობისაგან. მუდმივად სველ მდგომარეობაში მომუშავე ხის ელემენტები, რომლებიც დამუშავებულია ჭიმურად, მუშაობს მინიმუმ 20 წელს მაინც. სველი სათავსების შიგა შეფიცვრისათვის გამოიყენება მხოლოდ ტენმედეგი მერქანი (ნაძვი, ლარიქსი, მუხა).

უსარდაფო შენობებში პირველი სართულის ხის იატაკის მოწყობის შემთხვევაში იატაკი მიწის დონიდან აშორებული უნდა იყოს მინიმუმ 30 სმ-ით და ეს სივრცე კარგად უნდა ნიავედოდეს. მიწის ზედაპირს ფარავს ორთქლსაიზოლაციო მასალით (პოლიეთილენის აფსკი).

სხვა მასალასთან (მიწა, ლითონი, ბეტონი) შეხებაში მყოფმა მერქანმა ტენი რომ არ მიიღოს, საჭიროა მათ შორის უნაკერო ჰიდროსაიზოლაციო ფენა.

მერქნის ლპობა ხისმრღვევი სოკოების ცხოველმოქმედების შედეგია, ხე მათთვის წარმოადგენს საკვებს. სოკოებით დაზიანებული მერქანი ფერს იცვლის და ხდება მურა ან ყავისფერი, მცირდება მისი მექანიკური სიმტკიცე. პროცესს თან ახლავს მერქნის სკდომა და ბოლოს, მისი დაშლა. არსებობს ხისმრღვევი სოკოების სამი ჯგუფი: ტყის, საწყობის და სახლის. საერთოდ კი მათი ნაირსახეობები 1000 აღემატება,

ტყის სოკოები აზიანებს ცოცხალ ხეებს ტყეში და ამდენად ხის კონსტრუქციებისათვის ისინი უშუალოდ საშიში არ არიან. ტყის სოკოებით დაავადებული მერქანი დაბალი ხარისხის მასალას მიეკუთვნება, თუმცა მშენებლობაში მისი გამოყენება შეზღუდული არ არის.

საწყობის სოკოები ჩნდება უკვე მოჭრილ ხეებზე, რომლებიც შეხებაში არიან გრუნტთან – მათი შენახვისას ტყეში, საწყობებში ან ხანგრძლივი ტრანსპორტირების დროს. ამ სოკოებს ზოგჯერ დეფექტურ მდგომარეობამდე მიყავთ ღია ჰაერზე მომუშავე სამშენებლო კონსტრუქციები (სვეტები, ანძები, კოშკები, ხიდები) ან მათი ნაწილები.

სოკოების შორის ყველაზე მავნესა და საშიშს წარმოადგენს სახლის სოკოები. რომლებიც მერქანს არღვევს ხის კონსტრუქციების ექსპლუატაციის დროს. ასეთებია: ჩვეულებრივი, თეთრი, აფსკისმაგვარი და მადაროს სოკოები.

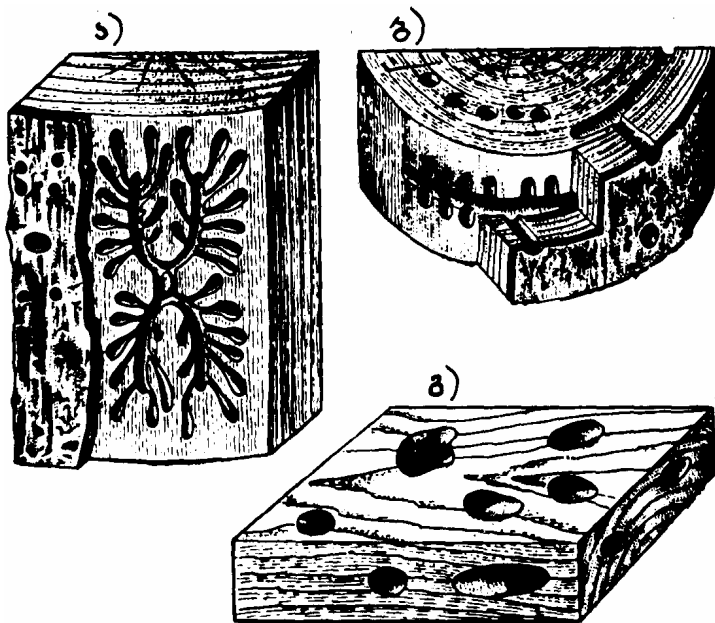
ღონისძიებები მერქნის ლპობისაგან დასაცავად უნდა დავიწყოთ მასალის დამზადების, ტრანსპორტირების და შენახვის მომენტიდან და გავაგრძელოთ შენობების მთელი ექსპლუატაციის განმავლობაში. რადგანაც მერქნის იზოლირება სოკოების გამჩენი სპორებისა და დადებითი ტემპერატურისაგან პრაქტიკულად შეუძლებელია, ზოგიერთი იშვიათი გამონაკლისის გარდა (წყალქვეშა ნაგებობები), მერქნის ლპობისაგან დაცვის ძირითად ღონისძიებებს მიეკუთვნება სტერილიზაცია, კონსტრუქციული და ჭიმური მეთოდები.

მერქნის სტერილიზაცია წარმოადგენს მაღალტემპერატურული შრობის საშუალებას ჰაერზე ან კამერებში. კონსტრუქციული დაცვა გულისხმობს ხის კონსტრუქციების ექსპლუატაციის ისეთი რეჟიმის შექმნას, როდესაც მერქნის ტენიანობა ვერ აღწევს ლპობისათვის საჭირო კრიტიკულ დონეს, ხოლო ქიმიური დაცვა აუცილებელია იმ შემთხვევებში, როდესაც მოსალოდნელია კონსტრუქციის დატენიანება (ხიდები, ანძები, კოშკები, ხიმინჯები, ესტაკადები, ელექტროენერჯის გადამცემი სადენების საყრდენები და სხვ.). ამ კონსტრუქციების ლპობისაგან ქიმიური დაცვა ხდება მათი გაუღენტოვით ან დაფარვით სოკოების მომწამლავი ნივთიერებებით – ანტისეპტიკებით, რომლებიც ძირითადად ორი სახისაა: ზეთოვანი (პეტროლატუმი, პარაფინი, ბიტუმი, გოგირდი, მცენარეული ზეთები, სილიციუმის ორგანული პოლიმერები, პოლიეთილენგლიკოლი) და წყალში ხსნადი (ფტორი, დინიტროფენოლი, ნატრიუმის ქლორიდი, პენტაქლოროფენოლი, თუთიის ქრომქლორიდი).

გარდა სოკოებისა, ხის კონსტრუქციებს საგრძნობ ზიანს აყენებს ბიოლოგიური (ენტომოლოგიური) მავნებლები – მწერები და მოლუსკები (სიპინები), რომელთაგან ყველაზე მეტადაა გავრცელებული ხოჭოები (სახლის, ავეჯის, უღვაშა, გრძელცხვირა, ხიმინჯის), ტერმიტები, პრასიკურო და ზღვის ხის მღრღნელები (ლიმნორია, ხელიურა, ხომალდის ჭია და სხვ.).

ბიოლოგიური მავნებლებისაგან მერქნის დაზიანების კლასიკური მაგალითია ჭიანჭამები (ნახ. 1.7), რომელიც შეიძლება იყოს ზედაპირული ან სიღრმითი. მერქნის ძირითადი დამზიანებლებია არა ზრდადასრულებული მწერები, არამედ მათი ჭუპრები, რომლებიც იკვებებიან მერქნით და მისი ქერქით, მწერები ძირითადად აზიანებენ წიწვოვანი ჯიშის მერქანს.

ბიოლოგიური მავნებლებისაგან და მღრღნელი ხოჭოებისაგან მერქნის დასაცავად ყველაზე ეფექტურია მერქნის გადახურება 80°C და მეტ ტემპერატურაზე, რომლის დროსაც ეს მავნებლები მთლიანად ისპობა, აგრეთვე მასალის ქიმიური დამუშავება ზეთოვანი საღებავებით (ანტისეპტიკებით). ექსპლუატაციაში მყოფ კონსტრუქციებში მავნებლებისა და მათი მატლების განადგურებისათვის მიმართავენ შებოლვას საწამლავი გაზებით და ხვრელებში საწამლავი ნივთიერებების ხსნარების შესხურებას.



ნახ. 1.7 ჭიანჭამები: ა - ზედაპირული; ბ - სიღრმითი მრგვალ მასალაში; გ - სიღრმითი დახერხილ მასალაში.

ხის კონსტრუქციებისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს მათ დაცვას ცეცხლისაგან და მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებისაგან. მნიშვნელოვანი

გახურება იწვევს მერქნის თერმულ დაშლას, რომლის დროსაც გამოიყოფა ნახშირბადის შემცველი სხვადასხვა გაზები: მხუთავი (CO), ნახშირორჟანგი (CO_2), მეთანი (CH_4), ეთილენი (C_2H_4), პროპანი (C_3H_8), აგრეთვე წყლის ორთქლი. ეს გაზები უერთებიან რა ჟანგბადს, წარმოშობენ ალს – წვის ძირითად ნიშანს. წვის პროცესი მიმდინარეობს სითბოსა და სინათლის გამოყოფით და მას ორი ფაზა ახასიათებს: ალისებური წვა და ნახშირის ღვივილი.

მერქნის აალება შეიძლება მოხდეს როგორც ცეცხლთან შეხებით, ისე ცხელი გაზების ზემოქმედებით. დასაწყისში, ტემპერატურის აწევით მერქანში სწრაფად ორთქლდება ტენი და ვიდრე მისგან მთლიანად არ განთავისუფლდება მერქანი, მისი ტემპერატურა არ აღემატება $100^{\circ}C$. ტემპერატურის აწევით $150...210^{\circ}C$ -მდე მერქანი შრება, იცვლის ფერს (ყვითელდება) და ჩნდება ქიმიური დესტრუქციის (პიროლიზის) პირველი ნიშანი – დანახშირება. აალება იწყება $210^{\circ}C$ ტემპერატურის ზევით და მასალა გადადის წვის ეგზოთერმულ სტადიაში (სითბოს გამოყოფა). $260^{\circ}C$ ტემპერატურაზე კი უკვე იწყება გამოყოფილი ნივთიერებების ხანგრძლივი და მყარი წვა და შესაბამისად ტემპერატურის აწევა, ხოლო $450^{\circ}C$ -ს ზევით ალით წვა გადადის ნახშირის უალო წვაში და ტემპერატურა აღწევს $900^{\circ}C$ -ს.

ხის კონსტრუქციების ცეცხლისაგან დაცვის ორი გზა არსებობს - **კონსტრუქციული** და **ქიმიური**. კონსტრუქციული ითვალისწინებს სათავის რაციონალურ დაპროექტებას და ნაგებობის ოპტიმალური ზომების შერჩევას. კონსტრუქციული მოთხოვნებით შეზღუდულია ხის შენობის სართულიანობა და ფართობი. კედლებში და გადახურვებში ჰაერის სივრცეები (უბნები) ერთმანეთისაგან გამოიყოფა ხანძარსაწინააღმდეგო დიაფრაგმებით, რომლებიც მზადდება უწვი მასალისაგან. გათბობისათვის საკედლე ღუმელების გამოყენების შემთხვევაში საკვამლე მილები იზოლირებული უნდა იყოს კედლებისაგან. კონსტრუქციულ ზომებს მიეკუთვნება აგრეთვე კედლებზე აზბესტ-ცემენტის თხელი ფურცლების, ალუმინის, ალუმინის ფოლგის და პოლიმერული უწვი აფსკების აკვრა ხანძრის საწინააღმდეგოდ.

ცეცხლისაგან ხის კონსტრუქციების დაცვის ქიმიურ საშუალებებს მიეკუთვნება ზედაპირული დაფარვა და ღრმა გაუღენტვა ანტიპერინების გამოყენებით. ზედაპირული დაფარვისათვის იყენებენ სხვადასხვა სახის ლაქებსა და ემალს.

ზედაპირული დაფარვის ეფექტი დამყარებულია იმაზე, რომ ტემპერატურის ზემოქმედების შედეგად ეს ლაქები და ემალები აფუვდებიან და გარკვეული დროის განმავლობაში არ აძლევენ ცეცხლს მასალის ზედაპირთან შეხების საშუალებას, რაც ხელს უწყობს წვის პროცესის დაწყების გადავადებას.

ხის კონსტრუქციების გაანგარიშებისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული მათი ცეცხლმედეგობა. სამშენებლო ნორმების შესაბამისად ყოველ კონსტრუქციულ ელემენტს, შენობის ცეცხლმედეგობის მიხედვით გააჩნია თავისი ცეცხლმედეგობის ზღვარი, რომელიც რიცხობრივად მერყეობს $0,25...2,5$ სთ შორის.

სამშენებლო კონსტრუქციების და მათი ელემენტების ცეცხლმედეგობა არის უნარი ხანძრის პირობებში შეინარჩუნონ ზიდვის უნარი, აგრეთვე წინააღმდეგობა გაუწიოს გამჭოლი ხვრელების (ღიობების) წარმოქმნას და მასალის კრიტიკულ ტემპერატურამდე გაცხელებას (CT CЭB 384-76). მერქნის ცეცხლმედეგობის ზღვარი განისაზღვრება იმ მონაკვეთით, რომლის განმავლობაში მერქანი არ კარგავს თავის საექსპლუატაციო თვისებებს და

წარმოადგენს დროს (საათებში ან წუთებში) ცეცხლის მოქმედების დაწყებიდან, ვიდრე არ დადგება კონსტრუქციისათვის ერთ-ერთი ზღვრული მდგომარეობა.

შენობები და ნაგებობები ცეცხლმედეგობის თვალსაზრისით იყოფა ხუთ ხარისხად, რომლებიც განისაზღვრებიან ძირითადი კონსტრუქციების ცეცხლმედეგობის და ცეცხლის გავრცელების ზღვრების მიხედვით. რაც უფრო მეტია ცეცხლმედეგობის ზღვარი და ნაკლებია ცეცხლის გავრცელების ზონა, მათ უფრო მაღალია შენობის ცეცხლმედეგობის ხარისხი. მაგალითად, I ხარისხის ცეცხლმედეგობის მქონე ნაგებობას აშენებენ ცეცხლგამძლე მასალისაგან, ხოლო V ხარისხისათვის ცეცხლმედეგობის და ცეცხლის გავრცელების ზღვრები ნორმირებული არაა. შენობების დაპროექტების დროს აუცილებელია ნაგებობების ფაქტიური ცეცხლმედეგობის ზღვარი ($\Pi_{ფ}$) მეტი იყოს მის საჭირო მნიშვნელობაზე ($\Pi_{საჭ}$). ხანძარსაშიშროების მოთხოვნაც სწორედ იმაში მდგომარეობს, რომ შესრულებული იქნას პირობა ($\Pi_{ფ} \geq \Pi_{საჭ}$).

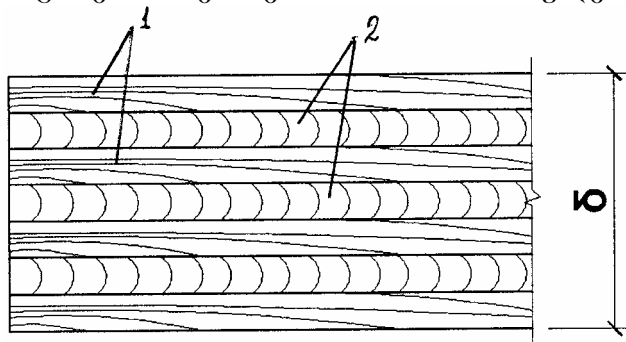
შეკიდებული ჭერის მოწყობის შემთხვევაში მისი კარკასის ელემენტები უნდა დამზადდეს ცეცხლგამძლე მასალისაგან.

შენობის ცეცხლმედეგობის ხარისხისაგან დამოუკიდებლად ბურული, ნივნივები, სასხვენო გადახურვის შეფიცვრა, იატაკი, კარებები, ჭიშკრები, ფანჯრისა და შუქფარნის ალათები, კედლების და სხვენის მოპირკეთება დასაშვებია განვახორციელოთ წვადი მასალისგან. ამავე დროს ნივნივების და სასხვენო გადახურვის შეფიცვრას უნდა ჩაუტარდეს ცეცხლისაგან დაცვის ღონისძიებები.

მზიდი ხის კონსტრუქციების ცეცხლმედეგობის ზღვრის დადგენა ხორციელდება ექსპერიმენტული და თეორიული გზით. ექსპერიმენტული გზა დაკავშირებულია მასალების, ფინანსების და დროის დიდ დანაკარგთან, ამიტომ პრაქტიკული თვალსაზრისით უფრო მისაღებია ცეცხლმედეგობაზე გაანგარიშების თეორიული გზა სპეციალური გამოცდების ჩატარების გარეშე.

1.5. სამშენებლო ფანერი

სამშენებლო ფანერი (ფირფიცარი) კონსტრუქციული, მრავალფენიანი, ქარხნული წესით დამზადებული ფურცლოვანი სამშენებლო მასალაა. იგი შედგება კენტი რაოდენობის შპონების თხელი ფენებისაგან. შპონები მზადდება არყის ხის ან სხვა წიწვოვანი ჯიშის მერქნისაგან. მეზობელი შპონების ბოჭკოები ურთიერთმართობი მიმართულებითაა განლაგებული (ნახ. 1.8), ხოლო ფანერის გარე შპონებს ერთნაირი მიმართულება აქვთ.



ნახ. 1.8 სამშენებლო ფანერის განივკვეთის დეტალი: 1 - გრიძივი ფენა; 2 - განივი ფენა.

სამშენებლო საქმეში ძირითადად გამოიყენება დაწებებული და დაბაკელიტებული წყალმდეგი ფანერი. ფანერის შპონების დაწებება ხდება ფენოლფორმალდეჰიდური ტიპის წყალმდეგი სინთეზური წებოების გამოყენებით, რაც იძლევა ამაღლებული წყალმდეგობის მარკის ფანერს, რომლის გამოყენება დაშვებულია ტენიანობის ყველა ჯგუფის შენობა-ნაგებობების კონსტრუქციებში.

დაწებებული ფანერის ფურცლების სისქეა 1,5...12მმ; სიგრძე - 2240, 2135, 1525, 1220მმ; სიგანე - 1525, 1220 და 725მმ. ამათგან პრაქტიკაში ყველაზე მეტადაა გავრცელებული შვეიდფენიანი ფანერი სისქით 8...12მმ და ფურცლის ზომებით 1525x1525მმ. 15მმ-ზე მეტი სისქის ფანერს ფანერის ფილები ეწოდება და მისი სისქე 120მმ-ს აღწევს.

დაბაკელიტებულ ფანერს ისეთი აგებულება აქვს, როგორც დაწებებულს, მაგრამ მისი გარე ფენები (ან ერთი გარე ფენა) არა მარტო შეწებებულია შუა ფენებთან, არამედ დამატებით გაუღნითილია წყალმდეგი სინთეზური ფისებით. ასეთი ფანერის ფურცლების სისქეა 5...18მმ, სიგრძე - 1550...7700მმ, სიგანე - 1200...1500მმ და ისინი ძირითადად გამოიყენება მომატებული ტენიანობის პირობებში მომუშავე კონსტრუქციებში.

დაწებებული ფანერის სიმტკიცე გარე ფენების მიმართულებით უფრო მაღალია, ვიდრე განივად, რადგანაც გრძივად ფენების რაოდენობა ერთით მეტია და გარე ფენები განლაგებულია ღუნვისას მაქსიმალური ძაბვების ზონაში. ჭრაზე ფანერის სიმტკიცე 2,5-ჯერ აღემატება მერქნის სიმტკიცეს ჭრაზე ბოჭკოების მიმართულებით, რაც ფანერის დიდ უპირატესობაზე მიუთითებს. მანკების გავლენაც ფანერაში მცირეა.

ჯვარედინა სტრუქტურის გამო ფანერს მერქანთან შედარებით ნაკლები ანიზოტროპულობა ახასიათებს. ამასთან, მას უფრო მაღალი სიმტკიცის მაჩვენებლები, დაბალი ბგერა-და თბოგამტარობა, ქიმიურად აგრესიული გარემოსა და ატმოსფერული ზემოქმედებისადმი მაღალი მედეგობა ახასიათებს. ამ დადებითი თვისებების ერთობლიობა სამშენებლო კონსტრუქციებში მისი ფართოდ გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა, უპირველეს ყოვლისა, შემომფარგვლელი კონსტრუქციების, წებოფანერის კოჭების, პანელების, წიბოვანი და ქარგილოვან-ბადისებრი თაღების დასამზადებლად.

თავი 2. ხის კონსტრუქციების მთლიანკვეთიანი ელემენტების ბაანგარიშება

2.1. ზღვრული მდგომარეობათა მეთოდით გაანგარიშების საფუძვლები

ყველა ტიპის სამშენებლო კონსტრუქციების გაანგარიშება წარმოებს ზღვრული მდგომარეობის მეთოდით.

კონსტრუქციის მდგომარეობა ზღვრულია, როცა იგი ვეღარ აკმაყოფილებს წაყენებულ საექსპლუატაციო მოთხოვნებს, ე.ი. არის მზიდუნარიანობის ამოწურვის ზღვარზე და დაკარგული აქვს გარეგანი ზემოქმედებისადმი წინაღობის უნარი, ან არ არის დაცული ნორმალური საექსპლუატაციო პირობები, რადგან დეფორმაციებმა მიაღწიეს ზღვრულ დასაშვებზე მეტ სიდიდეს.

გაანგარიშების მიზანი ის არის, რომ კონსტრუქციამ ექსპლუატაციის პირობებში არ მიაღწიოს და არ გადალახოს ზღვრული მდგომარეობა.

ხისა და პლასტმასის კონსტრუქციების გაანგარიშებისას იყენებენ ორი ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობას: I ჯგუფი ითვალისწინებს გაანგარიშებას სიმტკიცესა და მდგრადობაზე დატვირთვების საანგარიშო მნიშვნელობისათვის, ხოლო II ჯგუფი - დეფორმაციებზე გაანგარიშებას ნორმატიული დატვირთვების ქვეშ.

I ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობა ხასიათდება კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის დაკარგვით, რის შედეგადაც იგი უვარგისი ხდება. ასეთებია: რღვევა, მდგრადობის დაკარგვა, გადაბრუნება, დაუშვებელი ცოცვალობა, რეზონანსული რხევები.

ასეთი ზღვრული მდგომარეობები გამოირიცხება, როდესაც სრულდება შემდეგი პირობები:

$$\begin{aligned}\sigma &\leq R_{\text{სახვ.}} \\ \tau &\leq R_{\text{ახვ.}}\end{aligned}\quad (2.1)$$

ე.ი. როცა ნორმალური (σ) ან ამხლეჩი (τ) ძაბვა არ გადააჭარბებს რაღაც ზღვრულ სიდიდეს $[R]$, რომელსაც მასალის საანგარიშო წინაღობა ეწოდება.

II ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობისათვის დამახასიათებელია ისეთი ნიშნები, რომლებიც კონსტრუქციის ექსპლუატაციას აძნელებს ან აფერხებს დიდი დეფორმაციების გამო, მაგრამ მთლიანად არ გამოირიცხავს მის საექსპლუატაციო შესაძლებლობას, ე.ი. ამ დროს კონსტრუქცია უვარგისია მხოლოდ ნორმალური ექსპლუატაციისათვის. უნდა დაკმაყოფილდეს პირობა

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right], \quad (2.2)$$

ე.ი. ღუნვაზე მომუშავე ელემენტები ვარგისია ნორმალური ექსპლუატაციისათვის, როცა მაქსიმალური ფარდობითი ჩაღუნვა არ აღემატება ნორმებით დადგენილ ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობას.

კონსტრუქციების ზღვრულ მდგომარეობათა მეთოდით შეფასებისათვის პრაქტიკაში შემოღებულია ცნებები: ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვები და წინაღობები; მუშაობის პირობების და მასალის უსაფრთხოების კოეფიციენტები და სხვა პარამეტრები.

2.2. დატვირთვები და ზემოქმედებები

ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციების გაანგარიშებისათვის, სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად, ძირითადად გაითვალისწინება მუდმივი დატვირთვა (g) შენობის კონსტრუქციებისა და სხვა ელემენტების

საკუთარი წონისაგან და ხანმოკლედ მოქმედი დროებითი დატვირთვა თოვლისა (S) და ქარისაგან (w). გარდა ამისა მხედველობაში მიიღება აგრეთვე დატვირთვები ადამიანების წონისაგან, მანქანა-დანადგარებისაგან და ავეჯისაგან.

მუდმივ დატვირთვებში, გარდა საკუთარი წონისა, შედის აგრეთვე წინასწარი დაძაბვით გამოწვეული ძალები, გრუნტის წნევა და სხვ. დროებითი დატვირთვები მოქმედების ხანგრძლივობის მიხედვით შეიძლება იყოს ხანგრძლივი დროებითი (მანქანა-დანადგარების მასა, სითხეების და გაზების წნევა, დატვირთვები წიგნთსაცავებსა და საწყობებში, ზოგიერთ შემთხვევაში თოვლის დატვირთვა), ხანმოკლე დროებითი (ადამიანის წონა, თოვლის, ქარის და ამწის დატვირთვები, ტემპერატურულ-კლიმატური ზემოქმედებები) და განსაკუთრებული (მიწისძვრა, აფეთქება, მეწყერი, ყაშირის ჯდენა). ყველანაირ დატვირთვის სახეს გააჩნია ნორმატიული და საანგარიშო მნიშვნელობები.

ნაგებობაზე მისი ნორმატიული ექსპლუატაციის დროს მოქმედი დატვირთვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას **ნორმატიული დატვირთვა** ეწოდება.

საანგარიშო დატვირთვა განისაზღვრება ნორმატიულის შესაძლო ცვალობადობის საფუძველზე. ამისათვის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა მრავლდება დატვირთვის საიმედობის კოეფიციენტზე γ , რომლის მნიშვნელობა აიღება დატვირთვის სახის მიხედვით და უმეტეს შემთხვევაში მეტია ერთზე (1,1...1,6).

$$g_{სანგ.} = g^6 \cdot \gamma_{\beta}; \quad P_{სანგ.} = P^6 \cdot \gamma_{დრ.} \quad (2.3)$$

სადაც g^6 არის მუდმივი ნორმატიული დატვირთვა; P^6 - დროებითი ნორმატიული დატვირთვა; γ_{β} - მუდმივი დატვირთვის საიმედობის კოეფიციენტი, $\gamma_{დრ.}$ - დროებითი დატვირთვის საიმედობის კოეფიციენტი.

ექსპლუატაციის დროს კონსტრუქციები და ნაგებობები განიცდიან რამდენიმე სახის დატვირთვის ერთდროულ ზემოქმედებას. ამიტომ გაანგარიშების დროს გაითვალისწინება სხვადასხვა დატვირთვების შეხამების შესაძლებლობა, რისთვის შემოტანილია დატვირთვების შეხამების კოეფიციენტი - $n_{შგბ} < 1$. არსებობს ძირითადი შეხამება (მუდმივი დატვირთვა + ხანგრძლივი დროებითი + არანაკლებ ორი სახის ხანმოკლე დროებითი) და განსაკუთრებული შეხამება (მუდმივი + ხანგრძლივი დროებითი + შესაძლო ხანმოკლე დროებითი + ერთ-ერთი განსაკუთრებული სახის დატვირთვა). ძირითადი შეხამების კოეფიციენტი $n_{შგბ} = 0,9$, განსაკუთრებულის - $n_{შგბ} = 0,8$,

მუდმივი ნორმატიული დატვირთვა g^6 შედგება ორი ნაწილისაგან. პირველი ნაწილი - გასაანგარიშებელ კონსტრუქციაზე გადმოცემული ყველა შემომფარგვლელი ელემენტისა და მასალების მასა. თითოეული ელემენტისაგან გადმოცემული დატვირთვა განისაზღვრება ამ ელემენტის მოცულობის გადამრავლებით მის სიმკვრივეზე და კონსტრუქციების განლაგების ბიჯზე; მეორე ნაწილი - დატვირთვა ძირითადი მზიდი კონსტრუქციის საკუთარი წონისაგან, რომელიც წინასწარი გაანგარიშების დროს შეიძლება განისაზღვროს მიახლოებით, თუ კონსტრუქციის ელემენტების ზომებს წინასწარ დავნიშნავთ:

$$g_{ბ.წ.}^6 = \frac{g^6 + S^6}{K_{ბ.წ.} 1 - 1} \quad (2.4)$$

სადაც $g_{ბ.წ.}^6$ არის მზიდი კონსტრუქციის საკუთარი წონა დახურვის პროექციის $1m^2$ ფართობზე ან მალის 1 გრძივ მეტრზე; g^6 - მუდმივი დატვირთვა შემომფარგვლელი (დამჭერი) ნაწილების საკუთარი წონისაგან; S^6 - დროებითი

თოვლის დატვირთვა; l - კონსტრუქციის საანგარიშო მალი; $K_{ს.წ.}$ - საკუთარი წონის კოეფიციენტი, რომელიც გამოხატავს ფართობზე ან მალზე მოსულ ერთეულოვანი დატვირთვის შესაბამისი მასალის ხარჯს (დანართი, ცხრ. 20)

ნორმატიული თოვლის დატვირთვა S^6 მიიღება მშენებლობის რაიონის მიხედვით და დამოკიდებულია თოვლის საფარის ნორმატიულ წონაზე S_0 , რომელიც მოცემულია ნორმებში [5] გადახურვის ჰორიზონტალური პროექციის 1მ^2 -ზე. ეს სიდიდე მრავლდება μ კოეფიციენტზე, რომელიც ითვალისწინებს სახურავის დახრის კუთხეს და ფორმას. ე.ი. ნორმატიული დატვირთვა $S^6 = \mu S_0$. ორქანობიანი სახურავისათვის, როცა დახრის კუთხე $\alpha \leq 25^\circ$, მაშინ $\mu = 1$; როცა $\alpha \geq 60^\circ$, $\mu = 0$; როცა $60^\circ > \alpha > 25^\circ$, მაშინ $\mu = (60^\circ - \alpha^\circ) / 35$. ეს დატვირთვა წარმოადგენს თანაბრად განაწილებულს და შეიძლება მოქმედებდეს მთელ მალზე ან მალის ნაწილზე.

მრუდი მოხაზულობის სახურავისათვის (სეგმენტური წამწვე, თალი, კამარა) μ კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ფარდობაზე f/l , სადაც f არის თალის აწვეის ისარი; l - მალი.

საანგარიშო თოვლის დატვირთვა S მიიღება ნორმატიული მნიშვნელობის S^6 გადამრავლებით დატვირთვის საიმედოობის კოეფიციენტზე:

$$S = \gamma S^6. \quad (2.5)$$

γ კოეფიციენტი დამოკიდებულია ნორმატიული მუდმივი და თოვლის დატვირთვების ფარდობაზე და როცა $g^6 / S^6 > 0,8$, მაშინ $\gamma = 1,6$, ხოლო თუ $g^6 / S^6 \leq 0,8$, მაშინ $\gamma = 1,4$, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ მსუბუქი სახურავებისთვის ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა მეტია, ვიდრე მასიური მძიმე სახურავისათვის.

აღამიანის წონა ინსტრუმენტებით მიიღება ტოლი: ნორმატიული $P^6 = 0,1\text{კნ}$ და საანგარიშო $P = P^6 \cdot \gamma = 0,1 \cdot 1,2 = 0,12\text{კნ}$.

მაგალითი 2.1. განვსაზღვროთ ორქანობიან სახურავზე მოქმედი თოვლის დატვირთვის საანგარიშო და ნორმატიული მნიშვნელობები. მშენებლობის ადგილი ქ. თბილისი. სახურავის დახრის კუთხე ჰორიზონტთან $\alpha = 16^\circ$. ნორმატიული მუდმივი დატვირთვა $g = 0,8\text{კნ/მ}^2$.

ამოხსნა: კლიმატური დარაიონების მიხედვით (დანართი, ცხრ. 18) შენობა იმყოფება II ზონაში. თოვლის საფარის წონა $S_0 = 0,7\text{კნ/მ}^2$. სახურავის ფორმის კოეფიციენტი, როცა $\alpha = 16^\circ < 25^\circ$, $\mu = 1$. ნორმატიული თოვლის დატვირთვა $S^6 = \mu S_0 = 1 \cdot 0,7 = 0,7\text{კნ/მ}^2$. საკუთარი წონისა და თოვლის ნორმატიული დატვირთვების ფარდობა $g^6 / S^6 = 0,7 / 1 = 0,7 < 0,8$, ამიტომ დატვირთვის საიმედოობის კოეფიციენტი $\gamma = 1,6$. საანგარიშო თოვლის დატვირთვა სახურავის პროექციის 1მ^2 -ზე

$$S = \gamma S^6 = 1,6 \cdot 0,7 = 1,12\text{კნ/მ}^2.$$

ქარის დატვირთვა. ქარის ნორმატიული დატვირთვა დამოკიდებულია მის სიჩქარისეულ დაწნევაზე w_0 , აეროდინამიკურ კოეფიციენტზე c და შენობის სიმაღლის გავლენის გამთვალისწინებელ k კოეფიციენტზე:

$$w^6 = w_0 kc, \quad (2.6)$$

სადაც w_0 მნიშვნელობა აიღება ნორმებიდან მშენებლობის რაიონის მიხედვით (დანართი, ცხრ. 19); k კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია შენობის სიმაღლეზე, თუ იგი არ აღემატება 10მ -ს, მაშინ $k = 1$; აეროდინამიკური კოეფიციენტი c დამოკიდებულია შენობის ფორმაზე, მის აბსოლუტურ და

ფარდობით ზომებზე, დახრილობაზე, სახურავის ფარდობით სიმაღლეზე და ქარის დაწნევის მიმართულებაზე.

თუ სახურავის დახრის კუთხე $\alpha \leq 14^\circ$, მაშინ ქარის დატვირთვა მოქმედებს, როგორც გაწოვა (პასიური მხარე) და იგი კი არ ზრდის, არამედ ამცირებს ძალებს მზიდ კონსტრუქციებში. ამიტომ მის მნიშვნელობას არ ითვალისწინებენ და გაანგარიშების დროს იგი მიდის სიმტკიცის მარაგში.

ქარის დატვირთვა აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული შენობის სვეტების და კედლების, სამკუთხა და ისრისებური ფორმის კონსტრუქციების გაანგარიშებაში.

საანგარიშო ქარის დატვირთვა მიიღება ნორმატიული დატვირთვის გადამრავლებით საიმედობის γ კოეფიციენტზე:

$$w = w_0 \gamma. \quad (2.7)$$

2.3. მერქნის დროებითი, ნორმატიული და საანგარიშო წინააღობები. დრეკადობის და ძვრის მოდულები.

მერქნის დროებითი წინააღობა (სიმტკიცის ზღვარი) განისაზღვრება სტანდარტული ნიმუშების ლაბორატორიული გამოცდებისას. სტანდარტული ნიმუშების გამოცდა წარმოებს ხანმოკლე დატვირთვებზე ლაბორატორიულ პირობებში, სპეციალური სახელმწიფო სტანდარტების დაცვით. ნიმუშების შერჩევა კი წარმოებს ერთგვაროვანი ელემენტების ერთობლიობიდან შემთხვევითი შერჩევის მეთოდის გამოყენებით.

მერქნის ნორმატიული წინააღობა R^6 წარმოადგენს სუფთა მერქნის ძირითად მახასიათებელს. მისი გამოთვლისათვის აწარმოებენ სუფთა სტანდარტული ნიმუშების მრავალრიცხოვან გამოცდებს 12% ტენიანობის პირობებში გაჭიმვაზე, კუმშვაზე, ღუნვაზე, თელვაზე და ახლეჩაზე. ამ გამოცდების შედეგებს გააჩნიათ დიდი გაბნევა, ამიტომ აუცილებელია მათი დამუშავება მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით და ვარიაციის (ცვალებადობის) კოეფიციენტის გათვალისწინებით, რომლის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$R^6 = R_{გრ} (1 - \eta_6 \cdot V) \quad (2.8)$$

სადაც $R_{გრ}$ არის მერქნის დროებითი წინააღობა; V - ვარიაციის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია დაძაბულობის სახეობაზე და მასალის ხარისხზე. მისი მნიშვნელობა იცვლება ზღვრებში 0,15...0,25; η_6 -მამრავლი, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია უზრუნველყოფის დონეზე (სარწმუნო ალბათობა) და განაწილების ფუნქციის სიმკვრივის სახეზე. ნორმატიული წინააღობისათვის ნორმალური განაწილების პირობებში, როცა უზრუნველყოფა მინიმუმის მიხედვით $P=0,95$, $\eta_6=1,65$, ხოლო საანგარიშო წინააღობისათვის, როცა $P=0,99$, $\eta_6=2,33$.

მერქნის საანგარიშო წინააღობა R წარმოადგენს რეალური კონსტრუქციული ელემენტის რეალური მერქნის სიმტკიცის ძირითად მახასიათებელს. ასეთ მერქანს გააჩნია ბუნებრივი დასაშვები მანკები და მუშაობს დატვირთვის ქვეშ მრავალი წლის განმავლობაში.

იგი გამოითვლება ფორმულით:

$$R = \frac{R^6 m_{ბგ}}{\gamma_m}, \quad (2.9)$$

სადაც R^6 არის მასალის ნორმატიული წინააღობა; γ_m - მასალის საიმედობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია მიღებული უზრუნველყოფის დონეზე

და მასალის სიმტკიცის ცვლილების მახვენებელზე. m_{b3} - დატვირთვის ხანგრძლივობის კოეფიციენტი.

ხანმოკლე დატვირთვების დროს სტანდარტული ნიმუშების გამოცდისას $m_{b3} = 1$; მისიერი დატვირთვისას $m_{b3} > 1$, ხოლო ხანგრძლივად მოქმედი დატვირთვებისათვის, ანუ რეალურად მოქმედი დატვირთვებისათვის, $m_{b3} < 1$.

დატვირთვის ხანგრძლივობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია დატვირთვის მოქმედების საანგარიშო დროზე $\tau_{\text{დ}}$ და გამოითვლება ფორმულით:

$$m_{b3} = 1,03 \left(1 - \frac{1g\tau_{\text{დ}}}{18,5} \right). \quad (2.10)$$

$m_{b3} = 0,66$ სიდიდე მიღებულია ბაზისურად და მის მიმართ ხდება სხვა რეკიმებისა და დატვირთვების შეხამებისათვის საანგარიშო წინააღობის ნორმირება შესაბამისი მუშაობის პირობების კოეფიციენტის შემოტანით, რომლის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$m = \frac{m_{b3}}{0,66}. \quad (2.11)$$

γ_m არის მასალის საიმედობის კოეფიციენტი და ითვალისწინებს რეალური მერქნის სიმტკიცის შემცირებას აგებულების არაერთგვაროვნებისა და სხვადასხვა მანკების არსებობის გამო. იგი გამოითვლება ფორმულით:

$$\gamma_m = \frac{1 - \eta_6 V}{1 - \eta V}. \quad (2.12)$$

შენობები და ნაგებობები განირჩევა ერთმანეთისაგან პასუხისმგებლობის ხარისხით, რომელიც გაითვალისწინება (2.9) ფორმულაში დანიშნულების საიმედობის კოეფიციენტის γ_n შემოტანით:

$$R = \frac{R^6 m_{b3}}{\gamma_m \gamma_n}. \quad (2.13)$$

γ_n კოეფიციენტის მნიშვნელობა აიღება შენობებისა და ნაგებობების პასუხისმგებლობის კლასის მიხედვით. ნორმებით გათვალისწინებულია ნაგებობების პასუხისმგებლობის სამი კლასი I, II და III, რომლებსაც შეესაბამება γ_n -ის მნიშვნელობები 1; 0,95 და 0,9, ხოლო დროებითი შენობებისა და ნაგებობებისათვის მუშაობის ვადით 5 წლამდე, $\gamma_n = 0,8$ (დანართი, ცხრ. 1)

მაგალითი 2.2. გამოვთვალოთ შეკუმშული ფიჭვის ხის ელემენტისათვის ნორმატიული და საანგარიშო წინააღობის მნიშვნელობები შემდეგი მონაცემების მიხედვით: მასალის ხარისხი - II; შენობის კლასი - I; დროებითი წინააღობის მნიშვნელობა მიღებული სტანდარტული ნიმუშების გამოცდის შედეგად $R_{\text{დ}} = 38 \text{ მპა}$.

ამოხსნა: I კლასის შენობის შესაბამისი დანიშნულების საიმედობის კოეფიციენტი $\gamma_n = 1$.

მამრავლები $\eta_6 = 1,65$ და $\eta = 2,33$.

დატვირთვის ხანგრძლივობის გამოთვალისწინებელი კოეფიციენტი $m_{b3} = 0,66$.

ვარიაციის კოეფიციენტი $V = 0,16\%$ (მიღება გამოცდილი ნიმუშების შედეგების მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდებით დამუშავებით).

მასალის საიმედობის კოეფიციენტი

$$\gamma_m = \frac{1 - \eta_6 V}{1 - \eta V} = \frac{1 - 1,65 \cdot 0,16}{1 - 2,33 \cdot 0,16} = 1,174.$$

ნორმატიული წინაღობა

$$R^6 = R_{\text{გრ}}(1 - \eta_6 V) = 38(1 - 1,65 \cdot 0,16) = 27,97 \text{ მპა.}$$

საანგარიშო წინაღობა

$$R = \frac{R^6 m_{b\delta}}{\gamma_m \gamma_n} = \frac{27,97 \cdot 0,66}{1,174 \cdot 1} = 15,72 \text{ მპა.}$$

ფიჭვის (ნადვის) ჯიშის მერქნის საანგარიშო წინაღობების მნიშვნელობები მოცემულია დანართის მე - 2 ცხრილში. სხვა ჯიშის მერქნის საანგარიშო წინაღობების მისაღებად ეს მონაცემები უნდა გამრავლდეს გადამყვან $m_{\text{გად}}$ კოეფიციენტზე (დანართი, ცხრ. 3).

მერქნის ანიზოტროპიული აღნაგობის გამო, ხის კონსტრუქციების მუშაობაზე ტემპერატურის, ტენიანობის, აგრესიული გარემოს, განივკვეთის ზომების და სხვა ფაქტორების გათვალისწინება ხდება მასალის მუშაობის პირობების m კოეფიციენტის საშუალებით, რომელზეც საჭირო შემთხვევაში დამატებით უნდა გამრავლდეს ნორმატიული და საანგარიშო წინაღობები. ყველა ცალკეული შემთხვევის მიხედვით m კოეფიციენტის მნიშვნელობები მოცემულია დანართში, ცხრ. 4,5,6,7,8.

მერქნის დრეკადობის მოდული მიიღება ნიმუშების ხანმოკლე ლაბორატორიული გამოცდებისას $E_{b,6\theta} = 15 \cdot 10^3 \text{ მპა}$, ხოლო დეფორმაციებზე გაანგარიშებისას - ხანგრძლივად მოქმედი დატვირთვებისას, ხის ჯიშისაგან დამოუკიდებლად ბოჭკოების გასწვრივ $E = 10^4 \text{ მპა}$. ძვრის მოდული ბოჭკოების გრძივად და განივად $G = 500 \text{ მპა}$. პუასონის კოეფიციენტი ბოჭკოების განივად, როცა ძალა მოქმედებს ბოჭკოების გრძივი მიმართულებით $\nu_{90,0} = 0,5$, ხოლო ბოჭკოების გრძივად, როცა ძალა მოქმედებს ბოჭკოების განივი მიმართულებით $\nu_{90,0} = 0,02$.

კონსტრუქციებისათვის, რომლებიც ექსპლუატაციის სხვადასხვა პირობებში იმყოფებიან და მათზე მოქმედებს ამაღლებული ტემპერატურა, მუდმივი და დროებითი ხანგრძლივად მოქმედი დატვირთვები, დრეკადობის და ძვრის მოდულის მნიშვნელობები მრავლდება კოეფიციენტებზე m_{θ} , $m_{\text{ტბ}}$, $m_{\text{ხანგ}}$.

თუ კონსტრუქციების ექსპლუატაციის ჰაერის ტემპერატურაა $+35^{\circ}\text{C}$ -მდე, მაშინ $m_{\theta} = 1$, ხოლო $35 \dots 50^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის ფარგლებში $m_{\theta} = 0,8$.

$$m_{\text{ტბ}} = 0.75 \dots 1 \quad (\text{დანართი, ცხრ. 4}).$$

თუ კონსტრუქციებში მუდმივი და დროებითი ხანგრძლივად მოქმედი დატვირთვებისაგან დაბვა აღემატება ყველა დატვირთვების ჯამური მოქმედებისას აღძრულ დაბვის 80%-ს, მაშინ $m_{\text{ხანგ}} = 0,8$.

2.4. ხის ელემენტების გაანგარიშება

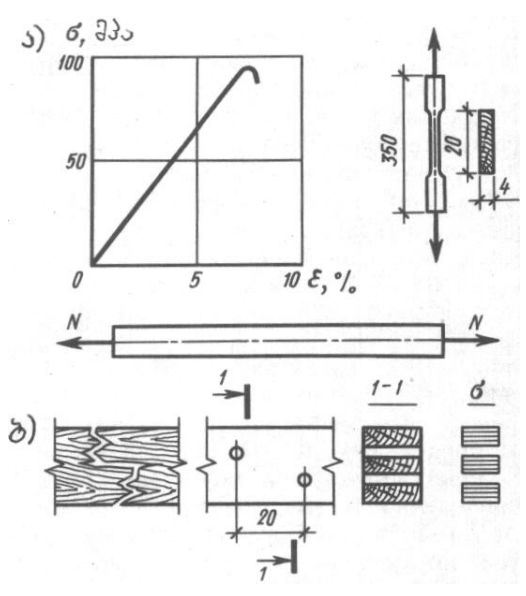
ხის კონსტრუქციულ ელემენტებს წარმოადგენს მთლიანკვეთიანი ფიცრები, ძელები, ძელაკები, მორები, ნახევარმორები, რომელთა გეომეტრიული ზომები მოცემულია სორტამენტში (დანართი, ცხრ. 11). ისინი შეიძლება იყვნენ ცალკეული კონსტრუქციები (კოჭები, დგარები), ასევე რთულ კონსტრუქციაში შემავალი დეროები. მათი გაანგარიშება გაჭიმვაზე, კუმშვაზე, ღუნვაზე, თელვაზე, ახლენაზე, გაჭიმვასა და კუმშვაზე ღუნვისას, ხდება ზღვრული მდგომარეობის მეთოდით (§ 2.1) შესუსტებისა და მუშაობის პირობების გათვალისწინებით. ელემენტში მოქმედი ძალები და დეფორმაციები განისაზღვრება სამშენებლო მექანიკის ცნობილი ფორმულებით.

ელემენტების შემოწმება სიმტკიცეზე გულისხმობს განივკვეთში ძალების განსაზღვრას, რომლებიც არ უნდა აღემატებოდეს მერქნის საანგარიშო წინაღობებს და მაქსიმალური ჩაღუნვების განსაზღვრას, რომლებიც თავის მხრივ არ უნდა აღემატებოდეს ნორმებით დადგენილ ზღვრულ ჩაღუნვებს (დანართი, ცხრ. 10).

ელემენტების განივკვეთების შერჩევა მდგომარეობს ისეთი ოპტიმალური ზომების დადგენაში, რომელთა მიხედვით ელემენტის სიმტკიცე და მდგრადობა საკმარისი იქნება მოქმედი დატვირთვების მისაღებად, ხოლო ჩაღუნვები - არა უმეტეს მათი ზღვრული მნიშვნელობებისა.

ცენტრალური გაჭიმვა. გაჭიმვაზე მუშაობს წამწების ქვედა სარტყელები, კამარებისა და თაღების შემკრავეები, კავშირების ელემენტები და გამჭოლი კონსტრუქციების ზოგიერთი ღეროები. გამჭიმავი ძალა N მოქმედებს ელემენტის გრძივი სიმეტრიის ღერძის გასწვრივ და მისი განივკვეთის ნებისმიერ წერტილში ჩნდება ნორმალური ძაბვა σ , რომელიც სიგრძის ნებისმიერ ნაწილში ერთნაირია.

გაჭიმვაზე მერქანი მუშაობს, როგორც დრეკადი მასალა და აქვს საკმაოდ მაღალი სიმტკიცე. ნახ. 2.1-ზე ნაჩვენებია გაჭიმვაზე გამოსაცდელი სუფთა სტანდარტული ნიმუში და გაჭიმვის დიაგრამა, რომელზედაც კარგად ჩანს, რომ მერქანი ძალის მოდების მომენტიდან რღვევამდე მუშაობს, როგორც დრეკადი მასალა (დამოკიდებულება ძაბვასა და დეფორმაციას შორის პირდაპირპროპორციულია), ხოლო ცალკეული ნიმუშების სიმტკიცე აღწევს 100მპა. რეალური მერქნის სიმტკიცე კი გაცილებით ნაკლებია, რადგან მერქანს გააჩნია სხვადასხვა ტიპის მანკები და კონსტრუქცია მუშაობს ხანგრძლივად და არა რამდენიმე წუთით, როგორც ნიმუშის გამოცდის პროცესში.



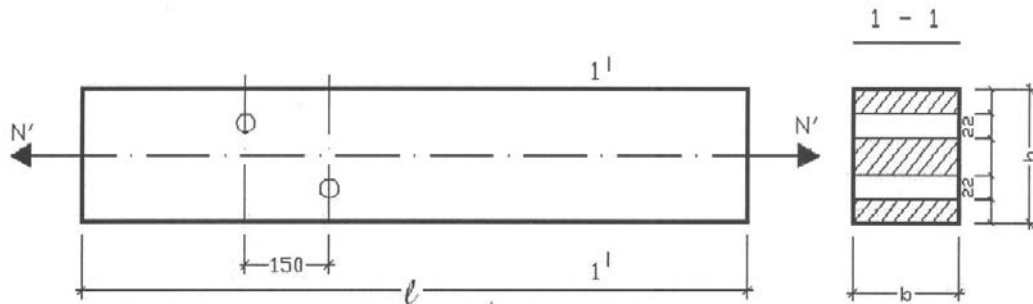
ნახ. 2.1. გაჭიმული ელემენტი: ა - დეფორმაციის გრაფიკი და ნიმუში; ბ - მუშაობის სქემა, რღვევა და ძაბვის ეპიურა.

გაჭიმული ხის ელემენტის მუშაობა მეტად საპასუხისმგებლოა, ამიტომ მას, როგორც წესი, ამზადებენ I ხარისხის მასალისაგან. იმ ადგილებში, სადაც გაჭიმული ელემენტი შესუსტებულია სხვადასხვა ხვრელებით ან ჩაჭრებით, მისი სიმტკიცე მცირდება შესუსტების ნაპირებთან ძაბვების კონცენტრაციის შედეგად, რასაც ითვალისწინებენ საანგარიშო წინაღობის შემცირების გზით. შესუსტებები ითვლება, როგორც ერთ განივკვეთში შეთავსებული, თუ მათ შორის მანძილი არ აღემატება 20სმ-ს.

ცენტრალურ გაჭიმვაზე გაანგარიშება წარმოებს ფორმულით:

$$\sigma = \frac{N}{A_\sigma} \leq R_\sigma m_0, \quad (2.14)$$

სადაც N არის მოქმედი გამჭიმავი ძალა; A_{σ} - განივკვეთის ნეტო ფართობი; R_{β} - საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე (დანართი, ცხრ. 2), $m_0 = 0,8$ - შესუსტების ადგილებში ძაბვების კონცენტრაციის გამოვალისწინებელი კოეფიციენტი, თუ ელემენტში შესუსტებები არ არის, მაშინ $m_0 = 1$.



ნახ. 2.2.

მაგალითი 2.3. შევარჩიოთ I ხარისხის მერქნისაგან დამზადებული ძელის განივკვეთი, რომელზეც მოქმედებს გამჭიმავი ძალვა $N' = 200$ კნ. ღეროს განივკვეთი შესუსტებულია 2 ერთმანეთის მიჯრით მდებარე $d = 22$ მმ წრიული ხერვებისაგან (ნახ. 2.2), რომლებიც გამოდიან ძელის უფრო ფართო გვერდზე. ხერვებს შორის დაშორება 15სმ. შენობის პასუხისმგებლობის კლასი II. კონსტრუქცია მიეკუთვნება საექსპლუატაციო პირობების B1 ჯგუფს.

ამოხსნა: საანგარიშო გამჭიმავი ძალვა შენობის პასუხისმგებლობის კლასის შესაბამისი დანიშნულების მიხედვით საიმედოობის კოეფიციენტის (დანართი, ცხრ.1) გათვალისწინებით

$$N = N' \cdot \gamma_n = 200 \cdot 0,95 = 190 \text{ კნ.}$$

რადგანაც შესუსტებებს შორის დაშორება $15 \text{ სმ} < 20 \text{ სმ}$, ამიტომ შესუსტების კოეფიციენტი $m = 0,8$ და საანგარიშო წინაღობის მნიშვნელობა ბოჭკოების გასწვრივ

$$R_{\beta} = R \cdot m = 10 \text{ მპა} \cdot 0,8 = 8 \text{ მპა} = 0,8 \text{ კნ/სმ}^2. \text{ (დანართი, ცხრ. 2)}$$

ძელის განივკვეთის საჭირო ფართობი

$$A_{\text{საჭ}} = \frac{N}{R_{\beta}} = \frac{190}{0,8} = 237,5 \text{ სმ}^2.$$

სორტამენტის ცხრილიდან (დანართი, ცხრ.11) ვირჩევთ განივკვეთს

$$A_{\text{პრ}} = b \times h = 15 \times 20 = 300 \text{ სმ}^2.$$

შევამოწმოთ პირობა

$$A_{\sigma} = A_{\text{პრ}} - A_{\text{მეს}} \geq A_{\text{საჭ}}.$$

$$A_{\sigma} = 300 - 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 15 = 234 \text{ სმ}^2 < A_{\text{საჭ}} = 237,5 \text{ სმ}^2.$$

პირობა არ არის დაკმაყოფილებული, ამიტომ გავზარდოთ განივკვეთი.

$$A_{\text{პრ}} = b \times h = 15 \times 22,5 = 337,5 \text{ სმ}^2.$$

$$A_{\sigma} = 337,5 - 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 15 = 271,5 \text{ სმ}^2 > A_{\text{საჭ}} = 237,5 \text{ სმ}^2.$$

პირობა დაკმაყოფილებულია.

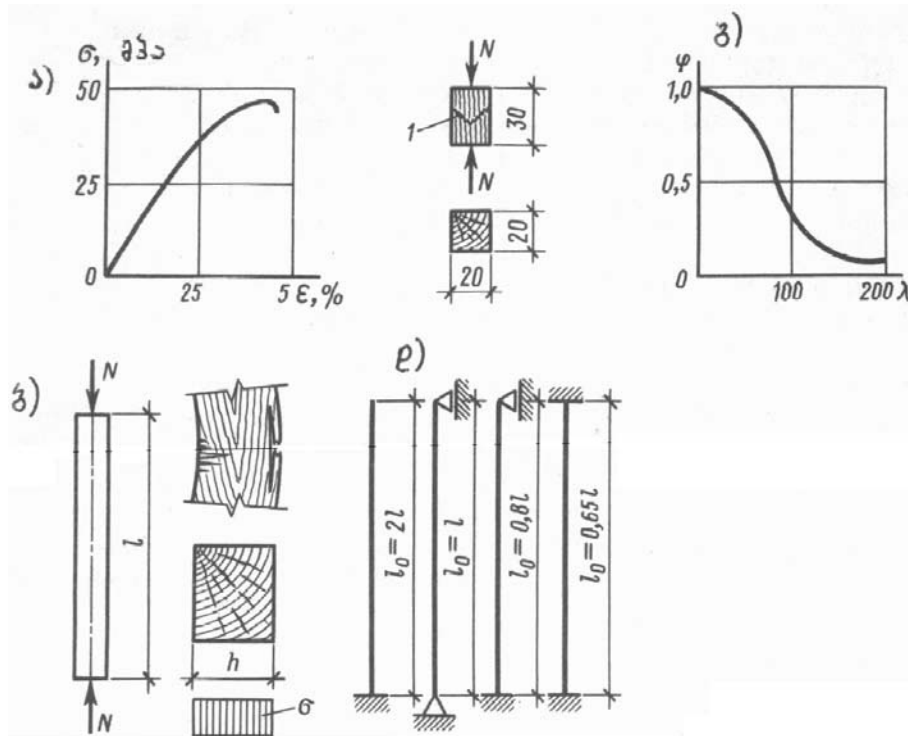
შემოწმება სიმტკიცეზე

$$\sigma = \frac{N}{R_{\beta} \cdot A_{\sigma}} = \frac{190}{0,8 \cdot 271,5} = 0,7 \text{ კნ/სმ}^2 = 7 \text{ მპა} < R_{\beta} = 8 \text{ მპა}.$$

ცენტრალური კუმშვა. კუმშვაზე მუშაობს წამწის ზედა სარტყელი, დგარები, ირიბები, სვეტები და გამჭოლი კონსტრუქციების ზოგიერთი ღერო. ელემენტის სიმეტრიის ღერძის გასწვრივ მოქმედი N მკუმშავი ძალის გავლენით განივკვეთის ნებისმიერ წერტილში ჩნდება ნორმალური მკუმშავი ძაბვა σ .

მერქანი კუმშვაზე მუშაობს უფრო საიმედოდ, ვიდრე გაჭიმვაზე, მაგრამ არა ღრეკადად. როგორც ღეფორმაციის გრაფიკიდან ჩანს (ნახ. 2.3, ა) სიმტკიცის

ზღვრის ნახევრამდე დეფორმაციის ზრდა მიმდინარეობს ხაზოვანი კანონით და მერქანი დრეკადად მუშაობს. დატვირთვის შემდგომი ზრდისას დეფორმაცია უფრო უსწრებს ძაბვის ზრდას, რაც მერქნის მუშაობის დრეკადპლასტიკურ ხასიათზე მიუთითებს.



ნახ. 2.3. შეკუმშული ელემენტი: ა - დეფორმაციის გრაფიკი და ნიმუში; ბ - მუშაობის სქემა, რღვევა და ძაბვის ეპიურა; გ - გრძივი ღუნვის ფ კოეფიციენტის გრაფიკი მოქნილობაზე დამოკიდებულებით; დ - ღეროს ბოლოების ჩამაგრების ტიპები და საანგარიშო სიგრძეები.

ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტის გაანგარიშება წარმოებს განივკვეთის შესუსტებების გათვალისწინებით ზღვრული მდგომარეობის I და II ჯგუფის მიხედვით.

გაანგარიშება სიმტკიცეზე:

$$\sigma = \frac{N}{A_f} \leq R_j \quad (2.15)$$

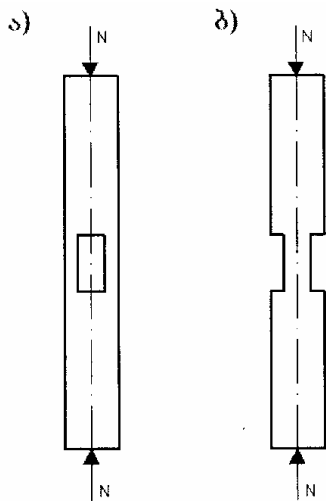
სადაც N არის მოქმედი მკუმშავი ძალა; R_j - მერქნის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე ბოჭკოების გრძივად; A_f - განივკვეთის ნეტო ფართობი (შესუსტებების გათვალისწინებით).

გაანგარიშება მდგრადობაზე:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A_{საანგ.}} \leq R_j \quad (2.16)$$

სადაც $A_{საანგ.} = A_{ბრ}$ თუ $A_{შეს} \leq 0,25A_{ბრ}$; $A_{საანგ.} = 4/3A_f$, თუ $A_{შეს} > 0,25A_{ბრ}$ და შესუსტება ნაწიბურებზე არ გამოდის (ნახ. 2.4, ა). სიმეტრიული შესუსტების დროს, რომელიც გამოდის ნაწიბურებზე (ნახ. 2.4, ბ) $A_{საანგ.} = A_f$; $A_{საანგ.}$ -

საანგარიშო ფართობი; $A_{ბრ}$ - ბრუტო ფართობი; A_f - ნეტო ფართობი; $A_{გეს}$ - შესუსტებული ფართობი.



ნახ. 2.4. ელემენტის შესუსტებები: ა - ნაწიბურებზე არ გამოდის; ბ - გამოდის ნაწიბურებზე.

არასიმეტრიული შესუსტება განიხილება ექსცენტრული კუმშვის შემთხვევაში. φ არის გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი დამოკიდებული მოქნილობაზე და განისაზღვრება ფორმულებით:

$$\varphi = 1 - \alpha \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2, \text{ თუ } \lambda \leq 70 \quad (2.17)$$

$$\varphi = \frac{A}{\lambda^2}, \text{ თუ } \lambda > 70, \quad (2.18)$$

სადაც კოეფიციენტი $\alpha = 0,8$ მერქნისათვის და $\alpha = 1$ ფანერისათვის; λ - მთლიანკვეთიანი ღეროს მოქნილობა, რომელიც დამოკიდებულია ღეროს საანგარიშო სიგრძეზე (ნახ. 2. 3, დ) და ღეროს განივკვეთის ინერციის r რადიუსზე

$$\lambda = \frac{l_0}{r}, \quad (2.19)$$

სადაც $l_0 = \mu l$. l არის ღეროს გეომეტრიული სიგრძე; μ - ღეროს ბოლოების ჩამაგრების ტიპზე დამოკიდებული კოეფიციენტი (ნახ. 2.3, დ).

განივკვეთის ინერციის რადიუსი

$$r = \sqrt{\frac{J_{ბრ}}{A_{ბრ}}}, \quad (2.20)$$

სადაც $J_{ბრ}$ და $A_{ბრ}$ არის შესაბამისად ღეროს განივკვეთის ბრუტო ინერციის მომენტი და ფართობი.

A მნიშვნელობა დამოკიდებულია მასალაზე, კერძოდ მერქნისათვის $A = 3000$, ფანერისათვის $A = 2500$, პოლიეთერული მინაპლასტიკისათვის $A = 1097$, ორგანული მინისათვის $A = 580$ და ა.შ

ხის კონსტრუქციების შეკუმშული ელემენტის მაქსიმალური მოქნილობა ნორმების მიხედვით შეზღუდულია, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ელემენტის დიდი დეფორმაციები. ზღვრული მოქნილობების სიდიდეები მოცემულია დანართში, ცხრ. 12.

მაგალითი 2.4. შევარჩიოთ კვადრატული განივკვეთის $l = 400$ სმ სიგრძის ძელისაგან დამზადებული, ბოლოებით სახსროვნად დამაგრებული, ღვარის განივკვეთი დატვირთული $N' = 200$ კნ მკუმშავი ძალით. ღვარს შესუსტებები არა აქვს.

კონსტრუქცია დამზადებულია II ხარისხის ფიჭვის მერქნისაგან და ეკუთვნის საექსპლუატაციო პირობების A2 ჯგუფს. დანიშნულების მიხედვით კონსტრუქციის საიმედობის კოეფიციენტი $\gamma_n = 0,95$.

ამოხსნა. დგარზე მოქმედი საანგარიშო ძალა დანიშნულების მიხედვით საიმედობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით

$$N = N' \cdot \gamma_n = 200 \cdot 0,95 = 190 \text{ კნ.}$$

დაეუშვათ მოქნილობა $\lambda = 80$, მაშინ მისი შესაბამისი გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda^2} = \frac{3000}{80^2} = 0,47.$$

განივკვეთის საჭირო ფართობი

$$A_{საჭ} = \frac{N}{\varphi R_j} = \frac{190}{0,47 \cdot 1,3} = 311 \text{ სმ}^2.$$

განივკვეთის საჭირო სიმაღლე

$$h_{საჭ} = \sqrt{311} = 17,6 \text{ სმ.}$$

ავიღოთ კვადრატული განივკვეთის ძელი ზომებით

$$b \times h = 17,5 \times 17,5 \text{ (დანართი, ცხრ. 11)}$$

განივკვეთის ფართობი $A = 17,5 \times 17,5 = 306 \text{ სმ}^2$;

ინერციის რადიუსი $r = 0,289h = 0,289 \cdot 17,5 = 5,1 \text{ სმ}$;

საანგარიშო სიგრძე $l_0 = 1 \cdot 400 = 400 \text{ სმ}$;

მოქნილობა $\lambda = l_0 / r = 400 / 5,1 = 78 > 70$, ამიტომ შესაბამისი გრძივი ღუნვის

კოეფიციენტი $\varphi = 3000 / \lambda^2 = 3000 / 80^2 = 0,5$.

შევამოწმოთ მიღებული განივკვეთი სიმტკიცეზე:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} = \frac{190}{0,5 \cdot 306} = 1,22 \text{ კნ/სმ}^2 = 12,2 \text{ მპა} < R_j \cdot m_{აქს} = 15 \cdot 1 = 15 \text{ მპა.}$$

განივი ღუნვა. ღუნვაზე მომუშავე ელემენტებს მიეკუთვნება კოჭები, გრძივები, ნივნივები, ფენილები და სხვ. ღუნვად ელემენტებში დატვირთვებისაგან, რომლებიც მოქმედებენ გრძივი ღერძის განივად, წარმოიშობა მღუნავი მომენტები M და განივი ძალები Q , რომელთა მნიშვნელობები განისაზღვრება სამშენებლო მექანიკის მეთოდებით.

მღუნავი მომენტის მოქმედებით ელემენტის განივკვეთში ჩნდება ღუნვის ძაბვა σ , რომელიც იწვევს განივკვეთის ზედა ნაწილის კუმშვას და ქვედა ნაწილის გაჭიმვას, რის შედეგადაც ელემენტი იღუნება.

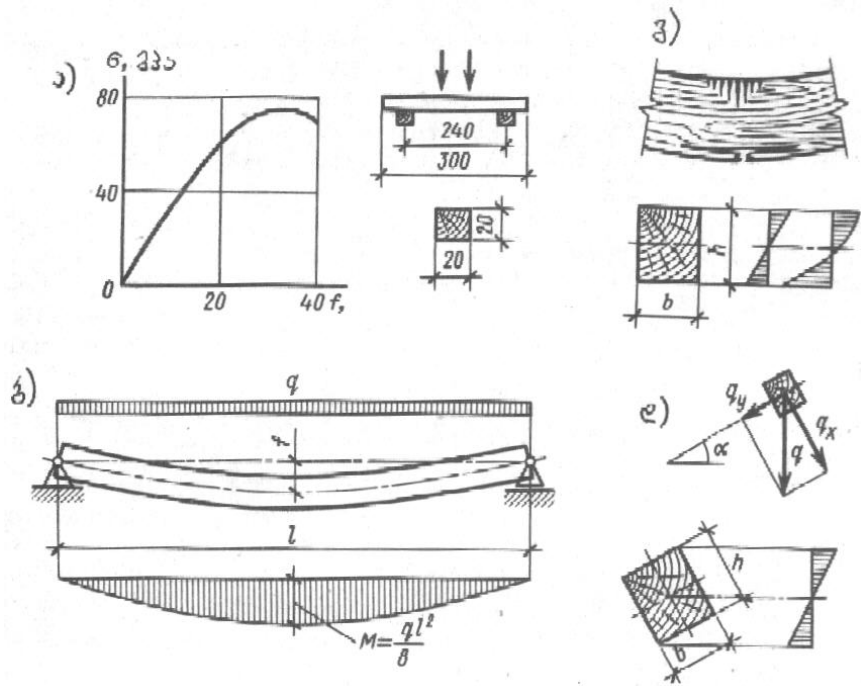
ღუნვის დიაგრამა (ნახ. 2.5, ა), კუმშვის დიაგრამის ანალოგიურად, დაახლოებით ნახევრამდე სწორხაზოვანია, შემდეგ კი იხრება და აჩვენებს ჩაღუნვების მკვეთრ ზრდას. ნიშუმის რღვევა იწყება განაპირა შეკუმშულ ბოჭკოებში ნაოჭების გაჩენით და მთავრდება ქვედა გაჭიმული ბოჭკოების გაგლუჯით. ნორმალური ძაბვების განაწილება განივკვეთში სიმაღლეზე არათანაბარია (ნახ. 2.5, გ) და მუშაობის მეორე სტადიაზე მრუდი მოხაზულობისაა, ნეიტრალური ღერძი ინაცვლებს გაჭიმული ნაწილისაკენ, რაც მიუთითებს მერქნის დრეკადპლასტიკურ მუშაობაზე. რეკომენდებულია ღუნვაზე მომუშავე ხის კონსტრუქციები დამზადდეს II ხარისხის მერქნისაგან საანგარიშო წინააღობით $R_{\varphi} = 13 \text{ მპა}$.

განივი ღუნვაზე მომუშავე ელემენტის გაანგარიშება ითვალისწინებს შემოწმებას სიმტკიცეზე საანგარიშო დატვირთვების ქვეშ და შემოწმების სიხისტეზე ნორმატიული დატვირთვების ზემოქმედებისას, ანუ დატვირთვის საიმედობის კოეფიციენტის გაუთვალისწინებლად.

სიმტკიცეზე გაანგარიშება წარმოებს ფორმულით:

$$\sigma = \frac{N}{W_{\text{საანგ}}} \leq R_{\sigma} \cdot m_b, \quad (2.21)$$

სადაც M არის საანგარიშო მღუნავი მომენტი; R_{σ} - მერქნის საანგარიშო წინაღობა ღუნვაზე; $W_{\text{საანგ}}$ - განივკვეთის საანგარიშო წინაღობის მომენტი (მთლიანკვეთიანი ელემენტებისათვის $W_{\text{საანგ}} = W_{\sigma}$); m_b - განივკვეთის ზომების გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი.



ნახ. 2.5. ღუნვადი ელემენტი: ა - ღუნვის დიაგრამა და ნიმუში; ბ - მუშაობის სქემა და მღუნავი მომენტის ეპიურა; გ - რღვევის სქემა და ნორმალური ძაბვების ეპიურები; დ - მუშაობის სქემა ირიბი ღუნვის დროს და ძაბვების ეპიურები.

ღუნვაზე მომუშავე მოკლე ძელები ($l \leq 6h$), ელემენტები, რომლებიც ძალიან დატვირთულია საყრდენებზე, რთული პროფილის კოჭები (მაგალითად, განივკვეთის ორტესებრი ფორმისას, როდესაც კედლის სისქე გაცილებით ნაკლებია სარტყელების სიგანეზე) მოწმდება მხები ძაბვების მოქმედებაზე ფორმულით:

$$\tau = \frac{QS_{\text{ბრ}}}{J_{\text{ბრ}} b_{\text{საანგ}}} \leq R_{\tau b}, \quad (2.22)$$

სადაც Q არის საანგარიშო განივი ძალა; $S_{\text{ბრ}}$ - ელემენტის განივკვეთის ძვრადი ნაწილის ბრუტო სტატიკური მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ; $J_{\text{ბრ}}$ - განივკვეთის ინერციის მომენტი; $b_{\text{საანგ}}$ - ელემენტის საანგარიშო სიგანე; $R_{\tau b}$ - მერქნის საანგარიშო წინაღობა ახლენაზე (დანართი, ცხრ. 2).

სიხისტეზე (ჩაღუნვებზე) შემოწმება ხდება ფორმულით

$$f \leq [f] \quad (2.23)$$

სადაც $[f]$ არის ნორმებით განსაზღვრული ჩაღუნვის ზღვრული მნიშვნელობა (დანართი, ცხრ. 10); f - ნორმატიული დატვირთვისაგან გამოწვეული ჩაღუნვის რეალური მნიშვნელობა, რომელიც გამოითვლება მასალათა გამძლეობის ცნობილი ფორმულებით. მაგალითად, ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე კოჭისათვის, რომელზეც მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^6 l^4}{EJ_{\text{ბრ}}}, \quad (2.24)$$

სადაც q^6 არის ნორმატიული დატვირთვის ინტენსივობა; l - ელემენტის მალი; E - მერქნის დრეკადობის მოდული; $J_{\text{ბრ}}$ - განივკვეთის ბრუტო ინერციის მომენტი.

სიმტკიცეზე და სიხისტეზე გაანგარიშების გარდა, მცირე სიგანის მქონე ღუნვადი ელემენტები მოწმდება ბრტყელი ფორმის დეფორმაციის მდგრადობაზე, რომელიც მოცემულია ლიტერატურაში.

მაგალითი 2.5. შევარჩიოთ ორ საერდენზე მდებარე $l=4$ მ მალის მქონე კოჭის განივკვეთი, თუ მასზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა: ნორმატიული $q_1^6 = 1,7$ კნ/მ, საანგარიშო $q_1 = 2,2$ კნ/მ (ნახ. 2.6). კონსტრუქცია I ხარისხის მერქნისაგანაა დამზადებული და ეკუთვნის საექსპლუატაციო პირობების B1 ჯგუფს. დანიშნულების მიხედვით საიმედოობის კოეფიციენტი $\gamma_n = 1$.

ამოხსნა. განვსაზღვროთ დატვირთვის მნიშვნელობები დანიშნულების მიხედვით საიმედოობის კოეფიციენტის (γ_n) გათვალისწინებით

$$q^6 = q_1^6 \cdot \gamma_n = 1,7 \cdot 1 = 1,7 \text{ კნ/მ};$$

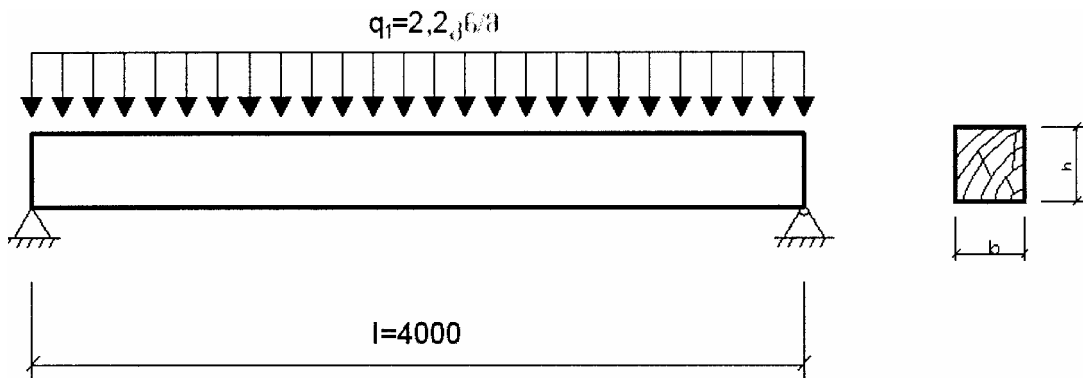
$$q = q_1 \cdot \gamma_n = 2,2 \cdot 1 = 2,2 \text{ კნ/მ}.$$

შევარჩიოთ კოჭის განივკვეთი სიმტკიცის მიხედვით.

$$W_{\text{საჭ}} = \frac{M}{R_{\text{ვ}}} = \frac{440}{1,3} = 338 \text{ სმ}^3,$$

სადაც $M = \frac{ql^2}{8} = \frac{2,2 \cdot 4,0^2}{8} = 4,4 \text{ კნ.მ} = 440 \text{ კნ.სმ}.$

დავნიშნოთ განივკვეთის სიგანე $b=10$ სმ, მაშინ განივკვეთის საჭირო სიმაღლე იქნება $h_{\text{საჭ}} = \sqrt{6W_{\text{საჭ}}/b} = \sqrt{6 \cdot 338/10} = 14,2$ სმ. სორტამენტის მიხედვით (დანართი, ცხრ. 11) ავიღოთ კოჭის განივკვეთი შემდეგი ზომებით $b \times h = 10 \times 15$ სმ.



ნახ. 2.6

მიღებული განივკვეთის წინაღობის მომენტი

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{10 \cdot 15^2}{6} = 375 \text{ სმ}^3.$$

შემოწმება სიმტკიცეზე

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{440}{375} = 1,18 \text{ კნ/სმ}^2 = 11,8 \text{ მპა} < R_{\text{ვ}} \cdot m_{\text{გვ}} = 13 \cdot 1 = 13 \text{ მპა}.$$

შემოწმება ჩადუნვაზე

$$\frac{f}{l} = \frac{5q^6 \cdot l^3}{384 \cdot 1000 \cdot 2820} = \frac{5 \cdot 0,017 \cdot 400^3}{384 \cdot 1000 \cdot 2820} = \frac{1}{200} = \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{200},$$

$$\text{სადაც } J = \frac{bh^3}{12} = \frac{10 \cdot 15^3}{12} = 2820 \text{ სმ}^4;$$

$$q^6 = 1,7 \text{ კნ/მ} = 0,017 \text{ კნ/სმ};$$

$$E = 10000 \text{ მპა} = 1000 \text{ კნ/სმ}^2.$$

ამრიგად, კოჭი აკმაყოფილებს როგორც სიმტკიცის, ისე სიხისტის პირობებს.

ირიბი ღუნვა (ნახ. 2.5, დ). თუ ელემენტზე მოქმედი დატვირთვის მიმართულება არ ემთხვევა განივკვეთის ერთ-ერთი მთავარი ღერძის მიმართულებას, ადგილი აქვს ე.წ. ირიბ ღუნვას. მისი კლასიკური მაგალითია დახრილი სახურავის სწორკუთხა განივკვეთის გრძივები. მრგვალი განივკვეთის ელემენტებში ირიბ ღუნვას ადგილი არა აქვს, რადგანაც ყველა ღერძი განივკვეთის სიმეტრიის ღერძია.

ვერტიკალურად მოქმედი თანაბრად განაწილებული დატვირთვა ირიბი ღუნვისას, როცა ელემენტის განივკვეთი დახრილია ჰორიზონტის მიმართ რაღაც α კუთხით, იშლება მთავარი x და y ღერძების მიმართულებით: $q_x = q \cdot \cos \alpha$, $q_y = q \cdot \sin \alpha$. განისაზღვრება შესაბამისი მღუნავი მომენტები M_x და M_y , რის შემდეგ სიმტკიცეზე შემოწმება წარმოებს ფორმულით:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_{\text{ღ}}, \quad (2.25)$$

სადაც $M_x = q_x l^2 / 8$, $M_y = q_y l^2 / 8$ (თანაბრად განაწილებული დატვირთვისას); W_x და W_y განივკვეთის წინაღობის მომენტებია x და y ღერძების მიმართ, $W_x = bh^2 / 6$ და $W_y = hb^2 / 6$.

სიხისტის შემოწმების მიზნით განისაზღვრება მთლიანი ჩაღუნვის მნიშვნელობა შემდეგი ფორმულით

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq f_{\text{ზღვ}}, \quad (2.26)$$

სადაც f_x და f_y ჩაღუნვის მნიშვნელობებია x და y ღერძების მიმართ.

შეკუმშულ-მოდუნული და გაჭიმულ-მოდუნული ელემენტები. შეკუმშულ - მოდუნული ელემენტები (ნახ. 2.7) ერთდროულად მუშაობენ კუმშვაზე და ღუნვაზე. ასეთია, მაგალითად წამწის შეკუმშული სარტყელი, რომელშიც დამატებით ღუნვას იწვევს სახურავის ელემენტებისაგან გადმოცემული კვანძებს შორის დატვირთვები. კუმშვა-ღუნვას შეიძლება ადგილი ქონდეს ღეროს განივკვეთის ცალმხრივი შესუსტების, სიმრუდის და ელემენტზე ძალის ექსცენტრულად მოდების შემთხვევებში. ამიტომ ამ სახის დეფორმაციას სხვანაირად ექსცენტრულ კუმშვასაც უწოდებენ.

შეკუმშულ-მოდუნული ელემენტების გაანგარიშება წარმოებს ფორმულით:

$$\sigma = \frac{N}{A_{\text{სანგ.}}} + \frac{M}{\xi W_{\text{სანგ.}}} \leq R_{\text{ღ}}, \quad (2.27)$$

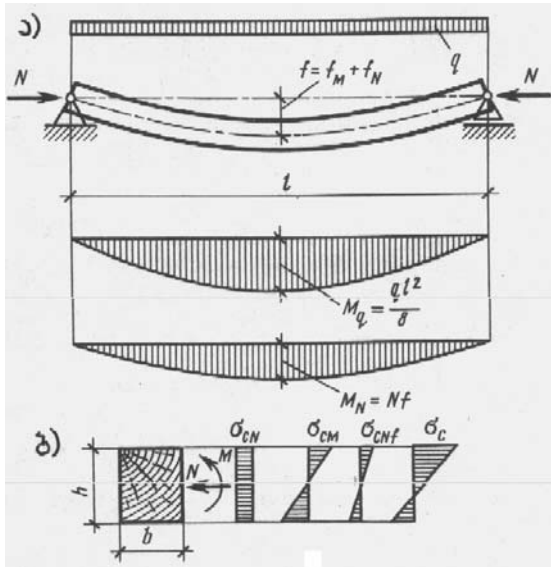
სადაც M არის გრძივი ძალების და განივი დატვირთვების ზემოქმედებით მიღებული მღუნავი მომენტი; ξ - გრძივი ძალისაგან გამოწვეული დამატებითი მღუნავი მომენტის ($M_{\text{გ}} = M / \xi = M + N \cdot f$) გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი და გამოითვლება ფორმულით:

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 N}{3100 A_{\text{გ}} R_{\text{გ}}}. \quad (2.28)$$

გაჭიმულ-მოდუნული (ნახ. 2.8) ელემენტების (წამწის ქვედა სარტყელი და სხვ.) გაანგარიშება ხდება ფორმულით:

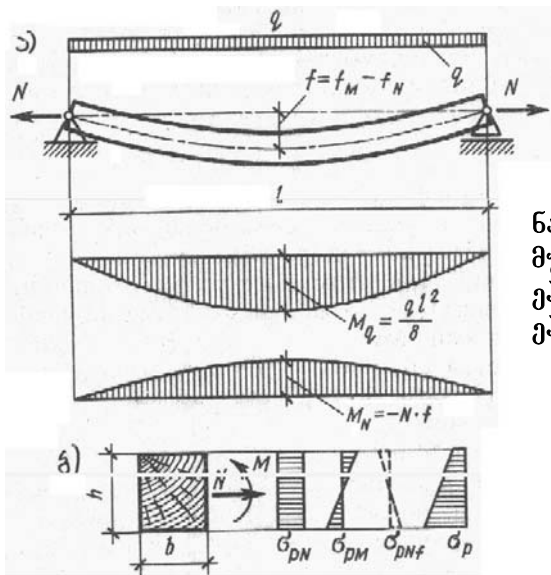
$$\sigma = \frac{N}{A_{\text{საანგ.}}} + \frac{M}{W_{\text{საანგ.}} \cdot R_{\text{ღ}}} \leq R_{\text{ღ}}, \quad (2.29)$$

სადაც განიკვეთის ფართობის და წინაღობის მომენტის საანგარიშო მნიშვნელობები $A_{\text{საანგ.}} = A_{\text{პრ.}}$, $W_{\text{საანგ.}} = W_{\text{პრ.}}$, თუ განიკვეთიში შესუსტებები არ არის. თუ შესუსტებებია, მაშინ $A_{\text{საანგ.}} = A_{\text{ფ}}$, $W_{\text{საანგ.}} = W_{\text{ფ}}$.



ნახ. 2.7. შეკუმშულ - მოღუნული ელემენტი: ა - მუშაობის სქემა და მღუნავი მომენტების ეპიურები; ბ - ნორმალური ძაბვების ეპიურები.

საანგარიშო წინაღობის ფარდობა გაჭიმვაზე და ღუნვაზე $R_{\text{გ}}/R_{\text{ღ}}$ უზრუნველყოფს ამ ძაბვების მიყვანას საერთო მნიშვნელობამდე, რაც აუცილებელია მისი შედარებისათვის გაჭიმვაზე საანგარიშო წინაღობასთან.



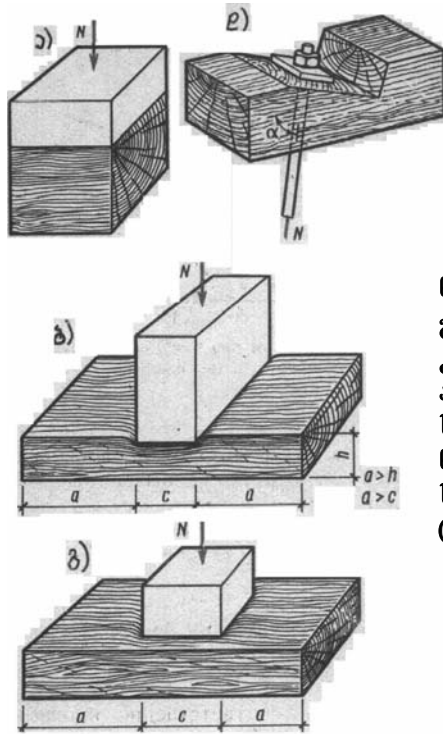
ნახ. 2.8. გაჭიმულ-მოღუნული ელემენტი: ა - მუშაობის სქემა და მღუნავი მომენტების ეპიურები; ბ - ნორმალური ძაბვების ეპიურები.

თელვა. დატვირთვის მოქმედების მიმართულებაზე დამოკიდებულებით თელვის სამი სახე არსებობს: თელვა ბოჭკოების გასწვრივ, ბოჭკოების განივად და ბოჭკოების მიმართულებისადმი რაღაც კუთხით.

სამშენებლო ნორმების მიხედვით მერქნის თელვა და კუმშვა ბოჭკოების გასწვრივ ერთნაირია, რადგანაც მუშაობის ხასიათის მიხედვით ისინი ერთმანეთის ანალოგებია. ამ დროს ($\alpha = 0$) მერქნის უჯრედების კედლები

მუშაობს ყველაზე ხელსაყრელ პირობებში და საანგარიშო წინაღობა მაქსიმალურია.

ბოჭკოების განივად თელვისას ($\alpha = 90^\circ$) უჯრედების კედლები მუშაობს ყველაზე არახელსაყრელ პირობებში, უჯრედი იჭყლიტება შინაგანი სიცარიელების გამო, რაც დიდ დეფორმაციას იწვევს და საანგარიშო წინაღობა მინიმალურია. მერქნის თელვა ბოჭკოების განივად შეიძლება ხდებოდეს მთელ ფართობზე, ადგილობრივად მთელ სიგანეზე და სიგრძის ნაწილზე და ფართობის ნაწილზე (ნახ. 2.9, ა,ბ,გ).



ნახ. 2.9. მერქნის თელვა ბოჭკოების განივად და ბოჭკოებისადმი რაღაც კუთხით: ა - მთელ ფართობზე; ბ - ადგილობრივი (მთელ სიგანეზე და სიგრძის ნაწილზე); გ - ფართობის ნაწილზე (ნაწილ სიგანეზე და ნაწილ სიგრძეზე); დ - საყელურის ქვეშ (ბოჭკოებისადმი რაღაც კუთხით).

ბოჭკოების მიმართულებისადმი რაღაც α კუთხით თელვის დროს მერქნის სიმტკიცეს და დეფორმაციას აქვს საშუალოდ მნიშვნელობები და იგი დამოკიდებულია α კუთხის სიდიდეზე. ამ შემთხვევაში საანგარიშო წინაღობა თელვაზე გამოითვლება ფორმულით:

$$R_{\sigma\alpha} = \frac{R_{\sigma}}{1 + \left(\frac{R_{\sigma}}{R_{\sigma 90^\circ}} - 1 \right) \sin^3 \alpha}, \quad (2.30)$$

სადაც R_{σ} არის მერქნის საანგარიშო წინაღობა თელვაზე ბოჭკოების გასწვრივ; $R_{\sigma 90^\circ}$ - იგივე ბოჭკოების განივად.

ზოგადად თელვაზე საანგარიშო ფორმულას ასეთი სახე აქვს:

$$\sigma = \frac{N_{\sigma}}{A_{\sigma}} \leq R_{\sigma\alpha}, \quad (2.31)$$

სადაც N_{σ} არის თელვის საანგარიშო ძალა; A_{σ} - თელვის ფართობი.

მერქნის მანკები უმეტეს შემთხვევაში არ ამცირებენ მერქნის სიმტკიცეს თელვაზე მუშაობისას და ამიტომ მათი რაოდენობა და სახეები არ იზღუდება.

ახლეჩა. ახლეჩის T ძალის მოქმედებისას ელემენტის გრძივი განივკვეთის სიბრტყის პარალელურად აღიძვრება ახლეჩის τ ძაბვა, რომელიც ძირითადად მოქმედებს მერქნის ბოჭკოების გრძივად ან იშვიათად ბოჭკოების განივად ან რაღაც α კუთხით. მერქნის სიმტკიცე ახლეჩაზე შედარებით მცირეა მისი

ბოჭკოვან-მილოვანი აღნაგობის გამო. ამასთან განივი მიმართულებით მერქნის ბოჭკოები გაცილებით სუსტია, ვიდრე გრძივი მიმართულებით და განივად მათი გაწყვეტა ახლენის დეფორმაციის დროს ადვილად ხდება. ახლენის დროს ელემენტის რღვევა ხდება მყიფედ, თითქმის წამიერად და იშლება ნაწილებად შესამჩნევი წინასწარი დეფორმაციის გარეშე.

მერქნის მანკები სხვადასხვა ხარისხით ახდენს გავლენას სიმტკიცეზე ახლენის დროს. ძირითადი მანკები-როკები – არ ამცირებენ სიმტკიცეს, პირიქით ბევრჯერ ეხმარებიან მერქანს ახლენაზე მუშაობისას. დიდი ამხლენი ძაბვების მოქმედების ზონაში დაუშვებელია ბზარების არსებობა.

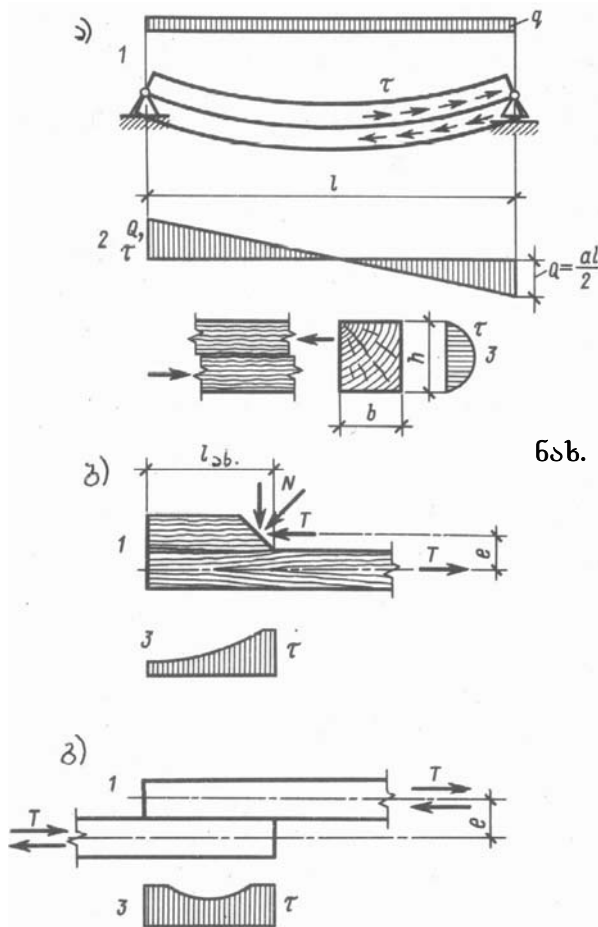
ახლენას იწვევს ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულების ძვრის გამომწვევი წყვილძალა T (ნახ. 2.10, ა). ამ ძალების გამომწვევია ელემენტზე მოქმედი განივი Q ძალები. განივკვეთის სიმაღლეში τ ძაბვები ნაწილდება არათანაბრად. სწორკუთხოვანი განივკვეთისათვის ის მაქსიმალურია ნეიტრალური ღერძის გასწვრივ, ხოლო ნულოვანი ზედა და ქვედა წახნაგებთან. განივკვეთის სიგანეში მათი მნიშვნელობა არ იცვლება.

ახლენაზე საანგარიშო ფორმულას ზოგადად ასეთი სახე აქვს:

$$\sigma = \frac{T}{A_{sb}} \leq R_{sb}^{ბაშ}, \quad (2.32)$$

სადაც A_{sb} არის ახლენის საანგარიშო ფართობი; $R_{sb}^{ბაშ}$ - ახლენაზე საანგარიშო წინაღობის საშუალო მნიშვნელობა, რომელიც ახლენის სიბრტყის სიგრძეზე ძაბვების არათანაბარი განაწილების გამო გამოითვლება ფორმულით:

$$R_{sb}^{ბაშ} = \frac{R_{sb}}{1 + \beta \frac{l_{sb}}{e}}, \quad (2.33)$$



ნახ. 2.10. ახლენაზე მომუშავე ელემენტები.

სადაც R_{sb} არის მერქნის საანგარიშო წინაღობა ახლენაზე ბოჭკოების გრძივად (დანართი, ცხრ. 2); β - კოეფიციენტი, რომელიც ცალმხრივი ახლენისას ტოლია 0,25 და ორმხრივისას - 0,125; l_{sb} - ახლენის სიბრტყის საანგარიშო სიგრძე, რომელიც აიღება არა უმეტეს ელემენტში ჩაჭრის 10 სიღრმისა; e - ამხლენი ძალის მხარი. შეფარდება $l_{\text{sb}}/e \geq 3$. $e=0,5h$ - ცალმხრივი ახლენისას; $e=0,25h$ - ორმხრივი ახლენისას (h - ელემენტის განივკვეთის სიმაღლე).

ბოჭკოების მიმართულებასთან ამხლენი T ძალის α კუთხით მოქმედებისას მერქნის საანგარიშო წინაღობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$R_{\text{sb}\alpha} = \frac{R_{\text{sb}}}{1 + \left(\frac{R_{\text{sb}}}{R_{\text{sb}90^\circ}} - 1 \right) \sin^3 \alpha}. \quad (2.34)$$

სიმტკიცე ახლენის დროს მოწმდება ფორმულით:

$$\tau = \frac{QS}{Jb} \leq R_{\text{sb}}, \quad (2.35)$$

სადაც Q არის განივი ძალა; S , J და b - განივკვეთის სტატიკური მომენტი ინერციის მომენტი და სიგანე.

მაგალითი 2.6. შევამოწმოთ II ხარისხის მერქნის სიმტკიცე ახლენაზე ღუნვალი ელემენტის, რომელზედაც მოქმედებს მაქსიმალური განივი ძალა $Q=24$ კნ. ელემენტის განივკვეთის ზომებია: სიგანე $b=12$ სმ; სიმაღლე $h=22$ სმ.

ამოხსნა. II ხარისხის მერქნის საანგარიშო წინაღობა ახლენაზე ღუნვისას $R_{\text{sb}}=1,6$ მპა (დანართი, ცხრ. 2). განივკვეთის სტატიკური და ინერციის მომენტები:

$$S = \frac{bh^2}{8} = \frac{12 \cdot 22^2}{8} = 726 \text{ სმ}^3; \quad J = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \cdot 22^3}{12} = 10648 \text{ სმ}^4.$$

ამხლენი დაბვა

$$\tau = \frac{QS}{Jb} = \frac{24 \cdot 726}{10648 \cdot 12} = 0,136 \text{ კნ/სმ}^2 = 1,36 \text{ მპა} < R_{\text{sb}} = 1,6 \text{ მპა}.$$

თავი 3. ხის კონსტრუქციების ელემენტების შეერთებები

3.1. ზოგადი ცნობები

მშენებლობაში გამოყენებული ხის ელემენტების გეომეტრიული ზომები სორტამენტით შეზღუდულია (განივკვეთში 27,5სმ-მდე, სიგრძეში - 6,5მ-მდე), ამიტომ ცალკე მათი გამოყენება შეიძლება მხოლოდ მცირე მალის მქონე კოჭების და დაბალი ზიდვის უნარის მქონე დგარებში. ბუნებრივია ეს შეზღუდვა საშუალებას არ იძლევა სორტამენტით გამოშვებული ხის მასალის გამოყენებით დავამზადოთ დიდი მალისა და სიმაღლის სამშენებლო კონსტრუქციები, თუ არ გამოვიყენებთ ცალკეული ელემენტების შეერთებებს.

სიგრძეში ელემენტების შეერთებას ეწოდება **წაზრდა**, სიგანეში - **შემჭიდროება**, ხოლო რაღაც კუთხით და საყრდენებზე მიმაგრებას - **ჩაანკერება**.

თანამედროვე ხის სამშენებლო კონსტრუქციების სწრაფად განვითარებას ხელი შეუწყო ელემენტების შეერთებების ახალი სახეობების და დამზადების მეთოდების დანერგვამ. საერთოდ, შეერთება ხის კონსტრუქციების ყველაზე საპასუხისმგებლო ნაწილია, რადგანაც ამ ადგილებში ყველაზე ნათლად იკვეთება მერქნის ანიზოტროპიული აღნაგობის უარყოფითი თვისებები.

შეერთებების განხორციელებისას ელემენტებში ხშირად კეთდება ჩაჭრები და ხვრელები, რომლებიც ასუსტებენ განივკვეთს და ადიდებენ დეფორმაციას, ამიტომ რღვევა სწორედ შეერთებაში იწყება, რის გამოც მის სწორ კონსტრუქციულ გადაწყვეტაზე, გაანგარიშებასა და შესრულებაზე დამოკიდებული მთლიანად კონსტრუქციის სიმტკიცე.

მუშაობის ხასიათის მიხედვით შეერთებები შეიძლება დავყოთ ექვს ჯგუფად:

1. თელვაზე და ახლენაზე მომუშავე (ჯდობები, სოგმანები);
2. უპირატესად ღუნვაზე მომუშავე (წირწკიმალები);
3. გაჭიმვაზე მომუშავე (ჭიმები, ჭანჭიკები, საკიდები, ზედები);
4. ამოძრობაზე მომუშავე (ღურსმნები, შურუპები);
5. ძვრაზე მომუშავე (დაწებებული კონსტრუქციები);
6. ელემენტების შემთხვევითი გადაადგილების საწინააღმდეგო (ავარიული კავშირები - ჭანჭიკები, ჩანგლები).

შეერთების ყველა სახეობას, წებოს გარდა, ახასიათებთ დამყოლობა, ამიტომ ისინი იწვევენ კონსტრუქციისა და ცალკეული ელემენტების დამატებით დეფორმაციებს. შეერთებების დამყოლობა უზრუნველყოფს კვანძების ცალკეულ ელემენტებსა და კავშირებს შორის ძალების გათანაბრებას, რაც ამცირებს ძაბვების კონცენტრაციას შეერთებებში და ამადლებს მის საიმედოობას.

შეერთება არ უნდა იწვევდეს შესაერთებელი ელემენტების განივკვეთების მნიშვნელოვან შესუსტებას, უნდა უზრუნველყოფდეს ელემენტების მჭიდრო და ზუსტად შეერთებას, მათ ერთობლივ მუშაობას, იძლეოდეს შეერთების ხარისხიანად განხორციელების და ექსპლუატაციის პროცესში მისი მუშაობის შემოწმების საშუალებას, იყოს მარტივი, საიმედო დატვირთვების ხანგრძლივი მოქმედების პირობებში და არ ახასიათებდეს მყიფე რღვევა.

3.2. კონტაქტური შეერთებები

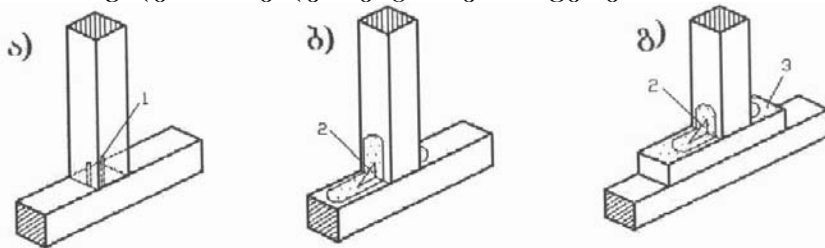
ხის ელემენტების კონტაქტური შეერთების ქვეშ იგულისხმება შეერთება, რომელშიც ძალვა ერთი ელემენტიდან მეორეს გადაეცემა ჩამორანდული და შესაბამისად დამუშავებული საკონტაქტო ზედაპირებით. ასეთ შეერთებებში დამატებით გამოყენებული მუშა მაკავშირებლები ასრულებენ ფიქსაციის ფუნქციას და ერთდროულად წარმოადგენენ ავარიულ მაკავშირებლებს, ანუ

ისინი მუშაობაში ებმებიან მხოლოდ კონსტრუქციის ან მისი ცალკეული დეტალების ავარიის დროს.

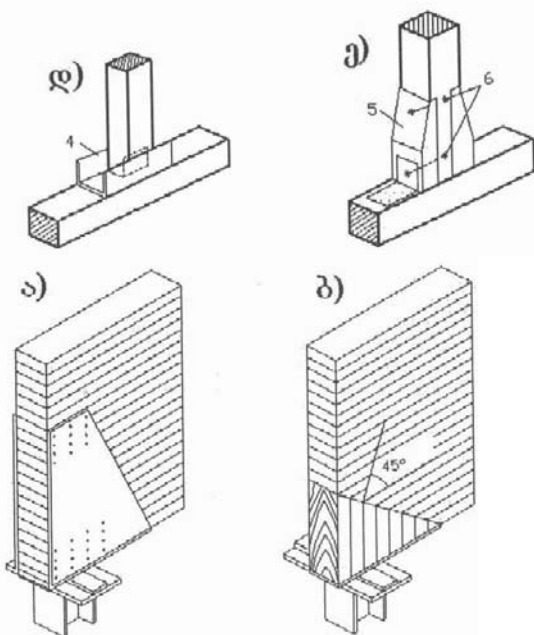
კონტაქტურ შეერთებაში მერქანი ძირითადად მუშაობს თელვაზე. კუმშვა ბოჭკოების მართობულად გვხდება დგარის ჰორიზონტალურ ხის ელემენტთან (წოლანა, რიგელი, კოჭი) შეერთებებში (ნახ. 3.1, ა,ბ). როცა მკუმშავი ძალის მნიშვნელობა დიდია საჭირო ხდება საკონტაქტო ზედაპირის ფართობის გაზრდა, რაც მიიღწევა მაღალი სიმტკიცის მერქნის (მუხა, წიფელა, აკაცია, კოპიტი) ან ლითონის (შველურის გადანაჭერი) ქვესადების გამოყენებით (ნახ. 3.1, გ,დ). ზოგჯერ მიმართავენ დგარის საყრდენ ნაწილში ხის სადგმელების გამოყენებასაც (ნახ. 3.1, ე)

თუ საყრდენის ფართობის გაზრდა შეუძლებელია რაიმე კონსტრუქციული მოსაზრებით, მაშინ თელვაზე მერქნის წინაღობის გასაზრდელად იყენებენ სხვადასხვა სახის ზედებს (ფანერი, ლითონის ფურცელი), რომელიც კონსტრუქციის გვერდით წახნაგებს მიემაგრება წირწკიმალების ან წებოს საშუალებით (ნახ. 3.2, ა,ბ). ამ დროს თელვაზე წინაღობის ამადლების ეფექტი მიიღწევა კონსტრუქციისაგან გადმოცემული ძალის (საყრდენი რეაქცია) გადანაწილებით საყრდენზე ზედების დახმარებით.

საინტერესოა ნახ. 3.2, ბ-ზე მოცემული ვარიანტიც. ამ მეთოდის აზრი შემდეგია: დიდი განივკვეთის ფიცრულ-დაწებებული კოჭის საყრდენი ნაწილიდან 45° -იანი კუთხით ამოჭრება განივკვეთის ნაწილი, შებრუნდება 90° -ით და უკანვე ჩაეწებება. ამ ოპერაციის შემდეგ კოჭის საყრდენი ნაწილი შემოწმდება თელვაზე ბოჭკოების გრძივად (და არა განივად, როგორც ჩვეულებრივ შემთხვევაში), წებოვანი ნაკერი - ჭრაზე, ხოლო მერქანი წებოს ნაკერის მიმართულებით-თელვაზე გრძივი ბოჭკოების მიმართ 45° -იანი კუთხით.



ნახ. 3.1. დგარის შეერთება ჰორიზონტალურ ხის ელემენტთან: ა - ფიქსირებული ცილინდრული წირწკიმალების გამოყენებით (1); ბ - იგივე ლითონის კუთხოვანებით (2); გ - მაგარი ჯიშის მერქნის ქვესადებით (3); დ - იგივე, ლითონის შველურით (4); ე - ხის სადგმელებით (5), ჭანჭიკები (6).

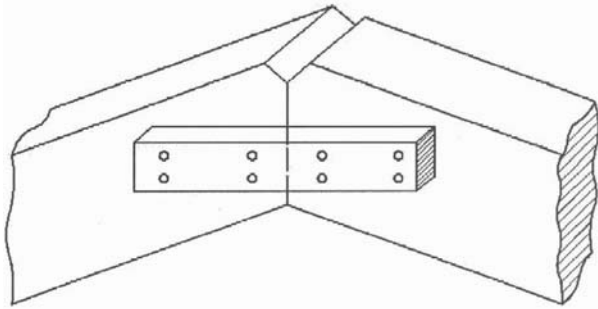


ნახ. 3.2. დაწებებული კოჭების საყრდენი ნაწილების გაძლიერება: ა - ფანერის ზედებით და ლურსმნებით; ბ - დაწებებული სადგმელებით.

კონტაქტური ზედაპირებით შეერთების ადგილებში მერქნის მუშაობა თელვაზე რაღაც კუთხით მიმდინარეობს ხის ისეთი ელემენტების შეერთებაში,

სადაც შესაერთებელი ელემენტების სიმეტრიის ღერძები ერთმანეთთან ქმნიან კუთხეს სიდიდით $\alpha < 180^\circ$ (ნახ. 3.3).

გვერდითი ზედების ან შუადების დანიშნულებაა თავის თავზე მიიღონ განივი ძალები და ფიქსაცია გაუკეთონ შესაერთებელ ელემენტებს.

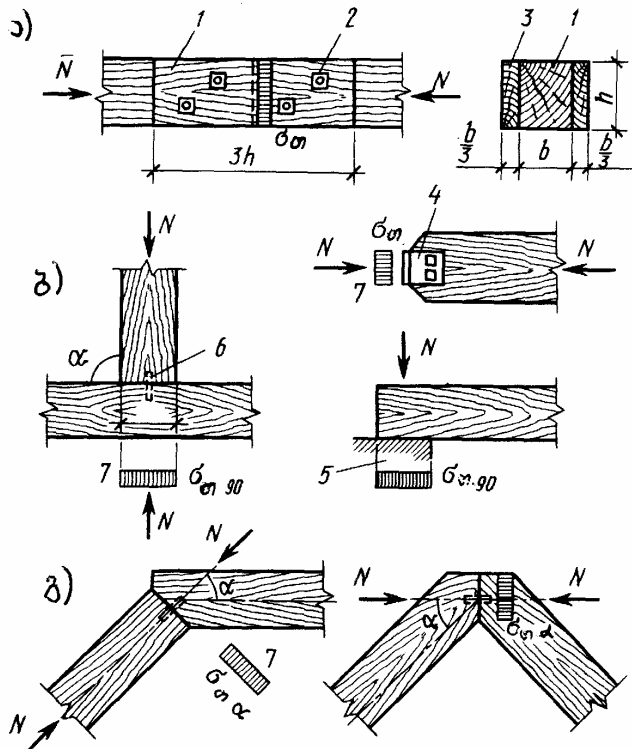


ნახ. 3.3. შეკუმშული ხის ელემენტების კონტაქტური შეერთება.

3.3. შუბლური მიყრდნობა

შუბლური მიყრდნობა წარმოადგენს კუმშვაზე მომუშავე ელემენტების შეერთების ყველაზე მარტივ და საიმედო სახეობას (ნახ. 3.4.). ისინი მუშაობენ თელვაზე და მათი გაანგარიშება წარმოებს ელემენტში აღძრულ გრძივ მკუმშავ ძალაზე (ფორმულა 2.31). გაჭიმვაზე ასეთი შეერთებები არ მუშაობს.

გრძივი შუბლური მიყრდნობის შეერთების პირაპირი ორი მხრიდან გადახურულია ხის ზედით, რომლის სისქე $\delta_b \geq 1/3b$, სადაც b არის შესაერთებელი ელემენტის განივკვეთის სისქე, ხოლო ზედის სიგრძე $l_b \geq 1/3h$, სადაც b ელემენტის სიმაღლეა. პირაპირის ზედები შეკრულია მოსაჭიმი ჭანჭიკებით, რომელთა რაოდენობა აიღება კონსტრუქციულად.



ნახ. 3.4. შუბლური მიყრდნობა: ა – გრძივი, მერქნის ბოჭკოების გასწვრივ; ბ – განივი, ბოჭკოების განივად; გ – დახრილი, ბოჭკოების მიმართულეებისადმი რაღაც კუთხით; 1 – შესაერთებელი ელემენტი; 2 – მოსაჭიმი ჭანჭიკები; 3 – ზედი; 4 – ლითონის დამაგრება; 5 – საყრდენი; 6 – მანჭვალი; 7 – თელვის ძაბვის ეპიურები; α - თელვის კუთხე.

განივი შუბლური მიყრდნობა წარმოადგენს ორი ღეროს შეერთებას მართი კუთხით, როდესაც ერთი შეკუმშული ელემენტის ტორსი ეყრდნობა მეორე ელემენტის ფენას და უერთდება არა მუშა მაკავშირებლებით (ნახ. 3.4, ბ). მაგალითად, ასე უერთდება დგარები კარკასის ზედა და ქვედა ჰორიზონტალურ ელემენტებს. ასეთ შეერთებებში მერქანი დგარის ტორსში მუშაობს თელვაზე ბოჭკოების გასწვრივ, ხოლო ჰორიზონტალური ელემენტის ფენაში ბოჭკოების განივად. გაანგარიშებისათვის საკმარისია თელვა ბოჭკოების განივად, რადგანაც ამ დროს მერქნის საანგარიშო წინაღობა გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე თელვა ბოჭკოების გრძივად.

მაგალითი 3.1. შევამოწმოთ დგარზე დაყრდნობილი კოჭის განივი შუბლური მიყრდნობის სიმტკიცე თელვაზე. კოჭის განივკვეთია $b \times h = 20 \times 20$ სმ. დგარში მოქმედი გრძივი ძეკუმშავი ძალა $N = 70$ კნ.

ამოხსნა. თელვის ფართობის სივრცე $l_m = 20$ სმ. მერქნის საანგარიშო წინაღობა ადგილობრივ თელვაზე ბოჭკოების განივად კოჭის სივრცის ნაწილზე (ნახ. 3.4, ბ)

$$R_{m90} = R_{90} \left(1 + \frac{8}{l_m + 1,2} \right) = 1,8 \left(1 + \frac{8}{20 + 1,2} \right) = 2,48 \text{ მპა} = 0,248 \text{ კნ/სმ}^2.$$

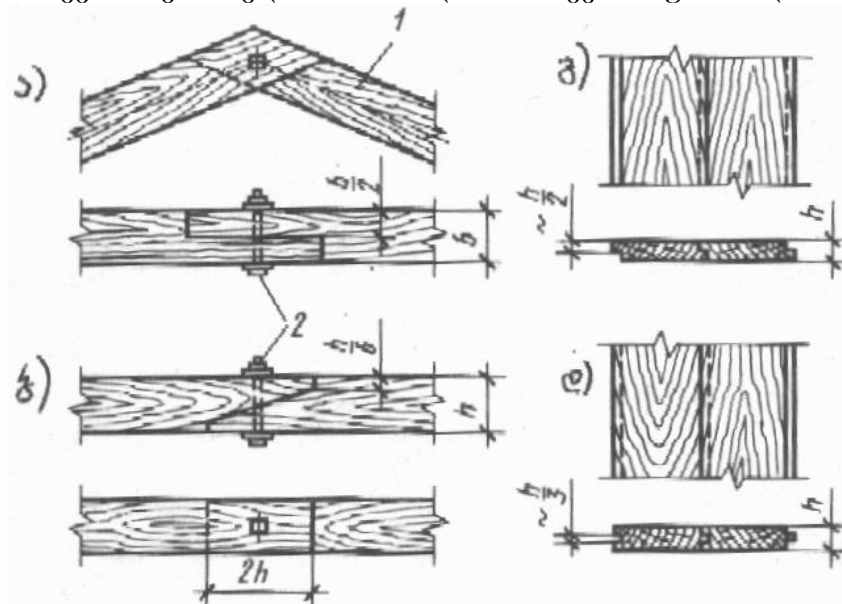
თელვის ფართობი $A_m = b \times h = 20 \times 20 = 400$ სმ².

$$\text{ძაბვა } \sigma = \frac{N}{A_m} = \frac{70}{400} = 0,175 \text{ კნ/სმ}^2 < R_{m90} = 0,248 \text{ კნ/სმ}^2.$$

დახრილი შუბლური მიყრდნობა (ნახ. 3.4, გ) წარმოადგენს ორი შეკუმშული ელემენტის შეერთებას, რომელთა სიმეტრიის ღერძები ერთმანეთთან ქმნიან რაღაც α კუთხეს. ამ დროს შესაძლებელია ერთი ელემენტის ტორსული განივკვეთი მართობული იყოს ღეროს ღერძის მიმართ ან ორივე დახრილი იყოს. ასეთი შეერთების გაანგარიშებისას საკმარისია მერქნის თელვაზე შემოწმება იმ ღეროსი, რომლის ტორსიც დახრილია ღერძის მიმართ.

3.4. კონსტრუქციული და შუბლური ჭდობები

ასეთი ჭდობა წარმოადგენს შეერთების სახეობას, რომელშიც წარმოიშვება გაცილებით ნაკლები სიდიდის ძალა, ვიდრე მისი მზიდუნარიანობაა და ამიტომ არ საჭიროებს გაანგარიშებას (ნახ. 3.5). ხის კონსტრუქციებში ყველაზე მეტადაა გავრცელებული კონსტრუქციული ჭდობის სახეები: მეოთხედით, ნარანდით, ნახევარჩაჭრით და ირიბი ჩაჭრით.



ნახ. 3.5. კონსტრუქციული ჭდობა: ა - ჭდობა ნახევარჩაჭრით; ბ - ირიბი ჩაჭრით; გ - შეუღლება მეოთხედით; დ - შეუღლება ნარანდით; 1 - შესაერთებელი ელემენტი; 2 - ჭანჭიკი.

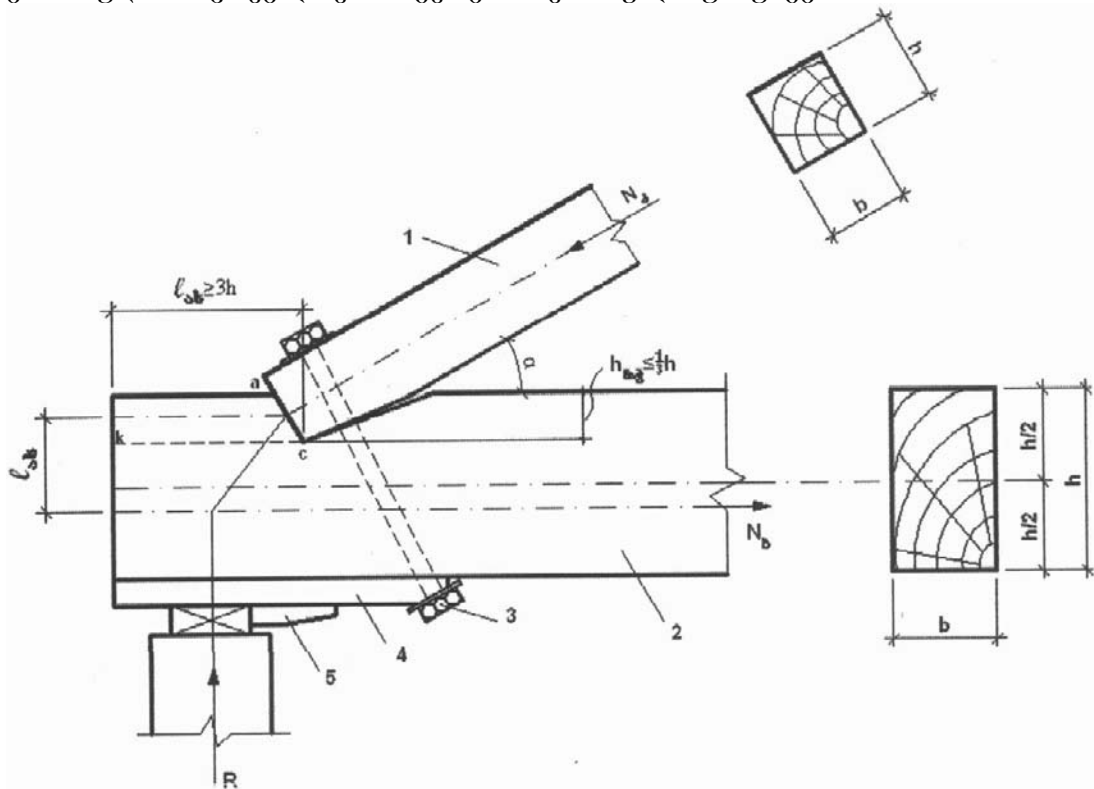
მეოთხედით შეერთება გამოიყენება ფიცრის სიგანეში ნაწიბურებით შესაერთებლად. ამისათვის თითოეული ფიცრის ერთ ნაწიბურზე ზევით ამოიღება ცალმხრივი ღარი, ხოლო მეორე ნაწიბურზე იგივე-ქვევით. ასეთ შეერთებებს ძირითადად იყენებენ გარე კედლების შეფიცვრისათვის, რათა დაიცვან კედლები ქარისა და ატმოსფერული ნალექების შეღწევისაგან.

ნარანდით შეუღლება წარმოადგენს ფიცრების ან ძელების შემჭიდროებას ნაწიბურებით, როდესაც ფიცრის (ძელის) ერთ ნაწიბურზე სისქის შუაში ამოღებულია ღარი, ხოლო მეორე ნაწიბურზე გამონაშვერი, რომლებიც აწყობის დროს მჭიდროდ შედიან ერთმანეთში და ქმნიან შეერთებას. ასეთ შეერთებებს იყენებენ ფენილების მოსაწყობად, რათა ფიცრებმა (ძელებმა) ღუნვაზე ერთობლივად იმუშაონ და იმავე დროს სახურავში არ ჩამოცვივდეს გამათბუნებლად გამოყენებული წიღის ნაფხვენები ან მინერალური ბამბის ბოჭკოები.

ჭლობა ნახევარჩაჭრით გამოიყენება ძელების ან მორების ბოლოების შესაერთებლად. ამისათვის ბოლოებზე სისქის ნახევარზე კეთდება ჩაჭრები და შეერთება მოიჭიმება ჭანჭიკებით. ასეთი შეერთების მაგალითია სანივნივე ფეხების შეერთება სახურავის კეხში.

ირიბი ჩაჭრა გამოიყენება ძელების ან მორების სიგანეში წასაზრდელად. ამისთვის შესაერთებელი ბოლოები ჩაიჭრება ირიბად, დაედება ერთმანეთს და მოიჭიმება ჭანჭიკით. ჩაჭრის სიგრძე კონსტრუქციულად მიიღება $l_{ჩაჭ} = 2h$, სადაც h განივკვეთის სიმაღლეა. ამ ტიპის შეერთებებს იყენებენ გრძივების სიგრძეში წასაზრდელად.

შუბლური ჭლობა (ნახ. 3.6) წარმოადგენს შეერთების სახეობას, რომელშიც შეკუმშული ელემენტიდან ძალა გადაეცემა მეორე ელემენტს უშუალოდ, ყოველგვარი მუშა კავშირების გარეშე. ასეთი ჭლობები ძირითადად გამოიყენება ძელებისაგან (მორებისაგან) განხორციელებული წამწების საყრდენ და შუალედ კვანძებში. ჭლობა ყოველთვის იკვრება ავარიული ჭანჭიკებით.



ნახ. 3.6. შუბლური ჭლობა: 1 - წამწის ზედა სარტყელი; 2 - წამწის ქვედა სარტყელი; 3 - ავარიული ჭანჭიკი; 4 - კოჭქვეშა; 5 - მინაჭედი; 6 - საყრდენი ბალიში; h_c - ახლენის სიბრტყე.

შუბლურმა ჭდობამ შეიძლება დაკარგოს მზიდუნარიანობა თუ დადგება ზღვრული მდგომარეობა შეკუმშული ელემენტის მიბჯენის ფართობის თელვის ან ქვედა ელემენტის ახლენის პირობიდან.

ახლენაზე გაანგარიშება წარმოებს ამხლენი (გამჭიმავი) N_b ძალის მიხედვით

$$\tau_{sb} = \frac{N_b}{A_{sb}} \leq R_{sb}^{bsm}, \quad (3.1)$$

სადაც $R_{sb}^{bsm} = \frac{R_{sb}}{1 + \beta \frac{1_{sb}}{1}}$ არის ახლენაზე მერქნის საანგარიშო წინაღობის საშუალო

მნიშვნელობა; $A_{sb} = 1_{sb} \cdot b$ - ახლენის ფართობი.

თელვაზე გაანგარიშება წარმოებს თელვის ac ფართობზე მოქმედი N_j ძალის მიხედვით ($N_j = N_m$):

$$\sigma_m = \frac{N_j}{A_m} \leq R_{m,a}, \quad (3.2)$$

სადაც $A_m = \frac{h_{საჭ} \cdot b}{\cos \alpha}$; b - განივკვეთის სიგანე.

ძელებისა და მორებისათვის წამწის განაპირა კვანძებში ჩაჭრის სიღრმე არ უნდა აღემატებოდეს $h_{საჭ} \leq \frac{1}{3}h(d)$, ხოლო შუალედ კვანძებში $h_{საჭ} \leq \frac{1}{4}h(d)$.

3.5. შეერთებები ლითონის მაკავშირებლების გამოყენებით

ლითონის მაკავშირებლების გამოყენებით ხის ელემენტების შეერთება ისეთი სახეობაა, რომელშიც ერთი ელემენტიდან მეორეს ძალვა გადაეცემა ფოლადის ჭანჭიკების, ღეროების, ღურსმნების, ხრახნების, საკიდების, ჩანგლების, ჭიმების, დაკბილული ფირფიტების და სხვა ლითონის ნაკეთობების საშუალებით. აქედან ყველაზე გავრცელებულ ლითონის მაკავშირებლებს წარმოადგენს ჭანჭიკები და ღურსმნები.

ჭანჭიკი წარმოადგენს სტანდარტულ ნაკეთობას დამზადებულს დაბლად ლევირებული ფოლადისაგან მარკით C38/23. ხის კონსტრუქციებში გამოყენებული ჭანჭიკები მზადდება ჩვეულებრივი დამუშავებით და მათ „შავ“ ჭანჭიკებს ეძახიან. მათ აქვთ საკმაოდ დიდი სიგრძეები, რომლებიც შეესაბამებიან ხის კონსტრუქციების გაბარიტებს და საკმაოდ სქელი ოთხკუთხა საყელურები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჭანჭიკში აღძრული ძალის გადანაწილებას მერქნის თელვას ფართობზე. პრაქტიკაში ყველაზე მეტად არის გავრცელებული ჭანჭიკები დიამეტრით 12, 16 და 20მმ.

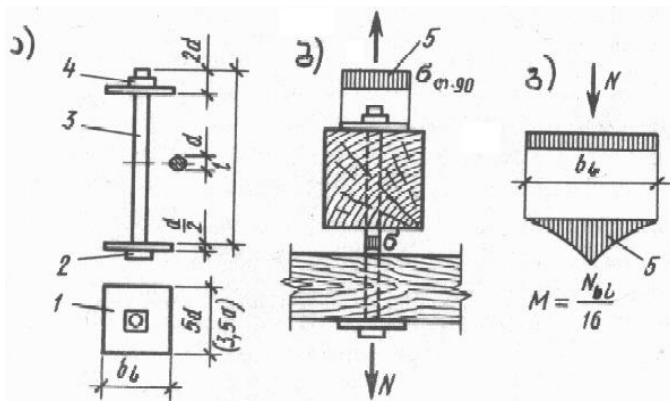
ჭანჭიკების დასაყენებლად შესაერთებელ ელემენტებში, ბურღის ერთი გავლით, კეთდება ჭანჭიკის შესაბამისი დიამეტრის ხვრელი. ხვრელების გასაკეთებლად ზოგჯერ იყენებენ სპეციალურ შაბლონსაც. შეერთებებში შეიძლება იყოს მოსაჭიმი, გაჭიმული და ღუნვადი ჭანჭიკები.

შეერთებები მოსაჭიმი ჭანჭიკებით ემსახურება ცალკეული ელემენტების მკვირვ შეერთებას განივი შემჭიდროებისას, ამიტომ მათში აღიძვრება უმნიშვნელო ძალები და მათი გაანგარიშება აუცილებელი არ არის. დიამეტრს იღებენ კონსტრუქციული მოსაზრებით, მაგრამ არა ნაკლები 12მმ-ისა და შესაერთებელი ელემენტების ჯამური სისქის 0,05-ისა. დროთა განმავლობაში მოსაჭიმი ჭანჭიკები, მერქნის შეშრობის გამო, ითხოვენ რეგულირებას.

შეერთებები გაჭიმული ჭანჭიკებით გამოიყენება ხის კონსტრუქციების საანკერო მიმაგრებისათვის საყრდენებზე, შეკიდული ჭერისა და მოწყობილობების დასამაგრებლად და კვანძურ შეერთებებში. ასეთი ჭანჭიკების გაანგარიშება წარმოებს საანგარიშო დატვირთვებისაგან ჭანჭიკში აღძრულ გამჭიმავ ძალაზე შესუსტებული განივკვეთის კუთხვილზე ფართობის მიხედვით (ნახ. 3.7) ფორმულით:

$$\sigma = \frac{N}{0,8A} \leq R, \quad (3.3)$$

სადაც R არის ფოლადის საანგარიშო წინაღობა, $R = 235$ მპა; $0,8$ - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ძაბვების კონცენტრაციას კუთხვილზე; A - განივკვეთის ფართობი.



ნახ. 3.7. შეერთება გაჭიმული ჭანჭიკებით: ა - ჭანჭიკი; ბ - ჭანჭიკისა და მერქნის მუშაობის სქემა; გ - საყელურის მუშაობის სქემა; 1 - საყელური; 2 - თავი; 3 - დერო; 4 - ქანჩი; 5 - ძაბვის ეპიურები.

ჭანჭიკის საყელურის ქვეშ მერქანი მოწმდება ადგილობრივ თელვაზე ფორმულით (2.31). თვითონ საყელური კი გაანგარიშდება ღუნვაზე მოთელილი მერქნის რეაქტიულ წნევაზე, როგორც კვადრატული ფირფიტა გვერდის სიგრძით b და დაყრდნობილი ცენტრით ჭანჭიკის თავზე. ამ დროს მაქსიმალური მღუნავი მომენტი d დიამეტრის ნახევრებით შესუსტებული საყელურის შუა განივკვეთში $M = Nb/16$. წინაღობის მომენტი $W_{საჭ} = M/R$, ხოლო საჭირო სისქე

$$\delta_{საჭ} = \sqrt{6W_{საჭ}/R}.$$

მაგალითი. 3.2. გავიანგარიშოთ სანივნივო წამწეზე შეკიდული გადახურვის გრძივების გაჭიმული ჭანჭიკის საკიდარი. საკიდარში მოქმედი გამჭიმავი ძალა $N = 35$ კნ. ფოლადის საანგარიშო წინაღობა $R = 235$ მპა = $23,5$ კნ/სმ².

ამოხსნა. ჭანჭიკის კუთხვილზე საჭირო განივკვეთის ფართობი. $A_{საჭ} = N/0,8R = 35/0,8 \cdot 23,5 = 1,86$ სმ². ავიღოთ ჭანჭიკი დიამეტრით $d = 2,2$ სმ. ჭანჭიკის განივკვეთის ფართობი კუთხვილზე $A = 1,88$ სმ² > $A_{საჭ} = 1,86$ სმ². (დანართი, ცხრ. 22).

მერქნის საანგარიშო წინაღობა ადგილობრივ თელვაზე საყელურის ქვეშ ბოჭკოების განივად $R_{თ.90} = 4$ მპა = $0,4$ კნ/სმ² (დანართი, ცხრ.2). თელვის საჭირო ფართობი საყელურის ქვეშ

$$A_{საჭ} = \frac{N}{R_{თ.90}} = \frac{35}{0,4} = 87,5$$
 სმ².

ავიღოთ კვადრატული საყელური გვერდის ზომით $b = 10$ სმ.

თელვის ფართობი საყელურის ქვეშ $A = b^2 - 0,25\pi d^2 = 10^2 - 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,2^2 = 96,2$ სმ² = $96,2$ სმ² < $b^2 = 10^2 = 100$ სმ². ამიტომ გავზარდოთ საყელურის ზომა. ავიღოთ $b = 11$ სმ. $A = b^2 - 0,25\pi d^2 = 11^2 - 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,2^2 = 117,2$ სმ².

თელვის ძაბვა

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{35}{117,2} = 0,3 \text{ კნ/სმ}^2.$$

მაქსიმალური მღუნავი მომენტი საყელურის განივკვეთში

$$M = \frac{N \cdot b}{16} = \frac{35 \cdot 11}{16} = 24,1 \text{ კნ.სმ.}$$

საყელურის საჭირო წინაღობის მომენტი

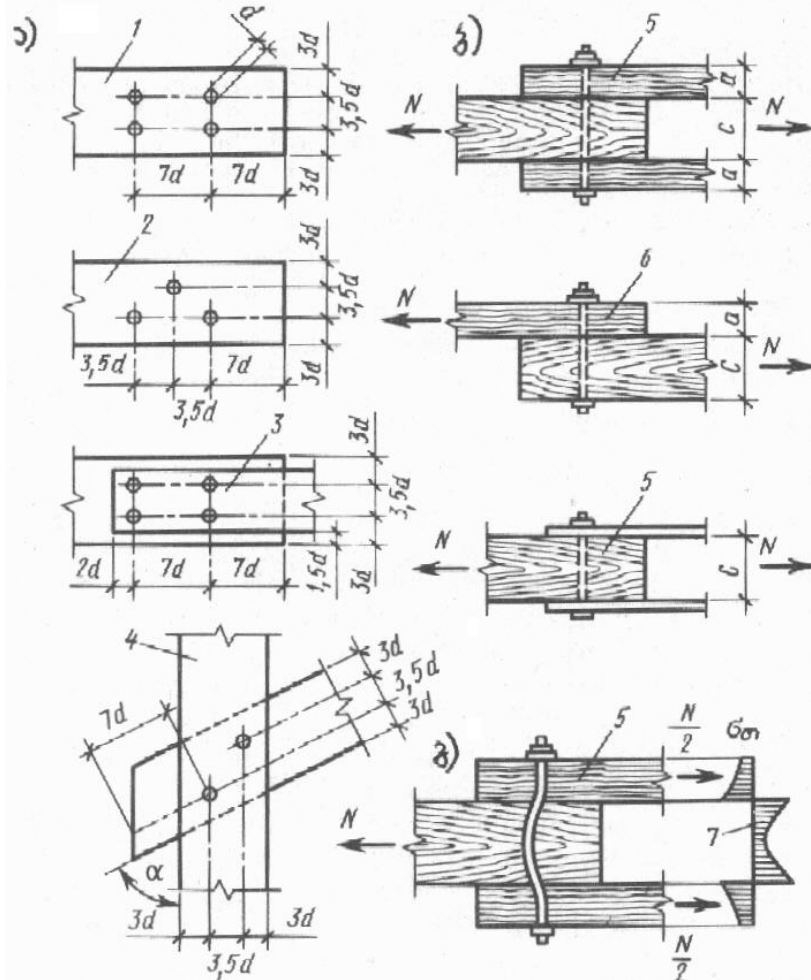
$$W_{\text{საჭ}} = \frac{M}{R} = \frac{24,1}{23,5} = 1,03 \text{ სმ}^3.$$

საყელურის საჭირო სისქე

$$\delta_{\text{საჭ}} = \sqrt{\frac{6W_{\text{საჭ}}}{b-d}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1,03}{11-2,2}} = 0,84 \text{ სმ.}$$

საყელურის სისქეს ვიღებთ $\delta = 9 \text{ მმ}$.

ღუნვაზე მომუშავე ჭანჭიკებით შეერთება მიეკუთვნება ე.წ. წირწკიმალების კლასს (ნახ. 3.8). რომელშიც მაკავშირებლები (ჭანჭიკები) ძირითადად ღუნვაზე მუშაობენ, ნაწილობრივ კი ჭრახუ. ასეთი შეერთებები წარმატებით გამოიყენება ხის კონსტრუქციების პირაპირებში და კვანძებში, სადაც ისინი ეწინააღმდეგებიან შესაერთებელი ელემენტების ურთიერთძვრას. ამ ელემენტებში ძალები შეიძლება იყოს მკუმშავი, გამჭიმავი ან ნიშანცვლადი. საყელურები ანალოგიურია მომჭიმავი ჭანჭიკების. ჭანჭიკში ღუნვასა და ჭრას იწვევს მერქნისაგან გადმოცემული რეაქტიული ძალები.



ნახ. 3.8. შეერთებები ღუნვად ჭანჭიკებზე: ა - განლაგების სქემა; ბ - საანგარიშო სქემები; გ - მუშაობის სქემა; 1 - პირდაპირი განლაგება; 2 - ჭადრაკული; 3 - ლითონის ზედებით; 4 - შეერთებები კუთხით; 5 - სიმეტრიული ორჭრადი; 6 - არასიმეტრიული ორჭრადი; 7 - მერქნის თელვის ძაბვის ეპიურა.

ჭანჭიკების განლაგების სქემები და მათ შორის მანძილები მოცემულია ნახ. 3.8-ზე. შეერთების მზიდუნარიანობა პირდაპირ დამოკიდებულია შესაერთებელი ელემენტების ძვრის სიბრტყეების (ჭრათა რიცხვის) რაოდენობასთან. თუმცა გაანგარიშებისას ჭრის ძაბვები ჭანჭიკებში შედარებით მცირეა და ისინი არ განსაზღვრავენ შეერთების მზიდუნარიანობას.

შეერთებებში ღუნვადი ჭანჭიკების გაანგარიშება წარმოებს საანგარიშო დატვირთვებისაგან აღძრული N გრძივი ძალის მიხედვით. შეერთების ცალ მხარეზე ჭანჭიკების საჭირო რაოდენობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$n_{საჭ} = \frac{N}{Tm_{ჭრ}} \quad (3.4)$$

სადაც $m_{ჭრ}$ არის შეერთებაში ჭრათა (ნაკერების) რიცხვი; T -ერთ ჭრაზე ჭანჭიკის მინიმალური მზიდუნარიანობა, რომელიც დამოკიდებულია ჭანჭიკის დიამეტრზე d , შუა ელემენტის სისქეზე c , განაპირა ელემენტების სისქეზე a , სიმეტრიულობაზე და ელემენტებს შორის კუთხეზე კოეფიციენტით k_{α} , რომლის მნიშვნელობები მოცემულია 3.1 ცხრილში.

ცხრილი 3.1.

კუთხე გრადუსებში	კოეფიციენტი k_{α}				მუხის წირწკიმალებისათვის
	ფოლადის, ალუმინის და მინაპლასტიკის წირწკიმალებისათვის დიამეტრით, მმ				
	12	16	20	24	
30	0.95	0.9	0.9	0.9	1.0
60	0.75	0.7	0.65	0.6	0.8
90	0.7	0.6	0.55	0.5	0.7

ჭანჭიკის მზიდუნარიანობა სიმტკიცეზე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

ჭანჭიკის ღუნვის პირობიდან ხის ზედების შემთხვევაში:

$$T_{\text{ღ}} = (1,8d^2 + 0,02a^2) \sqrt{k_{\alpha}}; \quad (3.5)$$

იგივე ლითონის ზედების შემთხვევაში:

$$T_{\text{ღ}} = 2,5a^2 \sqrt{k_{\alpha}}; \quad (3.6)$$

შუა ელემენტის თელვის პირობიდან:

$$T_c = 0,5cdk_{\alpha}; \quad (3.7)$$

განაპირა და უფრო თხელი ერთჭრადი ელემენტის თელვის პირობიდან:

$$T_a = 0,8adk_{\alpha}; \quad (3.8)$$

განაპირა და უფრო სქელი ერთჭრადი ელემენტის თელვის პირობიდან:

$$T_a = 0,3adk_{\alpha}. \quad (3.9)$$

ლითონის ზედებით შეერთებები ძირითადად გამოიყენება კონსტრუქციის კვანძებში, ხოლო ხის ზედებით- კოჭებში, წამწეების სარტყელებში, კამარის კეხის კვანძში და სხვა.

ღუნვადი ჭანჭიკებით შეერთების ანალოგიურია **შეერთებები ღუნვადი ლითონის ღეროებით**, რომელიც დაახლოებით 25%-ით იაფია. მოკლე ფოლადის ღეროები შეერთებებში ლითონის ზედებით ეყრება მერქნის ყრუ ხვრელებში (არა გამჭოლში). ისინი გაანგარიშდება, როგორც ერთჭრადი სიმეტრიული ღუნვადი მაკავშირებლები და უწოდებენ ყრუ წირწკიმალებს.

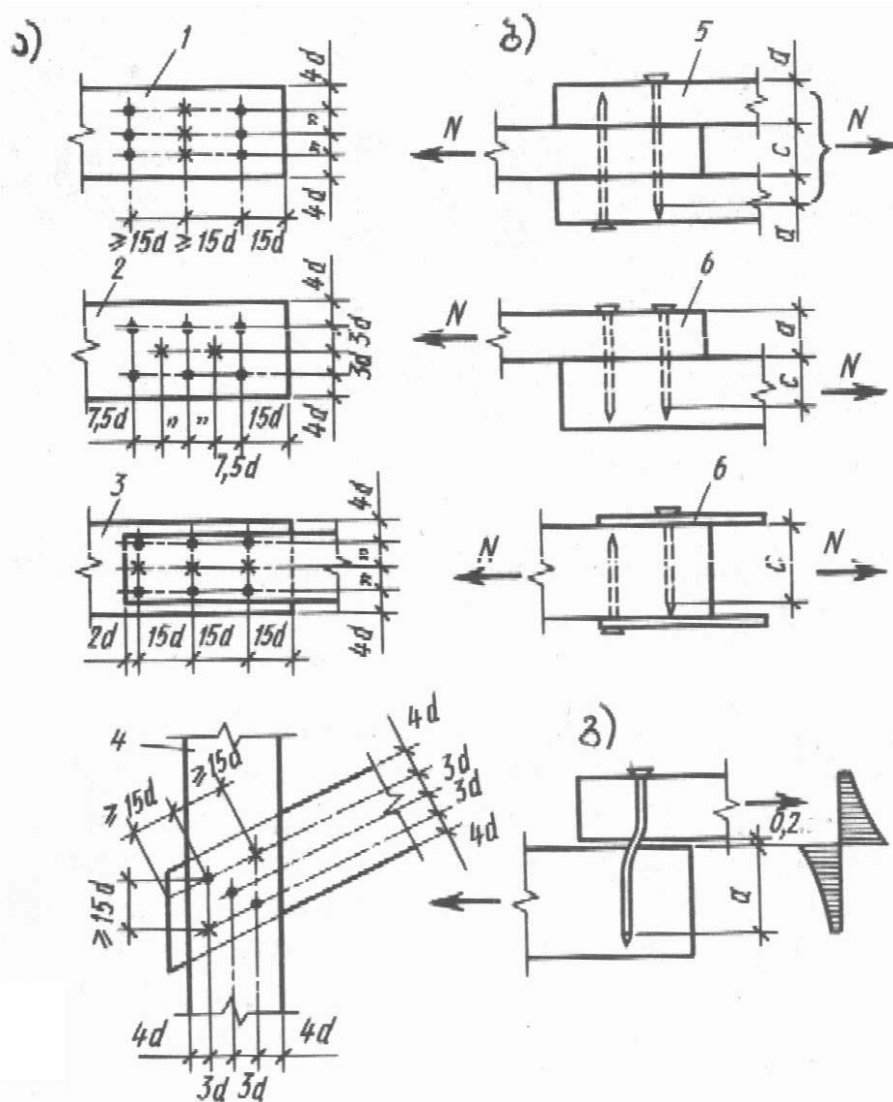
თუ ფოლადის ჭანჭიკებს მუშაობა უხდებათ ტენიან ან აგრესიულ გარემოში, უმჯობესია ისინი შევცვალოთ ალუმინის (მარკით D-16) ან

მინაპლასტიკის (მარკით АГ-4С) ჭანჭიკებით. მათი მზიდუნარიანობა ერთ ჭრაზე, შესაბამისად გამოითვლება ფორმულებით:

$$T_{\text{ღ}} = 1,6d^2 + 0,02a^2 \quad \text{და} \quad T_{\text{ღ}} = 1,45d^2 + 0,02a^2 \quad (3. 10)$$

ლურსმოვანი შეერთება მარტივი, მაგრამ მეტად შრომატევადი შეერთების სახეობაა და შედარებით იშვიათად გამოიყენება. მისი სორტამენტი მოცემულია დანართში (ცხრ. 15). ხის კონსტრუქციებში უმეტესად გამოიყენება ლურსმნები დიამეტრით 3, 4, 5 და 6მმ. მერქანში ლურსმნის ჩასობა ხდება ხელის ან პნევმატიკური ჩაქუჩის დახმარებით.

შეერთებაში ლურსმნების განლაგების წესები გამორიცხავს შესაერთებელი ელემენტების გახლეჩას, რომელიც მით უფრო მოსალოდნელია, რაც სისქე ნაკლებია, ამიტომ ლურსმნის დიამეტრი მიიღება არა უმეტეს ელემენტის სისქის მეოთხედისა. ლურსმნების განლაგების და მუშაობის სქემები მოცემულია ნახ. 3.9-ზე.



ნახ. 3.9. შეერთებები ღუნვადი ლურსმნების გამოყენებით: ა - განლაგების სქემები; ბ - საანგარიშო სქემები; 1,2 - პირდაპირი და ჭადრაკული განლაგება; 3 - ლითონის ზელებში; 4 - შეერთებებში კუთხით; 5 - სიმეტრიული ორჭრადი; 6 - არასიმეტრიული ერთჭრადი.

ლურსმნოვანი შეერთების გაანგარიშება პრინციპულად არ განსხვავდება ჭანჭიკებით შეერთებისაგან.

მაგალითი 3.3. დავადგინოთ ერთი ვერტიკალური ფიცრის ორ პორიზონტალურ ფიცართან შეერთებისათვის საჭირო ლურსმების ზომები და რაოდენობა. სამივე ფიცრის განივკვეთი ერთნაირია $b \times h = 5 \times 15$ სმ. ვერტიკალურ ფიცარზე მოქმედებს გრძივი გამჭიმავი ძალა $N = 11,6$ კნ.

ამოხსნა. ვერტიკალური ფიცრის ბოლო შედის პორიზონტალური ფიცრების შუაში და ერთმანეთს უერთდება ლურსმებით დიამეტრით $d = 0,5$ სმ და სიგრძით $l = 15$ სმ. შეერთება ორჭრადია ($n_{ჭრ} = 2$) და სიმეტრიული. შესაერთებელი ელემენტის სისქვა $a = c = 5$ სმ. ლურსმის წამახვილებული წვერის ზომა $l_0 = 1,5d = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75$ სმ; ფიცრებს შორის შესაძლო დრეხოს ზომა $\delta_{ღრ} = 0,2$ სმ; მანძილი შეერთების ნაკერიდან ლურსმის მუშა სიგრძის ბოლომდე

(ანუ რა სიგრძეზეა ლურსმანი ჩასული განაპირა ელემენტში)

$$a_1 = l - 2b - 1_0 \delta_{ღრ} = 15 - 2 \cdot 5 - 0,75 - 2 \cdot 0,2 = 3,83 \text{ სმ.}$$

ლურსმის მზიდუნარიანობა ერთ ჭრადზე:

ლურსმის ღუნვის პირობიდან

$$T_{ღ} = 2,5d^2 + 0,01a^2 = 2,5 \cdot 0,5^2 + 0,01 \cdot 3,83^2 = 0,77 \text{ კნ;}$$

შუა ელემენტის (ფიცრის) თელვის პირობიდან :

$$T_c = 0,5cd = 0,5 \cdot 5 \cdot 0,5 = 1,25 \text{ კნ;}$$

განაპირა ელემენტის თელვის პირობიდან

$$T_{a_1} = 0,8a_1d = 0,8 \cdot 3,83 \cdot 0,5 = 1,53 \text{ კნ.}$$

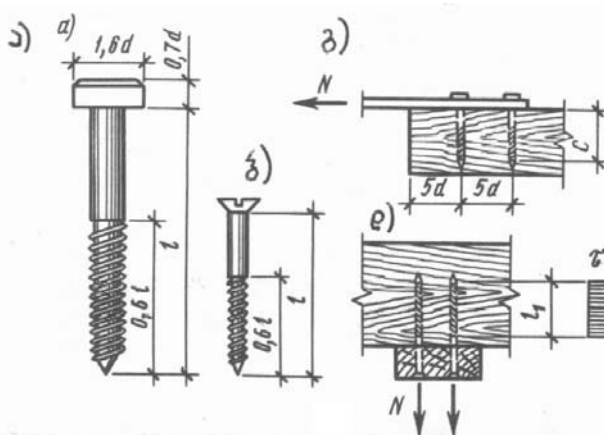
ლურსმის საანგარიშო ამტანუნარიანობა $T_{მთ} = T_{ღ} = 0,77$ კნ.

ლურსმების საჭირო რაოდენობა

$$n_{საჭ} = \frac{N}{T_{მთ} n_{ჭრ}} = \frac{11,6}{0,77 \cdot 2} = 7,53 \text{ ცალი.}$$

ვიღებთ 8 ცალ $d = 5$ მმ და $l = 150$ მმ ლურსმანს და შეერთების განხორციელებისათვის თითოეულ მხარეს ვასობთ 4 ცალს. კონსტრუქციული მოსაზრებით, გაანგარიშების გარეშე, შეერთებას ვაძლიერებთ ერთი ცალი მომჭიმავი ჭანჭიკით დიამეტრით $d_3 = 12$ მმ.

ხრახნული შეერთებები (ნახ. 3.10). ხრახნი წარმოადგენს სტანდარტულ ფოლადის ნაკეთობას და შედგება თავის, გლუვი და დაკუთხვილი ნაწილებისაგან. მისი დიამეტრი იზომება გლუვი ნაწილის მიხედვით.



ნახ. 3.10. ხრახნული შეერთებები: ა - ყრუ ჭანჭიკი; ბ - შურუპი; გ - ხრახნების მუშაობის სქემა ღუნვაზე; დ - იგივე ამოძრობაზე.

ხრახნს, რომლის დიამეტრი $d < 12$ მმ, ეწოდება შურუპი. მას აქვს სფეროვლი ან ბრტყელი თავი განაჭერით, რომელშიც ჩადის ხელის ან ელექტრო სახრახნისის პირი, რომელთა დახმარებითაც იგი ჩაიხრახნება მერქანში. თუ ხრახნის დიამეტრი $d \geq 12$ მმ, მაშინ მას უწოდებენ ყრუ ჭანჭიკებს. მათ აქვთ კვადრატული ან ექვსკუთხა თავი და ჩაიხრახნება მერქანში ქანჩის გასადების საშუალებით.

ხრახნები გამოიყენება ლითონის ზედების მერქანთან მისამაგრებლად. მერქანში ნახვრეტის დიამეტრი მიიღება ხრახნის გლუვი ნაწილის დიამეტრის 0,8 ნაწილი, რათა ხრახნის დაკუთხვილი ნაწილი მჭიდროდ ჩაიხრახნოს მერქანში. მათ შორის დაშორება ბოჭკოების გასწვრივ მიიღება $10d$, განივად - $5d$; გლუვი ნაწილის ჩაძირვა მერქანში - $4d$.

ამოძრობაზე მომუშავე ხრახნებით განხორციელებული შეერთებები მიეკუთვნება შეერთებების კლასს გაჭიმული მაკავშირებლებით. ასეთ შეერთებებში ხრახნები ეწინააღმდეგებიან მერქნიდან ლითონის დეტალების აგლეჯვას, რომლებშიც აღიძვრებიან გამჭიმავი ძალები. ხრახნის საანგარიშო წინაღობა ამოძრობაზე მეტია, ვიდრე ლურსმნის და შეადგენს $R_{ბრ} = 1მპა$. ხრახნის მზიდუნარიანობა ამოძრობაზე გამოითვლება ფორმულით:

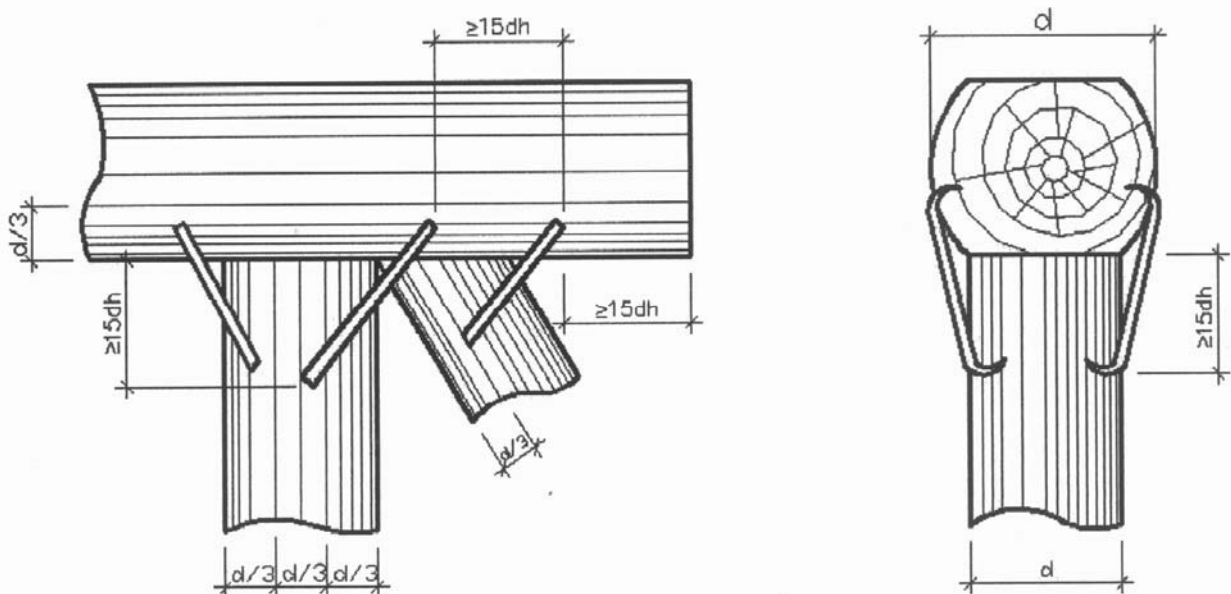
$$T_{ბრ} = R_{ბრ} \pi d l_1 \quad (3.11.)$$

d არის ხრახნის გლუვი ნაწილის დიამეტრი; l_1 - ხრახნის დაკუთხვილი ნაწილის სიგრძე.

ზოგიერთ შემთხვევაში ხრახნები ისეთ შეერთებებშიც გამოიყენება, სადაც მათ უწევთ მუშაობა ღუნვაზე და მათი გაანგარიშება ისევე ხდება, როგორც ღუნვადი ჭანჭიკების.

შეერთება საკიდით მიეკუთვნება გაჭიმული მაკავშირებლების შეერთების კლასს. მას იყენებენ ისეთი ელემენტების შესაერთებლად, რომლებშიც მოქმედებენ განივი გამჭიმავი N ძალები. ამიტომ მას შეიძლება ქონდეს მართკუთხა, ნახევრადმოღუნული ან მოღუნული ფორმა. საკიდების განივი ელემენტები შედგება ფურცლოვანი ან პროფილირებული ფოლადისაგან. მათ ერთმანეთთან დასაკავშირებლად იყენებენ ჭანჭიკებს. ეს ჭანჭიკები გაანგარიშდება გაჭიმვაზე, ხოლო განივი ელემენტები - ღუნვაზე. გაჭიმვაზე გაანგარიშდება აგრეთვე მოღუნული საკიდები. მერქანი საკიდების ქვეშ, ჩვეულებრივად, გაანგარიშდება თელვაზე.

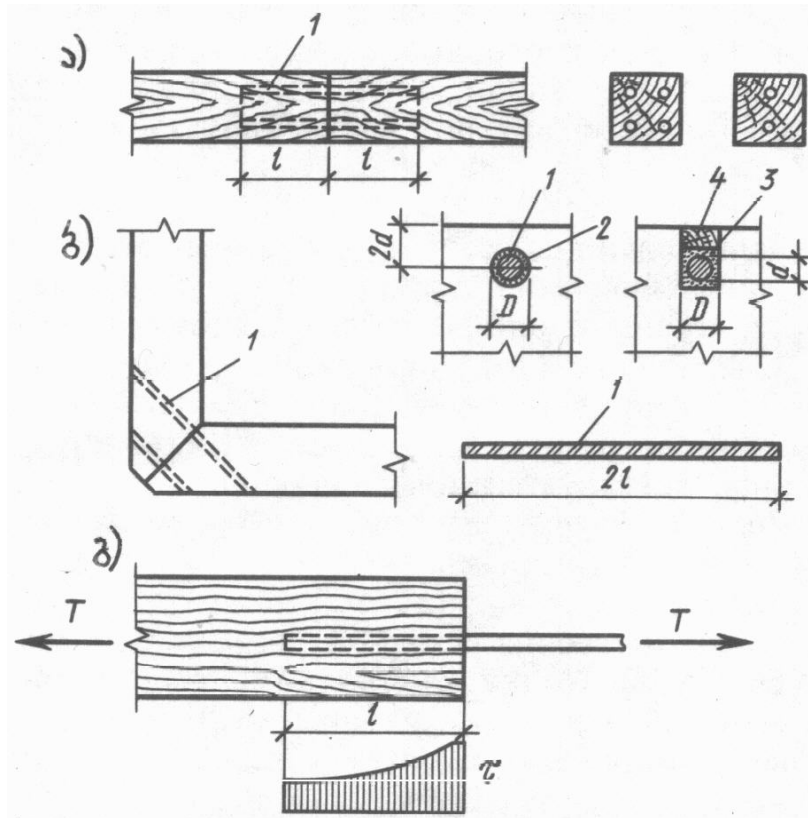
შეერთებები ჩანგლების გამოყენებით მიეკუთვნება კონსტრუქციული შეერთებების კლასს (ნახ. 3.11). ჩანგლები მზადდება წრიული (ან კვადრატული) განიკვეთის ფოლადის დეროსაგან დიამეტრით 10...18მმ და გამოიყენება დამატებითი ან მაფიქსირებელი კავშირებისათვის ნაგებობებში, რომლებიც აშენებულია მორების ან ძელებისაგან - ხიდების საყრდენები, მორებისაგან განხორციელებული წამწეები, ხარაჩოები, ყალიბები და სხვ. ფიცრულ კონსტრუქციებში ჩანგლების გამოყენება დაუშვებელია.



ნახ. 3.11. შეერთებები ჩანგლების გამოყენებით.

ჩანგლები, როგორც წესი, ჩაესობა შესაერთებელ ელემენტებში ბოლოებით (კოტებით) მერქნის წინასწარ გაბურღვის გარეშე. ერთი ჩანგლის მზიდუნარიანობა ნორმებით განსაზღვრული არ არის.

შეერთებები ჩაწებებული ფოლადის ღეროებით წარმოადგენს დაწებებული ხის ელემენტების წებოზე შეერთების ნაირსახეობას, რომელიც ხორციელდება პერიოდული პროფილის მოკლე არმატურის ღეროებით კლასით A-II და A-III, დიამეტრით 12...25მმ. ისინი ჩაეწებება სწორკუთხა ღარებში ზედით ან მრგვალ ხვრეტებში და უზრუნველყოფენ შეერთების პირაპირის სიმტკიცეს (ნახ. 3.12). ჩასაწებებლად ძირითადად გამოიყენება ეპოქსიდურ - ცემენტის წებო. მერქნის ტენიანობა ასეთ შეერთებებში არ უნდა აღემატებოდეს 12%.



ნახ. 3.12. შეერთებები ჩაწებებული ღეროებით: ა - გრძივად ჩაწებებული; ბ - დახრილად ჩაწებებული; 1 - არმატურის ღერო; 2 - ხვრეტი; 3 - ღარი; 4 - ძელაკი (ზედი).

ღარის ან ხვრეტის ზომა მიიღება არმატურის ღეროს დიამეტრზე 5 მმ-ით მეტი.

ჩასაწებებელი არმატურის ღეროს მზიდუნარიანობა ამოდრობაზე ან ჩაჭყლელაზე, ბოჭკოების გრძივად და განივად, გაჭიმულ და შეკუმშულ ხის ელემენტებში (ნაძვი, ფიჭვი) განისაზღვრება ფორმულით:

$$T = \pi l (d + 0,005) R_{sb} K_{sb} \quad (3.12)$$

სადაც l არის ჩაწებების სიღრმე; d - ღეროს დიამეტრი; $R_{sb} = 2,1\text{მპა}$ - მერქნის მაქსიმალური საანგარიშო წინაღობა ახლენაზე შეერთებებში ბოჭკოების გრძივად; K_{sb} - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ჩაწებების სიგრძეში ახლენის ძაბვის განაწილებას და გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{sb} = (1,2 - 0,02) \cdot \frac{l}{d} \quad (3.13)$$

გრძივად ჩაწებებული ღეროების რაოდენობა, რომელზეც მოქმედებს გამჭიმავი ან მკუმშავი N ძალა, გამოითვება ფორმულით:

$$n_{საჭ} = \frac{N}{T}. \quad (3.14)$$

დახრილად ჩაწებებული ღეროები მუშაობენ ძვრაზე და მერქნის თელვაზე ბოჭკოების განივად. დასაწყისში მუშაობას დრეკადი ხასიათი აქვს, შემდეგ გადადის პლასტიკურში და შეერთება ირღვევა დიდი დეფორმაციების განვითარებით მერქნის ადგილობრივი თელვის გამო. ასეთი შეერთების მზიდუნარიანობა უფრო მეტია, ვიდრე გრძივად ჩაწებებული ღეროების. ძაბვის არათანაბარი განაწილების კოეფიციენტის მნიშვნელობაც საგრძნობლად მეტია.

შეერთებები დახრილად ჩაწებებული ფოლადის ღეროებით ეფექტურად გამოიყენება კონსტრუქციების საყრდენებსა და შუალედ კვანძებში.

ს. ტურკოვსკის (მოსკოვი) მიერ ჩატარებულმა თეორიულ-ექსპერიმენტალურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ დახრილად ჩაწებებულ ღეროებს აქვთ საკმარისი სიმტკიცე და წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული ღოდგობარიტიანი დაწებებულ ხის კონსტრუქციებში გრძივი ძალების მისაღებად, მაგალითად დგარების ხისტ დამაგრებაში, გაჭიმული ელემენტების პირაპირებში, ჩარჩოების ხისტ კვანძებში და სხვა.

მაგალითი 3.4. შევარჩიოთ გრძივად ჩაწებებული არმატურის ღეროების რაოდენობა, განივკვეთი და ჩაწებების სიღრმე ორი ძელის შეერთების პირაპირისათვის. ძელების განივკვეთია $17,5 \times 17,5$ სმ, რომლებშიც მოქმედებს საანგარიშო დატვირთვებისაგან გამოწვეული გრძივი გამჭიმავი ძალა $N = 125$ კნ.

ამოხსნა. წყვილად განთავსებული ღეროების მაქსიმალური დიამეტრი $d = b/7 = 17,5/7 = 2,5$ სმ. ავიღოთ ღერო დიამეტრით $d = 2,2$ სმ ჩაწებების სიღრმე $l = 10d = 10 \cdot 2,2 = 22$ სმ. ახლენის ძაბვის უთანაბრობის კოეფიციენტი

$$K_{სბ} = 1,2 - 0,02 \cdot \frac{l}{d} = 1,2 - 0,02 \cdot \frac{22}{2,2} = 1.$$

მერქნის საანგარიშო წინაღობა ახლენაზე $R_{სბ} = 2,1$ მპა = $0,21$ კნ/სმ².

ერთი ღეროს საანგარიშო მზიდუნარიანობა ამოდრობაზე

$$T = \pi l (d + 0,005) R_{სბ} K_{სბ} = 3,14 \cdot 22 (2,2 + 0,005) \cdot 0,21 \cdot 1,1 = 32$$

ღეროების საჭირო რაოდენობა

$$n_{საჭ} = \frac{N}{T_{თბ} n_{ჭრ}} = \frac{125}{35,2} = 3,9 \text{ ცალი.}$$

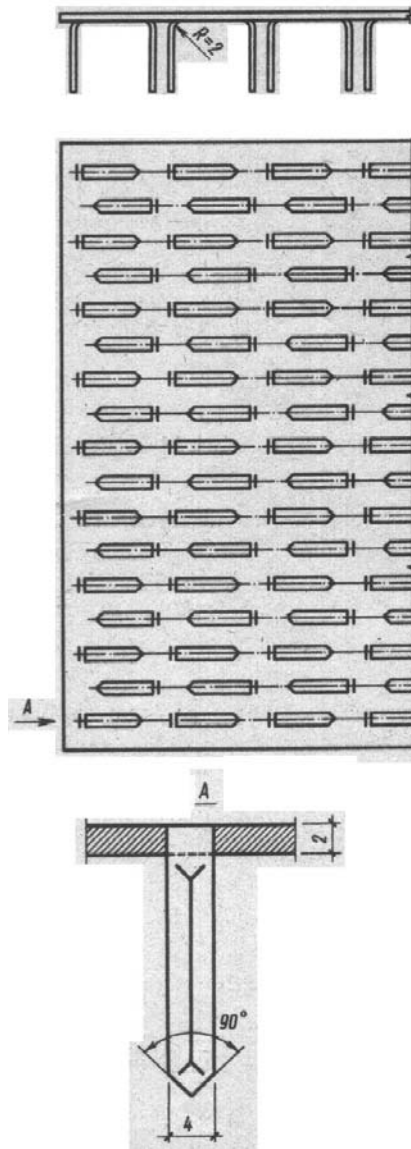
ავიღოთ 4 ცალი ღერო დიამეტრით $d = 2,2$ სმ, A-II კლასის, $R = 280$ მპა = 28 კნ/სმ².

4 ღეროს განივკვეთის ჯამური ფართობი $A = 3,8 \cdot 4 = 15,2$ სმ².

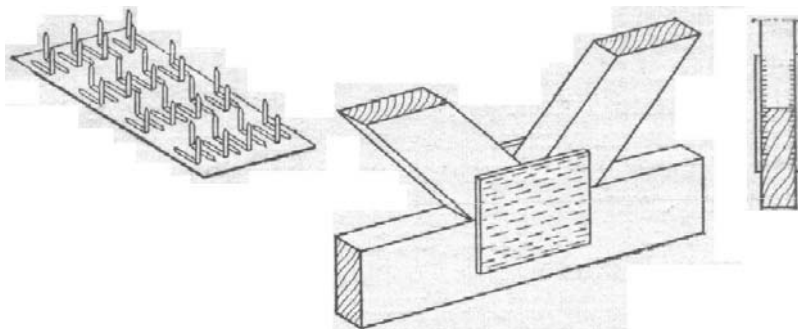
შევამოწმოთ ღეროების სიმტკიცე ამოდრობაზე (გაჭიმვაზე):

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{125}{15,2} = 8,2 \text{ კნ/სმ}^2 < R = 28 \text{ კნ/სმ}^2.$$

შეერთებები ლითონის დაკბილული ფირფიტებით (ლდფ). ისინი წარმოადგენს ფოლადის ფურცლისაგან დამზადებულ 1,2...2 მმ სისქის ფირფიტებს, რომლებშიც ამოშტამებულია ლურსმნის მაგვარი კბილები ამოღუნული 90⁰. ხის ელემენტების ლდფ-ზე განხორციელებული შეერთებების (ნახ. 3.14) უპირატესობაა მაღალი ინდუსტრიულობა და ეკონომიურობა. შეერთების აწყობა ხდება ერთდოულად ორივე მხრიდან წნეხის საშუალებით (წნევა 5 მპა), სპეციალიზირებულ საწარმოებში ან ხის გადამამუშავებელ საამქროებში.



ნახ. 3.13. ლითონის დაკბილული ფირფიტა სისქით 2მმ.



ნახ 3.14. შეერთება ლითონის დაკბილული ფირფიტებით.

ლდფ რეკომენდებულია დავამზადოთ ფურცლოვანი ნახშირბადიანი ფოლადით მარკით 0,8კიპ ან 10კიპ სისქით 1,2 და 2მმ და დაფარული იყოს ანტიკოროზიული თუთიის ან ალუმინის ფენით.

ლდფ-ს შეერთებებზე განხორციელებული ხის კონსტრუქციები გაანგარიშდება ძალებზე, რომლებიც აღიძვრებიან მათში მუდმივი და

დროებითი დატვირთვებისაგან შენობის ექსპლუატაციის პერიოდში, აგრეთვე ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის დროს.

შეერთების გაანგარიშება დაიყვანება ლდფ-ს საჭირო ფართობის განსაზღვრაზე, რომელიც კონტაქტშია ელემენტის ორივე მხარეზე და თვითონ ფირფიტის სიმტკიცის შემოწმებაზე.

ფირფიტის საჭირო მუშა ფართობი (კონტურზე 10მმ ზოლის გამოკლებით) განისაზღვრება ფორმულით:

$$A_{\text{ფ}} = \frac{N}{2R_{\beta}}, \quad (3.15)$$

სადაც N არის ძალვა მისაერთებელ ელემენტში: $R_{\beta} = 0,2(\cos 2\beta + 3)$ ლდფ-ს საანგარიშო ამტანუნარიანობა (R_{β} -ს განსაზღვრისათვის არსებობს გრაფიკები); β - კუთხე ძალისა და ბოჭკოების მიმართულებებს შორის.

ძაბვა ფირფიტებში, რომლებიც შეერთებებში შეიძლება მუშაობდეს გაჭიმვაზე, კუმშვაზე და ჭრაზე, არ უნდა აღემატებოდეს საანგარიშო სიდიდეებს.

3.6. შეერთებები წებოზე

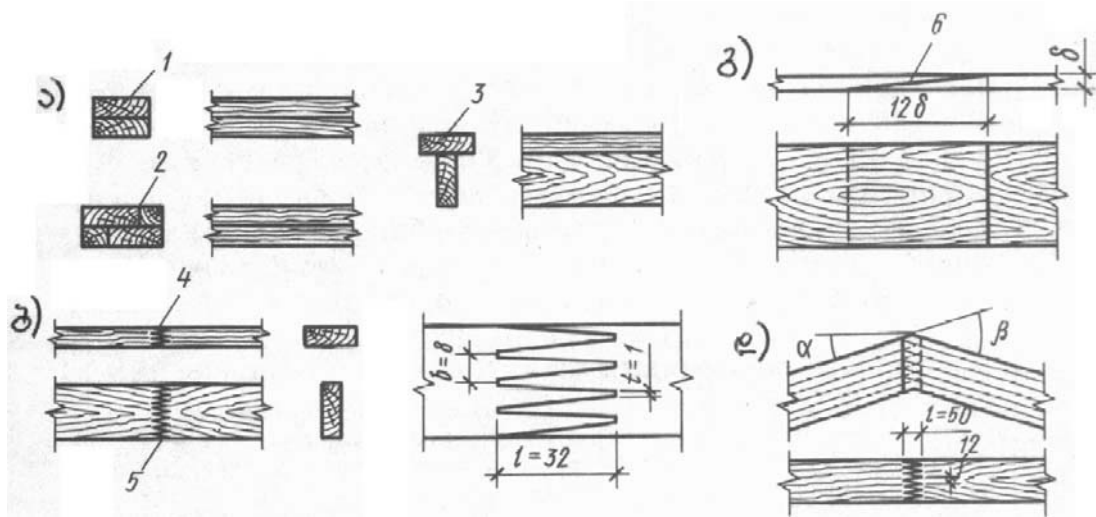
წებო წარმოადგენს ბუნებრივ ან სინთეზურ ნივთიერებას, რომელსაც იყენებენ სხვადასხვა მასალების შესაწებებლად. წებოთი განხორციელებული შეერთება ხისტი შეერთების სახეს წარმოადგენს. ხის კონსტრუქციების შესაწებებლად ძირითადად გამოიყენება ფენოლური (ფენოლფორმალდეჰიდური), რეზორცინული, ფენოლურ-რეზორცინული, კარბამიდული, სახუროე და სხვა სახის წებოები.

მერქნის დაწებების დროს წებოს ხარჯი შეადგენს 200...300 გრამს 1მ² ფართობზე. წებოვან ნაკერს ყველაზე მაღალი სიმტკიცე ახასიათებს იმ შემთხვევაში, როცა შესაწებებელი ელემენტების ზედაპირები პარალელურია მერქნის ბოჭკოების მიმართულების. შეწებების სიმტკიცეზე დიდ გავლენას ახდენს მერქნის სიმკვრივე. რაც მეტია სიმკვრივე, მით მეტია შეწებების სიმტკიცე. შეწებებისას გამოიყენება მხოლოდ მშრალი მერქანი ($w = 10...20\%$).

დაწებებულ ხის კონსტრუქციებში, როგორც წესი, მიმართავენ სწორკუთხა ფორმის შედგენილ განივკვეთს. რეკომენდებული არ არის ხის ელემენტების კუთხური შეერთება დაწებების საშუალებით, რადგანაც ასეთი შეერთების სიმტკიცე ძალიან მცირეა. ასევე არ არის მიზანშეწონილი დაწებებული შედგენილი კოჭის ტესებრი ან ორტესებრი განივკვეთი, ვინაიდან ასეთ კოჭებში კედლისა და თაროს დაკავშირება კონსტრუქციის სუსტ ადგილს წარმოადგენს.

ხის კონსტრუქციების შეწებების ნაკერის კონტროლი წარმოებს ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპიის გამოყენებით, აგრეთვე რენტგენის ან გამა სხივების საშუალებით.

წებოვანი შეერთების პირაპირები, განლაგებისა და მუშაობის ხასიათის მიხედვით, შეიძლება დაყვით სამ ჯგუფად (ნახ. 3.15): სიბრტყითი (ფენოვანი) პირაპირი, პირაპირი ნაწიბურებით და ერთდროულად სიბრტყითი და ნაწიბურებით. სიბრტყითი წარმოადგენს ფიცრების სიბრტყით შეერთებას. ნაწიბურებით - ფიცრების შეერთებას ნაწიბურებით. იგი გამოიყენება დიდგაბარტიანი დაწებებული ელემენტების დამზადებისას, როცა განივკვეთის სიგანე მეტია, ვიდრე ცალკეული ფიცრების სიგანე. სიბრტყითი და ნაწიბურებით შეერთებების (ნახ. 3.15, 3) მაგალითია, როცა ერთი ფიცარი სიბრტყით უერთდება მეორე ფიცარს ნაწიბურით. ასეთი შეერთების გამოყენებას პრაქტიკაში უნდა ვერიდოთ, რადგან შეწებების სიბრტყეში, ღუნვაზე მომუშავე ელემენტში, წაერმოიშობა არასასურველი ამხლენი ძაბვა.



ნახ. 3.15. წებოვანი შეერთებები: ა - სიბრტყითი; ბ - უღვაშისებური; გ - კბილანა; დ - კუთხური; 1 - სიბრტყითი პირაპირი; 2 - პირაპირი ნაწიბურებით; 3 - სიბრტყითი და ნაწიბურით; 4 - კბილანა; 5 - ფანერის უღვაშისებრი პირაპირი; 7 - კუთხური კბილანა პირაპირი.

სწორხაზოვან ელემენტებში შესაწებებელი ფიცრების სისქე $\delta_{\text{ფ}} \leq 42\text{მმ}$, ხოლო მრუდხაზოვანში - არ უნდა აღემატებოდეს 33მმ. პრაქტიკაში მასიური დაწებებული ხის კონსტრუქციების დასამზადებლად ძირითადად იყენებენ ფიცრებს სისქით 25...26მმ.

დაწებებული ხის ელემენტების გაანგარიშება მთლიანკვეთიანი ელემენტების გაანგარიშების ანალოგიურად წარმოებს, მხოლოდ ღუნვაზე და ექსცენტრულ კუმშვაზე მომუშავე ელემენტები შემოწმებული უნდა იქნეს ახლენაზე, წებოვან ნაკერში მოსალოდნელი შეუწებებლობის გამო, შემდეგი ფორმულით:

$$\tau = \frac{QS}{Jbm_{\text{სბ}}} \leq R_{\text{სბ}}, \quad (3.16)$$

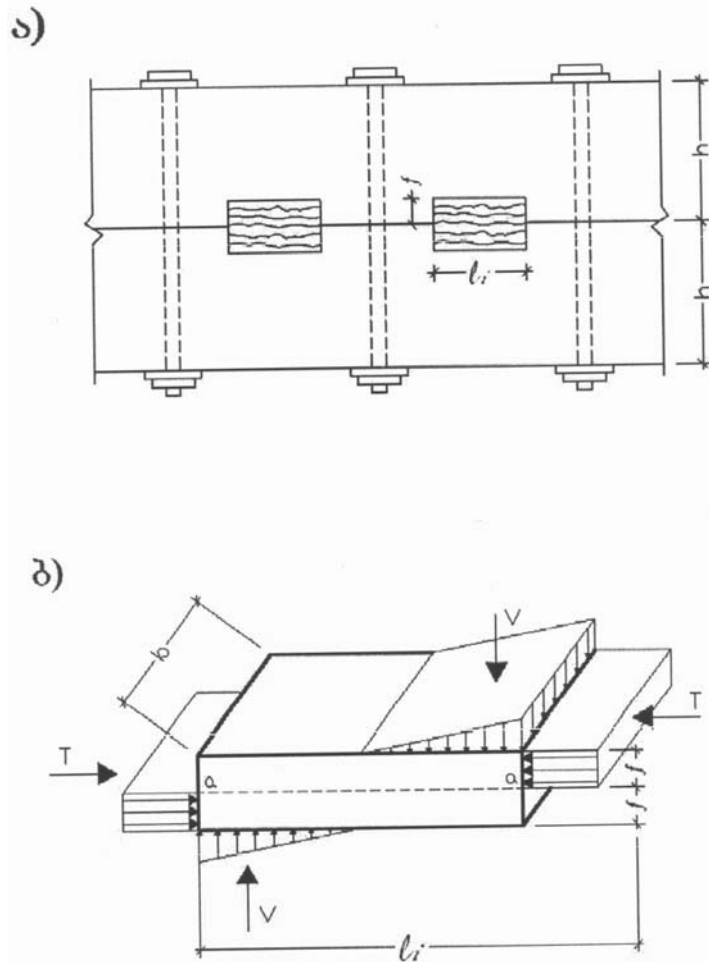
სადაც Q არის მოქმედი განივი ძალა; S - განივკვეთის ნაწილის სტატიკური მომენტი, რომელიც განიცდის ახლენას; J - განივკვეთის ინერციის მომენტი; b - წებოვანი ნაკერის სიგანე; $m_{\text{სბ}}$ - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი და აიღება 0,6-ის ტოლი.

შეერთებათა სხვა განხილულ საშუალებებთან შედარებით ხის ელემენტების შეერთება წებოთი უფრო სრულყოფილი და პროგრესულია. მას ისეთივე წილი უჭირავს ხის კონსტრუქციებში, როგორც შედუღებით შეერთებას ლითონის კონსტრუქციებში. ამჟამად წებოთი შეერთება ხის კონსტრუქციებში გამოყენებული ყველანაირი შეერთებების 85...90% შეადგენს.

3.7. შეერთებები ხის მაკავშირებლებით

ასეთი ტიპის მაკავშირებლებს მიეკუთვნება მაგარი ჯიშის მერქნისაგან დამზადებული სოგმანები და წირწკიმალები.

სოგმანი ისეთ სადებს ეწოდება, რომელიც ძირითადად კუმშვაზე მუშაობს და შესაერთებელი ელემენტების ურთიერთძვრას ეწინააღმდეგება. იგი თავსდება წინასწარ ამოღებულ ბუდეში (ნახ. 3.16). სოგმანებით შეერთებაში ძაღვების გადაცემის დროს სოგმანი და შესაერთებელი ელემენტები თელვასა და ახლენაზე მუშაობენ.



ნახ. 3.16. შეერთება ხის სოგმანების გამოყენებით: ა - საერთო ხედი; ბ - სოგმანის მუშაობის სქემა; a - ახლენის სიბრტყე; v - განმბჯენი; l_i - სოგმანის სიგრძე; f - ჩაჭრის სიმაღლე; b - სოგმანის სიგანე.

სოგმანებით შეერთების თავისებურებას წარმოადგენს განმბჯენის არსებობა, რომელიც სოგმანზე ექსცენტრულად მოდებული ძალების გავლენით წარმოიშობა და სოგმანის მობრუნებას ცდილობს, ამიტომ განმბჯენის ჩასაქრობად საჭირო ხდება მუშა შემკრავი ფოლადის ჭანჭიკების დაყენება.

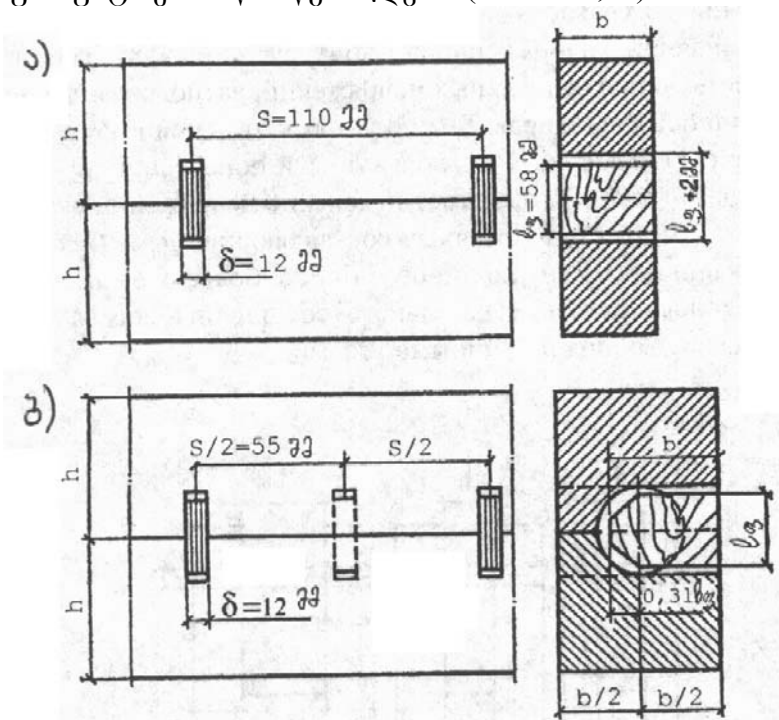
ხის პრიზმული სოგმანები ორი ტიპისაა: გრძივი და განივი. გრძივი სოგმანის შემთხვევაში მისი და შესაერთებელი ელემენტების ბოჭკოების მიმართულება ერთმანეთს ემთხვევა, ხოლო განივი სოგმანებისას მისი ბოჭკოების მიმართულება შესაერთებელი ელემენტების ბოჭკოების მიმართულების მართობულია. მეორე შემთხვევაში, სოგმანის ბუდეში მჭიდროდ ჩასმის უზრუნველსაყოფად, ისინი შეიძლება დავამზადოთ ორი სოლისმაგვარი ელემენტისაგან.

პრაქტიკულად სოგმანებით შეერთება საკმაოდ რთული განსახორციელებელია, რადგანაც ბუდეებში სოგმანები ერთნაირი სიზუსტით უნდა იყოს ჩასმული, წინააღმდეგ შემთხვევაში, ძალის მოდების შემდეგ, მჭიდროდ ჩასმული სოგმანები ადრე ჩაერთვება მუშაობაში, დანარჩენი გვიან, რაც ასეთი შეერთების არასაიმედო მუშაობაზე მიუთითებს. გარდა ამისა სოგმანებისათვის ბუდეების ამოღება და ჭანჭიკებისათვის ხვრეტების გაკეთება მნიშვნელოვნად ასუსტებს შესაერთებელი ელემენტების განივკვეთს.

ყოველივე ზემოთქმულის და კიდევ სხვა უარყოფითი მხარეების, განსაკუთრებით კი ახლენაზე ცუდი მუშაობის გამო, სოგმანებით შეერთებებს იშვიათი გამონაკლისის გარდა აღარ მიმართავენ.

წირწკიმალი (ნაგელი) ეწოდება ღეროს ან ფირფიტას, რომელიც შესაერთებელი ელემენტების ურთიერთძვრას ეწინააღმდეგება, თვითონ ღუნვაზე მუშაობს, ხოლო შესაერთებელი ელემენტების მერქანი - თელვაზე. მასალად გამოიყენება მაგარი ჯიშის მერქანი, ფოლადი, ალუმინი და პლასტმასა. შეერთებები შეიძლება იყოს ერთჯრადი, ორჯრადი და მრავალჯრადი, რაც დამოკიდებულია შესაერთებელი ელემენტების რაოდენობაზე. განაწილება შეიძლება იყოს სწორკუთხა, ჭადრაკული ან ირიბი.

ხის სამშენებლო კონსტრუქციებში ყველაზე მეტადაა გავრცელებული **მუხის ფირფიტოვანი წირწკიმალები** (ნახ. 3.17), რომლებიც წარმოადგენს სტანდარტული ზომების ფირფიტებს, ძირითადად ღუნვაზე მუშაობენ და შესაერთებელი სქელი ძელების წინასწარ ამოღებულ ბუდეებში ისმებიან. ისინი მზადდება ორი სტანდარტული ზომის: $1_{\text{ფ}}\delta_{\text{ფ}} = 54 \times 12\text{მმ}$ და $72 \times 16\text{მმ}$. შეერთებაში ფირფიტების ღერძებს შორის მანძილი $S = 9\delta_{\text{ფ}}$, ხოლო ბუდის ჩაჭრის სიღრმე არ უნდა აღემატებოდეს ძელის განივკვეთის სიმაღლის მესუთედს. თუ შესაერთებელ ელემენტების საერთო სიგანე $b \leq 15\text{სმ}$, მაშინ კეთდება განგმირი ფირფიტები (რომელიც ძელის მთელ სიგანეზე გადის, ნახ. 3.17, ა), ხოლო თუ $b > 15\text{სმ}$ - ყრუ ფირფიტოვანი წირწკიმალები (ნახ. 3.17, ბ).



ნახ. 3.17. შეერთებები ფირფიტოვან წირწკიმალებზე: ა - განგმირი ფირფიტებით; ბ - ყრუ ფირფიტებით.

ფიჭვის (ნაძვის) მერქნის ელემენტების შეერთებისას მუხის ან არყის ხის ფირფიტოვანი წირწკიმალის მზიდუნარიანობა

$$T_{\text{ფ}} = 0,75b_{\text{ფ}}, \tag{3.17}$$

სადაც $b_{\text{ფ}}$ არის ფირფიტოვანი წირწკიმალის სიგანე, რომელიც განგმირი წირწკიმალებისათვის მიიღება შესაერთებელი ელემენტების სიგანის ტოლი $b_{\text{ფ}} = b$, ხოლო ყრუ წირწკიმალებისათვის - $b_{\text{ფ}} = 0,5b$.

როდესაც შესაერთებელი ელემენტები დამზადებულია სხვა ჯიშის მერქნისაგან, საჭიროა გაანგარიშებაში შემასწორებელი კოეფიციენტის შეყვანა, რომლის მნიშვნელობები მოცემულია სამშენებლო ნორმებსა და წესებში.

თავი 4. სიბრტყითი მთლიანკვეთიანი ხის კონსტრუქციები

4.1. ზოგადი ცნობები

სიბრტყით მთლიანკვეთიანი ხის კონსტრუქციებს მიეკუთვნება კონსტრუქციები, რომლებსაც აქვთ მთლიანი განივკვეთი (გისოსის ელემენტების გარეშე) და გარე დატვირთვებისაგან წარმოშობილი შიგა ძალები მოქმედებენ კონსტრუქციის სიბრტყეში.

ასეთი ტიპის ხის კონსტრუქციები შეიძლება იყოს ორი სახეობის:

ა) კოჭები, გრძივები, ნივნივები, დგარები – რომელთა პარამეტრები (სიგრძე, განივკვეთის ზომები) თავსდება დახერხილი ხის მასალის სორტამენტის მონაცემებში;

ბ) ფირფიტოვან წირწკიმალებზე (ან სოვმანებზე) განხორციელებული შედგენილი კოჭები, ლურსმნოვანი კოჭები ჯვარედინა ფიცრული კედლით, შედგენილი დაწებებული კოჭები, დგარები, კამარები, ჩარჩოები, სამკუთხა განმბჯენიანი სისტემები - რომელთა გეომეტრიული პარამეტრები აღემატება სორტამენტის მონაცემებს.

სიბრტყითი მთლიანკვეთიანი ხის კონსტრუქციები ძირითადად მზადდება ქარხნული წესით, თუმცა შესაძლებელია მათი დამზადება ადგილზეც - სამშენებლო მოედანზე, კვალიფიციური მუშახელისა და საჭირო ტექნიკური აღჭურვილობის არსებობის პირობებში. კონსტრუქციის ტიპის შერჩევისას საჭიროა მხედველობაში იქნეს მიღებული მზიდ კონსტრუქციებს შორის დაშორება (ბიჯი), მოხაზულობა, შემომფარგვლელი კონსტრუქციის სახეობა, კონსტრუქციის ფარდობითი სიმაღლე, ფორმა, განივკვეთის დასაშვები ზომები, არქიტექტურული და ხანძარსაწინააღმდეგო მოთხოვნები, ადგილობრივი პირობები, კომერციული მხარე, მშენებლობის ხანგრძლივობა და მრავალი სხვა ფაქტორი.

შედგენილი კოჭების მალი $l=6...30$ მ, განმბჯენიანი სამკუთხა სისტემების $l=9...60$ მ, წრიული მოხაზულობის კამარების $l=12...72$ მ, ხოლო ჩარჩოების მალი $l=9...36$ მ.

4.2. ფენილები და მოლარტყვა

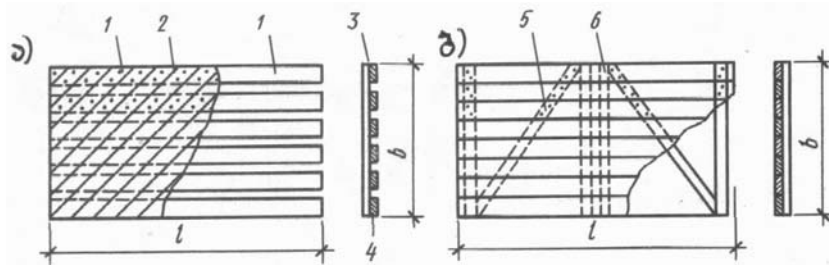
ფიცრებისა და ძელაკებისაგან განხორციელებული ფენილები გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის გადახურვებში. რულონური ბურულის ქვეშ იყენებენ ორმაგ ფენილს. ზედა დამცავი ფენა კეთდება მიჯრით მიწყობილი ფიცრებისაგან ქვედა ფიცრების მიმართულებისადმი $45...60^\circ$ კუთხით. ქვედა მუშა ფენილის ფიცრები ან ძელაკები ეწყობა უპირატესად გრძივების მართობულად და გაუხშობულად (ერთმანეთისაგან დაშორებით) ფიცრების მზიდუნარიანობის უკეთ გამოყენების მიზნით, აგრეთვე ფენილის ორივე ფენის კარგი განიავებისათვის. მუშა ფენის ძელაკებს შორის მანძილი აიღება $1...1,5$ მ. ასეთი კონსტრუქცია ქმნის სახურავის ხისტ დისკს, რომელიც უზრუნველყოფს შენობის გადახურვის ხის კონსტრუქციების სივრცით სიხისტეს და ხელს უწყობს ბურულზე მოქმედი შეყურსული დატვირთვის გადანაწილებას სახურავის ფართობის ნაწილზე.

შესაძლებელია ერთფენიანი ფენილების გამოყენებაც, რომლებსაც ქვედა მხრიდან მილურსმნული აქვს გამანაწილებელი ფიცრები ან ძელაკები.

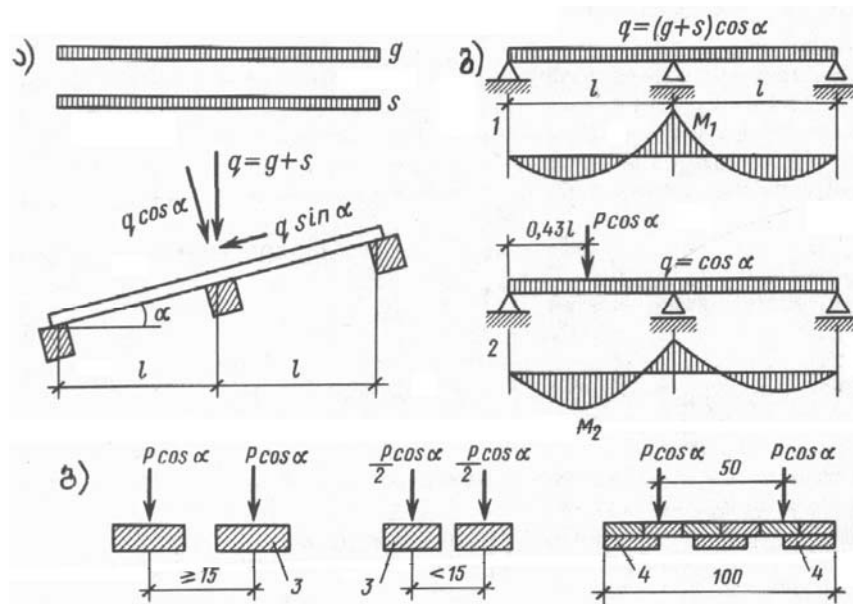
როდესაც სახურავის ბურულად გათვალისწინებულია ფურცლოვანი მასალის (ფოლადის, ალუმინის, აზბესტცემენტის, მინაპლასტიკის ფურცლები) ან კრამიტის გამოყენება, მაშინ გადახურვებში იყენებენ ფიცრებისაგან ან ძელაკებისაგან განხორციელებულ მოლარტყვას (გაუხშობებული ფენილი) განივკვეთებით არა ნაკლები 50×50 მმ. ძელაკების განლაგების ბიჯი დამოკიდებულია ბურულის სახეობასა და ზომებზე.

თანამედროვე მშენებლობაში სახურავებისათვის ძირითადად იყენებენ ასაწყო სტანდარტულ სახურავის ფარებს, რაც მნიშვნელოვნად აჩქარებს სახურავის მონტაჟს და ამცირებს ხის მასალების ხარჯს (ნახ. 4.1).

ფენილები და მოლარტყვა მუშაობს განივ ღუნვაზე. მათი გაანგარიშება ხდება კოჭის ორმალიანი სქემით დატვირთვების ორგვარი შეხამებისას (ნახ. 4.2):



ნახ. 4.1. გადახურვის ფენილის ფიცრულ-ღურსმნოვანი ფარები: ა - ფარი ორმაგი ჯვარედინა ფენილით; ბ - ფარი ერთმაგი ირიბებიანი ფენილით; 1 - ფიცრები; 2 - ღურსმნები; 3 - ირიბი დამცველი ფენილი; 4 - გაუხშობელი მუშა ფენილი; 5 - ირიბები; 6 - განივები.



ნახ. 4.2. ფენილებისა და მოლარტყვის საანგარიშო სქემები: ა - თანაბრად განაწილებული დატვირთვის სქემები; ბ - იგივე, შეყურსული დატვირთვისათვის; გ, დ - მუშაობის სტატიკური სქემები: გ - დატვირთვების პირველი შეხამება; დ - დატვირთვების მეორე შეხამება.

1. მუდმივი და თოვლის დატვირთვის ერთდროული მოქმედებისას გაანგარიშება ხდება სიმტკიცესა და ჩაღუნვაზე (პირობითად ვლებულობთ ფენილის ზოლს სიგანით $1m$) ფორმულით:

$$\sigma_{\text{ღ}} = \frac{M_{\text{აქ}}}{W_{\text{ღ}}} \leq R_{\text{ღ}} m_{\text{ღ}}, \quad (4.1)$$

სადაც $M_{\text{აქ}} = 0,125(g + S)l^2$ არის მაქსიმალური მღუნავი მომენტი; $m_{\text{ღ}} = 1,15$ - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; g და S - მუდმივი და თოვლის დატვირთვების საანგარიშო მნიშვნელობები.

ჩაღუნვა

$$f = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q^6 l^4}{EJ} \leq [f] = \frac{1}{150}, \quad (4.2)$$

სადაც q^6 არის მუდმივი და დროებითი (თოვლის) დატვირთვების ჯამური ნორმატიული მნიშვნელობა.

2. მუდმივი და შეყურსული დროებითი დატვირთვის (ადამიანის წონა ინსტრუმენტებიანად $P=1,2$ კნ) შესამებისას გაანგარიშება წარმოებს მხოლოდ სიმტკიცეზე. შეყურსული ძალის მოდების ყველაზე არახელსაყრელი ადგილია საყრდენიდან 0,4321 მანძილი (ნახ. 4.2, გ). ამ შემთხვევაში მაქსიმალური მღუნავი მომენტი

$$M_{ა,ბ} = 0,07gl^2 + 0,21Sl, \quad (4.3)$$

ხოლო ძაბვა გაანგარიშდება 4.1. ფორმულით.

სახურავის ქანობის განივად განლაგებული გაუხშობული ფენილის გაანგარიშება ხდება ირიბ ღუნვაზე (2.25) და (2.26) ფორმულებით. ფენილის საანგარიშო სიგანე მიიღება ფიცრების განლაგების ბიჯის ტოლი მხოლოდ ერთი ფიცრის განივკვეთის გათვალისწინებით ან 1მ-ის ტოლი და ამ დროს მხედველობაში მიიღება ამ სიგანეზე განლაგებული ყველა ფიცრის განივკვეთი. შეყურსული დატვირთვა $P=1,2$ კნ ითვლება მთლიანად მოდებულად თითოეულ ფიცარზე, თუ მათ შორის ბიჯი $B > 15$ სმ. თუ $B \leq 15$ სმ მაშინ ფიცარზე მოედება ამ დატვირთვის ნახევარი (ნახ. 4.2, ბ).

მაგალითი 4.1. შევარჩიოთ და შევამოწმოთ თბილი სახურავის ორმაგი ერთმანეთისადმი კუთხით ორიენტირებული ფიცრული ფენილი (ნახ. 4.1, ა) შემდეგი მონაცემების მიხედვით: სახურავის ქანობი $i=1:4$, $\alpha=14^\circ$, $\sin\alpha=0,25$, $\cos\alpha=0,97$. ფენილის ფარის სიგრძე $l=3$ მ, რომელიც ეყრდნობა $L=1,5$ მ ბიჯით განლაგებულ გრძივებს. ფიცრებისაგან განხორციელებული უწყვეტი ირიბი ფენილი განივკვეთით $b_1 \times h_1 = 10 \times 1,6$ სმ, მიღურსმნულია მუშა ფენილზე 45° -იანი კუთხით. საჭიროა განისაზღვროს მუშა ფენილის ფიცრების განივკვეთი და ბიჯი.

ფენილზე მოქმედი თანაბრად განაწილებული და შეყურსული დატვირთვების ჰორიზონტალური გეგმილის ნორმატიული და საანგარიშო მნიშვნელობებია:

$$\text{საკუთარი წონისაგან} - g_1^f = 0,7 \text{ კნ/მ}; \quad g_1 = 0,8 \text{ კნ/მ};$$

$$\text{თოვლისაგან} - S_1^f = 1,5 \text{ კნ/მ}; \quad S_1 = 2,4 \text{ კნ/მ};$$

$$\text{ადამიანის წონისაგან (ინსტრუმენტებიანად)} - P_1 = 1,2 \text{ კნ}.$$

კონსტრუქცია დამზადებულია მე-2 ხარისხის მერქნისაგან და მიეკუთვნება პასუხისმგებლობის I კლასს და საექსპლუატაციო პირობების B2 ჯგუფს.

ამოხსნა. ნაგებობის პასუხისმგებლობის I კლასისათვის დანიშნულების მიხედვით საიმედოების კოეფიციენტი $\gamma_n=1$ (დანართი, ცხრ. 1), ამიტომ დატვირთვების მნიშვნელობები იგივე რჩება:

$$g_1 = 0,8 \text{ კნ/მ}; \quad g_1 = 0,8 \text{ კნ/მ}; \quad S_1^f = 1,5 \text{ კნ/მ}; \quad S_1 = 2,4 \text{ კნ/მ}; \quad P_1 = 1,2 \text{ კნ}.$$

ფენილის ფარის საანგარიშო სქემა წარმოადგენს ორმალიან სახსროვნად დაყრდნობილ უჭრ კოჭს (ნახ. 4.2). ძალის ჰორიზონტალური გეგმილი

$$l = L \times \cos\alpha = 1,5 \times 0,97 = 1,455 \text{ მ.}$$

პირობითად $B=1$ მ სიგანის მუშა ფენილის განივკვეთის შერჩევისას ვისარგებლოთ საანგარიშო დატვირთვათა პირველი შესამებით ($g+s$):

$$q = g + s = 0,8 + 2,4 = 3,2 \text{ კნ/მ.}$$

მე-2 ხარისხის მერქნის საანგარიშო წინაღობა ღუნვაზე $R_{\sigma} = 13$ მპა (დანართი, ცხრ. 2).

საანგარიშო მღუნავი მომენტი შუალედ საყრდენზე

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{3,2 \times 1,45^2}{8} = 0,84 \text{ კნ.მ} = 84 \text{ კნ.სმ.}$$

წინააღობის საჭირო მომენტი

$$W_{\text{საჭ}} = \frac{M}{R_{\text{ფ}}} = \frac{84}{1,3} = 65 \text{ სმ}^3.$$

ავიღოთ ფიცრების განივკვეთი $b \times h = 10 \times 2,5 \text{ სმ}.$

ფიცრების საერთო საჭირო სივანე ფენილის 1მ სივანის ზოლზე

$$B_{\text{საჭ}} = \frac{6W}{h^2} = \frac{6 \cdot 65}{2,5^2} = 65,5 \text{ სმ.}$$

ფიცრების განლაგების ბიჯი

$$a_1 = \frac{100 \cdot b}{B_{\text{საჭ}}} = \frac{100 \cdot 10}{62,5} = 16 \text{ სმ.}$$

ფენილის ამტანუნარიანობაზე შემოწმება საანგარიშო დატვირთვათა მეორე შეხამების დროს ($g + 2p$) მიმდინარეობს კონსტრუქციის საკუთარი წონისა $q = g = 0,8 \text{ კნ/მ}$ და სამუშაო ინსტრუმენტებით აღჭურვილი ორი მუშის წონის $P = 2 \cdot 1,2 = 2,48 \text{ კნ}$ გათვალისწინებით. ეს უკანასკნელი დატვირთვა მოქმედებს განაპირა საყრდენებიდან ყველაზე არახელსაყრელ მანძილზე, რომელიც ტოლია $a = 0,43l = 0,43 \times 1,45 = 0,625 \text{ კნ}.$

მაქსიმალური მღუნავი მომენტი განვითარდება შეყურსული დატვირთვის მოქმედების წერტილში:

$$M = 0,07ql^2 + 0,21Pl = 0,07 \cdot 0,8 \cdot 1,45^2 + 0,21 \cdot 2,4 \cdot 1,45 = 0,86 \text{ კნ.მ} = 86 \text{ კნ.სმ.}$$

შემოწმება სიმტკიცეზე

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{86}{65} = 1,49 \text{ კნ/სმ}^2 = 14,9 \text{ მპა} < R_{\text{ფ}} \cdot m_{\text{კლ}} \cdot m_{\text{სანმ}} = 13 \cdot 1,2 \cdot 1 = 15,6 \text{ მპა},$$

სადაც $m_{\text{კლ}} = 1$ არის ექსპლუატაციის პირობების კოეფიციენტი; $m_{\text{სანმ}}$ - ხანმოკლე დატვირთვების გამოვალისწინებელი კოეფიციენტი (დანართი, ცხრ. 4,6).

ჩაღუნვაზე შემოწმებას ვახდენთ ნორმატიული დატვირთვების პირველი შეხამების მიხედვით საკუთარი წონისა და თოვლის ერთობლივი მოქმედებისათვის

$$q^6 = g^6 + s^6 = 0,7 + 1,5 = 2,2 \text{ კნ/მ} = 0,022 \text{ კნ/სმ.}$$

$$\text{ინერციის მომენტი } J = \frac{bh^3}{12} = \frac{62,5 \times 2,5^3}{12} = 81 \text{ სმ}^4;$$

$$\text{ღრუკადობის მოდული } E = 9000 \text{ მპა} = 900 \text{ კნ/სმ}^2;$$

ფენილის ფარდობითი ჩაღუნვა

$$\frac{f}{l} = \frac{2,13}{384} \times \frac{q^6 l^3}{EJ} = \frac{2,13}{384} \times \frac{0,022 \cdot 145^3}{900 \cdot 81} = \frac{1}{197} < \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{150}.$$

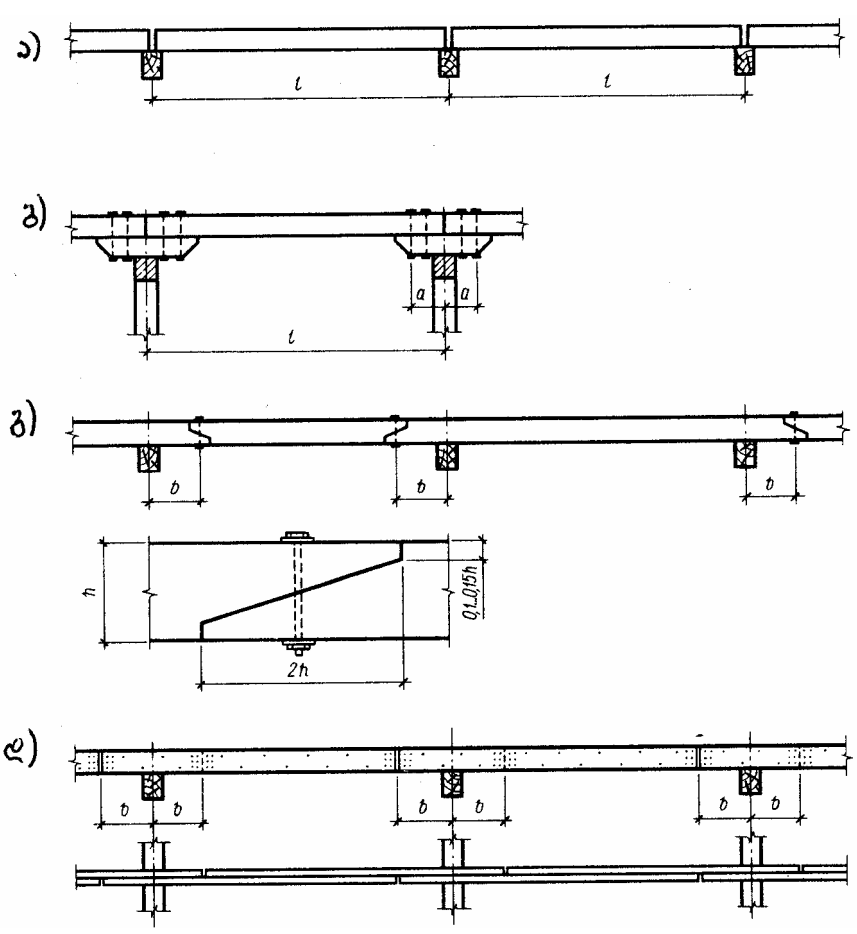
ამრიგად, სიმტკიცისა და სიხისტის პირობები დაკმაყოფილებულია და ფენილი ვარგისია ექსპლუატაციისათვის.

4.3. გრძივები და ნივნივები

გრძივი წარმოადგენს სახურავის მზიდ კონსტრუქციულ ელემენტს, დაყრდნობილს სანივნივე კონსტრუქციების ზედა სარტყელზე. იგი შეიძლება დამზადებული იქნეს ფიცრების, ძელების, დაწებებული ელემენტების ან მორებისაგან. კონსტრუქციის დანიშნულებისა და მალის მიხედვით განასხვავებენ ერთმალისან ჭრილ, კონსოლურ-კოჭოვან და მრავალმალისან უჭრ გრძივებს (ნახ. 4.3). ქანობიანი სახურავის შემთხვევაში გრძივები ყოველთვის ირიბ ღუნვაზე მუშაობენ.

ერთმალისანი ჭრილი გრძივები ადვილი დასამზადებელი და დასამონტაჟებელია, პირაპირები ეწყობა სანივნივე კონსტრუქციებზე

დაყრდნობის ადგილებში პირმიდგმით. ასეთი გრძივები არაეკონომიურია, რადგანაც მალის შუაში, თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან, წარმოიშობა მაქსიმალური მღუნავი მომენტი. ისინი გამოიყენება მცირე მალეებისა და დატვირთვების შემთხვევაში.



ნახ. 4.3. სახურავის გრძივები: ა, ბ - ჭრილი; გ - კონსოლურ-კოჭოვანი; დ - მრავალმალიანი უჭრი შეწყვილებული ფიცრებისაგან.

კონსოლურ-კოჭოვანი გრძივები მრავალმალიანი სტატიკურად რკვევადი სისტემაა. მათი დამზადებისათვის გამოიყენება ძელები (ზოგჯერ მორებიც), რომლებიც სიგრძეში ერთმანეთს უკავშირდებიან ირიბი პირაპირების განლაგების ადგილებში. პირაპირები შეკრულია ჭანჭიკებით, რათა ადგილი არ ქონდეს ძელების გადაადგილებას შემთხვევითი ძალების მოქმედების შედეგად (ნახ. 4.3, გ). საანგარიშო სქემაში პირაპირების ადგილას თავსდება სახსრები. პირაპირები ეწყობა თითო მალის გამოშვებით იმ ადგილებში, სადაც მღუნავი მომენტის მნიშვნელობები მინიმალურია (ან ნულოვანია).

თუ სახსრებს მოვათავსებთ საყრდენებიდან 0,15l მანძილზე, მაშინ მომენტები საყრდენზე და მალის შუაში ტოლია, რის შედეგადაც მიიღება გრძივის ტოლმომენტიანი გადაწყვეტა. მომენტები ყველა მალში ერთნაირი რომ იყოს, განაპირა მალეების სიგრძე მიიღება შემცირებული, 0,8l-ის ტოლი. ამ დროს მღუნავი მომენტები მალში და საყრდენზე გამოითვლება ფორმულით:

$$M = \frac{ql^2}{16}, \tag{4.4}$$

სადაც q არის გრძივზე მოქმედი თანაბრად განაწილებული საანგარიშო დატვირთვა; l - გრძივის მალი.

მაქსიმალური ჩაღუნვა კი ტოლი იქნება:

$$f = \frac{2}{384} \cdot \frac{q^6 l^4}{EJ}, \quad (4.5)$$

სადაც q^6 არის გრძივზე თანაბრად განაწილებული ნორმატიული დატვირთვა.

თუ სახსრები ეწყო საყრდენებიდან 0,211 მანძილებზე, მაშინ მიიღება გრძივების ტოლჩაღუნვებიანი სქემა, როცა განაპირა მალეების გარდა, ყველა მალეში ჩაღუნვები ერთნაირია, ხოლო თუ განაპირა მალეების ზომას ავიღებთ 0,791, მაშინ ამ მალეებშიც ჩაღუნვები დანარჩენ მალეებში ჩაღუნვებს გაუტოლდება.

ასეთ პირობებში მღუნავი მომენტებისა და ჩაღუნვების მნიშვნელობები გამოითვლება ფორმულით:

$$M_{\text{მალე}} = \frac{ql^2}{24}; \quad M_{\text{საყ}} = \frac{ql^2}{12}; \quad f = \frac{1}{384} \cdot \frac{q^6 l^4}{EJ}. \quad (4.6)$$

დატვირთვის მდგენელი ქანობის სიბრტყეში (q_x) იწვევს გრძივში ძვრის ძაღვების გაჩენას, რომელსაც თავის თავზე ღებულობს მუშა და დამცავი ფენილი.

კონსოლურ-კოჭოვანი გრძივების ნაკლია, ის რომ დახერხილი ხის მასალის მაქსიმალური 6,5მ სიგრძის შემთხვევაში, ასეთი გრძივების მაღი არ აღემატება 4,5მ-ს პირაპირების განთავსების ზემოთ განხილული სქემების გამო.

მრავალმალიანი უჭრი შეწყვილებული ფიცრებისაგან დამზადებული გრძივები (ნახ. 4.2, დ) მზადდება წიბოზე დაყენებული და ერთმანეთთან დაღურსმნული შეწყვილებული ფიცრებისაგან, რომელთა პირაპირები ეწყო სახვადასხვა სიბრტყეში ყოველი საყრდენის მარცხნივ და მარჯვნივ 0,211 მანძილზე, ე.ი. იმ ადგილებში, სადაც მღუნავი მომენტი იცვლის ნიშანს.

ასეთი გრძივის საანგარიშო სქემას წარმოადგენს მრავალმალიანი უჭრი სახსროვნად დაყრდნობილი კოჭი, რომლის ყველა მაღი თანატოლია. მაქსიმალური მღუნავი მომენტი წარმოიშობა შუა საყრდენებზე $M_{\text{მალე}} = M_{\text{საყ}} = ql^2/12$ და გრძივის ბოლოდან მეორე საყრდენზე $M_1 = ql^2/10$. განივკვეთების შერჩევა და ნორმალურ ძაბვებზე შემოწმება ხდება მაქსიმალური მომენტის მიხედვით (ფორმულა 2.21).

ჩაღუნვებზე გამოწმებთ მსოლოდ პირველი და ბოლო მაღის გრძივებს, რომლებშიც ნორმატიული დატვირთვებისაგან გამოწვეული დეფორმაციები მაქსიმალურია, ფორმულით:

$$\frac{f}{l} = \frac{2,5}{384} \cdot \frac{q^6 l^3}{EJ} \leq \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{200}. \quad (4.6)$$

ფიცრების პირაპირის თითოეულ მხარეზე საჭირო ლურსმნების რაოდენობა გაანგარიშდება განივ ძალაზე ფორმულით:

$$n_{\text{ლ}} = \frac{Q}{T_{\text{მონ}}} = \frac{M_{\text{საყ}}}{2l_{\text{ლ}}^x T_{\text{მონ}}}, \quad (4.7)$$

სადაც $T_{\text{მონ}}$ არის ერთი ლურსმნის მზიდუნარიანობა; $l_{\text{ლ}}^x$ - მანძილი საყრდენიდან ლურსმნების რიგის ტოლქმედამდე.

თუ განაპირა მაღის სიდიდეს არ შევამცირებთ 0,81 -მდე, მაშინ საჭირო ხდება იგი გავაძლიეროთ მესამე ფიცრის დამატებით.

მაგალითი 4.2. გასანგარიშებელია სახურავის ორმალიანი ფიცრულ-დაწებებული გრძივი შემდეგი მონაცემების მიხედვით: გრძივის მაღი (მანძილი მზიდ სანივნივე კონსტრუქციებს შორის) $B=1=5\text{მ}$; სახურავის ქანობი $i=1:10$, შესაბამისი $\text{tg}\alpha=0,1$,

$\alpha = 5^{\circ} 42'$, $\sin\alpha = 0,0993$, $\cos\alpha = 0,9966$. გრძივის 1მ-ზე მოხული სრული (მუდმივი + თოვლი) დატვირთვის მნიშვნელობები: ნორმატიული - 3,115კნ/მ, საანგარიშო - 4,623კნ/მ (ნახ. 4.4).

ამოხსნა. გრძივის საანგარიშო მალი $l_i = 500 - 2 \cdot 8/2 = 492$ სმ, სადაც 8სმ - საყრდენი მოედნის სიგანე სმ-ში, რომელიც ტოლია მზიდი კონსტრუქციის ზედა სარტყელის სიგანის ნახევრისა (რაც იმას ნიშნავს, რომ დასაპროექტებელი მზიდი კონსტრუქციის ზედა სარტყელის სიგანე არ უნდა იყოს $2 \cdot 8 = 16$ სმ-ზე ნაკლები).

მღუნავი მომენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა შუა საყრდენზე

$$M = \frac{ql_i^2}{8} = \frac{4,623 \times 4,92^2}{8} = 13,99 \text{ კნმ.}$$

გრძივი მუშაობს ირიბ ღუნვაზე, ამიტომ მღუნავი მომენტების შემდგენები განიკვეთის მთავარი ღერძების მიმართ ტოლი იქნება:

$$M_x = M \cos\alpha = 13,99 \cdot 0,9966 = 13,94 \text{ კნმ;}$$

$$M_y = M \sin\alpha = 13,99 \cdot 0,0993 = 1,39 \text{ კნმ.}$$

გრძივის განიკვეთის გვერდების თანაფარდობა მიიღება $\eta = h/b = 2$.

გრძივის განიკვეთის საჭირო წინაღობის მომენტი

$$W_{b_{\text{საჭ}}} = \frac{M_x + \eta M_y}{R_g} = \frac{13,94 \cdot 10^5 + 2 \cdot 1,39 \cdot 10^5}{1300} = 1286 \text{ სმ}^3,$$

საიდანაც

$$h_{b_{\text{საჭ}}} = \sqrt[3]{6\eta W_{b_{\text{საჭ}}}} = \sqrt[3]{6 \times 2 \times 1286} = 24,9 \text{ სმ;}$$

$$b_{b_{\text{საჭ}}} = h_{b_{\text{საჭ}}}/2 = 24,9/2 = 12,45 \text{ სმ.}$$

მივიღოთ გრძივის განიკვეთი 15×25 სმ, შედგენილი 10 ფენა მე-2 ხარისხის დაწებებული ფიცრებისაგან, თითოეული სისქით 25მმ (ნახ. 4.5).

დანიშნული განიკვეთის გეომეტრიული მახასიათებლები:

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{13 \times 25^2}{6} = 1354 \text{ სმ}^3; \quad W_y = \frac{hb^2}{6} = \frac{25 \times 13^2}{6} = 704 \text{ სმ}^3;$$

$$J_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{13 \times 25^3}{12} = 16928 \text{ სმ}^4; \quad J_y = \frac{hb^3}{12} = \frac{25 \times 13^3}{12} = 4577 \text{ სმ}^4.$$

შევამოწმოთ გრძივის განიკვეთი სიმტკიცეზე მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მოქმედებაზე:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{13,94 \cdot 10^5}{1354} + \frac{1,39 \cdot 10^5}{704} = 1226 < R_g = 13006 \text{ სმ}^2 \text{ (13მპა)}$$

გრძივის სრული ჩაღუნვა განისაზღვრება განაპირა საყრდენებიდან 0,3751 მანძილზე, სადაც მოქმედებს მაქსიმალური მღუნავი მომენტი

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq \frac{l}{200},$$

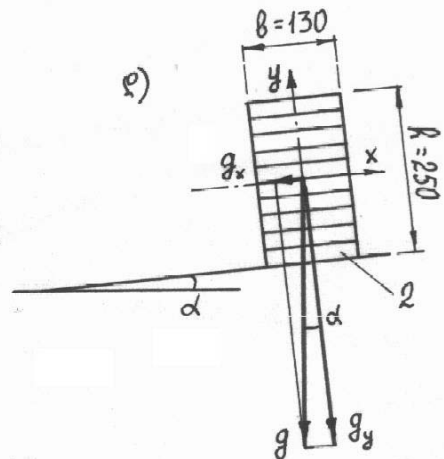
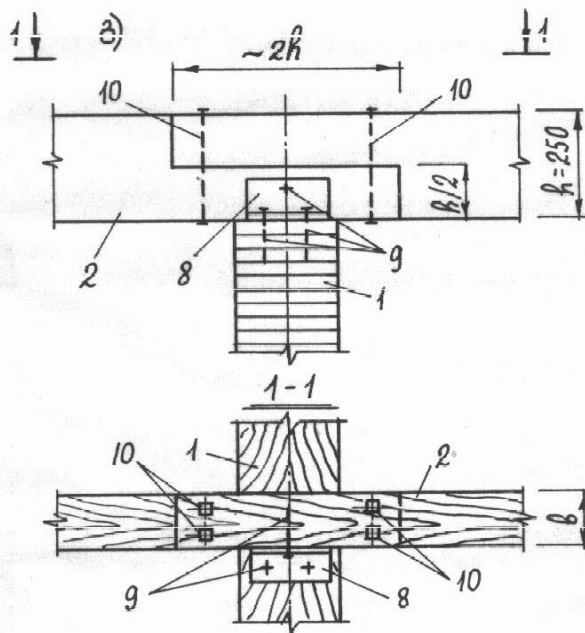
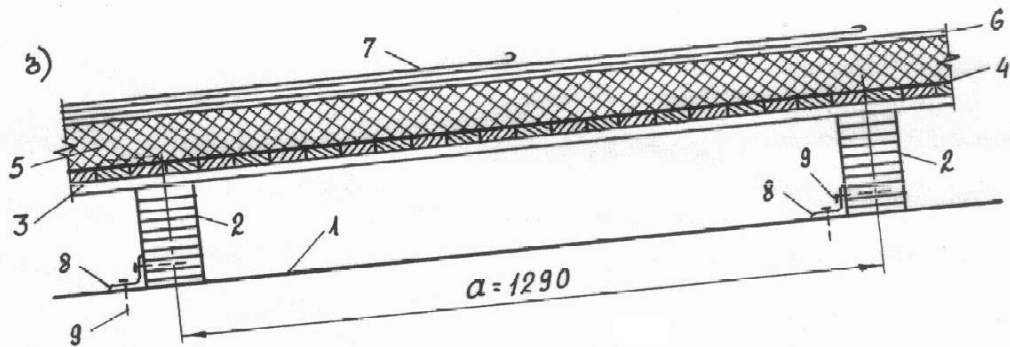
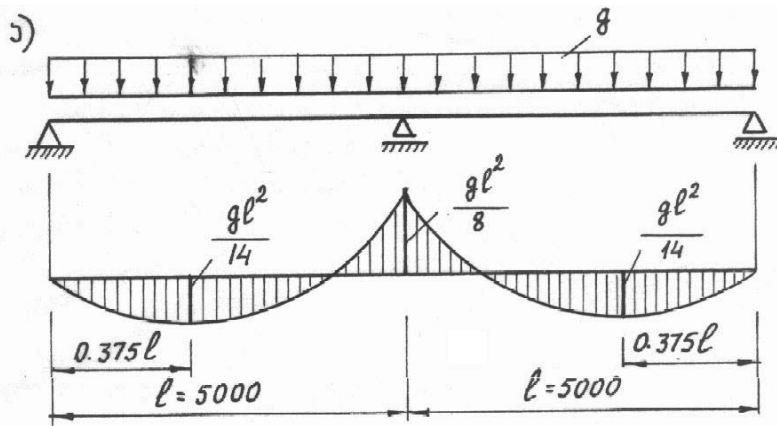
სადაც f_x და f_y სრული ჩაღუნვის შემდგენებია და გამოითვლებიან ფორმულებით:

$$f_x = \frac{2,13}{384} \frac{g^6 \sin^4 \alpha}{EJ_y} = \frac{2,13 \cdot 31,15 \cdot 0,0993 \cdot 492^4}{384 \cdot 10^6 \cdot 4577} = 0,22 \text{ სმ,}$$

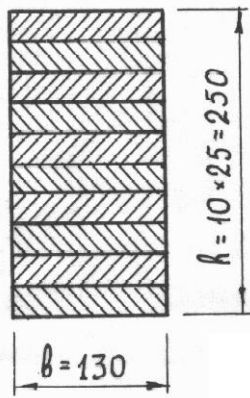
$$f_y = \frac{2,13}{384} \frac{g^6 \cos^4 \alpha}{EJ_x} = \frac{2,13 \cdot 31,15 \cdot 0,9966 \cdot 492^4}{384 \cdot 10^6 \cdot 16928} = 0,6 \text{ სმ.}$$

მაშინ

$$f = \sqrt{0,22^2 + 0,6^2} = 0,64 < \frac{l}{200} \cdot 500 = 2,5 \text{ სმ.}$$



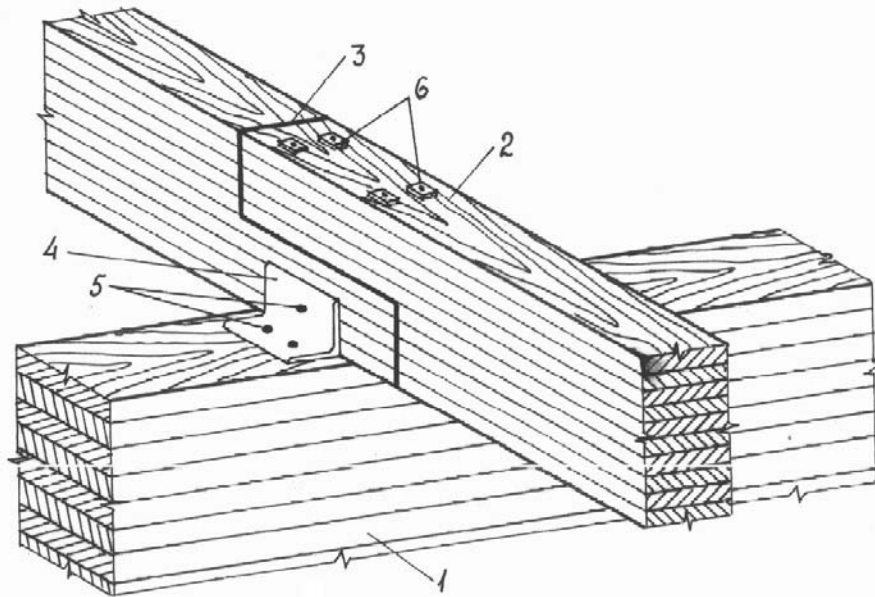
ნახ. 4.4. უჭრი ორმალიანი ფიცრულ - დაწებებული გრძივები: ა, დ - საანგარიშო სქემები; ბ - სახურავის კონსტრუქცია; გ - გრძივის პირაპირი და დაყრდნობა მზიდ კონსტრუქციაზე; 1 - მზიდი კონსტრუქცია; 2 - გრძივი; 3 - ორი ფენა უწყვეტი მუშა ფენილი, $\delta = 35$; 4 - ორთქლიზოლაცია - ერთი ფენა პერგამენტი; 5 - გამათბუნებელი - ორი ფენა ქაფპლასტის ფილები, $\delta = 140$; 6 - ცემენტის მოჭივა, $\delta = 20$; 7 - სამი ფენა რუბეროიდი; 8 - მისაბჯენი კუთხედი $L70 \times 5$; 9 - ლურსმნები 5×100 ; 10 - ჭანჭიკები $d = 20$, $l = 300$. (ზომები მოცემულია მმ-ში).



ნახ. 4.5. გრძივის განივკვეთი.

სახურავის ქანობის მიმართულებით მოქმედ შემდგენს ($g_x = g \sin \alpha$) გრძივის მზიდ კონსტრუქციაზე დაყრდნობის წერტილებში თავის თავზე დებულობს კუთხედის გადანაჭერი $L70 \times 5$, რომელიც მიმაგრებულია მზიდი კონსტრუქციის ზედა სარტყელთან და გრძივთან ლურსმნების ($d = 5$ მმ, $l = 100$ მმ) საშუალებით. გრძივის პირაპირები ეწყობა საყრდენზე განივკვეთის ნახევარზე ჩაჭრით. პირაპირის შესაკრავად გამოყენებულია ჭანჭიკები $d = 20$ მმ, $l = 300$ მმ (ნახ. 4.5, გ).

გრძივის მზიდ კონსტრუქციაზე დამაგრების კვანძის აქსონომეტრიული გამოსახულება ნახვენება 4.5. ნახაზზე.



ნახ. 4.6. გრძივის მზიდ კონსტრუქციაზე დამაგრების დეტალი: 1 - გრძივი; 2 - მზიდი კონსტრუქცია; 3 - პირაპირი; 4 - მისაბჯენი კუთხედი $L70 \times 5$; 5 - ლურსმნები $d = 5$, $l = 100$; 6 - ჭანჭიკები $d = 20$, $l = 300$ (ზომები მოცემულია მმ-ში).

დახრილი ნივნივები გამოიყენება მცირემალიანი მარტივი ტიპის სახურავის მოსაწყობად. ასეთი ნივნივები მზადდება ფიცრების, ძელების ან მორებისაგან და განლაგდება ქანობის მიმართულებით. სწორად დაპროექტების შემთხვევაში ისინი უგანმბჯენო კონსტრუქციებს წარმოადგენენ. ნივნივებში რომ არ აღიძვრას განმბჯენი, საჭიროა სანივნივო ფეხის მაუერლატზე ან გრძივზე დაყრდნობის სიბრტყე იყოს ჰორიზონტალური. განმბჯენს, რომელიც აღიძვრება სანივნივე ფეხში გრძივი ძალების მოქმედებისაგან, თავის თავზე დებულობს ჰორიზონტალური რიგელი ან წყვილი შემკრავი.

4.4. სამფენოვანი პანელები

გადახურვის სამფენოვანი პანელი შედგება ხის მზიდი კარკასისა და ფანერის შემოსვისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია წებოთი და ქმნიან კოლოფისმაგვარ განიკვეთს, (ნახ. 4.7). შემოსვისათვის გამოიყენება წყალმდევეი ფანერი სისქით არა ნაკლები 8მმ. წიბოების სისქე მიიღება 33...43მმ. აუცილებლობის შემთხვევაში წიბოები შეიძლება იყოს დაწებებულ - ფიცრული.

ასეთი ტიპის, ხე - ფანერის პანელების ფართოდ გამოყენებას სახურავისა თუ კედლების შემომფარველ კონსტრუქციებად, განაპირობებს მათი მაღალი მზიდუნარიანობა საკმაოდ მცირე მასის პირობებში, რაც საშუალებას აძლევს ფანერის შემოსვებს შეითავსოს შემომფარველელი და მზიდი ფუნქციები.

შუა ფენისათვის გამოსაყენებელ მასალებს უნდა გააჩნდეთ მცირე სიმკვრივე, საკმარისი სიმტკიცე კუმშვაზე და ძვრაზე, იყოს ბიომედეგი, შეძლებისდაგვარად ცეცხლმდევეი. ამ მოთხოვნებს ყველაზე კარგად შეესაბამება ქაფპლასტი და მინერალური ბამბა, რომლებსაც დამატებით შესანიშნავი თბოსაიზოლაციო თვისებები ახასიათებთ. შუა ფენის სისქე აიღება თბოტექნიკური და კონსტრუქციული მოთხოვნების გათვალისწინებით.

საქარხნო პირობებში პანელის დამზადებისას ფანერის ზედა შემოსვაზე ეკვრება ერთი ფენა რუბეროიდი, ხოლო ადგილზე მონტაჟის შემდეგ - დანარჩენი ორი ფენა.

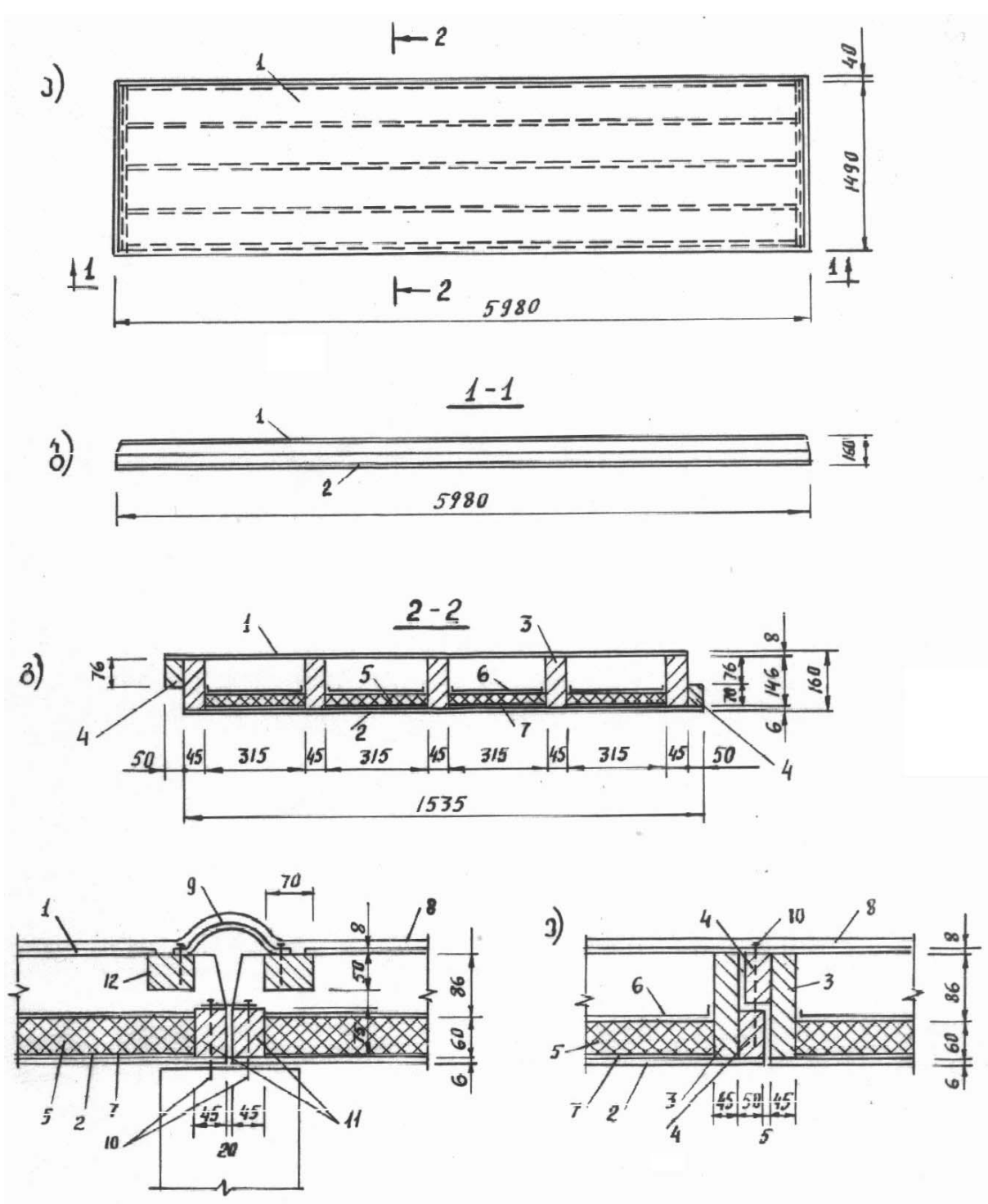
ხე - ფანერის დაწებებული პანელებით შეიძლება გადაიხუროს მაღი სიგრძით 3...6მ, ხოლო თუ გრძივ წიბოებს დავამზადებთ დაწებებულს - 9მ-მდე. პანელის სიგანე მიიღება ფანერის ფურცლის სიგანის შესაბამისი (1535მმ), სიმაღლე კი შეადგენს მაღლის 1/30-1/40 ნაწილს. ფანერის გარე ფენის ბოჭკოების მიმართულება უნდა ემთხვეოდეს პანელის სიგრძის (მაღლის) მიმართულებას, რაც იმით არის განპირობებული, რომ სიგრძეში ფანერის ფურცლები გადაეპას ერთმანეთს „უღვავისებურად“ და იმავდროულად უკეთესად გამოვიყენოთ ფანერის სიმტკიცე.

სტანდარტული ზომის (1,5X6მ) სამფენოვანი პანელის კონსტრუქცია ნაჩვენებია ნახ. 4.7-ზე.

პანელში გრძივი წიბოების რაოდენობას განსაზღვრავს ფანერის ზედა შემოსვის ღუნვაზე მუშაობის პირობა შეყურსული დატვირთვის მოქმედებისას (ადამიანის წონა ინსტრუმენტებით $P^f = 1კნ$; $P = P^f \cdot 1,2 = 1,2კნ$). ამავე დროს ითვლება, რომ ეს შეყურსული დატვირთვა ნაწილდება 100 სმ სიგანის ზოლზე.

წიბოებიანი სამფენოვანი პანელის გაანგარიშება სიმტკიცესა და დეფორმაციებზე წარმოებს სამშენებლო მექანიკის ჩვეულებრივი მეთოდებით შემოსვებისა და წიბოების სიხისტეების ფარდობის გათვალისწინებით, რადგანაც მერქნისა და ფანერის დრეკადობის მოდულები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. გეომეტრიული მახასიათებლების დაყვანა ხდება იმ მასალაზე, რომელშიც საჭიროა ძაბვების განსაზღვრა. შემოსვებში ნორმალური ძაბვების განაწილება დამოკიდებულია წიბოებს შორის დაშორებაზე - რაც მეტია დაშორება, მით მეტია ძაბვა.

საერთოდ ხე - ფანერის დაწებებულ კონსტრუქციებში ძაბვების გამოთვლა წარმოებს დრეკადობის თეორიის მეთოდების გამოყენებით, რაც შეეხება სამფენოვან პანელებს, მათი გაანგარიშება საკმაოდ რთულია და იგი გაშუქებულია ლიტერატურაში [22, 31, 45].



ნახ. 4.7. ხე-ფანერის სამფენოვანი პანელი: ა - ზედხედი; ბ - გვერდხედი; გ - განივი ჭრილი; დ - პანელების პირაპირი საყრდენზე; ე - პანელის გრძივი პირაპირი; 1 - ზედა შემოსვა; 2 - ქვედა შემოსვა; 3 - გრძივი წიბოები; 4 - პირაპირის ძელაკები; 5 - დამათბუნებელი; 6 - მუყაო; 7 - ორთქლიზოლაცია; 8 - რუბეროიდი; 9 - კომპენსატორი; 10 - ლურსმნები; 11 - პანელის განივი ძელაკები; 12 - განივი ძელაკები.

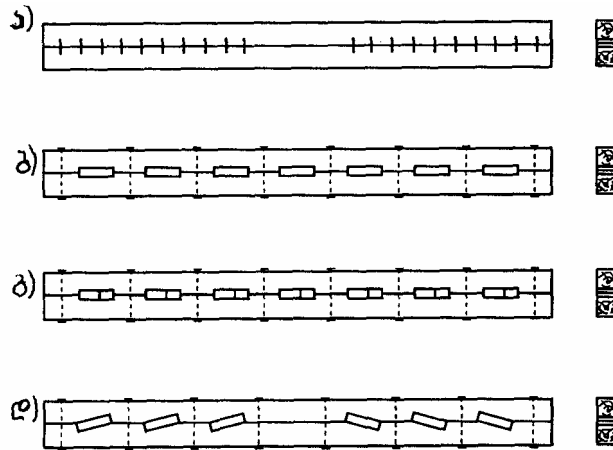
4.5. ხის კოჭები

კოჭები სართულშუა და სასხვენო გადახურვებისა და სამუშაო ბაქნების კონსტრუქციათა ძირითადი მზიდი ელემენტებია და ძირითადად ლუნვაზე მუშაობენ. მათი გაანგარიშება წარმოებს სიმტკიცესა და სიხისტეზე. განივკვეთის დიდი სიმაღლისა და დიდი მალის საჭიროების შემთხვევაში

იყენებენ შედგენილ კოჭებს. ისინი მრავალგვარია: შედგენილი, დაწებებული, არმირებული, ხე-ფანერის, ლურსმნოვან-ფიცრული, მოღუნული ფიცრულ-დაწებებული, მთლიანკვეთიანი ძელებისა და მორებისაგან და სხვ.

4.5.1. შედგენილი კოჭები

შედგენილ კოჭებს ამზადებენ 2 ან 3 ძელისაგან, რომლებიც, ძვრის ძალების მისაღებად, ერთმანეთთან სიგრძეზე დაკავშირებულია მექანიკური მაკავშირებლებით – სოგმანებით, ფირფიტოვანი ან ცილინდრული წირწკიმალებით, ჭანჭიკებით (ნახ. 4.8).



ნახ. 4.8. შედგენილი კოჭის ტიპები: ა - ფირფიტოვან წირწკიმალებზე (დერევიაგინის კოჭი); ბ - გრძივ სოგმანებზე; გ - განივ დაჭიმულ სოგმანებზე; დ - დახრილ სოგმანებზე.

შედგენილი კოჭის სიგრძე შეზღუდულია დახერხილი ხის მასალის სორტამენტით და არ აღემატება 6,5მ-ს. ისინი ძირითადად გამოიყენება ერთმალის კოჭების სახით მცირე ზომის შენობების სართულშუა და სასხვენო გადახურვებში, აგრეთვე მცირემალის ხიდებში.

კოჭებს დამზადების პროცესში ეძლევა სამშენებლო აწვევა დატვირთვის მოქმედების საწინააღმდეგო მიმართულებით, რომლის სიდიდე გამოითვლება ემპირიული ფორმულით:

$$f_{სმშ} = \frac{1 \delta n_{ბაქ}}{2h_0}, \quad (4.8)$$

სადაც l არის კოჭის მალი; h_0 - განაპირა ძელების ღერძებს შორის მანძილი; $n_{ბაქ}$ - კოჭში ჰორიზონტალური ნაკერების რიცხვი; δ - წირწკიმალების საანგარიშო დეფორმაცია, რომელიც აიღება 20მმ.

წირწკიმალების (სოგმანების) ჩასმა ბუდეებში უმჯობესია მოხდეს კოჭისათვის კონსტრუქციული სამშენებლო აწვევის მიცემის შემდეგ, რაც მაკავშირებლებს აიძულებს კოჭის დატვირთვისას მჭიდროდ ჩაჯდნენ ბუდეებში და სწრაფად ჩაერთონ მუშაობაში. ხშირად მერქნის შემრობის მავნე გავლენის მოსაცილებლად კოჭის ძელებში აკეთებენ გრძივ ღარებს, რომელთა ჩაჭრის სიღრმე მიიღება სიმაღლის 1/6.

შეერთებების გაანგაშება ხდება ძვრის ძალებზე, რომლებიც აღიძვრებიან განივი Q ძალის მოქმედებისაგან ძელების შეერთების სიბრტყეში და ძალის მარცხენა და მარჯვენა ნახევრებში ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულება აქვთ.

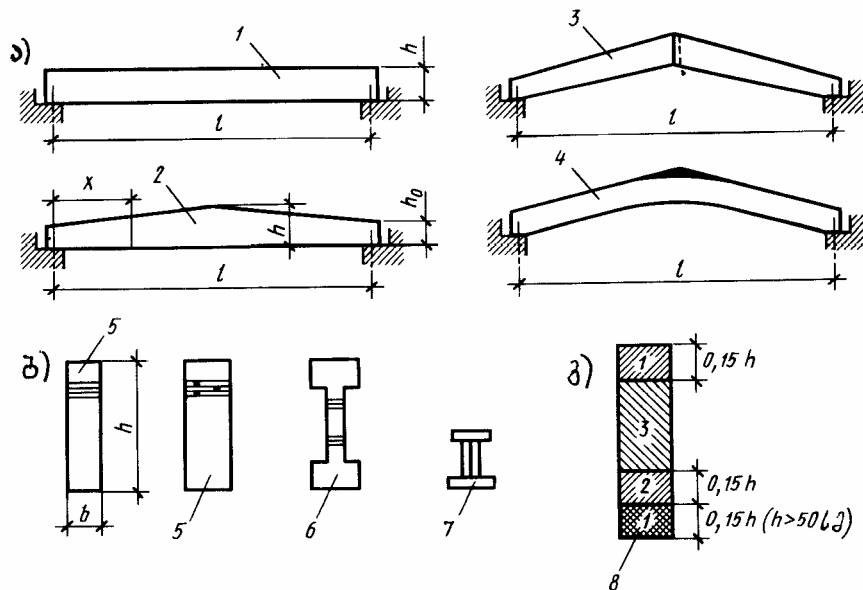
სიმტკიცეზე და დეფორმაციებზე გაანგარიშებისას აუცილებელია გაითვალისწინოთ მაკავშირებლების დამყოლობა სიხისტის შემამცირებელი კოეფიციენტების k_b , k_f დახმარებით, რომლის მნიშვნელობები შესაერთებელი ძელების რაოდენობასა და მალზე დამოკიდებულებით მოცემულია ცხრილში 4.1.

ცხრილი 4.1

კოეფიციენტების აღნიშვნა	კოჭში ფენების რიცხვი	დამყოლობის გამთვალისწინებელი კოეფიციენტების მნიშვნელობები შედგენილი კოჭის ღუნვაზე გაანგარიშებისათვის			
		კოჭის მალი, მ			
		2	4	6	9 და მეტი
k_b	2	0.7	0.85	0.9	0.9
	3	0.6	0.8	0.85	0.9
	10	0.4	0.7	0.8	0.85
k_f	2	0.45	0.65	0.75	0.8
	3	0.25	0.5	0.6	0.7
	10	0.07	0.2	0.3	0.4

4.5.2. დაწებებული კოჭები

დაწებებული შედგენილი კოჭები ფიცრებისაგან წარმოადგენს ინდუსტრიული წესით დამზადებული ხის კონსტრუქციების ძირითად სახეობას (ნახ. 4.8).



ნახ. 4.9. ხის დაწებებული კოჭები: ა - კოჭის ტიპები; ბ - განივკვეთის ტიპები; გ - ფიცრების ხარისხი; 1 - ერთქანობიანი კოჭი; 2 - ორქანობიანი; 3 - ტეხილი მოხაზულობის კეხში კბილა პირაპირით; 4 - მოღუნული; 5 - სწორკუთხოვანი განივკვეთი; 6 - ორტესებრი განივკვეთი; 7 - რელსისმაგვარი განივკვეთი; 8 - განივკვეთში განთავსებული ფიცრების ხარისხი.

დაწებებული კოჭი წარმოადგენს შეწებებული თხელი ფიცრების პაკეტს. მისი გეომეტრიული ზომები და განივკვეთის ფორმა შეიძლება იყოს პრაქტიკულად ნებისმიერი და დამოკიდებული არ არის დახერხილი ხის მასალის სორტამენტის შეზღუდვებზე. დამყოლ მაკავშირებლებზე

განხორციელებული ელემენტებისაგან განსხვავებით დაწებებული კოჭები ფაქტიურად მონოლითურ (მთლიანკვეთიან) კონსტრუქციებს წარმოადგენენ.

კოჭის განივკვეთის სიმაღლე მიიღება $(0,08...0,12)l$, ხოლო სიგანე შეიძლება იყოს 40სმ-მდე, თუმცა პრაქტიკაში დაწებებული კოჭის სიგანე მიიღება 17სმ, რაც საშუალებას იძლევა ასეთი კოჭები დავამზადოთ სიგანეში მთლიანი ფიცრებისაგან.

ფიცრების შეწებებისათვის გამოიყენება სინთეზური წებოები. მერქნის ტენიანობა $w \leq 15\%$. კოჭის განივკვეთის სიმაღლე საყრდენზე არ შეიძლება იყოს 40სმ-ზე ნაკლები. ფიცრების სისქე სწორხაზოვან ელემენტებში $\delta_g \leq 42\text{მმ}$, ხოლო მრუდხაზოვანში - $\delta_g \leq 33\text{მმ}$.

7 მეტრამდე მაღის შემთხვევაში მიმართავენ ორტესებრ ან რელსის მაგვარი მაგვარი განივკვეთის დაწებებული კოჭებს, რომელთა კედელი განხორციელებულია წიბოზე დაყენებული ფიცრებისაგან. ასეთი კოჭების ნაკლად ითვლება წიბოსთან თაროს შეწებების სირთულე და ნაკლები საიმედოობა.

6...15 მეტრამდე მაღების დროს გამოიყენება შედგენილი კოჭები, რომლებიც სიბრტყეებით შეწებებული ფიცრებით არიან განხორციელებული. სიგრძეში ფიცრები ერთმანეთს უკავშირდება კბილა პირაპირებით, რომლებიც ეწეობა ხტულად (განცალკევებით). მათ შორის დაშორება უნდა იყოს არა ნაკლები ფიცრის 20 სისქისა.

15 მეტრზე მეტი მაღლების შემთხვევაში უმჯობესია გამოვიყენოთ ტეხილი მოხაზულობის ან მოღუნული კოჭები.

საერთოდ ხის დაწებებული კოჭების მაქსიმალური მაღია 24მ, რადგანაც უფრო დიდი მაღლების შემთხვევაში ძლიერ რთულდება მათი დამზადება და ტრანსპორტირება, ხოლო ექსპლუატაციის დროს ისინი საგრძნობ დეფორმაციებს განიცდიან. ამიტომ დიდი მაღლებისათვის უმჯობესია გამოვიყენოთ კამაროვანი ან გამჭოლი ხის კონსტრუქციები.

დაწებებული კოჭების მდგრადობის უზრუნველყოფისათვის კოჭის h სიმაღლის შეფარდება b სიგანესთან შეზღუდულია და დაცული უნდა იქნეს პირობა $h/b \leq 6$. ორტესებრი განივკვეთის კოჭის კედლის სიგანე (სისქე) აიღება არა ნაკლები კოჭის თაროს სიგანის ნახევრისა და არა ნაკლები 80მმ-ისა. დატენიანების საწინააღმდეგოდ კოჭის ზედა ფენა გადახურული უნდა იყოს 2,5სმ სისქის ანტისეპტირებული ფიცრით.

დაწებებული კოჭების სიმტკიცეზე გაანგარიშება წარმოებს მთლიანკვეთიანი კოჭების ანალოგიურად, ხოლო მაქსიმალური ჩაღუნვა მუდმივი ან ცვლად განივკვეთიანი კოჭებისა, რომლებიც სახსროვნად არიან დაყრდნობილი, მხები ძაბვების გავლენის გათვალისწინებით, გამოითვლება ფორმულით:

$$f = \frac{f_0}{k} \left[1 + c \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right] \leq [f], \quad (4.9)$$

სადაც $f_0 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^4}{EJ}$ არის მუდმივი განივკვეთის კოჭის ჩაღუნვა სიმაღლით h

ძვრის დეფორმაციის გაუთვალისწინებლად ნორმატიული დატვირთვისაგან; h - განივკვეთის მაქსიმალური სიმაღლე; l - კოჭის მალი; E - მერქნის დრეკადობის მოდული; J - კოჭის განივკვეთის ინერციის მომენტი ნეიტრალური

ღერძის მიმართ; $k = \left(0,15 + 0,85 \frac{h_0}{h} \right)$ - განივკვეთის ცვალებადობის კოეფიციენტი (მუდმივი განივკვეთის კოჭისათვის $k=1$); h_0 - კოჭის განივკვეთის სიმაღლე

საყრდენზე; $C = 15,4 + 3,8 \frac{h_0}{h}$ - ძვრის დეფორმაციის გამოვალისწინებელი კოეფიციენტი [4, დანართი 4, ცხრ. 3].

4.5.3. არმირებული ხის კოჭები

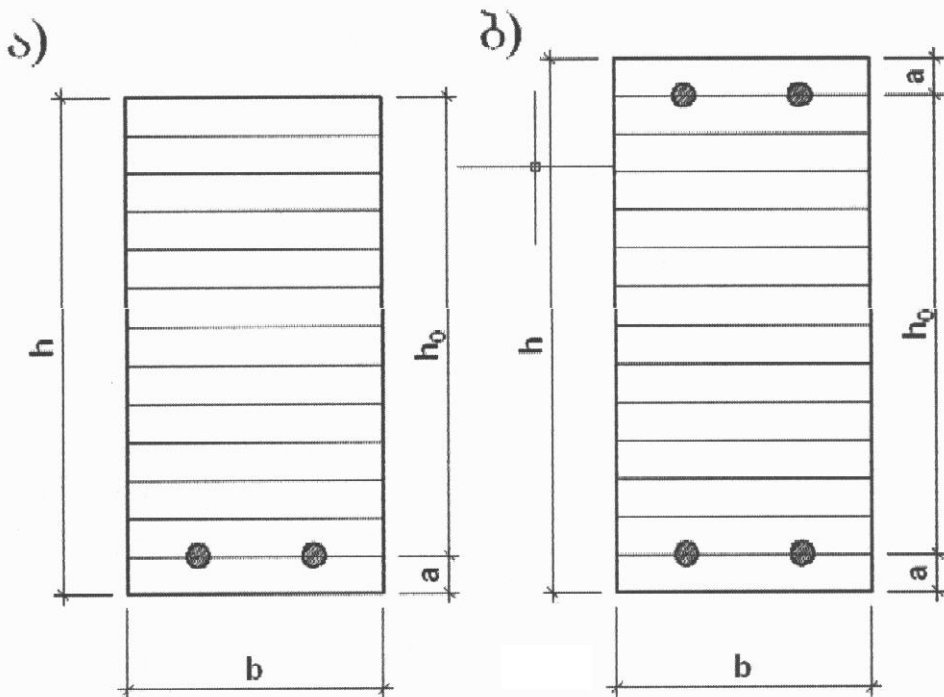
არმირებული კოჭების ძირითად მასალას წარმოადგენს წიწვოვანი ჯიშის მერქანი, რომელსაც გააჩნია საკმაოდ მაღალი და სტაბილური მექანიკური თვისებები და მდგრადია საექსპლუატაციო ზემოქმედებების მიმართ.

არმატურა გამოიყენება როგორც ლითონის, ისე პლასტმასის (მინაპლასტიკი). მისი შერჩევას აუცილებელია გავითვალსწინოთ არა მარტო სიმტკიცის, არამედ დრეკადი მახასიათებლებიც, რადგანაც ნორმალური ძაბვების ფარდობა არმატურასა და მერქანში მათი ერთობლივი მუშაობისას დამოკიდებულია მათი დრეკადობის მოდულების თანაფარდობასთან. თუ არმატურისა და მერქნის ფარდობითი დეფორმაციები $\epsilon_s = \epsilon_g$, მაშინ ძაბვას არმატურაში $\sigma_s = \frac{E_s}{E_g} \cdot \sigma_g$, სადაც σ_s და σ_g არმატურაში და მერქანში

განვითარებული ნორმალური ძაბვებია; E_s , E_g - შესაბამისი დრეკადობის მოდულები.

მშენებლობაში გამოყენებული ლითონებიდან ასეთ მოთხოვნებს პასუხობს ფოლადის და ალუმინის შენადნობები, თუმცა ფოლადის არმატურის გამოყენება უფრო ეფექტურია. ყველაზე რაციონალურია პერიოდული პროფილის A - II და A - III კლასის არმატურების გამოყენება.

არმირებული კოჭების ზედა და ქვედა ზონაში არმატურის ღეროების მოთავსებას ახდენენ ორ განაპირა ფიცარში ღარების წინასწარი ამოჭრით (ნახ.4.10).



ნახ. 4.10. არმირებული ხის კოჭები: ა - ცალფა არმირებით; ბ - ორფა არმირებით.

ცილინდრული ღარის დიამეტრი აიღება არმატურის დიამეტრზე 1მმ-ით მეტი $d = d_s + 1\text{მმ}$. ეს 1მმ-იანი ღრეჩო საჭიროა წებოს მასის განთავსებისათვის.

არმატურის მერქანში ჩაწებებისათვის გამოიყენება ეპოქსიდური წებოები, რომელთა სიცოცხლისუნარიანობა შეადგენს 45...80წთ-ს.

არმირებული კოჭების ამტანუნარიანობა ბევრად აღემატება ფიცრულს და მასზე უფრო საიმედოცაა, რადგან გაჭიმულ ზონაში როკების მოხვედრა დიდ გავლენას ვერ ახდენს კონსტრუქციის მუშაობაზე.

ფოლადის არმატურასა და მერქანს შორის წებოვან ნაკერს წაყენება შემდეგი მოთხოვნები: მაღალი მექანიკური სიმტკიცე და საკმარისი სიხისტე; დასველება-გაშრობის მრავალჯერადი ციკლისადმი მდგრადობა; ხანმედევობა; დატვირთვის ხანგრძლივი მოქმედებისას მცირე ცოცვალობა; ტექნოლოგიურობა; საიმედოობა.

არმირებული ხის კონსტრუქციების დატვირთვისას რღვევამდე თვალნათლივ იკვეთება დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის დამახასიათებელი სამი სტადია: დრეკადი, დრეკად-პლასტიკური და რღვევის სტადია. თანაც, ამ პირობებში არმატურასა და მერქანს შორის კავშირი იდეალურია, ვიდრე კონსტრუქცია არ დაირღვევა, რაც ძირითადად ხდება მერქნის გაჭიმული ბოჭკოების წყვეტით.

ღუნვაზე და კუმშვაზე მომუშავე არმირებული ხის კონსტრუქციები გაიანგარიშება ზღვრული მდგომარეობის ორი ჯგუფის მიხედვით: I - სიმტკიცესა და მდგრადობაზე II - დეფორმაციებზე (ჩაღუნვებზე).

გაანგარიშებებში გამოიყენება კონსტრუქციის ძირითად მასალაზე - მერქანზე დაყვანილი განივკვეთის გეომეტრიული მახასიათებლები:

$$J_{ღაყ} = \frac{bh_0^3}{12}(1+3n\mu); \quad (4.10)$$

$$W_{ღაყ} = \frac{bh_0^2}{6}(1+3n\mu); \quad (4.11)$$

$$S_{ღაყ} = \frac{bh_0^2}{8}(1+2n\mu), \quad (4.12)$$

სადაც $h_0 = h - 2a$ არის განივკვეთის მუშა სიმაღლე, h - განივკვეთის სრული სიმაღლე; a - დამცველი ფენის სისქე; b - განივკვეთის სიგანე;

$n = \frac{E_s}{E_g} = \frac{21 \cdot 10^4}{10^4} = 21$ - არმატურისა და მერქნის დრეკადობის მოდულების

ფარდობა; $\mu = \frac{A_s}{bh_0}$ - არმირების კოეფიციენტი; A_s - არმატურის განივკვეთის

ფართობი.

სხვა მახასიათებლები:

მერქნის დრეკადობის მოდული $E_g = 10^4$ მპა;;

არმატურის დრეკადობის მოდული $E_s = 21 \cdot 10^4$ მპა;;

განივკვეთის ფართობი $A = bh$;;

შემოწმება სიმტკიცესა და სიხისტეზე

$$\sigma = \frac{6M}{bh_0^2}(1+3n\mu) \leq R_{ღ}, \quad (4.13)$$

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^{\text{წ}} l^3}{E_g (1+n) bh_0^3} \leq \left[\frac{f}{l} \right]. \quad (4.14)$$

მაგალითი 4.2. შევარჩიოთ ხის დაწებებული ორქანობიანი კოჭის განივკვეთი ორფა არმირებით (ნახ. 4.10, ბ) შემდეგი მონაცემების მიხედვით: მალი $l = 12$ მ; ზედა წახნავის ქანობი $i = 1:12$. კოჭზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა კოჭისა და

სახურავის საკუთარი წონისა და თოვლისაგან: ნორმატიული $q_1^b = 8,42 \text{ კნ/მ}$; საანგარიშო $q_1 = 13,68 \text{ კნ/მ}$.

კონსტრუქცია მიეკუთვნება პასუხისმგებლობის II კლასსა და საექსპლუატაციო პირობების B ჯგუფს. მერქანი I, II და III ხარისხისაა.

ამოხსნა. არმირებული კოჭის ეკონომიური ეფექტურობის შეფასებისათვის, ჯერ გავიანგარიშოთ ჩვეულებრივი დაწებებული ხის კოჭი.

პასუხისმგებლობის კლასის (II) შესაბამისად და დანიშნულების მიხედვით საიმედოობის კოეფიციენტის ($\gamma_n = 0,95$) გათვალისწინებით, დატვირთვები დებულობენ მნიშვნელობებს:

$$q^b = q_1^b \cdot \gamma_n = 8,42 \cdot 0,95 = 8 \text{ კნ/მ} = 0,08 \text{ კნ/სმ};$$

$$q = q_1 \cdot \gamma_n = 13,68 \cdot 0,95 = 13 \text{ კნ/მ} = 0,13 \text{ კნ/სმ}.$$

კოჭის განივკვეთი შევადგინოთ ფიცრებისაგან, რომელთა განივკვეთი ჩამოხერხვისა და გარანდვის შემდეგ ტოლი იქნება $b_1 \times h_1 = 16,5 \times 2,6 \text{ სმ}$. მერქნის საანგარიშო წინააღობები (დანართი, ცხრ. 2):

$$R_{\text{ვ}} = 15 \text{ მპა}; \quad R_{\text{ახლ}} = 1,5 \text{ მპა};$$

კოჭის განივკვეთის სიმაღლე საყრდენებზე განისაზღვრება სიმტკიცის პირობიდან ახლენაზე

$$h_{0, \text{ახლ}} = \frac{3Q}{2bR_{\text{ახლ}}} = \frac{3 \cdot 78}{2 \cdot 16,5 \cdot 0,15} = 47,3 \text{ სმ},$$

სადაც განივი ძალა საყრდენზე

$$Q = \frac{q_1 l}{2} = \frac{13 \cdot 12}{2} = 78 \text{ კნ}.$$

მივიღოთ $h_0 = 50 \text{ სმ} = 0,5 \text{ მ}$.

კოჭის სიმაღლე მაღის შუაში

$$h = h_0 + \frac{1}{2 \cdot 12} = 0,5 + \frac{12}{2 \cdot 12} = 1 \text{ მ}.$$

განესაზღვროთ სახიფათო ზონის მდებარეობა და შესაბამისი განივკვეთი შევამოწმოთ სიმტკიცეზე. გაანგარიშება ვაწარმოოთ შემდეგი თანამიმდევრობით:

$$x = \frac{1h_0}{2h} = \frac{12 \cdot 0,5}{2 \cdot 1} = 3 \text{ მ};$$

$$M_x = \frac{qx(1-x)}{2} = \frac{13 \cdot 3(12-3)}{2} = 175 \text{ კნ.მ} = 17500 \text{ კნ.სმ};$$

$$h_x = h_0 + \frac{(h-h_0) \cdot 2x}{1} = 0,5 + \frac{(1-0,5) \cdot 2 \cdot 3}{12} = 0,75 \text{ მ};$$

$$W_x = \frac{bh_x^2}{6} = \frac{16,5 \cdot 75^2}{6} = 15500 \text{ სმ}^3;$$

დაბვა

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{17500}{15500} = 1,13 \text{ კნ/სმ}^2 = 11,3 \text{ მპა} < R = 12,97 \text{ მპა},$$

სადაც $R = R_{\text{ვ}} \cdot m_{\text{ბწ}} \cdot m_{\text{გ}} \cdot m_{\text{პქ}} = 15 \cdot 0,915 \cdot 1,05 \cdot 0,9 = 12,97 \text{ მპა}$.

აქ $m_{\text{ბწ}}$, $m_{\text{გ}}$ და $m_{\text{პქ}}$ კოეფიციენტების მნიშვნელობები აღებულია დანართიდან (ცხრილი 4,7,8).

შევამოწმოთ კოჭი ჩაღუნვაზე მაღის შუაში, რისთვისაც განსაზღვროთ განივკვეთის ცვალებადობისა და ძვრაზე დამყოლობის გამთვალისწინებელი k და c კოეფიციენტები და ინერციის მომენტი;

$$k = 0,15 + 0,85 \frac{h_0}{h} = 0,15 + 0,85 \cdot \frac{0,5}{1} = 0,57;$$

$$c = 15,4 + 3,8 \frac{h_0}{h} = 15,4 + 3,8 \cdot \frac{0,5}{1} = 17,3;$$

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{16,5 \cdot 100^3}{12} = 13,75 \cdot 10^5 \text{ სმ}^4.$$

ხაღუნვა განივკვეთის ცვალებადობისა და ძვრზე დამყოლობის კოეფიციენტების გათვალისწინებლად

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^4}{EJ} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,08 \cdot 1200^4}{1000 \cdot 13,75 \cdot 10^5} = 1,57 \text{ სმ.}$$

სადაც $E = 10000 \text{ მპა} = 100000 \text{ კგძ/სმ}^2 = 1000 \text{ კნ/სმ}^2$ მერქნის დრეკადობის მოდულია.

ფარდობითი ხაღუნვა

$$\frac{f}{l} = \frac{f_0 \left[1 + c \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right]}{k \cdot l} = \frac{1,55 \left[1 + 17,3 \left(\frac{100}{1200} \right)^2 \right]}{0,57 \cdot 1200} = \frac{1}{395} < \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{300}.$$

გავიანგარიშოთ არმირებული კოჭი.

არმატურისა და მერქნის დრეკადობის მოდულების ფარდობა

$$n = \frac{E_s}{E_g} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{10^4} = 21.$$

ორფა არმირებისას განივკვეთის არმირების კოეფიციენტი

$$\mu = \frac{A_s}{A} = 0,03$$

განივკვეთის საჭირო მაქსიმალური სიმაღლე

$$h_{საჭ} = \sqrt[3]{\frac{12J}{b(1+3n\mu)}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 13,75 \cdot 10^5}{16,5(1+3 \cdot 21 \cdot 0,03)}} = 70,2 \text{ სმ.}$$

კოჭის განივკვეთი შევადგინოთ 21 ცალი $\delta = 40 \text{ მმ}$ სისქის ფიცრებისაგან და გვექნება $h = 21 \cdot 40 = 840 \text{ მმ} = 84 \text{ სმ}$.

საყრდენზე კოჭის სიმაღლე გამოეთვალეთ $i = 1:12$ (0,08%) ქანობის გათვალისწინებით

$$h_{საჭ} = 84 - 0,08 \cdot \frac{1200}{2} = 36 \text{ სმ.}$$

შევამოწმოთ მიღებული განივკვეთი სიმტკიცეზე სახიფათო განივკვეთში:

$$x = \frac{12 \cdot 0,36}{2 \cdot 0,84} = 2,57 \text{ მ} = 257 \text{ სმ};$$

$$h_x = 36 + 257 \cdot 0,08 = 57 \text{ სმ};$$

$$J_{დაყ. x} = \frac{bh_x^3}{12} \cdot (1 + 3n\mu) = \frac{16,5 \cdot 57^3}{12} \cdot (1 + 3 \cdot 21 \cdot 0,03) = 735910 \text{ სმ}^4;$$

$$M_x = \frac{qx}{2} (1 - x) = \frac{13 \cdot 2,57}{2} (12 - 2,57) = 157,5 \text{ კნ.მ} = 15750 \text{ კნ.სმ};$$

დაბვა

$$\sigma_x = \frac{M_x h_x}{2 \cdot J_{დაყ. x}} = \frac{15750 \cdot 57}{2 \cdot 735910} = 0,61 \text{ კნ/სმ}^2 = 6,1 \text{ მპა} < R_{\sigma} \cdot m_{\text{სწ}} \cdot m_{\text{გ}} \cdot m_{\text{გქს}} = 15 \cdot 0,915 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 11,73 \text{ მპა},$$

სადაც $m_{\text{სწ}}$, $m_{\text{გ}}$, $m_{\text{გქს}}$ კოეფიციენტების მნიშვნელობები აღებულია ცხრილებიდან (დანართი, ცხრ. 4,7,8).

განივი ძალა საყრდენზე:

$$Q = \frac{ql}{2} = \frac{13 \cdot 12}{2} = 78 \text{ კნ.}$$

სტატიკური მომენტი საყრდენზე:

$$S_{ლაყ.ბაყ} = \frac{bh_{ბაყ}^2}{8} \cdot (1 + 2n\mu) = \frac{16,5 \cdot 36^2}{8} \cdot (1 + 2 \cdot 21 \cdot 0,03) = 6040 \text{ სმ}^4.$$

ინერციის მომენტი საყრდენზე:

$$J_{ლაყ.ბაყ} = \frac{bh_{ბაყ}^3}{12} \cdot (1 + 3n\mu) = \frac{16,5 \cdot 36^3}{12} \cdot (1 + 3 \cdot 21 \cdot 0,03) = 185400 \text{ სმ}^4.$$

შევაძოწმით შეწებების ნაკერის სიმტკიცე საყრდენზე მხები ძაბვების მიხედვით:

$$\tau = \frac{QS_{ლაყ.ბაყ}}{0,6bJ_{ლაყ.ბაყ}} = \frac{78 \cdot 6040}{0,6 \cdot 16,5 \cdot 185400} = 0,256 \text{ კნ/სმ}^2 = 2,56 \text{ მპა} > R_{\tau b} = 2,4 \text{ მპა}.$$

პირობა არ არის დაკმაყოფილებული, ამიტომ გავზარდოთ განივკვეთი. ავიღოთ 22 ცალი $\delta = 40 \text{ მმ}$ სისქის ფიცრებისაგან შედგენილი განივკვეთი და გვექნება $h = 22 \cdot 40 = 880 \text{ მმ} = 88 \text{ სმ}$.

შესაბამისად:

$$h_{ბაყ} = 88 - 0,08 \cdot \frac{1200}{2} = 40 \text{ სმ};$$

$$x = \frac{12 \cdot 0,4}{2 \cdot 0,88} \cdot 4 = 2,73 \text{ მ} = 273 \text{ სმ};$$

$$h_x = 40 + 273 \cdot 0,08 = 61,84 \text{ სმ};$$

$$J_{ლაყ.x} = \frac{16,5 \cdot 61,84^3}{12} \cdot (1 + 3 \cdot 21 \cdot 0,03) = 939743 \text{ სმ}^4;$$

$$M_x = \frac{13 \cdot 2,73}{2} (12 - 2,73) = 164,5 \text{ კნ.მ} = 16450 \text{ კნ.სმ}.$$

ძაბვა

$$\sigma_x = \frac{16450 \cdot 61,84}{2 \cdot 939743} = 0,54 \text{ კნ/სმ}^2 = 5,4 \text{ მპა} < R_{\sigma} \cdot m_{\sigma} \cdot m_{\sigma} \cdot m_{\sigma} = 11,73 \text{ მპა}.$$

$$Q = 78 \text{ კნ}.$$

$$S_{ლაყ.ბაყ} = \frac{16,5 \cdot 40^2}{8} \cdot (1 + 2 \cdot 21 \cdot 0,03) = 7359 \text{ სმ}^3.$$

$$J_{ლაყ.ბაყ} = \frac{16,5 \cdot 40^3}{8} \cdot (1 + 3 \cdot 21 \cdot 0,03) = 255200 \text{ სმ}^4.$$

$$\tau = \frac{78 \cdot 7359}{0,6 \cdot 16,5 \cdot 255200} = 0,23 \text{ კნ/სმ}^2 = 2,3 \text{ მპა} > R_{\tau b} = 2,4 \text{ მპა}.$$

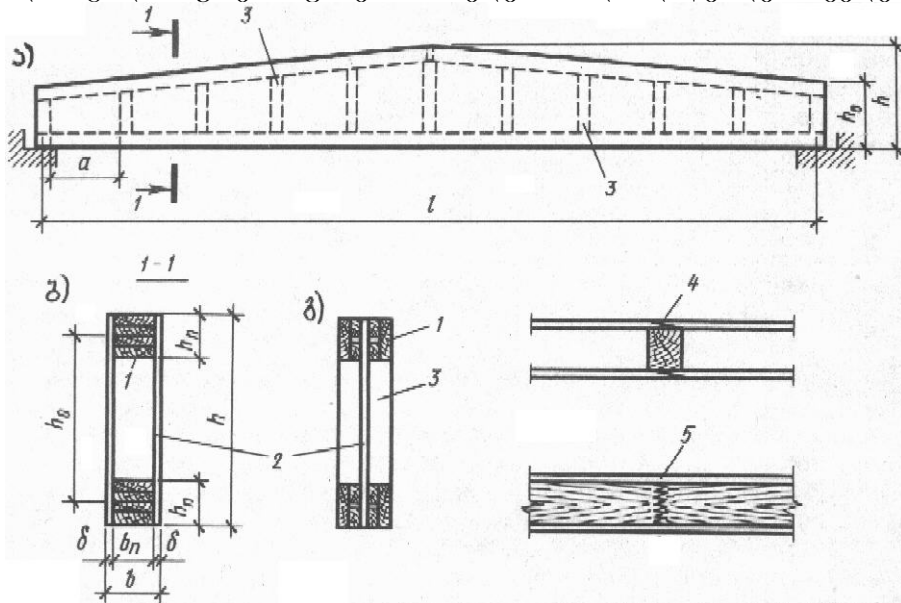
თუ შევადარებთ გაანგარიშებით მიღებულ განივკვეთებს, დავინახავთ, რომ არმირებულ კოჭში მერქნის ხარჯი 13%-ით ნაკლებია, ვიდრე ჩვეულებრივი კოჭის (ჩვეულებრივ კოჭს ჭირდება 2,57 მ³ მერქანი, ხოლო არმირებულს - 2,05 მ³).

4.5.4. ხე-ფანერის დაწებებული კოჭები

ხე-ფანერის დაწებებული კოჭები შედგება წყალმედვეი ფანერის კედლისა, ფიცრული სარტყელების და წიბოებისაგან, რომლებიც შეწებებულია ერთმანეთთან. განივკვეთის ფორმის მიხედვით არსებობს ორტყეობრივი ან ყუთისმაგვარი, ხოლო კონტურის მოხაზულობის მიხედვით - სწვრივსარტყელებიანი, ორქანობიანი და მრუდი მოხაზულობის ზედა სარტყელით. ასეთ კოჭებს გააჩნიათ საკმაოდ მცირე მასა და დიდი ზიდვის უნარი.

საკედლე ფანერის სისქე აიღება 10...12 მმ. კოჭის სიმაღლე - $h = (0,12...0,08)l$. ფანერის კედლის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად კოჭის მაღის ყოველ $(0,12...0,08)l$ მანძილზე ფიცრებისაგან ეწყობა სიხისტის წიბოები, რომელთა ადგილმდებარეობა კედლის ფანერის პირაპირებს უთავსდება (ნახ. 4.11). გაჭიმული ქვედა სარტყელის ფიცრებში ეწყობა კბილოვანი პირაპირები,

ხოლო შეკუმშულ ზედა სარტყელში-პირმიდგმითი. კედლის ფანერის პირაპირები ორივე მხრიდან გადაიხურება ფანერის ზედებით და დაწებდება კედელთან.



ნახ. 4.11. ხე-ფანერის დაწებებული წიბოვანი კოჭი: ა - წინხედი; ბ, გ - ყუთისმაგვარი და ორტყესბრი განივკვეთი; 1 - სარტყელი; 2 - ფანერის კედელი; 3 - ფიცრული წიბოები; 4 - სარტყელის პირაპირი; 5 - კედლის პირაპირი.

სარტყელების ფიცრები შეიძლება განლაგებული იყვნენ ჰორიზონტალურად ან ვერტიკალურად. სარტყელების კედელთან მისაწებებლად სარტყელებს უკეთდებათ ჩაჭრები (ღარები) იმ ანგარიშით, რომ შეწებების ფენის სიგანე არ აღემატებოდეს 10სმ-ს, რათა კოჭის მუშაობის პროცესში მერქნის დეფორმაციისას ბოჭკოების განივად არ მოხდეს მერქნის ნაკერებში ძაბვების კონცენტრაცია. ზედა სარტყელი მზადდება II ხარისხის მასალისაგან, ქვედა კი I ხარისხისაგან.

ხე-ფანერის დაწებებული კოჭები შეიძლება გამოყენებულ იქნას მალით 18მ-მდე, თუმცა მსოფლიო სამშენებლო პრაქტიკაში გვხვდება 45მ მალის კოჭებიც.

წიბოვანი კოჭების გაანგარიშება წარმოებს ღუნვაზე კედლისა და სარტყელების ერთობლივი მუშაობის გათვალისწინებით (დამყოლობა მხედველობაში არ მიიღება). გაანგარიშებისას აუცილებელია მერქნისა და ფანერის დრეკადობის მოდულების განსხვავების გათვალისწინებაც ($E_{ფ} = 0,9E_{გ} = 9000\text{მპა}$). შესაბამისად ხდება გეომეტრიული მახასიათებლების დაყვანა იმ მასალაზე, რომელშიც ვეძებთ ძაბვას.

სარტყელებში (მერქანში) ძაბვების განსაზღვრისათვის განივკვეთის გეომეტრიული მახასიათებლები გამოითვლება ფორმულებით:

$$A_{\text{დაყ.მერქ.}} = A_{\text{მერქ.}} + A_{\text{ფ.}} \cdot \left(\frac{E_{\text{ფ.}}}{E_{\text{მერქ.}}} \right); \quad (4.15)$$

$$J_{\text{დაყ.მერქ.}} = J_{\text{მერქ.}} + J_{\text{ფ.}} \cdot \left(\frac{E_{\text{ფ.}}}{E_{\text{მერქ.}}} \right); \quad (4.16)$$

$$S_{\text{დაყ.მერქ.}} = S_{\text{მერქ.}} + S_{\text{ფ.}} \cdot \left(\frac{E_{\text{ფ.}}}{E_{\text{მერქ.}}} \right); \quad (4.17)$$

$$W_{\text{დაყ.მერქ.}} = \frac{2J_{\text{დაყ.მერქ.}}}{h}, \quad (4.18)$$

სადაც $A_{მერქ.}$, $J_{მერქ.}$, $S_{მერქ.}$ არის სარტყელების განივკვეთის ფართობი, ინერციის და სტატიკური მომენტები შესაბამისად; $A_{ფ.}$, $J_{ფ.}$, და $S_{ფ.}$ - იგივე, ფანერის კედლისათვის; $E_{ფ.}$, $E_{მერქ.}$ - ფანერისა და მერქნის დრეკადობის მოდულები; h - კოჭის განივკვეთის სიმაღლე.

კოჭის ფანერის კედელი მოწმდება ჭრაზე საყრდენზე მოქმედი მაქსიმალური განივი ძალის მიხედვით

$$\tau = \frac{QS_{ლაფ.}}{J_{ლაფ.} \cdot \delta_{ფ.}} \leq R_{ჭრ.ფ.} \quad (6მპა), \quad (4.19)$$

სადაც $\delta_{ფ.}$ არის კედლის ფანერის სისქე.

იგივე ფორმულით შემოწმდება ფანერისა და სარტყელების შეწყობების სიმტკიცე. ამ დროს ახლენის ფართობის სიგანე აიღება სარტყელების გაორმაგებული სიმაღლის ტოლი, ხოლო მრიცხველში ფანერის ნაცვლად ჩაისმება მერქნის (სარტყელების) სტატიკური მომენტი - $S_{ლაფ.მერქ.}$.

ფანერის კედლის მდგრადობის უზრუნველყოფისათვის გრძივი მიმართულებით კედლის სისქე $\delta \geq h_{კედ.}/50$. თუ კედლის სისქე ამ სიდიდეზე ნაკლებია, საჭირო ხდება იგი შევამოწმოთ ნორმალური და მხები ძაბვების მოქმედებაზე.

ხე-ფანერის კოჭის ჩაღუნვა დამოკიდებულია მერქნის სარტყელის და ფანერის კედლის ინერციის მომენტებისა და დრეკადობის მოდულების სიდიდეებზე, სარტყელების ღერძებს შორის განივკვეთის სიმაღლეზე (მალის შუაში - h' , საყრდენებზე - h_0'), აგრეთვე კედლებში მხები ძაბვებზე. მაქსიმალური ჩაღუნვა გამოითვლება ფორმულით:

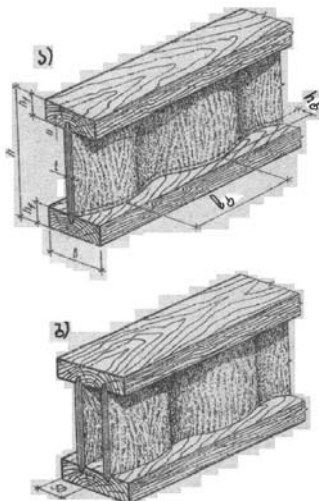
$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^4}{(E_{მერქ.} \cdot J_{მერქ.} + E_{ფ.} \cdot J_{ფ.}) \cdot k_{ც3} \cdot k_{\tau}} \leq [f] = \frac{1}{300}, \quad (4.20)$$

სადაც ორქანობიანი კოჭის განივკვეთის ცვალებადობის გამოვალისწინებული კოეფიციენტი

$$k_{ც3} = 0,4 + 0,6 \frac{h_0'}{h'};$$

ხოლო კოეფიციენტი

$$k_{\tau} = \frac{1}{1 + 100 \left(\frac{h}{l} \right)^2}.$$



ნახ. 4.12. ხე-ფანერის კოჭი ტალღოვანი ფანერის კედლით: ა - ორტესებრივ ერთმაგი კედლით; ბ - ყუთისმაგვარი - ორტესებრივ ორმაგი კედლით.

მცირემალიანი კოჭების შემთხვევაში, ამჟამად წარმატებით გამოიყენება ხე-ფანერის ორტესებრი კოჭები ტალღოვანი ფანერის კედლით (ნახ. 4.12). ისინი მუდმივი სიმაღლის ორტესებრი განივკვეთის კონსტრუქციებია. სარტყელებში გამოყენებულია II ხარისხის ცალკეული ფიცრები, რომლებშიც სპეციალური მოწყობილობის დახმარებით კეთდება სინუსოიდური მოხაზულობის დარები, რომლებშიც ჩაისმება ან ჩაწებდება ტალღოვანი ფანერი. ასეთ ფანერს საკმარისი განივი სიხისტე გააჩნია, რაც გამორიცხავს სიხისტის წიბოების მოწყობის აუცილებლობას.

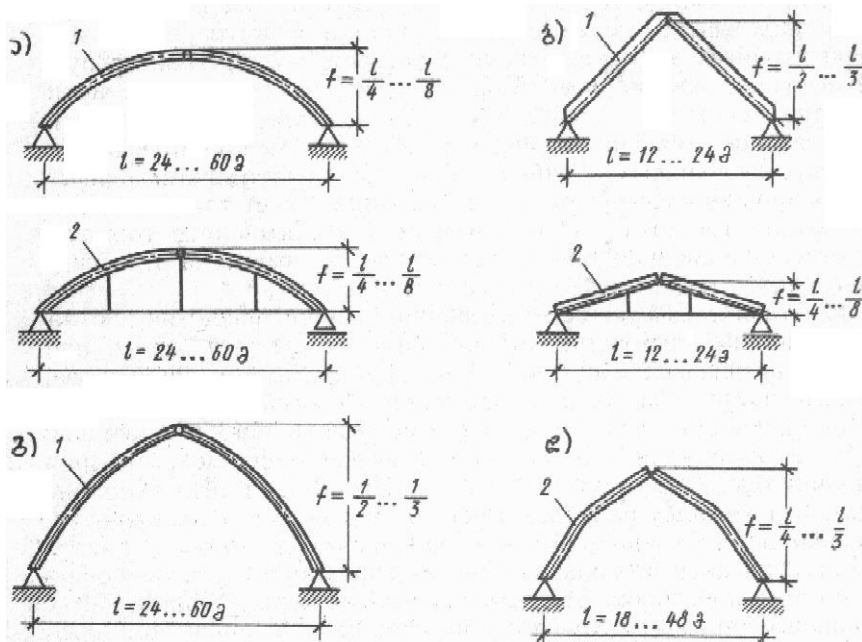
ასეთი კოჭების გაანგარიშებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის, რომ კედელი პრაქტიკულად არ მუშაობს ნორმალურ ძაბვებზე ღუნვისას და ამ ძაბვებს თავის თავზე ღებულობენ სარტყელები. გარდა ამისა, თავისი ფორმის გამო, კედელი წარმოადგენს დამყოლ ელემენტს, ამიტომ სიმტკიცეზე და დეფორმაციებზე გაანგარიშებას აწარმოებენ, როგორც შედგენილ კოჭს დამყოლი კედლით.

კედლის სარტყელებთან შეერთების წებოვანი ნაკერი მოწმდება ამხლეჩ ძაბვებზე, კედელი - მდგრადობაზე, ხოლო მთლიანად კოჭის განივკვეთი სიმტკიცესა და ჩაღუნვებზე.

4.6. ხის კამარები

ხის კამარები დღეისათვის მზიდი ხის კონსტრუქციების ყველაზე გავრცელებულ სახეს წარმოადგენს და გამოიყენება სამრეწველო, სპორტული, სასაწყობო, საგამოფენო, საკონცერტო, სასოფლო-სამეურნეო და სხვ. დანიშნულების შენობათა გადახურვებში ძალით 12...80მ. ისინი განმბჯენიანი კონსტრუქციებია.

პრაქტიკაში ყველაზე გავრცელებულია ხის დაწებებული კამარები (ნახ. 4.13).



ნახ. 4.13. ხის დაწებებული კამარები: ა - სეგმენტური მოხაზულობის; ბ - სამკუთხა; გ - ისრისებრი; დ - ტეხილი; 1 - შემკრავის გარეშე; 2 - შემკრავით.

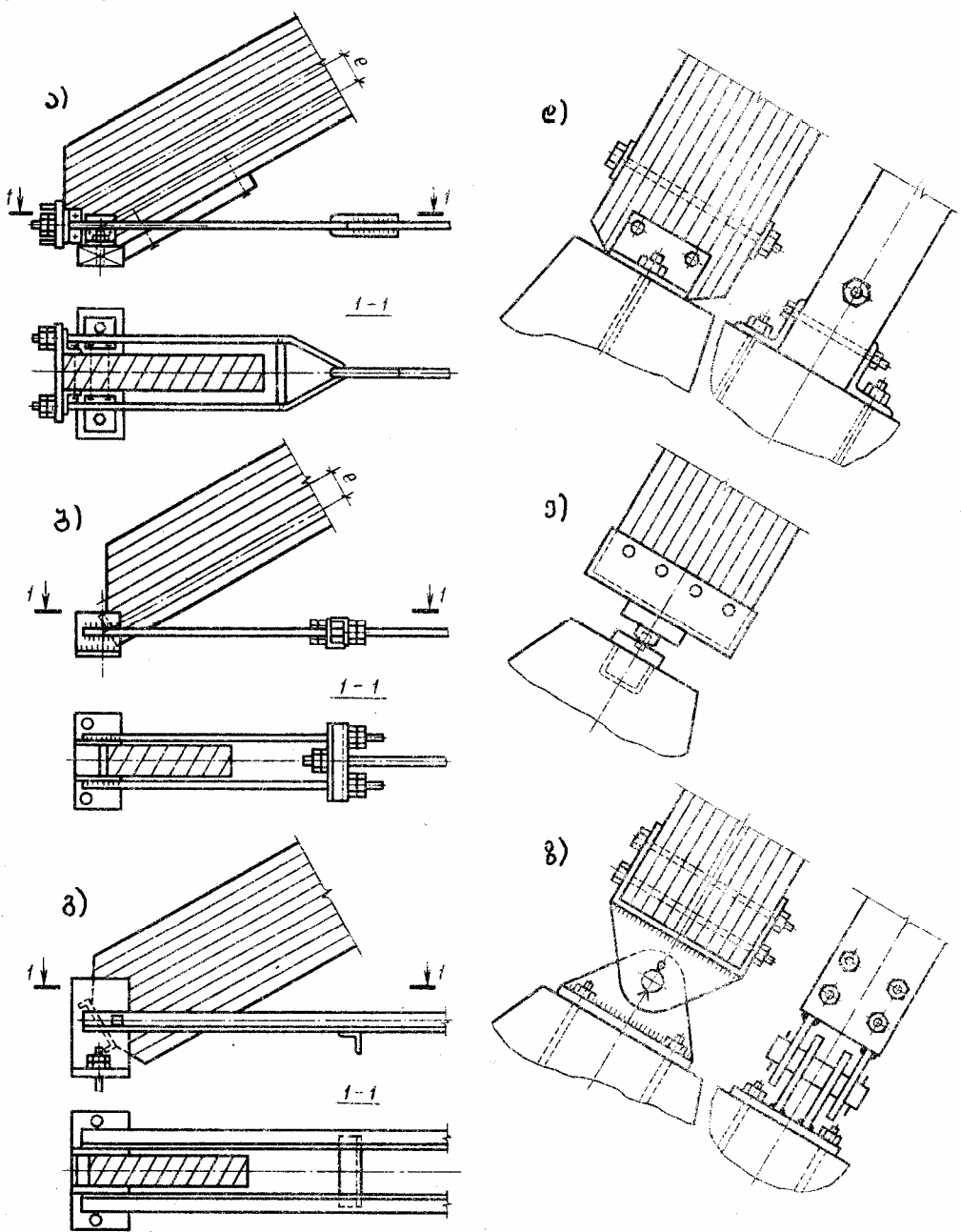
კონსტრუქცია ძალიან მარტივია და შედგება მინიმალური რაოდენობის ელემენტებისაგან. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე შესანიშნავ არქიტექტურულ გამომსახველობასაც. ასეთი კამარების დიდ უპირატესობად, სხვა კონსტრუქციებთან შედარებით, ითვლება მათი მაღალი მედეგობა ცეცხლის,

ღობისა და ქიმიურად აგრესიული გარემოს მიმართ, რასაც ზოგჯერ გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს პრაქტიკული და კომერციული თვალსაზრისით.

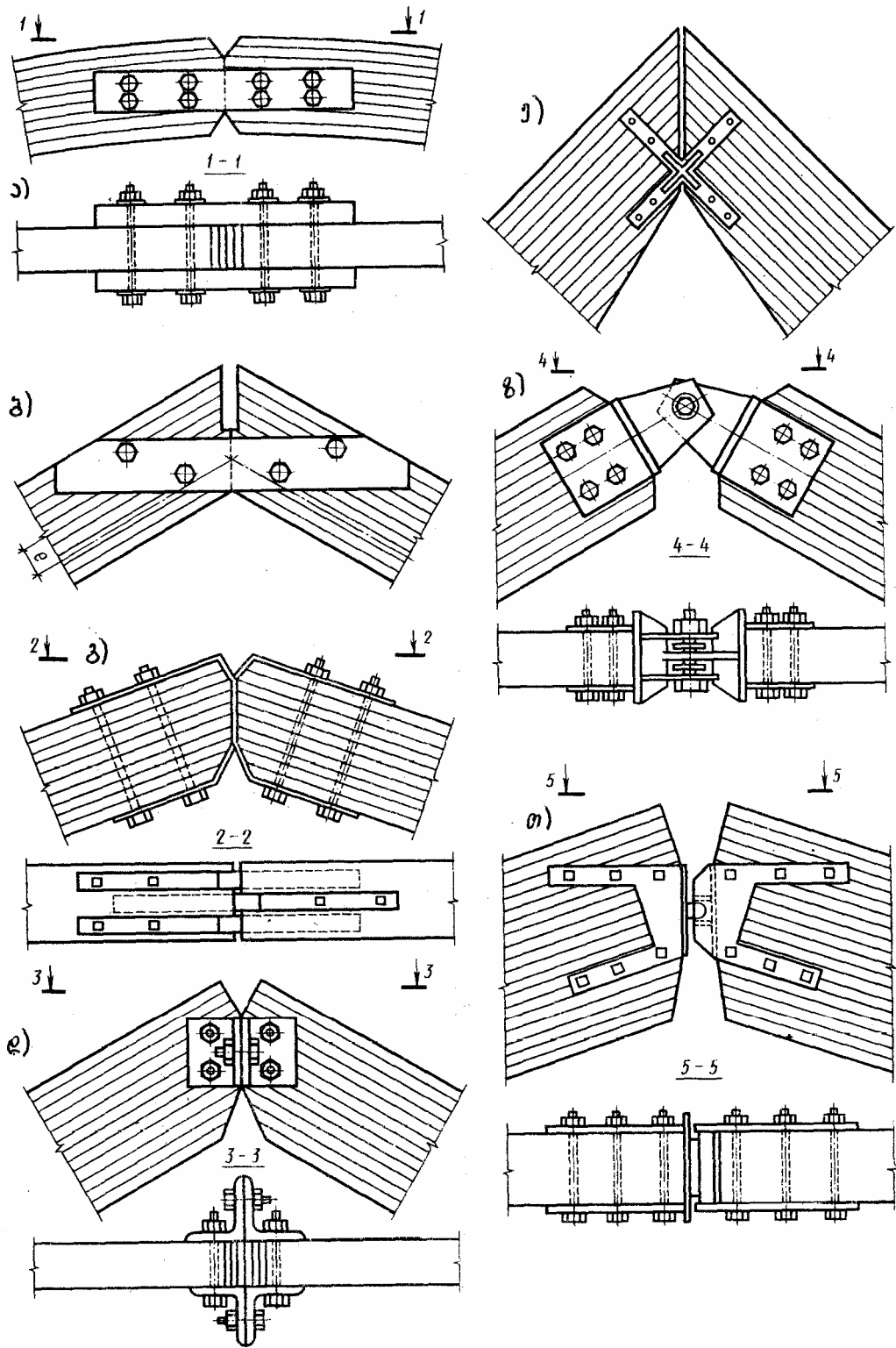
დაწებებული კამარები განიხივიან ერთმანეთისაგან სტატიკური სქემის, მოხაზულობის, განმბჯენის მიღების ხერხის, განივკვეთის და მასალის მიხედვით.

მუშაობის სტატიკური სქემის მიხედვით დაწებებული კამარა შეიძლება იყოს: ორსახსროვანი მრუდი მოხაზულობის, სამსახსროვანი მრუდი მოხაზულობის, სამსახსროვანი საკუთხა, სამსახსროვანი ტეხილი და სამსახსროვანი ისრისებრი.

კამარის აწვევის ისარი იცვლება ზღვრებში (1/2...1/7)l. განივკვეთი შეიძლება იყოს სწორკუთხა, ყუთისმაგვარი ან ორტესებრი. განივკვეთის სიმაღლე მიიღება (1/30 1/50)l.



ნახ. 4.14. ხის დაწებებული სამსახსროვანი კამარის საყრდენი კვანძები: ა, ბ - ექსცენტრული კვანძები; გ - დაცენტრული კვანძი; დ - შუბლური მიყრდნობით; ე - ქუსლა სახსარი; ვ - ჭანჭიკებით განხორციელებული სახსარი.



ნახ. 4.15. ხის დაწებებული სამსახსროვანი კამარის კეხის კვანძები: ა, ბ, გ, დ - შუბლური მიყრდნობა მაფიქსირებელი ზედებით; ე-პლასტიკური სახსარი; ზ-ჭანჭიკებით განხორციელებული სახსარი; თ-ფილა სახსარი.

სამშენებლო პრაქტიკაში ყველაზე გავრცელებულია სწორკუთხა განივკვეთის ფიცრულ-დაწებებული მრუდი მოხაზულობის და სამკუთხა კამარები, რომლებიც ქარხნული წესით დამზადებულ კონსტრუქციებს წარმადგენენ.

სამსახსროვანი კამარის ნახევარკამარა გარდა კუმშვისა, მუშაობს ღუნვაზეც. მუდმივი და დროებითი დატვირთვებისაგან განიკავებებში აღძრული მღუნავი მომენტების მნიშვნელობები შეიძლება ხელოვნურად შევამციროთ ნახევარკამარის გრძივი ღერძის ექსცენტრულად განლაგებით, რაც მიიღწევა საყრდენი (ნახ. 4.14) და კეხის (ნახ. 4.15) კვანძების შესაბამისი კონსტრუქციული გადაწყვეტით.

მრუდი მოხაზულობის კამარის მუშა განიკავებით შედგება შეწებებული ფიცრებისაგან ფიცრის სისქით 33მმ-დე და სიმაღლისა და სიგანის ფარდობით $h/b \leq 4$. მინიმალური სიმაღლე, ზღვრული მოქნილობიდან გამომდინარე $S_{ხლ} = 120$, შეადგენს $h_{მინ} = S/36$ (სადაც S არის ნახევარკამარის სიგრძე).

საყრდენზე გაჩენილ ჰორიზონტალურ განბჯენს თავის თავზე დებულობს შემკრავი ან მასიური საძირკვლები, ხოლო შვეულ რეაქციებს - საძირკვლები ან სვეტები.

მცირე მალეების შემთხვევაში (24მ-მდე) კეხში ნახევარკამარების შეერთება ხდება პირმიდგმით და გადაიხურება ორმხრივი ხის ზედებით ჭანჭიკებზე (ნახ. 4.15, ა,ბ) რომლებიც უზრუნველყოფენ პირაპირის სიხისტეს კამარის სიბრტყის მართობულად. დიდი მალეების შემთხვევაში კი საყრდენსა და კეხში ეწყობა ლითონის ქუსლები (ნახ. 4.14, დ, ე, ზ; ნახ. 4.15, გ, დ, ე, ზ, თ).

შემკრავისათვის გამოიყენება პროფილოვანი (კუთხედი, შველერი) ან წრიული განიკავების ფოლადი.

სამსახსროვანი კამარა წარმოადგენს სტატიკურად რკვევად სისტემას. ძალები მის განიკავებებში დამოკიდებული არ არის საყრდენების ჯდენასა და შემკრავის დეფორმაციაზე. კეხის კვანძის არსებობა განაპირობებს კეხში სამონტაჟო პირაპირის მოწყობის აუცილებლობას, რაც ნახევარკამარის ტრანსპორტირების საშუალებას იძლევა.

ორსახსრიანი კამარების გამოყენების სფერო შეზღუდულია, რადგანაც მათი ტრანსპორტირება დიდი გაბარიტების გამო პრობლემურია. ძალები განიკავებებში კი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული საყრდენების ჯდენასა და შემკრავის დეფორმაციაზე.

კამარები შემკრავის გარეშე მართალია ძალზედ მარტივი კონსტრუქციებია, მაგრამ მოითხოვს მძიმე, მასიური საყრდენების მოწყობას ჰორიზონტალური განბჯენის არსებობის გამო.

კამარების გაანგარიშება წარმოებს დატვირთვების შემდეგ შეხამებაზე:

- 1) მუდმივი მთელ მალზე + თოვლი მთელ მალზე განაწილებული კოსინუსის კანონით;
- 2) მუდმივი მთელ მალზე + თოვლი განაწილებული სამკუთხედის კანონით.

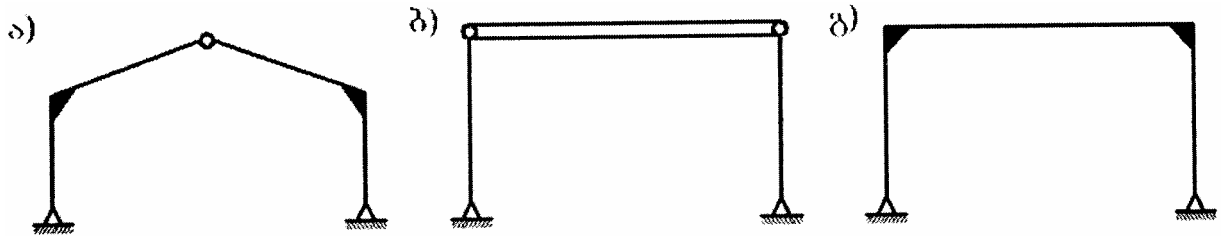
ამ დატვირთვების მიხედვით განისაზღვრება საანგარიშო ძალები M, N, Q , ხოლო შემდეგ მაქსიმალური მღუნავი მომენტისა და გრძივი ძალის მიხედვის შეიძლება განიკავებით. გაანგარიშება მიმდინარეობს, როგორც შეკუმშული-მოღუნული ელემენტის.

4.7. ხის ჩარჩოები

ჩარჩო ხის მზიდი კონსტრუქციების ძირითად კლასს მიუკუთვნება. მისი ფორმა სრულიად შეესაბამება სამრეწველო და სამოქალაქო შენობების ფორმას. ვერტიკალური დგარები და დახრილი რიგელები კარგ საფუძველს წარმოადგენენ კედლების შემომზღუდავი კონსტრუქციების და სახურავის ფენილების მოსაწყობად. პრაქტიკაში ყველაზე მეტადაა გავრცელებული ჩარჩოები მალით 12...24მ, თუმცა ზოგჯერ მისი მალი 60მ აღწევს.

სტატიკური სქემის მიხედვით ხის ჩარჩოები შეიძლება იყოს სტატიკურად რკვევადი და ერთჯერ სტატიკურად ურკვევი. სამსახსროვანი ჩარჩოები

(ნახ. 4.16, ა) წარმოადგენს სტატიკურად რკვევად სისტემას. ამ სქემის უპირატესობა ის არის, რომ მის განივკვეთებში აღძრული ძალები დამოკიდებული არ არის საძირკვლების ჯდენაზე, ხოლო სახსროვანი საყრდენი და კეხის კვანძების გადაწყვეტა გამოირჩევა სიმარტივით. უარყოფით მხარედ კი შეიძლება ჩაითვალოს დიდი მღუნავი მომენტების გაჩენა კარნიზის კვანძებში.

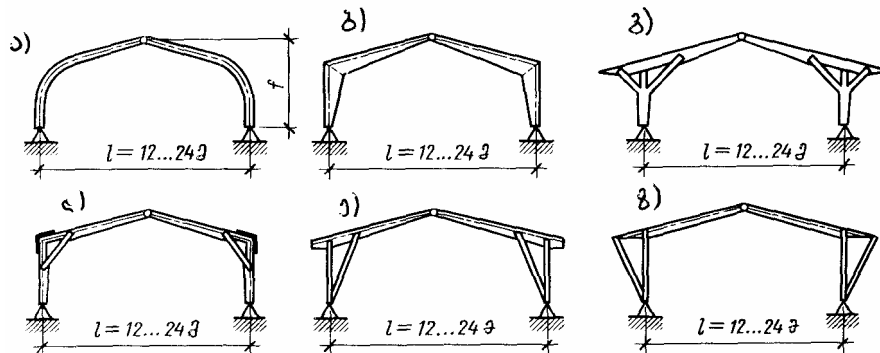


ნახ. 4.16. ხის ჩარჩოების სტატიკური სქემები: ა - სამსახსროვანი; ბ - ორსახსროვანი ხისტი საყრდენებით; გ - ორსახსროვანი სახსროვანი საყრდენებით.

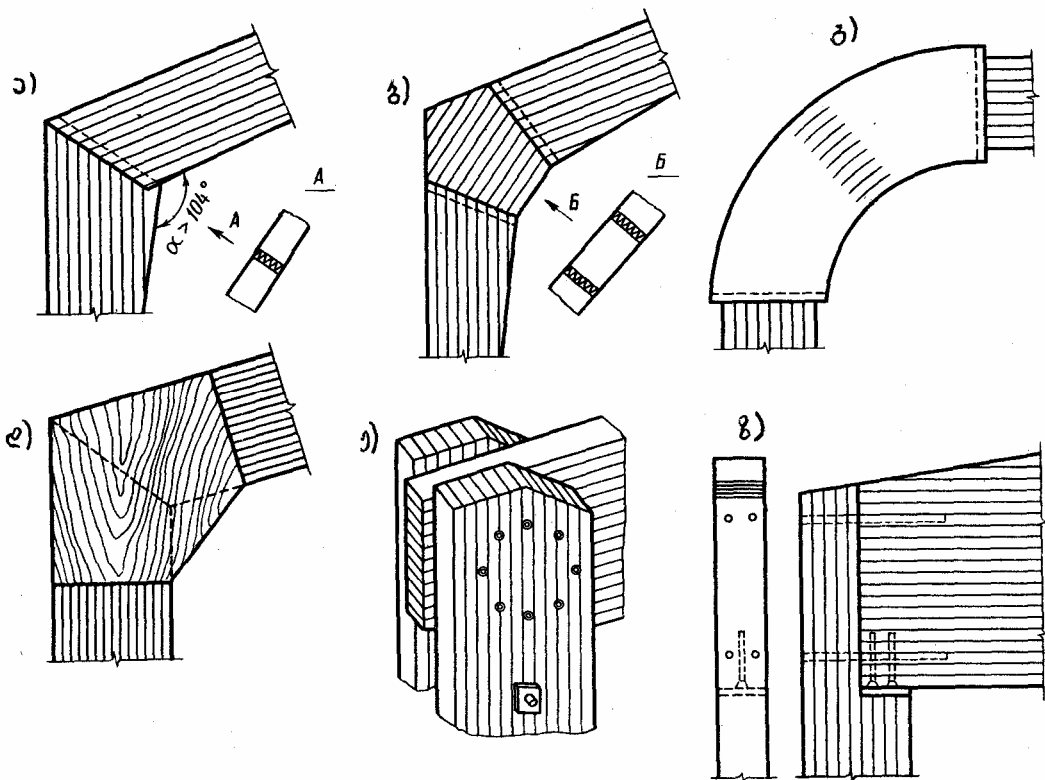
ორსახსროვანი სქემა ხისტი საყრდენი კვანძებით (ნახ. 4.16, ბ) წარმოადგენს ერთხელ სტატიკურად ურკვევ სისტემას. ამ სქემის უპირატესობაა კარნიზის კვანძებში მღუნავი მომენტების არ არსებობა, რაც საშუალებას იძლევა რიგელად გამოყენებულ იქნას ხის დაწებებული კოჭი, კამარა შემკრავით, სეგმენტური და სამკუთხა წამწები. უარყოფით მხარეს წარმოადგენს რთულად განსახორციელებელი ხისტი საყრდენი კვანძები, რომლებშიც მოქმედებენ დიდი მნიშვნელობის მღუნავი მომენტები, აგრეთვე განივკვეთებში ძალების დამოკიდებულება საძირკვლების ჯდენაზე.

ორსახსროვანი სქემა სახსროვანი საყრდენი კვანძებით (ნახ. 4.16, გ) წარმოადგენს ერთხელ სტატიკურად ურკვევ სისტემას საყრდენებზე ნულოვანი მღუნავი მომენტებით, მაგრამ სამაგიეროდ კარნიზის კვანძებია ძალიან გადატვირთული და რთული მოსაწყობი, რადგანაც ამ კვანძებში მოქმედებს მაქსიმალური მღუნავი მომენტები.

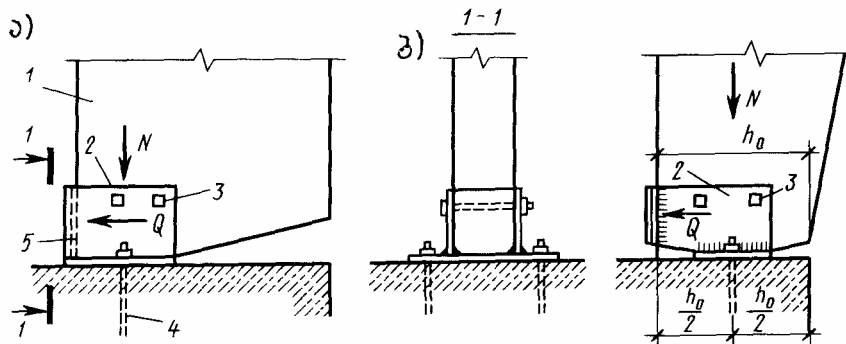
კონსტრუქციული მოსაზრებით ხის ჩარჩოები შეიძლება იყოს სამ და ორსახსროვანი დაწებებული ფიცრებისაგან, მასიური მთლიანკვეთიანი და დაწებებული ხე-ფანერის. აქედან ყველაზე მეტადაა გავრცელებული ხის დაწებებული (ფიცრულ-წებოვანი) სამსახსროვანი ჩარჩოები. ისინი არსებობს უდონჯო და ორი ან ოთხი დონჯიანი (ნახ. 4.17). ასეთი ჩარჩოების ელემენტების განივკვეთები შედგენილია დაწებებული ფიცრებისაგან, სივანე ერთნაირია, ხოლო სიმაღლე - ცვალებადი. დონჯის ელემენტების განივკვეთები მუდმივია. ნახ. 4.18-ზე მოცემულია ხის დაწებებული ჩარჩოების კარნიზის კვანძის ზოგიერთი გადაწყვეტა, ხოლო ნახ. 4.19-ზე – საყრდენი კვანძები



ნახ. 4.17. ხის დაწებებული სამსახსროვანი ჩარჩოები: ა - მოღუნულ-დაწებებული; ბ - ტეხილ-დაწებებული; გ - ოთხ დონჯიანი; დ - ორ დონჯიანი; ე - შიგა საყრდენი დონჯებით; ზ - გარე ირიბებით.



ნახ. 4.18. ხის დაწებებული ჩარჩოების კარნიზის კვანძები: ა - კბილა პირაპირზე; ბ - კბილა პირაპირზე ხუთკუთხა შუადით; გ - კბილა პირაპირზე მრუდი მოხაზულობის შუადით დაწებებული ფიცრებისაგან; დ - ფანერის საკვანძო ფურცლით; ე - წირწკიმალებზე; ზ - ჩაწებებული ლითონის ღეროებით.



ნახ. 4.19. ხის დაწებებული სამსახსროვანი ჩარჩოს საყრდენი კვანძები: ა - მუღმიკვეთიანი ღვარი; ბ - ცვლადკვეთიანი ღვარი; 1 - ღვარი; 2 - ლითონის ქუსლი; 3 - ჭანჭიკი; 4 - ანკერი; 5 - შედუღება.

მოდუნულ-დაწებებული სამსახსროვანი ჩარჩო (ნახ. 4.17, ა) შედგება ორი Γ -ეს მაგვარი ფორმის სწორკუთხედიანი განივკვეთის ელემენტებისაგან, რომელიც სიმაღლეში ცვლადკვეთიანია და კარნიზის კვანძში მოდუნულია. ასეთი ჩარჩოს დადებითი მხარეა ის, რომ იგი ორი დიდგაბარიტიანი ნაწილისაგან შედგება, რაც ამცირებს შრომატევადობას მონტაჟის დროს, ხოლო ცვლადი განივკვეთი უზრუნველყოფს მერქნის ეკონომიას. აქვს უარყოფითი მხარეც, რაც გამოიხატება ნახევარკამარის ტრანსპორტირებაში, რადგანაც ქარხანა დამამზადებელიდან მონტაჟის ადგილამდე მიტანა ბევრ სირთულესთან არის დაკავშირებული. გარდა ამისა მკუმშავი ძალები ჩარჩოს მოდუნულ ნაწილში გაცილებით დიდია, ვიდრე სწორხაზოვან ელემენტებში, ხოლო საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე, რომელიც დამოკიდებულია მოდუნვის რადიუსის მოდუნული

ფიცრების სისქესთან ფარდობაზე, გაცილებით ნაკლებია, რაც იწვევს მასალისა და წებოს ხარჯის გაზრდას.

ტეხილ-დაწებებული სამსახსროვანი ჩარჩო (ნახ. 4.17, ბ) შედგება ორი ნახევარჩარჩოსგან. კარნიზის კვანძში რიგელი და ღვარი შეერთებულია ერთმანეთთან ხისტი კბილა პირაპირით (ნახ. 4.18, ა). რიგელსა და ღვარს ცვლადი განივკვეთი აქვს – მაქსიმალური ღერძის გადატეხვის წერტილში (კარნიზის კვანძში). ასეთ ჩარჩოს რიგი უპირატესობისა გააჩნია: ადვილად დასამზადებელია, მონტაჟი მარტივია, გამოირჩევა მცირე მასალა - და შრომატევადობით. ქარხანაში შეკვეთის შესრულებისას მიმართავენ შემდეგ მეთოდს: ამზადებენ სწორკუთხა განივკვეთის დაწებებულ პაკეტს, მერე ჭრიან დიაგონალზე და ღებულობენ, ერთი დაწებების ოპერაციით, რიგელის (ღვარის) ცვლადკვეთიან ორ ნაწილს, რითაც მიიღწევა მერქნის ეკონომია ჩამორანდვის (გათლის) დროს და შესაბამისად წებოს ეკონომია. ასეთი ჩარჩოები კარნიზის კვანძში გრძივებისა და ფენილის დაყრდნობისას არ საჭიროებენ დამატებით გასაძლიერებელ ღეროებს.

უარყოფითი მხარეა ის, რომ ნახევარჩარჩოები დიდი გაბარიტების გამო რთული გადასატანია. გარდა ამისა, კარნიზის კვანძი, სადაც მოქმედებს მაქსიმალური მღუნავი მომენტები, მუშაობს ნორმალურ მკუმშავ ძაბვებზე ბოჭკოების მიმართულებისადმი მნიშვნელოვანი სიდიდის კუთხით, რის გამოც მერქნის საანგარიშო წინაღობა მცირდება და შესაბამისად იზრდება განივკვეთი. კარნიზის კვანძში განივკვეთების შემცირება შესაძლებელია ფანერის ზედადის, ლითონის ღეროების ან ხუთკუთხა ჩასადგმელი შუადის გამოყენებით (ნახ. 4.17, ბ), რომლითაც ხელფენურად ვცვლით კუთხეს ბოჭკოების მიმართულებებს შორის პირაპირის სასარგებლოდ.

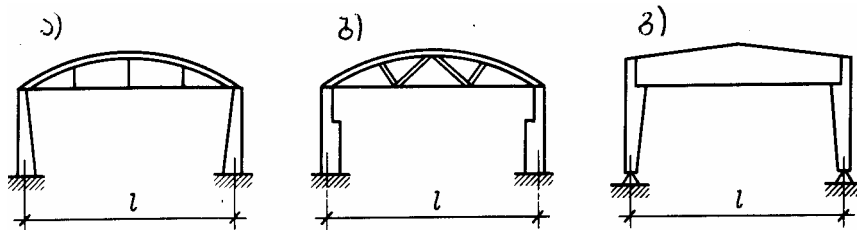
დაწებებული ხის სამსახსროვანი ოთხ დონიანი ჩარჩო (ნახ. 4.17, გ) შედგება ორი ღვარის, ორი ცვლადკვეთიანი ნახევარრიგელის და მუდმივი განივკვეთის ოთხი ცალი დონისაგან, რომლებიც რიგელს აერთებენ ღვართან. დონიანი ღვართან ერთად ქმნიან რიგელისათვის საყრდენებს, რაც იწვევს რიგელში მღუნავი მომენტების შემცირებას. ასევე ძალიან მცირდება მღუნავი მომენტები ღვარებში. ასეთი ჩარჩო წარმოადგენს ასაწყობ-დასაშლელ სისტემას სწორხაზოვანი დაწებებული ელემენტებისაგან, რომელთა ტრანსპორტირება არავითარ სირთულეს არ წარმოადგენს. უარყოფითი მხარეა ის, რომ ჩარჩო შედგება 8 ელემენტისაგან და ამიტომ იზრდება მისი დამზადების შრომატევადობა. დონიანი ნაწილობრივ ზღუდავენ შენობის შიგა სივრცეს, ამიტომ ასეთი ჩარჩოების გამოყენება მიზანშეწონილია ფარდულების ასაგებად.

დაწებებული ხის სამსახსროვანი ორ დონიანი ჩარჩო (ნახ. 4.17, დ) შედგება ორი ღვარის, ორი ცვლადკვეთიანი ნახევარრიგელის და ორი მუდმივი განივკვეთის დონისაგან. ასეთი ჩარჩოს უარყოფითი მხარეა კარნიზის კვანძში მნიშვნელოვანი სიდიდის გამჭიმავი ძალების არსებობა, რომელთა მისაღებად საჭირო ხდება კვანძში დამატებით ლითონის სამაგრების მოწყობა. მღუნავი მომენტებიც რიგელში და ღვარში მეტია, ვიდრე ოთხ დონიანში. აქაც დონიანი ზღუდავენ შენობის შიგა სივრცეს. სამაგიეროდ, ჩარჩო ადვილად დასამზადებელი და ასაწყობია, კონსტრუქციები ტრანსპორტირებადია და გამოირჩევა დაბალი მასალატევადობით.

დაწებებული ხის სამსახსროვანი ჩარჩო შიგა საყრდენი დონიანებით (ნახ. 4.17, ე) შედგება ორი ცვლადკვეთიანი რიგელის, ორი დონისა და ორი მუდმივკვეთიანი ღვარისაგან. დადებითი თვისებები ისეთივე აქვს, როგორც სხვა დონიანი ჩარჩოებს. უარყოფითი კი ის არის, რომ ქარის დატვირთვებზე ღვარი მუშაობს გაჭიმვაზე ღუნვით, რაც ართულებს კვანძების მოწყობას. დონიანი დიდი სიგრძისაა და მათი განივკვეთი ინიშნება ზღვრული მოქნილობის მიხედვით.

დაწებებული ხის სამსახსროვანი ჩარჩო გარე საყრდენი ირიბნებით (ნახ. 4.17, ზ) განსხვავდება წინა განხილული ჩარჩოსაგან ირიბნების გარე განლაგებით, რომლებიც გაჭიმვაზე მუშაობენ და შეიძლება დამზადებული იქნეს დაწებებული მერქნისაგან ან ფოლადისაგან.

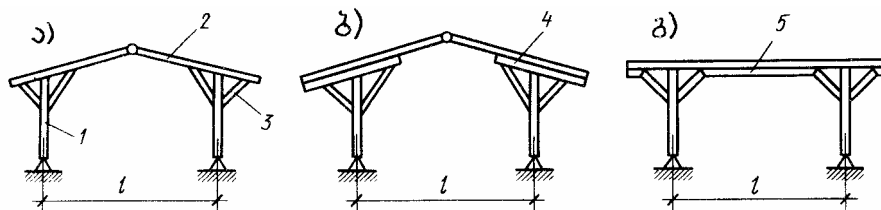
დაწებებული ხის ორსახსროვანი ჩარჩოები (ნახ. 4.20) შედგება სამი კონსტრუქციული ელემენტისაგან - ორი დგარისა და ჰორიზონტალურ რიგელისაგან. მათი ძირითადი დადებითი მხარეა დამზადებისა და ტრანსპორტირების სიმარტივე და კოჭოვანი რიგელის კონსტრუქციები, რომლებიც გაცილებით ადვილი დასამზადებელია, ვიდრე მოღუნული ან ტეხილი ნახევარიგელები. გარდა ამისა, ჰორიზონტალური რიგელები მოსახერხებელია შეკიდული ჭერის მოსაწყობად. უარყოფითია ჩარჩოს აწყობის ტექნოლოგიური სირთულე და ელემენტებში ძაღვების ცვალებადობა საყრდენების ჯდენის შემთხვევაში.



ნახ. 4.20. ხის დაწებებული ორსახსროვანი ჩარჩოები: ა - ხისტი საყრდენი კვანძებით და კამარით; ბ - იგივე წამწით; გ - სახსროვანი საყრდენი კვანძებით და ფიცრულ-დაწებებული კოჭით.

ძელების, სქელი ფიცრების ან მორებისაგან აწყობილი ხის მთლიანკვეთიან ჩარჩოებს გააჩნიათ ზოგიერთი უპირატესობები. მაგალითად, ისინი შეიძლება დავამზადოთ უშუალოდ სამშენებლო მოედანზე და შესაბამისად ღირებულებაც ნაკლებია, ვიდრე დაწებებული ჩარჩოების, რომლებიც მხოლოდ ქარხნული წესით მზადდება. ასეთი ჩარჩოების მაღია 15 მ-დე, დამზადება შრომატევადია, მოითხოვს დეფიციტურ, დიდი განივკვეთის მასალას და საჭიროებს მაღალი კვალიფიკაციის მუშა-ხელს.

დონჯიანი მთლიანკვეთიანი ჩარჩოები (დონჯიანი სისტემები) დამზადებული ძელების ან მორებისაგან, წარმოადგენს უმარტივეს კონსტრუქციებს (ნახ. 4.21). მათი მაღი მცირეა და არ აღემატება 9მ-ს. ასეთი ჩარჩოების რიგელები შეიძლება დამზადებული იქნეს წებო-ფანერის კონსტრუქციებისაგან, თუმცა მოითხოვს დეფიციტურ სამშენებლო ფანერას და აქვს დაბალი ცეცხლმედეგობა.



ნახ. 4.21. მთლიანკვეთიანი დონჯიანი ხის ჩარჩოები ძელებისა და მორებისაგან: ა - სამსახსროვანი დონჯიანი; ბ - სამსახსროვანი ბულაურ-დონჯიანი; გ - სამსახსროვანი რიგელ-დონჯიანი; 1 - დგარი; 2 - რიგელი; 3 - დონჯი; 4 - ბულაური; 5 - რიგელი.

ნებისმიერი მოხაზულობის ჩარჩოს ელემენტებში ძალოვანი ფაქტორების (M, N, Q) დადგენა წარმოებს სამშენებლო მექანიკის ცნობილი მეთოდებით და

სახელმძღვანელოში მოყვანილი არ არის. რაც შეეხება კონსტრუქციულ გაანგარიშებას - განივკვეთის ზომების დადგენას, იგი წარმოებს ძალოვანი ფაქტორების მაქსიმალური მნიშვნელობების მიხედვით და მერე მოწმდება სიმტკიცეზე და დეფორმაციებზე.

4.8. ხის დგარები

დგარი ეწოდება ნაგებობის კარკასის შვეულად დაყენებულ ელემენტს, რომელიც მასზე დაყრდნობილი კონსტრუქციებიდან დატვირთვებს გადასცემს საძირკველს.

ხის დგარები შეიძლება იყოს მთლიანკვეთიანი, შედგენილი, დაწებებული და გამჭოლი (გისოსოვანი).

მთლიანკვეთიანი დგარები მზადდება ძელების, მორების ან სქელი ფიცრებისაგან. ისინი გამოიყენება გადახურვის, ფარდულების, მუშა მოედნების, პლატფორმების, ელექტროგადამცემი ხაზების საყრდენებად, აგრეთვე გამჭოლი კონსტრუქციების შვეულ დეროებად. დგარები იაფიანი, მარტივი ტიპის კონსტრუქციებია და ამიტომ საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული მშენებლობაში.

დგარების გეომეტრიული ზომები და მზიდუნარიანობა შეზღუდულია სორტამენტით. სიგრძე არ აღემატება 6,4მ, ხოლო განივკვეთის დიდი ზომა – 20სმ-ს.

კვადრატული და წრიული განივკვეთის დგარები გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა ბოლოები დამაგრებულია სახსროვნად და მათზე მოქმედებს მხოლოდ მკუმშავი ძალები, ხოლო დგარები სწორკუთხოვანი განივკვეთით ან სქელი ფიცრებისაგან გამოიყენება მაშინ, როცა მათზე მოქმედებს არა მარტო მკუმშავი შვეული, არამედ ჰორიზონტალური (მაგალითად ქარი) დატვირთვებიც, რომლებიც იწვევენ ღუნვის დეფორმაციებს და შესაბამისად ჰორიზონტალური დატვირთვების მოქმედების მიმართულებას ამთხვევენ განივკვეთის დიდ ზომას.

მორებისაგან განხორციელებული დგარები ძირითადად გამოიყენება ელექტროგადამცემი ხაზების საყრდენებად, რომლებიც შემკრავი ცელულების ან მსხვილი მრავალდეროვანი მავთულების დახმარებით ებმებიან მიწაში ჩასობილ რკინაბეტონის ძელებს. ხის დგარის ქვედა ბოლო მიწის ზედაპირიდან აწეული უნდა იქნეს სულ მცირე 80სმ.

ასეთი დგარების გაანგარიშება წარმოებს, როგორც შეკუმშული ან შეკუმშულ-გაღუნული დეროების ბოლოების ჩამაგრების სქემებზე დამოკიდებულებით. გაანგარიშება ხდება სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე.

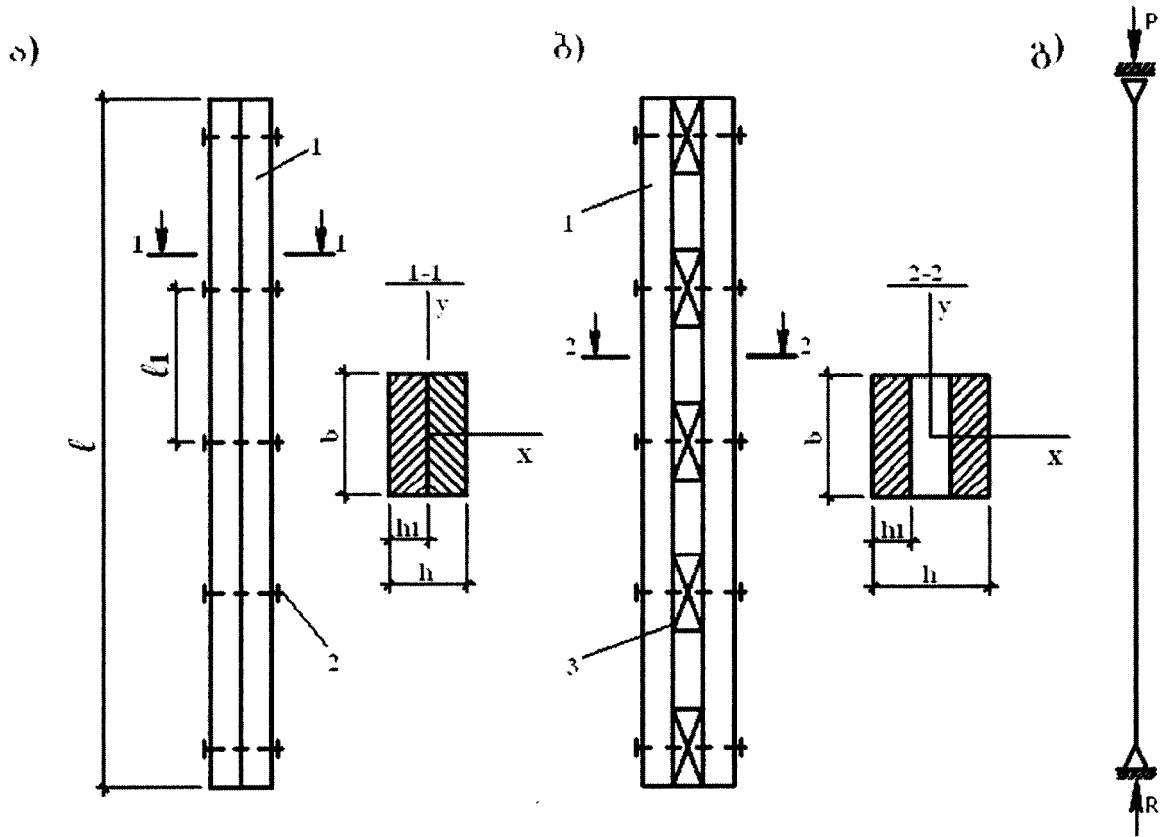
შედგენილი დგარები განხორციელებულია ჭანჭიკებით ან ლურსმნებით ერთმანეთთან შეერთებული ძელების, მორების ან სქელი ფიცრებისაგან. ზოგჯერ მათ შორის, მასალის ეკონოკიის მიზნით, შუასადებების გამოყენებასაც მიმართავენ (ნახ. 4.22). ასეთ დგარებს ამზადებენ მაშინ, როცა მაქსიმალური განივკვეთის მთლიანკვეთიანი დგარის მზიდუნარიანობა არასაკმარისია დიდი დატვირთვების გამო.

შედგენილი დგარების გაანგარიშება წარმოებს სიმტკიცესა და მდგრადობაზე ორ სიბრტყეში-მატერიალური დერძებისა ($x-x$) და თავისუფალი დერძის ($y-y$) მიმართ-ფორმულით:

$$\sigma = \frac{N}{\phi A} \leq R_{\phi} \quad (4 \ 21)$$

მატერიალური დერძის მიმართ გაანგარიშება წარმოებს, როგორც მთლიანკვეთიანი დგარებისა, რომელთა სიგანე შემდგენელი ელემენტების სიგანეთა ჯამის ტოლია. ამ დროს დამყოლობა მხედველობაში არ მიიღება.

თავისუფალი ღერძის მიმართ გაანგარიშებისას მხედველობაში მიიღება მისი მომეტებული მოქნილობა იგივე განივკვეთის მთლიანკვეთიან ღვარებთან შედარებით, რასაც იწვევს დამყოლობა შეერთებებში. მომეტებულ მოქნილობას თავისუფალი ღერძის მიმართ ეწოდება დაყვანილი მოქნილობა და გამოითვლება ფორმულით



ნახ. 4.22. ძელებისაგან შედგენილი ღვარები: ა - მთლიანკვეთიანი; ბ - გამჭოლი შუასადებებით; გ - მუშაობის სქემა; 1 - ძელები; 2 - ჭანჭიკები; 3 - შუასადებები.

$$\lambda_{\text{დაყ}} = \sqrt{(\mu_y \lambda_y)^2 + \lambda_1^2}, \quad (4.22)$$

სადაც $\mu_y = \sqrt{1 + k_{\text{დ}} b h n_{\text{ბაჰ}} / l^2 n_{\text{ბაჰ}}}$, არის მოქნილობის დაყვანის კოეფიციენტი; $k_{\text{დ}}$ - შეერთების დამყოლობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ჭანჭიკის დიამეტრის (d) ძელის სისქესთან (h_1) შეფარდებაზე (დანართი, ცხრ. 16); $n_{\text{ბაჰ}}$ - ნაკერების რაოდენობა ძვრის სიბრტყეში. ორი ძელაკისაგან შედგენილი უღრეჩო ღვარებისათვის $n_{\text{ბაჰ}} = 1$, ხოლო ღრეჩოებისა და შუასადებების შემთხვევაში $n_{\text{ბაჰ}} = 2$; l - ღვარის სიგრძე; $n_{\text{ბაჰ}}$ - მაკავშირებელთა რაოდენობა 1 გრძივ მეტრზე; λ_1 - ერთი ძელის მოქნილობა l_1 მანძილზე ჭანჭიკები დამავრების შემთხვევაში (ნახ. 4.22); $\lambda_y = l / r$ - ღვარის მოქნილობა შეერთებათა დამყოლობის გაუთვალისწინებლად; $r = \sqrt{J / A}$ - განივკვეთის ინერციის რადიუსი.

მდგრადობის კოეფიციენტი φ_y განისაზღვრება დაყვანილი მოქნილობის მიხედვით ფორმულით:

$$\varphi_y = \frac{3000}{\lambda_{\text{დაყ}}^2}, \text{ როცა } \lambda > 70 \text{ და } \varphi_y = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda_{\text{დაყ}}}{100} \right)^2, \text{ როცა } \lambda \leq 70.$$

შედგენილი ძეღური ღეროების განიკვეთის შერჩევა წარმოებს წინასწარ დანიშნული მოქნილობის მიხედვით მატერიალური ღერძის მიმართ და ის მიიღება $[\lambda] \leq 120$. განიკვეთის საჭირო სიმაღლე $h_{საჭ}$, როცა ღეროს სიგრძეა 1, გამოითვლება გამოსახულებიდან: $h_{საჭ} = 1 / (0,29\lambda)$.

მაგალითი 4.3. შევარჩიოთ და შევამოწმოთ ბოლოებით სახსროვნად ჩამაგრებული შედგენილი ღვარის განიკვეთი, რომლის სიგრძეა $l = 3\text{მ}$. ღვარი შედგება სწორკუთხოვანი განიკვეთის ორი ძელისაგან, რომლებიც შეერთებულია შეასადებებისა და ღრეხოს გარეშე ჭანჭიკებით (ნახ. 4.22, ა). ღვარზე მოქმედი მკუშშავი ძალა $N' = 180\text{კნ}$. კონსტრუქცია, რომელიც დამზადებულია მე-2 ხარისხის მერქნისაგან, მიეკუთვნება პასუხისმგებლობის I კლასს და საექსპლუატაციო პირობების A2 ჯგუფს.

ამოხსნა. ღვარზე მოქმედი საანგარიშო მკუშშავი ძალა დანიშნულების მიხედვით საიმედოების კოეფიციენტის (γ_n) გათვლისწინებით

$$N = N' \cdot \gamma_n = 180 \cdot 1 = 180\text{კნ.}$$

სადაც $\gamma_n = 1$ (დანართი, ცხრ.1)

მერქნის საანგარიშო წინაღობა კუშშავზე $R_y = 13\text{მპა} = 1,3\text{კნ/სმ}^2$ (დანართი, ცხრ. 2)

დაეუშვათ შედგენილი ღვარის მოქნილობა მატერიალური ღერძის მიმართ $\lambda = 80 < [\lambda] = 120$. შესაბამისი ვრძივი ღუნვის (მდგრადობის) კოეფიციენტი

$$\varphi_y = \frac{3000}{\lambda^2} = \frac{3000}{80^2} = 0,47.$$

დაეუშვათ შედგენილი განიკვეთის ძელების სიგანე $b = 15\text{სმ}$. განიკვეთის საჭირო სიმაღლე

$$h_{საჭ} = \frac{1}{0,289\lambda} = \frac{3000}{0,289 \cdot 80} = 13\text{სმ.}$$

ავიღოთ თითოეული შემადგენელი ძელის განიკვეთი $b \times h_1 = 15 \times 10\text{სმ}$. ძელების შეერთებას ვახდენთ $d = 20\text{მმ}$ დიამეტრის ჭანჭიკებით, ბიჯით $l_1 = 50\text{სმ}$.

შევამოწმოთ შედგენილი ღვარის სიმტკიცე და მდგრადობა განიკვეთის მატერიალური $x-x$ ღერძის მიმართ (ნახ. 4.22, ა).

განვსაზღვროთ ღვარის მთლიანი განიკვეთის ფართობი, ინერციის რადიუსი, მოქნილობა, მდგრადობის კოეფიციენტი:

$$A = 2bh_1 = 2 \cdot 15 \cdot 10 = 300\text{სმ}^2;$$

$$r_x = 0,289b = 0,289 \cdot 15 = 4,35\text{სმ};$$

$$\lambda_x = \frac{l}{r_x} = \frac{300}{4,35} = 69 < 70;$$

$$\varphi_x = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda_x}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{69}{100} \right)^2 = 0,68.$$

შევამოწმოთ განიკვეთი:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x A} = \frac{180}{0,68 \cdot 300} = 0,85\text{კნ/სმ}^2 = 8,5\text{მპა} < R_y \cdot m_{კვ} = 13 \cdot 1 = 13\text{მპა}$$

შევამოწმოთ ღვარის სიმტკიცე და მდგრადობა თავისუფალი $y-y$ ღერძის მიმართ მაკავშირებელთა დამყოლობის გათვალისწინებით.

განვსაზღვროთ ცალკეული ძელის განიკვეთის ფართობი, მისი ღერძის დაშორება $y-y$ ღერძამდე, განიკვეთის ინერციის რადიუსი

$$A_1 = bh_1 = 15 \cdot 10 = 150\text{სმ}^2;$$

$$a = \frac{h_1}{2} = \frac{10}{2} = 5\text{სმ};$$

$$J_x = 2 \left(\frac{bh_1^3}{12} + A_1 \cdot a^2 \right) = 2 \left(\frac{15 \cdot 10^3}{12} + 150 \cdot 5^2 \right) = 10^4 \text{ სმ}^4;$$

$$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{10^4}{300}} = 5,76 \text{ სმ.}$$

დგარის მოქნილობა მაკავშირებელთა დამყოლობის გაუთვალისწინებლად

$$\lambda_y = \frac{l}{r_y} = \frac{300}{5,76} = 52.$$

შეერთების დამყოლობის კოეფიციენტი $d = 20 \text{ მმ}$ დიამეტრის ჭანჭიკებისათვის, როცა $d/h_1 = 2/20 = 1/5 < 1/2$, განისაზღვრება ფორმულით:

$$k_{\text{გ}} = \frac{1,5}{dh_1} = \frac{1,5}{2 \cdot 10} = 0,075$$

მაკავშირებელთა რიცხვი $n_{\text{ბაბ}} = 2 \text{ ც/მ};$

ნაკერების რიცხვი $n_{\text{ბაბ}} = 1;$

მოქნილობის დაყვანის კოეფიციენტი

$$\mu_{\text{დაყ}} = \sqrt{1 + \frac{k_{\text{გ}} b h n_{\text{ბაბ}}}{l^2 n_{\text{ბაბ}}}} = \sqrt{1 + \frac{0,075 \cdot 15 \cdot 20 \cdot 1}{300^2 \cdot 2}} = 1.$$

ცალკეული ძელის განივკვეთის ინერციის რადიუსი, მანძილები ჭანჭიკებს შორის და მისი მოქნილობა:

$$r = 0,289 h_1 = 0,289 \cdot 10 = 2,89 \text{ სმ};$$

$$l_1 = 50 \text{ სმ}$$

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{r} = \frac{50}{2,89} = 17 < 24, \text{ ამიტომ ითვლება, რომ } \lambda_1 = 0$$

დაყვანილი მოქნილობა

$$\lambda_{\text{დაყ}} = \sqrt{(\mu_y \lambda_y)^2 + \lambda_1^2} = \mu_y \lambda_y = 1 \cdot 52 = 52 < 70.$$

შესაბამისი მდგრადობის კოეფიციენტი

$$\varphi_y = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda_{\text{დაყ}}}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{52}{100} \right)^2 = 0,78.$$

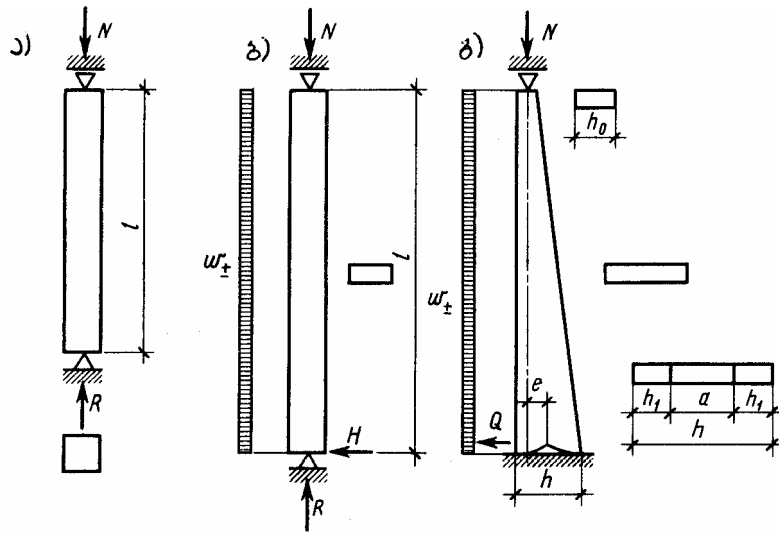
შევამოწმოთ განივკვეთი სიმტკიცეზე:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x A} = \frac{180}{0,78 \cdot 300} = 0,77 \text{ კნ/სმ}^2 = 7,7 \text{ მპა} < R_y = 13 \text{ მპა}.$$

ამრიგად, შედგენილი დგარის შერჩეული განივკვეთი აკმაყოფილებს სიმტკიცისა და სიხისტის პირობებს და ვარგისია ექსპლუატაციისათვის.

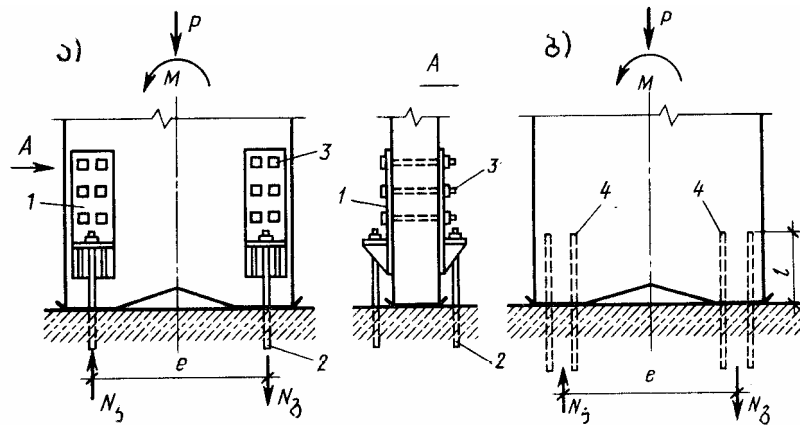
ხის დაწებებული დგარები (ნახ. 4.23) მზადდება მხოლოდ ქარხნული წესით. მათი გეომეტრიული ზომები შეიძლება იყოს ნებისმიერი და დამოკიდებულია დატვირთვებზე და შენობის დანიშნულებაზე.

კვადრატული განივკვეთის დგარების (ნახ. 4.23, ა) განივკვეთის ზომები ბევრად აღემატება სორტამენტით დაშვებულ ფიცრის სიგანეს, ამიტომ დაწებებული პაკეტის განხორციელებისას ფიცრებს ერთმანეთთან აერთებენ არა მარტო სიბრტყეთი, არამედ ნაწიბურებითაც. ასეთ დგარებს იყენებენ ცალკეული შენობის შიგა კონსტრუქციებისათვის, რომლებზეც მოდის დიდი დატვირთვები და გაანგარიშდება სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე მკუმშავი საანგარიშო ძალების მიხედვით მუშაობის პირობების $m_{\text{სწ}}$ და $m_{\text{ფენ}}$ კოეფიციენტების (დანართი, ცხრ. 7,8) გათვალისწინებით.



ნახ. 4.23. ხის დაწებებული დგარები: ა - მუდმივკვეთიანი კვადრატული განივკვეთით; ბ - მუდმივკვეთიანი სწორკუთხოვანი განივკვეთით; გ - ცვლადკვეთიანი სწორკუთხოვანი განივკვეთით.

სწორკუთხა განივკვეთის მთლიანკვეთიანი და ცვლადკვეთიანი დგარები (ნახ. 4.23, ბ, გ) ძირითადად გამოიყენება სამრეწველო შენობის გარე კედლების მოსაწყობად და გადახურვის მზიდი სანივნივე კონსტრუქციების საყრდენებად. განივკვეთის დიდი გვერდის მიმართულება კედლის სიბრტყის მართობულია. ასეთი დგარების შეერთება საძირკველებთან (ნახ. 4.24) ხისტია, ხოლო ზედა ბოლოს მიერთება მზიდ გადახურვის კონსტრუქციებთან - სახსროვანი. მათი გაანგარიშება ხდება კუმშვაზე ღუნვით, რადგანაც მკუმშავი შეეული დატვირთვების გარდა მოქმედებს პორიზონტალური ქარის დატვირთვა.



ნახ. 4.24. ცვლადკვეთიანი ხის დაწებებული დგარის საყრდენი კვანძები: ა - საანკერო მაგილით; ბ - ჩაწებებული ფოლადის დეროვებით; გ - საანკერო მაგიდა; 2-ანკერი; 3-ჭანჭიკები; 4- ჩაწებებული არმატურის დეროვები.

ცვლადკვეთიანი დგარის განივკვეთის სიგანე b არ იცვლება, ხოლო სიმაღლე h მაქსიმალურია ქვედა საყრდენზე, სადაც მოქმედებს მღუნავი მომენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა, ხოლო ზედა სახსროვან ბოლოზე მინიმალურია, მღუნავი მომენტის არარსებობის გამო.

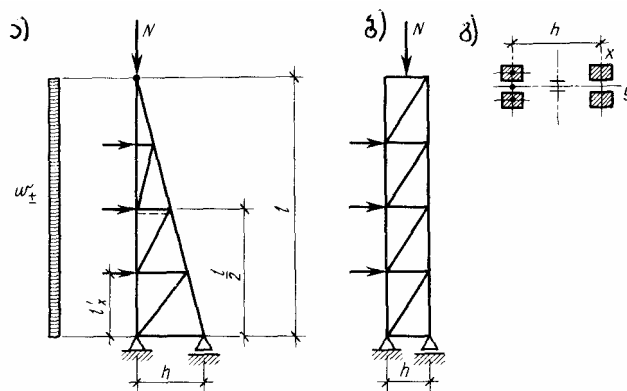
ზედა ბოლოს განივკვეთის სიმაღლე ინიშნება მასზე დაყრდნობილი კონსტრუქციისათვის საჭირო საყრდენი ფართობიდან გამომდინარე და უნდა აკმაყოფილებდეს თელვის პირობას, ხოლო ქვედა საყრდენი ბოლოს სიმაღლე

განისაზღვრება დგარის ზღვრული დასაშვები მოქნილობის, მზიდუნარიანობის და საძირკველზე ხისტი მიმაგრების პირობებიდან გამომდინარე.

ხისტი საყრდენი კვანძის მოსაწყობად უმჯობესია მიემართოთ აწყობ-დასაშვლელ ვარიანტს საანკერო ჭანჭიკებისა და მაგიდის გამოყენებით (ნახ. 4.23, ა), რადგან ჩაწებებული არმატურის გამოყენება შეუძლებელს ხდის საჭიროების შემთხვევაში შევცვალოთ დგარი, თუმცა ისიც უნდა აღინიშნოს რომ შეერთების ეს უკანასკნელი სახეობა ძალიან მარტივი განსახორციელებელია და დიდ დანახარჯებს არ მოითხოვს. კვანძის გაანგარიშება ხდება საყრდენზე მოქმედი მაქსიმალური გამჭიმავი N_{δ} ძალის მიხედვით. რომელიც განისაზღვრება საყრდენზე მოქმედი M_{δ} მღუნავი მომენტის მიხედვით:

$$N_{\delta} = \frac{M_{\delta}}{l} - \frac{N}{2}, \quad (4.22)$$

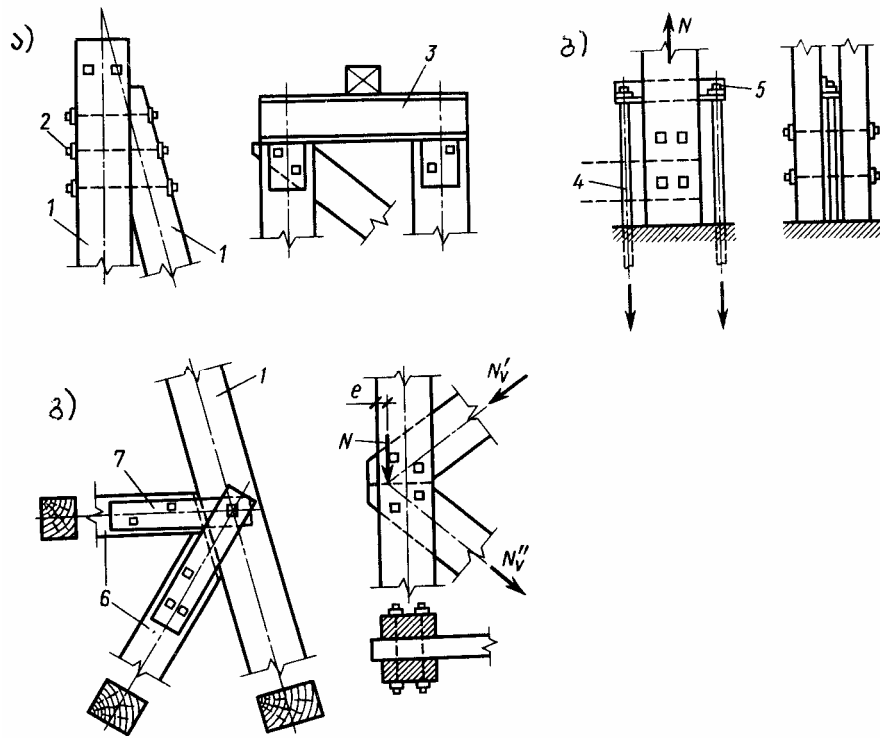
სადაც $e = h - h_0$ არის წყვილი ძალის მხარი (ნახ. 4.24, ბ); N - გრძივი ძალა.



ნახ. 4.25 გამჭოლი დგარები: ა - სამკუთხა; ბ - სწორკუთხა; გ - განივკვეთის სახეები.

საანკერო მაგიდების გამოყენებით ხისტი საყრდენი კვანძის გაანგარიშება დაიყვანება გაჭიმულ ზონაში მოთავსებული ორი მაგიდის დგართან მისამაგრებელი ჭანჭიკების რაოდენობის განსაზღვრაზე, ხოლო ჩაწებებული არმატურის ღეროების გამოყენებისას საჭიროა გამოვთვალოთ მათი რაოდენობა ამოძრობაზე მუშაობის პირობიდან. ამ დროს ერთი ღეროს მზიდუნარიანობა დამოკიდებულია დიამეტრზე d , ღეროს მერქანში ჩაწებების სიგრძეზე და მერქნის საანგარიშო წინაღობაზე ახლენაზე R_{sb} . გამჭოლი დგარები (ნახ. 4.25) მზადდება ძელებისაგან და გამოიყენება მზიდი გადახურვის კონსტრუქციების საყრდენებად იმ რაიონებში, სადაც შეუძლებელია დაწებებული დგარების დამზადება. მათი სიმაღლე შეიძლება იყოს 10მ და მეტი. კვანძები, როგორც წესი, ხორციელდება ჭანჭიკების გამოყენებით (ნახ. 4. 26).

სწორკუთხა გამჭოლი დგარი ადვილი დასამზადებელია, რადგანაც მისი გისოსის ღეროები ერთნაირი სიგრძისაა, მაგრამ ზედა ბოლოში ორი კვანძი აქვს, რომლებიც მოითხოვენ დგარის მართობ სიბრტყეში დამაგრებას. სამკუთხა დგარი უფრო ეკონომიურია მასალის ხარჯის მხრივ, ზედა ბოლოშიც ერთი კვანძი აქვს, მაგრამ რთული დასამზადებელია გისოსის ღეროების სხვადასხვა სიგრძეების გამო. სარტყელები შეიძლება შედგებოდეს ერთი ან ორი ძელისაგან. უმჯობესია ორი ძელისაგან შედგენილი მოკლე შუასადები, რადგანაც ამ შემთხვევაში ძალზედ მარტივდება გისოსის ღეროების მიმაგრება სარტყელებთან და კონსტრუქციას აქვს დიდი სიხისტე, რაც არც თუ ისე უმნიშვნელო მომენტია დგარის მუშაობის თვალსაზრისით.



ნახ. 4. 26. გამჭოლი დგარის კვანძები: ა - ზედა; ბ - ქვედა საყრდენზე; გ - შუალედური; 1 - სარტყელი; 2 - ჭანჭიკი; 3 - ლითონის კოჭი; 4 - ანკერი; 5 - ლითონის კუთხედი; 6 - გისოსის ელემენტები; 7 - ლითონის ზედი.

გამჭოლი დგარების გაანგარიშება ეფუძნება იმას, რომ მათზე მოქმედებს შვეული N და პორიზონტალური ქარის w დატვირთვები და საანგარიშო სქემად მიიღება შვეულად მდგარი კონსოლური წამწე, რომელიც სახსროვნად არის მიმაგრებული საძირკველზე. მცირე სიმაღლის დგარები კი გაანგარიშდება, როგორც შეკუმშულ-გაღუნული ელემენტი ხისტი ქვედა და სახსროვანი (ან თავისუფალი) ზედა საყრდენებით.

დგარის სარტყელების გაანგარიშება სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე ხდება ორ სიბრტყეში. დგარის სიბრტყეში. მისი საანგარიშო სიგრძე მიიღება კვანძებს შორის მანძილის ტოლი, ხოლო მის მართობ სიბრტყეში მისი საანგარიშო სიგრძე მიიღება კვანძებს შორის მანძილის ტოლი, ხოლო მის მართობ სიბრტყეში - მანძილი პორიზონტალურ კავშირებს შორის. ორქელიან სარტყელებში გათვალისწინებული უნდა იქნას მაკავშირებელი ელემენტების დამყოლობა.

გისოსის ღეროები გაანგარიშდება სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე კუმშვისას, ან მარტო სიმტკიცეზე გამჭიმავი ძალის მოქმედებისას კვანძებში მათი სახსროვნად ჩამაგრების მხედველობაში მიღებით. სწორკუთხა დგარის ზედა ბოლოს ლითონის კოჭი მოწმდება ღუნვაზე ძალის შუაში მოქმედი შეყურსული დატვირთვის მოქმედებისას.

საყრდენი კვანძის გაანგარიშება ხდება სარტყელებში მოქმედი გამჭიმავი ძალების მიხედვით.

თავი 5. გამჭოლი სიბრტყითი ხის კონსტრუქციები

5.1. ზოგადი ცნობები

გამჭოლი სიბრტყითი ხის კონსტრუქციები შედგება ზედა და ქვედა სარტყელებისა და მათი დამაკავშირებელი გისოსების სისტემისაგან. სარტყელები შეიძლება იყოს ერთმაგი ან ორმაგი განივკვეთის, ხოლო გისოსის ელემენტები - დგარები და ირიბნები განხორციელებულია ცალკეული მთლიანკვეთიანი დეროებისაგან. კოჭებისაგან განსხვავებით სარტყელების შესაერთებლად მთლიანი კედლის ნაცვლად გისოსის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამცირებს მასალის ხარჯს, ამსუბუქებს კონსტრუქციას, მაგრამ ზრდის შრომატევადობას.

შენობათა გადახურვების მზიდი სიბრტყითი გამჭოლი ხის კონსტრუქციების ძირითად სახეობას წარმოადგენს წამწე. წამწეების ძირითად უპირატესობად ითვლება მასალების რაციონალური განაწილება სარტყელებსა და გისოსის ელემენტებში, სტატიკური რკვევადობა, აწყობა-დამლის შესაძლებლობა, რაც აადვილებს ტრანსპორტირებას და სხვ.

საერთოდ კონსტრუქციის ტიპის შერჩევა - მთლიანკედლიანი თუ გამჭოლი-დამოკიდებულია ტექნიკურ-ეკონომიკურ მონაცემებზე, ნაგებობის დანიშნულებაზე, სახანძრო უსაფრთხოების მოთხოვნებზე, გარემო პირობებზე. მაგალითად, ქიმიურად აგრესიულ გარემოში გამჭოლი კონსტრუქციების გამოყენება მიზანშეუწონელია, რადგანაც გისოსის ელემენტები და კვანძები აგრესიული მტვერის თავმოყრისათვის ერთგვარი დამატებითი ადგილია, რომელიც უერთდება ჰაერის ტენს, წარმოქმნის მჟავებსა და ტუტეებს, რასაც შეუძლია გამოიწვიოს მერქნის რღვევა, გარდა ამისა წამწის კვანძების შეერთებებში გამოიყენება ლითონის ელემენტები (ჭანჭიკები, ზედები, პროფილები), რომლებიც დამატებით დამუშავებას მოითხოვენ აგრესიული გარემოს ზემოქმედებისაგან დასაცავად.

ცეცხლმდეგობის თვალსაზრისით უმჯობესია დიდი განივკვეთისა და სიგრძის დაწებებული ელემენტებისაგან დამზადებული წამწეები. მათი მოხაზულობა შეიძლება იყოს სამკუთხა, ტრაპეციული, ხუთკუთხა ან სეგმენტური.

დამზადების სიმარტივით გამოირჩევა ძელებისაგან (მორებისაგან) განხორციელებული სამკუთხა ან მრავალკუთხა წამწეები, რომელთა გამოიყენება სასურველია სასოფლო მშენებლობაში და ისეთ რაიონებში, სადაც ხე-ტყე წარმოადგენს ადგილობრივ სამშენებლო მასალას.

გამჭოლი კონსტრუქციები, როგორც წესი, გამოიყენება სტატიკურად რკვევად სისტემებში, რადგანაც ურკვევ სისტემებში ხის კონსტრუქციების შეერთებათა დამყოლობა და მერქნის დეფორმაცია გაშრობისა და გაჯირჯვების შედეგად იწვევს წამწის ელემენტებში არასასურველი ძალების გადანაწილებას, რის გამოც ზოგიერთი ელემენტი გადაიტვირთება.

წამწის კონტურის მოხაზულობის შერჩევისას ხალმძღვანელობენ შემდეგი მოსაზრებებით: თუ ბურულისათვის დაგეგმილია კრამიტის, მინაპლასტიკის, თუნუქის, აზბესტცემენტის ფურცლების ან სხვა ცალობითი მასალის გამოყენება, რომელიც მოითხოვს სახურავის დახრის შედარებით დიდ კუთხეს, მაშინ არჩევენ სამკუთხა წამწეებს, ხოლო რულონური ბურულისათვის - დანარჩენი მოხაზულობის წამწეებს. სამრეწველო ობიექტების უსხვენო თბილი გადახურვებისათვის იყენებენ ხუთკუთხა და მრავალკუთხა, ხე-ლითონის დიდპანელიან სამკუთხა ან ეგმენტური (მრუდი) მოხაზულობის წამწეებს შედგენილ-კვეთიანი ზედა სარტყელით.

გამჭოლი ხის კონსტრუქციების დასამზადებლად გამოიყენება ტყის მასალები, მერქანი, პლასტმასა და ფოლადი. ამა თუ იმ მასალის შერჩევა დამოკიდებულია ელემენტის დაბაბულ მდგომარეობაზე. ჩვეულებრივ პირობებში წამწის გაჭიმულ ელემენტებს ამზადებენ ფოლადისაგან. თუ აგრესიული გარემო გვაქვს და აუცილებელია მათი ხისაგან დამზადება, მაშინ გაჭიმულ ელემენტებს ამზადებენ დაწებებული ფიცრებისაგან, რათა გამოირიცხოს მანკების უარყოფითი გავლენა მათ მუშაობაზე. იგივე მიზეზით ქვედა სარტყელსაც აკეთებენ დაწებებულს. თუ წამწის ყველა ელემენტი დამზადებულია დაწებებული ღეროსაგან, მაშინ მისი ცეცხლმდეგობა გაცილებით მაღალია, ვიდრე ხე-ლითონის წამწისა, რასაც ზოგჯერ გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება წამწის მასალის შერჩევას.

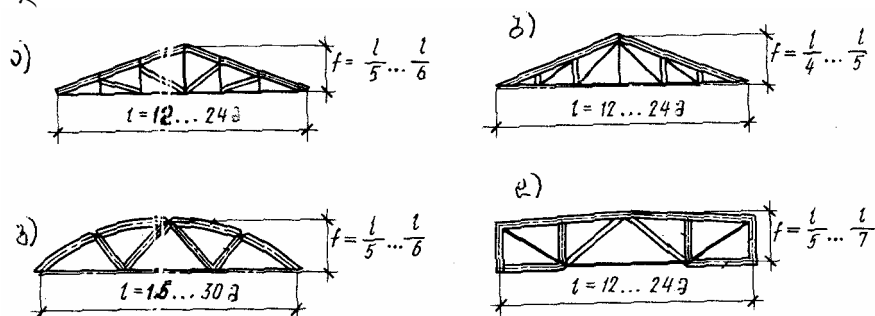
ხის წამწეს, რომლის ქვედა სარტყელი და გისოსის ზოგიერთი ელემენტი განხორციელებულია ლითონისაგან, ხე-ლითონის წამწე ეწოდება.

თუ წამწის ზედა სარტყელზე მოდებულია არაკვანძოვანი დატვირთვები, მაშინ იგი უმჯობესია დავამზადოთ დაწებებული განივკვეთის, რომელიც ძელისაგან განსხვავებით, უკეთესად მუშაობს კუმშვაზე ღუნვით.

ყველა ტიპის ხის წამწეები იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად: 1) ხის დაწებებული წამწეები ძირითადი ღეროებით დაწებებული მერქნისაგან; 2) ხის მთლიანკვეთიანი წამწეები ძირითადი ელემენტებით ძელების, მორების და ფიცრებისაგან. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი.

5.2. დაწებებული წამწეები

დაწებებული წამწეები მზადდება მხოლოდ ქარხნული წესით ძალით 18...30მ. აწვეის ისარი $f = (1/4...1/7)l$. მოხაზულობის მიხედვით არსებობს სამკუთხა, სეგმენტური და ხუთკუთხა (ნახ. 5.1). ასეთი წამწეების ზედა სარტყელს აქვს სწორხაზოვანი ან მოღუნული ფორმა, დიდი სწორკუთხოვანი განივკვეთი და შეუძლიათ აიტანონ სახურავის ფენილისაგან გადმოცემული კვანძებს შორის დატვირთვა. განივკვეთის სიგანე არ აღემატება 17სმ-ს, იმ მოსაზრებით, რომ პაკეტში არ მოხდეს ფიცრების ერთმანეთთან ნაწიბურებით შეწყობა. განივკვეთის სიმაღლე ნებისმიერია, მაგრამ შესაწებებელი ფიცრების სისქის ჯერადი.



ნახ. 5.1 დაწებებული წამწეები: ა - სამკუთხა დაღმავალი ირიბნებით; ბ - სამკუთხა აღმავალი ირიბნებით; გ - სეგმენტური; დ - ხუთკუთხა.

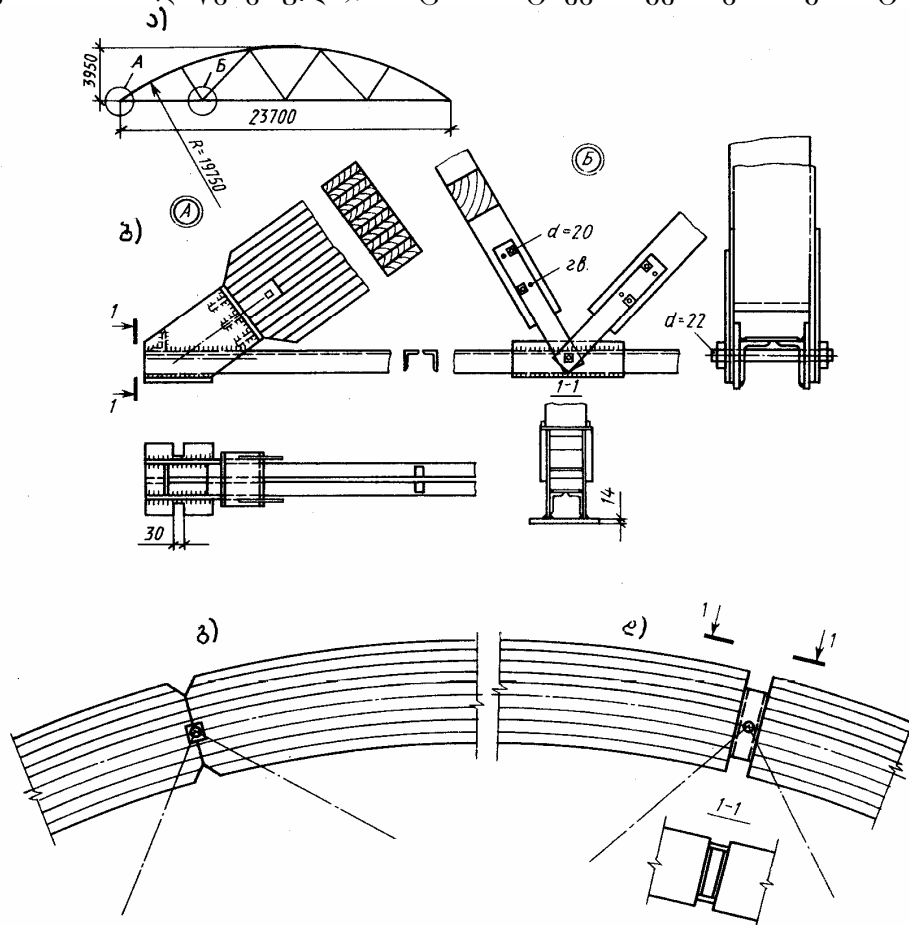
ქვედა სარტყელი, როგორც წესი, კეთდება გაწყვილებული ფოლადის კუთხედებისაგან თაროებით შიგნით და კვანძების მოწყობის გამარტივების მიზნით აქვს საერთო სიგანე ტოლი ზედა სარტყელის სიგანისა.

გისოსის ღეროები, რომლებშიც მოქმედებს დიდი მკუმშავი ან მცირე გამჭიმავი ძალები, მზადდება დაწებებული სწორკუთხოვანი განივკვეთის იგივე სიგანის, რაც აქვს ზედა სარტყელს, ხოლო დიდი ძალით გაჭიმული ელემენტები მზადდება გაწყვილებულ ფოლადის კუთხედებისაგან ან ცალფა არმატურის ღეროებისაგან.

დაწებებულ სამკუთხა წამწეს დაღმავალი ირიბნებით (ნახ. 5.1, ა) აქვს ზედა სარტყელის დიდი დახრა და გამოიყენება სახურავებში სადაც წვიმის წყლის მოსაცილებლად ხმარობენ კრამიტს ან მის მსგავს ცალობით მასალას. მისი ზედა სარტყელი შედგება 4 ან 6 სწორხაზოვანი ელემენტისაგან, რომლებიც კვანძებში უერთდებიან ერთმანეთს ექსცენტრისტული, რათა ხელოვნურად შევამციროთ კვანძებს შორის მოქმედი დატვირთვებისაგან წარმოშობილი მღუნავი მომენტების მნიშვნელობები. ქვედა სარტყელში გამოიყენება განწყვილებული ფოლადის კუთხედები. დაწებებული მერქნისაგან დამზადებული გისოსის ყველა ირიბანი შეკუმშულია, ხოლო დგარები გაჭიმული და დამზადებულია ცალფა ფოლადის არმატურის დეროსაგან.

დაწებებული სამკუთხა წამწე აღმავალი ირიბნებით (ნახ. 5.1, ბ) ისეთივეა, როგორც დაღმავალი ირიბნებით. განსხვავება იმაშია, რომ აქ დგარები შეკუმშულია და მზადდება მერქნისაგან, ხოლო ირიბნები გაჭიმული და მზადდება ცალფა ფოლადის არმატურის დეროებისაგან.

სეგმენტური დაწებებული წამწეები (ნახ. 5.1, გ) გამოიყენება თბილ სახურავებში, სადაც ბურულად ხმარობენ რულონურ მასალებს. მათ გისოსს სამკუთხა სქემა აქვთ. წამწის კონსტრუქცია ძალიან რაციონალურია, რადგან ზედა სარტყელის წრიული მოხაზულობის გამო გისოსის ელემენტებში ძალების სიმცირე შესაძლებელს ხდის ისინი განხორციელდეს მერქნისაგან (მთლიანკვეთიანი ან დაწებებული), რაც ამარტივებს კვანძების კონსტრუქციას.



ნახ. 5.2. სეგმენტური ხე-ლითონის წამწე მალით 24 მ: ა - გეომეტრიული სქემა; ბ - საყრდენი და შუალედი კვანძები; გ, დ - ზედა სარტყელის პირაპირების ვარიანტები - შუბლური მოყრდნობებით (გ) და ფოლადის შუასადებით (ხის ზედები პირობითად ნაჩვენები არ არის).

სეგმენტური წამწეების თავისებურებაა ზედა სარტყელის მრუდხაზოვანი ბლოკების (მათი რაოდენობა მალეების მიხედვით არის 3 ან 4 ცალი)

უნიფიცირება 12, 15, 18, 21 და 24მ მალებისათვის. თვით ბლოკის განივკვეთი სწორკუთხაა და ისე შეირჩევა, რომ დაკმაყოფილდეს განივი მდგრადობის პირობა ($h/b \leq 4$). ფიცრების სისქის შერჩევას კი დაცული უნდა იყოს პირობა $R/\delta > 300$, სადაც R არის ზედა სარტყელის სიმრუდის რადიუსი; δ - ფიცრის სისქე.

წამწის ქვედა გაჭიმული სარტყელი ფოლადის ორი კუთხედისაგან არის შედგენილი და მის გასწვრივ მოთავსებული კვანძების მოწყობა ხდება ფოლადის ზედებისა და ჭანჭიკების გამოყენებით, ხოლო ზედა სარტყელის ბლოკები ერთმანეთს უერთდება სიმეტრიის ღერძზე შუბლური მიყრდნობით, გადაიხურება ორი მხრიდან ფიცრული ზედებით და მოიჭიმება ლითონის ჭანჭიკებით.

შეკიდული ჭერის არსებობის შემთხვევაში, ქვედა სარტყელის პანელების სიგრძის (კვანძებს შორის მანძილის) შესამცირებლად, ზედა სარტყელის კვანძებიდან ჩამოეშვება ფოლადის ღეროები, რომლებიც წამწის სტატიკური მუშობის სქემას არ ცვლის, რადგანაც შეკიდულ ჭერისაგან გადმოცემული დატვირთვა, ამ ღეროების საშუალებით, დამატებით მოედება ზედა სარტყელის კვანძებს. 24მ მალის სეგმენტური წამწის კვანძები მოცემულია ნახ. 5.2-ზე.

ხუთკუთხა დაწებებული წამწებიც (ნახ. 5.1, დ) რულონური სახურავისათვისაა გათვალისწინებული და ზედა სარტყელის მცირე დახრა ახასიათებს. მათ ხშირად იყენებენ სამშენობლო შენობებში შიგა მალის გადასახურავად. ქვედა სარტყელის შუა პანელი და საყრდენი ირიბნები, რომლებშიც მოქმედებს დიდი გამჭიმავი ძალები, კეთდება ფოლადის გაწყვილებული კუთხედისაგან, ხოლო შეკუმშული დგარები და შუა ირიბნები, რომლებშიც მოქმედებენ მცირე სიდიდის ნიშანცვლადი ძალები, მზადდება დაწებებული მერქნისაგან. ასეთი წამწები, სეგმენტურთან შედარებით, არაეკონომიურია.

დაწებებული წამწების კვანძები მრავალფეროვანია. სეგმენტური და სამკუთხა წამწების საყრდენი კვანძები ხორციელდება ფოლადის ქუსლის გამოყენებით (ნახ. 5.2, ბ) და ანალოგიურია შემკრავიანი დაწებებული კამარის საყრდენი კვანძისა. წამწის ზედა სარტყელი ებჯინება საყრდენ ფილას, რომელიც დიაფრაგმებისა და გვერდითა ტრავერსების საშუალებით უერთდება ქვედა სარტყელს. სეგმენტური წამწის საყრდენი კვანძი დაცენტრირებულია, ხოლო სამკუთხასი - გადაწვეტილია ექსცენტრისიტეტით.

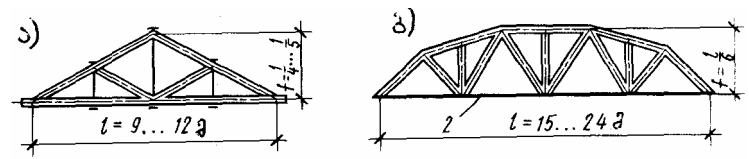
ქვედა სარტყელის ყველა შუალედი კვანძი დაცენტრირებულია და გისოსის შეკუმშული ელემენტების კვანძთან მიერთებისათვის გამოიყენება შუბლური მიყრდნობა ფოლადის კუთხედების მოკლე გადანაჭრების და ჭანჭიკების საშუალებით, ხოლო გაჭიმული ელემენტების მისაერთებლად - ფოლადის ზოლოვანი ზედები და ჭანჭიკები.

5.3. მთლიანკვეთიანი ხის წამწები

მთლიანკვეთიანი წამწების ზედა სარტყელი ყოველთვის მზადდება ხისგან, ხოლო ქვედა სარტყელი და გისოსის ელემენტები - ხის ან ფოლადისაგან. ასეთი წამწები შესაძლებელია დამზადდეს ნებისმიერ ხის გადამუშავებულ წარმოებაში. მათი უარყოფითი მხარეა ის, რომ ხის მასალის გეომეტრიული ზომების სორტამენტით შეზღუდვის გამო, დატვირთვები აუცილებლად მოდებული უნდა იყოს კვანძებში, რომელთა რიცხვი საკმაოდ დიდი გამოდის. შესაბამისად იზრდება წამწის ელემენტების რაოდენობა და დამზადების შრომატევადობა.

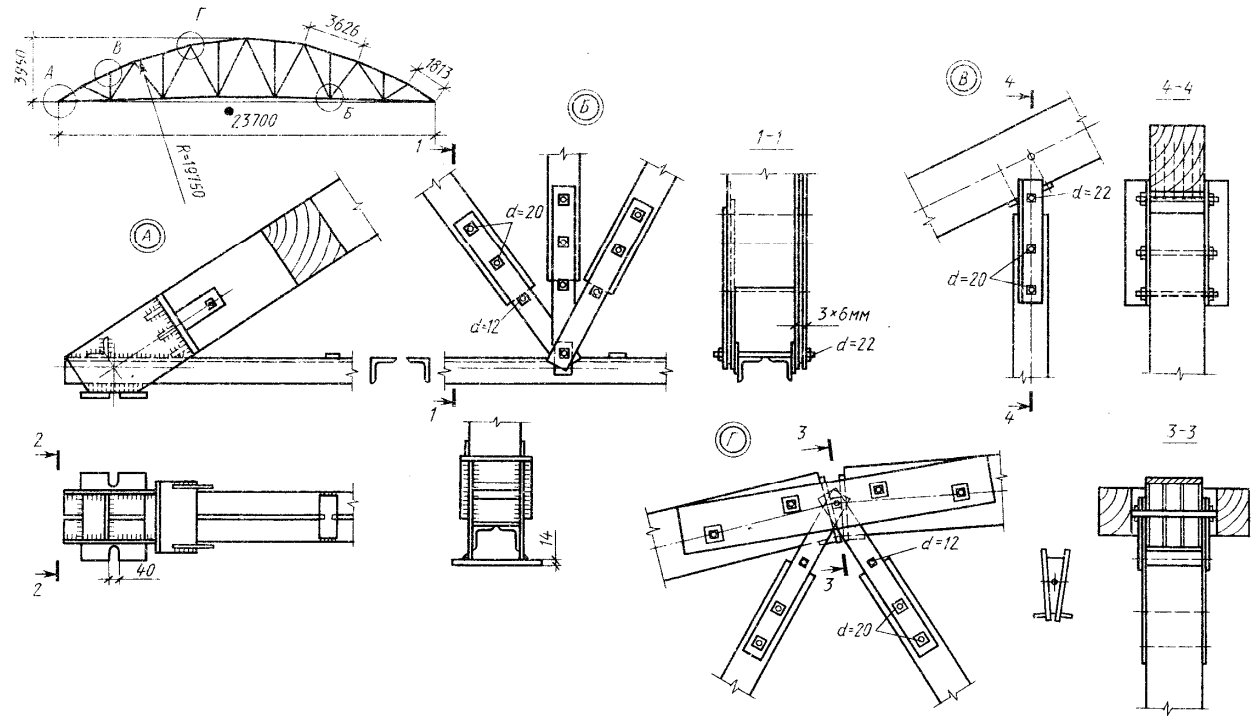
სამკუთხა მცირემართიანი ძელურ წამწეს (ნახ. 5.3) დაღმავალი ირიბნებით აქვს ძელური ოთხპანელიანი ზედა სარტყელი, ისეთივე ქვედა სარტყელი და

ირიბნები, ხოლო შუა გაჭიმული დგარი განხორციელებულია ფოლადის ღეროსაგან. შეკიდული ჭერის არსებობის შემთხვევაში, დატვირთვების ზედა კვანძებში მოსადაბლად, დამატებით ეწყობა ლითონის დგარები. ასეთი წამწები სიმარტივის გამო გამოიყენება 12მ-მდე მალის გადახურვებში. ზოგჯერ ქვედა სარტყელს ფოლადის კუთხედების ან არმატურისაგანაც აკეთებენ.



ნახ. 5.3. ძელური წამწები: ა - ძელური სამკუთხა მცირემალიანი; ბ - მრავალკუთხა.

მრავალკუთხა ძელური წამწე (ნახ. 5.4) წარმოადგენს რულონური სახურავის მქონე შენობის ძირითად მზიდ სანივნივე კონსტრუქციას. მისი ქვედა გაჭიმული სარტყელი მზადდება ფოლადის გაწყვილებული კუთხედებისაგან, ხოლო დანარჩენი ელემენტები-ძელებისაგან. გისოსს აქვს სამკუთხა-დგარებიანი სქემა. ასეთი წამწების გისოსის ელემენტებში ძაღვების სიდიდეები მცირეა და ლითონის ღეროების აუცილებლობა გამორიცხულია.



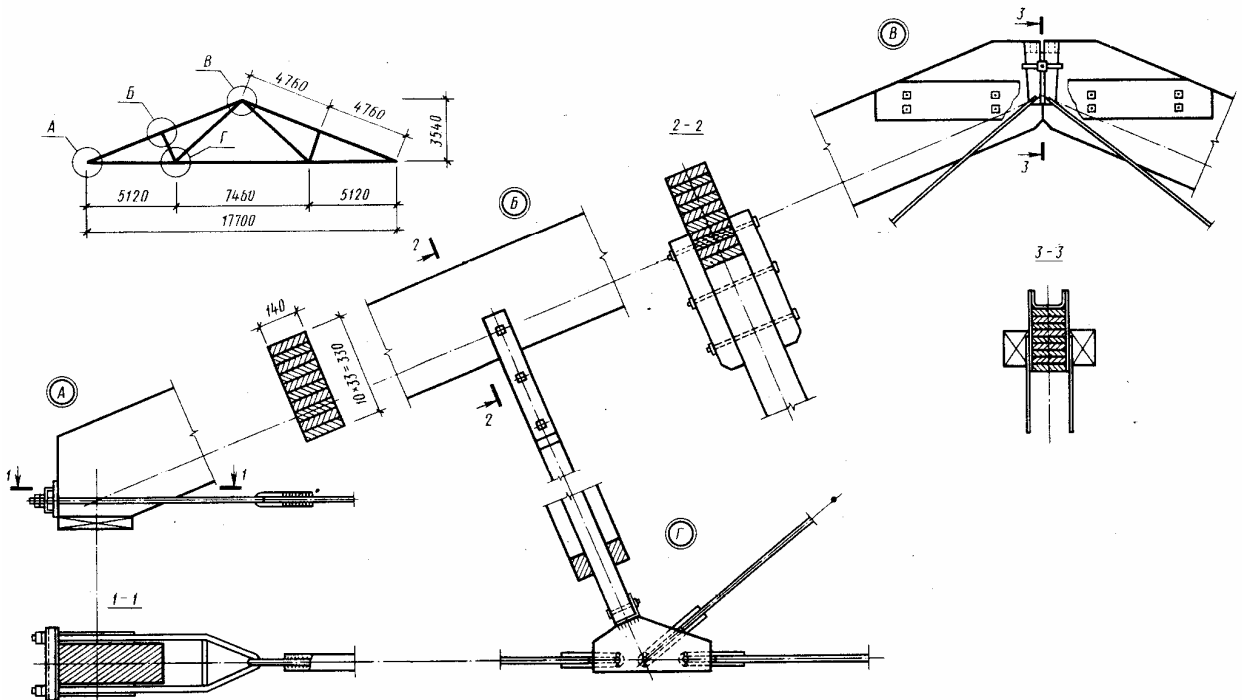
ნახ. 5.4. მრავალკუთხა ხე-ლითონის ძელური წამწე მალით 24მ.

მრავალკუთხა ხე-ლითონის ძელური წამწის დამზადება მართალია შრომატევადია, მაგრამ ისინი შეიძლება გამოვიყენოთ გადახურვებში მალით 30მ-მდე. კვანძების სიმარტივის გამო, მათი აწყობა შეიძლება განხორციელდეს უშუალოდ სამშენებლო მოედანზეც კი, რაც ხსნის დიდგაბარიტიანი კონსტრუქციების ტრანსპორტირების სირთულეებს.

საყრდენი კვანძის გადაწყვეტა ანალოგიურია სეგმენტური წამწის საყრდენი კვანძის. ზედა სარტყელის შუალედი კვანძი, სადაც თავს იყრის ზედა პანელის ორი ძელი და გისოსის ორი ირიბანი, განხორციელებულია ფოლადის შენადული ყუთისმაგვარი შუადების დახმარებით (ნახ. 5.4, დ), ხოლო ქვედა სარტყელის კუთხედებს გარე მხრიდან ემაგრება ფოლადის მცირე ზომის ფირფიტები („ყუნწი“), რომლებშიც გაეყრება ღერძული ჭანჭიკი და რომელზეც

ჩამოცემება ირიბნების ბოლოებზე ჭანჭიკებით მიმაგრებული ბუნიკები (ხოლოვანი ფოლადის ფირფიტები).

დიდმალიანი სამკუთხა ხე-ლითონის წამწე (ნახ. 5.5) გამოიყენება 18...24მ მალეების მქონე შენობების გადახურვებში სახურავის ქანობით 1:2...1:4. ოპტიმალური სიმაღლე შედგენს (1/4...1/6)l. ზედა სარტყელი შედგება დაწებებული მუდმივკვეთიანი ერთნაირი ზომის ოთხი პანელისაგან (პანელები შეიძლება დამზადდეს ძელებისაგანაც), დგარები-ძელებისაგან, ხოლო ქვედა სარტყელი და გაჭიმული ირიბნები წრიული განივკვეთის ფოლადისაგან. ასეთი წამწეები თანამედროვე ტიპის კონსტრუქციებს წარმოადგენს. კვანძები უმარტივესად არის გადაწყვეტილი. თუ ტრანსპორტირების საშუალება არ არის, მაშინ მისი აწყობა ხდება უშუალოდ სამშენებლო მოედანზე. კვანძების მინიმალური რაოდენობისა და მაღალი მზიდუნარიანობის გამო ასეთი წამწეები ფართოდ არის გავრცელებული არა მარტო სასოფლო დანიშნულების, არამედ სამრეწველო ობიექტების მშენებლობაშიც.



ნახ. 5.5. დიდმალიანი სამკუთხა ხე-ლითონის წამწე მალით 18მ.

5.4. წამწეების გაანგარიშების საფუძვლები

გეომეტრიული გაანგარიშებისას უნდა განისაზღვროს ყველა დეროს გეომეტრიული სიგრძე სიმეტრიის დერძზე, დახრის კუთხეები პორიზონტალური პროექციის და ერთმანეთის მიმართ. სიგმენტურ წამწეში აუცილებელია გამოითვალოს ზედა სარტყელის სიმრუდის რადიუსი და სისქე, მოღუნული ელემენტების (რკალების) შესაბამისი ქორდები, მისი პორიზონტალური პროექციები და დეროს აღუნვის ისარი. ამისათვის მიზანშეწონილია სეგმენტური კამარის გეომეტრიული გაანგარიშების გამოყენება.

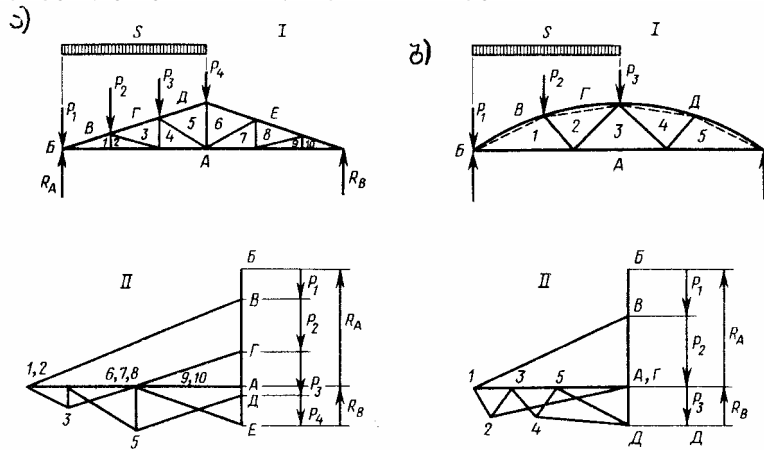
საანგარიშო დატვირთვები, რომლებიც მოქმედებენ წამწეზე, არის მუდმივი და დროებითი. მუდმივ დატვირთვებში გ შედის სახურავის ყველა ელემენტისა და საკუთრივ წამწის წონა, საიმედობის γ კოეფიციენტის და წამწეებს შორის ბიჯის B გათვალისწინებით. მუდმივი დატვირთვა ითვლება თანაბრად განაწილებულად წამწის მთელ მალზე, ხოლო თოვლის (დროებითი) - თანაბრად განაწილებულად მთელ მალზე ან მალის ნახევარზე. სეგმენტურ წამწეზე შეიძლება მოქმედებდეს აგრეთვე სამკუთხედის კანონით განაწილებული

თოვლის დატვირთვა მალის ნახევარზე ნულოვანი ორდინატით კეხში და მაქსიმალურით საყრდენზე.

ქარის დატვირთვას w წამწების გაანგარიშებისას, როგორც წესი, მხედველობაში არ იღებენ, რადგანაც იგი მოქმედებს, როგორც გაწოვა და ამცირებს ძალებს წამწის ღეროებში ძირითადი დატვირთვებისაგან.

შეკიდული ჭერის, შეკიდული მოწყობილობების და სასხვენო გადახურვის არსებობის შემთხვევაში, მათგან გადმოცემული დატვირთვა უმჯობესია მოდებული იყოს წამწეს ზედა კვანძებში.

სტატიკური გაანგარიშება ითვალისწინებს გრძივი ძალების განსაზღვრას წამწეს ღეროებში ყველა საანგარიშო დატვირთვებისა და მათი შეხამებისაგან. ზედა სარტყელზე მოქმედი თანაბრად განაწილებული დატვირთვა პირობითად ითვლება მოდებული კვანძებში. სეგმენტური წამწის ზედა სარტყელის მოღუნული პანელები პირობითად იცვლება მისი ქორდებით. რადგანაც ყველა წამწე წარმოადგენს სტატიკურად რკვევად სისტემას (ითვლება რომ ყველა კვანძი სახსროვანია), ამიტომ ელემენტებში გრძივი ძალების განსაზღვრა შეიძლება მოხდეს ანალიზური-კვანძების ამოკვეთის მეთოდით, ან გრაფიკულ-ანალიზურით-მაქსველ-კრემონას დიაგრამის აგებით (ნახ. 5.6).



ნახ. 5.6. ძალების განსაზღვრა ელემენტებში მაქსველ-კრემონას დიაგრამის აგებით: ა - სამკუთხა; ბ - სეგმენტური; I - სქემები და დატვირთვები; II - მაქსველ-კრემონას ძალების დიაგრამა.

ძალების განსაზღვრა ღეროებში სიმეტრიული წამწისათვის შეიძლება მარტო ერთი, მაგალითად მარცხენა ნახევარში შემდეგი თანამიმდევრობით: პირველ რიგში, თანაბრად განაწილებული თოვლის დატვირთვისათვის, განისაზღვრება ძალები მარცხენა ნახევარში, შემდეგ მარჯვენაში. ეს შეიძლება განვიხილოთ ერთი დიაგრამის საშუალებით, როცა დატვირთულია მარცხენა ნახევარი. ძალები მარჯვენა ნახევარის დატვირთვის დროს ტოლი იქნება ძალებისა ღეროებში დაუტვირთავ ნახევარზე.

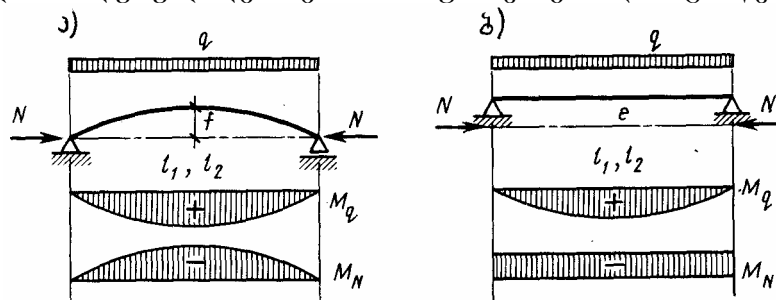
მთელ მალზე თანაბრად განაწილებული თოვლის დატვირთვისათვის ძალები ღეროებში ტოლი იქნება ნახევარმალზე დატვირთვების დროს ძალების ალგებრული ჯამისა. მუდმივი დატვირთვისათვის ღეროებში ძალები ტოლი იქნება თოვლის დატვირთვისათვის ღეროებში მიღებული ძალების გადამრავლებით მუდმივი და დროებითი დატვირთვების ფარდობაზე - g/S . სეგმენტური წამწის ღეროებში ძალების განსაზღვრა სამკუთხედის კანონით განაწილებული თოვლის დატვირთვისათვის ხდება დამოუკიდებლად დატვირთვის მარცხენა ან მარჯვენა ნახევარზე მოქმედებისას.

ყველა ტიპის წამწის ზედა სარტყელში მოქმედებს მხოლოდ მკუმშავი ძალები N_p , ქვედა სარტყელში - მხოლოდ გამჭიმავი N_s , სამკუთხა წამწეს

დაღმავალ ირიბნებში - მხოლოდ მკუმშავი N_3 და ღვარებში - მხოლოდ გამჭიმავი N_8 . სეგმენტური და მრავალკუთხა წამწების გისოსის ელემენტში მოქმედებს ორივე ნიშნის ძალები.

სხავდასხვა დატვირთვების და მათი შეხამებისაგან გამოწვეული გრძივი ძალების მნიშვნელობები შეაქვთ ცხრილში, რომლის ფორმაც მოცემულია 5.1 მაგალითში.

მღუნავი მომენტები მოქმედებს მხოლოდ წამწების ზედა სარტყელის პანელებში იმ შემთხვევაში, თუ მათზე მოქმედებს კვანძებს შორის დატვირთვები. ზედა სარტყელის დეროები განიხილება, როგორც ელემენტები სახსროვნად დაყრდნობილი კვანძებში, რომლებზეც მოქმედებს კვანძებს შორის, მაგალითად თანაბრად განაწილებული დატვირთვა და ადრე განსაზღვრული გრძივი ძალები. სწორ დეროებში გრძივი N ძალები მოქმედებს დერძის გასწვრივ, ხოლო მოღუნულ დეროებში მომჭიმავი ქორდის გასწვრივ (ნახ. 5.7)



ნახ. 5.7. წამწის ზედა სარტყელის ელემენტების მუშაობის სქემები: ა - სეგმენტური წამწის; ბ - სამკუთხა და ხუთკუთხა წამწის

თანაბრად განაწილებული დატვირთვის q მოქმედებისას ეს მღუნავი მომენტები სწორ $M_{სწ}$ და მოღუნულ $M_{მოღ}$ დეროებში გამოითვლება ფორმულით:

$$M_{სწ} = \frac{ql^2}{8} - N \cdot e, \quad (5.1)$$

$$M_{მოღ} = \frac{ql^2}{8} - N \cdot f, \quad (5.2)$$

სადაც l არის სწორი დეროს ან მოღუნული დეროს ქორდის ჰორიზონტალური პროექცია; $e = 0,5(h - h_0)$ - გრძივი ძალის ექსცენტრისიტეტი სწორ დეროში, რომლის განივკვეთის სიმაღლეა: შუაში - h , დერძის ბოლოში h_0 ; $f = l^2/8r$ - მოღუნული დეროს აწევის ისარი; r - მოღუნული დეროს სიმრუდის რადიუსი.

სეგმენტურ წამწეში მაქსიმალური მღუნავი მომენტი M და განივი ძალა Q აღიძვრება ზედა სარტყელის საყრდენ დეროებში სამკუთხედის კანონით მოქმედი თოვლის დატვირთვის დროს.

დეროების განივკვეთის შერჩევა (კონსტრუქციული გაანგარიშება) წარმოებს დასაშვები ზღვრული მოქნილობების λ მიხედვით, რომელიც მიიღება: ზედა სარტყელის დეროებისათვის - 120, გისოსის შეკუმშული დეროებისათვის - 150, გაჭიმული ქვედა სარტყელის ფოლადის დეროებისათვის 400. სარტყელების პანელების საანგარიშო სიგრძეები წამწის სიბრტყეში მიიღება კვანძებს შორის მანძილის ტოლი, ხოლო მის მართობ სიბრტყეში - ჰორიზონტალურ კავშირის ელემენტებს ან გრძივებს შორის მანძილის ტოლი.

ზედა სარტყელის განივკვეთი შეირჩევა მღუნავი მომენტისა და გრძივი ძალის მიხედვით. განივკვეთის სიმაღლე ინიშნება წინასწარ მარტო გრძივი ძალის N ან მარტო მღუნავი მომენტის მიხედვით შემდეგი ფორმულებით:

$$A_{\text{საჭ}} = \frac{0,7N}{R_j}; \quad h_{\text{საჭ}} = \frac{A_{\text{საჭ}}}{b}; \quad (5.3)$$

$$W_{\text{საჭ}} = \frac{M}{0,8R_{\text{ღ}}}; \quad h_{\text{საჭ}} = \sqrt{\frac{6W_{\text{საჭ}}}{b}}, \quad (5.4)$$

სადაც b არის განივკვეთის სიგანე.

ზედა სარტყელის ღეროების შემოწმება სიმტკიცეზე წარმოებს, როგორც შეკუმშულ-მოდუნული ელემენტის. განისაზღვრება მისი საანგარიშო სიგრძე l_0 , განივკვეთის ფართობი A , წინაღობის მომენტი w , ინერციის რადიუსი r , ღეროს მოქნილობა λ , მდგრადობის (გრძივი ღუნვის) კოეფიციენტი φ , დეფორმაციის გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი ξ , მღუნავი მომენტი დეფორმაციის გათვალისწინებით $M_{\text{ღ}}$ და კუმშვის მაქსიმალური ძაბვა σ , რომელიც არ უნდა იყოს მეტი მერქნის კუმშვის საანგარიშო წინაღობაზე R_j , რომლის განსაზღვრისათვის უნდა გავითვალისწინოთ განივკვეთის სიგანე b და მუშაობის პირობების კოეფიციენტები: განივკვეთის სიმაღლის m_b და დაწებებულ პაკეტში ფიცრების სისქე $m_{\text{ფიცი}}$.

შეკუმშული ღეროების გაანგარიშება მთლიანკვეთიანი ელემენტების ანალოგიურია. უნდა გავითვალისწინოთ ის, რომ გისოსის და ქვედა სარტყელის ელემენტების სიგანე ტოლი იყოს ზედა სარტყელის განივკვეთის სიგანისა, რათა კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტა გამარტივდეს. ფოლადის გაჭიმული ელემენტების განივკვეთების შერჩევა წარმოებს ფოლადის კონსტრუქციების დაპროექტების სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად.

ხის წამწეების კვანძების გაანგარიშება. კვანძებში შუბლური მიყრდნობის გაანგარიშება თელვაზე მკუმშავი ძალის მოქმედებისას ბოჭკოების გრძივად, განივად ან რაღაც კუთხით, წარმოებს მთლიანკვეთიანი ელემენტების თელვაზე გასაანგარიშებელი ფორმულებით.

შუბლურ ჯვრებზე განხორციელებულ კვანძებში ზედა სარტყელის ძელის შემოწმება ხდება თელვის ძაბვებზე მკუმშავ ძალასა და ქვედა სარტყელის ძელის ბოჭკოების მიმართულებას შორის კუთხეზე დამოკიდებულებით, ხოლო ქვედა სარტყელის ძელი მოწმდება, ჩაჭრის სიღრმის დონეზე, ახლენაზე შესაბამისი T ძალის მიხედვით, რომელიც ტოლია ქვედა სარტყელში მოქმედი N გამჭიმავი ძალისა. ეს გაანგარიშება წარმოებს ფორმულით:

$$\tau = \frac{T}{A_{\text{sb}}} \leq R_{\text{sb.საწ}}, \quad (5.5)$$

სადაც ახლენის ფართობი $A_{\text{sb}} = bl_{\text{sb}}$; $R_{\text{sb.საწ}} = \frac{R_{\text{sb.}}}{\left(1 + \frac{0,25l_{\text{sb}}}{e}\right)}$; $e = 0,5h$.

გადრა აღნიშნულისა საჭიროა ჩაჭრისაგან შესუსტებული ქვედა სარტყელის განივკვეთი შემოწმდეს სიმტკიცეზე.

წამწეების ექსპლუატაციის დროს, კვანძების დამყოლობის გამო, ქვედა სარტყელი განიცდის მცირე, მაგრამ თვალისთვის შესამჩნევ ჩაღუნვას. ამ მოვლენის საწინააღმდეგოდ საჭიროა წამწეს დამზადების მომენტში მივცეთ სამშენებლო აწვევა ძალის $1/200$. იგი წამწის სტატიკური გაანგარიშებისას მხედველობაში არ მიიღება, თუმცა გაითვალისწინება გეომეტრიული ზომების გამოთვლისას.

ხის შენობის კარკასის ძირითადი მზიდი კონსტრუქციების სივრცითი სიხისტის უზრუნველსაყოფად ეწყობა კავშირები, რომლებიც ღებულობენ

ჰორიზონტალურ დატვირთვებს. ისინი შეიძლება იყოს განივი და გრძივი, ქანობის, შვეული და დახრილი.

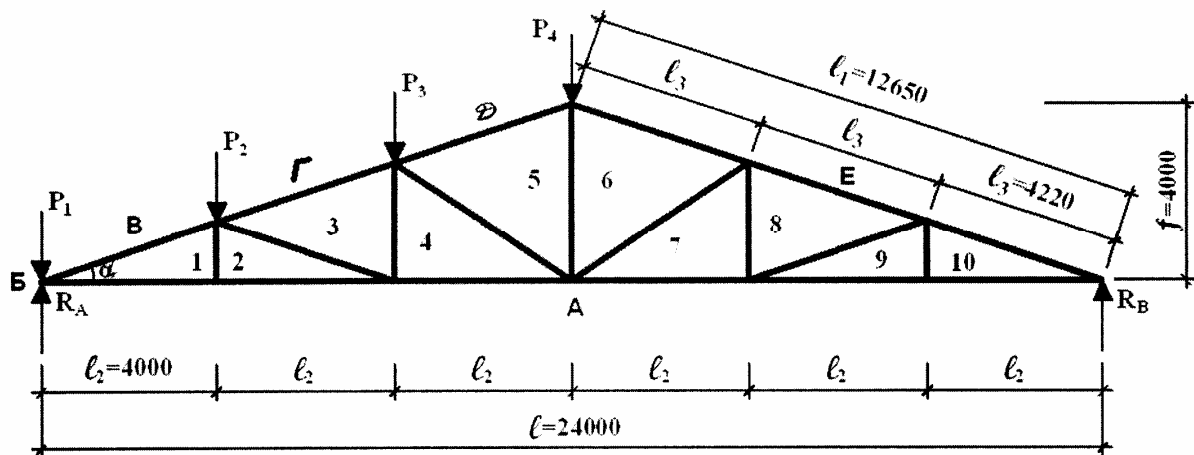
გრძივი კავშირების სიბრტყეები მზიდი კონსტრუქციების სიბრტყეთა მართობულად არიან განლაგებული.

გრძივი და განივი კავშირები განლაგებულია წამწის ქვედა სარტყელის სიბრტყეში ძირითადი მზიდი კონსტრუქციების მართობულად. დახრილი (ქანობის) კავშირები აკავშირებენ ორი მეზობელი წამწის ზედა სარტყელებს და ქმნიან სივრცით ბლოკს, რომელსაც უნარი აქვს მიიღოს ჰორიზონტალური დატვირთვები. მათ შორის მანძილი არ უნდა აღემატებოდეს 30 მეტრს, მაგრამ რაოდენობა უნდა იყოს არა ნაკლები ორისა შენობაში. შვეული კავშირები ეწყობა წამწის კეხის კვანძის დგარის სიბრტყეში შენობის გრძივი მიმართულებით. ზოგჯერ მათ აკეთებენ დახრილი ირიბნების სიბრტყეშიც (მაგალითად, სამკუთხა წამწეებში).

მაგალითი 5.1. გავიანგარიშოთ და დავაპროექტოთ სამკუთხა დაწებებული ხე-ლითონის ექვსპანელიანი წამწე მალით 24მ, სიმაღლით 4მ, დამზადებული მე-2 ხარისხის მერქნისაგან. წამწეზე მოქმედებს საანგარიშო დატვირთვა კონსტრუქციების საკუთარი წონისაგან $g = 4 \text{ კნ/მ}$ და თოვლისაგან $S = 10 \text{ კნ/მ}$, რომლებიც თანაბრადაა განაწილებული მთელ მალზე. ზედა სარტყელი დამაგრებულია მართობ სიბრტყეში ყველა კვანძში და თითოეული პანელის მესამედზე 1,4 მეტრში.

ამოხსნა. ზედა სარტყელის დახრის კუთხე

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2f}{l} = \frac{2 \cdot 4}{24} = 0,333, \quad \alpha = 18^{\circ}25', \quad \cos \alpha = 0,95.$$



ნახ. 5.8. წამწის გეომეტრიული ზომები.

ზედა სარტყელის ნახევრის სიგრძე

$$l_1 = \frac{0,5l}{\cos \alpha} = \frac{0,5 \cdot 24}{0,95} = 12,65 \text{ მ.}$$

ქვედა სარტყელის პანელის სიგრძე

$$l_2 = \frac{l}{6} = \frac{24}{6} = 4 \text{ მ.}$$

ზედა სარტყელის პანელების სიგრძე

$$l_3 = \frac{l_1}{3} = \frac{12,65}{3} = 4,22 \text{ მ.}$$

დგარების სიგრძეები:

$$l_{1-2} = \frac{f}{3} = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ მ}; \quad l_{3-4} = \frac{2f}{3} = \frac{2 \cdot 4}{3} = 2,67 \text{ მ}; \quad l_{5-6} = f = 4 \text{ მ.}$$

ირიბნების სიგრძეები:

$$l_{2-3} = \sqrt{l_{1-2}^2 + l_2^2} = \sqrt{1,33^2 + 4^2} = 4,18 \text{ მ.}$$

$$l_{4,5} = \sqrt{l_{3,4}^2 + l_2^2} = \sqrt{2,67^2 + 4^2} = 4,81\text{მ.}$$

სტატიკურ გაანგარიშებას ვაწარმოებთ შემდეგნაირად: ძალები წამწის მარცხენა ნახევარზე თოვლის დატვირთვისაგან $S = 10\text{კნ/მ}$. პირობითი დატვირთვები ზედა სარტყელის კვანძებში;

$$P_1 = P_4 = \frac{Sl_2}{2} = \frac{10 \cdot 4}{2} = 20\text{კნ};$$

$$P_2 = P_3 = Sl_2 = 10 \cdot 4 = 40\text{კნ.}$$

საყრდენი რეაქციები: მარცხენა $R_{აბ} = \frac{3Sl}{8} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 24}{8} = 90\text{კნ};$

მარჯვენა $R_B = \frac{Sl}{8} = \frac{10 \cdot 24}{8} = 90\text{კნ} .$

გრძივი ძალები N წამწეს ღეროებში, თოვლის დატვირთვის მარცხენა ნახევარზე მოქმედებისას, განისაზღვრება მაქსველ-კრემონას დიაგრამის აგებით (ნახ. 5.6). როცა თოვლის დატვირთვა მოქმედებს მარცხენა ნახევარზე, მაშინ ძალები განისაზღვრება იგივე დიაგრამით დაუტვირთავი მარჯვენა ნახევრის ღეროებში ძალების მიხედვით. მიღებული შედეგები შეტანილია 5.1 ცხრილში.

ცხრილი 5.1.

გრძივი ძალები N (კნ) წამწის მარცხენა ნახევრის ღეროებში

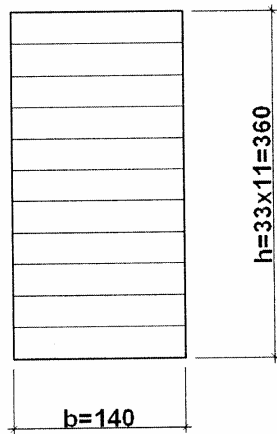
ღეროების აღნიშვნა	ძალა					
	მუდმივი დატვირთვისაგან $S = 10\text{კნ/მ}$	თოვლის დატვირთვისაგან			თოვლის დატვირთვისაგან	
		მარცხენა ნახევარძალზე 1/2	მარჯვენა ნახევარძალზე 1/2	მოელ ძალზე	მაღის ნახევარზე 1/2	მოელ ძალზე 1
<i>ზედა სარტყელი</i>						
$O_1(1-B)$	-128	-224	-96	-320	-352	-448
$O_2(3-\Gamma)$	-102	-160	-96	-256	-262	-358
$O_3(5-D)$	-76	-96	-96	-191	-171	-268
<i>ქვედა სარტყელი</i>						
$U_1(1-A)$	+121	+212	+90	+302	-	+423
$U_2(4-A)$	+96	+150	+90	+240	-	+336
<i>დგარები</i>						
$V_1(1-2)$	-	+	-	-	-	-
$V_2(3-4)$	+8	+20	-	+20	-	+28
$V_3(5-6)$	+32	+40	+40	+80	-	+96
<i>ირბნები</i>						
$\Pi_1(2-3)$	-26	-64	-	-64	-	-90
$\Pi_1(4-5)$	-29	-72	-	-72	-	-101

წამწის ღეროების განივკვეთების შერჩევა და ძაბვებზე შემოწმება. მაქსიმალური მკუმშავი ძალა სარტყელში $N = O_1 = 448\text{კნ}$. წინასწარ დაენიშნოთ განივკვეთი ღუნვის გაუთვალისწინებლად. ფიცრებისაგან შედგენილი დაწებებული ღეროს განივკვეთის სივანე ავიღოთ $b = 14\text{სმ}$, მერქნის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე როცა $b > 13\text{სმ}$, $R_j = 15\text{მპა} = 1,5\text{კნ/სმ}^2$. განივკვეთის საჭირო ფართობი

$$A_{ბაჭ} = \frac{N}{0,6R_j} = \frac{448}{0,6 \cdot 1,5} = 498\text{სმ}^2,$$

სადაც კოეფიციენტი 0,6 ითვალისწინებს მღუნავი მომენტისა და ჩაღუნვის გავლენას.

განივკვეთის საჭირო სიმაღლე $h_{ბაჭ} = A_{ბაჭ}/b = 498/14 = 35,6\text{სმ}$. ავიღოთ განივკვეთი $b \times h = 14 \times 36\text{სმ}$ შედგენილი $\delta = 33\text{მმ}$ სისქის 11 ფენა ფიცრისაგან ჩამორანდვის შემდეგ (ნახ. 5.9) მუშაობის პირობების კოეფიციენტები მერქნის საანგარიშო წინაღობისათვის აღებული განივკვეთის სიმაღლისა და ფიცრის სისქისათვის $m_b = 1$ და $m_{ფენ} = 1$. გრძივი ძალის ექსცენტრისიტეტი მივიღოთ $e = 5\text{სმ}$.



ნახ. 5.9. ზედა სარტყელის განიკვეთი.

მღუნავი მომენტი მოცემული მაქსიმალური გრძივი ძალისა და ღეროს პორიზონტალური პროექციის $l_2 = 4\text{მ}$ გათვალისწინებით, ტოლი იქნება:

$$M = \frac{(g+s)l_2^2}{8} \cdot N \times e = \frac{(4+10)4^2}{8} \cdot 448 \times 0,05 = 5,6 \text{ კნ.მ} = 560 \text{ კნ.სმ.}$$

განივი ძალა

$$Q = \frac{(g+s)l_2}{2 \cdot \cos\alpha} = \frac{(4+10)4}{2 \cdot 0,95} = 29 \text{ კნ.}$$

შევამოწმოთ განიკვეთი მაქსიმალური გრძივი ძალისა $N = 448 \text{ კნ}$ და მღუნავი მომენტის $M = 560 \text{ კნ.სმ}$ მოქმედება ზე:

ზედა სარტყელის პანელის გეომეტრიული სიგრძე $l_3 = 422 \text{ სმ}$;

განიკვეთის ფართობი $A = b \cdot h = 14 \cdot 36 = 504 \text{ სმ}^2$;

განიკვეთის წინაღობის მომენტი

$$w = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{14 \cdot 36^2}{6} = 3024 \text{ სმ}^3 ;$$

განიკვეთის ინერციის რადიუსი $r = 0,29 \cdot h = 0,29 \cdot 36 = 10,44 \text{ სმ}$;

მოქნილობა

$$\lambda = \frac{l_3}{r} = \frac{422}{10,44} = 40,4 ;$$

ხაღუნვის გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი

$$\xi = 1 - \frac{N\lambda^2}{3000 \cdot R_j \cdot A} = 1 - \frac{448 \cdot 40,4^2}{3000 \cdot 1,5 \cdot 504} = 0,678 ;$$

მღუნავი მომენტი ღუნვის დეფორმაციის გათვალისწინებით

$$M_{\text{გ}} = \frac{M}{\xi} = \frac{560}{0,678} = 826 \text{ კნ.სმ.}$$

დაბვა

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_{\text{გ}}}{w} = \frac{448}{504} + \frac{826}{3024} = 1,16 \text{ კნ/სმ}^2 = 11,6 \text{ მპა} < R_j = 15 \text{ მპა.}$$

შევამოწმოთ O_3 ღერო: გრძივი ძალა $N = O_3 = 268 \text{ კნ}$.

$$M = \frac{(g+s)l_2^2}{8} \cdot N \times e = \frac{(4+10)4^2}{8} \cdot 268 \times 0,05 = 14,6 \text{ კნ.მ} = 1460 \text{ კნ.სმ.};$$

$$\xi = 1 - \frac{N\lambda^2}{3000 \cdot R_j \cdot A} = 1 - \frac{268 \cdot 40,4^2}{3000 \cdot 1,5 \cdot 504} = 0,81 ;$$

$$M_{\text{გ}} = \frac{M}{\xi} = \frac{1460}{0,81} = 1802 \text{ კნ.სმ.};$$

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_{\text{გ}}}{w} = \frac{268}{504} + \frac{1802}{3024} = 1,13 \text{ კნ/სმ}^2 = 11,3 \text{ მპა} < R_j = 15 \text{ მპა.}$$

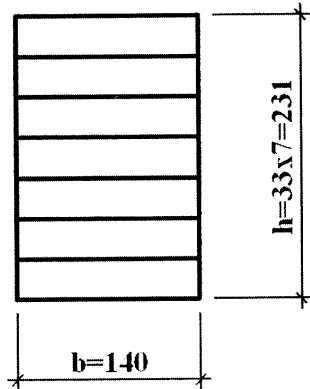
ამხლებ დაბეჭდვებზე შემოწმება ხდება განივი ძალის მიხედვით $Q=29$ კნ. ღეროების ბოლოებზე განივკვეთის სიმაღლე გრძივი ძალის ექსცენტრისიტეტის $e=5$ სმ გათვალისწინებით $h_0=2(0,5h-e)=2\cdot(0,5\cdot 36-5)=26$ სმ. დაწებებული ელემენტების მერქნის საანგარიშო წინაღობა ახლებზე $R_s=1,5$ მპა $=0,15$ კნ/სმ². განივკვეთის სიგანე $b=14$ სმ; სტატიკური მომენტი $S=0,125bh_0^2=0,125\cdot 14\cdot 26^2=1183$ სმ³; ინერციის მომენტი $J=bh_0^3/12=14\cdot 26^3/12=20505$ სმ⁴.

ახლების დაბეჭდვა

$$\tau = \frac{QS}{Jb} = \frac{29 \cdot 1183}{20505 \cdot 14} = 0,12 \text{ კნ/სმ}^2 = 1,2 \text{ მპა} < R_s = 1,5 \text{ მპა}.$$

ზედა სარტყელს ბრტყელი ფორმის დეფორმირების მდგრადობაზე არ ვამოწმებთ, რადგანაც წამწის მართობ სიბრტყეში იგი ყოველ 1,4მ-ზე ჩამავრებულია და მდგრადობის დაკარგვა მოსალოდნელი არ არის.

ირიბნების განივკვეთის შერჩევა. შევარჩიოთ და შევამოწმოთ მეორე 4-5 ირიბანის განივკვეთი. სიგრძე $l_{4,5}=4,8$ სმ. მკუმშავი ძალა $D_2=101$ კნ. მერქნის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე $R_j=15$ მპა $=1,5$ კნ/სმ². მივიღოთ განივკვეთი $b \times h=14 \times 23,1$ სმ $\delta=3,3$ სმ სისქის 7 ფენა ფიცრებისაგან შედგენილი (ნახ. 5.10).



ნახ. 5.10. ირიბნების განივკვეთი.

ღეროს საანგარიშო სიგრძე $l_0=l_{4,5}=4,81$ სმ;

განივკვეთის ფართობი $A=b \cdot h=14 \cdot 23,1=323,4$ სმ²;

ინერციის რადიუსი $r=0,29 \cdot b=0,29 \cdot 14=4,06$ სმ;

მოქნილობა

$$\lambda = \frac{l_{4,5}}{r} = \frac{481}{4,06} = 118 < [\lambda] = 150.$$

გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda^2} = \frac{3000}{118^2} = 0,22.$$

დაბეჭდვა

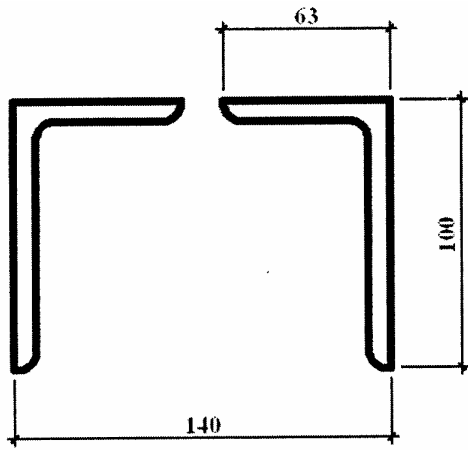
$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} = \frac{101}{0,22 \cdot 323,4} = 1,42 \text{ კნ/სმ}^2 = 14,2 \text{ მპა} < R_j = 15 \text{ მპა}.$$

პირველი 2-3 ირიბანის განივკვეთს, რომლის სიგრძე ნაკლებია 4-5 ირიბანის სიგრძეზე და ძალვაც ნაკლებია, კონსტრუქციულად ვიღებთ იგივეს.

ქვედა სარტყელის განივკვეთის შერჩევა. მაქსიმალური გრძივი გამჭიმავი ძალა $N=U_1=423$ კნ. ფოლადის საანგარიშო წინაღობა $R=240$ მპა $=24$ კნ/სმ². განივკვეთის საჭირო ფართობი

$$A_{საჭ} = \frac{N}{R} = \frac{423}{24} = 17,63 \text{ სმ}^2.$$

ვიღებთ განივკვეთს შედგენილს ორი ცალი ფოლადის არათანაბართარიანი კუთხედისაგან - 2L100×63×6 (ნახ. 5.11). ერთი კუთხედის განივკვეთის ფართობი $9,59$ სმ². ქვედა სარტყელის განივკვეთის ფართობი $A=2 \cdot 9,59=19,18$ სმ² $> A_{საჭ}=17,63$ სმ²



ნახ. 5.11. ქვედა სარტყელის განივკვეთი.

შუა ღვარის განივკვეთის შერჩევა. გამჭიმავი ძალა $N = V_{5-6} = 96$ კნ. ავლეთ A-I კლასის წრიული განივკვეთის არმატურის ღერო ბოლოებზე კუთხვილით. ფოლადის საანგარიშო წინაღობა $R = 225$ მპა $= 22,5$ კნ/სმ². კუთხვილზე ძაბვის კონცენტრაციის კოეფიციენტი $k = 0,8$. განივკვეთის საჭირო ფართობი კუთხვილზე

$$A_{საჭ} = \frac{N}{0,8R} = \frac{96}{0,8 \cdot 22,5} = 5,33 \text{ სმ}^2$$

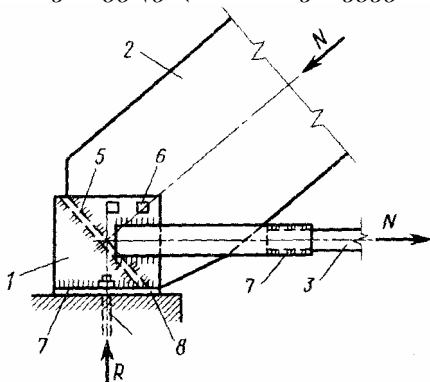
ავიღოთ ღერო დიამეტრით $d = 36$ მმ, რომლის დიამეტრია კუთხვილზე 30,8 მმ (დანართი, ცხრ. 22), ხოლო განივკვეთის ფართობი $7,44 \text{ სმ}^2 > A_{საჭ} = 5,33 \text{ სმ}^2$.

მეორე ღვარის განივკვეთის შერჩევა. გრძივი გამჭიმავი ძალა $N = V_2 = 28$ კნ. განივკვეთის საჭირო ფართობი კუთხვილზე

$$A_{საჭ} = \frac{N}{0,8R} = \frac{28}{0,8 \cdot 22,5} = 1,56 \text{ სმ}^2.$$

ავიღოთ ღერო დიამეტრით $d = 20$ მმ, რომლის დიამეტრი კუთხვილზე 16,75 მმ (დანართი, ცხრ. 22), ხოლო განივკვეთის ფართობი $2,18 \text{ სმ}^2 > A_{საჭ} = 1,56 \text{ სმ}^2$.

წამწის კვანძების გადაწყვეტა და გაანგარიშება. საყრდენი კვანძი გადაწყვეტილია ფოლადის ქუსლის დახმარებით, რომელიც შედგება საყრდენი ფილის, ორი ფასონურასა და მისაბჯენი ფილისაგან (ნახ. 5.12). ზედა სარტყელი მიყრდნობილია მისაბჯენ ფილას და ემაგრება ფასონურებს ჭანჭიკებით. მისაბჯენი ფილა ჩადუღებულია ფასონურებს შორის. ქვედა სარტყელი შედუღებით უერთდება ფასონურებს. ფასონურები დადუღებულია საყრდენ ფილაზე, რომელიც ეყრდნობა სვეტის თავს, კედელს ან ნივნივქვეშა კონსტრუქციას.



ნახ. 5.12. საყრდენი კვანძი: 1 - ფასონურა; 2 - ზედა სარტყელი; 3 - ქვედა სარტყელი; 4 - ანკერი; 5 - მისაბჯენი ფილა; 6 - ჭანჭიკი; 7 - შედუღების ნაკერი; 8 - საყრდენი ფილა.

საჭიროა შევამოწმოთ ზედა სარტყელის ტორსული ნაწილი თელვის ძაბვებზე. თელვის ძალა $N = O_1 = 448$ კნ. ტორსის სიმაღლე h_1 , $e = 5$ სმ ექსცენტრისიტეტის გათვალისწინებით

$$h_1 = h - 2e = 36 - 2 \cdot 5 = 26 \text{ სმ}.$$

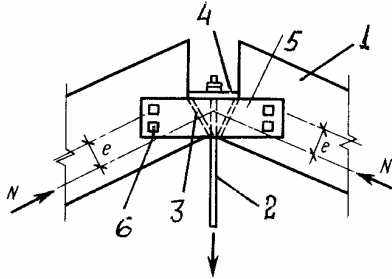
$$\text{შუბლური მიყრდნობის ფართობი } A_m = bh_1 = 14 \cdot 26 = 364 \text{ სმ}^2.$$

მერქნის საანგარიშო წინაღობა თელვაზე ბოჭკოების გასწვრივ $R_m = 15$ მპა.

დაბვა

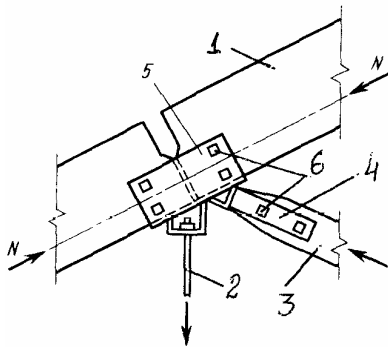
$$\sigma = \frac{N}{A_o} = \frac{448}{364} = 1,23 \text{ კნ/სმ}^2 = 12,3 \text{ მპა} < R_o = 15 \text{ მპა}.$$

კეხის კვანძის პირაპირისათვის გამოიყენება ფოლადის სამკუთხა ფორმის სამაგრი, რომელსაც ორი მხრიდან ეყრდნობა ზედა სარტყელის ღეროები, ხოლო ზემოდან შუა დგარის ფოლადის ღეროს საყელური (ნახ. 5.13). კვანძში ზედა სარტყელის ღეროს შუბლურ მიყრდნობას არ ვანგარიშობთ, რადგან თელვის ფართობი ისეთივეა, როგორც საყრდენ კვანძში, ხოლო მკუმშავი ძალა აქ ნაკლებია.



ნახ. 5.13. კეხის კვანძი: 1 - ზედა სარტყელი; 2 - შუა დგარი; 3 - სამკუთხა ფორმის სამაგრი; 4 - საყელური; 5 - ფოლადის ზედი; 6 - ჭანჭიკები.

ზედა სარტყელის შუალედი კვანძიც შუბლური მიყრდნობითაა გადაწყვეტილი (ნახ. 5.14). ირიბანის მისაერთებლად შუბლური მიყრდნობა და ფოლადის თამასებია გამოყენებული



ნახ. 5.14. ზედა სარტყელის შუალედი კვანძი: 1 - ზედა სარტყელი; 2 - დგარი; 3 - ირიბანი; 4 - ფოლადის თამასა; 5 - ფოლადის ზედი; 6 - ჭანჭიკები.

გავიანგარიშოთ ირიბნების შუბლური მიყრდნობა თელვაზე. გამჭიმავი ძალა $N = D_2 = 101 \text{ კნ}$.

განიგვეთის საჭირო ფართობი

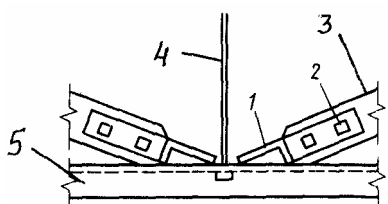
$$A_{საჭ} = \frac{N}{R_o} = \frac{101}{1,5} = 67,3 \text{ სმ}^2.$$

მივიღოთ ირიბანის განიგვეთი: $b = 14 \text{ სმ}$, $h_1 = 10 \text{ სმ}$.

განიგვეთის ფართობი

$$A = b \cdot h_1 = 14 \cdot 10 = 140 \text{ სმ}^2 > A_{საჭ} = 67,3 \text{ სმ}^2.$$

კვანძებში გამოყენებული ფოლადის ელემენტების ვანგარიშება წარმოებს ფოლადის კონსტრუქციების სამშენებლო ნორმებისა და წესები შესაბამისად.



ნახ. 5.15. ქვედა სარტყელის შუალედი კვანძი: 1 - ფოლადის სამაგრი; 2 - ჭანჭიკი; 3 - ირიბანი; 4 - დგარი; 5 - ქვედა სარტყელი.

თავი 6. დიდმალიანი ხის კონსტრუქციები

დიდმალიანს მიეკუთვნება შენობებისა და ნაგებობების ისეთი გადახურვები, რომელთა საყრდენებს შორის თავისუფალი მანძილი აღემატება 24...30მ-ს. ასეთი ტიპის გადახურვების დაპროექტება და განხორციელება სცილდება მასიური მშენებლობის ჩარჩოებს და მიუთითებს ქვეყნის სამშენებლო ტექნიკისა და ინდუსტრიის განვითარების მაღალ დონეს.

დიდმალიან ხის კონსტრუქციებიდან პრაქტიკაში უფრო მეტად გავრცელებულია სივრცით კონსტრუქციები, ნაკლებად კი ბრტყელი კონსტრუქციები.

6.1. სივრცითი ხის კონსტრუქციები. ზოგადი ცნობები და კლასიფიკაცია

სივრცითი ეწოდება ისეთ სამშენებლო კონსტრუქციას, რომლის ღერძული ზედაპირი არ ემთხვევა ბრტყელი კონსტრუქციის (კამარა, ჩარჩო, წამწე) შვეულ ღერძულ ზედაპირს. იგი გაანგარიშდება არა ერთ, არამედ ორ სიბრტყეში და ამასთანავე ყველა ელემენტი მონაწილეობას ღებულობს კონსტრუქციის მუშაობაში. სივრცითი მუშაობის ეფექტის გამო სივრცითი კონსტრუქციები ხასიათდება დაბალი მასალატევადობით და წონით, ვიდრე ბრტყელი ხის კონსტრუქციები, ამადლებული სიხისტითა და საიმედოობით. ადგილობრივი დეფექტები და დაზიანებები არ იწვევს ასეთი კონსტრუქციების ავარიულ მდგომარეობას. უმეტეს შემთხვევაში, სივრცით კონსტრუქციებში შეთავსებულია მზიდი და შემომფარგველი ფუნქციები, რაც ასეთი სისტემების ეკონომიკურობის მაღალ ხარისხს განაპირობებს და ერთდროულად იძლევა დიდი მალეების გადახურვის შესაძლებლობას.

გეომეტრიული ფორმის მიხედვით არჩევენ ხის სივრცითი კონსტრუქციების შემდეგ სახეებს: 1) პრიზმული (ნაკეცები, თაღები); 2) ცილინდრული (ნულოვანი გაუსის სიმრუდის); 3) ელიფსური (დადებითი გაუსის სიმრუდის); 4) ჰიპერბოლური (უარყოფითი გაუსის სიმრუდის). ნაკლები გავრცელება ჰპოვა კომბინირებულმა გარსებმა და ნებისმიერმა ფორმებმა. კონსტრუქციული გადაწყვეტის მიხედვით კი ისინი შემდეგნაირად შეიძლება იქნეს დაჯგუფებული: 1) ქარგილოვან - ბადისებრი; 2) ბრტყელი მზიდი კონსტრუქციები; 3) თხელკედლიანი გარსები; 4) კომბინირებული; 5) თხელკედლიანი კიდული და წიბოვანი გარსები; 6) სტუქტურები.

სერთოდ სივრცითი კონსტრუქციების უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ შესაძლებლობას იძლევა გადაიხუროს გეგმაში რთული ფორმის სათავსები; მიღწეულ იქნას შენობის სასარგებლო მოცულობის შესაძლო მაქსიმუმი, რეაქციები საყრდენ კედლებზე და საძირკველზე განაწილდეს თანაბრად, ამადლდეს ნაგებობის საიმედოობა და სხვ.

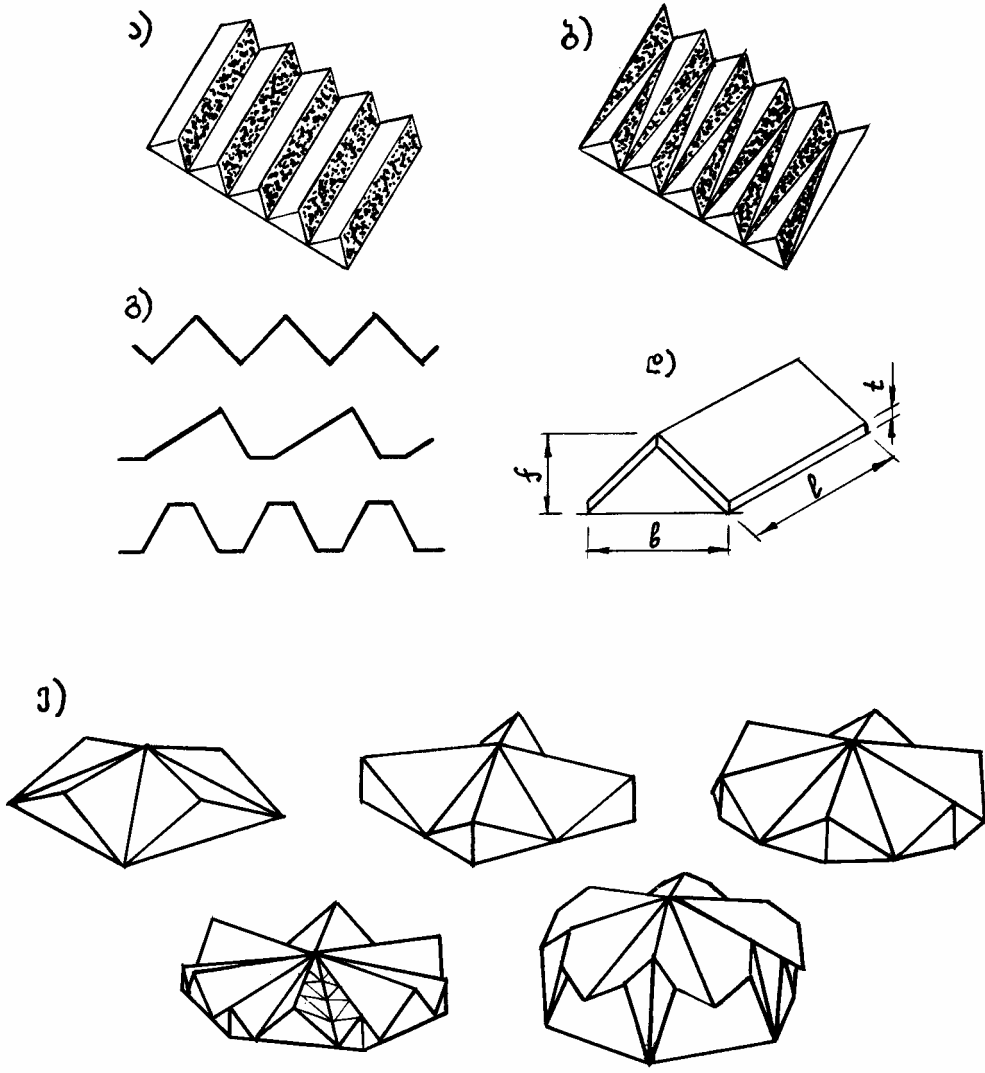
6.2 ნაკეცები

ნაკეცოვანი გადახურვა წარმოადგენს ზედაპირს, რომელიც შექმნილია დახრილი ბრტყელი წახნაგების სისტემისაგან. ისინი ერთმანეთს უერთდებიან დიდი გვერდებით რაღაც კუთხით და ეყრდნობიან ტორსულ დიაფრაგმებს ან წიბოებს მოკლე გვერდებით.

ნაკეცის ზედაპირის ფორმა შეიძლება იყოს სამკუთხა, ტრაპეციული ან მართკუთხა. ხშირად გამოიყენება მრავალტალღიანი კონსტრუქცია, იშვიათად ერთტალღიანი. მიუხედავად ამ კონსტრუქციების მაღალი მასალატევადობისა, ისინი ფართოდ გამოიყენება მშენებლობაში დამზადების სიადვილისა და ორიგინალური არქიტექტურული გამომსახველობის გამო. ნაკეცებით

გადახურული შენობის გეგმა შეიძლება იყოს მართკუთხა, მრავალკუთხა ან მრუდწირული მოხაზულობის (წრიული, ოვალური და სხვ.): ბოლო შემთხვევაში ნაკეცები განლაგდება რადიალურად. ზიდვის უნარის ასამაღლებლად ზოგჯერ ნაკეცებს აპროექტებენ განმტვირთავი კონსოლებით.

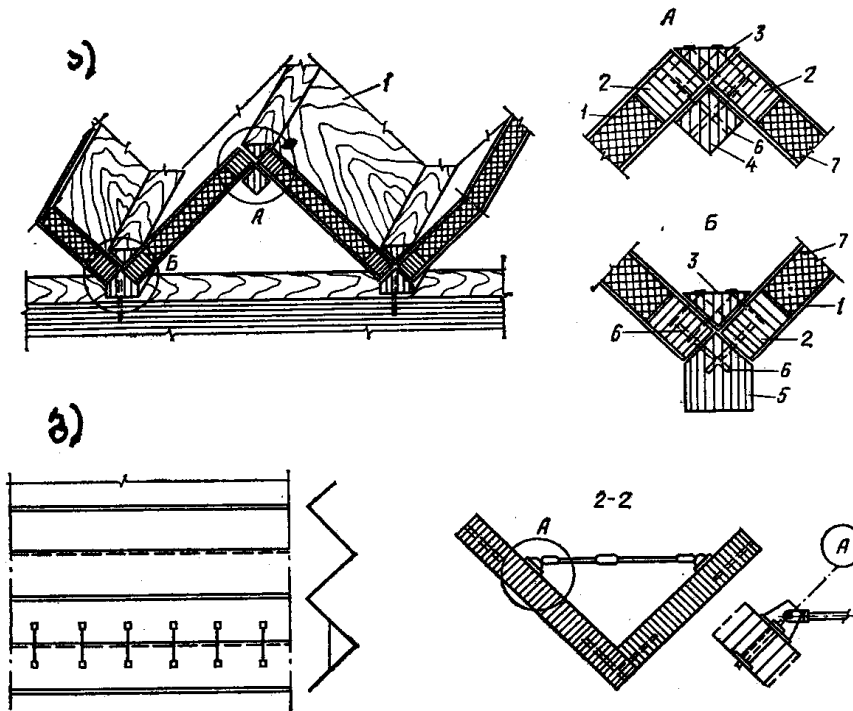
ნაკეცებს ამზადებენ ხისა და პოლიმერული მასალებისაგან. წახნაგებად შეიძლება გამოყენებული იქნეს დაწებებული, წებო-ფანერის, მერქანბურბუშელოვანი, ფიცრულ-ლურსმნოვანი კოჭური ელემენტები და ბრტყელი სამფენოვანი პანელები. განივი სიხისტის ასამაღლებლად იყენებენ განმბჯენებს, სიხისტის წიბოებს ან შემკვრელებს, რომლებსაც განლაგებენ ნაკეცის გრძივი მიმართულებით. ნაკეცოვანი გადახურვის სქემები მოცემულია 6.1 ნახაზზე



ნახ. 6.1. ნაკეცოვანი გადახურვის სქემები: ა - მართკუთხა წახნაგებით; ბ - სამკუთხა წახნაგებით; გ - მრავალტალღიანი ნაკეცის ფორმები; დ - ნაკეცის პარამეტრები; ე - მრავალკუთხა რადიალური ნაკეცები.

ნაკეცის მალი - მანძილი საყრდენ ელემენტებს შორის, როგორც წესი, მიიღება 20...30მ-ის ფარგლებში, თუმცა ზოგჯერ აღწევს 45 მეტრსაც. აწევის ისრის (f) ფარდობა მალთან (l) მიიღება 0,5...0,1 ტოლი (პოლიმერული მასალებისათვის კი 0,06...0,05), წახნაგების დახრის კუთხე - 20...45°. ხის ნაკეცების სიგანე იცვლება 1,8-დან 6,8მ-მდე ზღვრებში, ხოლო პოლიმერულის - 1მ-მდე. წახნაგის სისქე $t \geq (0,05...0,03)l$.

კონსტრუქციული თვალსაზრისით ნაკეცი შეიძლება იყოს თხელკედლიანი, წიბოვანი და სამფენოვანი. პირველ შემთხვევაში ნაკეცის წახნაგები წარმოადგენს ფიცრულ-ლურსმნოვან, ფიცრულ-წიბოვან ან წიბო-ფანერის ორტესებრ კოჭებს. წიბოვან ნაკეცებს ამზადებენ ძელებისაგან განივკვეთის მაქსიმალური ზომებით 15სმ, რომლებსაც ერთ ან ორივე მხარეზე წებოს ან ლურსმნების საშუალებით ამაგრებენ ფურცლოვანი მასალის ან ფიცრის შემოსვას. სამფენოვანი ნაკეცების ელემენტები კი ყველაზე ხშირად მზადდება პლასტმასისაგან (გარე ფენები - მინაპლასტიკი, შუა - ქაფპლასტი) ან სამშენებლო ფანერისაგან. ნაკეცის ცალკეული ელემენტების ერთმანეთთან შესაერთებლად გამოიყენება გრძივი წიბოები ან შენადარის ძელები. მაკავშირებლად იხმარება წებო, ლურსმანი, ჭანჭიკი ან მანჭკალი (ნახ. 6.2).



ნახ. 6.2. სამკუთხა მოხაზულობის პრიზმული ნაკეცები: ა - სამფენოვანი წახნაგებით; ბ - ფიცრულ-წიბოვანი წახნაგებით.

პრიზმული ნაკეცები წარმოადგენს სივრცით, მრავალჯერად სტატიკურად ურკვევ სისტემას. ასეთი სისტემის ზუსტი გაანგარიშება საკმაოდ რთული და შრომატევადია. გაანგარიშების შედარებით მარტივი შერეული მეთოდი მოცემული აქვს პროფ. ვ. ვლასოვს.

ნაკეცის განივკვეთის და დატვირთვის სიმეტრიულობის შემთხვევაში გრძივი ღერძის მიმართ გრძელი ნაკეცებისათვის ($l/b > 3$), როცა განივკვეთის კონტურის წერტილების გადაადგილება გაცილებით ნაკლებია წიბოების ჩაღუნვაზე, სადაც ხდება მეზობელი წახნაგების შეერთება წიბოს მთელ სიგრძეზე ცილინდრული სახსრით და რომელიც არ ითვალისწინებს წახნაგების წინაღობას გრძივ ძერაზე, ნაკეცი შეიძლება გავიანგარიშოთ, როგორც ღუნვაზე მომუშავე კოჭი შესაბამისი განივკვეთით. მასში განისაზღვრება გრძივი ნორმალური და მხები ძაბვები.

განივი მიმართულებით ნაკეცის წახნაგები გაანგარიშდება დატვირთვის ნორმალური შემდგენის მოქმედებაზე, როგორც ოთხი მხრივ სახსროვნად დაყრდნობილი ფირფიტა. გრძელი გვერდებით იგი ეყრდნობა მოსაზღვრე წახნაგებს, ხოლო მოკლეთი - ტორსულ დიაფრაგმებს ან სიხისტის წიბოებს. გრძელ ნაკეცებში წახნაგები განივი მიმართულებით განიცდიან დეფორმაციას

ადგილობრივად მოქმედი გარე დატვირთვების გავლენით. წებო-ფანერის ნაკეცების გარე შემოსვა წიბოებს შორის უნდა შემოწმდეს ადგილობრივ ღუნვაზე, როგორც ოთხი მხრივ ხისტად ჩამაგრებული ფირფიტა.

განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს არასიმეტრიული დატვირთვა, რომელიც იწვევს ნაკეცის გრეხვას გრეხვის ცენტრის მიმართ და განაპირა ნაკეცების მუშაობა. იმისათვის, რომ დამატებით არ ჩავატაროთ განაპირა ნაკეცების ზუსტი გაანგარიშება, აუცილებელია გავზარდოთ მისი სიხისტე კონსტრუქციული ღონისძიებებით, რითაც შევზღუდავთ მის გადაადგილებებს განივი მიმართულებით.

სამფენოვან ნაკეცებში თითოეული წახნაგი შედგენილია სამფენოვანი ფილებისაგან (ნახ. 6.2, ა), სადაც გარე ფენებად (შემოსვა) გამოყენებულია წყალმდევეი ფანერი, მინაპლასტიკი, აზბესტცემენტი ან ალუმინი, ხოლო შუა ფენად - ქაფპლასტი. ასეთი ნაკეცის თითოეული წახნაგი გრძივი მიმართულებით გაანგარიშდება, როგორც ღუნვაზე მომუშავე ერთმადიანი კოჭი, რომლის მაღია მისი სიგრძე, ხოლო დატვირთვად მიიღება მის სიბრტყეში მოქმედი შვეული დატვირთვის შემდგენი. განივი მიმართულებით ნაკეცის წახნაგი გაანგარიშდება ღუნვაზე, როგორც სხვადასხვა სიმაღლის საყრდენებზე სახსროვნად დაყრდნობილი ფილა. ფილის მაღი ტოლია მისი სიგანის.

6.3. ხის სტრუქტურული კონსტრუქციები

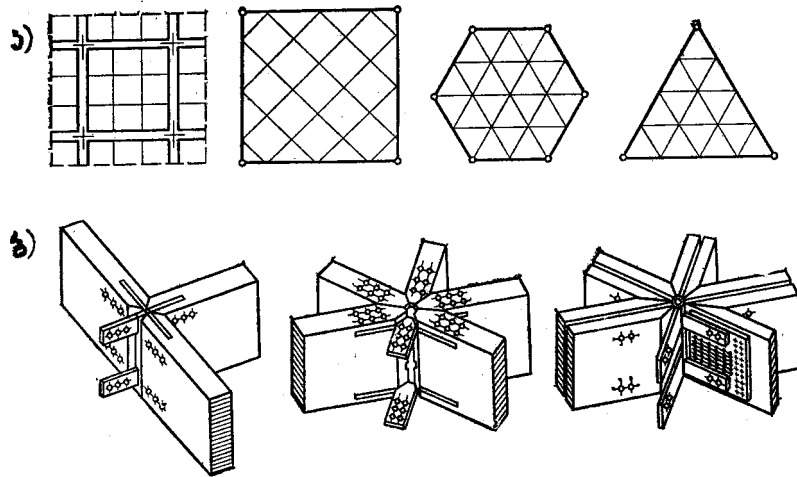
სტრუქტურული კონსტრუქციები ან უბრალოდ სტრუქტურები ეწოდება ისეთ სივრცით ფილებს და გარსებს, რომლებიც შედგება რეგულარულ - დეროვანი ან რეგულარულ - ფირფიტოვანი წარმონაქმნებისაგან.

სტრუქტურებს ძირითადად ამზადებენ ფოლადისა და ალუმინისაგან, იშვიათად - არმოცემენტისაგან, რკინაბეტონისაგან და ხისაგან. ნებისმიერი სტრუქტურა შედგება ორი ბადისებრი სარტყელისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან დგარებითა და ირიბანებით. სტრუქტურის სახეობა დამოკიდებულია კვანძებში შემავალი დეროების (ან წამწეების) რაოდენობაზე და მათ დახრაზე. ისეთი სტრუქტურები, რომლებიც შედგენილია ურთიერთგადამკვეთი სამი მიმართულების ხაზოვანი ელემენტებისაგან, კარგად მუშაობენ გრეხვაზე და ხასიათდებიან ამაღლებული სიხისტით. უფრო ნაკლები სიხისტე გააჩნიათ სტრუქტურებს, შედგენილს ორი მიმართულების ურთიერთგადამკვეთი ელემენტებისაგან.

სტრუქტურების დადებით თვისებებს მიუკუთვნება კონსტრუქციული ელემენტების უნიფიკაცია, მონტაჟის სიმარტივე, კონსტრუქციის მაღალი სივრცითი სიხისტე. არქიტექტურული გამომსახველობა, სისტემის მრავალბმულობა, რაც ამაღლებს კონსტრუქციის საიმედოობის ხარისხს ლოკალური ავარიების შემთხვევაში, კვანძების სიხშირე, რაც აადვილებს შეკიდული ტრანსპორტის მოწყობილობების დამაგრებას, სამშენებლო სიმაღლის შემცირება, ტრანსპორტირების სიადვილე და სხვ.

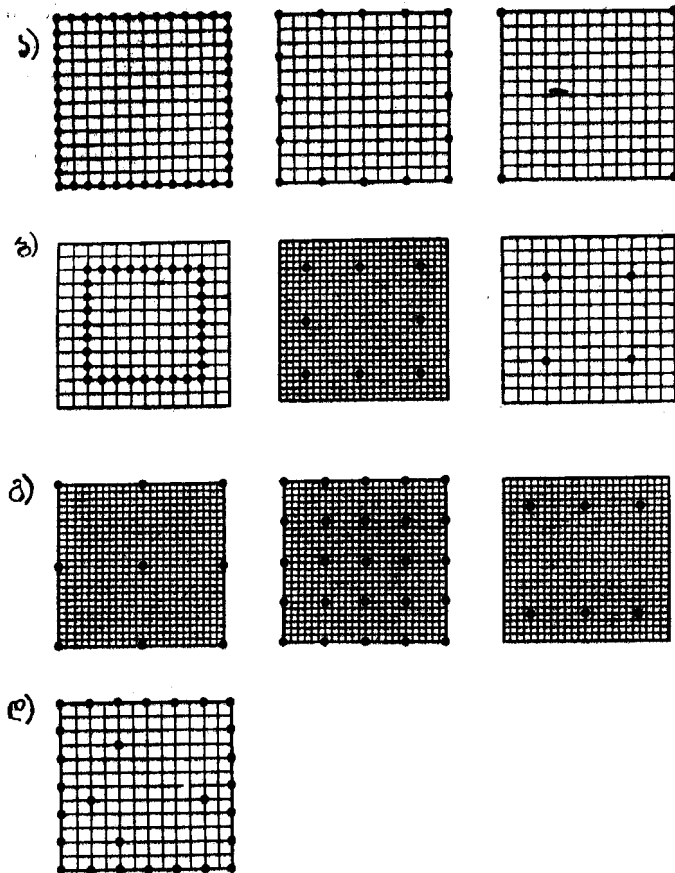
კვანძში შემავალ დეროებს შორის კუთხე გეგმაში მიიღება 90, 60, ან 45° ტოლი. თუ დეროები კვანძში შეერთებულია ხისტად, მაშინ მიიღება სტატიკურად ურკვევი სისტემა. სახურავის ზომებისა და გამოყენებული ბურულის სახეობის მიხედვით სტრუქტურის უჯრედის ზომები შეიძლება იცვლებოდეს 2,4...7,2მ-ის ფარგლებში, ხოლო საკუთრივ ფილის მაღი (1) აღწევს 30მ-ს. ფილის სიმაღლე $h = (1/16...1/30)l$. სისტემის საერთო მდგრადობის უზრუნველყოფა ხდება ფენილით ან დამხმარე კოჭების საშუალებით.

კოჭური ელემენტები შეიძლება იყოს ერთმაგი ან გაწყვილებული (ნახ. 6.3).



ნახ. 6.3. ხის სტრუქტურები ურთიერთგადამკვეთი კოჭებისაგან: ა - სტრუქტურების სქემები; ბ - კვანძური შეერთებები.

რეგულარული სტრუქტურის ფილები ეფექტურია გამოვიყენოთ ისეთი სათავსების გადასახურავად, რომლის გვერდების ზომების თანაფარდობა არ აღემატება 1:1,5. უფრო მეტი თანაფარდობის შემთხვევაში სტრუქტურის გამოყენება არარაციონალურია, რადგანაც ფილა იწყებს მუშაობას კოჭური სქემით მცირე გვერდის მიმართულებით (ერთღერძა). თუ აუცილებელია გრძელი სათავსის გადახურვა, მაშინ მიზანშეწონილია ნივინიფკეშა მზიდი კონსტრუქციების (წამწები, კამარები, კოჭები) მოწყობა, რომლებიც დაყოფენ სახურავს კვადრატულ ან მასთან მიახლოებულ უჯრედებად.



ნახ. 6.4. სტრუქტურული ფილების დაყრდნობის ვარიანტები: ა - კონტურული; ბ - კონტურშიგა; გ - შერეული; დ - თავისუფალი.

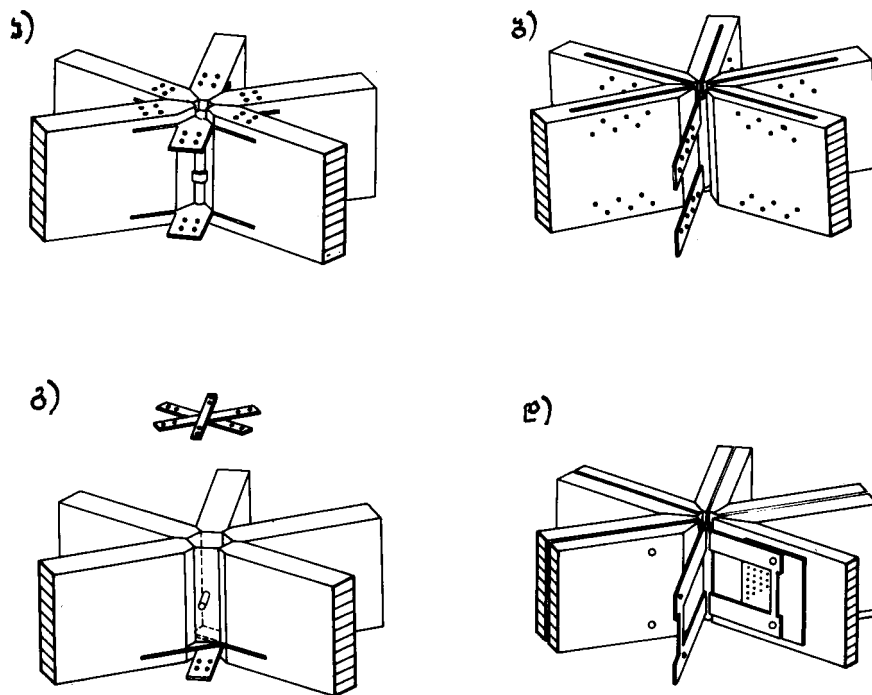
სტრუქტურული კონსტრუქციის დაყრდნობა შეიძლება იყოს: კონტურული (კედლები, სანიჟიუო კონსტრუქციები); კონტურშიგა კონსოლებით, როცა საყრდენები გადაადგილებულია კონსტრუქციის შიგნით, რითაც იქმნება ნებისმიერი შვერის კონსოლები; შერეული, როცა საყრდენები განლაგებულია კონტურზეც და შიგნითაც; თავისუფალი, როდესაც საყრდენები ეწყობა ნებისმიერად, დასაპროექტებელი შენობის ტექნოლოგიის თავისებურებების გათვალისწინებით (ნახ. 6.4).

კონტურშიგა დაყრდნობის შემთხვევაში კონსოლის შვერის სიდიდე რეკომენდებულია $(0,1...0,3)l$ ფარგლებში. თანაბრად განაწილებული დატვირთვის მოქმედების შემთხვევაში კარგი ეფექტი მიიღწევა, როცა კონსოლის შვერის სიგრძის ფარდობა ფილის მალთან არის 0,25.

შერეული დაყრდნობა რეკომენდებულია გამოვიყენოთ უჭრ მარავალმალიან გადახურვებში, რომლებსაც გეგმაში აქვთ სვეტების კვადრატული ან სწორკუთხა ბადე.

ღეროვანი სტრუქტურების ფორმაწარმოქმნა სამშენებლო მოედანზე წარმოებს ქარხნული წესით დამზადებული გასაგზავნი მარკების სახით.

სტრუქტურის აწყობის შრომატევადობიდან გამომდინარე მისი ფორმაწარმოქმნა დამოკიდებულია ცალკეული ელემენტების ზომებზე, წონაზე, გადატანის მანძილზე, სატრანსპორტო საშუალებებზე და სხვ. პრაქტიკაში იყენებენ კონსტრუქციული სქემის ფორმირების შემდეგ ხერხებს: ერთი უჯრედის შესაბამისი ცალკეული ღეროები; გისოსის მოკლე ელემენტები და გრძელი სარტყელები; ბრტყელი წამწეები; სივრცითი ღეროვანი პირამიდები და დამატებითი ხაზოვანი ელემენტები. თითოეულ ამ ხერხს გააჩნია თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

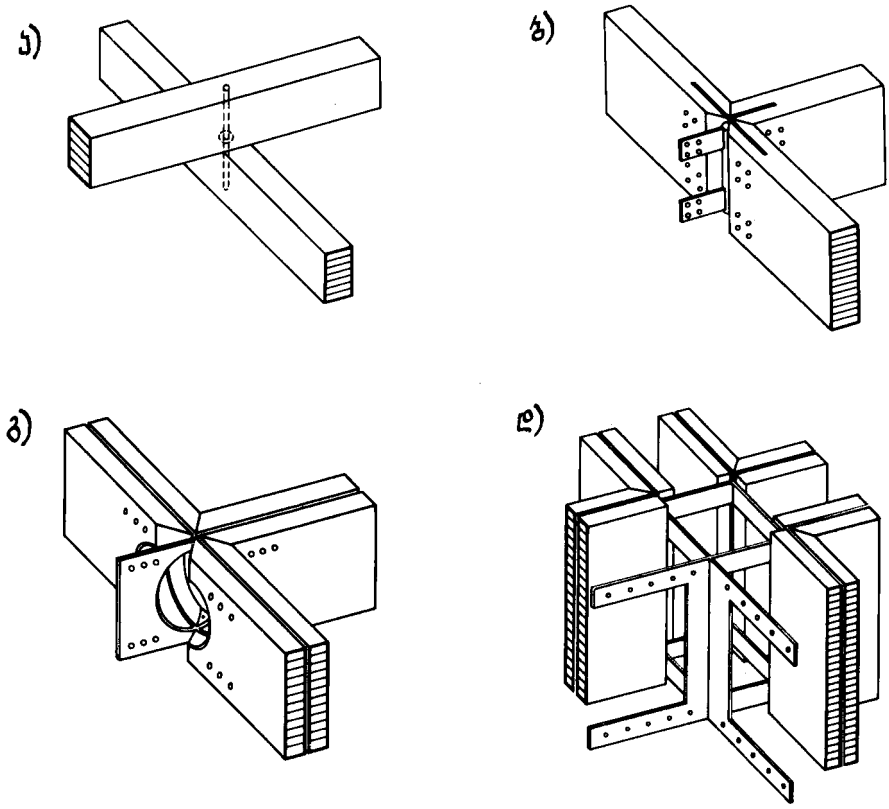


ნახ. 6.5. ურთიერთგადამკვეთი მთლიანკვეთიანი კოჭების ვარიანტები შვერთების 60⁰-იანი კუთხის შემთხვევაში : ა - ჰორიზონტალური ფოლადის თამასების ვარსკვლავის გამოყენებით; ბ - შვეული ფოლადის თამასების ვარსკვლავის გამოყენებით; გ - გაჭიმულ ზონაში მოთავსებული ფოლადის თამასების გამოყენებით, რომლებიც ერთმანეთზე არიან დადებული და კოჭებს ემაგრებიან წირწკიმალების დახმარებით; დ - ვარსკვლავი გაწყვილებული კოჭებისათვის ლურსმნოვანი თამასებითა და ჭანჭიკებით.

სუფთა ხის სტრუქტურები პრაქტიკაში იშვიათად გვხვდება. უფრო მეტი გავრცელება პოვა ხე - ლითონის სტრუქტურულმა კონსტრუქციებმა, სადაც ზედა სარტყელის და გისოსის ელემენტებად გამოყენებულია მერქანი, ხოლო ქვედა სარტყელის გაჭიმულ ელემენტებად - ლითონი.

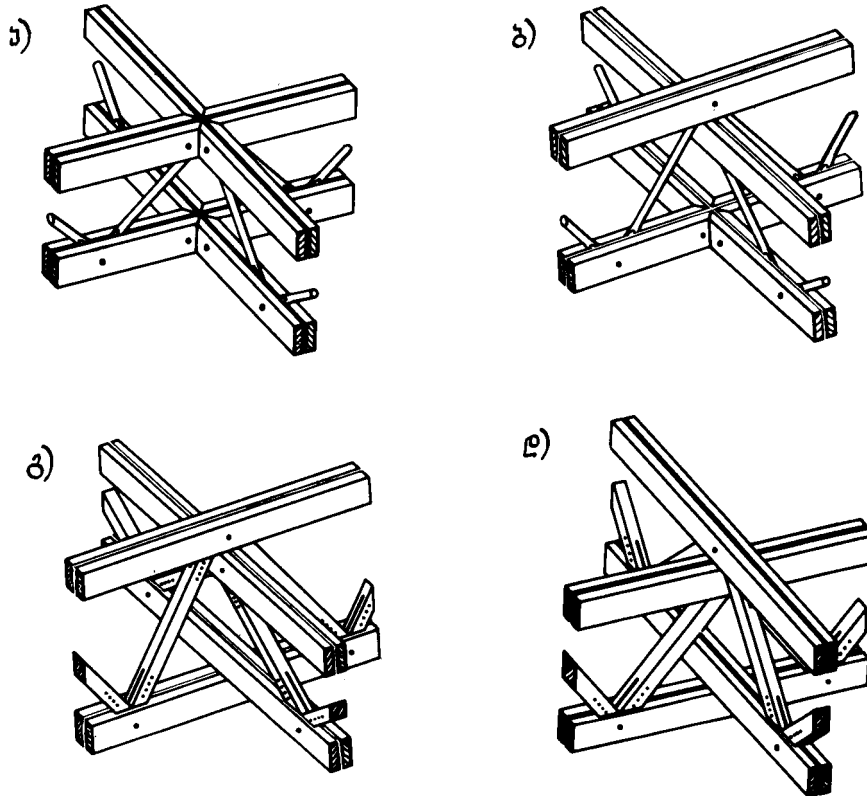
მთლიანკვეთიანი ურთიერთგადამკვეთი კოჭების სისტემის სტრუქტურაში ყველა კოჭი მუშაობს ღუნვაზე. განივი ძალები იწვევს ძვრის ძაბვებს კოჭის კედელში. განიკვეთის შერჩევითი ძირითადია ღუნვისა და ძვრის ძაბვები სამაგრებით შესუსტებულ განიკვეთში. ჩაღუნვის კრიტერიუმი, რომელიც ყველა სხვა შემთხვევაში გადამწყვეტია, ურთიერთგადამკვეთი კოჭების განიკვეთის შერჩევით, მათი მაღალი სტატიკური ურკვევობის გამო, ხშირად მეორე ხარისხოვანი ხდება, თუმცა იგი აუცილებელია გავითვალისწინოთ სამშენებლო აწვევის სიდიდის გამოთვლისას. სიხისტე გრეხისას მხედველობაში არ მიიღება. 6.5 და 6.6 ნახაზებზე მოცემულია ურთიერთგადამკვეთი კოჭების გადაწყვეტის სხვადასხვა ვარიანტები შეერთების 60° და 90°-იანი კუთხის შემთხვევაში.

ურთიერთგადამკვეთი გამჭოლი კოჭებისათვის (ფაქტიურად წამწეებისათვის) მღუნავი მომენტები, რომლებიც გადამწყვეტი იყო მთლიანკვეთიანი კოჭების განიკვეთის შერჩევით, გარდაიქმნებიან გრძივ ძალებად გისოსის ელემენტებში. ასეთი სისტემის კვანძების გადაწყვეტის ვარიანტი მოცემულია 6.7 ნახაზზე.



ნახ. 6.6. ურთიერთგადამკვეთი მთლიანკვეთიანი კოჭების კვანძების ვარიანტები შეერთების 90°-იანი კუთხის შემთხვევაში: ა - ჯვარედინად ერთმანეთზე გადადებული კოჭები. შეერთებისათვის გამოყენებულია წირწკიმაღები ან ჭანჭიკები; ბ - შვეულ მიღზე მიღებული ფოლადის თამასების ვარსკვლავის გამოყენებით; გ - ფოლადის ფურცლებისაგან დამზადებული ვარსკვლავის გამოყენებით, როცა კოჭებს ბოლოში აქვთ ამონაჭრები მოწყობილობების მონტაჟისათვის, ვარსკვლავები ჩაისმება ჩანაჭრებში ან გაწყვილებულ კოჭებს შუა და მაგრდება ჭანჭიკების საშუალებით; დ - ფოლადის თამასებისაგან დამზადებული ვარსკვლავის გამოყენებით მრავალელემენტოვანი კოჭების შესაერთებლად.

ურთიერთგადამკვეთი კოჭოვანი სისტემის სტატიკური გაანგარიშება წარმოებს ძალთა მეთოდით, სადაც ფენილი მხედველობაში მიიღება, როგორც ურთიერთგადამკვეთი კოჭების ზედა თარო, ან გისოსოვან სისტემას ცვლიან მთლიანით – კონსტრუქციას გაიანგარიშებენ, როგორც ფილას.



ნახ. 6.7. ურთიერთგადამკვეთი გამჭოლი კოჭების კვანძების ვარიანტები: ა - ზედა და ქვედა სარტყელები ერთ სიბრტყეში. დამაგრება ზოლოვანი ფოლადის ჯვარედლებით; ბ - ქვედა სარტყელები ერთ სიბრტყეში. ზედა სარტყელები განლაგებულია ერთმანეთზე გადადებით. კონსტრუქციის სხვადასხვა სიმაღლე განსხვავებული მალეების შემთხვევაში; გ - ზედა და ქვედა სარტყელები განლაგებული არიან ერთმანეთზე გადადებით. კონსტრუქციების განსხვავებული სიმაღლეები; დ - იგივე კონსტრუქციების ერთნაირი სიმაღლეები.

კონტურით დაყრდნობილი წებო-ფანერის ფილების სტატიკური გაანგარიშებისას საანგარიშო ძალების და ჩაღუნვების გამოთვლისას კონსტრუქცია შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ურთიერთგადამკვეთი კოჭების სისტემა. ამ ფილების განივკვეთი შედგება წიბოებისაგან და ფანერის თაროსაგან (შემოსვისაგან) სიგანით a_x , ერთი მიმართულებით და ფანერის თაროებისაგან, სიგანით a_y და არმატურის ღეროებისაგან - მეორე მიმართულებით, ხოლო განივკვეთის ინერციის მომენტების მნიშვნელობები, დაყვანილი ფანერაზე (ელემენტის დაყვანილი განივკვეთის ინერციის მომენტი მისი სიმძიმის ცენტრზე გამავალი ღერძის მიმართ) ტოლია:

კოჭებისათვის მთლიანი წიბოების გასწვრივ

$$J_{redx} = (\delta_1 h_1^2 + \delta_2 h_2^2) a_x + J_{rx} \frac{E_g}{E_{90^0}}; \quad (6.1)$$

კოჭებისათვის შედგენილი წიბოების გასწვრივ

$$J_{redy} = (\delta_1 h_1^2 + \delta_2 h_2^2) a_y + (A_{s1} h_{s1}^2 + A_{s2}^2) \frac{E_s}{E_g}, \quad (6.2)$$

სადაც δ_1, δ_2 , არის შესაბამისად შეკუმშული და გაჭიმული ფანერის თაროების (შემოსვის) სისქეები; h_1, h_2 - მანძილები განივკვეთის ნეიტრალური ღერძიდან შეკუმშულ ან გაჭიმულ ნაწიბურამდე; a_x, a_y - წიბოებს შორის დაშორება შესაბამისი მიმართულებებით; J_{rx} - ხის წიბოს ინერციის მომენტი განივკვეთის ნეიტრალური ღერძის მიმართ; E_s, E_g - არმატურისა და მერქნის დრეკადობის მოდულები; E_{gg}, E_{gg0} - ფანერის დრეკადობის მოდულები განაპირა ფენების მიმართულებით და მის მართობულად; A_{s1}, A_{s2} შეკუმშული და გაჭიმული ზონის არმატურის განივკვეთის ფართობები; h_{s1}, h_{s2} - მანძილები ნეიტრალური ღერძიდან შესაბამისად შეკუმშული ან გაჭიმული არმატურის სიმძიმის ცენტრამდე. ვიპოვით რა ცხრილის დახმარებით საანგარიშო ძალებს, შემდეგ გავიანგარიშებთ ნორმალური ძაბვების საშუალო მნიშვნელობებს შეკუმშული და გაჭიმული ფანერის თაროებში ორი მიმართულებით ფორმულებით:

$$\sigma_x = \frac{M_x h_1}{J_{redx}} \quad \text{და} \quad \sigma_y = \frac{M_y h_2}{J_{redy}}. \quad (6.3)$$

6.4. გუმბათები

სამშენებლო წარმოების ტექნოლოგიის თანამედროვე დონეს პასუხობს გუმბათოვანი სივრცითი კონსტრუქციები დაწებებული ხის წიბოებითა და შემომფარგვლელი ელემენტებით ფიცრებისაგან, პანელებისაგან ხის კარკასზე და ფილებისაგან ფანერის ან კონსტრუქციული პლასტმასების საფუძველზე.

გუმბათოვანი გადახურვა წარმოადგენს სივრცითი კონსტრუქციების ყველაზე გავრცელებულ ფორმას. გუმბათის მოხაზულობა დამოკიდებულია არქიტექტურულ და ტექნოლოგიურ მოთხოვნებზე, მასალის სახეობაზე, ელემენტების ტიპიზაციაზე, დამზადების სიმარტივეზე, ტრანსპორტირებაზე და კონსტრუქციის მონტაჟზე. გუმბათის დიამეტრი წებო-ფანერის ელემენტებისაგან აღწევს 90მ-მდე. ცნობილია ხის გუმბათები მალით 91, 105, 153 და 162მ, ხოლო ფირმა „ვეიერხოფს“ (აშშ) მიერ დამუშავებულია ხის გუმბათის პროექტი სტადიონის გადასახურავად მალით 257მ.

გუმბათზე მოქმედი დატვირთვების ძირითად სახეობებს მიეკუთვნება კონსტრუქციის საკუთარი წონა, თოვლი, ტექნოლოგიური დატვირთვები და ქარი. გუმბათის გაანგარიშების მეთოდის დამოკიდებულია გარსის ტიპზე და დატვირთვის სახეობაზე. დატვირთვა გუმბათზე შეიძლება მოქმედებდეს ღერძულ-სიმეტრიულად ან არასიმეტრიულად. პირველს მიეკუთვნება კონსტრუქციის საკუთარი წონა, აგრეთვე, როგორც ვარიანტი, თოვლის განაწილებული საფარის და სიმეტრიულად განლაგებული შეკიდული მოწყობილობების წონა; მეორეს - ქარის დატვირთვა; როგორც ვარიანტი - ცალმხრივი თოვლის და სიმეტრიული მოწყობილობების მასა.

გუმბათის გარსი ითვლება დამრეცად, თუ აწვეის ისრის ფარდობა დიამეტრთან $f/D \leq 0,2$. თუ ეს ფარდობა არ აღემატება 0,25, მაშინ ქარის მოქმედება გუმბათზე იწვევს უარყოფით წნევას, რაც განტვირთავს მას და საკმარისი საკუთარი წონის შემთხვევაში იგი მხედველობაში არ მიიღება.

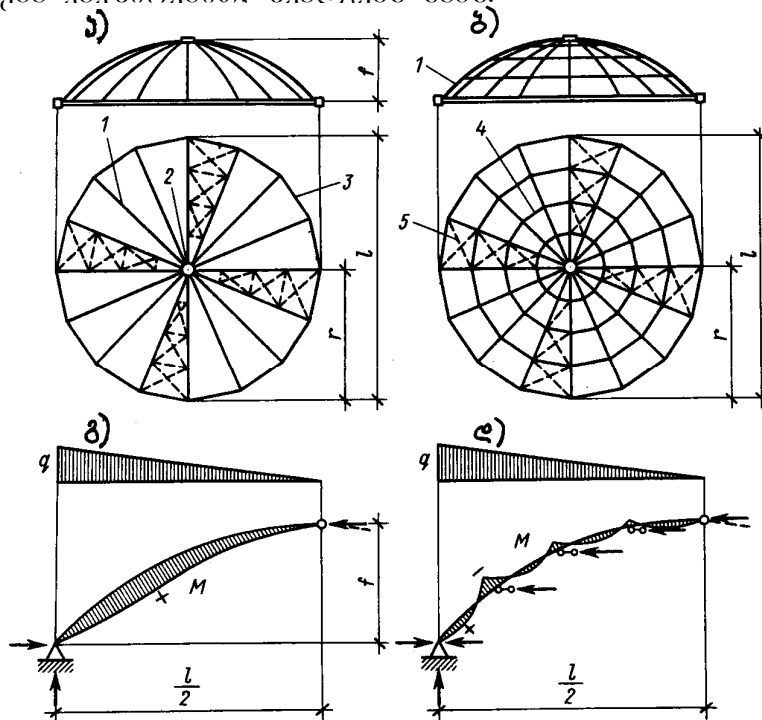
კონსტრუირების პრინციპებიდან გამომდინარე ანსხვავებენ წიბოვან, წიბოვან-რგოლურ და ბადისებრ გუმბათებს (რაც შეეხება თხელკედლიან გუმბათ-გარსებს, ისინი ამჟამად ნაკლებად გამოიყენება და ამიტომ სახელმძღვანელოში არ განვიხილავთ). ნებისმიერი, ამ სახის გუმბათებიდან, შედგება წიბოების სისტემისაგან (კარკასი), საყრდენი რგოლებისაგან და

შემომფარგვლელი კონსტრუქციებისაგან - ფენილი, შემოსვა, პანელი. ეს უკანასკნელი შეიძლება ჩართული იყოს კარკასის მუშაობაში.

6.4.1. წიბოვანი გუმბათები

წიბოვანი გუმბათი (ნახ. 6.8, ა) შედგება შემდეგი ძირითადი ელემენტებისაგან: წრის რკალის შესაბამისად მოღუნული წებო-ფანერისა ან ფიცრულ-დაწებებული წიბოებისაგან (კამარებისაგან), რომლებიც განლაგდებიან მერიდიანული მიმართულებით ერთმანეთისგან თანაბარი დაშორებით, რომელიც მაქსიმალურია ქვედა საყრდენ რგოლთან და მინიმალური - ზედასთან. კამარები შეიძლება იყოს მუდმივკვეთიანი ან ცვლადკვეთიანი კვეთის სიმაღლის მატებით ქუსლიდან კეხისაკენ. იმ შემთხვევაში, თუ კამარებად გამოყენებულია სწორხაზოვანი ელემენტები, მაშინ მიიღება კონუსური გუმბათი.

ზედა (კეხის) საყრდენი რგოლი შეიძლება იყოს ხის ან ლითონის და ემსახურება კამარების ზედა ბოლოების შეერთებას, ხოლო ქვედა საყრდენი რგოლი, რომელსაც წრის ან წესიერი მრავალკუთხედის ფორმა აქვს, სრულდება რკინაბეტონისაგან, იშვიათად ხისაგან. გუმბათის კამარების ზემოთა გრძივები და ფიცრული ფენილები ან წებო-ფანერის ფილები, რომელთა დანიშნულებაა გარე დატვირთვების მიღება და რადიალურ კამარებზე გადაცემა. ერთდროულად ეს ელემენტები გადახურვის სივრცით მდგრადობას უზრუნველყოფს. კამაროვანი წიბოების ყოველი მეოთხე ან მეხუთე წყვილი ქანობის სიბრტყეში იკვრება ლითონის კავშირებით (ჭიმვებით), თუმცა ზოგჯერ ამ დანიშნულებით ხის ძელებსაც იყენებენ, გაწყვილებული კამარების მინიმალური რაოდენობა, რომელიც იკვრება გააშორებით. შიდააგნს სამს.



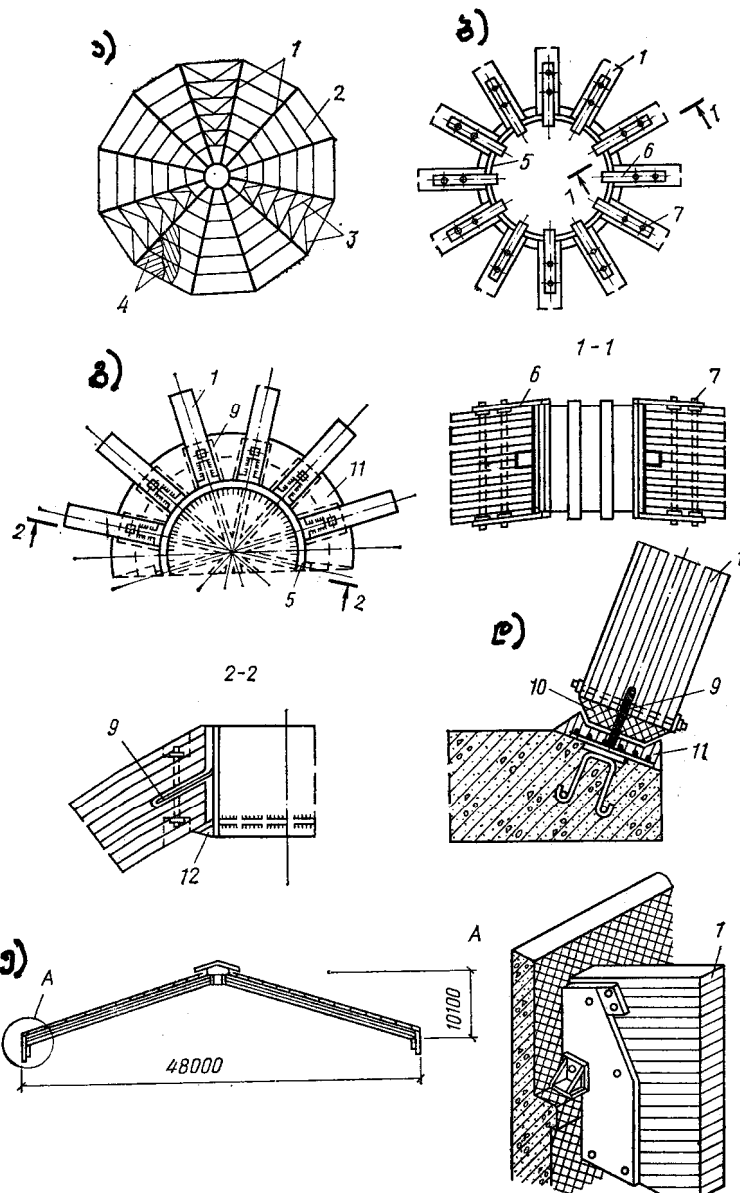
ნახ. 6.8. ხის გუმბათები: ა - წიბოვანი; ბ - წიბოვან-რგოლური; გ - წიბოვანი გუმბათის წიბოს საანგარიშო სქემა; დ - იგივე წიბოვან-რგოლური გუმბათისათვის; 1 - წიბო; 2 - ზედა (კეხის) საყრდენი რგოლი; 3 - ქვედა საყრდენი რგოლი; 4 - შუალედი რგოლი; 5 - კავშირები.

კამარების განივკვეთის სიმაღლე აიღება ზღვრებში $(1/50...1/75)D$, სადაც D გუმბათის დიამეტრია. ქვედა საყრდენ რგოლზე კამარის ბიჯი შეადგენს 4,5...6მ.

გრძივების არსებობის შემთხვევაში მასზე ეწეობა ორი ფენა ფიცრული ფენილი-გრძივი და ირიბი.

6.9. ნახაზზე მოცემულია 48მ დიამეტრის მქონე კონუსური ხის წიბოვანი გუმბათის კონსტრუქცია კვანძების ჩვენებით, სადაც მზიდ ნახევარკამარებად გამოყენებულია დაწებებული ფიცრული მუდმივკვეთიანი კოჭები.

წიბოვანი გუმბათის გაანგარიშება მისი ღერძის მიმართ ვერტიკალურ სიმეტრიულ დატვირთვაზე დაიყვანება ცალკეული ბრტყელი კამარების გაანგარიშებაზე, რომელთაგანაც თითოეული ღებულობს დატვირთვას სამკუთხედის ფორმის სატვირთო ფართობიდან. შესაბამისად, ჩვეულებრივი კამარებისაგან განსხვავებით, ნახევარკამარის მალის ფარგლებში მის გრძივ მეტრზე მოსული სატვირთო ფართობი და, აქედან გამომდინარე, კამარის გრძივი მეტრის დატვირთვა ცვალებადია (მაქსიმუმი ქვედა საყრდენთან და მინიმუმი - ზედასთან).



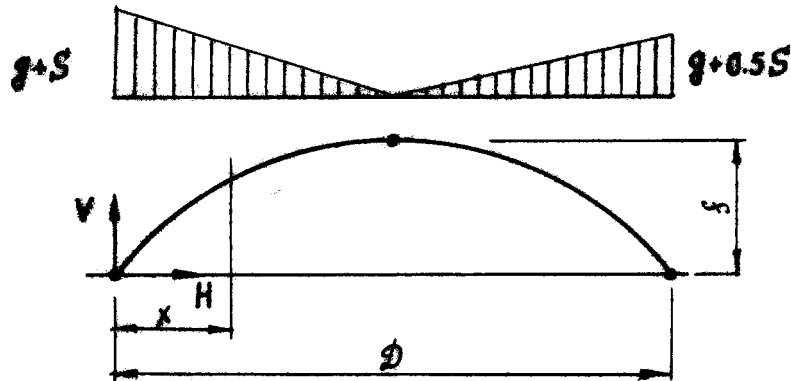
ნახ. 6.9. კონუსური ხის წიბოვანი გუმბათი: ა - გუმბათის გეგმა; ბ, გ - წიბოების ზედა საყრდენ რგოლთან მიმაგრების ვარიანტები; დ - ქვედა საყრდენ რგოლთან (ან საძირკველთან) წიბოების მიმაგრების კვანძი; ე - გუმბათის განივი ჭრილი; 1 - წიბო; 2 - გრძივები; 3 - კავშირები; 4 - ფენილი; 5 - ლითონის ზედა საყრდენი რგოლი; 6 - ლითონის თამასა; 7 - კბილა სოგმანი; 8 - სიხისტის წიბო; 9 - პლასტიკური სახსარი; 10 - სოლი დაწებებული მერქნისაგან; 11 - პოლიმერბეტონი; 12 - საყრდენი რგოლის მაგიდა.

მუდმივ (საკუთარი წონა, ფენილები, ჰიდროიზოლაცია, ბურული) და დროებით (თოვლი) დატვირთვაზე კამარის საანგარიშო სქემა წარმოდგენილია 6.10 ნახაზზე.

მუდმივი დატვირთვების ეპიურის უდიდესი ორდინატა

$$g = (g_j + g_b \cdot B) \frac{2l_0}{D}, \quad (6.4)$$

სადაც g_j არის კამარის გრძივი მეტრის წონა; g_b - სახურავის $1m^2$ წონა; B - მანძილი კამარებს შორის ქვედა საყრდენი რგოლის დონეზე; l_0 - კამარის რკალის სიგრძე; D - გუმბათის დიამეტრი.



ნახ. 6.10. მუდმივ და დროებით დატვირთვებზე წიბოვანი გუმბათის საანგარიშო სქემა.

იგივე ორდინატა თოვლის საანგარიშო დატვირთვებისაგან

$$S = S_0 \cdot \gamma_f \cdot \mu_2 \cdot B, \quad (6.5)$$

სადაც S_0 არის მიწის კორიზონტალური ზედაპირის $1m^2$ მოსული თოვლის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა; γ_f - დატვირთვის საიმედობის კოეფიციენტი; μ_2 - სახურავის პროფილზე დამოკიდებული კოეფიციენტი [5, დანართი 3, სქემა 2, ვარიანტი 2].

მღუნავი მომენტების მნიშვნელობები კამარის ნებისმიერ განივკვეთში გამოითვლება ფორმულით:

$$M = \alpha q D^2, \quad (6.7)$$

სადაც $q = P + S$ არის დატვირთვის სრული მნიშვნელობა: D - გუმბათის დიამეტრი; α - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია დატვირთვის ეპიურის სახეზე და აიღება X/D ფარდობაზე დამოკიდებულებით ცხრილებიდან.

ძალვა მრავალკუთხედის ქვედა საყრდენ რგოლში, როცა წიბოები დაყრდნობილია მრავალკუთხედის წვეროებზე თანაბარი დაშორებით

$$N = \frac{H}{2 \cos \alpha}, \quad (6.8)$$

სადაც H არის წიბოს (კამარის) საყრდენი რეაქციის თარაზული შემდგენი (განმზღენი); α - საყრდენი რგოლის გვერდებს შორის შიგა კუთხის ნახევარი.

ზედა შეკუმშული საყრდენი რგოლი მოწმდება კუმშვაზე მდგრადობის გათვალისწინებით და თელვაზე პირაპირებში:

კუმშვის ძალვა რგოლში

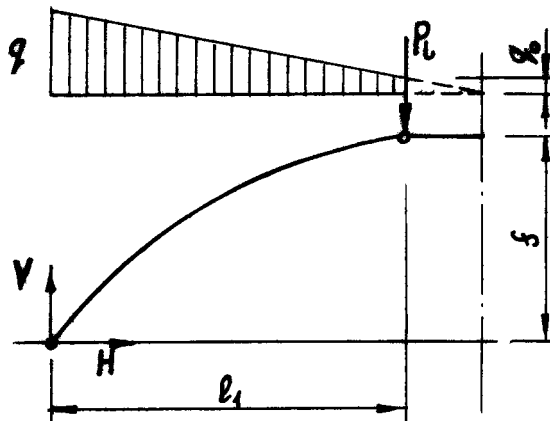
$$N_{r_0} = T_1 r_0 \cos \varphi; \quad (6.9)$$

რგოლის შემოწმება მდგრადობაზე

$$\sigma_{\rho r} = \frac{N_{\rho r}}{A_{\rho r}} = \frac{3E_{\rho r}J_{\rho r}}{r_{\rho r}^2 A_{\rho r}} \leq R_{\rho r}, \quad (6.10)$$

სადაც T_1 არის რგოლის ერთეულ სიგრძეზე მოსული მერიდიანული ძალვა; ρ - რგოლის შესაბამისი ცენტრალური კუთხის ნახევარი $A_{\rho r}$, $E_{\rho r}$, $J_{\rho r}$, $r_{\rho r}$ - შესაბამისად რგოლის განივკვეთის ფართობი, მასალის დრეკადობის მოდული, ინერციის მომენტი და სიმრუდის რადიუსი ვერტიკალური ღერძის მიმართ.

გუმბათზე სანათურის არსებობისას მიახლოებით გაანგარიშებისათვის განიხილება ნახევარკამარა, რომლის საანგარიშო სქემა 6.11 ნახაზზეა ნაჩვენები, სადაც P_b არის სანათურიდან გადაცემული დატვირთვა, ხოლო $q = g + P$ - მუდმივი და დროებითი დატვირთვების ჯამი.



ნახ. 6.11. სანათურიანი წიბოვანი გუმბათის ნახევარკამარის საანგარიშო სქემა

ნახევარკამარის საყრდენი რეაქციის შემდგენელი

$$V = P_b + 0,5(q + q_0)l_1; \quad (6.11)$$

$$H = \left(P_b + \frac{ql_1}{6} + \frac{q_1 l_1}{3} \right) \frac{l_1}{f_1}. \quad (6.12)$$

6.4.2. წიბოვან-რგოლური გუმბათები

წიბოვან-რგოლური გუმბათები შედგება ისეთივე ძირითადი ელემენტებისაგან, როგორც წიბოვანი. განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ მას დამატებული აქვს შუალედი კორიზონტალური რგოლები (ნახ. 5.14, ბ), რომლებიც წარმოადგენენ წესიერ მრავალკუთხედებს, შედგენილს დაწებებული ფიცრული კოჭებისაგან. მათი ზომები მცირდება საყრდენიდან კეხისაკენ. ეს რგოლები გუმბათის ყველა წიბოს აერთიანებს ერთიან სივრცით კონსტრუქციად, რომელსაც გააჩნია გაცილებით მეტი ზიდვის უნარი, ვიდრე წიბოვან გუმბათს.

ასეთ გუმბათს რგოლური გრძივების (რგოლების) სიბრტყეში არ გააჩნია თავისუფალი გადაადგილებები. რგოლური გრძივების განივკვეთის სიმაღლე მიიღება გუმბათის დიამეტრის 1/100...1/150 ნაწილი. წიბოების შეერთება რგოლებთან სახსროვანია. გუმბათი გაანგარიშდება, როგორც სივრცითი ღეროვანი სტატიკურად ურკვევი კონსტრუქცია იგივე დატვირთვებზე, როგორც წიბოვანი გუმბათი. სტატიკური გაანგარიშებისას წიბოს განიხილავენ, როგორც პირობითი სამსახსროვანი კამარის ნახევარს, რომელსაც შუალედი წრიული რგოლების მიმაგრების წერტილებში დამატებული აქვს კორიზონტალური საყრდენები. ასეთ შემთხვევაში, წიბოებში აღიძვრება მღუნავი მომენტები - დადებითი და უარყოფითი, გაცილებით მცირე სიდიდის, ვიდრე წიბოვან

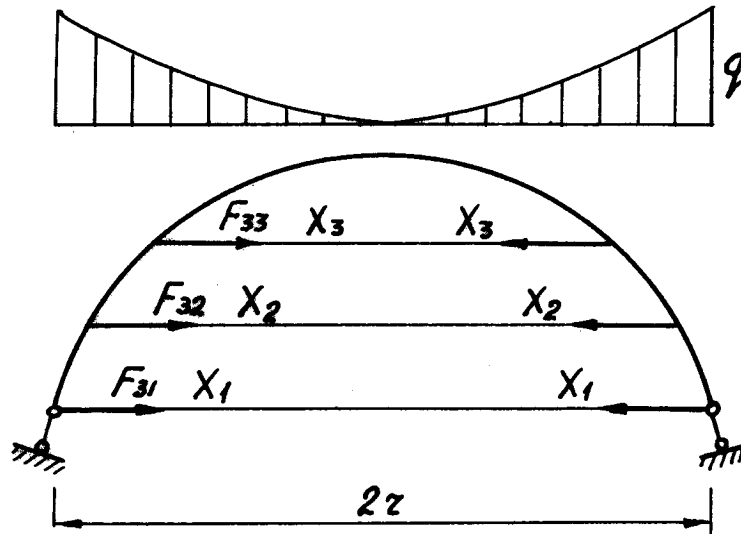
გუმბათში - გრძივი და განივი ძალები. ეს გაანგარიშება მოსახერხებელია ჩატარდეს დეფორმაციების მეთოდით. წიბოების განივკვეთები შეირჩევა და მოწმდება კუმშვაზე ღუნვით.

წიბოვან-რგოლური გუმბათის საანგარიშო სქემა მოცემულია 6.12 ნახაზზე.

პირობითი შემკრავის (რგოლური გრძივის) განივკვეთის ფართობი დერძულ-სიმეტრიული დატვირთვისას გამოითვლება ფორმულით:

$$A_g = \frac{2\pi A_{r\theta} E_{r\theta}}{n E_g} \quad (6.13)$$

სადაც n არის წიბოების რაოდენობა გუმბათში; $A_{r\theta}$, $E_{r\theta}$ - შესაბამისად რგოლის განივკვეთის ფართობი და დრეკადობის მოდული; A_g , E_g - შესაბამისად პირობითი შემკრავის განივკვეთის ფართობი და დრეკადობის მოდული.



ნახ. 6.12. წიბოვან-რგოლური გუმბათის საანგარიშო სქემა.

უცნობი ძალები შემკრავში მოხანშეწონილია გამოვთვალოთ ძალთა მეთოდით, რისთვისაც საჭირო იქნება ამოიხსნას განტოლებათა სისტემა, სადაც უცნობების რაოდენობა შეესაბამება შემკრავების (ე.ი. რგოლების) რაოდენობას.

რგოლური განივების შემოწმება სიმტკიცეზე წარმოებს ფორმულით:

$$\sigma = \frac{N^{r\theta}}{\phi A_{r\theta}} \leq R_j, \quad (6.14)$$

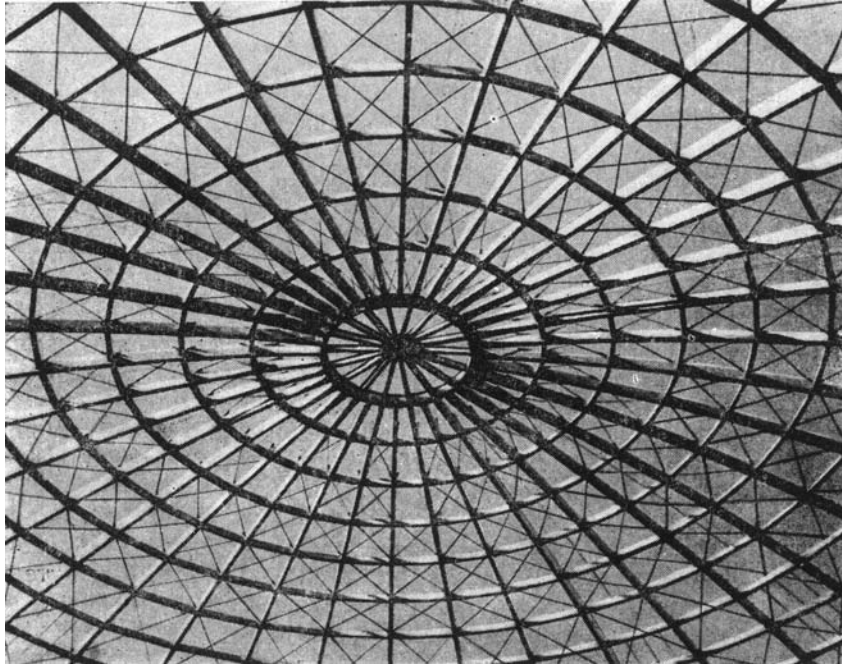
ხოლო მერიდიანული წიბოებისა - ფორმულით

$$\sigma = \frac{N^f}{A_f} + \frac{M^f}{\xi W_f} \leq R_j, \quad (6.15)$$

სადაც $N^{r\theta}$, N^f - შესაბამისად, გრძივი ძალაა რგოლურ გრძივებში და მერიდიანულ წიბოებში; $A_{r\theta}$, A_f - შესაბამისად, რგოლური გრძივის და მერიდიანული წიბოს განივკვეთის ფართობი; ϕ - გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი; M^f - მღუნავი მომენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა მერიდიანულ წიბოში; W_f - მერიდიანული წიბოს განივკვეთის სტატიკური მომენტი; ξ - დამატებითი მღუნავი მომენტის გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი (ჩვენს შემთხვევაში $\xi = 1$, რადგანაც წიბო მთელ სიგრძეზე ეყრდნობა დრეკად ფუძეს გარსის ფენილის სახით); R_j - მერქნის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე.

არასიმეტრიული დატვირთვების მოქმედების შემთხვევაში გუმბათი გაანგარიშდება წიბოვანი გუმბათის ანალოგიურად.

გუმბათების გაუმჯობესებულ კონსტრუქციულ სქემას, რომელშიც გათვალისწინებულია სისტემის კავშირების გაზრდა, წარმოადგენს წიბოვან-რგოლური გუმბათი გისოსოვანი კავშირებით (ნახ. 6.14, ა), რომელიც ეწეობა წიბოვან-რგოლური გუმბათის ყველა ოთხკუთხა უჯრედში დიაგონალების სახით. ისინი ებმებიან მუშობაში და მნიშვნელოვნად ამცირებენ ძაღვებს წიბოებსა და რგოლებში. ასეთი გუმბათის საერთო ხედი მოცემულია 6.13 ნახაზზე.

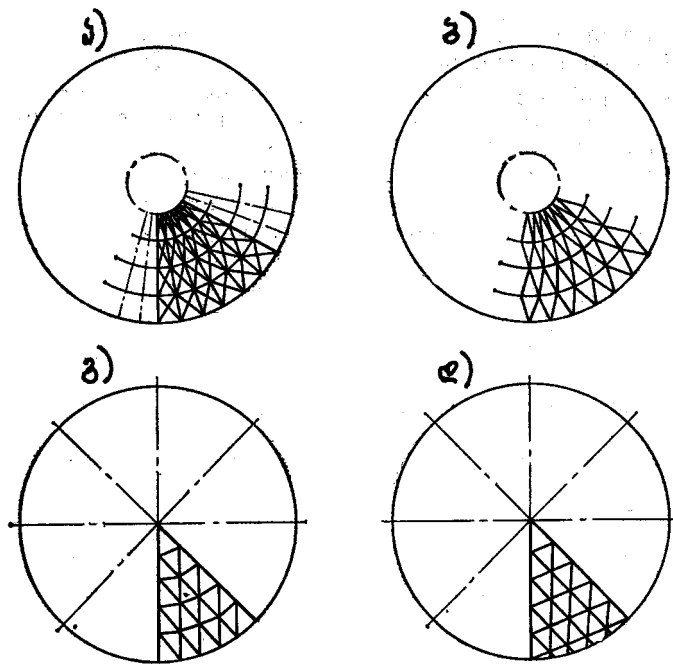


ნახ. 6.13. წიბოვან-რგოლური გუმბათი ბადისებრი კავშირებით, დიამეტრით 91,5 მ (შტატი ონტანა, აშშ).

6.4.3. ბადისებრი გუმბათები

ბადისებრი გუმბათები წარმოადგენს ბრუნვით სფერულ ზედაპირში ჩაწერილ მრავაწახნაგებს. ბადე შედგება სამკუთხედების, ტრაპეციების, რომბების, ხუთკუთხედების, ექვსკუთხედების ან სხვა ფიგურების ერთობლიობისაგან. გისოსის ელემენტები კვანძებში შეერთებულია სახსროვნად. ბადისებრი გუმბათი წარმოადგენს გამბჯენიან სისტემას, რომელსაც ღებულობს ქვედა საყრდენი რგოლი. გუმბათების ბადისებრმა სქემებმა ფართო გავრცელება პოვა დიდი დიამეტრის (257 მეტრამდე) გარსების მშენებლობაში.

პრაქტიკაში ყველაზე მეტად გავრცელდა გუმბათები სამკუთხა უჯრედებით, რასაც განსაზღვრავს წიბოვან-რგოლური გუმბათები გისოსოვანი კავშირებით. ანსხვაებენ ბადისებრი ზედაპირების მიღების ორ მეთოდს. შედარებით დამრეცი გუმბათებისათვის მისაღებია პირველი მეთოდი, რომელიც ემყარება ბრტყელი ბადის აგებას მრავალი ერთნაირი სივრცითი ზედაპირის სექტორებისაგან და შემდეგ მის დაპროექტებას გუმბათის მრუდწრიულ ზედაპირზე. ასეთს მიეკუთვნება ბადისებრი გუმბათების შემდეგი სქემები: 1) წიბოვან-რგოლური გისოსოვანი კავშირებით (შვედლერის გუმბათი) (ნახ. 6.14, ა); 2) ვარსკვლავისებრი სქემა (ფეპლის გუმბათი) (ნახ. 6.14, ბ); 3) ჩივიტას სქემა (ნახ. 6.14, გ) 4); რომბული სქემა (ნახ. 6.14, დ).

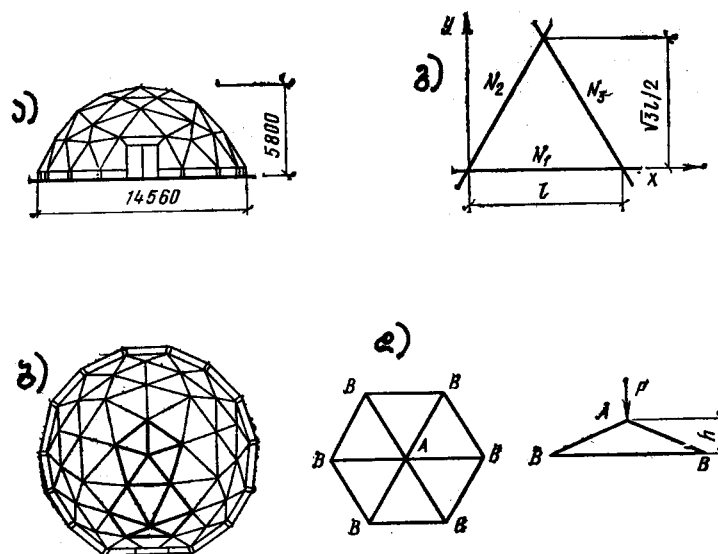


ნახ. 6.14. ბადისებრი გუმბათების სქემები: ა - წიბოვან-რგოლური გისოსოვანი კავშირებით; ბ - ვარსკეკლავისებრი; გ - ჩივიტას სქემა; დ - სქემა „რომბი“.

ბადისებრი ზედაპირის აგების მეორე მეთოდი უფრო გამოსადეგია შემადგენელი სფერული გუმბათებისათვის და დაფუძნებულია სფეროში ჩაწერილი წესიერი მრავალწახნაგების - დოდეკაედრის (თორმეტწახნაგა) და კოსაედრის (ოცწახნაგა) თანდათანობით დანაწევრებაზე. ელემენტარული სამკუთხედები სფეროს დანაწევრების შემდეგ შეიძლება გაერთიანდნენ რომბულ, სამკუთხა, ექვსკუთხა პანელებად.

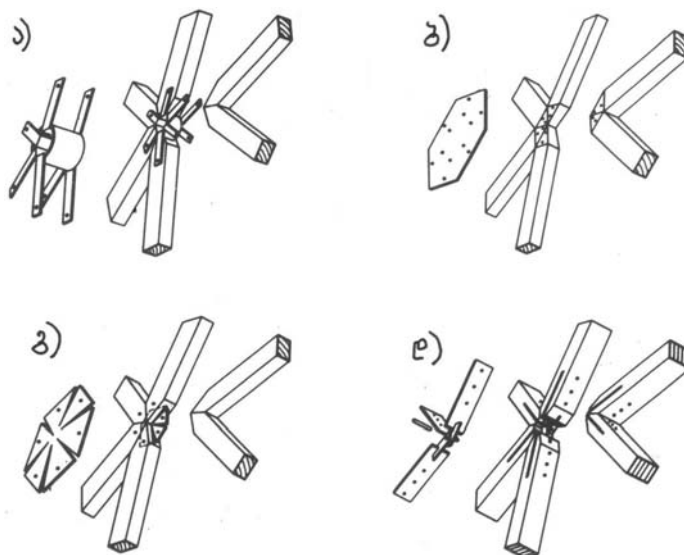
ბადისებრი ზედაპირის მიღების ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება პლასტმასების, წებო-ფანერის და ხის ასაწყობი გუმბათების მშენებლობაში.

პლასტმასისა და ხის ბადისებრი ასაწყობი გუმბათები, დიამეტრით 6...8მ, გამოიყენება საცხოვრებელ სახლებში, ხოლო 50 მეტრამდე მაღლის შემთხვევაში წაკვეთილი სფერული გარსის სახით - რადიოტელესკოპის ანტენის ულთონო თავშესაფარში (რადარებში). ხუთ და ექვსწახნაგა წებო-ფანერის პირამიდებისაგან აწყობილი მრავალწახნაგა გუმბათის მაგალითი მოცემულია 6.15 ნახაზზე.



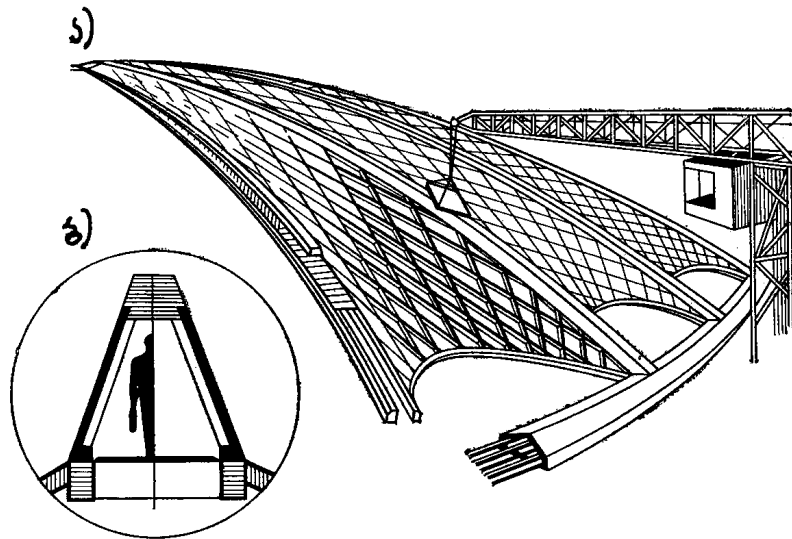
6.15. მრავალწახნაგა ბადისებრი გუმბათი: ა - ფასადი; ბ - გეგმა; გ - ძალების განსაზღვრა ღეროებში; დ - ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება.

ბადისებრი გუმბათების ყველაზე გავრცელებული სამკუთხა უჯრედოვანი სქემის დროს თითოეულ კვანძში თავს იყრის 5 ან 6 ღერო, რომელთა შეერთებაც სახსროვანია. მცირე მალეების შემთხვევაში, კვანძის მონტაჟისათვის იყენებენ ზოლოვანი ფოლადისაგან დამზადებულ U - მაგვარ ელემენტებს (ნახ. 6.16, ა), რომლებიც მოთავსებული არიან ფოლადის რგოლში, ხოლო დიდი მალეების შემთხვევაში მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს ფანერის ან ფოლადის (ნახ. 6.16, ბ) კორიზონტალური ფირფიტები, რომლებითაც კვანძი იკვრება ორი მხრიდან ლურსმნების (ხრახნების) საშუალებით. ზოგჯერ მიმართავენ ლითონის შვეული ფირფიტების გამოყენებასაც წირწკიმალებზე (ნახ. 6.16, დ).



ნახ. 6.16. ბადისებრი გუმბათების კვანძები: ა - U - მაგვარი ზედები ზოლოვანი ფოლადისაგან ფოლადის რგოლში; ბ - ფანერის ფირფიტები კვანძის ორივე მხარეს; გ - ფოლადის ფირფიტა, ჩასმული ღეროების შუა კორიზონტალურ ჩანაჭერში და დამაგრებული ხრახნებით; დ - შვეული ფოლადის ფირფიტა, ჩასმული ღეროების შვეულ ჩანაჭერებში და დამაგრებული წირწკიმალებით.

მეტად საინტერესო კონსტრუქციას წარმოადგენს ამერიკის შეერთებული შტატების ფირმა „ვაიერხოზერ“-ის (ქ. ტაკომა) მიერ დამუშავებული დახურული სტადიონის გუმბათის პროექტი დიამეტრით 257მ. (ნახ. 6.17). გუმბათის კონსტრუქციისადმი ინტერესი იმით არის განპირობებული, რომ ასეთი უნიკალური მალის შემთხვევაში (დღეისათვის მსოფლიოში ყველაზე დიდი მალი აქვს ქ. ჰიუსტონის სტადიონის ფოლადის გუმბათს - 196მ) კონსტრუქციულ მასალად გამოყენებულ იქნა არა ფოლადი ან რკინაბეტონი, არამედ დაწებებული მერქანი. ასეთი გადაწყვეტა მიღებულ იქნა ეკონომიური მოსაზრებებით. ხის გუმბათის ღირებულებამ შეადგინა 66 დოლარი კორიზონტალური ფართობის 1მ²-ზე. არის აზრი, რომ ეს იქნება მსოფლიოში ყველაზე იაფფასიანი დიდმალიანი გუმბათი. მისი მშენებლობა გათვალისწინებულია სტადიონების გადასახურავად ამერიკის ოთხ ქალაქში: დეტროიტში, ფილადელფიაში, ნიუ-ორლეანსა და პორტლენდში. გუმბათის აწვევის ისარი 76 მეტრია.



ნახ. 6.17. 257მ დიამეტრის ბადისებრი გუმბათის პროექტი (აშშ): ა - გუმბათის ფრაგმენტი; ბ - მერიდიანული წიბოს განივკვეთი.

კონსტრუქციის მთავარ ელემენტებს წარმოადგენს სამკუთხა კოლოფისმაგვარი ცვლადკვეთიანი რადიალური წიბოები (ნახ. 6.17, ბ). მისი განივკვეთის მაქსიმალური სიმაღლეა 334სმ, სიგანე - 274სმ. თითოეულ წიბოს აქვს ორი ქვედა სარტყელი და ერთი ზედა, რომლებიც წარმოადგენენ დაწებებულ ფიცრულ ელემენტებს. სამივე სარტყელს ერთნაირი სიმაღლე აქვთ - 61სმ. ქვედა სარტყელების სიგანეა 36სმ, ზედასი - 91სმ. წიბოების კედლებისათვის გამოყენებულია 76მმ სისქის მრავალფენიანი სამშენებლო ფანერი გაძლიერებული სიხისტის ელემენტებით.

წიბოებს შორის რომელი ბაღე შექმნილია დაწებებული წირთხლებისაგან. წიბოები ეყრდნობა ქვედა საყრდენ რგოლს, რომელიც აგრეთვე დამზადებულია დაწებებული მერქნისაგან და კოლოფისმაგვარი განივკვეთი აქვს. მასში გადის წინასწარდაძაბული ფოლადის ბაგირები, რომლებიც დებულობენ განმბჯენს. ფენილად გამოყენებულია რომბის ფორმის ფანერის პანელები. ბურულად-ალუმინის შენადნობის ფურცლები.

ბადისებრი გუმბათების გაანგარიშება წარმოებს უმომენტო თეორიით, როგორც მთლიანკვეთიანი ღერძულ-სიმეტრიული გარსების. ძალები გუმბათის ღეროებში განისაზღვრება მერიდიანული T_1 და რგოლური T_2 ძალების გამრავლებით ღეროებს შორის შესაბამის მანძილზე გუმბათის განსახილველ განივკვეთში და ამ ძალების პროექტირებით ღეროების მიმართულებაზე (ნახ. 6.15). როცა ბადის უჯრედი წარმოადგენს ტოლგვერდა სამკუთხედს, მაშინ ძალები ღეროებში:

$$\begin{aligned}
 N_1 &= \frac{1(3T_1 - T_2)}{2\sqrt{3}}; \\
 N_2 &= \frac{1(T_2 - \sqrt{3} \cdot S)}{\sqrt{3}}; \\
 N_2 &= \frac{1(T_2 - \sqrt{S})}{\sqrt{3}},
 \end{aligned}
 \tag{6.16}$$

სადაც 1 არის უჯრედის გვერდის სიგრძე; S - ძერის ძალვა.

გრძივი N_1 , N_2 და N_3 ძალების გარდა ღეროებში შეიძლება აღიძვრას მღუნავი მომენტებიც ადგილობრივი დატვირთვისაგან, რომელიც აუცილებელად უნდა გავითვალისწინოთ ღეროების გაანგარიშებისას ექსცენტრულ კუმშვაზე.

ბადისებრი გუმბათის ადგილობრივი მდგრადობის დაკარგვა ხასიათდება კვანძის ცენტრის გადაადგილებით სფეროს ცენტრის მიმართულებით (ნახ. 6.15, დ). ადგილობრივ მდგრადობაზე გაანგარიშებისას კვანძის ღერო მოწმდება გრძივ ღუნვაზე, როცა მისი საანგარიშო სიგრძე ტოლია

$$l_b = \frac{\pi r_{\rho} \sqrt{1 \sqrt{\frac{3}{h^3}}}}{1} \quad (6.17)$$

სადაც r_{ρ} არის ღეროს განივკვეთის ინერციის რადიუსი; 1 - ღეროს გეომეტრიული სიგრძე; h - პირამიდის კვანძის წვეროს აწევა მეზობელ კვანძებთან შედარებით (ნახ. 6.15, დ).

გუმბათის საერთო მდგრადობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია, რომ გუმბათზე მოსული რადიალური თანაბრად განაწილებული წნევა არ აღემატებოდეს კრიტიკულ მნიშვნელობას:

$$g_{კრ} = 1,6 \frac{EA r_{\rho}}{l r^2}, \quad (6.18)$$

სადაც E , A , r_{ρ} , 1 - შესაბამისად ღეროს დრეკადობის მოდული, განივკვეთის ფართობი, ინერციის რადიუსი და გეომეტრიული სიგრძე; r - სფეროს რადიუსი.

6.5. გარსები

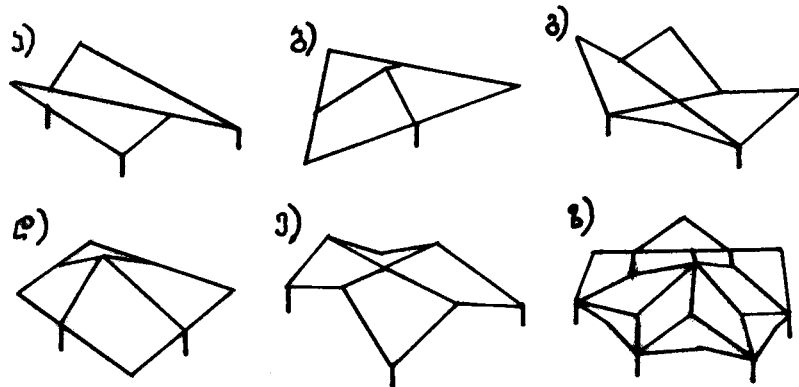
ორმაგი სიმრუდის ზედაპირებიანი ხის გარსებიდან ყველაზე მეტი გავრცელება პოვა ჰიპერბოლურმა გარსებმა, რაც განაპირობა ასეთი გარსების თვისებამ - შექმნან მრუდი ზედაპირები სწორხაზოვანი ელემენტებისაგან. მათგან კონსტრუქციის სიმარტივითა და არქიტექტურული გამომსახველობით გამოირჩევა ორი ტიპი - ჰიპერბოლური პარაბოლოიდი (ჰიპარი) და ბრუნვითი პარაბოლოიდი. ჰიპარების საბორტო ელემენტებიც სწორხაზოვანი აქვთ, თუმცა ზოგჯერ იყენებენ შედგენილ გარსებს მრუდწრიული ორი, სამი, ოთხი და მეტი ჰიპარისაგან. მათგან ყველაზე პრაქტიკულია ოთხი ჰიპარის შეუღლება. ამ შემთხვევაში გამოიყენება ოთხკუთხა ჰიპარები და კონსტრუქციული გადწყვეტა მარტივდება. კონტურზე გარსი ეყრდნობა სვეტებს ან წამწვეებს. კონტურის საყრდენი ელემენტები წარმოადგენს ხისტ ელემენტებს თავიანთ სიბრტყეში და მოქნილებს მის მართობულად. ძირითადი საყრდენები განლაგებულია გარსის კუთხეებში ან კეხში (ქოლგისმაგვარი გარსები), ხოლო თვით კუთხეებს შეიძლება ჰქონდეთ კონსოლური გადწყვეტა.

ამის შესაბამისად ხდება შემკრავების განლაგება, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეთ ორთოგონალური ან დიაგონალური მიმართულება.

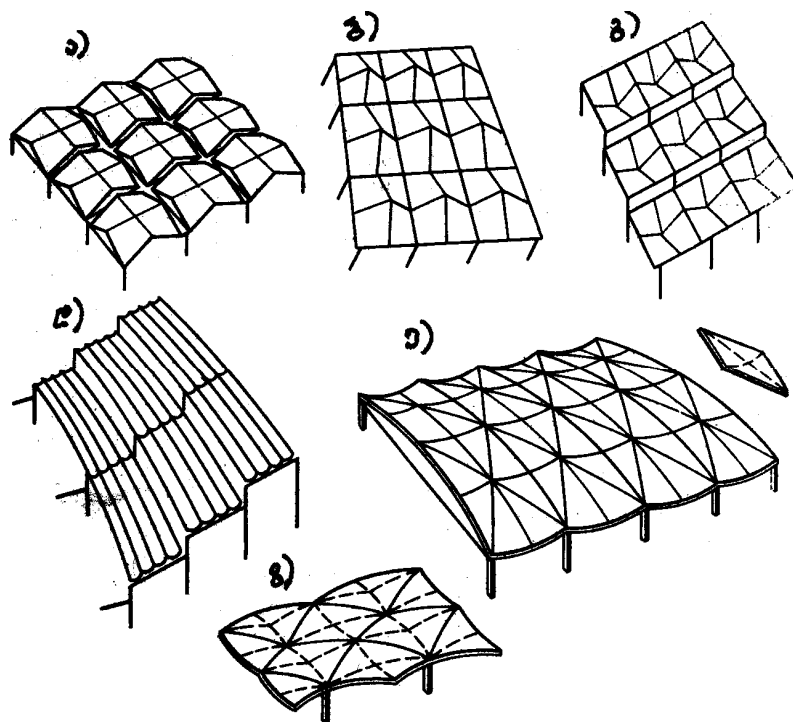
სწორკუთხა ჰიპარები საშუალებას გვაძლევს, შევქმნათ შედგენილი გარსები მრავალმალიანი სამრეწველო შენობებისათვის (ნახ. 6.19). მათგან უმეტესწილად იყენებენ „ჯვრისმაგვარ“ სახურავებს (ნახ. 6.19, ა) და „ქოლგისმაგვარ“ გარსებს (ნახ. 6.19, ბ, გ). ზედა ბუნებრივი განათებისათვის გამოიყენება ცალკეულ ჰიპარებს შორის დარჩენილი დიობები. საზღვარგარეთ გავრცელება პოვა ღარისმაგვარმა გარსებმა (ნახ. 6.19, დ). გარდა ტოლგვერდიანი ჰიპერბოლური პარაბოლოიდებისა, გამოიყენება აგრეთვე არატოლგვერდებიანი ჰიპარები, რომელთა გეგმაც შეიძლება იყოს რომბისებრი. ასეთი გარსები კომპლექტდება რამდენიმე ტიპის ერთნაირი რომბული ელემენტისაგან, მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ მრავალტალღოვანი თაღოვანი გადახურვა რომბისმაგვარი ფილებისაგან ჰიპარების სახით სწორკუთხა გეგმის შენობისათვის (ნახ. 6.19, ე). შესაძლებელია აგრეთვე მრავალტალღოვანი

სახურავის კონსტრუქციული სქემები, რომელიც აერთიანებს დიაგონალური წიბოთი შეერთებულ რომბულ და სამკუთხა გარსებს (ნახ. 6.19, ე).

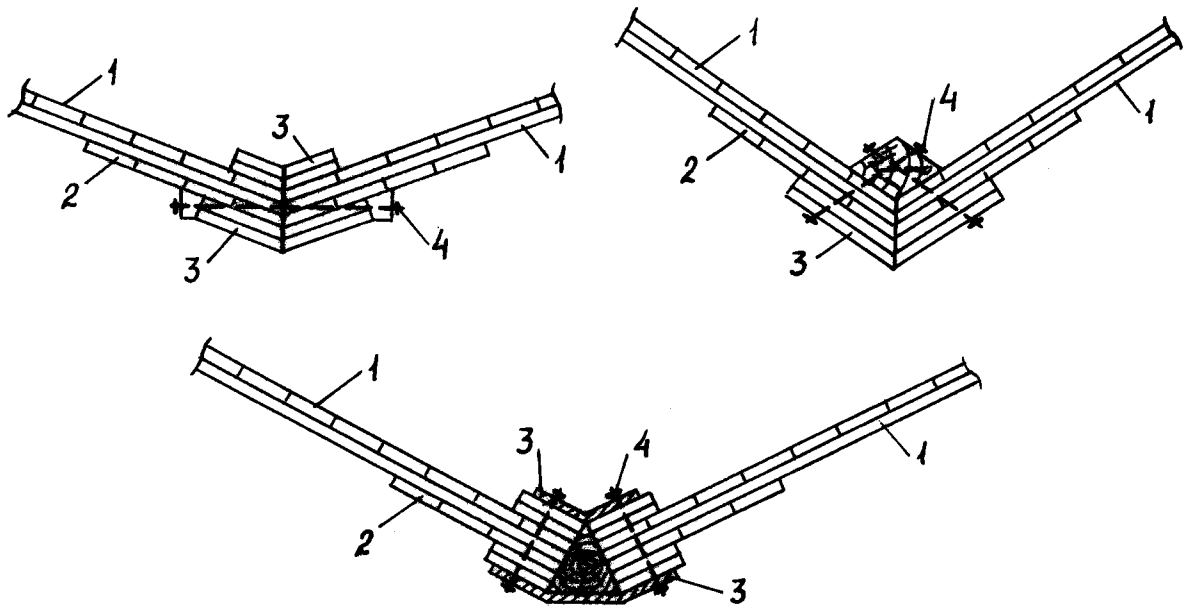
ჰიპარები თანაბარი წარმატებით შენდება როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი გაუსის სიმრუდით. დიდმალიანი სამოქალაქო დანიშნულების შენობისათვის იყენებენ ირიბკუთხა ჰიპარებს. საბორტე ელემენტები მზადდება დაწებებული ფიცრებისაგან სიგანით 50...200მმ, სიმაღლით 150...300მმ და იკვრება ჭანჭიკებით (ნახ. 6.20). განაპირა ზონებში გარსის ტანი საყრდენებთან და კვანძებში ძლიერდება დამატებით ერთი - ორი ფენა ფიცრებით. გარსის ტანი, ხისტი და საბორტე ელემენტები უნდა შეესაბამებოდეს ხის კონსტრუქციების I და II კატეგორიებს.



ნახ. 6.18. ჰიპერბოლური პარაბოლოიდების კონსტრუქციული სქემები: ა - შეუღლება ორი ელემენტისაგან; ბ - იგივე, სამი ელემენტისაგან; გ, დ, ე - იგივე ოთხი ელემენტისაგან; ზ - იგივე ხუთი ელემენტისაგან.



ნახ. 6.19. ჰიპერბოლური პარაბოლოიდებისაგან შედგენილი მრავალტალღოვანი სახურავის კონსტრუქციული სქემები.



ნახ. 6.20. პიპერბოლური გარსების საბორტე ელემენტები: 1 - გარსის ტანი; 2 - გარსის ტანის გაძლიერება; 3 - საბორტე ელემენტები; 4 - ჭანჭიკები.

ჰიპარები მიეკუთვნება განმბჯენიან კონსტრუქციებს. განმბჯენს თავის თავზე ღებულობს ფოლადის შემკრავი ან საძირკვლები. გარსის მასა შეადგენს 20...30 კგ/მ².

თავი 7. პლასტმასები

7.1. ზოგადი ცნობები პლასტმასების შესახებ

პლასტმასები ეწოდება მასალებს, რომელთა საფუძველს წარმოადგენს ხელოვნური ან ბუნებრივი მაღალმოლეკულური სინთეზური პოლიმერები, რომლებსაც თვისება აქვთ მაღალი ტემპერატურის და წნევის გავლენით მიიღონ ნებისმიერი ფორმა და გაცივების შემდეგ შეინარჩუნონ იგი ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში.

პლასტმასა კომპოზიციური მასალაა და მისი შემადგენელი კომპონენტებია: შემკვრელი, შემავსებელი, მარმირებელი, პლასტიფიკატორი, გამამაგრებელი, სტაბილიზატორი, შემაფერადებელი, კატალიზატორი, ფორმაწარმოქმნელი, ანტისტატიკი. ამ კომპონენტებისაგან ძირითადია **შემკვრელი ნივთიერება** - პოლიმერი, რომელიც ბუნებრივი ან ხელოვნური სინთეზური მასალაა და ის პლასტმასის საფუძველს წარმოადგენს. ბუნებრივი პოლიმერის ნიმუშია მერქნის ცელულოზა ($C_6H_{10}O_5$), ხოლო სინთეზურ (ხელოვნურ) პოლიმერებს, რომლებიც მიიღება პოლიმერიზაციის რეაქციის შედეგად, მიეკუთვნება: პოლივინილაცეტატი, პოლივინილქლორიდი, პოლიმეთილმეთაკრილატი, პოლიპროპილენი, პოლისტიროლი, პოლიეთილენი და სხვ. პოლიკონ-დენსაციის რეაქციის დახმარებით კი მიიღება ფენოლფორმალდეჰიდური პოლიმერები: რეზორცინულ-ფორმალდეჰიდური, კარბამიდული, პოლიეთერული, პოლიურეტანული, ეპოქსიდური, კაუბადორგანული და სხვ.

შემავსებელი თავისებურ კარკასს წარმოადგენს და პლასტმასაში შეიტანება მასალის ეკონომიისა და სიმტკიცის უზრუნველსაყოფად. ფორმის მიხედვით იგი შეიძლება იყოს მარცვლოვანი, ბოჭკოვანი, ფენოვანი და სხვ. შემავსებლის სახეებია: აზბესტი, მერქნის ბოჭკო, მინის ბოჭკო, ხის ფქვილი, ტალკი, კვარცული ფქვილი, ბარიტი, ცარცი, ქაღალდი, ბამბეულისა და მინის ბოჭკოვანი ქსოვილები, ხის შპონი, მუყაო და სხვ.

პლასტიფიკატორი პლასტმასას ანიჭებს მოქნილობასა და ელასტიურობას. აადვილებს მის გადაამუშავებას, ადიდებს სითბო- და ყინვამდეგობას, ამცირებს სიხისტესა და სიფიცხეს. პლასტმასაში პლასტიფიკატორის რაოდენობამ შეიძლება მიაღწიოს პოლიმერის მასის 30...50%, ის უნდა იყოს ქიმიურად ინერტული, მცირეაქროლადი და უვნებელი ნივთიერება. პლასტიფიკატორებად გამოიყენება გლიცერინი, დიოქტილფთალატი და სხვა უმადლესი სპირტების ფტალატები.

მარმირებელი ძირითადად გამოიყენება ფენოვანი პლასტმასებისათვის. მისი სახეებია: ქაღალდი, მინის ბოჭკო, ბოჭკოვანი ქსოვილის ნაირსახეობები, შპონი და სხვ.

გამამაგრებლის დანიშნულებაა დამზადების პროცესში ტექნოლოგიურად დაახქაროს პლასტმასის გამყარების დრო, თუმცა ზოგიერთი ტიპის პლასტმასების წარმოებაში გამოიყენება ინგიბიტორიც, რომელიც პირიქით, ანელებს პლასტმასის გამყარების პროცესს.

სტაბილიზატორი ხელს უწყობს პლასტმასის თავდაპირველი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შენარჩუნებას ხანგრძლივი ექსპლუატაციის პირობებში, ანუ ამცირებს დესტრუქციის პროცესების სიჩქარეს სხვადასხვა ფაქტორების მოქმედებისას (ტემპერატურა, მზის რადიაცია და სხვ.).

შემაფერადებლის (პიგმენტის) დანიშნულებაა მიცეს პლასტმასას გარკვეული ფერი. იგი მინერალური ან ორგანული სინთეზური ნივთიერებაა, რომელიც კარგად იხსნება შემკვრელ მასალაში და სითბომდეგია პლასტმასის წარმოებისათვის საჭირო ტემპერატურის ზღვრებში.

კატალიზატორი (დამაჩქარებელი) თვითონ არ მონაწილეობს გამყარების პროცესში, მაგრამ მისი არსებობა ხელს უწყობს გამყარებას. მაგალითად ფენოლფორმალდეჰიდური პოლიმერებისათვის კატალიზატორად გამოიყენება კირი და უროტრიპინი.

ფორაწარმოქმნელი დანამატები გამოიყენება ქაფპლასტების წარმოებაში. იგი ხელს უწყობს თერმოპლასტიკური ან თერმორეაქტიული ფისის აქაფებას ცხელ მდგომარეობაში.

ანტისტატიკი ამცირებს პოლიმერული მასალების ელექტრიზაციას მათი გადამუშავების და ექსპლუატაციის დროს. პლასტმასების დიდი ნაწილი (პოლივინილქლორიდი, პოლისტიროლი, პოლიონეფილი და სხვ.) ადვილად აგროვებს ელექტრულ მუხტს, რადგანაც ისინი ბუნებით დიელექტრიკებია, ანუ ელექტრობის ცუდი გამტარებია, ამიტომ ასეთი პლასტმასები ითხოვენ ანტისეპტიკების დამატებას. ისინი შეიძლება იყოს ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები და ელექტრობის გამტარი შემავსებლები (ჭვარტლი, გრაფიტი, ლითონის ფხვნილი და სხვ.).

სამრეწველო პლასტმასების წარმოება დაიწყო მე-19 საუკუნის პირველ ნახევარში, როდესაც გენკოკმა გამოიგონა კაუჩუკის გადამამუშავებელი თანამედროვე მოწყობილობების პროტოტიპები (1820წ.), რენომ აღმოაჩინა ვინილქლორიდი (1835წ.), ბუტლეროვმა აღწერა ფორმალდეჰიდის პოლიმერები (1859წ.), პარკსონმა მიიღო პარკსაინი (1862წ.) და სხვ. აღსანიშნავია, რომ ამ საუკუნეში იქნა აგრეთვე მიღებული ისეთი პლასტმასები, როგორცაა სტიროლი, ცელულოზი, აკრილი, მეტაკრილატი, ვისკოზას აბრეშუმი, პოლიკარბონატი, შარდონის აბრეშუმი (პირველი ხელოვნური აბრეშუმი), ნიტროცელულოზა, გალატიტი და სხვ., ხოლო მე-20 საუკუნეში პლასტმასების წარმოება საოცრად სწრაფად განვითარდა, რამაც გამოიწვია მათი ფართო გამოყენება მშენებლობაში, გემთმშენებლობაში, თვითმფრინავთმშენებლობაში, მანქანათმშენებლობაში, სასპორტო მრეწველობაში და სხვ. ამ საუკუნის პირმშოა ბაკელიტი, ნეოპრენი, ორგანული მინა, პოლიურეტანი, ეპოქსიდი, პოლიეთილენი, პოლიპროპილენი, პოლიკარბონატი, პოლიფორმალდეჰიდი და ასეულობით სხვა დასახელების პლასტმასები. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს მაღალი სიმტკიცის თანამედროვე პლასტმასების (კევლარი, არამიდი) მიღება, რომელთა სიმტკიცე აღემატება ფოლადის სიმტკიცეს.

ტემპერატურის ზემოქმედების გავლენის მიხედვით განირჩევა პლასტმასების (პოლიმერების) ორი ჯგუფი: თერმოპლასტიკური და თერმორეაქტიული.

თერმოპლასტიკური პლასტმასები გახურებისას რბილდება, ხოლო გაცივებისას გადადიან მყარ მდგომარეობაში.

თერმორეაქტიული პლასტმასები ღებულობენ პლასტიკურობას მხოლოდ დამზადების პროცესში და გაცივებისას მყარდებიან, ხოლო ხელმეორედ გახურებისას ინარჩუნებენ სტრუქტურასა და ფორმას თვით დაშლისა და წვის პროცესშიც კი, ანუ ხელმეორედ გახურებისას აღარ გადადიან პლასტიკურ მდგომარეობაში.

სამშენებლო საქმეში გამოყენებულ კონსტრუქციულ პლასტმასებს გააჩნიათ როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი თვისებები.

დადებითი თვისებებია:

- მაღალი სიმტკიცე (50...100მპა), რომელიც ზოგიერთი ტიპის პლასტმასისათვის აღემატება ფოლადის სიმტკიცეს და შეადგენს 1000მპა;
- მცირე სიმკვრივე, რომელიც იცვლება 20კგ/მ³-დან (ქაფპლასტი) 2000კგ/მ³-მდე (მინაპლასტიკი);
- რადიოგამჭირვალობა;
- ანტიმაგნიტურობა;

- მაღალი ელექტროიზოლაცია;
- ქიმიური და ბიომედუგობა;
- გადამუშავების სიმარტივე;
- ელემენტებისათვის სხვადასხვა ფორმის მიცემის შედარებითი სიადვილე;
- აფსკებისა და ქსოვილების წარმოება;
- წებოვანი და შედუღებით შეერთების განხორციელების საშუალება.

უარყოფით თვისებებს განეკუთვნება:

- მაღალი დეფორმაციულობა (დაბალი დრეკადობის მოდული);
- სიმტკიცის შემცირება დატვირთვების ხანგრძლივად მოქმედებისას;
- დაბალი ზედაპირული სიმაგრე;
- დაძველება, ანუ საექსპლუატაციო თვისებების გაუარესება ატმოსფერული ზემოქმედების შედეგად;
- წვადლობა ტოქსიკური გაზების გამოყოფის თანხლებით.

დღეისათვის არსებობს პლასტმასების უარყოფითი თვისებების გავლენის შემცირების გზები და საშუალებები. მაგალითად, დეფორმადობის შესამცირებლად მიმართავენ სამფენოვანი და მილოვანი ელემენტებისა და სივცითი კონსტრუქციების გარსების გამოყენებას. დაძველება და ცეცხლსაშიშროება შეიძლება შემცირებულ იქნას პლასტმასაში სპეციალური დანამატების შეტანით და ზედაპირული დამცველი ფენების გამოყენებით. პრაქტიკულად მიზანშეწონილია პლასტმასის ელემენტები ვამუშაოთ ხისა და ლითონის კონსტრუქციებთან კომბინაციაში.

7.2 კონსტრუქციული პლასტმასები

კონსტრუქციული ეწოდება ისეთ პლასტმასებს, რომლებიც სამშენებლო კონსტრუქციების და დეტალების დასამზადებლად გამოიყენება. მათ უნდა ქონდეთ მაღალი სიმტკიცე, სიხისტე და საკმარისი წინაღობა ატმოსფერული ზემოქმედებისადმი და ცეცხლგამძლეობა. ამ მოთხოვნებს ძირითადად აკმაყოფილებენ პლასტმასების შემდეგი ნაირსახეობები: მინაპლასტიკი, ორგანული მინა, პოლიკარბონატი, პოლივინილქლორიდი, ქაფპლასტი, ფოროპლასტი, ფიჭაპლასტი, მერქანფენოვანი პლასტიკები, მერქანბოჭკოვანი ფილები, მერქანბურბუშელოვანი ფილები, პლასტმასის აფსკები და ჰაერგაუმტარი ქსოვილები, სინთეზური წებოები, მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენი, პოლისტიროლი და სხვ.

ქვემოთ წარმოდგენილ 7.1 ცხრილში, საზღვარგარეთულ მონაცემებზე დაყრდნობით მოყვანილია დღეისათვის არსებული ძირითადი პოლიმერული მასალების დასახელებები, მათი საერთაშორისო ასოითი აღნიშვნები, აგრეთვე მითითებულია თუ რომელ ჯგუფს ეკუთვნის ესა თუ ის მასალა - თერმოპლასტიკურს თუ თერმორეაქტიულს.

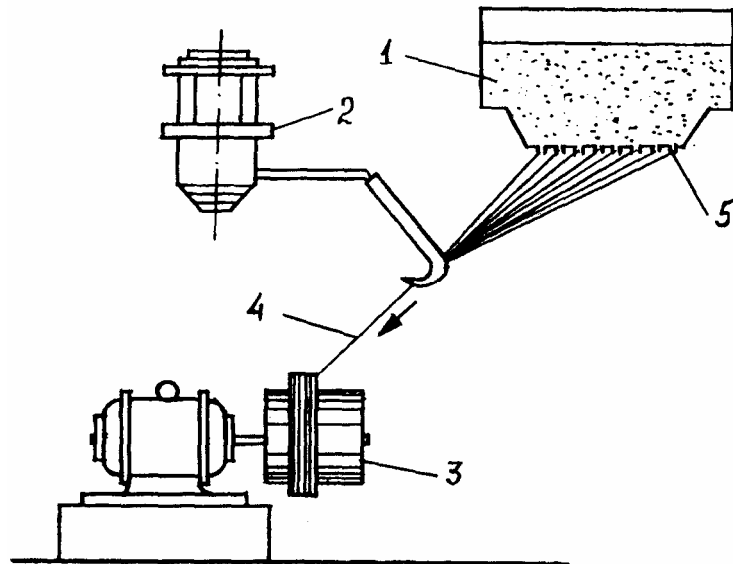
ცხრილი 7.1 ძირითადი პოლიმერული მასალები, მათი საერთაშორისო აღნიშვნა და ჯგუფები (თერმოპლასტიკური თუ თერმორეაქტიული)

დასახელება	შემოკლებული აღნიშვნები	თერმოპლასტიკური	თერმორეაქტიული
1	2	3	4
აკრილონიტრილბუტადიენსტიროლური პლასტმასები	ABS	-	
ცელულოზის კარბოქსიმეთილი	CMC	-	
კაზეინი	CS	-	
ცელულოზის აცეტატი	CA	-	

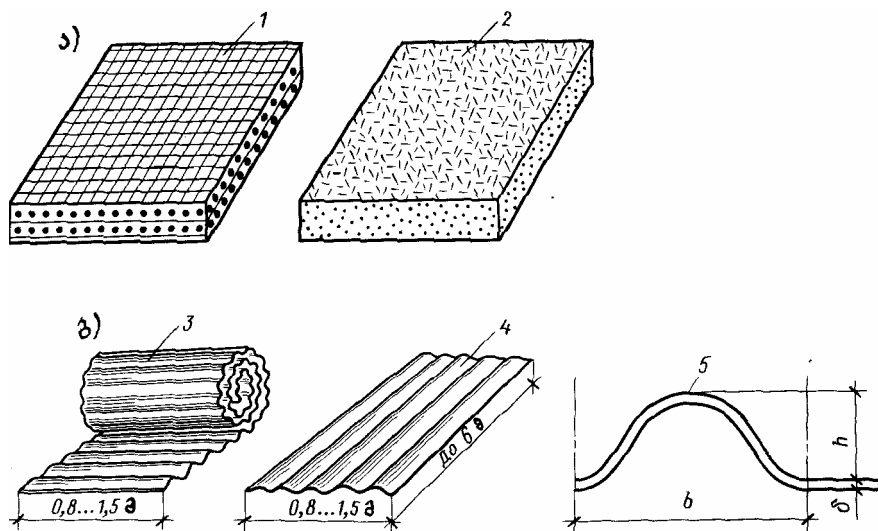
ცელულოზის ბუტირატ აცეტატი	CAB	–	
ცელულოზის პროპიონატ აცეტატი	CAP	–	
ცელულოზის ნიტრატი	CN	–	
ცელულოზის პროპიონატი	CP	–	
კრეზოლ–ფორმალდეჰიდი	CF		–
დიალილის ფტალატი	PDAP		–
ეპოქსიდი	EP		–
ეთილცელულოზა	EC	–	
მელამინოფორმალდეჰიდი	MF		–
ეთილენპროპილენი	FEP	–	
ფენოლფორმალდეჰიდი	PF		–
პოლიაკრილის მჟავა	PAA	–	
პოლიაკრილნიტრილი	PAN	–	
ნეილონი (პოლიამიდი)	PA	–	
პოლიბუტადიენაკრილნიტრილი	PBAN	–	
პოლიბუტადიენსტიროლი	PBS	–	
პოლიკარბონატი	PS	–	
პოლიდიალილფტალატი	PDAP		–
პოლიეთილენი	PE	–	
ტერეფტალატის პოლიეთილენი	PETP	–	
პოლიმეთილქლორაკრილატი	PMCA	–	
პოლიმეთილმეტაკრილატი (ორგანული მინა)	PMMA	–	
პოლიმონოქლორტრიფთორეთილენი	PCTFE	–	
პოლიაცეტალი (პოლიოქსიმეთილენი)	POM	–	
პოლიპროპილენი	PP	–	
პოლისტიროლი	PS	–	
პოლიტეტრაფთორეთილენი	PTFE	–	
პოლივინილაცეტატი	PVAc	–	
პოლივინილის სპირტი	PVAL	–	
პოლივინილბუტირალი	PVB	–	
პოლივინილქლორიდი (პვე)	PVC	–	
პოლივინილქლორიდაცეტატი	PVCAc	–	
პოლივინილფთორიდი	PVF	–	
პოლივინილფორმალი	PVFM	–	
სილიკონური პლასტმასები	SJ		–
სტიროლაკრილნიტრატი	SAN	–	
სტიროლბუტადიენური პლასტმასები	SBP	–	
სტიროლკაუჩუკის პლასტმასები	SRP		–
შარდოვანაფორმალდეჰიდი	UF		–
ურეტანული პლასტმასები	UP		–

მინაპლასტიკი წარმოადგენს კომბინირებულ კონსტრუქციულ საშენ მასალას და შედგება ორი ძირითადი კომპონენტისაგან - შემკვრელისა და მარმირებლისაგან. შემკვრელად გამოყენებულია თერმორეაქტიული სინთეზური ფისები (პოლიეთერული, ეპოქსიდური, ფენოლფორმალდეჰიდური), რომელთაც ტექნოლოგიური და საექსპლუატაციო თვისებების გასაუმჯობესებლად დამატებული აქვთ სხვადასხვა მოდიფიცირებული დანამატები, ხოლო მარმირებლად გამოიყენება მინის ბოჭკო, მინის ძაფი და მინის ქსოვილი.

მინის ბოჭკო უზრუნველყოფს მინაპლასტიკის სიმტკიცესა და მედეგობას დარტყმის მიმართ. იგი მიიღება გამდნარი მინის მასისაგან, რომელიც წაგრძელება მცირე დიამეტრის ხვრელებში - ფილერებში და გაპოხილ მდგომარეობაში დაეხვევა მბრუნავ დოლზე (ნახ.7.1). მინის ბოჭკოს დიამეტრი დაახლოებით 10მკრ ტოლია, სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვაზე 200მპა, დრეკადობის მოდული - 70000მპა. იგი გამოიყენება უწყვეტი და დანაწევრებული სახით (ნახ. 7.2). დანაწევრებული წარმოადგენს ქაოსურად განლაგებულ 50მმ-დე სიგრძის ბოჭკოების მასას.



ნახ. 7.1 უწყვეტი მინის ბოჭკოს მიღების სქემა: 1 - ელექტროლუმენი თხევადი მინით; 2 - საპოხი აპარატი; 3 - ძრავა მბრუნავი დოლით; 4 - მინის ბოჭკო; 5 - ფილერები.



ნახ. 7.2. მინაპლასტიკები. ა - ბრტყელი; ბ - ტალღოვანი; 1 - უწყვეტი არმირებით; 2 - ქაოსურად განლაგებული დანაწევრებული მინაბოჭკოთი; 3 - განივი ტალღებით; 4 - გრძივი ტალღებით; 5 - ტალღის განივკვეთი.

მინაპლასტიკები საკმაო მედეგობას იჩენენ დაძველებისა და ატმოსფერული ზემოქმედების მიმართ. ღია ცის ქვეშ ხანგრძლივი ექსპლუატაციის შემდეგაც მათში არავითარი მნიშვნელოვანი ცვლილებები არ აღინიშნება.

მინაპლასტიკის სიმკვრივე ტრადიციულ საშენ მასალებთან შედარებით მცირეა (1,5...1,9ტ/მ3), რაც მის დიდ სიმტკიცესთან შესაბამისი კონსტრუქციების სიმსუბუქის საწინდარია და აქტიურად განაპირობებს მის გამოყენებას

სეისმურად აქტიურ რაიონებში. იგი წყალუქონადი მასალაა, თუმცა ხანგრძლივი დატენიანებისას სინესტეს შთანთქავს და შესაბამისად მისი სიმტკიცე ეცემა. პრაქტიკაში მინაპლასტიკი გხვდება გამჭვირვალე და გაუმჭვირი სახით, რაც დამოკიდებულია შემკერელი და შემავსებელი მასალების სახეობაზე. სახანძრო თვალსაზრისით მინაპლასტიკების უმეტესობა წვადია, მაგრამ სპეციალური დანამატების დახმარებით ისინი შეიძლება გადავაქციოთ ძნელად წვად მასალებად, რაც მეტად მნიშვნელოვანია პრაქტიკული და კომერციული თვალსაზრისით.

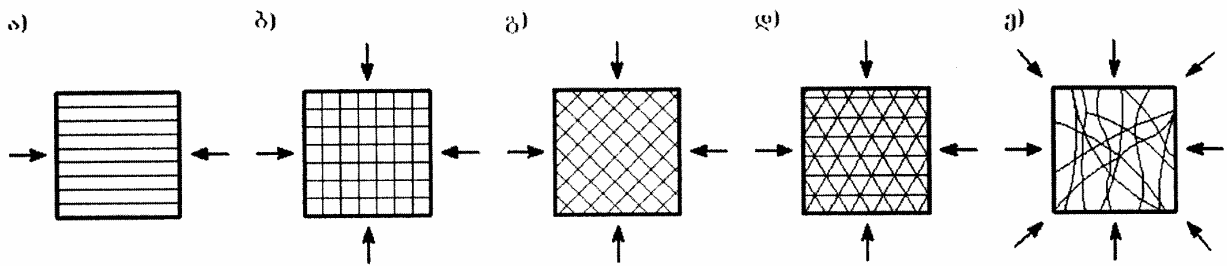
ტემპერატურისა და ტენის მოქმედების შედეგად მინაპლასტიკის სიმტკიცე და დრეკადობის მოდული მცირდება, ამიტომ გაანგარიშებებში ასეთი პირობებისათვის საანგარიშო წინაღობისა და დრეკადობის მოდულის ნორმატიული მნიშვნელობები უნდა გამრავლდეს სათანადო შემასწორებელ კოეფიციენტზე. მინაპლასტიკის სიმტკიცე პროპორციულად არის დამოკიდებული მასში მინის ბოჭკოს პროცენტულ შემცველობაზე.

მშენებლობაში ყველაზე მეტადაა გავრცელებული პოლიეთერული მინაპლასტიკები, რომლებშიც მაარმირებლად გამოყენებულია ქაოსურად განლაგებული დანაწევრებული მინის ბოჭკო. მათ სილიკატურ მინასთან შედარებით ახასიათებთ უკეთესი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. გადახურვებში მინაპლასტიკები მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ინდუსტრიულ რაიონებში განლაგებულ სამრეწველო შენობებში, რადგანაც ასეთ რაიონებში ჰაერის აგრესიულობის გამო, ფურცლოვანი ფოლადი ან აზბესტცემენტის ფურცლები (შიფერი) სწრაფად ექვემდებარება კოროზიას და გამოდის წყობიდან. ქიმიურად აგრესიულ გარემოში კი მინაპლასტიკები, მერქანთან ერთად, შეუცვლელი მასალაა.

სახურავის გარდა ბრტყელი და ტალღოვანი ფურცლოვანი მინაპლასტიკები გამოიყენება სამფენოვანი პანელების, საკედლე ბლოკების, კიბის სახელურების, ლავგარდანის საჩეხის, წყალშემკრები მილების და ღარების, სხვადასხვა პროფილის ნაკეთობების (შველერი, კუთხოვანა...) დასამზადებლად, შენობათა ფასადების შემოსვისათვის, რკინაბეტონისა და ლითონის კონსტრუქციების დამცველ ფენად, როდესაც კონსტრუქციებს მძიმე აგრესიულ გარემოში უხდებათ მუშაობა (შხეფსაცვივარი). ასეთი დაფარვა რკინაბეტონის ელემენტების მუშაობას 4...5-ჯერ ახანგრძლივებს. ტალღოვანი მინაპლასტიკები ფართოდ გამოიყენება თაღოვანი, ქოლგისებრი, ცილინდრული, სფერული, პრიზმული გარსების დასამზადებლად, სადაც ისინი შემომფარგვლელის გარდა მზიდი ელემენტების როლსაც ასრულებენ.

მინაპლასტიკების არმირებისათვის გამოიყენება მინის ბოჭკო ან მის საფუძველზე დამზადებული მასალები, როგორცაა მინის ძაფი, მინის ქსოვილი, მინის ჩალიჩი, მინის ჭილობი და სხვ. ტენტოვანი და პნევმატიკური კონსტრუქციებისათვის გამოიყენება რეზინანარევი ქსოვილები, რომელთა დასამზადებლად გამოიყენება სინთეზური ან ბუნებრივი ბოჭკოები და აფსკები, რომლებიც არმირებულია ქსოვილური ბადეებით. ამრიგად, პოლიმერული კომპოზიტების მაარმირებელი კომპონენტები ძირითადად წარმოადგენენ ბუნებრივ, სინთეზურ ან ხელოვნურ ბოჭკოებს, მერქნის ან ბოჭკოვანი აგებულების მქონე მცენარეების გადამუშავების პროდუქტებს. არმირებაში გამოყენებული ელემენტები კანონზომიერად ნაწილდება პოლიმერულ მატრიცაში, ანუ ორიენტირდება. სწორედ მაარმირებლის ორიენტაციაზეა ძირითადად დამოკიდებული პოლიმერული კომპოზიტების სიმტკიცისა და დრეკადი თვისებების მაჩვენებლები.

განიჩევა პოლიმერული კომპოზიტების არმირების შემდეგი სქემები (ნახ. 7.3):



ნახ. 7.3. პლასტმასის არმირების სქემები: ა - ერთი მიმართულებით; ბ - ურთიერთმართობი ორი მიმართულებით; გ - ირიბად ჯვარედინიანი; დ - კომბინირებული; ე - თანაბარი.

- ერთი მიმართულებით, როდესაც ბოჭკოების მიმართულება ემთხვევა საანგარიშო ძალების მიმართულებას;
- ურთიერთმართობი ორი მიმართულებით, როცა ბოჭკოები მიმართულია ორი ურთიერთმართობი მიმართულებით, რომლებიც ემთხვევა საანგარიშო ძალების მიმართულებას; ამ შემთხვევაში არმირების პროცენტი სხვადასხვა მიმართულებით შეიძლება იყოს ერთნაირი ან განსხვავებული;
- ირიბად ჯვარედინი, როდესაც ბოჭკოების განლაგების მიმართულება რაღაც კუთხეს ქმნის ძალების მოქმედების მიმართულებასთან;
- კომბინირებული, როდესაც ბოჭკოები ორიენტირებულია სხვადასხვა მიმართულებით ისე, რომ მივიღოთ შედარებით თანაბარმტკიცე მასალა;
- თანაბარი, როდესაც ბოჭკოები ქაოტურად არის ორიენტირებული.

მინატექსტოლიტი მინაპლასტიკის ნაირსახეობაა და მზადდება ბრტყელი ფურცლების სახით სისქით 0,5...35მმ. იგი ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური პლასტმასაა, რომელიც წარმატებით გამოიყენება დინამიკურ დატვირთვებზე მომუშავე კონსტრუქციებში. ამზადებენ მინის ქსოვილისა და ფენოლფორმალდეჰიდური ფისისაგან. აქვს არმირების კომბინირებული სტრუქტურა. მედეგია ქიმიურად აგრესიული გარემოს მიმართ.

მინატექსტოლიტები ანიზოტროპიულ მინაპლასტიკებთან შედარებით ნაკლებად დეფორმირდებიან და იაფი მასალაა. მათ ძირითად უპირატესობას მაღალი თბომდეგობა წარმოადგენს, არ იწვის და ექსპლუატაცია შესაძლებელია ხანგრძლივი დროით 2000°C ტემპერატურამდე, შეზღუდული დროით 3500°C ტემპერატურამდე და ხანმოკლე დროით 1000°C ტემპერატურამდეც კი.

მინაპლასტიკების სიმტკიცისა და დრეკადობის მახასიათებლები მოცემულია დანართში (ცხრ. 26).

ორგანული მინა (პოლიმეთილმეტაკრილატი) კონსტრუქციული პლასტმასაა, რომელიც მთლიანად შედგება თერმოპლასტიკური პოლიმეთილმეტაკრილატის ფისისაგან, ყოველგვარი დანამატების გარეშე. იგი გამჭვირვალე მსუბუქი მასალაა სიმკვრივით 1,18...1,19გრ/სმ³, სინათლის სხივგამტარობით 90%, ულტრაიისფერი მზის სხივების გატარებით 75%. ადვილი დასამუშავებელია, შეწებებისა და შედუღების კარგი უნარით ხასიათდება. ორგანულ მინას საკმაოდ მაღალი სიმტკიცე (10მპა) გააჩნია ღუნვისას, მაგრამ სიმაგრის, სიხისტის და თბომდეგობის დაბალი მაჩვენებლები აქვს, რაც მას უარყოფითად ახასიათებს. მისი დრეკადობის მოდულია 3000მპა. ზედაპირი ადვილად იკაწრება. სინათლის მოქმედებით არ ყვითლდება, არ ხდება მყიფე, თუმცა დროთა განმავლობაში იფარება ვერცხლისფერი ფენით (მიკრობზარების ბადით), რომელიც ადვილად შორდება გახეხვით.

ფანჯრის ჩვეულებრივ მინასთან შედარებით ორგანული მინის უპირატესობაა ის, რომ არ გააჩნია სიმყიფე (მსხვრევალობა) და კარგად ატარებს სინათლის სხივებს. მშენებლობაში წარმატებით გამოიყენება გადახურვებში და საკედლე პანელებში, აგრეთვე ისეთი სათავსების ასაგებად, სადაც საჭიროა

ადამიანისათვის გამაჯანსაღებელი მიკროკლიმატის შექმნა (მზის აბაზანების მისაღები, სათავსები სანატორიუმებსა და დასასვენებელ სახლებში), ხოლო ფორმის მიღების სიმარტივე და დაბალი თბომედეგობა საშუალებას იძლევა მისგან დავამზადოთ გადახურვის მრუდი მოხაზულობის კონსტრუქციები (თაღები, კამარები, გარსები, შეუქფარნები და სხვ.)

თუ ორგანული მინისაგან დამზადებულ კონსტრუქციას მუშაობა უხდება ტენიან ან ცხელ (40...50°C) გარემოში, მაშინ მასალის საანგარიშო მახასიათებლები მცირდება 20...25%-ით. მშენებლობაში გამოყენებული ორგანული მინის ფიზიკურ-ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია დანართში (ცხრ. 29).

პოლიკარბონატი კონსტრუქციული პლასტმასაა, რომელიც მიიღება პოლიეთერული ნახშირმჟავასა და ცხიმოვანი და არომატული მწკრივების დიოქსური ნაერთების საფუძველზე. იგი მაღალი დარტყმითი სიმტკიცის მყარი ნივთიერებაა. მდგრადია წყლის, წყლის გამხსნელების, ზოგიერთი აგრესიული გარემოს და ატმოსფერული ზემოქმედებებისადმი.

საშენი მასალები პოლიკარბონატისაგან ძირითადად მზადდება გამჭვირვალე ფურცლებისა და მრავალფენოვანი ფილების სახით, რომლებსაც გამოიყენებენ ფანჯრების შემინვისათვის, შეუქფარნების მოსაწყობად, სხივგამტარი სახურავებისათვის, სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების სათბურებისათვის და სხვ. სხივგამტარობა შეადგენს 40...90%, გამოდის სხვადასხვა ფერის, იღუნება ოთახის ტემპერატურაზე ან ოდნავი გახურებით, წებვადია, ადვილად მონტაჟდება და იწმინდება. მასალის სიმკვრივეა 1,2გრ/სმ³. ექსპლუატაციის მისაღები ტემპერატურაა – 45 ... +120°C.

ვინიპლასტი (ხისტი ვინიპლასტი, პოლივინილქლორიდი) ყველაზე გავრცელებული და იაფი სამშენებლო მასალაა. მიიღება თერმოპლასტიკური პოლივინილქლორიდის (პვქ) ფისის საფუძველზე, წინასწარ დამზადებული ფირთა ფენების შეწებების და დაწნეხის შედეგად.

ვინიპლასტი შეიძლება იყოს გამჭვირვალეც და გაუმჭვირვალეც, რეზინით მოქნილი და ამავე დროს მყარიც. მისი სიმაგრე დამოკიდებულია პლასტიფიკატორის დანამატის რაოდენობაზე. იგი მცირე სიმკვრივით, კარგი ელასტიკურობით, მაღალი სიმტკიცითა და ქიმიურად აგრესიული გარემოს მიმართ მედეგობით ხასიათდება. ვინიპლასტის ფურცლების სისქეა 2...20მმ, სიგანე 500...650მმ, სიგრძე 1200...1500მმ.

ხისტი ვინიპლასტი გამოიყენება თვითმზიდი პანელების, წყალშემკრები მილებისა და ღარების, სანტექნიკური მოწყობილობების დასამზადებლად, აგრეთვე იატაკის საფარისათვის, კედლების მოპირკეთებისათვის და სხვ. მისგან ამზადებენ შეველერებს, კუთხოვანებს, კიბის საფეხურების ზედაფენებს, კიბის მოაჯირის გარსაცმებს. ხშირად იყენებენ როგორც ანტიკოროზიულ მასალასაც, რადგანაც კარგად ეწინააღმდეგება სხვადასხვა მჟავების, ტუტეების, მარილების ხსნარების ზემოქმედებას. დასავლეთის ბევრ ქვეყანაში (აშშ, კანადა, ინგლისი, საფრანგეთი, გერმანია, უნგრეთი, შვეცია) ხისტი ვინიპლასტისაგან დაწნეხით ამზადებენ საფანჯრე ბლოკებს მოქნილი შემამჭიდროებელი თამასებითურთ.

ვინიპლასტი ცუდად იწვის, მაგრამ 750°C ტემპერატურაზე იწყებს დარბილებას, გახურებისას კი იშლება. მისი გადამუშავებისათვის იყენებენ ექსტრუზიის, პნევმოფორმირების (ბოთლების დასამზადებლად), ვაკუუმ-ფორმირების, წნევით ჩამოსხმის, კაღანდვრის, ქსოვილზე ზედაპირული დატანის (გამოიყენება პნევმატიკურ და ტენტოვან კონსტრუქციებში) და ცენტრიდანული ჩამოსხმის მეთოდებს. პვქ გამოიყენებას პოულობს აფუებულ მდგომარეობაშიც (ქაფპლასტი). ვინიპლასტი შემდგომი ქლორირებით იძენს ამაღლებული თბომედეგობის თვისებას და ამიტომ შესაძლებელია მისგან ცხელი წყლის მილების დამზადებაც.

ვინიპლასტის ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია დანართში (ცხრ.30).

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს პეკს გამოყენება თანამედროვე მეტალოპლასტიკის კარ-ფანჯრების პროფილების დამზადებისას. დიდი პერსპექტივები აქვს აგრეთვე ლითონის ბადეებით არმირებული ვინიპლასტის სამშენებლო კონსტრუქციების დანერგვას თანამედროვე მშენებლობაში.

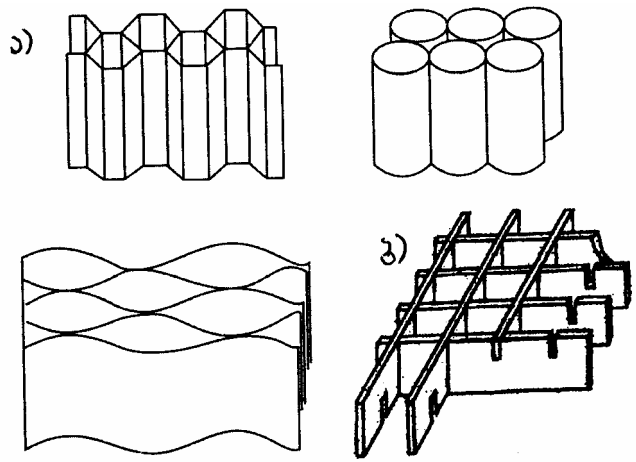
ქაფპლასტი ზემსუბუქი, ეფექტური თბოსაიზოლაციო კონსტრუქციული მასალაა. იგი მიიღება თერმოპლასტიკური ფისის ცხელ მდგომარეობაში აქაფებით ან თერმორეაქტიული ფისის აქაფებით და ერთდროულად გამამაგრებლის დამატებით. დამზადება მიმდინარეობს ჩვეულებრივი ატმოსფერული წნევის ქვეშ. ქაფპლასტი დაბალი სიმტკიცის, მაგრამ მაღალი თბო- და ბგერასაიზოლაციო თვისებების მქონე ძალზედ იაფი მასალაა. სიმკვრივე იცვლება ზღვრებში 30...100კგ/მ³, სიმტკიცე კუმშვაზე - 0,2...0,5მპა, ძვრაზე - 0,1...0,7მპა. თბოგამტარობის კოეფიციენტი - 0,02...0,045კკალ/მ.სთ.გრად.

ქაფპლასტი შეიძლება იყოს წვადი, ძნელად წვადი და თვითჩაქრობადი. მცირე მასის, დაბალი თბოგამტარობის და საკმარისი სიმტკიცის გამო ქაფპლასტები ეფექტურად გამოიყენება საკედლე და გადახურვის სამფენოვანი ფილებისა და პანელების დასამზადებლად. ქაფპლასტების თბოსაიზოლაციო თვისებებს განსაზღვრავს მისი სიმკვრივე (დამოკიდებულია ფისის სახეობაზე), ფორების ზომებზე და ფორებში არსებული აირის სახეობაზე (აირი მიიღება ქაფწარმოქმნის პროცესში).

ქაფპლასტების მაღალი თბოსაიზოლაციო თვისებების ბრწყინვალე დამადასტურებელი მაგალითია დიდი ბრიტანეთის სარკინიგზო სისტემის სარელო ჯიხურები, გამოყენებული ანტარქტიდის პირობებში. ჯიხურის სამფენოვანი გარე კედლების სისქეა 3,2მ, რომელიც შედგება ორი ფენა (თითოეული სისქით 0,3მ) მინაპლასტიკის ფურცლებისაგან და 3,2მ სისქის შუა ფენისაგან, რომლისთვისაც გამოყენებულ იქნა ფენოლური ქაფპლასტი. კედლები იდეალურად ინარჩუნებს სათავსში სითბოს. აღსანიშნავია, რომ თბოტექნიკური გაანგარიშებით ეს კედლები წარმატებით ცვლის აგურის კედლებს სისქით 80სმ!

ფოროპლასტი ფოროვანი სტრუქტურის მასალაა, რომელიც ძალიან ჩამოგავს ქაფპლასტს, მაგრამ განსხვავდება მისგან უფრო მაღალი ტენ- და წყალშთანთქმის უნარით, ამადლებული თბოგამტარობით და დაბალი ელექტროსაიზოლაციო თვისებებით.

ფიჭაპლასტი შედგება რეგულარულად მეორებადი გამჭოლი უჯრედებისაგან, რომლებიც მიმართულ არიან პანელის ან ფილის ზედაპირის მართობულად (ნახ. 7.4). უჯრედების კედლები მზადდება თერმორეაქტიულ პოლიმერებში გაჟღენთილი მოქნილი ან ხისტი ფურცლოვანი მასალის (ქაღალდი, კრაფტ-ქაღალდი, ბამბის ქსოვილი, მინაქსოვილი, ფანერის შპონი, ალუმინის ფოლგა, მერქანბოჭკოვანი ფილა და სხვ.) ცხელი დაწნეხით. უპირატესობა ეძლევა არაწვად მასალებს.

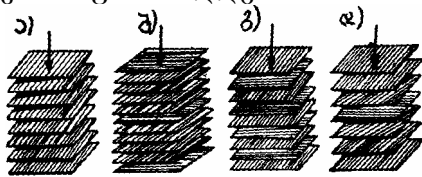


ნახ. 7.4. ფიჭაპლასტები. ა - ექვსკუთხა, ტალღოვანი და წრიული ფორმის გააოხილი ქაღალდის ან ქსოვილის ფიჭებით; ბ - ხისტი ფურცლოვანი მასალის ფიჭებით.

უჯრედების აგებულება ძალიან ჩამოგავს ფუტკრის ფიჭების აგებულებას, საიდანაცაა წარმოშობილი ამ პლასტმასების დასახელებაც. ფიჭაპლასტმასებისათვის მაღალი თბო- და ბგერასაიზოლაციო თვისებების მისაცემად უჯრედებს ავსებენ ფხვნილისებრი ქაფპლასტით და კონსტრუქციის წახნაგებს შემოაწებებენ სხვადასხვა ტიპის ფურცლოვან უწყად მასალებს, რათა კონსტრუქციას მიეცეს დამთავრებული სახე.

ფიჭაპლასტების, როგორც კონსტრუქციული მასალების ღირსება ის არის, რომ მცირე სიმკვრივის (15...60 კგ/მ³) პირობებში შეუძლიათ აიტანონ საკმაოდ დიდი დატვირთვები.

მერქანფენოვანი პლასტიკები (მფპ) მზადდება ფენოლფორმალდეჰიდურ ან კარბამიდულ ფისში გაუღენთილი ფურცლოვანი ფანერის შპონებისაგან, რომელიც შეწებებული არიან ერთმანეთთან ცხელი დაწნევის პროცესში (1500°C) მაღალი წნევის ქვეშ (15...20 მპა). უპირატესობა ენიჭება არყის ხის, წიფელისა და ცაცხვის შპონს. ფენებში შპონის ბოჭკოების მიმართულებების მიხედვით მფპ მზადდება ოთხი სახის (ნახ. 7.5):



ნახ. 7.5. მერქანფენოვანი პლასტიკებში შპონების განლაგება.

მფპ - A - ყველა ფენაში მერქნის ბოჭკოების მიმართულება ერთნაირია;

მფპ - B - ყოველ 5...20 ფენას პარალელური მიმართულების ბოჭკოებით ენაცვლება ერთი ფენა მართობული მიმართულებით;

მფპ - B - ყოველ მოსაზღვრე ფენაში ბოჭკოების მიმართულება ურთიერთმართობულია;

მფპ - Γ - ყოველ შემდეგ ფენაში ბოჭკოების მიმართულება მობრუნებულია წინას მიმართ 30...35°-ით.

სამშენებლო კონსტრუქციებში ყველაზე მეტად გამოიყენება მფპ - B. მფპ წარმოადგენს ფურცლოვან საშენ მასალას სისქით 3...60 მმ, სიგანით 700...1300 მმ და სიგრძით 750...5600 მმ. სიმკვრივე ტოლია 1,3 გრ/სმ³. მერქანფენოვანი პლასტიკებს ახასიათებთ მაღალი წყალმედვეობა, მათ ვერ აზიანებს ბიოლოგიური მავნებლები.

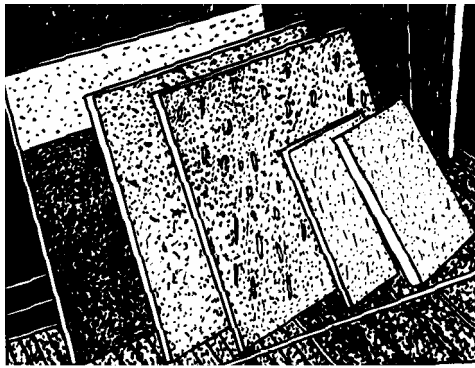
მიუხედავად იმისა, რომ მერქანფენოვანი პლასტიკები შესანიშნავი მასალაა, მათი გამოყენება მშენებლობაში შეზღუდულია მაღალი ფასის გამო, თუმცა შეუცვლელი მასალაა ხის ელემენტების გაძლიერებისა და რემონტის დროს, აგრეთვე ხის კონსტრუქციების ელემენტების შეერთების საშუალებათა დასამზადებლად - ნაგებების, სოგმანების, ზედების, სადებების და სხვათა სახით.

მერქანბოჭკოვანი ფილები (მბფ) ფურცლოვანი მასალაა და მიიღება დაქუცმაცებული მერქნის ნარჩენების სინთეზური პოლიმერის (ან კანიფოლის ემულსიის) და ტექნოლოგიური დანამატის ცხელი დაწნევით. დამზადების ტექნოლოგია შეიძლება იყოს მშრალი და სველი.

სიმკვრივის მიხედვით მბფ შეიძლება იყოს ზემაგარი (950 კგ/მ³), მაგარი (800 950 კგ/მ³), დაბალი სიმტკიცის ანუ ნახევრადმაგარი (400 800 კგ/მ³) და რბილი (≤ 400 კგ/მ³). მბფ გამოდის სტანდარტული ზომების სისქით 3...6 მმ, სიგანით 1200...1800 მმ, სიგრძით 1200...3600 მმ. სამშენებლო კონსტრუქციებში გამოიყენება მხოლოდ მაგარი და ზემაგარი ფილები აუცილებელი ანტისეპტირებით, რადგანაც ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ისინი წყალსაშიშია.

მერქანბურბუმელოვანი ფილები (ნახ. 7.6), როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, მზადდება მერქნის ბურბუმელისგან, რომელიც გაუღენთილია თერმორეაქტიულ სინთეზურ ფისებში. გამოყენებულია ცხელი დაწნევის მეთოდი.

ასეთი ფილები ნებისმიერი მიმართულებით მაღალი სიმტკიცით ხასიათდება, კარგი კონსტრუქციული მასალაა და ამავე დროს კარგ თბოტექნიკურ და აკუსტიკურ თვისებებს ამჟღავნებს.



ნახ. 7.6. მერქანბურბუშელოვანი ფილები.

თუ შემკვრელად გამოიყენებენ ფენოლფორმალდეჰიდურ ფისს, მაშინ მიიღება წყალმდეგი ფილები, ხოლო კარბამიდული ფისის გამოყენების შემთხვევაში - დაბალი წყალმდეგობის. სტრუქტურის მიხედვით ეს ფილები შეიძლება იყოს ერთფენიანი, როდესაც სისქეში ერთგვაროვანი აგებულება აქვს და 3, 5 და მრავალფენოვანი, როდესაც სისქეში მერქნის ნაწილაკები და შემკვრელი განთავსებულია ფენებად.

მერქანბურბუშელოვანი ფილების მუშა ზედაპირი უმეტეს შემთხვევაში გახეხილია (სუფთაა), თუმცა გარე ფენისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას ფანერის შპონი, ქაღალდის ფენოვანი პლასტიკი, აფსკი და სხვ. სიმკვრივე შეადგენს 550...800 კგ/მ³, სისქე 10...26 მმ, სიგანე 1200...2440 მმ, სიგრძე 2400...5500 მმ.

მშენებლობაში მერქანბურბუშელოვანი ფილები გამოიყენება შიგა კედლების მოპირკეთებისათვის, სახურავის ბურულის ქვეშა ფენილის მოსაწყობად, პარკეტის ქვეშა იატაკისათვის და სხვ.

ცემენტბურბუშელოვანი ფილები (ცბფ) მზადდება მერქნის ბურბუშელისა და პორტლანდცემენტისაგან ჩვეულებრივ პირობებში. სიმკვრივე შეადგენს 1200...1350 კგ/მ³. გეომეტრიული ზომებია: სისქე 8...40 მმ, სიგანე 1200...1250 მმ, სიგრძე 3200...3600 მმ.

მშენებლობაში ცბფ გამოიყენება შიგა არამზიდი შემომზღუდავი კონსტრუქციებისათვის.

არბოლიტი შედარებით ახალი საშენი მასალაა, გავრცელებულია რუსეთში და გამოიყენება დაბალსართულიანი სახცოვრებელი სახლების ასაშენებლად. იგი წარმოადგენს მსხვილმარცვლოვან კომპოზიციურ მასალას, რომელიც მიიღება ფორმამიღები ნარევის გამყარებით. ნარევის შემადგენელი კომპონენტებია:

- სწრაფადმყარებადი პორტლანდცემენტი;
- კირი ჰიდრაულიკური დანამატებით;
- დანაწევრებული ცელულოზის ნედლეული (ხის გადამამუშავებელი მრეწველობის დანაწილებული ნარჩენები, ნახერხი, ბამბისა და ბრინჯის ღეროები);
- ქიმიური დანამატები ბეტონის ნარევის გამყარების დასაჩქარებლად და ცელულოზის შემავსებელის ნეიტრალიზაციისათვის (კალციუმის ქლორიდი, თხევადი მინა, თიხამიწა);
- წყალი.

არბოლიტი სიმკვრივის მიხედვით არსებობს თბოსაიზოლაციო (≤ 500 კგ/მ³) და კონსტრუქციული (500...800 კგ/მ³).

მშენებლობაში გამოიყენება მონოლითური არბოლიტი, არბოლიტის მცირე ზომის ბლოკები, მსხვილი ბლოკები და ოთახის (სათავსოს) კედლის ზომის

იდენტური პანელები. გარდა ამისა, საცხოვრებელ სახლებში იყენებენ არბოლიტის სხვა კონსტრუქციულ ელემენტებს, როგორცაა გადახურვის ფილები, ზღუდარები, სავენტილაციო ბლოკები და სხვ.

7.3. პლასტმასის კონსტრუქციების ელემენტების გაანგარიშების საფუძვლები

პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციების ელემენტების გაანგარიშება, ტრადიციულ სამშენებლო კონსტრუქციების ანალოგიურად, ზღვრულ მდგომარეობათა მეთოდით წარმოებს. პლასტმასებს ახასიათებთ მაღალი კუთრი სიმტკიცე და შედარებით მცირე დრეკადობის მოდული, ამიტომ პლასტმასის კონსტრუქციებისათვის გადამწყვეტია მეორე ზღვრული მდგომარეობა, ანუ გაანგარიშება დეფორმაციებზე. ყურადსაღებია ისიც, რომ გაანგარიშების ნებისმიერ შემთხვევაში, გათვალისწინებული უნდა იქნას პლასტმასის ცოცვადობა და დაძველება, რის გამოც კონსტრუქციაზე მოქმედი დატვირთვები იყოფა მუდმივ, დროებით ხანგრძლივ და დროებით ხანმოკლე სახეებად.

დროებით ხანგრძლივს მიეკუთვნება დატვირთვები, რომლებიც კონსტრუქციაზე მოქმედებენ რამდენიმე დღიდან რამდენიმე თვემდე პერიოდში (თოვლი, გარე ტემპერატურის სეზონური ან თვიური ცვალებადობა და ა.შ.), ხოლო დროებით ხანმოკლეს მიეკუთვნება დატვირთვები, რომლებიც მოქმედებენ ერთი დღეღამის ფარგლებში (ქარი, ჰაერის ტემპერატურის დღეღამის ცვალებადობა, მზის რადიაციის სითბური ზემოქმედება, ადამიანების, ინსტრუმენტების და მასალების წონა სამონტაჟო და სარემონტო სამუშაოებისას და სხვ.).

პლასტმასის კონსტრუქციების გაანგარიშება რეკომენდებულია ჩატარდეს ხანგრძლივი საანგარიშო წინაღობის R , ხანგრძლივი დრეკადობის E და ძერის G მოდულების მიხედვით, მაგრამ თუ ხანმოკლე დატვირთვებისაგან გამოწვეული ძალები შეადგენს მთლიანი ჯამური დატვირთვის ზემოქმედებით გამოწვეული ძალების 50%-ზე მეტს, მაშინ მასალის საანგარიშო მახასიათებლები უნდა გამრავლდეს 1,3 კოეფიციენტზე, ე.ი. $R' = 1,3R$, $E' = 1,3E$, $G' = 1,3G$.

პლასტმასის კონსტრუქციული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშება (გაჭიმვა, კუმშვა, განივი ღუნვა) წარმოებს ხის კონსტრუქციების ელემენტების გაანგარიშების ანალოგიურად (იხ. თავი 2), ხოლო ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშება მდგრადობაზე და ღუნვადი ელემენტებისა დეფორმაციებზე (სიხიტეზე), აგრეთვე შეკუმშულ-მოღუნული ელემენტების გაანგარიშება წარმოებს პლასტმასის თვისებების თავისებურებათა გათვალისწინებით, რაც ქვემოთ არის მოცემული.

7.3.1. პლასტმასების ხანგრძლივი წინაღობა

პლასტმასის სიმტკიცეზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს დატვირთვების ხანგრძლივი ზემოქმედება. პლასტმასის ხანგრძლივი წინაღობის ხასიათი ისეთივეა, როგორც მერქნის. თუ ელემენტში ძაბვა არ აღემატება გარკვეულ ზღვარს, მაშინ დეფორმაციებს აქვს მიღვევადი ხასიათი, ხოლო თუ ძაბვა აჭარბებს ამ ზღვარს, მაშინ დეფორმაციები დროში იზრდება და პლასტმასის ელემენტი ირღვევა.

მუდმივი დატვირთვის ზემოქმედებისას ძაბვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას σ_{∞} , რომლის ატანაც განუხაზღვრელი დროითი შეუძლია პლასტმასის ელემენტს, ეწოდება ხანგრძლივი წინაღობის ზღვარი. იგი განისაზღვრება პლასტმასის თითოეული სახისათვის და თითოეული დაძაბული

მდგომარეობისათვის ხანგრძლივი წინაღობის დიაგრამის (მრუდის) დახმარებით, რომელიც აიგება სტანდარტული ნიმუშების გამოცდით ხანმოკლე და ხანგრძლივად მოქმედი დატვირთვების ზემოქმედებისას. ხანგრძლივი წინაღობის ფარდობას სიმტკიცის ზღვართან ეწოდება პლასტმასის ხანგრძლივი წინაღობის კოეფიციენტი და გამოითვლება ფორმულით

$$k_{\text{ბგ}} = \frac{\sigma_{\text{ბგ}}}{\sigma_{\text{ს.ზღ.}}}, \quad (7.1)$$

სადაც $\sigma_{\text{ბგ}}$ არის ხანგრძლივი წინაღობა; $\sigma_{\text{ს.ზღ.}}$ - პლასტმასის სიმტკიცის ზღვარი (დროებითი წინაღობა).

პლასტმასის ელემენტების გაანგარიშებაში დატვირთვების ხანგრძლივი ზემოქმედება გაითვალისწინება ხანგრძლივი წინაღობის კოეფიციენტის დახმარებით. ამ კოეფიციენტის რიცხვით მნიშვნელობები ზოგიერთ სახეობის პლასტმასისათვის მოცემულია ცხრილში 7.2.

ცხრილი. 7.2.

პლასტმასების ხანგრძლივი წინაღობის კოეფიციენტის $k_{\text{ბგ}}$ მნიშვნელობები

მასალა	$k_{\text{ბგ}}$
პოლიეთერული მინაპლასტიკი	0.2...0.4
მინაპლასტიკი მარკით „CBAM“	0.6...0.7
მინაპლასტიკი მარკით „AF-4C“	0.75
კონსტრუქციული პლასტმასები	0.30
ჰარგაუმტარი კაპრონის ქსოვილები	0.50

7.3.2. ტენიანობის, ტემპერატურის და ატმოსფერული ზემოქმედების გავლენა პლასტმასის სიმტკიცესა და დეფორმაციულობაზე

სუფთა პოლიმერი წყალში ხანგრძლივად მოთავსების შემდეგ, როგორც წესი, არ იცვლის თავის სიმტკიცესა და დრეკადობის მახასიათებლებს, გამონაკლისს შეადგენს შარდოვანაფორმალდეჰიდური პოლიმერები. კონსტრუქციული პლასტმასები კი, რომელთა შემადგენლობაში აუცილებლად შედის შემავსებელი, წყალში მოთავსების შემდეგ იცვლის თავის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს. მაგალითად, მინის ბოჭკოს შემავსებელზე დამზადებული მინაპლასტიკის თვისებების ცვლადობადობა ტენის გავლენით განპირობებულია იმით, რომ ტენის გავლენით ხდება მინის ბოჭკოს მექანიკური რღვევა, აგრეთვე მინის ქიმიური დესტრუქცია. წყალი აგრეთვე ამცირებს ადგეზიას მინის ბოჭკოსა და შემკვრელს შორის. ტენიანობის ამაღლება ყველაზე მეტად გავლენას ახდენს პოლიეთერული მინაპლასტიკის სიმტკიცეზე და დეფორმაციულობაზე, ხოლო ყველაზე ნაკლებად - ფენოლფორმალდეჰიდური ფისის შემკვრელზე დამზადებულ მინაპლასტიკზე. მინაპლასტიკების მიერ წყლის შთანთქმის შემცირება შეიძლება მიღწეულ იქნას მინის ბოჭკოს დამუშავებით ჰიდროფობურ ნარეგებში.

ტემპერატურის ამაღლება ერთმნიშვნელად ამცირებს პლასტმასების სიმტკიცესა და დრეკად თვისებებს. საერთოდ პლასტმასების გამოყენება რეკომენდებულია გარემოში, სადაც ტემპერატურა იცვლება დიაპაზონში 00...60°C. უარყოფით ტემპერატურაზე პლასტმასა ხდება მყიფე.

ატმოსფერული გარემოს, ამაღლებული ტემპერატურის და ტენიანობის ზემოქმედების ქვეშ მომუშავე პლასტმასების საანგარიშო წინაღობები განისაზღვრება ნორმალურ პირობებში მომუშავე მასალების საანგარიშო წინაღობების გადამრავლებით მუშაობის პირობების კოეფიციენტებზე:

$$R^t = R \cdot m_t; \quad (7.2)$$

$$R^w = R \cdot m_w; \quad (7.3)$$

$$R^{t,w} = R \cdot m_t \cdot m_w; \quad (7.4)$$

$$R^f = R \cdot m_f, \quad (7.5)$$

სადაც R^t , m_t არის მაღალ ტემპერატურაზე მომუშავე მასალების საანგარიშო წინაღობა და მუშაობის კოეფიციენტი; $R^{t,w}$ - საანგარიშო წინაღობა მაღალი ტემპერატურისა და ტენიანობის პირობებში; R^f , m_f - იგივე ატმოსფეროს პირობებში, m_t , m_w და m_f კოეფიციენტის მნიშვნელობები საქართველოში გავრცელებული რუსული წარმოების მინაპლასტიკებისათვის მოცემულია დანართში (ცხრ. 34, 35).

ატმოსფერული და ტემპერატურულ-ტენიანობითი რეჟიმის ზეგავლენა პლასტმასის დრეკადობისა და ძვრის მოდულების მნიშვნელობებზე ისეთივეა, როგორც საანგარიშო წინაღობისათვის.

დეფორმაციებზე გაანგარიშებისას მხედველობაში მიიღება ხანმოკლე და ხანგრძლივი დრეკადობის და ძვრის მოდულების მნიშვნელობები $E_{ბგ}$, $G_{ბგ}$ და E , G . ხანმოკლე დრეკადობის და ძვრის მოდულების მნიშვნელობები მიიღება სტანდარტული ნიმუშების ხანმოკლე სტატიკური გამოცდების შედეგად, როგორც ნიმუშის ძაბვის ნაზრდისა და ფარდობითი დეფორმაციის ნაზრდის ფარდობა.

ხანგრძლივი დრეკადობისა და ძვრის მოდულების მნიშვნელობები მიიღება სტანდარტული ნიმუშების ხანგრძლივი სტატიკური გამოცდების შედეგად ძაბვის იმ დონისათვის, რომელიც შეესაბამება მასალის ხანგრძლივ საანგარიშო წინაღობას. იგი წარმოადგენს ნიმუშის ძაბვის ფარდობას ფარდობითი დეფორმაციის მაქსიმალურ მნიშვნელობასთან (დენადობის დეფორმაციის ჩაქრობის დროს).

7.3.3 ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშება მდგრადობაზე

პლასტმასის ცენტრალურად შეკუმშული მართკუთხა განივკვეთის ელემენტის გაანგარიშება მდგრადობაზე წარმოებს ფორმულით:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A_{საანგ}} \leq R_{კ}, \quad (7.6)$$

სადაც φ არის გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი; $A_{საანგ}$ - ელემენტის განივკვეთის საანგარიშო ფართობი და როდესაც განივკვეთში შესუსტებები არ არის, მაშინ $A_{საანგ} = A_{ბრ}$, ხოლო სიმეტრიული შესუსტებებისას $A_{საანგ} = A_{ბგტო}$; $R_{კ}$ - მასალის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე (დანართი, ცხრ. 25).

გრძივი ღუნვის φ კოეფიციენტის მნიშვნელობა მასალის დრეკადი მუშაობის ფარგლებში

$$\varphi = \frac{\sigma_{კრ}}{\sigma_{ს.ზ.კ}}, \quad (7.7)$$

სადაც $\sigma_{ს.ზ.კ}$ არის ელემენტის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას; $\sigma_{კრ}$ - ძაბვის კრიტიკული მნიშვნელობა, რომელიც გამოითვლება ეილერის ცნობილი ფორმულით:

$$\sigma_{კრ} = \frac{\pi^2 E^k}{\lambda^2}, \quad (7.8)$$

სადაც E^k არის პლასტმასის დრეკადობის მოდული ძალის მოქმედების მიმართულებით; $l_{სანგ}$ - ელემენტის სანგარიშო სიგრძე, რომელიც დამოკიდებულია მისი ბოლოების ჩამაგრების ხასიათზე.

საბოლოოდ გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი

$$\varphi = \frac{\sigma_{\text{კრ}}}{\sigma_{\text{ს.ზ.}}} = \frac{\pi^2 E^k}{\lambda^2 \sigma_{\text{ს.ზ.}}} \quad (7.9)$$

ელემენტის მუშაობა დრეკადობის ფარგლებში ხასიათდება იმით, რომ კრიტიკული ძაბვები პროპორციულობის ზღვარზე ნაკლებია ან მისი ტოლია, ე.ი.

$$\sigma_{\text{კრ}} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \leq \sigma_{\text{ს.ზ.}}^{\text{კრ}}, \quad (7.10)$$

საიდანაც

$$\lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E^k}{\sigma_{\text{ს.ზ.}}^{\text{კრ}}}} \quad (7.11)$$

სადაც $\sigma_{\text{ს.ზ.}}^{\text{კრ}}$ არის პლასტმასის ელემენტის კუმშვაზე პროპორციულობის პირობითი ზღვრის შესაბამისი ძაბვა.

საერთოდ, საინჟინრო გაანგარიშებებში, პროპორციულობის ზღვრები ხანმოკლე და ხანგრძლივი დატვირთვებისას პირობითად ერთნაირი მიიღება.

გაანგარიშების დროს ითვალისწინებენ დატვირთვების მოქმედების ხანგრძლივობას და ბუნებრივია, რომ პლასტმასის ყველა მექანიკური მახასიათებლები ამ ფაქტორის მხედველობაში მიღებით უნდა იქნას განსაზღვრული, ე.ი.

$$\varphi = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 \sigma_{\text{ს.ზ.}}}, \quad (7.12)$$

$$\lambda_{\text{ზღვრ}} \geq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{\text{ს.ზ.}} k_{\text{კრ}}}}, \quad (7.13)$$

$\sigma_{\text{ს.ზ.}}$ არის კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი დატვირთვის ხანგრძლივად მოქმედებისას; $k_{\text{კრ}}$ - პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც მიიღება პროპორციულობის ზღვრის შეფარდებით სიმტკიცის ზღვართან.

პლასტმასის ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების ზღვრული მოქნილობის მინიმალური მნიშვნელობები და სხვა მახასიათებლები მოცემულია ცხრილ 7.3-ში.

ცხრილი. 7.3

მასალა	$R_{\text{კ}}^6$, მპა	$\sigma_{\text{ს.ზ.}}^6 = R_{\text{ს.ზ.}}^6$, მპა	E , მპა	$k_{\text{კრ}}$	φ	$\lambda_{\text{ზღ}}$
მინაპლასტიკი პოლიეთერული	90	27	3000	0.6	$\frac{1097}{\lambda^2}$	43
მინატექსტოლიტი მარკით „KACT-B“	95	57	19000	0.8	$\frac{3295}{\lambda^2}$	64
მინაპლასტიკი მარკით „CBAM“	400	200	24000	0.8	$\frac{1189}{\lambda^2}$	39
მინაპლასტიკი მარკით „AF-4C“	200	120	15000	0.8	$\frac{1230}{\lambda^2}$	39

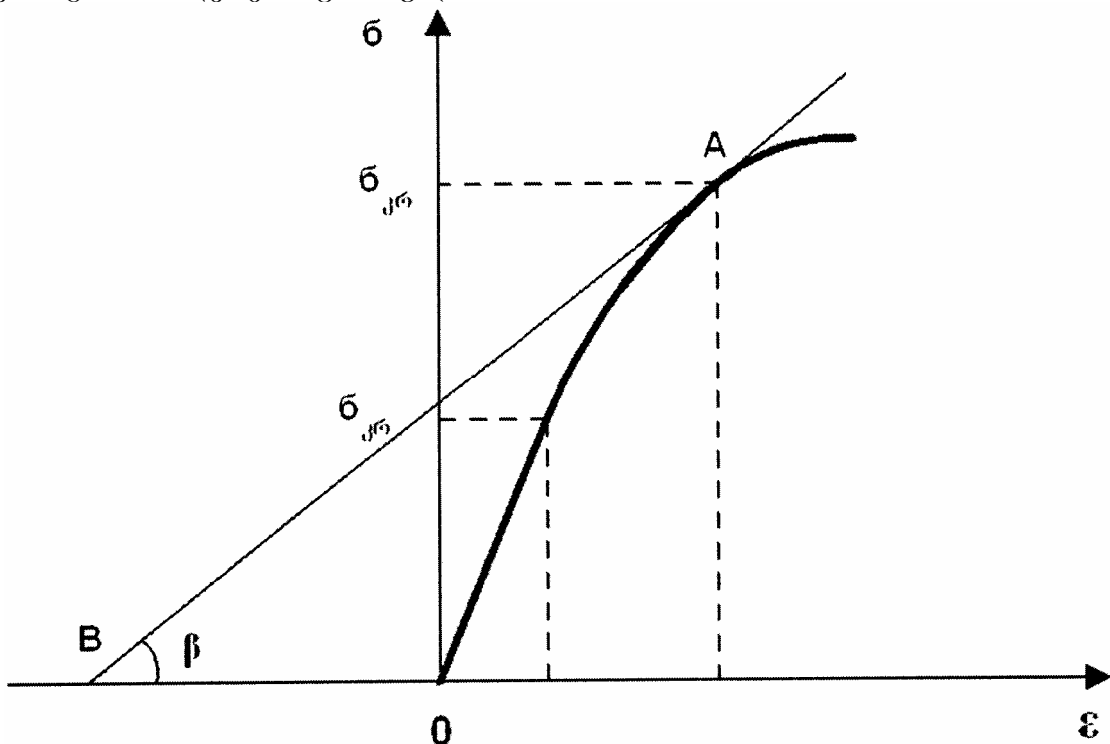
ორგანული მინა	80	24	1400	0.3	$\frac{580}{\lambda^2}$	44
ვინიპლასი	75	22,5	1600	0.55	$\frac{703}{\lambda^2}$	36

იმ შემთხვევაში, როდესაც მასალას მუშაობა უხდება დრეკადობის ზღვრებს იქეთ, ანუ პროპორციულობის ზღვრებს გარეთ, მაშინ ელემენტის მოქნილობა $\lambda < \sqrt{\pi^2 E^k / \sigma_y^{სხ}}$, რაც იმას ნიშნავს რომ კრიტიკული დაბეჭედი ელემენტში აღემატება პროპორციულობის ზღვარს. ამ დროს მასალის მოდული ცვალებადი ხდება, ამიტომ გაანგარიშებაში შემოაქვთ ე.წ. დაყვანილი დრეკადობის მოდულის ცნება, რომელიც განივკვეთისათვის ტოლია

$$E_{დაყ} = \frac{4}{\sqrt{\frac{E^k}{E_{გ3}} + 1}} \cdot E, \quad (7.14)$$

სადაც E^k არის დრეკადობის მოდული პროპორციულობის ზღვრებში; $E_{გ3}$ - დრეკადობის ცვალებადი მოდული, რომელიც პლასტამასის თითოეული სახისათვის ცალკე უნდა იქნას გამოთვლილი.

თუ განვიხილავთ ელემენტის კუმშვის დიაგრამას (ნახ. 7.7), მაშინ A წერტილში დრეკადობის ცვალებადი მოდული, რომელიც შეესაბამება კრიტიკულ დაბეჭედს, განისაზღვრება ფორმულით:



ნახ. 7.7. პლასტამასის ელემენტის კუმშვის დიაგრამა.

$$E_{გ3} = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \operatorname{tg} \beta. \quad (7.15)$$

ამ შემთხვევაში კრიტიკული ძალისა და გრძივი ღუნვის კოეფიციენტის მნიშვნელობები განისაზღვრება ფორმულებით:

$$N_{კრ} = \frac{\pi^2 E_{დაყ} J}{l_{სანგ}^2}, \quad (7.16)$$

$$\varphi = \frac{\pi^2 E_{\text{გაფ}}}{\lambda^2 \sigma_{\text{სხ}}}. \quad (7.17)$$

უნდა აღინიშნოს, რომ კონსტრუქციული პლასტმასების ზოგიერთი მასალისათვის შედგენილია ღეროს მოქნილობის (λ) გრძივი ღუნვის კოეფიციენტთან (φ) დამოკიდებულების გრაფიკები, რომლითაც სარგებლობა თავიდან აგვაცილებს ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში რიცხვით გაანგარიშებებს.

7.3.4. ღუნვაზე მომუშავე პლასტმასის ელემენტების გაანგარიშება სიხისტეზე

ღუნვადი ელემენტების გაანგარიშება სიხისტეზე (დეფორმაციებზე) წარმოებს ნორმატიული დატვირთვების ყველაზე არახელსაყრელი ვარიანტის მიხედვით. გაანგარიშების არსი იმაში მდგომარეობს, რომ კონსტრუქციის რეალური ჩაღუნვები არ უნდა აღემატებოდეს ნორმებით დადგენილი ზღვრული ჩაღუნვების მნიშვნელობებს.

დრეკადი წირის დიფერენციალური განტოლებიდან გამომდინარე, ძვრის ძალების მოქმედების გათვალისწინებით, მიღებულ იქნა ჩაღუნვების განსაზღვრის შემდეგი საანგარიშო ფორმულები:

– ორ საყრდენზე სახსროვნად დაყრდნობილი კოჭისათვის, როდესაც მთელ მალზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^4}{EJ} \left(1 + \frac{9,6\beta^2}{1^2} \right), \quad (7.18)$$

– ორ საყრდენზე სახსროვნად დაყრდნობილი კოჭისათვის, როდესაც მალის შუაში მოქმედებს შეყურსული დატვირთვა

$$f = \frac{Pl^2}{48EJ} \cdot \left(1 + \frac{12\beta^2}{1^2} \right), \quad (7.19)$$

– ცალი ბოლოთი ხისტად ჩამაგრებული კონსოლური კოჭისათვის, როდესაც მთელ მალზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა

$$f = \frac{Pl^4}{2,83EJ} \cdot \left(1 + \frac{8,5\beta^2}{1^2} \right), \quad (7.20)$$

სადაც E დრეკადობის მოდულია დატვირთვის ხანგრძლივი მოქმედების გათვალისწინებით; J - კოჭის განივკვეთის ინერციის მომენტი; l - კოჭის საანგარიშო მალი; β^2 - ის მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი მარტივი გამოსახულებებიდან:

1. მართკუთხა განივკვეთისას

$$\beta^2 = 0,25 \cdot (1 + \mu) h^2, \quad (7.21)$$

2. წრიული განივკვეთისას

$$\beta^2 = 0,17 \cdot (1 + \mu) d^2, \quad (7.22)$$

3. ორტესებრი განივკვეთისას

$$\beta^2 = 1,24 \cdot (1 + \mu) h^2, \quad (7.23)$$

სადაც h არის განივკვეთის სიმაღლე; d - წრიული განივკვეთის დიამეტრი; μ - პუასონის კოეფიციენტი ($\mu = \varepsilon_{\text{გან}} / \varepsilon_{\text{გრძ}}$; $\varepsilon = \Delta l / l$).

ზემოთ მოყვანილი ფორმულების ანალიზი აჩვენებს, რომ მხები ძაბვების მიერ გამოწვეული ძვრები ყველაზე მეტ გავლენას ახდენს ორტესებრი განივკვეთის კოჭების, აგრეთვე მცირემალისანი და შედარებით მაღალი განივკვეთის მქონე კოჭების ჩაღუნვებზე.

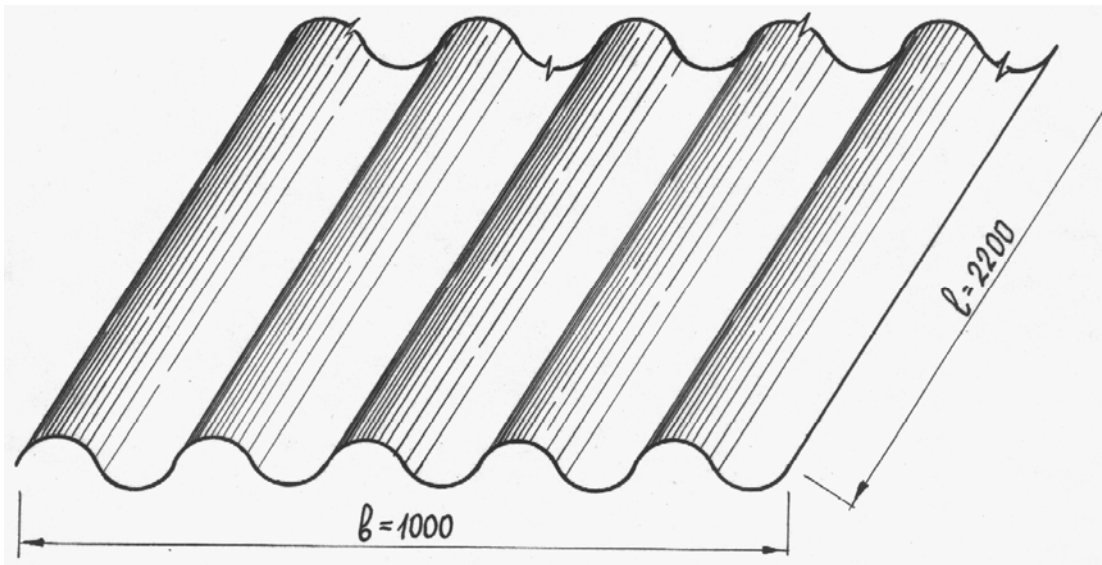
7.4. მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლები

მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლები გამოიყენება, როგორც ცალკე, ისე სხვა მასალებთან კომბინაციაში, რადგანაც მათი ტალღის ზომები ემთხვევა ტალღოვანი აზბესტცემენტის (შიფერის) და ალუმინის ფურცლების ზომებს. იგი კარგი მასალაა სხივამტარი სახურავების ან ღიობების მოსაწყობად, შვეული გარე მოპირკეთებისათვის, ფასადების არქიტექტურაში, ტიხრების და მანათობელი ჭერების მოსაწყობად, კიბისა და ლიფტის შახტების შემოსაღობად, სამფენოვანი პანელების დასამზადებლად, საზაფხულო კაფე-სასადილოების, პავილიონების, ფარდულების, სავაჭრო ობიექტების, ზღვისპირა ნაგებობების, სატრანსპორტო მაგისტრალეზე სწრაფი მომსახურების ობიექტების გადასახურავად და სხვ.

ტალღოვანი, ანუ პროფილირებული მინაპლასტიკების წარმოების განვითარებას ხელი შეუწყო მათი დამზადების სიმარტივემ და ტრადიციული საშენი მასალების ღირებულებასთან სიახლოვემ. ძირითადად მათი უპირატესობაა - მცირე მასა, კოროზიამედეგობა, ატმოსფერომედეგობა, ფორმის მიცემის სიმარტივე, ფერებისა და ფერადონების დიდი გამა. თუ შევაჯერებთ საზღვარგარეთული გამოცდილების შედეგებს, ვნახავთ, რომ გამჭირვალე მინაპლასტიკების გამოყენების წილი ყველა ტიპის მინაპლასტიკების მიმართ შეადგენს 83...91%.

ტალღოვანი ფურცლები წარმოადგენენ ცივი სახურავის დახრილ მზა ელემენტებს. ისინი ეწყობა სახურავის ქანობის მიმართულებით ხის ან ლითონის გრძივებზე. ასეთ სახურავებში ქანობის სიდიდე არ უნდა იყოს ნაკლები 1:10. ფურცლების ერთმანეთზე გადადების სიდიდე მიიღება 200...250მმ. რადგანაც ამ ფურცლებს დაბალი სიმტკიცე და სიხისტე აქვთ, ამიტომ გრძივებს შორის დაშორება არ უნდა აღემატებოდეს 150სმ, ხოლო ყოველი ფურცელი უნდა ეყრდნობოდეს მინიმუმ ორ გრძივს მაინც.

გამჭირვალე მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლები (ნახ. 7.8) გაანგარიშდება ღუნვაზე თოვლისაგან გადმოცემულ თანაბარ განაწილებულ დატვირთვაზე (საკუთარი წონა სიმცირის გამო მხედველობაში არ მიიღება), როგორც ერთი ან ორმალიანი სახსროვნად დაყრდნობილ კოჭები. შეყურსული დატვირთვა მასზე არ უნდა მოქმედებდეს. საანგარიშო მაღად მიიღება მანძილი საყრდენ გრძივებს შორის.



ნახ. 7.8. გამჭირვალე მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლის საერთო ხედი.

ტალღოვანი ფურცლები გაანგარიშდება მასალათა გამძლეობის ცნობილი ფორმულებით, რომლებიც მიესადაგება განიკვეთის ერთ ტალღის ან სიგანის ერთეულს. გეომეტრიული მახასიათებლები მოსახერხებელია გამოითვალოს, როცა ფურცლის სიგანე $b=1\text{მ}$ შემდეგი ფორმულებით:

ტალღების საანგარიშო რაოდენობა

$$n_{\delta} = \frac{b}{b_{\delta}}; \quad (7.24)$$

განიკვეთის ინერციის მომენტი

$$J = 0,125n_{\delta}b_{\delta}\delta_{\delta}h_{\delta}^2 \left(1 + \frac{\pi^2 h_{\delta}^2}{8b_{\delta}^2} \right); \quad (7.25)$$

განიკვეთის წინაღობის მომენტი

$$W = \frac{2J}{h_{\delta} + \delta_{\delta}}. \quad (7.26)$$

ტალღოვანი ფურცლების შემოწმება მზიდუნარიანობასა და მდგრადობაზე, ღუნვის პირობიდან გამომდინარე, წარმოებს ფორმულით:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi W}, \quad (7.27)$$

სადაც $M = q l^2 / 8$ არის მღუნავი მომენტის მნიშვნელობა, როდესაც ფურცლის საანგარიშო სქემას წარმოადგენს ერთი ან ორმალიანი სახსროვნად დაყრდნობილი კოჭი; φ - ფურცლის მდგრადობის კოეფიციენტი ღუნვისას

$$\varphi = \frac{1,92\delta_{\delta}h_{\delta}E_{\delta}}{R_{\varphi}(4h_{\delta}^2 + b_{\delta}^2)}, \quad (7.28)$$

სადაც E არის მასალის დრეკადობის მოდული; R_{φ} - მასალის საანგარიშო წინაღობა ღუნვაზე.

ფურცლის მზიდუნარიანობის შემოწმება ჭრაზე წარმოებს ფორმულით

$$\tau = \frac{Q}{2n_{\delta}h_{\delta}\delta_{\delta}} \leq R_{\tau}, \quad (7.29)$$

სადაც R_{τ} არის მასალის საანგარიშო წინაღობა ჭრაზე; $Q = 0,5ql$ - განივი ძალა ერთმალიანი სქემისათვის და $Q = 0,625ql$ - ორმალიანი სქემისათვის.

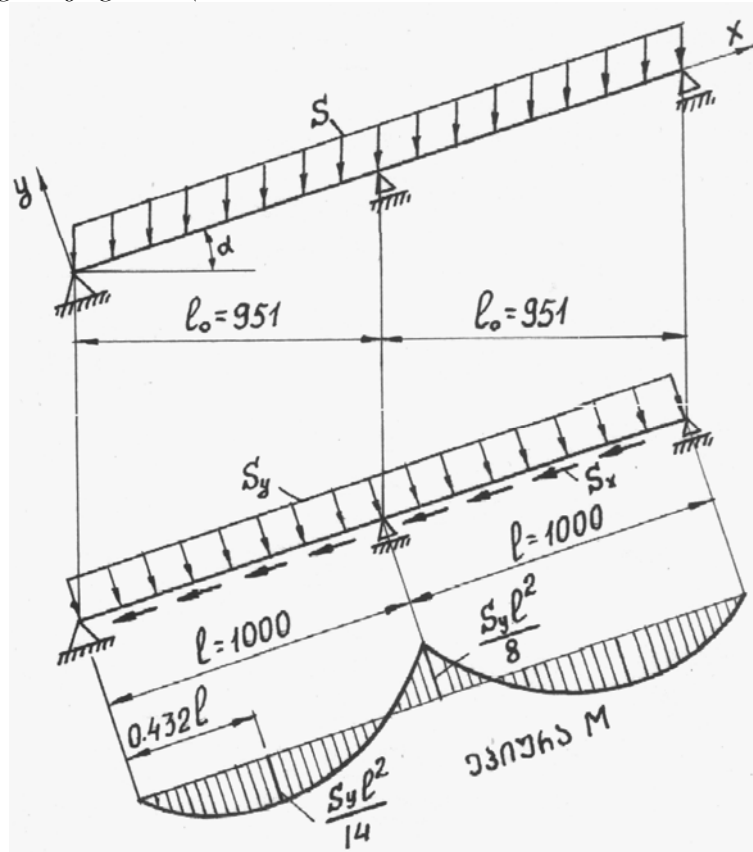
მუშაობის ორმალიანი სქემისათვის ფურცლის ჩაღუნვაზე შემოწმება წარმოებს ფორმულით:

$$\frac{f}{1} = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q l^3}{EJ} \leq \left[\frac{f}{1} \right] = \frac{1}{75}. \quad (7.30)$$

თუ ფურცლის საანგარიშო სქემა ერთმალიანია, მაშინ ფორმულაში 2,13 - კოეფიციენტის ნაცვლად შევა კოეფიციენტი 5.

მაგალითი. 7.1. შევარჩიოთ და შევამოწმოთ დახრილი სახურავის ბურჯლისათვის გამოყენებული გამჭირვალე მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლების განიკვეთი. ფურცლების სიგრძეა $L = 2,2\text{მ}$, სიგანე $b = 1\text{მ}$ და ეწყობიან ხის გრძივებზე, რომელთა შორისაც ბიჯია $1 = 1\text{მ}$. ფენილზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული თოვლის დატვირთვა: ნორმატიული $S^6 = 120\text{კგ/მ} = 1,2\text{კნ/მ} = 0,012\text{კნ/სმ}$; საანგარიშო $S = S^6 \cdot \gamma_t = 1,2 \cdot 1,6 = 1,92\text{კნ/მ} = 0,0192\text{კნ/სმ}$. სადაც $\gamma_t = 1,6$ არის დატვირთვის საიმედოობის კოეფიციენტი თოვლისათვის. ფენილის საკუთარი წონა მხედველობაში არ მიიღება მისი სიმცირის გამო.

ფენილის საანგარიშო სქემას წარმოადგენს ორმალიანი სახსროვნად დაყრდნობილი უჭრი კოჭი მართი $l=18$ (ნახ. 7.9).



ნახ. 7.9. ფენილის საანგარიშო სქემა.

სახურავის ქანობი $i=1:3 = \operatorname{tg} \alpha$; $\alpha = 18^\circ$; $\sin \alpha = 0,309$; $\cos \alpha = 0,9511$.

საანგარიშო დატვირთვის შემდგენები:

$$S_x = S \sin \alpha = 1,92 \cdot 0,309 = 0,59 \text{ კნ/მ} = 0,0059 \text{ კნ/სმ};$$

$$S_y = S \cos \alpha = 1,92 \cdot 0,9511 = 1,83 \text{ კნ/მ} = 0,0183 \text{ კნ/სმ}.$$

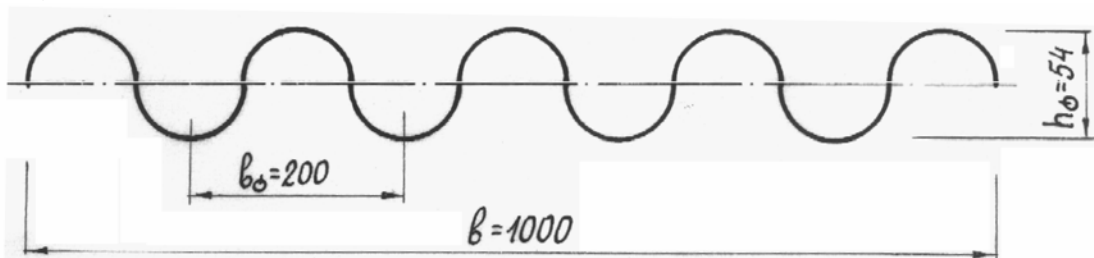
განივკვეთის შერჩევა ხდება S_y შემდგენის მოქმედებაზე, რომელიც იწვევს ფურცლის ღუნვის დეფორმაციებს, რაც შეეხება S_x შემდგენს, რომელიც იწვევს ფურცელში გრიძვ ძალებს, მისი სიმცირის გამო მხედველობაში არ მიიღება.

მაქსიმალური საანგარიშო მღუნავი მომენტი და განივი ძალები წარმოიშობიან შუა საყრდენზე.

$$M = \frac{S_y \cdot l^2}{8} = \frac{0,0183 \cdot 100^2}{8} = 22,88 \text{ კნ.სმ};$$

$$Q = \frac{5 \cdot S_y \cdot l^2}{8} = \frac{5 \cdot 0,0183 \cdot 100^2}{8} = 1,14 \text{ კნ}.$$

ავიღოთ პოლიეთერული მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცელი შემდეგი ზომების (ნახ. 7.10):



ნახ. 7.10. გამჭვირვალე მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლის გეომეტრიული ზომები.

სისქე $\delta_y = 2\text{მმ}$; ტალღების ბიჯი $b_\delta = 20\text{სმ}$; ტალღის სიმაღლე $h_\delta = 5,4\text{სმ}$; ფურცლის სიგანე $b = 1\text{მ}$; ტალღების რაოდენობა $n = b/b_\delta = 100/20 = 5$ (დანართი, ცხრ. 36)

პოლიეთერული მინაპლასტიკის საანგარიშო წინაღობები ღუნვასა და ჭრაზე (ახლენახე) ნორმალური საექსპლუატაციო პირობებისათვის $R_{\sigma} = 15\text{მპა} = 150\text{კგძ/სმ}^2$ და $R_{\sigma_{\text{ჭ}}} = 9\text{მპა} = 90\text{კგძ/სმ}^2$ (დანართი, ცხრ. 25).

იგივე ატმოსფერული პირობებისათვის:

$$R_{\sigma}^{\circ} = R_{\sigma} \cdot k_1 = 15 \cdot 0,65 = 9,75\text{მპა} = 97,5\text{კგძ/სმ}^2;$$

$$R_{\sigma_{\text{ჭ}}}^{\circ} = R_{\sigma_{\text{ჭ}}} \cdot k_1 = 9 \cdot 0,65 = 5,85\text{მპა} = 58,5\text{კგძ/სმ}^2.$$

დრეკადობის მოდული $E = 3000\text{მპა} = 30000\text{კგძ/სმ}^2$;

$$E^{\circ} = E \cdot k_2 = 3000 \cdot 0,8 = 2400\text{მპა} = 24000\text{კგძ/სმ}^2,$$

სადაც k_1 და k_2 - საანგარიშო წინაღობის შემამცირებელი კოეფიციენტები ატმოსფერულ პირობებში მასალის ექსპლუატაციის დროს.

ფურცლის განივკვეთის ინერციის მომენტის და წინაღობის მომენტის მნიშვნელობები ამოვიწეროთ ცხრილიდან (დანართი, ცხრ. 36), რომელშიც მოცემული ეს სიდიდეები ფურცლის ერთი ტალღისათვის არის გათვალისწინებული. ჩვენს შემთხვევაში ფურცელს 1მ სიგანეზე აქვს 5 ტალღა, ამიტომ როცა $b_\delta = 20\text{სმ}$, $h_\delta = 5,4\text{სმ}$ და $\delta_\delta = 2\text{მმ}$, მაშინ

$$J = 5 \cdot 15,8 = 79\text{სმ}^4,$$

$$W = 5 \cdot 5,65 = 28,25\text{სმ}^3.$$

ფურცლის მდგრადობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ღუნვისას:

$$\varphi = \frac{1,92 \cdot \delta_\delta \cdot h_\delta \cdot E}{R_{\sigma}^{\circ} (4h_\delta^2 + b_\delta^2)} = \frac{1,92 \cdot 0,2 \cdot 5,4 \cdot 24000}{97,5 (4 \cdot 5,4^2 + 20^2)} = 0,99,$$

სიმტკიცის პირობაზე შემოწმება:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi W} = \frac{22,88}{0,99 \cdot 28,25} = 0,82\text{კნ/სმ}^2 = 8,2\text{მპა} < R_{\sigma}^{\circ} = 9,75\text{მპა},$$

რაც იმას ნიშნავს, რომ პირობა დაკმაყოფილებულია.

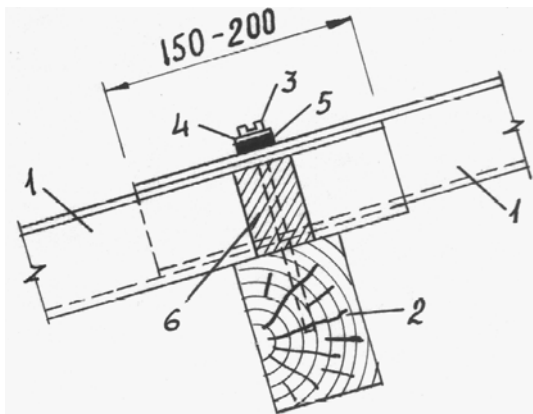
ფურცლის შემოწმება ჭრაზე:

$$\tau = \frac{Q}{2n_\delta h_\delta \delta_\delta} = \frac{1,14}{2 \cdot 5 \cdot 5,4 \cdot 0,2} = 0,11\text{კნ/სმ}^2 = 1,1\text{მპა} < R_{\sigma_{\text{ჭ}}}^{\circ} = 5,85\text{მპა}.$$

ფურცლის შემოწმება სიხისტეზე ნორმატიული დატვირთვის ქვეშ:

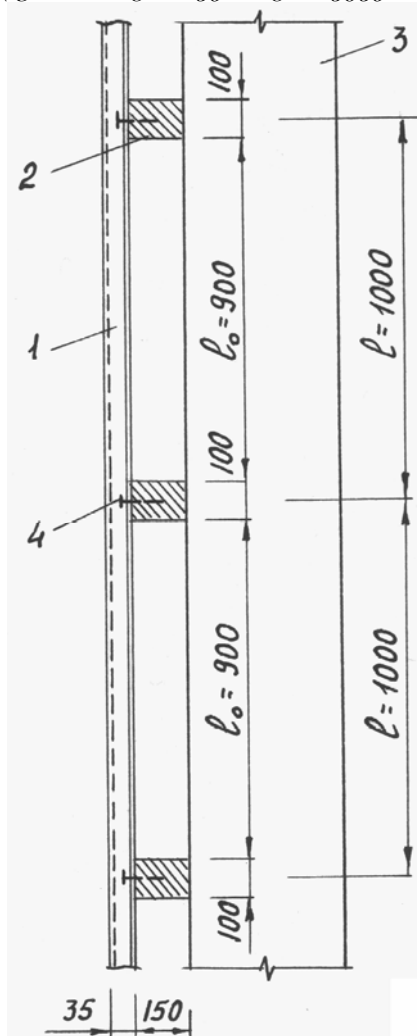
$$\frac{f}{1} = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q^6 l^3}{EJ} = \frac{2,13 \cdot 0,012 \cdot 100^3}{384 \cdot 240 \cdot 79} = \frac{1}{285} < \left[\frac{f}{1} \right] = \frac{1}{75}.$$

გამჭვირვალე მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლის ხის გრძივთან მიმაგრების დეტალი ნახვენება ნახ. 7.11-ზე.



ნახ. 7.11. გამჭვირვალე მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლის ხის გრძივთან მიმაგრების კვანძი: 1 - ტალღოვანი ფურცელი; 2 - გრძივი; 3 - შურუპი; 4 - ლითონის საყელური; 5 - რეზინის საყელური; 6 - ხის ნაჭრის ქვესაღები.

მაგალითი 7.2. შევარჩიოთ და შევამოწმოთ გამჭვირვალე მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლის განივკვეთი, რომელიც გამოყენებულია შეუქცამტარი ნაწილისათვის. ფურცლის სიგრძეა $L=2,2მ$, სიგანე $b=1მ$ და ისინი მიმაგრებული არიან საკედლე პორიზონტალურ ხის გრძივებს განივკვეთით 10×15 სმ (ნახ. 7.12).



ნახ. 7.12. გამჭვირვალე მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცლების საკედლე პორიზონტალურ ხის გრძივებთან მიმაგრების ფრაგმენტი: 1 - ტალღოვანი ფურცელი; 2 - ხის გრძივი; 3 - სვეტი; 4 - შურუპები.

ტალღოვან ფურცლებზე მოქმედებს ქარის თანაბრად განაწილებული აქტიური დატვირთვა: ნორმატიული $w_0 = 0,6 კნ/მ^2 = 60 კგძ/მ^2$ (V კლიმატური რაიონი, დანართი, ცხრ. 19); საანგარიშო $q = w_0 k c = 0,6 \cdot 0,75 \cdot 0,8 კნ/მ^2 = 36 კგძ/მ^2$, სადაც $k = 0,75$ არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ქარის წნევის ცვალებადობას შენობის სიმაღლეზე დამოკიდებულებით [5, პ. 6.5]; $c = 0,75$ - აეროდინამიკური კოეფიციენტი ქარის აქტიური დაწოლის მხრიდან [5, პ. 6.6, დანართი 4].

ავიროთ პოლიეთერული მინაპლასტიკის ტალღოვანი ფურცელი სისქით $\delta_0 = 1,5 მმ$, ტალღის სიმაღლით $h_0 = 35 მმ$ და ტალღის სიგრძით $b_0 = 125 მმ$. მასალის საანგარიშო წინაღობის მნიშვნელობები ავიროთ წინა მაგალითის ანალოგიურად: $R_{\sigma}^0 = 9,75 მპა = 0,975 კნ/სმ^2$; $R_{\beta}^0 = 5,85 მპა = 0,585 კნ/სმ^2$; $E^0 = 2400 მპა = 240 კნ/სმ^2$.

ფურცლის გაანგარიშება წარმოებს, როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე კოჭი, დატვირთული თანაბრად განაწილებული q დატვირთვით. კოჭის საანგარიშო მალი ტოლია გრძივების შორის დაშორებისა შუქში $l_0 = 100 - 10 = 90 სმ$, სადაც 10 სმ გრძივის განივკვეთის სიგანეა.

ფურცლის განივკვეთის გომეტრიული მახასიათებლები ამოვიწეროთ ცხრილიდან (დანართი, ცხრ. 36).

$$J_{\phi} = 3,13\text{სმ}^4; \quad w_{\phi} = 1,71\text{სმ}^3; \quad A_{\phi} = 2,32\text{სმ}^2.$$

საანგარიშო მღუნავი მომენტისა და განივი ძალის მნიშვნელობები გამოითვლება ფორმულებით:

$$M = \frac{ql^2}{8} \cdot b_{\phi} = \frac{0,36 \cdot 0,9^2}{8} \cdot 0,125 = 0,0045 \text{ კნ.მ} = 0,45 \text{ კნ.სმ};$$

$$Q = \frac{ql}{2} = \frac{0,36 \cdot 0,9}{2} = 0,162 \text{ კნ.}$$

ფურცლის მდგრადობის კოეფიციენტი ღუნვისას

$$\varphi = \frac{1,92 \cdot \delta_{\phi} \cdot h_{\phi} \cdot E^{\circ}}{R_{\phi}^{\circ} (4h_{\phi}^2 + b_{\phi}^2)} = \frac{1,92 \cdot 0,15 \cdot 3,5 \cdot 240}{0,975 (4 \cdot 3,5^2 + 12,5^2)} = 0,78.$$

სიმტკიცის პირობაზე შემოწმება:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi w_{\phi}} = \frac{0,45}{0,78 \cdot 1,71} = 0,337 \text{ კნ/სმ}^2 = 3,37 \text{ მპა} < R_{\phi}^{\circ} = 9,75 \text{ მპა}.$$

ფურცლის შემოწმება ჭრაზე:

$$\tau = \frac{Q}{2 \cdot n_{\phi} \cdot h_{\phi} \cdot \delta_{\phi}} = \frac{0,162}{2 \cdot 5 \cdot 3,5 \cdot 0,15} = 0,031 \text{ კნ/სმ}^2 = 0,31 \text{ მპა} < R_{\phi}^{\circ} = 5,85 \text{ მპა}.$$

შემოწმება სიხისტეზე:

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_0 l^4}{E^{\circ} J_{\phi}} \cdot b_{\phi} = \frac{5 \cdot 0,6 \cdot 10^{-4} \cdot 90^4 \cdot 12,5}{384 \cdot 240 \cdot 3,13} = 0,85 \text{ სმ}$$

$$\frac{f}{l} = \frac{0,85}{90} = \frac{1}{106} < \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{75}.$$

ყველა პირობა დაკმაყოფილებულია.

7.5. მოთხოვნები წაყენებული პოლიმერული მასალებისადმი

პოლიმერულ საშენ მასალებს წაყენებათ საექსპლუატაციო-ტექნიკური, ხანმედევობის, ესთეტიკურობის, ინდუსტრიულობის, ტექნოლოგიურობის, სანიტარულ - ჰიგიენური და ეკონომიკური ეფექტურობის მოთხოვნები.

საექსპლუატაციო-ტექნიკური მოთხოვნები ითვალისწინებს მასალისა და ნაკეთობების შესაბამისი საჭირო ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დაკმაყოფილებას. იგი მკაცრად რეგლამენტირებულია სახელმწიფო სტანდარტებითა და ნორმატიული დოკუმენტებით. ამ მოთხოვნების დასაბუთებისათვის აწარმოებენ მასალების გამოცდას მისი მექანიკური, თბოტექნიკური, ელექტროფიზიკური და სპეციფიკური თვისებების დასადგენად. გამოცდა შეიძლება იყოს ხანმოკლე-ლაბორატორიულ პირობებში, ან ხანგრძლივი, რომელიც ტარდება ნატურალურ კონსტრუქციებზე.

ხანმედევობის მოთხოვნები განისაზღვრება მასალებისა და ნაკეთობების საექსპლუატაციო და ფუნქციური დანიშნულების პირობებით და ზოგიერთი ჯგუფის პლასტმასებისათვის რეგლამენტირებულია. პლასტმასის ხანმედევობის განსაზღვრის მეთოდებს მიეკუთვნება ატმოსფერომედევობისა და შუქთბომედევობის განსაზღვრის მეთოდი, რომელიც არ ითვლისწინებს მასალების გამოცდას დაძაბულ მდგომარეობაში და აგრესიულ გარემოში. მისი ორი მოდიფიკაცია არსებობს-გამოცდა ბუნებრივ კლიმატურ პირობებში სპეციალურ სტენდებზე და გამოცდა ლაბორატორიულ კლიმატურ პირობებში ხელოვნური ამინდის აპარატურაზე (ვეზერმეტრზე). ამ გამოცდებით შეიძლება დავადგინოთ ისეთი თვისებები, როგორცაა: ზედაპირის ელვარების დაკარგვა, ფერის შეცვლა, ბზარების გაჩენა, ეროზია, დაბრეცა, განშრეგება, ობის

წარმოქმნა, შემაფერადლების მიგრაცია, პლასტიფიკატორის გამოქვევა ზედაპირზე, აბსოლუტური და ფარდობითი მასის ცვლილება, დიექტრიკული შეღწევადობა, ელექტრული სიმტკიცე, კუთრი ზედაპირული და მოცულობითი ელექტროწინააღობა და სხვ.

ესთეტიკური მოთხოვნები განისაზღვრება მასალის დანიშნულების მიხედვით. ნორმატიულ დოკუმენტებში რეგლამენტირებულია ფერთა გამა და მასალის ასორტიმენტი ფაქტურისა და ფორმის მიხედვით.

ინდუსტრიალობისა და ტექნოლოგიურობის მოთხოვნები ითვალისწინებს პლასტმასის კონსტრუქციების დამზადების შესაბამისობას თანამედროვე სამშენებლო წარმოების ინდუსტრიულ მეთოდებთან. ამაში იგულისხმება სიმსუბუქე, მსხვილზომიანობა, ქარხნული წესით დამზადების შესაძლებლობა, მექანიკური დამუშავების შესაძლებლობა, წებვადობა და სხვ.

სანიტარულ-ჰიგიენურ მოთხოვნებს მიეკუთვნება სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობაში გამოყენებული მასალების და ნაკეთობების შეფასების შემდეგი კრიტერიუმები:

- მასალები არ უნდა გამოცემდეს შენობაში მდგრად სპეციფიკურ სუნს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში;
- მასალები არ უნდა გამოყოფდეს აქროლად ნივთიერებებს და გამორიცხული უნდა იყოს მათი აკუმულაციის შესაძლებლობა;
- მასალისაგან გამოყოფილ ნივთიერებას არ უნდა გააჩნდეს კარცეროგენული, მუტაგენური და ტერატოგენური თვისებები;
- მასალები ხელს არ უნდა უწყობდეს მიმდებარე ჰაერის მასაში მიკროფლორის ზრდას;
- მასალის ზედაპირზე აკუმულირებული ელექტრული მუხტის სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 200 ვოლტს;
- მასალები არ უნდა აუარესებდეს სათავსის მიკროკლიმატს და არ უნდა ცვლიდეს ადამიანის ფიზიოლოგიურ რეაქციებს;
- მასალის ფერი უნდა შეესაბამებოდეს ფიზიოლოგიურ და ჰიგიენურ მოთხოვნებს.

ეკონომიკური ეფექტურობის მოთხოვნები განსაზღვრავს პოლიმერული მასალების მშენებლობაში გამოყენების მიზანშეწონილობას. პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ მსხვილპანელიანი 9-სართულიანი საცხოვრებელი სახლის მშენებლობა გრძელდება 1...2 თვე, ხოლო მისი მოპირკეთების სამუშაოები - 3...6 თვე (ეს იმ დროს, როცა მოპირკეთების სამუშაოების ღირებულება შენობის სახარჯთაღრიცხვო ღირებულების 12...15% შეადგენს) და ამ სამუშაოების შრომატევადობა შეადგენს 20...25%. პოლიმერული მასალების გამოყენება ზრდის მოპირკეთების სამუშაოების ინდუსტრიალიზაციას და საგრძნობლად ამცირებს მის ღირებულებას. პოლიმერული იატაკების მოწყობის შემთხვევაში მუშის შრომის ნაყოფიერება იზრდება 50...60%.

პოლიმერული მასალები საშუალებას გვაძლევს მივაღწიოთ სხვა უფრო დეფიციტური ნედლეულის საგრძნობ ეკონომიას. ასე, მაგალითად, 1000მ² პოლიმერული იატაკის შემთხვევაში მიიღწევა 60...70მ³ დახერხილი ხის მასალის ეკონომია; ყოველი ტონა პლასტმასის სანტექნიკური ნაკეთობები ცვლის 5ტ თუჯისა და 0,2 ტ ფერად ლითონს. თბოსაიზოლაციო თვისებების მიხედვით 5სმ სისქის ქაფპოლისტიროლი 50სმ სისქის აგურის კედლის ეკვივალენტურია.

7.6. პოლიმერულ მასალებთან მუშაობის უსაფრთხოების ტექნიკა

პოლიმერულ მასალებთან მუშაობას უსაფრთხოების წესები ითვალისწინებს ამ მასალების სპეციფიკურობას და რეგლამენტირებულია შესაბამისი ინსტრუქციებით, მითითებებით და ა.შ.

პოლიმერულ ლაქსადებავებთან და ფისებთან მუშაობის დროს უნდა გვახსოვდეს, რომ:

- გამხსნელად აკრძალულია ბენზოლის გამოყენება;

- არ შეიძლება ისეთი ლაქსადებავების გამოყენება, რომელთა შემადგენლობაში შედის ქლორირებული ნახშირწყალბადები და მეთანოლი; სამუშაოების წარმოებისას პერსონალი ადჭურვილი უნდა იყოს სპეციალური დამცავი საშუალებებით (პირბადე, აირწინაღი და სხვ.) და სათავსში მუშაობდეს გამწოვი ვენტილაცია, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში თუ მასალები შეიცავენ პოლიურეტანულ ან ეპოქსიდურ ფისებს, ტყვიის შენაერთებს ან არომატულ გამხსნელებს;

- სამუშაოების დამთავრების შემდეგ აუცილებელია შიგა სათავსის ოთხჯერადი სრული განიავება.

რულონურ, ფურცლოვან ან ფილოვან მასალებთან მუშაობის დროს:

- რულონი და ფურცლები უნდა დაიშალოს შენობაში 18...25°C ტემპერატურის დროს, ხოლო სამუშაო ადგილის განათება არ უნდა იყოს 25 ლუქსზე ნაკლები; იმ შენობაში, სადაც ლინოლიუმის შედუღებას აწარმოებენ მაღალი სიხშირის ელექტროდენით ან ცხელი ჰაერით - არანაკლები 40 ლუქსისა;

- იმ შენობაში სადაც მიმდინარეობს ლინოლიუმის შედუღება, ყოველ საათში უნდა მოხდეს ჰაერის სამჯერადი შეცვლა-განიავება, ხოლო უშუალოდ შესადუღებელი სამუშაო ადგილი უზრუნველყოფილი უნდა იყოს უწყვეტად მომუშავე გამწოვი სისტემით;

- მაღალი სიხშირის გენერატორების ქვეშ და უშუალოდ სიახლოვეს იატაკზე დაფენილი უნდა იყოს რეზინის ხალიჩა.

შესადუღებელ მასტიკებთან მუშაობის დროს:

- აუცილებელია სამუშაოები მიმდინარეობდეს სხვა სამუშაოებისაგან იზოლირებულად შენობაში, რომელიც კარგად ნიავედება;

- აკრძალულია ორგანული გამხსნელების შემცველი მასტიკების ძლიერ გაცხელება და ცეცხლის ალით სარგებლობა;

- ცივ მასტიკებთან მუშაობისას ხელების დასაცავად რეკომენდებულია დამცველი პასტის (ПМ-1, ХИОТ), სხვადასხვა საცხის ან რეზინის ხელთათმანების გამოყენება.

უწყვეტი იატაკების მოწყობისას შენობაში, რომელიც ცუდად ნიავედება, სასუნთქი ორგანოების დასაცავად გამოიყენება ჩვეულებრივი აირწინაღი (მარკით БКФ) ან მილოვანი აირწინაღი (ПК-2).

კატეგორიულად აკრძალულია საკვები პროდუქტების შენახვა, სიგარეტის მოწევა და ღია ცეცხლის გამოყენება იმ შენობაში, სადაც მიმდინარეობს მუშაობა პოლიმერული მასალების გამოყენებით.

პლასტმასების ხანძარსაშიშროების საკითხებიც, ანალოგიურად, უსაფრთხოების ტექნიკასთან რეგლამენტირებულია შესაბამისი ინსტრუქციებითა და მითითებებით.

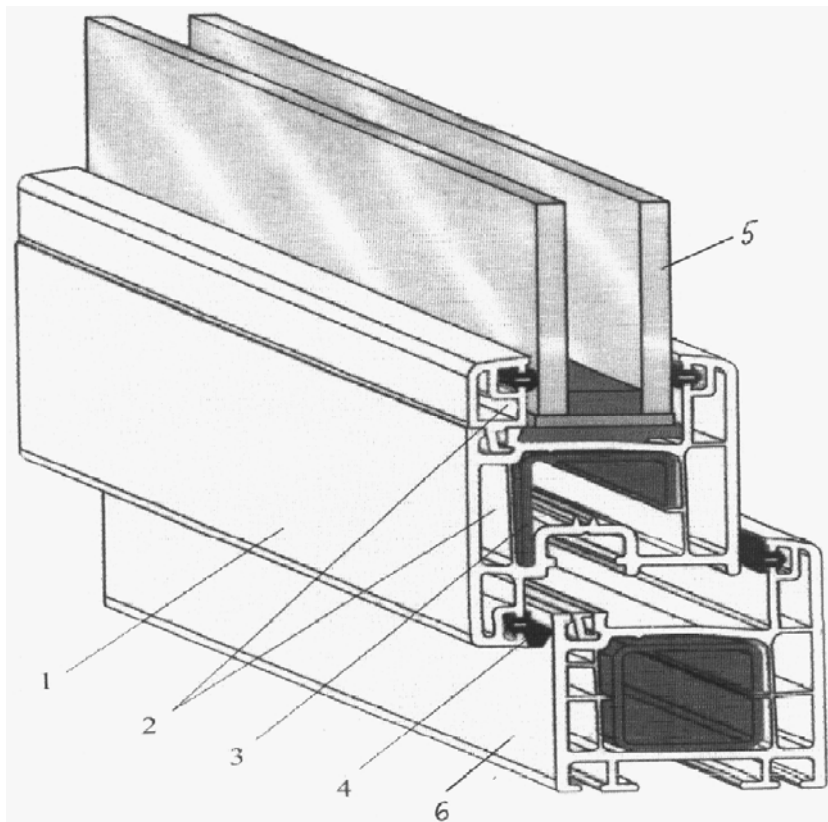
ყველა ტიპის ლაქი, ემალი, საღებავი, მასტიკა, რომლებიც შეიცავენ ორგანულ გამხსნელებს, ადვილად აალებადია, ამიტომ საჭიროა ვიცოდეთ მათი ხანძრის ჩაქრობის საშუალებები. ასეთებია: ტეტრაქლორული ცეცხლსაქრობი ОП-3 და ОП-4 მარკის ცეცხლსაქრობი. ქიმიური ქაფის ცეცხლსაქრობი ОП-1 გამოიყენება მაგარი ან სხვა პოლიმერული საშენი მასალების ხანძრის ჩასაქრობად.

ხანძრის ჩაქრობის საშუალებებს მიეკუთვნება აგრეთვე: ქიმიური ქაფი, აირ - მექანიკური ქაფი, წყლის ორთქლი, გაფრქვეული წყალი, ინერტული გაზები და სხვ.

7.7. მეტალოპლასტმასის კარ-ფანჯრები

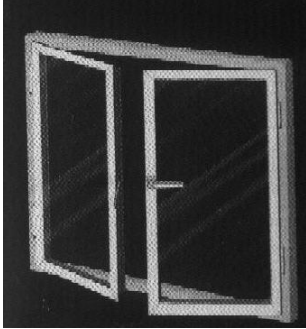
მეტალოპლასტმასის კონსტრუქციების გამოყენებას მშენებლობაში 20...30 წლის ისტორია აქვს. მისგან ამზადებენ კარ-ფანჯრებს, ვიტრაჟებს, ტიხრებს, ზამთრის ბაღებს, შუქფარნებს და სხვ. ამ პერიოდის განმავლობაში მეტალოპლასტმასმა გაბატონებული მდგომარეობა დაიკავა ახალ მშენებლობაში, სადაც მისი წილი 80...90% აღწევს და პრაქტიკულად გამოაძევა ტრადიციული საფანჯრე კონსტრუქციები. ამჟამად საქართველოში მეტალოპლასტმასის კონსტრუქციების დამამზადებელი 300-მდე ფირმა მუშაობს და მათ მიერ დამონტაჟებული კარ-ფანჯრების საერთო რაოდენობა წლიურად 2 მლნ კვ ფართობს შეადგენს, რაც თვალნათლივ მიუთითებს ამ მიმართულების პერსპექტიულობაზე.

მეტალოპლასტმასის ფანჯრები (ნახ. 7.13) საშუალებას იძლევა იდეალურად დავიცვათ სათავსი გარედან ცივი ჰაერის შეღწევისაგან, რაც მიიღწევა მინაპაკეტის, დასაგმანავი რეზინის, პირაპირების ჰერმეტიზაციის და მრავალკამერიანი პროფილის გამოყენებით. ეს ფანჯრები საიმედოდ იცავენ სათავს მტვრისა და ხმაურისაგან, არ საჭიროებენ შეღებვას და საკმაოდ მარტივი მოსაველეია. სამკამერიანი პროფილები და მინაპაკეტები ზამთარში წარმატებით იცავენ ფანჯრებს გაყინვისა და შიგნიდან კონდენსატის გაჩენისაგან, ხოლო ზაფხულში ინარჩუნებენ ოთახის სიგრილეს. მეტალოპლასტმასის ფანჯრების ძირითად მასალას წარმოადგენს პოლივინილქლორიდის (პვქ) პროფილები. პვქ ეკოლოგიურად სუფთა მასალაა. იგი პროდუქტია ნახშირბადის, წყალბადისა და ქლორის ნაერთის და შედგება 43% ნავთობპროდუქტებისა და 57% ქვამარილისა და სუფრის მარილისაგან. ხანძრის შემთხვევაში პვქ ზედაპირზე არ ვრცელდება ალი და არ ხდება მანე აირების გამოყოფა, რაც ხანძარსაშიშროების თვალსაზრისით მეტად დადებითი მოვლენაა.



ნახ. 7.13. მეტალოპლასტმასის ფანჯრის ფრაგმენტი: 1 - ფრთის პროფილი; 2 - კამერები; 3 - ლითონის პროფილი; 4 - დასაგმანავი რეზინი; 5 - მინაპაკეტი; 6 - ჩარჩოს პროფილი.

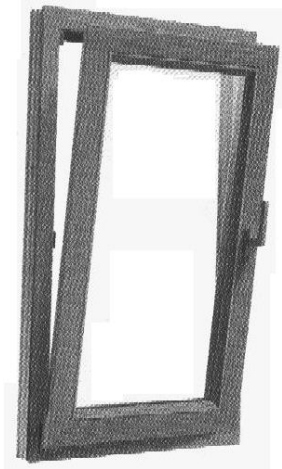
თანამედროვე, სამი და ოთხკამერიანი პროფილები („Kemmerling“, „Roplaste“, „KBE“, „Rehau“, „Aluplast“, „Salamander“, „LG“, „Alfapen“, „Pakpen“ და სხვ.) გამოირჩევიან კარგი თბო-და ბგერასაიზოლაციო თვისებებით, მდგრადი არიან ისეთი კლიმატური ზემოქმედებისადმი, როგორცაა მზის სხივები, ქარი, წვიმა, ყინვა, ხოლო მათი შესაბამისობის სერტიფიკატები და პრაქტიკული გამოცდილება უტყუარად ადასტურებენ აუცილებელ ჰიგიენურ ნორმებსა და მოთხოვნებს. თუ მეტალოპლასტმასის ფანჯარა ნორმალურად არის დამზადებული, მაშინ იგი რეალურად გამორიცხავს სითბოს გაუონვის გზებს, რაც ხის ფანჯარებისათვის ბუნებრივი მოვლენაა.



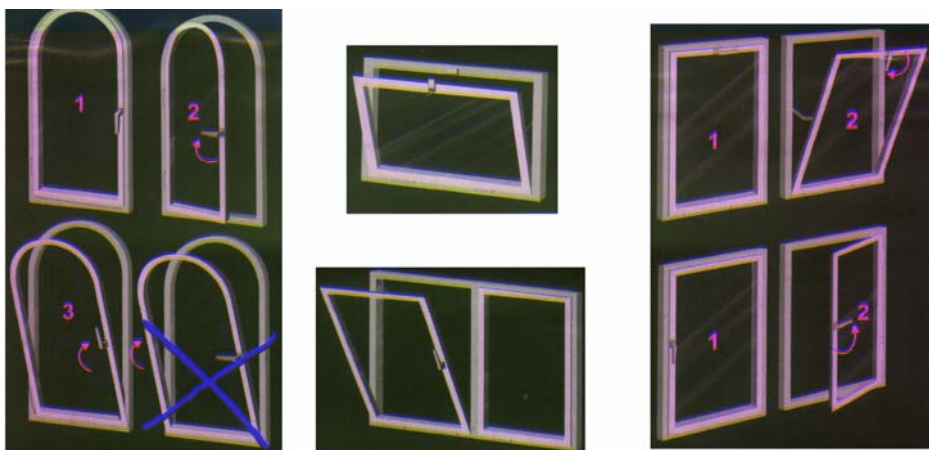
ნახ. 7.14. მეტალოპლასტმასის ორფენიანი ფანჯარა ჩვეულებრივი გაღებით.

ნახ. 7.14-ზე წარმოდგენილია მეტალოპლასტმასის, ორფენიანი ჩვეულებრივი გაღების, ფანჯრის ხედი, ხოლო ნახ. 7.15-ზე ერთფენიანი ფანჯარა გაღება-გადმოკიდებით. ნახ. 7.16-ზე ნაჩვენებია მეტალოპლასტმასის ფანჯრების გაღების რამდენიმე ვარიანტი.

ჩვეულებრივი გაღების პარალელურად მეტალოპლასტმასის პროფილები საშუალებას იძლევა დავამზადოთ ჰორიზონტალურად გასაწევ-გამოსაწევი ფანჯრები (ნახ. 7.17) და კარებები.



ნახ. 7.15. მეტალოპლასტმასის ერთფენიანი ფანჯარა გაღება-გადმოკიდებით.

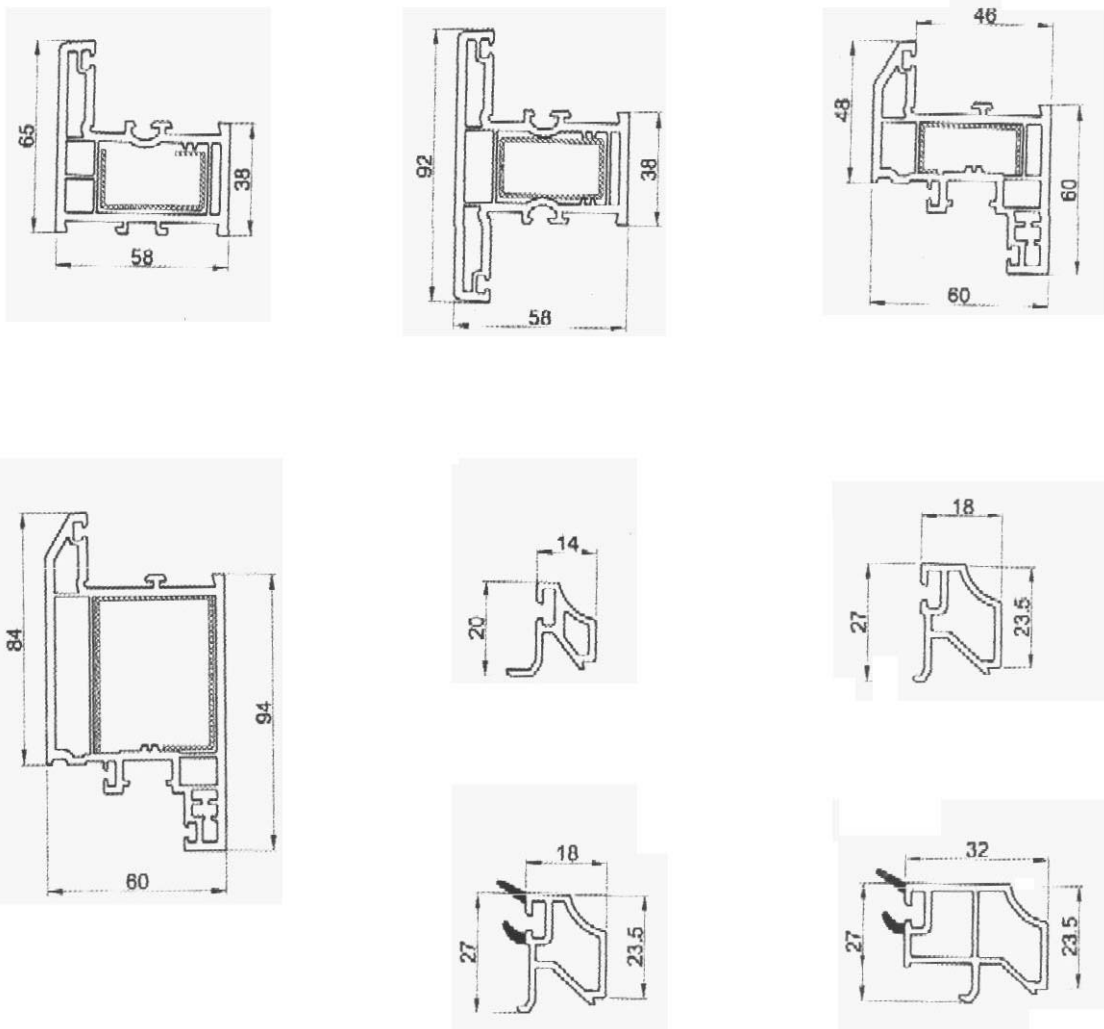


ნახ. 7.16. მეტალოპლასტმასის ფანჯრების გაღების ვარიანტები.

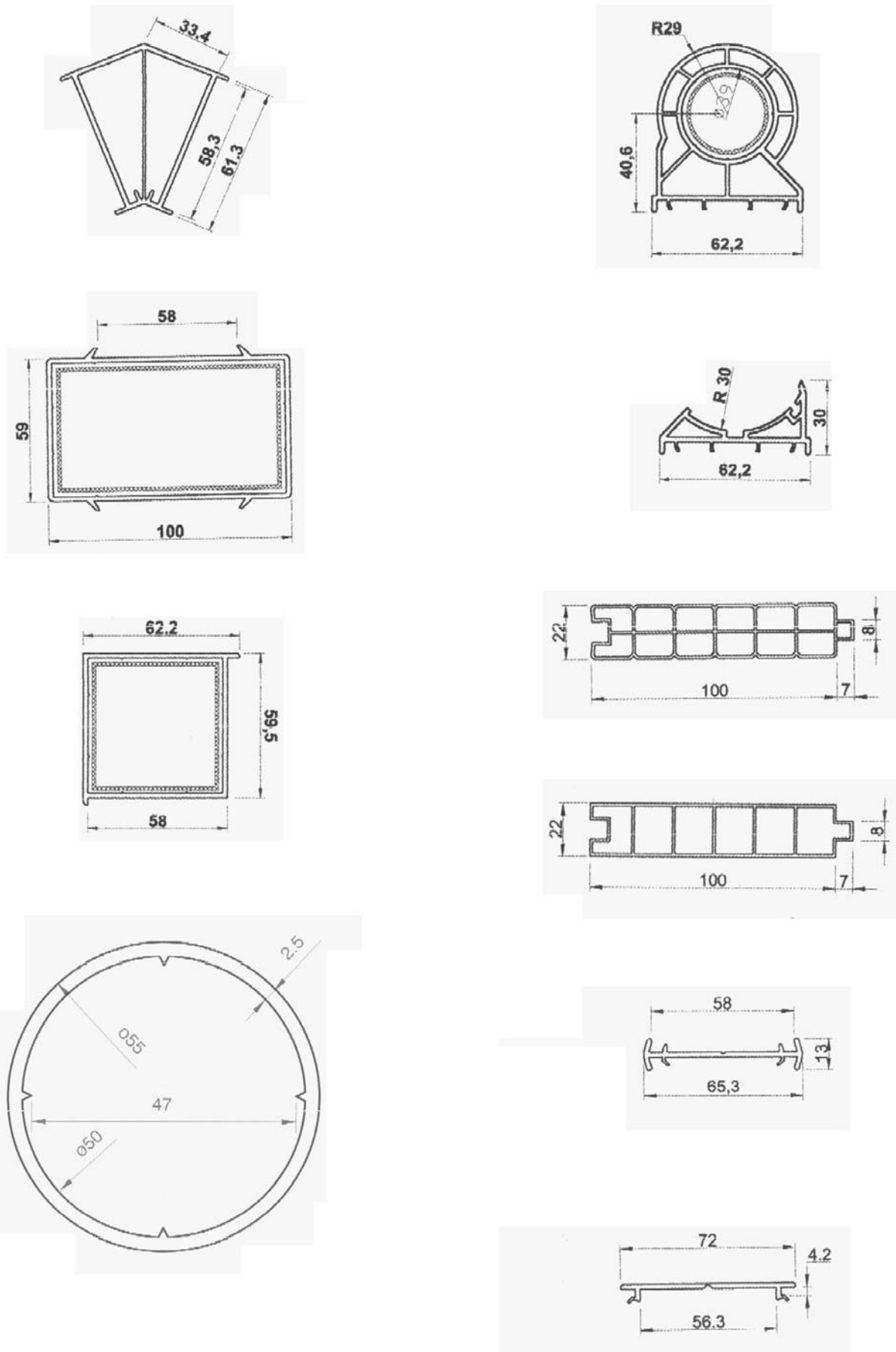


ნახ. 7.17. მეტალოპლასტმასის გასაწევ-გამოსაწევი ფანჯარა.

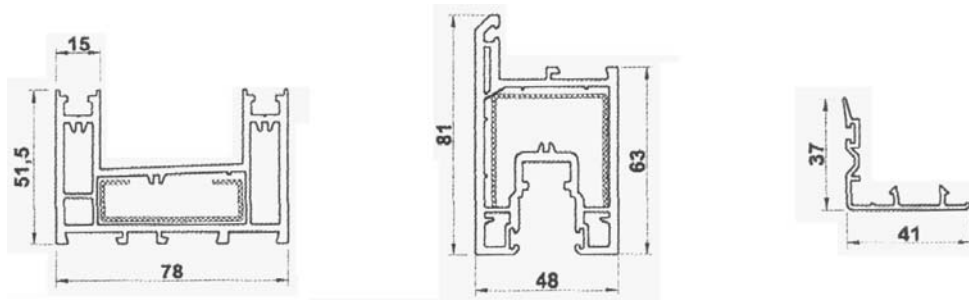
ჩვეულებრივი მეტალოპლასტმასის კარ-ფანჯრების დასამზადებლად გამოიყენება ძირითადი (ნახ. 7.18) და დამხმარე (ნახ. 7.9) პროფილები, ხოლო გასაწევ-გამოსაწევი სერიის ფანჯრებისათვის - ძირითადისაგან პრინციპულად განსხვავებული განივკვეთის პროფილები (ნახ. 7.20), რაც გამოწვეულია ასეთი ფანჯარების მუშაობის სპეციფიკით.



ნახ. 7.18. მეტალოპლასტმასის კარ-ფანჯრების ძირითადი პროფილები: 1 - ჩარჩოს პროფილი; 2 - ტიხარის პროფილი; 3 - ფრთის პროფილი; 4 - კარის პროფილი; 5,6, სამინე სამაგრი „შტაპიკი“; 7,8 - სამინე სამაგრი რეზინებით.



ნახ. 7.19. მეტალოპლასტმასის კარ-ფანჯრების დამხმარე პროფილები: 1 - კუთხური შეერთების პროფილი; 2,3 - კოლოფისმაგვარი პროფილები; 4 - პლასტმასის მილი; 5 - კუთხური ბრუნვის პროფილი; 6 - კუთხური ბრუნვის პროფილის აპარატი; 7,8 - კარის გულის პროფილი (ლამბირი); 9,10 - პირაპირის პროფილი.



ნახ. 7.20. მეტალოპლასტმასის გასაწვევ-გამოსაწვევი კარ-ფანჯრების პროფილები: 1 - ჩარჩოს პროფილი; 2 - ფრთის პროფილი; 3 - დამატებითი დეკორატიული პროფილი.

მეტალოპლასტმასის ფანჯრებში პლასტმასის პლასტმასთან და მინის პლასტმასთან შესაერთებლად გამოიყენება თანამედროვე ტექნოლოგიით დამზადებული კაუჩუკნარევი დასაგმანი რეზინი (შავი, ნაცრისფერი, თეთრი). ფანჯრების ღრეხობების ჰერმეტიზაციისათვის დიდ მნიშვნელობა ენიჭება რეზინის ტიპის სწორად შერჩევას. პლასტმასის პროფილები, დამამზადებელი ფირმების შესაბამისად, საგრძნობლად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან განივკვეთის გეომეტრიული ზომებით, ამიტომ, ბუნებრივია ყველა პროფილს ჭირდება მასზე აპრობირებული დასაგმანავი რეზინი. ზოგიერთი ტიპის დასაგმანავი რეზინის განივკვეთები მოცემულია ნახ. 7.21-ზე.



ნახ. 7.21. დასაგმანავი რეზინის სახეები.

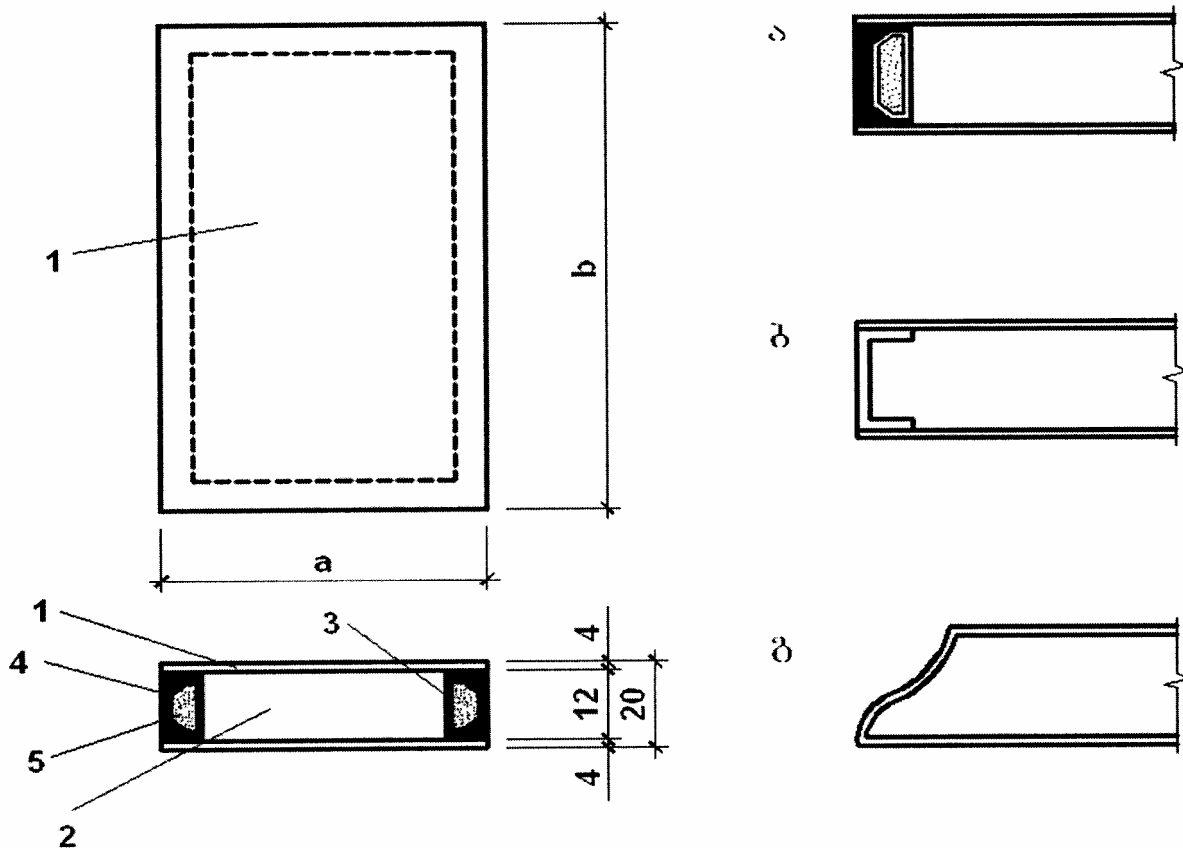
პლასტმასის პროფილებისა და დასაგმანავი რეზინის პარალელურად მეტალოპლასტმასის კარ-ფანჯრების ძირითადი ნაწილია მინაპაკეტი.

მინაპაკეტი წარმოადგენს ორი-, სამი- ან ოთხი ფენა მინისაგან შედგენილ ნაკეთობას, რომელიც კონტურზე ისეა ერთმანეთთან დაკავშირებული, რომ შექმნას ჰერმეტიკულად ჩაკეტილი სივრცე.

დამზადების ხერხებისა და კონსტრუქციული თავისებურებების თვალსაზრისით მზადდება დაწებებული, ნარჩილი და შენადული მინაპაკეტები (ნახ. 7.22). ნარჩილ მინაპაკეტებში განივ ჩარჩოდ გამოიყენება ტყვიის შენადნობისაგან დამზადებული ლარტყა (ზოლი), რომელიც ჩაისმება მინაპაკეტის კონტურის გასწვრივ და მიერჩილება ორივე მინას მაღალ ტემპერატურაზე სარჩილავის გამოყენებით, ხოლო შენადულ მინაპაკეტებში ხდება კონტურის (კიდებების) გაცხელება მაღალ ტემპერატურაზე და შემდეგში მინის მასის ფორმირება და შედუღება.

პრაქტიკაში ყველაზე მეტადაა გავრცელებული ორფენიანი დაწებებული მინაპაკეტები, რომელთა დასამზადებლად გამოიყენება ალუმინის ლარტყა,

რომლის საშუალებითაც კონტურზე ეწებება მინები და ამგვარად მიიღება ჩაკეტილი კოლოფისმაგვარი კონსტრუქცია. ლარტყა უზრუნველყოფს მინებს შორის საჭირო დაშორებას და ნაკეთობის საერთო სიხისტეს. მინებსა და ჩარჩოს შორის წარმოქმნილი ტემპერატურული დეფორმაციები კომპენსირდება დასაწებებელი ელასტიკური მასით (ტიოკოლი), ან პლასტიკური მასტიკებით რაც უზრუნველყოფს კონსტრუქციის ხანმედევობას. დასაწებებლად გამოიყენება ისეთი მასალები, რომლებიც ექსპლუატაციის პირობებში ხანგრძლივად ინარჩუნებენ ელასტიკურობას, აქვს კარგი ადგეზიური თვისებები მინისა და ჩარჩოს მასალის მიმართ, არ ატარებენ ორთქლსა და ჰაერს და მედეგი არიან მზის სხივებისა და ტემპერატურის მიმართ. მასა უნდა იყოს დენადი და კარგად ავსებდეს ღრეჩოებს მინასა და ჩარჩოს შორის, ქონდეს ვულკანიზაციის თვისება და გამრკვრივებისას არ გამოყოფდეს აქროლად ნივთიერებებს. ჩარჩოს ლარტყაში უნდა ჩაიყაროს ტენის გამწოვი ნივთიერება (სილიკოგელი), რომელიც ლარტყის შიგა არსებული ნასვრეტებიდან უზრუნველყოფს პაკეტში მოხვედრილი ზედმეტი ტენის შთანთქმას, რაც გამოიცხავს მინაპაკეტის დაორთქვლას შიგა მხრიდან.



ნახ. 7.22. მინაპაკეტის სახეები: ა - დაწებებული; ბ - შენადღული; გ - ნორჩილი; 1 - მინა; 2 - შუა შრე მინებს შორის; 3 - ალუმინის ლარტყა; 4 - ტიოკოლი; 5 - სილიკოგელი.

ბოლო სტატისტიკური მონაცემებით საქართველოში ამჟამად ყოველწლიურად მზადდება დაახლოებით 2,5 მლნ მ² ფართობის დაწებებული მინაპაკეტები, ხოლო დასავლეთ ევროპაში დაახლოებით 65 მლნ მ². თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ თბილისში მინაპაკეტების წარმოება დაიწყო XX საუკუნის ბოლოსა და XXI საუკუნის დასაწყისში (ფორმები „მიმოსი“, „პლასფანი“, „მაგთი“, „ელიტა“, „ალბატროსი“ და სხვ.), მაშინ 10...12 წლის განმავლობაში მიღწეული პროგრესი აშკარაა, რაც მიუთითებს ჩვენს ქვეყანაში ცხოვრების დონისა და სამშენებლო ინდუსტრიის განუხრელ ზრდას.

მინაპაკეტების დამზადების ტექნოლოგიური ციკლი შედგება შემდეგი ძირითადი ოპერაციებისაგან:

- მინის დაჭრა, გარეცხვა და გაშრობა;
- ალუმინის ლარტყის პროფილების დაჭრა და მათი ზედაპირების გასუფთავება ცხიმისაგან;
- ალუმინის ლარტყის დაჭრილი პროფილების გავსება სილიკოგელის ტენმშთანთქავი ფხვნილით და ჩარჩოების აწყობა პლასტმასის სპეციალური კეთხედების („კლიფსების“) გამოყენებით;
- პაკეტის აწყობა მინებისა და გამზადებული ალუმინის ლარტყის ჩარჩოების საშუალებით;
- მინაპაკეტის კონტურის შევსება ტიოკოლის ჰერმეტიკის გამოყენებით;
- ტიოკოლის ჰერმეტიკის ვულკანიზაცია ბუნებრივ პირობებში ან თერმოკამერაში 60°C ტემპერატურაზე.

ტიოკოლის ჰერმეტიკის მომზადება წარმოებს საამქროში თეთრი (კომპონენტი A) და შავი (კომპონენტი B) მასების შერევით, თანაფარდობით 10:1. ბუნებრივ პირობებში მასის გამყარებისათვის საკმარისია 2 საათი.

მინაპლასტების თბოიზოლაცია პროპორციულ დამოკიდებულებაშია მის სისქესთან. პრაქტიკაში ძირითადად გამოიყენება 20-24მმ სისქის მინაპაკეტი, რომელიც შედგება ორი ფენა 4მმ სისქის მინებისა და 12-16მმ სისქის ალუმინის ლარტყისაგან. იშვიათად ხმარობენ 6 და 9მმ სისქის ლარტყებსაც.

პრაქტიკული გამოცდილებიდან გამომდინარე, 20მმ სისქის პაკეტის (მინების სისქით 4 + 4მმ) ზედაპირის მაქსიმალური ფართობი მიზანშეწონილია არ აღემატებოდეს 4მ²-ს, ხოლო თუ პაკეტში ერთი ფენა მინის სისქეა 6მმ, მაშინ – 6მ²-ს.

მინაპაკეტების ტრანსპორტირება და მონტაჟი წარმოებს შევეულ მდგომარეობაში სპეციალური საფენების, სტელაჟების და ვაკუუმური სამარჯვების გამოყენებით. ჰერმეტიზაციადარღვეული მინაპარკეტი ექსპლუატაციისათვის უვარგისია.

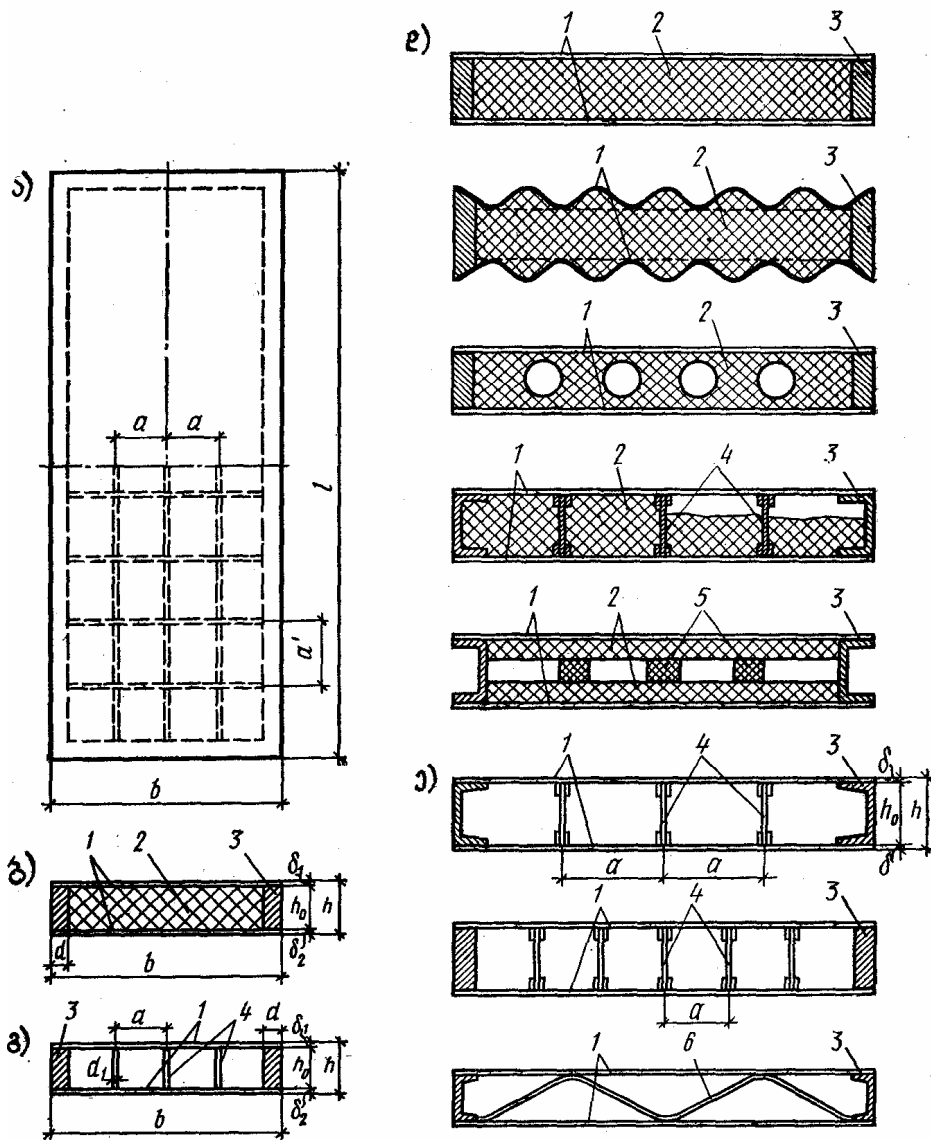
7.8. ფენოვანი პლასტმასის კონსტრუქციები

ფენოვანი პლასტმასის კონსტრუქცია ფორმითა და კონსტრუქციული გადაწყვეტით ბრტყელი ან მცირე სიმრუდის მქონე ფილაა, რომელშიც ფენები ერთობლივად მუშაობს. თითოეული ფენა ერთდროულად ასრულებს მზიდ და საიზოლაციო ფუნქციებს. ფენოვანი კონსტრუქციები შეიძლება იყოს ერთ-, ორ- ან სამფენოვანი და ძირითადად გამოიყენება სახურავის, საკედლე და სართულშუა გადახურვის პანელებად. პრაქტიკაში ყველაზე მასიური გავრცელება მოიპოვება სამფენოვანი პანელებმა (ნახ. 7.23).

სამფენოვანი პანელი სამი ძირითადი ნაწილისაგან შედგება-შემოსვის ორი გარე ფენისაგან, შუა ფენისაგან (შუალი) და მოჩარჩოებისაგან, რომელიც პერიმეტრზე გარს აკრავს პანელს, უზრუნველყოფს მის საიმედო სიმტკიცეს და მზიდ კონსტრუქციასთან მიმაგრებას.

შემოსვისათვის, რომელიც ძირითად მზიდ ელემენტს წარმოადგენს, გამოიყენება ფურცლოვანი მასალა, როგორცაა მინაპლასტიკი, ფანერა, ალუმინი, ფოლადი და აზბესტცემენტი.

შუა ფენას უნდა ქონდეს მცირე სიმკვრივე, საკმარისი სიმტკიცე კუმშვაზე და ძერაზე, იყოს ბიომედეგი, თბომედეგი და შეძლებისდაგვარად ცეცხლმედეგიც. ამ მოთხოვნებს ყველაზე კარგად პასუხობს ქაფპლასტი, ფიჭაპლასტი და მინერალური ბამბის ფილები. მის სისქეს განსაზღვრავს თბოტექნიკური და კონსტრუქციული მოთხოვნები. მასალის ეკონომიის მიზნით ხშირად მიმართავენ შუა ფენისათვის სიდრუეებიანი ქაფპლასტის გამოყენებას.

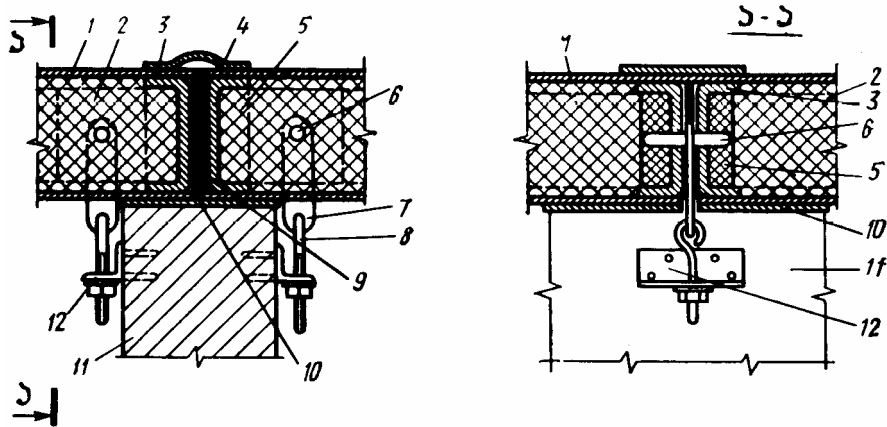


ნახ. 7.23. სამფენოვანი ფილები და პანელები. ა - გეგმა; ბ - მთლიანშუალიანი ფილის განივკვეთი; გ - წიბოებიანი ფილის განივკვეთი; დ - მთლიანშუალიანი პანელების განივკვეთი; ე - გამჭირვალე პანელების განივკვეთი; 1 - შემოსვა; 2 - შუა ფენა; 3 - მოხარჩობა; 4 - წიბოები; 5 - შუალი; 6 - ტალღოვანი ელემენტი.

მოხარჩობისათვის იგივე მასალა გამოიყენება, რაც შემოსვისათვის, რითაც მიიღწევა კონსტრუქციაში ტემპერატურული ძაბვების მაქსიმალური შემცირება. მოხარჩობად შეიძლება გამოყენებულ იქნას მინაპლასტიკი, სამშენებლო ფანერი, ალუმინი, მერქანფენოვანი პლასტიკი, მაღალი სიმტკიცის მერქანი, აზბესტციემენტის პროფილი, მერქანბოჭკოვანი ფილები და სხვ. მერქნის გამოყენების შემთხვევაში უპირატესობა ეძლევა მოხარჩობას, დამზადებულს დაწებებული ძელაკებისაგან, რადგანაც ამ დროს მიიღწევა ელემენტის მეტი ერთგვაროვნება და შესაბამისად მცირდება ძელის დაბრეცვის შესაძლებლობა ტენიანობის ცვლილებისას.

კონსტრუქციის ელემენტების ერთმანეთთან შეერთება ხდება წებოს საშუალებით, თუმცა ზოგჯერ შურუპებსაც იყენებენ წებოს პარალელურად.

სამფენოვანი პანელის შენობის მზიდ კონსტრუქციასთან მიმაგრების ერთერთი სახეობა ნაჩვენებია ნახ. 7.24-ზე.



ნახ. 7.24. სამფენოვანი ფილის შენობის მზიდ კონსტრუქციასთან მიმაგრების ვარიანტი:
 1 - შემოსვა; 2 - შუალი; 3 - მოჩარჩოება; 4 - საჭვრიტული; 5 - პეკ; 6 - მანჭვალი; 7 -
 თამასა; 8 - ჭიმი; 9 - ნაკერის შევსება; 10 - რეზინის შუასადები; 11 - მზიდი
 კონსტრუქცია; 12 - სამაგრი კუთხოვანა.

კონსტრუქციული გადაწყვეტის მიხედვით სამფენოვანი პანელების ოთხი ტიპი არსებობს (ნახ. 7.23).

I ტიპის პანელი. ასეთ პანელში მღუნავი მომენტისაგან გამოწვეული ნორმალურ ძალებს თავის თავზე ღებულობს ხისტი წიბოები და შემოსვა. ამ დროს წიბოების ჯამური სიხისტის ფარდობა ორივე შემოსვის სიხისტესთან მეტია $0,8a/l$

$$\frac{\sum E_{\text{წ}} J_{\text{წ}}}{E_{\text{დაქ}} J_{\text{შემ}}} > 0,8 \frac{a}{l} \quad (7.31)$$

სადაც l არის პანელის საანგარიშო მალი; a - გრძივი წიბოების ბიჯი; EJ - წიბოების და შემოსვის სიხისტე.

II ტიპის პანელი. ასეთს მიეკუთვნება წიბოებიანი პანელები წიბოების მცირე ღუნვითი სიხისტით, რომლისათვისაც წიბოების ჯამური სიხისტის ფარდობა შემოსვების სიხისტესთან ტოლია ან ნაკლებია $0,8a/l$

$$\frac{\sum E_{\text{წ}} J_{\text{წ}}}{E_{\text{დაქ}} J_{\text{შემ}}} \leq 0,8 \frac{a}{l} \quad (7.32)$$

ასეთი ტიპის პანელის გაანგარიშებისას შეიძლება დავუშვათ, რომ ნორმალურ ძალებს თავის თავზე ღებულობს მხოლოდ შემოსვები და წიბოები მუშაობაში არ მონაწილეობენ.

III ტიპის პანელი. ასეთი ტიპის პანელები შედგება შემოსვებისაგან, წიბოებისაგან და სრულად შევსებული შუა ფენისაგან (ქაფულასტი), რომელიც შეწებებულია ზედა და ქვედა შემოსვებთან.

IV ტიპის პანელი. ასეთი ტიპის პანელის კონსტრუქციული ელემენტებია შემოსვები და უწყვეტი შუა ფენა. სხვანაირად ასეთ პანელებს „სენდვიჩებსაც“ უწოდებენ. მათ ახასიათებთ დიდი დეფორმაციულობა.

I, II და III ტიპის პანელებში ძერის ძალებს ღებულობენ წიბოები, ხოლო IV ტიპის პანელებში - უწყვეტი შუა ფენა.

III და IV ტიპის პანელებში მღუნავი მომენტისაგან გამოწვეულ ნორმალურ ძაბვებს ღებულობენ შემოსვები, გარდა ამისა ამ პანელებში, რომლებიც მუშაობენ მარტივი კოჭის სქემით, ზედა შემოსვა იკუმშება, ხოლო ქვედა იჭიმება. მინაპლასტიკის და ლითონის შემოსვები ერთდროულად ასრულებენ ჰიდრო- და ორთქლსაიზოლაციო ფუნქციებს. შუა ფენა უზრუნველყოფს შემოსვების ერთდროულ მუშაობას, შეკუმშული ზედა შემოსვის მდგრადობას და შემოსვებთან ერთად მონაწილეობას ღებულობს ადგილობრივი შეყურსული

დატვირთვების მიღებაში. აგრეთვე ასრულებს თბო- და ბგერასაიზოლაციო ფუნქციას. პოლიეთერული მინაპლასტიკის გამჭვირვალე პანელი გაანგარიშდება, როგორც I და II ტიპის პანელები. ისინი გამოირჩევიან დაბალი დეფორმაციულობით, რადგანაც ამ მასალას გააჩნია დაბალი დრეკადობის მოდული.

სამფენოვანი პანელების გაანგარიშება წარმოებს სამშენებლო მექანიკის ცნობილი მეთოდებით. გაითვალისწინება შემოსვებისა და წიბოების სიხისტეების ფარდობა. გაანგარიშებისას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა შემოსვებში ნორმალური ძაბვების არათანაბარ განაწილებას. დრეკადობის თეორიით განსაზღვრული ნორმალური ძაბვების მაქსიმალური მნიშვნელობა აღემატება საშუალო მნიშვნელობას. ეს განსახვავება მით მეტია, რაც მეტია წიბოების ბიჯი.

სამფენოვანი პანელების გაანგარიშება წარმოებს I და II ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით (გაანგარიშება სიმტკიცეზე და დეფორმაციებზე). I ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობაზე გაანგარიშება წარმოებს საანგარიშო დატვირთვების, ხოლო მეორე ჯგუფის - ნორმატიულ დატვირთვებზე. გადახურვის პანელებისათვის საანგარიშო დატვირთვებს წარმოადგენს საკუთარი წონა და თოვლი, ხოლო საკედლე პანელებისათვის საკუთარი წონა და ქარი.

პანელის ზედა შემოსვა მოწმდება მდგრადობაზე და ადგილობრივ ღუნვაზე ხანმოკლედ მოქმედ შეყურსულ დატვირთვაზე, რომელიც ტოლია 1000ნ. მუშაობის პირობების კოეფიციენტი მიიღება 1,2, ხოლო შეყურსული ძალა (მემონტაჟის წონა ინსტრუმენტებით) მოქმედებს პანელის ზედა შემოსვის ფართობის ნაწილზე 10×10 სმ თანაბრად განაწილებულად. მაშინ ადგილობრივი დატვირთვის ინტენსივობა გამოითვლება ფორმულით:

$$P_{\text{აღ}} = \frac{1000 \cdot 1,2}{10 \cdot 10} = 126/\text{სმ}^2. \quad (7.33)$$

განივ ღუნვაზე გაანგარიშებისას სამფენოვანი პანელი განიხილება, როგორც ფილა, თავისუფლად დაყრდნობილი ორმხრივად ან კონტურით.

თუ განვიხილავთ IV ტიპის პანელს ლითონის შემოსვებით და დაყრდნობილს კონტურით და თუ სრულდება პირობა

$$\left(\frac{1}{c}\right)^2 \geq \frac{8G}{q} \cdot \sqrt[3]{\delta}, \quad (7.34)$$

სადაც q არის თანაბრად განაწილებული დატვირთვა; G - შუა ფენის მასალის დრეკადობის მოდული; $c = c_0 + \delta$ - განივკვეთის საანგარიშო სიმაღლე; δ - შემოსვის სისქე, მაშინ ასეთი პანელი გაანგარიშდება, როგორც მოქნილი ფირფიტა.

რაც შეეხება გეომეტრიულ ზომებს, ყველა ტიპის პანელის გაანგარიშებისას დაცული უნდა იყოს შემდეგი პირობები:

$$\frac{\bar{E}_{\text{დაყ}}}{G} \leq 1000; \quad 200 \geq \frac{c_0}{\delta} \geq 4; \quad \frac{1}{c} \geq 10. \quad (7.35)$$

სადაც $\bar{E}_{\text{დაყ}} = E/1 - \mu^2$ არის შემოსვის მასალის დაყვანილი დრეკადობის მოდული; μ - შემოსვის მასალის პუასონის კოეფიციენტი; G - შუა ფენის მასალის ძვრის მოდული; E - შემოსვის მასალის დრეკადობის მოდული.

სამფენოვანი პანელების მუშაობის ხასიათი, აგრეთვე მისი შემადგენელი ნაწილების მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების სხვადასხვაობა გაითვალისწინება დაყვანილი გეომეტრიული მახასიათებლების ($E_{\text{დაყ}}, J_{\text{დაყ}}, W_{\text{დაყ}}$) შემოტანით, რომელიც გამოიყენება გაანგარიშებებში. გარდა ამისა, გათვალისწინებული უნდა იქნეს ტემპერატურულ-ტენიანობის ფაქტორების

ზემოქმედებისაგან პანელებში აღძრული ძალები, აგრეთვე დაშვებულია, რომ ზედა და ქვედა შემოსევები ერთნაირი სისქისაა (სინამდვილეში განსახვავებულია) და განხორციელებულია ერთნაირი მასალისაგან, მოხარჩობის და შიგა გრძივი წიბოების დრეკადობის მოდულები ერთნაირია. ინერციის (J) და წინაღობის (w) მომენტების მნიშვნელობები განისაზღვრება დაყვანილი მახასიათებლების მიხედვით.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას გაითვალისწინება ძაბვები, რომლებიც აღიძვრებიან პანელის ელემენტებში გარე დატვირთვებისაგან (σ_q) და ტენიანობისა ($\sigma_{ტენ}$) და ტემპერატურის ($\sigma_{ტემ}$) ცვლილებისაგან. სიმტკიცის პირობას ექნება სახე:

$$\sigma_{სრული} = \sigma_q + \sigma_{ტენ} + \sigma_{ტემ} \leq R_{საანგ} \quad (7.36)$$

ტენიანობისა და ტემპერატურული ცვალებადობისაგან გამოწვეული ძაბვების გაჩენას ხელს უწყობს ის, რომ პანელები დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან და ემაგრებიან მზიდ კონსტრუქციებს, რაც ზღუდავს მათ თავისუფალ დეფორმაციებს.

პანელის შემოსევებში საშუალო ნორმალური ძაბვები საანგარიშო დატვირთვებისაგან (I, II და III ტიპის პანელები) გამოითვლება ფორმულით:

$$\sigma_{საშ} = \frac{M}{w_{ლაქ}} \leq R_{საანგ}, \quad (7.37)$$

სადაც M არის მღუნავი მომენტი პანელის სიგანის ერთეულზე; $w_{ლაქ}$ - წინაღობის მომენტი პანელის განივკვეთის სიგანის ერთეულზე; $R_{საანგ}$ - პანელის შემოსვის მასალის საანგარიშო წინაღობა.

ძვრის ძაბვები წიბოებში გამოითვლება ფორმულით:

$$\tau = \frac{QS}{JB} \leq R_{ჭრ}, \quad (7.38)$$

სადაც Q არის განივი ძალა; S - წიბოს განივკვეთის სტატიკური მომენტი; J - ინერციის მომენტი; b - წიბოს სიგანე; $R_{ჭრ}$ - მასალის საანგარიშო წინაღობა ჭრახე.

პანელის ჩაღუნვა, რომლითაც განისაზღვრება სიხისტე ნორმალური დატვირთვისა და ტემპერატურულ - ტენიანობის ზემოქმედების შედეგად მათი არახელსაყრელი შეთანწყობის დროს, არ უნდა აღემატებოდეს ზღვრულ ჩაღუნვას:

$$f_{ბაქ} = f' + f_{ბაქ}^{ტემპ,ტენ} \leq f_{ზღ} \quad \text{ან} \quad f_{ბაქ} = \frac{f_{ბაქ}}{1} \leq \left[\frac{f}{1} \right], \quad (7.39)$$

სადაც $\left[\frac{f}{1} \right]$ არის ზღვრული ჩაღუნვის ნორმირებული სიდიდე. f' ჩაღუნვა თანაბრად განაწილებული ნორმატიული დატვირთვისაგან პანელის ოთხივე ტიპისათვის, როდესაც იგი ორმხრივ თავისუფლად არის დაყრდნობილი და გამოითვლება ფორმულით:

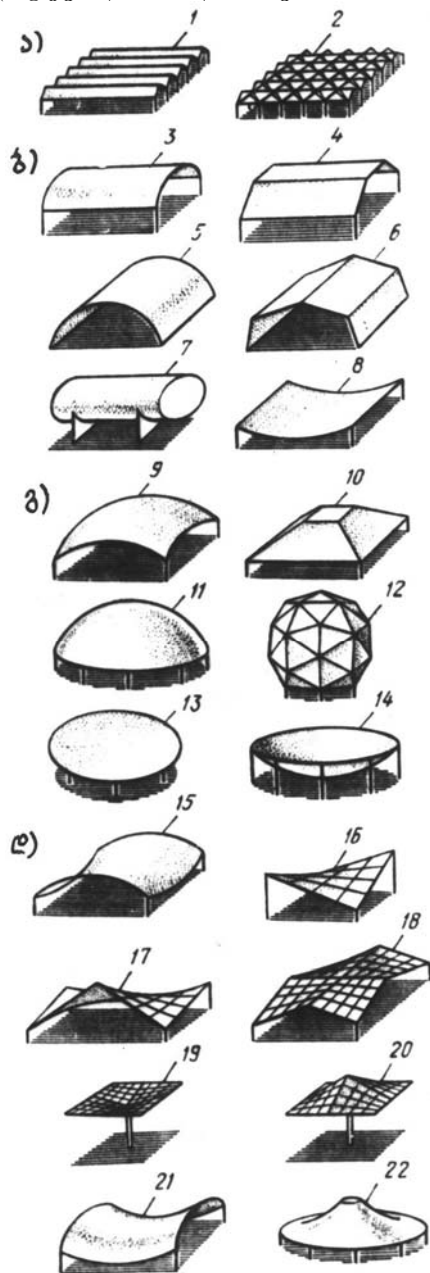
$$f' = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^6 l^4}{D}, \quad (7.40)$$

სადაც q^6 არის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა; D - პანელის ღუნვითი სიხისტე (პანელის სიგანის ერთეულზე) საანგარიშო მასალის მიმართულებით და, მაგალითად I ტიპის პანელისათვის $D = E_{\varphi} J$.

ფუნოვანი პლასტმასის კონსტრუქციების გაანგარიშებები დაწვრილებით არის მოცემული ლიტერატურაში [39, 40, 42, 43].

7.9. პლასტმასის გარსები

გარსები პლასტმასის ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური კონსტრუქციებია, რომლებშიც კარგად კომპენსირება პლასტმასის ისეთი ნაკლი, როგორცაა დიდ დეფორმადობა და ამავე დროს ხდება მზიდი და შემომფარგველი ფუნქციების შეთავსება. მცირე სისქის პირობებში გარსებს შეიძლება ჰქონდეთ ნებისმიერი სივრცითი ფორმა და საკმაოდ დიდი მალი, რასაც განაპირობებს სივრცითი მუშაობის ეფექტი. პლასტმასის გარსებს ახასიათებს ისეთი დადებითი თვისებები, როგორცაა სიმსუბუქე, სინათლეგამტარობა, მდგრადობა, რადიო ტალღების დაუბრკოლებლად შედწევადობა, მშენებლობის ინდუსტრიალიზაცია, ფერთა ფართო გამა, ატმოსფერომდეგობა, ბიომდეგობა, დაბალი მასალატევადობა და სხვ.



ნახ. 7.25. პლასტმასის გარსების ტიპები: ა - სტრუქტურული (სივრცითი ფილების ტიპი); ბ - ერთმაგი სიმრუდის და პრიზმული; გ - ორმაგი დადებითი სიმრუდის და ამონეკილი; დ - ორმაგი უარყოფითი სიმრუდის; 1,2 - ელემენტების ერთ და ორღერბა განლაგებით; 3,5 - ცილინდრული; 4, 6, პრიზმული; 7 - ჩაკეტილი; 8 - კიდული; 9 - ელიფსური; 10 - პირამიდული; 11 - სფერული; 12 - მრავალწახნაგა (გეოდეზური); 13 - ჩაკეტილი ელიფსური; 14 - კიდული ელიფსური; 15, 16 - ჰიპერბოლური; 17, 18 - კარვისებურ-ჰიპერბოლური; 19, 20 - ძაბრისებრი და ქოლგისებრი ჰიპერბოლური; 21, 22 - დაკიდული ჰიპერბოლური (უნაგირა და ცენტრალური საყრდენებით).

გარსები გამოიყენება ისეთ შენობა-ნაგებობებში, სადაც დაუშვებელია შუალედი საყრდენების არსებობა.

გარსების, როგორც სივრცითი კონსტრუქციების ერთ-ერთი ძირითადი სახეობის, კლასიფიკაცია შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით. ასეთებია: მასალა, გეომეტრია, დაყრდნობის სახეობა, კონსტრუქციული

განსაკუთრებულობა, მუშაობის ხასიათი, შენობის გეგმის მოხაზულობა, განმბჯენის არსებობა, თავისუფალი მალი და სხვ. ამ მრავალსახეობიდან გეომეტრიული ფორმის მიხედვით პლასტმასის გარსები იყოფა სამ ჯგუფად: სტრუქტურული, ერთმაგი და ორმაგი სიმრუდის (ნახ. 7.25).

სტრუქტურული გარსები შედგება ერთ სიბრტყეში განლაგებული თხელკედლიანი სივრცითი ელემენტებისაგან (პირამიდული, ტრაპეციული, თაღოვანი, ჰიპერბოლური), რომლებიც ერთმანეთთან შეეთებულია მექანიკური საშუალებებით ან წებოთი. ასეთი გარსები მუშაობს, როგორც კონტურით ან ცალკეული ნაწილებით დაყრდნობილი ფილები. ამიტომ მათ სხვანაირად სივრცითი ფილის ტიპის გარსებსაც უწოდებენ.

ერთმაგი სიმრუდის გარსებს მიეკუთვნება ცილინდრული და მუშაობის ხასიათის მიხედვით მათთან ახლოს მდგომი პრიზმული გარსები და თაღები. ამ ჯგუფის ნაირსახეობას წარმოადგენს კიდული ცილინდრული გარსები. ელემენტებს, რომლებისაგანაც აწყობენ ცილინდრულ გარსებს და თაღებს აქვთ ოთხწახნაგა პირამიდის ფორმა; შეიძლება აგრეთვე გამოყენებულ იქნეს ორი და სამფენოვანი სწორკუთხა განივკვეთის რომბული უჯრედები, ბრტყელი სამფენოვანი ელემენტები და სხვ., რომლებიც ერთმანეთთან მექანიკური საშუალებებით არიან დაკავშირებული.

ორმაგი სიმრუდის გარსები შეიძლება იყოს დადებითი და უარყოფითი გაუსის სიმრუდის და ამ ნიშან-თვისების მიხედვით იყოფიან ორ ქვეჯგუფად. პირველში შედიან ელიფსური ამოზნექილი და კიდული გარსები, სფერული და სხვა სახის ამოზნექილი გუმბათები, აგრეთვე მათი მსგავსი ამოზნექილი მრავალწახნაგა გარსები, კარვები და გუმბათები. ასაწყობ-სამონტაჟო ერთეულად გამოიყენება სამფენოვანი სამკუთხა ან მრავალწახნაგა მოხაზულობის ელემენტები. აშენებენ აგრეთვე მთლიანპლასტმასის (მონოლითურ) გარსებს. მეორე მიეკუთვნება სხვადასხვა ტიპის ჰიპერბოლური გარსები - კარვისებრი, ძაბრისებრი, ქოლგისებრი, უნაგირისებრი. ასეთი გარსები ძირითადად მზადდება მონოლითური პლასტმასისაგან.

პლასტმასის გარსებით გადახურული მალები ხშირად 3...30მ-ის ფარგლებშია, თუმცა ცნობილია მსოფლიო პრაქტიკაში აშენებული პლასტმასის გარსები, მალით 220 მ-მდე. გარსების კონსტრუქციული სისქე იცვლება 15...30სმ-ის ფარგლებში, ხოლო სახურავის ფართობის 1მ² წონაა 7...20კგ.

7.9.1. სფერული გუმბათ-გარსები

გუმბათ-გარსები შეიძლება იყოს ერთფენოვანი და მრავალფენოვანი. ერთფენოვანი გუმბათებისათვის ძირითად კონსტრუქციულ მასალას წარმოადგენს მინაპლასტიკი ან ორგანული მინა. ეს უკანასკნელი გამოიყენება მცირე დიამეტრის გუმბათებისათვის. მრავალფენოვანი გუმბათები ძირითადად შედგება სამი ფენისაგან – განაპირა შემოსვისა და შუალისაგან. შემოსვისათვის გამოიყენება მინაპლასტიკი, ხოლო შუალისათვის – ქაფპლასტი ან ფიჭაპლასტი. ფანერის შემოსვის შემთხვევაში შუალად გამოიყენება მინერალური ბოჭკო, მინერალური ბამბა და სხვ.

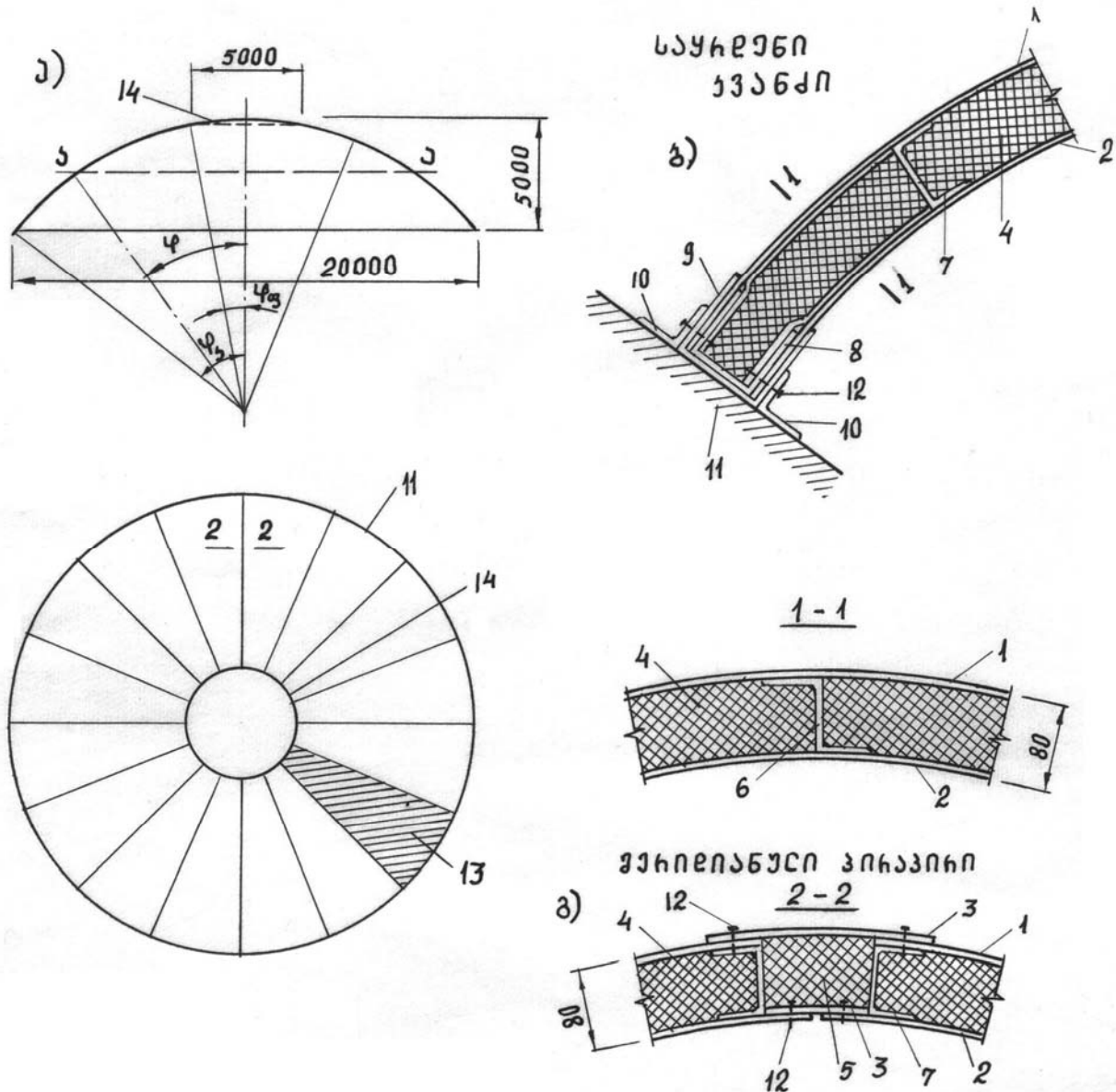
პლასტმასის გუმბათ - გარსებს ამზადებენ მონოლითურს და ასაწყობს. მონოლითური გუმბათები გამოიყენება მცირე მალებში, ძირითადად სახურავის შუქფარნისათვის, ხოლო რაც შეეხება ასაწყობ გუმბათებს, აქ მეტად საპასუხისმგებლო ეტაპს წარმოადგენს ასაწყობი ელემენტების მოხაზულობის, ზომების და პირაპირების განხორციელების ტექნოლოგიის შერჩევა. 7.26 ნახაზზე ნაჩვენებია 20მ დიამეტრის პლასტმასის გუმბათ-გარსი.

სექტორ - პანელისა (13) და ხუფის (14) კონსტრუქცია სამფენოვანია, სადაც შემოსვისათვის გამოყენებულია II ჯგუფის პოლიეთერული მინაპლასტიკი,

ხოლო შუა ფენად (შუალად) სექტორში - ქაფპოლისტიროლი (4), ხუფში კი ფიჭაპლასტი ცარიელი ფიჭებით (შუქგამტარობისათვის).

ქარის დატვირთვის მოქმედებისას გუმბათის მცირე საკუთარი წონის გამო შესაძლებელია მისი მოწყვეტა საყრდენი რგოლისაგან, რის გამოც საჭიროა შემოწმებულ იქნეს გუმბათის შეერთება საყრდენ რგოლთან მომწყვეტ დატვირთვაზე, ხოლო რგოლი, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში შეკუმშულია, უნდა შემოწმდეს მდგრადობაზე.

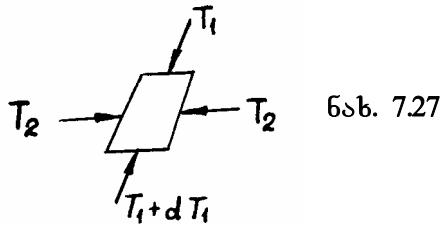
გუმბათი შედგება გაუმჭვირი სექტორ-პანალებისა (13) და ზედა შუქგამტარი ხუფისაგან (14). ამგვარად, მოცემულ გუმბათში მხოლოდ ორი ტიპის ასაწყოები ელემენტია.



ნახ. 7.26. პლასტმასის სფერული გუმბათ-გარსი. ა - გეომეტრიული სქემა; ბ - საყრდენი კვანძი; გ - მერიდიანული პირაპირი; 1 - ზედა შემოსვა; 2 - ქვედა შემოსვა; 3 - პირაპირის ზედი; 4,5 - ქაფპოლისტიროლი; 6 - Z-ის მაგვარი პროფილის მინაპლასტიკის გადანაჭერი; 7 - შევლერი; 8 - შიგა მოსაარშიებელი შევლერი; 9 - გარე მოსაარშიებელი შევლერი; 10 - ლითონის კუთხოვანები; 11 - რკინაბეტონის საყრდენი რგოლი; 12 - თვითკუთხვილი სრახნი; 13 - სექტორ-პანელი; 14 - ზედა გამჭირვალე ხუფი.

გუმბათის გაანგარიშება წარმოებს უმომენტო თეორიის გამოყენებით, რომელიც რეალურად აღწერს გარსის მუშაობას. სიმეტრიული დატვირთვის

დროს გუმბათის ელემენტალური ფართობი (ნახ. 7.27) წონასწორობაში იმყოფება მერიდიანული T_1 და რგოლური T_2 ძალების მოქმედებით, მათგან T_2 ძალვა ჰორიზონტალური კვეთის მიმართულებით მუდმივია, ხოლო T_1 - ცვლადი.



T_1 და T_2 ძალების განსაზღვრა გუმბათის საკუთარი წონისაგან. გუმბათის რგოლურ α -ა კვეთის (ნახ. 7.26, ა) 1გრძ. მ-ზე მოსული T_1 ძალვა განისაზღვრება ფორმულით

$$T_1 = -\frac{1}{1 - \cos \varphi} \cdot gR, \quad (7.41)$$

ხოლო მერიდიანული კვეთის 1გრძ. მ-ზე მოსული T_2 ძალვა - ფორმულით

$$T_2 = -\frac{\cos^2 \varphi + \cos \varphi - 1}{1 + \cos \varphi} \cdot gR, \quad (7.42)$$

სადაც g არის გუმბათის 1მ^2 -ის წონა; R - გუმბათის რადიუსი.

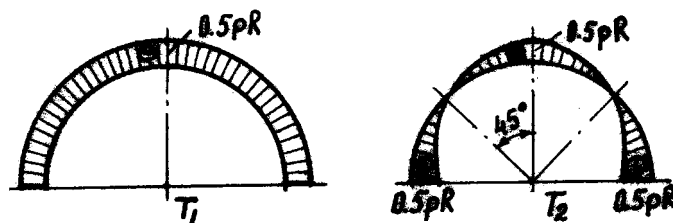
როცა $\varphi = 0$, ე.ი. გუმბათის წვეროსათვის

$$T_1 = T_2 = -0,5gR. \quad (7.43)$$

როცა $\varphi = 90^\circ$, მაშინ

$$T_1 = -gR \quad \text{და} \quad T_2 = gR \quad (7.44)$$

შესაბამისი ეპიურები ნაჩვენებია ნახ. 7.28-ზე.



ნახ. 7.28. გუმბათის საკუთარი წონისაგან გამოწვეული T_1 და T_2 ძალების ეპიურები.

გუმბათის რგოლურ კვეთს, რომელშიც $T_2 = 0$, ეწოდება გადასვლის წერტილი. გადასვლის წერტილს ზემოთ გუმბათი T_2 რგოლური ძალების მოქმედებით შეკუმშულია, ხოლო ქვემოთ - გაჭიმული. მუდმივი დატვირთვის დროს გადასვლის წერტილის მდებარეობას შეესაბამება კუთხე $\varphi_2 = 51^\circ 49'$.

T_1 და T_2 ძალების განსაზღვრა თოვლის დატვირთვისაგან. გუმბათის α -ა რგოლურ კვეთში

$$T_1 = -0,5pR; \quad (7.45)$$

$$T_2 = -0,5 \cos^2 2\varphi pR, \quad (7.46)$$

სადაც p არის გუმბათის ჰორიზონტალური პროექციის 1მ^2 -ზე მოსული თოვლის დატვირთვა.

როცა $\varphi = 0$

$$T_1 = T_2 = -0,5pR. \quad (7.47)$$

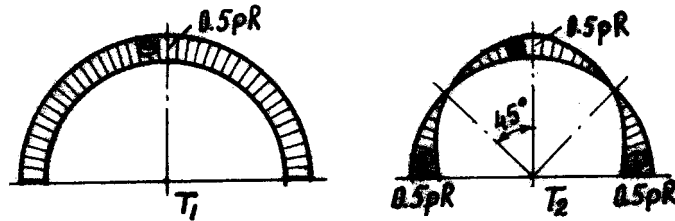
როცა $\varphi = 90^\circ$

$$T_1 = -0,5pR; \quad (7.48)$$

$$T_2 = 0,5pR. \quad (7.49)$$

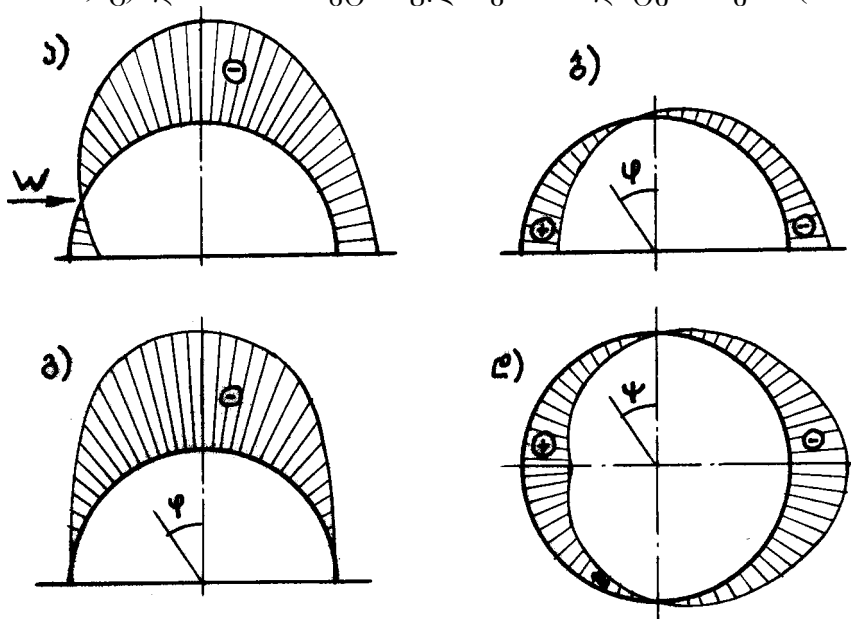
ამ შემთხვევაში გადასვლის წერტილს შეესაბამება კუთხე $\varphi = 45^\circ$.

7.29 ნახაზზე ნახვენებია T_1 და T_2 ძალების ეპიურები თოვლის დატვირთვისაგან.



ნახ. 7.29. გუმბათში თოვლის დატვირთვისაგან გამოწვეული T_1 და T_2 ძალების ეპიურები.

ძალების განსაზღვრა ქარის დატვირთვისაგან. ქარის დატვირთვისაგან ძალები გუმბათში შეიძლება განისაზღვროს 7.30, ა ნახ.-ზე მოცემული ეპიურის მიხედვით. პრაქტიკაში ეს ეპიურა იცვლება ორი ეპიურით - ქარის სიმეტრიული გაწოვის (ნახ. 7.30, გ) და ირიბსიმეტრიული ქარის დატვირთვის (ნახ. 7.30, ბ).



ნახ. 7.30. სფერულ გუმბათზე მოქმედი ქარის დატვირთვების საანგარიშო სქემები.

დამრეცი გუმბათის ქარის დატვირთვაზე გაანგარიშებისას, როცა $f \leq 0,25l$ საკმარისია გათვალისწინებულ იქნეს მხოლოდ ქარის გაწოვა, რომელიც მოქმედებს კანონით

$$q = q_0^b \cos^2 \varphi \quad (7.50)$$

სადაც q_0^b ქარის დაწნევის საანგარიშო მნიშვნელობაა.

გუმბათზე სიმეტრიული დატვირთვის მოქმედებისას, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მასში აღიქვრება მხოლოდ T_1 და T_2 ძალები, რომლებიც განისაზღვრებიან ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \frac{(1 + \cos \varphi + \cos^2 \varphi) q_0^b R}{3(1 + \cos \varphi)} \\ T_2 &= \left(3 \cos^2 \varphi - \frac{1 + \cos \varphi + \cos^2 \varphi}{1 + \cos \varphi} \right) \frac{q_0^b R}{3} \end{aligned} \right\} \quad (7.51)$$

როცა $\varphi = 0$

$$T_1 = T_2 = 0,5 q_0^b R, \quad (7.52)$$

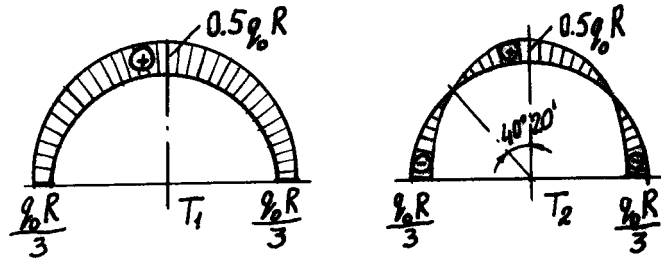
როცა $\varphi = 90^\circ$

$$T_1 = \frac{1}{3} q_0^b R; \quad (7.53)$$

$$T_2 = -\frac{1}{3} q_0^b R. \quad (7.54)$$

გადასვლის წერტილის შესაბამისი კუთხე $\varphi = 40^\circ 20'$.

ქარის სიმეტრიული გაწოვის მოქმედებისას T_1 და T_2 ძალების ეპიურები ნახვენებია 7.29 ნახაზზე.



ნახ. 7.29. გუმბათში T_1 და T_2 ძალების ეპიურები ქარის სიმეტრიული გაწოვის მოქმედებისას.

როცა $f > 0,25l$, მაშინ დამატებით გაითვალისწინება ირიბსიმეტრიული დატვირთვა. ამ დროს T_1 და T_2 ძალები იცვლება არა მარტო მერიდიანული, არამედ გუმბათის ჰორიზონტალური ჭრილის მიმართულებითაც. გარდა ამისა, ქარის ირიბსიმეტრიული დატვირთვისას წარმოიშობა აგრეთვე ძვრის S ძალები რომლებზეც უნდა შემოწმდეს გუმბათის კონსტრუქცია და საყრდენი ნაწილი. T_1 , T_2 და S ძალები ქარის ირიბსიმეტრიული დატვირთვის მოქმედებისას შეიძლება განისაზღვროს ცხრილებისა და გრაფიკების დახმარებითაც.

ქვედა საყრდენ რგოლზე მოქმედებს გუმბათის რეაქციის თარაზული შემდგენი, ტოლი $N = Hr = -T_1 \cos \varphi_j$, სადაც T_1 არის მერიდიანული ძალვა საყრდენის რგოლის დონეზე.

ძალვა საყრდენ რგოლში

$$N = Hr = -T_1 \cos \varphi_j, \quad (7.55)$$

სადაც r არის გუმბათის ქვედა საყრდენი რგოლის რადიუსი.

ზედა საყრდენ რგოლში მკუმშავი ძალვა

$$N_1 = -T_1' r_1, \quad (7.56)$$

სადაც T_1' არის მერიდიანული ძალვა ზედა საყრდენი რგოლის დონეზე; r_1 - გუმბათის ზედა საყრდენი რგოლის რადიუსი.

გუმბათის რეაქციის შვეული შემდგენი

$$V = -T_1 \sin \varphi_j. \quad (7.57)$$

V -ს დადებითი მნიშვნელობისას საყრდენი რეაქცია მიმართულია ზევით, ხოლო უარყოფითისას - ქვევით. ეს იმას ნიშნავს, რომ მოსალოდნელია გუმბათის საყრდენიდან აწყვეტა, რასაც შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ქარის საანგარიშო დაწოლისა და გუმბათის საკუთარი წონის მცირე მნიშვნელობისას.

გუმბათის მდგრადობაზე შემოწმება ითვალისწინებს რადიალური კრიტიკული დატვირთვის ($P_{jრ}$) და მისი შესაბამისი კრიტიკული მერიდიანული ძაღვის ($T_{l,jრ}$) განსაზღვრას, რომელიც გუმბათში მოქმედ მაქსიმალურ მერიდიანულ (T_1) ძაღვაზე ნაკლები უნდა იყოს.

რადიალური კრიტიკული დატვირთვის მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_{jრ} = \frac{E}{20} \left(\frac{h}{R} \right)^2 \quad (7.58)$$

სადაც R არის სფეროს რადიუსი, E - მასალის დრეკადობის მოდული.

კრიტიკული მერიდიანული ძაღვა

$$T_{l,jრ} = P_{jრ} R/2 \quad (7.59)$$

7.58 ფორმულა მიეკუთვნება ერთფენიანი კონსტრუქციის გუმბათებს. სამფენოვანი მინაპლასტიკის გუმბათებისათვის (ნახ. 7.26) მიიღება გარსის დაყვანილი სისქე $h_{დაყ}$, რომელიც მიახლოებით გამოითვლება ფორმულით:

$$h_{დაყ} = \sqrt[3]{(h_g + 2\delta)^3 - h_g^3}, \quad (7.60)$$

სადაც h_g არის შუა ფენის (შუალის) სისქე; δ - შემოსვის სისქე.

მაგალითი. 7.3. გასაანგარიშებელია მინაპლასტიკის სამფენოვანი სფერული გუმბათ-გარსი დიამეტრით 20მ. მშენებლობის რაიონი ქ. სოხუმი. გუმბათი აწეულია მიწის დონიდან 10მ სიმაღლეზე. გარსის გარე ფენებისათვის გამოყენებულია II ჯგუფის პოლიეთერული მინაპლასტიკი მინის ბოჭკოს შემცველობით 20% [31 ცხრ. 7], სისქით 3მმ, მასით 1400კგ/მ³; ხოლო შუა ფენისათვის ПС-1 მარკის ქაფპოლისტიროლი [31, ცხრ. 31], სისქით 80მმ, მასით 80კგ/მ³. გუმბათი შედგება ასაწყობი გაუმჭვირი სექცია-ელემენტებისაგან და გამჭვირვალე ზედა ხუფისაგან, რომელთა შეერთებაც ნახვენებია ნახ. 7.26-ზე, კვეთი 2-2.

$$R = \frac{1^2 + 4f^2}{8f} = \frac{20^2 + 4 \cdot 5^2}{8 \cdot 5} = 12,5 \text{ მ},$$

სადაც $f = 0,5$ მ არის გუმბათის სფეროს აწევის ისარი (ნახ. 6.20).

გუმბათის კამარის რკალის სიგრძე

$$S = \frac{2\pi R \varphi_j}{180} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 12,5 \cdot 53}{180} = 23,1 \text{ მ},$$

სადაც საყრდენი რგოლის შესაბამისი კუთხე φ_j :

$$\cos \varphi_j = \frac{12,5 - 5,0}{12,5} = 0,6; \quad \varphi_j = 53^\circ; \quad \sin \varphi_j = 0,8.$$

გუმბათის ზედა შუქფარნის (ხუფის) დიამეტრის შესაბამისი კუთხე φ_g :

$$\sin \varphi_g = \frac{2,5}{12,5} = 0,2; \quad \varphi_g = 11^\circ 30'; \quad \cos \varphi_g = 0,98.$$

გუმბათის სექტორის ფუძის რკალის სიგრძე

$$l' = \frac{2\pi R}{16} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10}{16} = 3,92 \text{ მ},$$

ხოლო ქორდის სიგრძე

$$l'' = 2r \sin \frac{360^\circ}{32} = 2 \cdot 10 \cdot 0,195 = 3,9 \text{ მ.}$$

გუმბათის 1მ^2 -ის წონა:

$$\text{მინაპლასტიკი } 1400 \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 1,1 = 9,2 \text{ კნ/მ}^2 = 92 \text{ ნ/მ}^2.$$

$$\text{ქაფპოლისტიროლი } 80 \cdot 0,08 \cdot 1,1 = 7,04 \text{ კნ/მ}^2 = 70 \text{ ნ/მ}^2.$$

$$\text{სულ } 162 \text{ ნ/მ}^2.$$

პირაპირების შევსების გათვალისწინებით

$$g = 162 \cdot 1,1 = 178 \text{ ნ/მ}^2.$$

როცა $\varphi = 0$, (7.43) ფორმულის თანახმად

$$T_1 = T_2 = -0,5gR = -0,5 \cdot 178 \cdot 12,5 = -1113 \text{ ნ/მ}.$$

T_1 და T_2 ძალების მნიშვნელობას, როცა $\varphi_{\text{ფ}} = 11^\circ 30'$, ვლებულობთ იგივეს, როგორც $\varphi = 0$ -ის დროს, რადგანაც $\cos \varphi_{\text{ფ}} = 0,98 \approx 1$.

როცა $\varphi_j = 53^\circ$, (7.41) და (7.42) ფორმულების შესაბამისად

$$T_1 = -\frac{1}{1 + \cos \varphi_j} gR = -\frac{1}{1 + 0,6} \cdot 178 \cdot 12,5 = -1391 \text{ ნ/მ};$$

$$T_2 = -\frac{\cos^2 \varphi_j + \cos \varphi_j - 1}{1 + \cos \varphi_j} gR = -\frac{0,6^2 + 0,6 - 1}{1 + 0,6} \cdot 178 \cdot 12,5 = 566 \text{ ნ/მ}.$$

გამჭიმო რგოლური ძალების T_2 მნიშვნელობა აღმოჩნდა მცირე იმის გამო, რომ გუმბათის ძირი (ქვედა საყრდენი რგოლი) ახლოს არის გადასვლის წერტილთან.

ძალა გუმბათის საყრდენ რგოლში გამოითვლება (7.55) ფორმულით:

$$N = -T_1 \cos \varphi_j r = 1391 \cdot 0,6 \cdot 10 = 8346 \text{ ნ},$$

ხოლო გუმბათის შევეული რეაქცია – (7.56) ფორმულით:

$$V = -T_1 \sin \varphi_j r = 1391 \cdot 0,8 = 1113 \text{ ნ/მ}.$$

T_1 და T_2 ძალების განსაზღვრა თოვლის დატვირთვისაგან.

სახურავის ფორმის გათვალისწინებული კოეფიციენტი [5, პ. 5.3]

$$\mu_1 = \frac{1}{8f} = \frac{20}{8,5} = 0,5.$$

წრიული მოხაზულობის ზედაპირებისათვის თოვლის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა უნდა გამრავლდეს $K = S/1 = 23,1/20 = 1,15$ კოეფიციენტზე, რომელიც ითვალისწინებს განსხვავებას გუმბათის რკალის სიგრძესა და მის პროექციას შორის.

თოვლისგან გამოწვეული თანაბრად განაწილებული ნორმატიული დატვირთვა

$$P_{\text{თ}}^{\text{ნ}} = P_0 \cdot K \cdot \mu_1 = 500 \cdot 1,15 \cdot 0,5 = 288 \text{ ნ/მ}^2,$$

სადაც $P_0 = 500 \text{ ნ/მ}^2$ არის თოვლის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა ქ. სოხუმისათვის.

გადახურვის ნორმატიული საკუთარი წონის ფარდობა თოვლის დატვირთვის ნორმატიულ მნიშვნელობასთან

$$\frac{g^{\text{ნ}}}{P_0} = \frac{178/1,1}{500} = 0,32 < 0,8,$$

ამიტომ, შესაბამისი დატვირთვის საიმედოობის კოეფიციენტი თოვლისათვის $\gamma_f = 1,6$ [5, პ. 5.7]

გადახურვის ჰორიზონტალური პროექციის 1მ^2 -ზე მოსული თოვლის დატვირთვის საანგარიშო მნიშვნელობა

$$P = P_{\text{თ}}^{\text{ნ}} \cdot \gamma_f = 288 \cdot 1,6 = 461 \text{ ნ/მ}^2.$$

როცა $\varphi = 0$, (7.47) ფორმულის თანახმად

$$T_1 = T_2 = -0,5pR = -0,5 \cdot 461 \cdot 12,5 = -28816/მ.$$

როცა $\varphi_j = 53^0$, (7.45) ფორმულის თანახმად $T_1 = -28816/მ$

როცა $\cos 2\varphi_j = \cos 106^0 = -0,276$, მაშინ (7.46) ფორმულის თანახმად

$$T_2 = -0,5 \cos 2\varphi_j pR = 0,5 \cdot 0,276 \cdot 461 \cdot 12,5 = 7956/მ.$$

ძალვა საყრდენ რგოლში

$$N = -T_1 \cos \varphi_j r = 2881 \cdot 0,6 \cdot 10 = 17296.$$

გუმბათის შვეული რეაქცია

$$V = -T_1 \sin \varphi_j = 2881 \cdot 0,8 = 23056/მ.$$

T_1 და T_2 ძალების განსაზღვრა ქარის დატვირთვისაგან. რადგანაც $f/l = 0,25$, ძალები T_1 და T_2 განისაზღვრება მხოლოდ ქარის სიმეტრიული გაწოვისაგან.

ქარის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა ქ. სოხუმისათვის $q_0^b = 4506/მ^2$.

მისი საანგარიშო მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით

$$q_0^b = q_0^b \cdot \gamma_f \cdot K \cdot C_e,$$

სადაც $q_0^b = 4506/მ^2$; $\gamma_f = 1,4$ - საიმედობის კოეფიციენტი ქარის დატვირთვისათვის [5, პ. 7.11], K - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ქარის სიჩქარის ცვლილებას შენობის სიმაღლის მიხედვით. როცა შენობის სიმაღლე $h \leq 10$ მ და შენობა განლაგებულია ზღვის სანაპიროზე, მაშინ $K = 1$ [5, ცხრ. 6]; C_e - აეროდინამიკური კოეფიციენტი, რომელიც გუმბათებისათვის (სფერო) მიიღება: როცა $90^0 - \varphi_j = 90^0 - 53^0 = 37^0$, $C_e = 0,12$ [5, დანართი 4, სქემა 12, ა].

$$q_0^b = 450 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 0,12 = 766/მ^2.$$

როცა $\varphi = 0$, მაშინ (7.52) ფორმულის თანახმად

$$T_1 = T_2 = 0,5q_0^b R = 0,5 \cdot 76 \cdot 12,5 = 4756/მ..$$

როცა $\varphi_j = 53^0$, მაშინ (7.51) ფორმულის თანახმად

$$T_1 = \frac{(1 + \cos \varphi_j + \cos^2 \varphi_j) q_0^b R}{3(1 + \cos \varphi_j)} = \frac{(1 + 0,6 + 0,6^2) 76 \cdot 12,5}{3(1 + 0,6)} = 3886/მ$$

$$T_2 = \left(3 \cos^3 \varphi_j - \frac{1 + \cos \varphi_j + \cos^2 \varphi_j}{1 + \cos \varphi_j} \right) \frac{q_0^b R}{3} =$$

$$= \left(3 \cdot 0,6^3 - \frac{1 + 0,6 + 0,6^2}{1 + 0,6} \right) \frac{76 \cdot 12,5}{3} = -1836/მ.$$

ძალვა საყრდენ რგოლში

$$N = -T_1 \cdot \cos \varphi_j \cdot r = -388 \cdot 0,6 \cdot 10 = -23286.$$

რაც იმას ნიშნავს, რომ საანგარიშო ქარის დატვირთვის მოქმედებით საყრდენი რგოლი შეკუმშულია.

გუმბათის შვეული რეაქცია

$$V = -T_1 \sin \varphi_j = -388 \cdot 0,8 = -3106/მ.$$

T_1 , T_2 , N და V ძალების ნიშნები ქარის დატვირთვისაგან საწინააღმდეგოა ამ ძალების ნიშნებისა მუდმივი და თოვლის დატვირთვებისაგან, ამიტომ საანგარიშო კომბინაციებში ქარისა და თოვლის დატვირთვებს ვიხილავთ ცალ-ცალკე.

I კომბინაცია: გუმბათის საკუთარი წონა + თოვლი:

$$\varphi = 0 \quad \text{და} \quad \varphi_{\sigma} = 11^0 30'$$

$$T_1 = T_2 = -1113 - 2881 = -39946/მ ;$$

$$\varphi_j = 53^0,$$

$$T_1 = -1191 - 2881 = -42726/მ ;$$

$$T_2 = 56 + 795 = 8516/მ ;$$

$$N = 8346 + 1729 = 100756 ;$$

$$V = 1113 + 2305 = 34186/მ .$$

II კომბინაცია: გუმბათის საკუთარი წონა + ქარი:

$$\varphi = 0 \quad \text{და} \quad \varphi_{\text{გ}} = 11^{\circ}30'$$

$$T_1 = T_2 = -1113 \frac{0,9}{1,1} + 475 = -4366/მ ;$$

$$\varphi_{\text{კ}} = 53^{\circ}$$

$$T_1 = -1391 \frac{0,9}{1,1} + 388 = -7506/მ ;$$

$$T_2 = 56 \frac{0,9}{1,1} - 183 = -1376/მ ;$$

$$N = 8346 \frac{0,9}{1,1} - 2328 = 45006 ;$$

$$V = 1113 \frac{0,9}{1,1} - 310 = 6006/მ .$$

გუმბათის კონსტრუქციული გაანგარიშება

სამფენოვანი პანელების შემოსვის სიმტკიცეზე შემოწმება

$$\sigma = \frac{T_{1\text{მაკ}}}{2\delta \cdot 100} = \frac{4272}{2 \cdot 0,3 \cdot 100} = 716/სმ^2 < R = 15006/სმ^2 .$$

გუმბათის სექტორებს შორის ხრახნული შეერთება მერიდიანული მიმართულებით მოწმდება რგოლურ T_2 ძალვაზე, ხოლო რგოლური მიმართულებით სექტორებსა და გუმბათის ხეფს შორის მერიდიანულ T_1 ძალვაზე როცა $\varphi_{\text{გ}} = 11^{\circ}30'$.

როგორც მოყვანილი საანგარიშო კომბინაციებიდან ჩანს, საანგარიშო ძალა მოქმედ წებოხრახნულ შეერთებაზე ტოლია

$$T_{1\text{საანგ}} = T_{2\text{საანგ}} = 39946/მ .$$

ვლებულობით თვითკუთხვილ ხრახნებს დიამეტრით $d = 4$ მმ და განვალაგებთ ბიჯით 50მმ – წებოვანი ნაკერის დაწნების პირობიდან გამომდინარე.

როცა წებოვანი ნაკერის სიგანეა 4სმ, მაშინ 1მ წებოხრახნულ შეერთებაზე დაიშვება გადამჭრელი ძალვა [31, ცხრ. 47]:

$$N = 35 \cdot 4 \cdot 1000 = 1400006 > 39946 .$$

სინამდვილეში სიმტკიცის მარაგი მეტია, რადგანაც ცხრილში [31, ცხრ. 47] წებოხრახნული შეერთების საანგარიშო წინააღობები ჭრაზე მოცემულია უფრო სქელი მინაპლასტიკებისათვის, ვიდრე ჩვენს მაგალითში გვექონდა განხილული.

გუმბათის შემოწმება აწვევტაზე საანგარიშო ქარის დატვირთვის დროს გუმბათი მიმაგრებულია ლითონის კუთხვილებზე (10) (ნახ. 7.26) თვითკუთხვილი ხრახნების (12) საშუალებით, რომლებითაც ეჭირება აგრეთვე მინაპლასტიკის შევლერები (8), (9) და შემოსვა საერთო სისქით 13მმ, ლითონის კუთხოვანები თავის მხრივ ჩაანკერდება საყრდენ რგოლში. მივიღოთ მინაპლასტიკის საანგარიშო წინააღობა სიმტკიცის მარაგით $R_{\sigma} = R_{\text{კ}} = 15006/სმ^2$, მაშინ მინაპლასტიკის თელვის პირობიდან ხრახნის ზიდვის უნარი ერთ ჭრაზე

$$T'_b = R_{\sigma} A_{\sigma} = 1500 \cdot 1,3 \cdot 0,4 = 7806 .$$

ფოლადის ხრახნის ზიდვის უნარი ჭრის პირობიდან

$$T''_b = R_{\text{ჭრ}} A_{\text{ნეტო}} = R_{\text{ჭრ}} \frac{\pi d^2}{4} \cdot 0,6 = 13000 \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} \cdot 0,6 = 9806 .$$

საყრდენი რგოლის ერთ ვრძივ მეტრზე საჭირო ხრახნების რაოდენობა, რომელმაც უნდა მიიღოს გუმბათის უარყოფითი შვეული რეაქციები, გამოითვლება ფორმულით:

$$m = \frac{V}{T_{\text{ხრ.მონ}}}$$

ჩვენს შემთხვევაში, ორივე კომბინაციის დროს, შვეული რეაქციების სიდიდეები გამოვიდა დადებითი (გუმბათის საკუთარმა წონამ გადააჭარბა უარყოფით მოქმედებას). ამიტომ ხრახნების რაოდენობას ვღებულობთ კონსტრუქციულად – ყოველ 50 სმ-ზე ერთ ცალს.

გუმბათის შემოწმება მდგრადობაზე. გუმბათის დაყვანილი სისქე გაანგარიშება (7.60) ფორმულით:

$$h_{\text{დაყ}} = \sqrt[3]{(h_{\text{გ}} + 2\delta)^3 - h_{\text{გ}}^3} = \sqrt[3]{(8 + 2 \cdot 0,3)^3 - 8^3} = 5 \text{ სმ}.$$

II ჯგუფის პოლიეთერული მინაპლასტიკის დრეკადობის მოდული $E = 3000006/\text{სმ}^2$ კრიტიკული რადიალური დატვირთვა

$$P_{\text{კრ}} = \frac{E}{20} \left(\frac{h}{R} \right)^2 = \frac{300000}{20} \left(\frac{5}{1250} \right)^2 = 0,00246/\text{სმ}^2.$$

კრიტიკული მერიდიანული ძალვა

$$T_{\text{კრ}} = P_{\text{კრ}} \frac{R}{2} = 0,0024 \cdot \frac{1250}{2} = 1506/\text{სმ} = 150006/\text{მ} > 42726/\text{მ}.$$

7.10. პნევმატიკური კონსტრუქციები

7.10.1. ზოგადი ცნობები

პნევმატიკური ეწოდება ისეთ სამშენებლო კონსტრუქციას, რომლის ზიდვის უნარი უზრუნველყოფილია ჰაერის შიგა ჭარბი წნევით. მის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს გარსი, რომელშიც დაჭირხნილია ჰაერი. გარსის დასამზადებლად გამოიყენება ელასტიკური ჰაერგაუმტარი ქსოვილები.

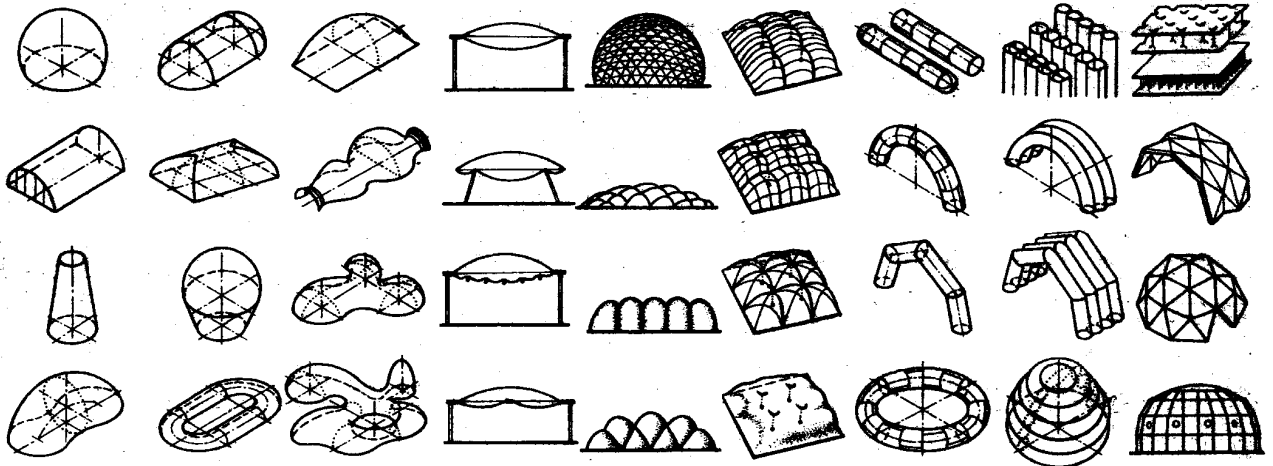
პნევმატიკური სამშენებლო კონსტრუქციები (პსკ) ხასიათდება სიმსუბუქით, სეისმომდგრადობით, ანაკრებობისა და ტრანსპორტაბელურობის მაღალი ხარისხით და კომპაქტურობით. მისი აწყობა და დაშლა მარტივია და დიდ დანახარჯებს არ მოითხოვს. ამ დადებით თვისებებთან ერთად მათ უარყოფითი მხარეებიც ახასიათებთ, სახელდობრ: დიდი დეფორმადობა და ადგილობრივი მექანიკური დაზიანების შესაძლებლობა (ქსოვილის გახერცვა და ამასთან დაკავშირებით შიგა ჭარბი წნევის დაქვეითება), რასაც კონსტრუქციის ზიდვის უნარის დაკარგვა მოსდევს; ცეცხლსაშიშროება და მცირე საექსპლუატაციო პერიოდი.

არსებობს პნევმატიკური სამშენებლო კონსტრუქციების შემდეგი სახეები: ჰაერზე დაყრდნობილი, პნევმოკარკასული, ვანტურ - პნევმატიკური და ლინზისმაგვარი. აქედან ყველაზე გავრცელებულია ჰაერზე დაყრდნობილი და პნევმოკარკასული პსკ (ნახ. 7.30).

ჰაერზე დაყრდნობილი კონსტრუქციები გამოირჩევა სიმარტივით (ნახ.7. 31) და დიდი მძლების (60 მ-მდე) გადახურვის შესაძლებლობით. კონსტრუქცია შედგება გარსის, შეკუმშული ჰაერის, საყრდენი კონტურის, შესასავლელი რაბის და ჰაერდასაჭრისნი მოწყობილობისაგან. გადახურვა ჰაერ- და წყალგაუმტარი ქსოვილისაგან დამზადებულ გარსს წარმოადგენს. მისი ზიდვის უნარის უზრუნველყოფა გარსის შიგა და გარე წნევების სხვაობით წარმოებს. შეკუმშული ჰაერი, რომელიც ავსებს გარსს, სისტემატურად უნდა იყოს ჭარბი წნევის/ მისი ინტენსიურობა გაანგარიშდება იმ პირობიდან, რომ შიგა ჭარბი წნევა მეტი უნდა იყოს გარსზე მოქმედი თოვლის წონისა, და ქარის დაწოლაზე,

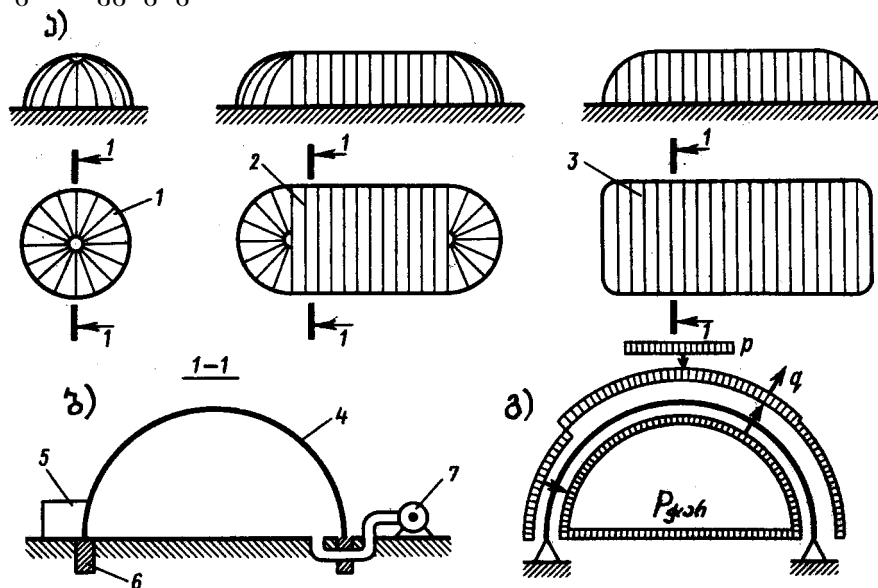
რათა შენარჩუნებულ იქნეს გარსის დადებითი სიმრუდე. პრაქტიკულად წნევათა სიდიდე მიიღება 200...500პა., წნევის ასეთ სიდიდეს სათავსში მყოფი ადამიანი პრაქტიკულად ვერ შეიგრძნობს და ერთდროულად იგი გარსის ფორმის სტაბილურობას და მდგრადობას უზრუნველყოფს.

ჰაერზე დაყრდნობილი						პნევმოკარკასული		
გეომეტრიული ფორმები			ლინზები	გაძლიერებული ბაგირებით ან ბადით		დეკორატიული	პანელები	
მარტივი	შედგენილი	რთული	(ბალიშები)	ერთმალიანი	მრავალმალიანი		ორთოქრონი	ორთოქრონი



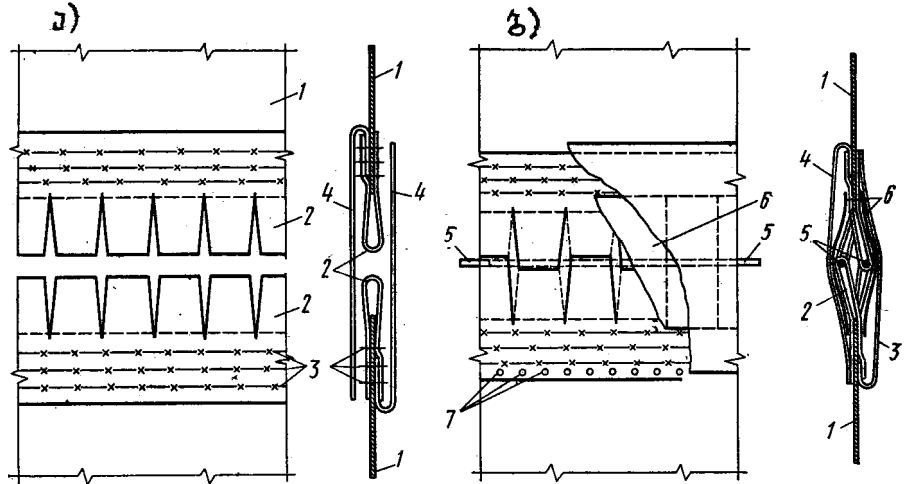
ნახ. 7.30. პნევმატიკური სამშენებლო კონსტრუქციების საერთო კლასიფიკაცია.

წნევათა სხვაობა კომპრესორით ან ვენტილატორით შეიქმნება და მის შესანარჩუნებლად საჭიროა სათავსის ჰერმეტიულობა, რისთვისაც გარსის სამონტაჟო ნაკერებისა და სათავსში შესასვლელი რაბის სპეციალურ კონსტრუქციებს იყენებენ.



ნახ. 7.31. ჰაერზე დაყრდნობილი (გასაბერი) კონსტრუქციები: ა - საერთო სახეები; ბ - განივკვეთის სქემა; გ - საანგარიშო სქემა; 1 - პნევმოგუმბათი; 2 - პნევმოთალი სფერული ტორსებით; 3 - პნევმოთალი; 4 - გარსი; 5 - რაბი; 6 - საყრდენი კონტურები; 7 - ჰაერის დასაბერი მოწყობილობა.

გარსის ნაპირებს გააჩნიათ საყრდენი სარტყელი მაღალი სიმტკიცის ქსოვილის ზოლის სახით, რომელშიც დამატებით ჩატანებულია ფოლადის ბაგირი მარყუქებითურთ. ამ მარყუქების საშუალებით ხდება გარსის მიმაგრება საყრდენ კონტურთან. გარსს გააჩნია აგრეთვე სამონტაჟო ნაკერები, (ნახ. 7.32) რომლებიც ძალზედ აადვილებენ მისი დამზადების, ტრანსპორტირების და მონტაჟის პროცესს.



ნახ. 7.32. ქსოვილური გარსის სამონტაჟო ჰერმეტიკული ნაკერი: ა - აწყობამდე; ბ - აწყობის შემდეგ; 1 - გარსის შემაერთებელი ელემენტები; 2 - სამონტაჟო ნაკერის მარყუქი; 3 - ძაფის გვირისტი; 4 - საფარველი; 5 - ბაგირი; 6 - საჰერმეტიზაციო ლენტის; 7 - საფარველის მისამაგრებელი ზონარის ლიფერსები.

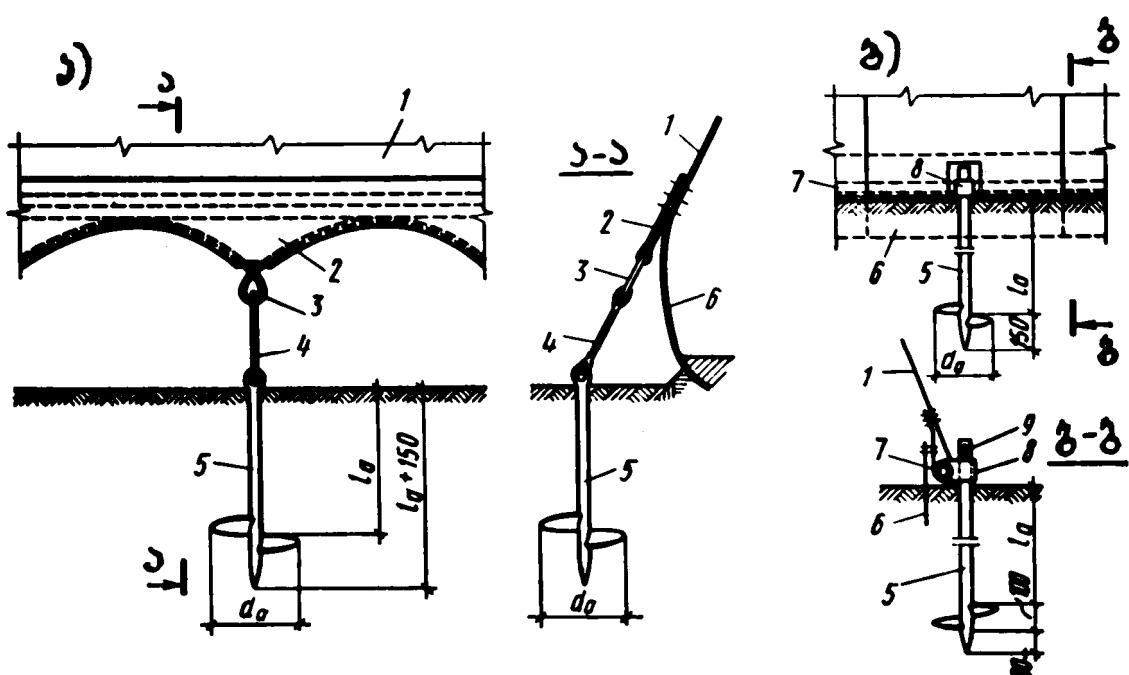
გარსის ხანგრძლივი სამსახურის შემთხვევაში საყრდენი კონტური სრულდება ბეტონის ლენტური საძირკვლის სახით, ხოლო დროებითი ნაგებობისათვის - ანკერების სახით. გარსის ანკერებთან მიმაგრების ვარიანტები ნაჩვენებია 7.33 ნახაზზე. საყრდენი კონსტრუქციის შემადგენლობაში შედის აგრეთვე იატაკიც, რომელიც განიცდის ჭარბი წნევის ზემოქმედებას. რაბის კონსტრუქცია უმეტეს შემთხვევაში ქსოვილურ - კარკასულია. ჰაერის დაბერვა ხდება ერთი ან ორი დაბალი წნევის ვენტილატორით (ან კომპრესორით). ზამთრის პირობებში, შენობის ექსპლუატაციის დროს, ვენტილატორებს ემატებათ კალორიფერებიც შენობაში თბილი ჰაერის მისაწოდებლად. შიგა ჭარბი წნევის შენარჩუნება ხდება ავტომატურად.

პნევმოკარკასული კონსტრუქცია შედგება ცალკეული სწორხაზოვანი ან მრუდი ფორმის ჰერმეტიკულად ჩაკეტილი წრიული განივკვეთის ბალონებისაგან (პნევმოღეროებისაგან). ბალონის განივკვეთის დიამეტრი შეიძლება იყოს 0,2...0,5მ. ბალონის გარსი მზადდება ორი ან სამი ფენის მაღალი სიმტკიცის ჰაერგაუმტარი ქსოვილისაგან, რომელსაც, როგორც წესი, დამაგრებული აქვს რეზინის კამერა გარსის ჰაერგაუმტარობის ამაღლებისათვის. ბალონის შიგნით ჰაერი დატუმბულია მაღალი წნევით (0,5მპა). ასეთ წნევას ავითარებს კომპრესორი ან ავტომანქანის ტუმბო.

კარკასის გრძივი სიხისტე და მდგრადობა გაჭიმული მოქნილი მაკაეშირებლებით ხორციელდება, რომლებიც კარკასის ბოლოებში სპეციალურ საჭიმარებს ემაგრება, ხოლო ამ საჭიმარების მეორე ბოლოებში - ყამირში ჩამაგრებულ ანკერებს.

პნევმოკამარების მიმაგრება საძირკველებთან რეკომენდებულია იყოს სახსროვანი, კონსტრუქციის დიდი დეფორმირებადობის გამო. კამარის განმბჯენი სპეციალურად მოწყობილ შემკვრელს ან თვით საძირკველს გადაეცემა.

ჰაერზე დაყრდნობილი კონსტრუქციებისაგან განსხვავებით, პნევმოკარკასულ კონსტრუქციებს დაბალი ზიდვის უნარი ახასიათებთ, რის გამოც მათ იყენებენ შედარებით მცირე ზომის მალეებში – 6მ კოჭებისათვის და 15მ-მდე კამრებისათვის.



ნახ. 7.33. გარსის ანკერთან მიმაგრების ვარიანტები: ა - კათენარული სარტყელის გამოყენებით; ბ - ხისტი კონტურული სარტყელის გამოყენებით; 1 - გარსი; 2 - კათენარული სარტყელი; 3 - კაპრონის ბაგირი; 4 - საჭიმარი; 5 - ანკერი; 6 - საფარველი; 7 - ხისტი სარტყელის მილი; 8 - ანკერის ქურო; 9 - სოგმანი.

კომბინირებული პნევმატიკური კონსტრუქციები ჰაერზე დაყრდნობილი და პნევმოკარკასული კონსტრუქციების მუშაობის პრინციპების ერთობლივ გამოყენებას გულისხმობს. ფაქტიურად იგი პნევმოკარკასულია, მაგრამ სათავსოს ექსპლუატაციის განსაკუთრებულ შემთხვევაში, როდესაც გადახურვაზე მოქმედებს დიდი ინტენსიურობის თოვლის ან ქარის დატვირთვები, სათავსოს შიგნით ჰაერის დატუმბვით შეიქმნება ჭარბი წნევა და გაიზრდება გადახურვის ტვირთშიდაობა. კომბინირებული პნევმატიკური კონსტრუქციების ღირებულება მეტია, ვიდრე პირველი ორისა, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, დიდი მალეების გადახურვებისათვის მათ უპირატესობა ენიჭებათ.

7.10.2. მასალები პნევმატიკური კონსტრუქციებისათვის

პნევმატიკური კონსტრუქციების გარსის დასამზადებლად გამოიყენება რბილი ქსოვილები და არმირებული ფირები. იშვიათად გამოიყენება ერთფენიანი ფირები და თხელი ლითონის ფურცლები. ამ მასალებს უნდა გააჩნდეთ საკმარისი სიმტკიცე, სირბილე, ელასტიკურობა, სიმსუბუქე, ხანმდეგობა, აგრეთვე არ უნდა ატარებდნენ ტენსა და ჰაერს, ზოგიერთ შემთხვევაში საჭიროა იყვნენ შუქგამტარებიც.

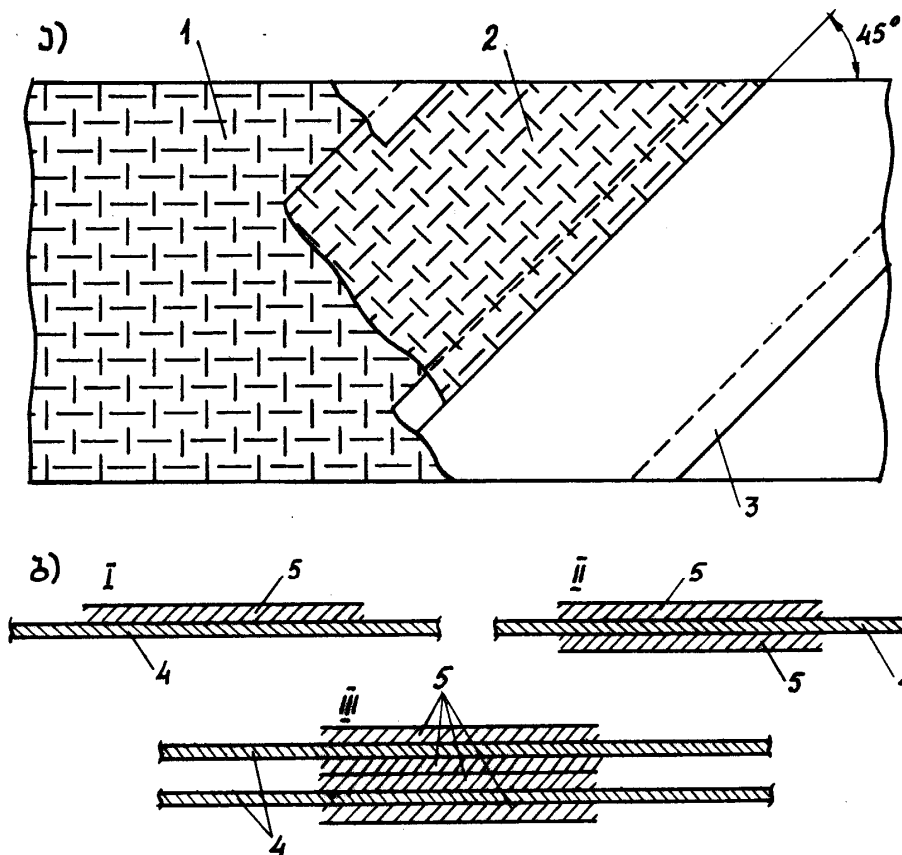
ფირი გაცილებით იაფია ქსოვილზე, მაგრამ აქვს დიდი დეფორმაცია, მცირე სიმტკიცე და შედარებით მცირე საექსპლუატაციო ხანმდეგობა, ამიტომ იგი გამოიყენება დროებით პნევმატიკურ კონსტრუქციებში, რომელთა სამსახურის ვადა არ აღემატება ერთ-ორ წელიწადს. ნაგებობებში, რომლებიც გათვალისწინებულია ხანგრძლივი ექსპლუატაციისათვის, აგრეთვე მზიდ ელემენტებში რეკომენდებულია მხოლოდ ქსოვილის გამოყენება.

ქსოვილური მასალები მზადდება ბუნებრივი, ხელოვნური ან სინთეზური ბოჭკოებისაგან. ბუნებრივს მიეკუთვნება: ბამბა, სელი, ქერელი; ხელოვნურს – ვისკოზა, მინაბოჭკო. სინთეზური ბოჭკოები, რომლებიც ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ქსოვილებში, იყოფა შემდეგ ჯგუფებად: პოლიამიდური (კაპრონი, ნეილონი, დედრონი, პერლონი, სილონი, სტილონი და სხვ.); პოლიეთერული (ლაკსანი, დაკრონი, გრიზუტენი, დიოლენი, ტრევირა, ტეტერონი, ტერილენი და სხვ.); პოლიაკრილინტრინული (ნიტრონი, ორდონი, დრალონი და სხვ.); პოლივინილსპირტული (ვინოლი, ვინილონი და სხვ.).

იმისათვის, რომ ქსოვილი გახდეს ჰაერ- და ტენგაუმტარი და, ამასთანავე, ნაქსოვი დაცული იქნას გარე ზემოქმედებისაგან, მიმართავენ მის დაფარვას სინთეზური კაუჩუკით ან პოლივინილქლორიდული ფისებით.

საფეიქრო ქსოვილები შეიძლება იყოს ერთფენიანი და დუბლირებული. ერთფენიან ქსოვილში საფუძველის მიმართულება ემთხვევა რულონის მიმართულებას, ხოლო მისაქსელები ძირითადის მართებულია. დუბლირებულ ქსოვილში შეიძლება იყოს ნაქსოვის ორი ან რამდენიმე ფენა, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდება გამჟღენთი ნივთიერებებით. საფუძველის ბოჭკოების ფისში ორიენტაციის მიხედვით ქსოვილები შეიძლება იყოს პარალელურად ან დიაგონალურად დუბლირებული. დუბლირებული ქსოვილის სიმტკიცე და ხანგამძლეობა გაცილებით მაღალია, ვიდრე ერთფენიანის.

ფისებით გაჟღენთვა ხდება ქსოვილის როგორც ერთი, ასევე ორივე მხრიდან (ნახ. 7.34).



ნახ. 7.34. ქსოვილის კონსტრუქცია: ა - ორფენიანი დიაგონალურად დუბლირებული ქსოვილის კონსტრუქციის სქემა: 1 - პარალელური ფენა (რულონის გასწვრივ); 2 - დიაგონალური ფენა; 3 - დიაგონალური ფენის წებოვანი ნაკერი; ბ - ქსოვილების განივკვეთის სქემები: I - ერთფენოვანი ცალმხრივი გაჟღენთვით; II - ერთფენოვანი ორმხრივი გაჟღენთვით; III - ორფენოვანი; 4 - ნაქსოვი; 5 - გაჟღენთვა.

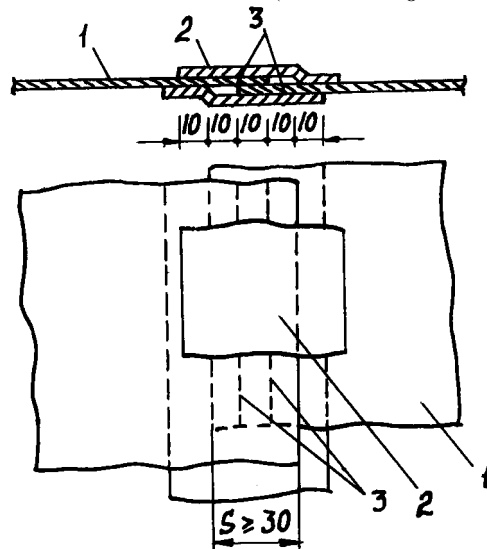
სინთეზური ფისები წარმოადგენს თერმოპლასტიკური პოლიმერების გადამუშავების პროდუქტს. პრაქტიკულად, ნებისმიერი სახის თერმოპლასტიკური

პოლიმერის გადამუშავებით შეიძლება მიღებულ იქნას ფირი, მაგრამ ცხოვრებაში ძირითადად გამოიყენება პოლიეთილენის, პოლიამიდის და პოლიეთერის ფირები. სიმტკიცის გაზრდისა და დეფორმირების შემცირების მიზნით მიმართავენ ფირების არმირებას ლაესანის, კაპრონის, მინაბოჭკოს და სხვა მასალების ქსოვილური ბადეებით.

გარსის დამზადების პროცესში ქსოვილის ან ფირის ნაჭრებს ერთმანეთთან აერთებენ დაწებების (ნახ. 7.35) ან შედუღების საშუალებით ძაფური გვირისტით. ფირების შეერთებისას გვირისტის გამოყენება აკრძალულია. პირაპირის გაანგარიშების დროს ქსოვილის კვეთის შესუსტება გვირისტით გაითვალისწინება შემასწორებელი კოეფიციენტის საშუალებით, რომელიც აიღება 0,85.

ცენტრალური ევროპის სახელმწიფოებში პნევმატიკური კონსტრუქციების მასალად ძირითადად გამოიყენება პოლივინილქლორიდით (პვექ) დაფარული პოლიეთერული ქსოვილები, აგრეთვე ნეილონი. აშშ-ში იყენებენ პოლიტეტრაფტორეთილენით დაფარულ მინის ქსოვილს, რომელიც აგრეთვე ფართოდ ვრცელდება ასევე აღმოსავლეთის ქვეყნებში და გერმანიაში.

საერთოდ, მსოფლიოში პნევმოგარსებისათვის ქსოვილების დასამზადებელი ფირებია: „ბერდერი“, „დიუპონი“, „სიდერი“, „ოუენს კორნინგ ფაიბერგლასი“, „კემიკელ ფებრიკს კორპორეიშენ“ (აშშ); „ფერზაიდაგი“, „კრამერი“, „ლიუკენჰაუზი“, „ბრიტიშ ნაილონ სპინერსი“ (ინგლისი) და სხვ.



ნახ. 7.35. ქსოვილების შეერთება: 1 - ქსოვილი; 2 - საჭერმეტიზაციო ზონარი; 3 - გვირისტი.

პნევმოქსოვილების უნიკალური მასალები იქნა შექმნილი ამერიკის შეერთებულ შტატებში 70...80-იან წლებში. მათგან პირველ რიგში აღსანიშნავია ტეფლონით დაფარული მინაქსოვილი, რომელიც სპეციალურად იქნა დამუშავებული დიდმალიანი ქსოვილური გადახურვებისათვის. ბოლო 15 წლის განმავლობაში ამ მასალისგან გადახურული იქნა 30-ზე მეტი (კოლეჯები და ვერნეში და სანტა კლარაში, სტადიონი აიოვას შტატის ჩრდილოეთში, დახურული სტადიონი 80 ათას მაყურებელზე ქ. პონტიაკში, სტადიონები ვანკუვერში, ვაშინგტონში, ინდიანაპოლისში, სირაკუზაში და მრავალ სხვ.). ფირმა „ბერდერი“-მა შექმნა სპეციალური შესადუღებელი აპარატი ამ ქსოვილისათვის, რომელიც უზრუნველყოფს მის საიმედოებას. ტეფლონისა და მინაბოჭკოს კომპოზიციის დამუშავებით მიღებულ იქნა მასალა „შირფილი“, რომელსაც გააჩნია როგორც მაღალი სიმტკიცე და კარგი საექსპლუატაციო თვისებები, ასევე ამაღლებული ცეცხლმედეგობა, ხანმედეგობა არა ნაკლები 20

წლისა და მრავალი სხვა ისეთი თვისება, რომლებიც მას აქცევს თითქმის იდეალურ მასალად დიდძალიან პნევმატიკურ გადახურვებში.

ტეფლონურ სახურავს ქსოვილურ საფუძველთან შეერთების შემდეგ აქვს მოყვითალო-მოვარდისფრო ფერი. თუმცა თვით ტეფლონი გამჭვირვალე ღია ფერისაა და მზის სხივების ხანმოკლე მოქმედების შემდეგ ხდება მისი გაუფერულება, რის გამოც სახურავის მასალა ღებულობს მეტად სასიამოვნო ლამაზ მკრთალ თეთრ ფერს. რადგანაც ტეფლონი ქიმიური და სამრეწველო დამაბინძურებელი ნივთიერების მიმართ ინერტულია, ამიტომ ის მუდმივად რჩება სუფთა და თეთრი ფერის; მტვერი და ჭუჭყი, რომელიც შეიძლება მის ზედაპირზე დაგროვდეს, ადვილად ირეცხება წვიმის დროს და პრაქტიკულად სახურავი, ყოველგვარი დამატებითი ხარჯების გარეშე, ბუნებრივად, წლის ნებისმიერ დროს, გამოიყურება მიმზიდველად. გარდა აღნიშნულისა, შიფრილს აღმოაჩნდა უნიკალური თვისება – აირეკლოს მზის ენერჯის 70% სინათლის აბსორბირების გამოტარების პირობებში, რაც საშუალებას იძლევა ზაფხულობით მინიმალური დანახარჯებით შენობაში შევინარჩუნოთ ნორმალური ტემპერატურა. ეს საკითხი განსაკუთრებით აქტუალურია სპორტული მოედნების და სტადიონების გადახურვებში, სადაც ათი ათასობით მაყურებელი იყრის თავს. აღსანიშნავია ისიც, რომ გარსში გავლის შემდეგ მზის სხივები განიცდის გარდატეხას და ინტენიერის მხრიდან განათება ტოვებს თანაბრად გაბნეული შუქის სასიამოვნო შთაბეჭდილებას, სხვანაირად რომ ვთქვათ, შირფილის შუქის სპექტრი შიგა მხრიდან უახლოვდება დღის შუქის სპექტრს. რა თქმა უნდა, ყოველივე ეს იძლევა ელექტროენერჯის დიდ ეკონომიას.

აშშ-ის სამშენებლო ნორმების თანახმად პნევმოქსოვილების სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი 4-ის ტოლია.

80-იანი წლების დასაწყისში ამერიკელების მიერ მიღებულ იქნა ახალი ორგანული ბოჭკო კევრალ-არამიდი, რომლის მექანიკური თვისებები უახლოვდება ფოლადისას, თუმცა მასზე ხუთჯერ მსუბუქია. უზარმაზარი სიმტკიცე (2760მპა), მაღალი დრეკადობის მოდული (131000მპა) და მცირე სიმკვრივე (1,45გ/სმ³) უზრუნველყოფს ამ ბოჭკოების უპირატესობას ჩვეულებრივ მინაბოჭკოსთან შედარებით.

კევრალ-არამიდის ბოჭკოს სახელწოდება მსოფლიოში დამკვიდრდა როგორც „არამიდი“. აშშ-ში კევლარის ორი სახეობაა: კევლარი 29 და კევლარი 49. კევლარის ცეცხლ- და თბომედეგობა გაცილებით მაღალია, ვიდრე სხვა ორგანული მასალებისა; კევლარის ბოჭკო არ დნება (მისი დაშლა იწყება 420°C ტემპერატურაზე), არ კარგავს სიმტკიცეს ამადლებული ტენიანობისას და აქვს საკმაოდ დაბალი თერმული გაფართოების კოეფიციენტი.

არამიდული ბოჭკოები ინარჩუნებს საექსპლუატაციო თვისებებს 160°C ტემპერატურამდე, რაც გაცილებით მაღალია, ვიდრე იგივე მაჩვენებელი ნეილონისა და პოლიეთერისათვის. მდგრადია ორგანული გამსხნელების, საწვავი და საპოხი მასალების, ტუტეების და მჟავების მიმართ.

ყოველივე ზემოთ ჩამოთვლილ დადებით თვისებებთან ერთად კევლარს აქვს უარყოფითი თვისებებიც, მაგალითად ულტრაიისფერი სხივების გავლენით იგი მნიშვნელოვნად კარგავს სიმტკიცეს, რაც ნაწილობრივ ზღუდავს მისი გამოყენების შესაძლებლობას, თუმცა შესაძლებელია მონახოს მისგან დაცვის ეკონომიკური გადაწყვეტა.

7.10.3. საანგარიშო დატვირთვები

პნევმატიკური კონსტრუქციებისათვის ყველაზე დამახასიათებელი დატვირთვის სახეა ჰაერის შიგა ჭარბი წნევა. მისი სიდიდე ისეთი უნდა იყოს, რომ გამჭიმმა ძაღვებმა გარსში მთლიანად ან ნაწილობრივ ჩააქროს გარე

დატვირთვებისაგან (თოვლი, ქარი, ტექნოლოგიური დატვირთვები) აღძრული მკუმშავი ძალები.

გარსის საკუთარი წონა მცირეა და გაწონასწორდება ჰაერის შიგა ჭარბი წნევით, რომელიც ტოლია 10...20 პასკალის, როგორც წესი, საკუთარი წონის გაველენაზე გარსის გაანგარიშებას ახდენენ მხოლოდ გამონაკლის შემთხვევაში.

თოვლის დატვირთვა ჰაერზე დაყრდნობილ პნევმატიკურ ნაგებობებზე მნიშვნელოვნად მცირეა, ვიდრე სამშენებლო ნორმებში მოცემული მისი ნორმატიული მნიშვნელობაა. გარსის გაკრიალებულ ზედაპირზე, რომელიც სისტემატურ რხევებს განიცდის ქარის დატვირთვისაგან და იცვლის ფორმას ჰაერის შიგა ჭარბი წნევის არასტაბილური დონის გამო, თოვლის მრავალდღიანი დაგროვება არ ხდება. მიღებულია, რომ თოვლის დატვირთვის ინტენსიურობა გავეტოლოთ ბოლო 10 წლის მანძილზე ერთ დღე-ღამეში მოსული თოვლის მაქსიმალურ წონას. კლიმატური რაიონების მიხედვით მისი მნიშვნელობა მოყვანილია 6.1 ცხრილში.

ცხრილი 6.1

თოვლის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობები ჰაერზე დაყრდნობილი პნევმატიკური ნაგებობების გაანგარიშებისათვის.

კლიმატური რაიონები	I	II	III	IV	V	VI
თოვლის დატვირთვა S_0 , მპა	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3

7.10.4. პნევმატიკური გარსების გაანგარიშების საფუძვლები

ნებისმიერი სახის პნევმატიკური კონსტრუქციის გაანგარიშების მიზანია რბილი გარსის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის განსაზღვრა. გარსი ჰაერის შიგა ჭარბი წნევისა და გარე დატვირთვების მოქმედების შედეგად ყოველთვის უნდა იმყოფებოდეს წონასწორობის მდგომარეობაში.

მიუხედავად იმისა, რომ პსკ გარეგნულად მცირედ განსხვავდებიან ჩვეულებრივი ხისტი მასალებისაგან დამზადებული გარსებისაგან, სტატიკური გაანგარიშება მოიცავს რიგ მნიშვნელოვან მომენტებს, რომლებიც რეალურად განასხვავებენ ასეთ გარსებს ხისტი ნაგებობებისაგან.

პნევმატიკური კონსტრუქციებისათვის გამოყენებული რბილი, თხელი ქსოვილები და აფსკები გამოირჩევიან მაღალი სიმტკიცით გაჭიმვაზე და აბსოლუტურად ვერ დებულობენ თავის თავზე მკუმშავ, განივ ძალებსა და მღუნავ მომენტებს. ამიტომ, ასეთ შემთხვევებში, როდესაც გარე დატვირთვები პნევმოგარსში იწვევენ კუმშვის ძაბვებს, მიმართავენ წინასწარ დაძაბვას ჭარბი წნევის საშუალებით.

პსკ-ის დაპროექტება მოიცავს შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტას: 1) გარსის ოპტიმალური ფორმის შერჩევა; 2) ძალოვანი ზემოქმედების სიდიდის და ხასიათის დადგენა; 3) გარსის მასალის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დაზუსტება და საანგარიშო წინააღობის მნიშვნელობის დასაბუთება; 4) დატვირთვების მოქმედების შედეგად გარსის გადაადგილებების (დეფორმაციების) განსაზღვრა; 5) გარსის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის განსაზღვრა.

არსებობს ჰაერზე დაყრდნობილი გარსების გაანგარიშებისადმი მიდგომის სამი ძირითადი ეტაპი:

1) გარსების თეორიის წრფივი უმომენტო (მემბრანული) განტოლებების გამოყენება შემდეგი გამარტივებებითა და დაშვებებით: გარსი არ განიცდის დეფორმაციებს; შესაძლებელია გარსის დანაწევრება მარტივი გეომეტრიული ფორმის მქონე უბნებად, რის დროსაც უგულებელყოფილია ძაბვების და

დეფორმაციების ერთობლივი მოქმედების პირობა. ეს მიდგომა (ე.წ. ელემენტარული თეორია), მიუხედავად გარსების უმომენტო თეორიის მზამზარეული ფორმულებისა, არ უზრუნველყოფს ანგარიშის შედეგების საჭირო სიზუსტეს და განიხილება, როგორც ვარიანტული დაპროექტების პირველი მიახლოება.

2) გარსის წონასწორობის განტოლების შედგენა შიგა ჭარბი წნევისა და გარე ძალების ერთობლივი მოქმედებებისას მასალის დრეკადი თვისებების და ანიზოტროპიულობის გათვალისწინებით, გარსთა კლასიკური თეორიის საფუძველზე. ასეთი მიდგომა დაკავშირებულია დიდ მათემატიკურ სირთულეებთან, რადგანაც საჭირო ხდება მრავალუცნობიანი არაწრფივი დიფერენციული განტოლებების სისტემის ამოხსნა. პრაქტიკაში იფარგლებიან ზოგიერთი კერძო შემთხვევის განხილვით, კერძოდ კი სიმეტრიულად დატვირთული ბრუნვითი და ცილინდრული გარსებისა. ცილინდრული გარსების შემთხვევაში გრძივი დატვირთვა მიიღება განაწილებული მსახველის მიმართულებით, რაც საშუალებას იძლევა განვიხილოთ იგი, როგორც ერთგანზომილებიანი.

3) გაანგარიშების რიცხვითი მეთოდების გამოყენება, კერძოდ სასრული ელემენტების მეთოდი (სემ), რომელიც რბილი გარსებისათვის ინტენსიურად მუშავდება და იხვეწება მრავალ ქვეყანაში (აშშ, იაპონია, გერმანია, შვეიცარია). სემ ეფუძნება კონტინუალური ამოცანების შეცვლას დისკრეტულით. ეს მეთოდი ითვალისწინებს გარსის ზედაპირის დანაწევრებას სასრული ზომის ელემენტებად, რომელთა ქმედება შეიძლება დაპროგრამებული იქნეს კომპიუტერებზე გასაანგარიშებლად.

დატვირთვის მოდების შემთხვევაში ელემენტების მთელი სისტემის წონასწორობა ირდევება, რომელიც აღდგება კვანძების გადაადგილების შემდეგ, პროგრამის შესაბამისად. ეს ამოცანა წყდება თანდათანობითი მიახლოების მეთოდით ეგმ გამოყენებით.

საერთოდ რბილი გარსების გაანგარიშება მოითხოვს საკმაოდ რთული მათემატიკური აპარატის გამოყენებას და იგი სახელმძღვანელოში მოყვანილი არ არის.

7.10.5. მომავლის პნევმატიკური კონსრუქციები

სამშენებლო ინდუსტრიის განვითარების მაღალი ტემპი, თანამედროვე ქალქათმშენებლობის მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი და საზოგადოების ესთეტიკურ-ფუნქციონალური მოთხოვნების გაზრდა განაპირობებს არქიტექტურის და მშენებლობის განვითარების პროგნოზირებისადმი დიდ ინტერესს. თავის მხრივ, პროგნოზირება დაკავშირებულია მატერიალურ-ტექნიკური ბაზისა და სამშენებლო მასალების ხარისხობრივ განვითარებასთან.

დასავლეთის ქვეყნებში სწრაფი ტემპებით მიმდინარეობს ცემენტის, კერამიკის, მინის და პოლიმერების ბაზაზე დამზადებული ხელოვნური სამშენებლო მასალების ნომენკლატურის გაფართოება. კონსტრუქციული მასალების ყველაზე ტევად დარგს წარმოადგენს სამშენებლო ინდუსტრია. მაგალითად, აშშ-ში მშენებლობას ხმარდება ქვეყანაში გამოშვებული ფოლადის 32%, ალუმინის 33%, შავი ლითონების სხმულების 26%, სპილენძის 24%, ტყვიის 10% და პლასტმასის 32%. ბოლო 30 წლის მანძილზე კი ტრადიციული სამშენებლო მასალების წარმოება გაიზარდა 2...3-ჯერ, ალუმინის – 55-ჯერ, ხოლო პლასტმასის – თითქმის 100-ჯერ. ამ პერიოდში ახალი მშენებლობის მოცულობა გაიზარდა დაახლოებით 3,3...3,5-ჯერ.

მსოფლიოში ცნობილი ექსპერტების აზრით მომავლის ყველაზე პერსპექტიულ სამშენებლო მასალებად მიჩნეულია პლასტმასები, ფერადი ლითონები, ფოლადი, მინა და გაკეთილშობილებული მერქანი. ყველაზე უპერსპექტივოდ კი - ბუნებრივი ქვის მასალები და კერამიკა. რაც შეეხება ბეტონსა და რკინაბეტონს, ისინი ჯერ კიდევ დარჩებიან დომინანტებად 2020 წლამდე, შემდეგ კი თანდათანობით დაუთმობენ წამყვან ადგილს შედარებით მსუბუქ მასალებს.

მომავლის თვალსაზრისით მეტად პერსპექტიულ კონსტრუქციებს წარმოადგენს პნევმატიკური კონსტრუქციები. მიუხედავად იმისა, რომ დღეისათვის შექმნილია შესანიშნავი თვისებების მქონე ხელოვნური მასალები, მომავალში კიდევ შეიქმნება უფრო უკეთესი მასალები - მაღალი სიმტკიცისა და ხანმოკლე, უწვადი, სითბო- და ყინვამედეგი, იაფი და ტექნოლოგიური. გაუმჯობესდება და დაიხვეწება ჰაერის მიწოდების სისტემები, რომლებიც სრულად გამორიცხავენ გარსის შიგნით ჰაერის წნევის დავარდნას. შეიქმნება მზის ენერჯიაზე დაფუძნებული ტემპერატურულ-ტენიანობითი რეჟიმის მარეგულირებელი მოწყობილობები. ყოველივე ეს მომავალში გამოიწვევს ტრადიციული ხისტი მასალებისაგან აგებული კაპიტალური ნაგებობების გაბატონებული მდგომარეობის ნაწილობრივ შევიწროებას პნევმატიკური კონსტრუქციებისაგან, განსაკუთრებით კი ჰაერზე დაყრდნობილი რბილი გარსებისგან.

პნევმატიკური სამშენებლო კონსტრუქციების განვითარების პერსპექტივებს განსაზღვრავს მათი ორი ძირითადი თვისება: დიდი მაღების გადახურვის და გარსის შიგა სივრცის გარემოსგან იზოლაციის შესაძლებლობა. ეს კონსტრუქციები მხოლოდ იმ შემთხვევაში გახდება მასიური, როდესაც საშუალებას მოგვცემს გარსის ქვეშ განვითავსოთ მთელი ქალაქი, აგროსამრეწველო კომპლექსი, კარიერები, მსხვილი სამშენებლო რაიონები და სხვ. ადვილი წარმოსადგენია, რა უპირატესობას მოიტანს ასეთი გარსები არქტიკულ ან ტროპიკულ ზონებში მშენებლობაზე ზომიერი კლიმატური გარემოს შექმნის თვალსაზრისით.

დიდი მაღების გადახურვის პრობლემა წარმოადგენს სამშენებლო ხელოვნების ერთ - ერთ ყველაზე „მუდმივ“ პრობლემას. თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ხიდმშენებლობას, ზღვრული მაღლების გადახურვები უნდა პასუხობდეს არა მარტო ტექნიკურ შესაძლებლობებს, არამედ მის მიზანდასახულობასაც. სხვანაირად რომ ვთქვათ, მიზნის მიღწევის აუცილებლობა მშენებლობის წინაშე აყენებს ამა თუ იმ პროექტის ტექნიკური გადაწყვეტის საჭიროებას. დღემდე ზღვრულ მაღლებად ითვლება 100 ათას მაყურებელზე გათვალისწინებული სტადიონის გადახურვა გეგმაში ზომებით 200X300მ.

უფრო დიდი ფართობის გადახურვის საჭიროება შეიძლება დადგეს მხოლოდ გარსის შიგა კლიმატის გარემოსაგან იზოლაციის მოთხოვნის პირობებში. სწორედ ამ ასპექტმა, მომავალში, შესაძლოა განსაზღვროს ჰაერზე დაყრდნობილი ნაგებობების მიმართულება.

პრაქტიკულად დიდი მაღლების გადახურვა შესაძლებელი გახდა ბაგირებით და ბადეებით გაძლიერებული პნევმოგარსების გამოჩენის შემდეგ. შედეგებმაც არ დააყოვნა. ბაგირებით გაძლიერებული 168მ მაღლის მქონე გარსი (სტადიონი, აშშ), დღეისათვის რეკორდული ზომისაა, მაგრამ არ წარმოადგენს ზღვრულს. დამუშავებულია გაცილებით მეტი სიდიდის გარსების პროექტები, რომელთაგან გრანდიოზულობითა და სოლიდური დასაბუთებით გამოირჩევა პროფ. ფ. ოტოს (გერმანია) მიერ დამუშავებული ფართოდ ცნობილი გარსის პროექტი ქალაქის თავზე არქტიკაში. ქალაქი 20 ათას მცხოვრებზე მოთავსებულია 2 კმ დიამეტრისა და 240მ სიმაღლის შუქგამტარი გუმბათის ქვეშ. გარსის ძალოვან საფუძვლად გამოყენებულია 270მმ დიამეტრის პოლიეთერული ძაფის ბაგირი მუშაობის 100

წლიანი გარანტიით. ორფენოვანი გარსი დაჭერილია შიგა ჭარბი წნევით 250პა. პოლიმერების ქიმია და დამზადების ტექნოლოგიის თანამედროვე დონე სავსებით საკმარისია ამ პროექტის განსახორციელებლად.

აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ძალზე დიდი მალეების გადახურვები ეკონომიკურად ყოველთვის გამართლებული არ არის. ავიღოთ, მაგალითად, აგროსამრეწველო კომპლექსის ან ქალაქის გადახურვა. ასეთი გადახურვა, ალბათ უპრიანი იქნება, განვახორციელოთ უფრო ეკონომიკურად - გრუნტში ჩაანკერებული საჭიმარების საშუალებით, რომლებსაც განვალაგებთ ვთქვათ, ყოველ 100 მეტრში და ისინი ბუნებრივია არაფერს შეუშლიან ხელს. ამ გზით კი ფაქტიურად შესაძლებელი იქნება გადახურვის ნებისმიერი ზომის ფართობები.

ქალაქთმშენებლობა. თუ გარსის ქვეშ მოთავსდება ქალაქი, იგი დაცული ხდება ატმოსფერული ზემოქმედებისაგან, როგორცაა ქარი, ნალექები, ტემპერატურის ცვლილება. ჰაერის ინსოლაცია ექვემდებარება კონტროლსა და რეგულირებას. ასეთი გარსი ფაქტიურად წარმოადგენს თავისებურ დიაფრაგმას, რომელიც ყოფს ბუნებრივ კლიმატიან სივრცეს ხელოვნურ კლიმატიანი სივრცისაგან. იგი გამოყოფს გარემოსაგან არა ადამიანს, არამედ მთელ მის სადგომს. ამიტომ სახლებს უკვე აღარ მოეთხოვებათ ჩვეულებრივი ტრადიციული თვისებები: სითბომედეგობა, ყინვაგამძლეობა, უჟონადობა. სახურავი, რომელიც არ განიცდის თოვლის, წვიმის და ქარის მოქმედებას, შეიცვლის ფორმას და კონსტრუქციას, დაკარგავს რა ჰიდროსაიზოლაციო და წყლის გადამყვანის ფუნქციებს. შენობის ჩონჩხი, გათავისუფლებული ქარისა და თოვლის დატვირთვებისაგან, გახდება გაცილებით მსუბუქი.

გარსიდან ჩამონადენი სუფთა წყალი შესაძლებელი იქნება გამოვიყენოთ მიზნობრივად და დღის წესრიგიდან მოხსნის მტკნარი წყლის პრობლემას. საჭირო აღარ იქნება სანიაღვრე კანალიზაცია, ქუჩების გაწმენდა თოვლისაგან, რაც საკმაოდ ძვირი ჯდება. მაგალითად, ქ. მოსკოვში ყოველი ზამთრისას თოვლის გაწმენდაზე დაკავებულია 1500 ავტომანქანა, რომელთა მარტო სატრანსპორტო ხარჯები 1990 წლის მონაცემებით შეადგენდა 5...6 მილიარდ მანეთს წელიწადში.

ასეთი გარსის შიგა სივრცის გათბობა უფრო ეკონომიური იქნება, რადგანაც გასათბობი შენობების ზედაპირის ფართობი დაახლოებით 50-ჯერ აღემატება გარსის ზედაპირის ფართობს. რ. ფულერის მონაცემებით, სითბოს საერთო დანაკარგები 10-ჯერ შემცირდება.

არსებებს კიდევ მეტად საინტერესო მოსაზრებაც: გარსის შიგნით მოთავსებული ქალაქი, თავისი შენობებითა და ხალხით, ხომ არ იქნება საკმარისი იმდენი სითბოს გამოსაყოფად, რომელიც ბუნებრივად დაიჭერს გუმბათს? შეიძლება, გადავხუროთ რა ქალაქი აფსკით, ზამთარში მაინც არ დაგვჭირდება ჰაერის დამჭიხნი კომპრესორების მუშაობა? შეიძლება თუ არა ამ დროს საერთოდ ღია დავტოვოთ რაბები? ამ და მრავალ სხვა კითხვებზე პასუხს მომავალი გაგვცემს.

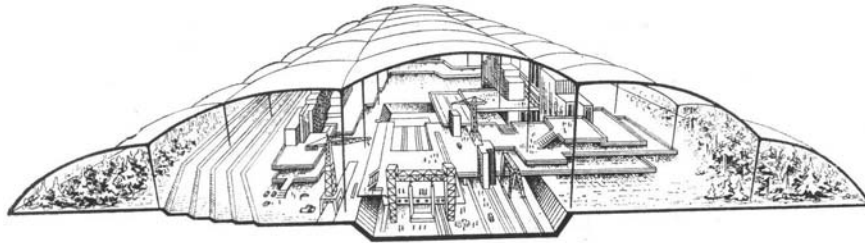
სოფლის მეურნეობა. ჰაერზე დაყრდნობილი გარსებით მსხვილი აგროსამრეწველო კომპლექსების გადახურვა სოფლის მეურნეობის წინაშე ახალ პერსპექტივებს შლის.

სასითბურე ეფექტის გამოყენება, ტენ-თერმული რეჟიმების მართვა, ხელოვნური ატმოსფეროს შექმნა სასურველი ქიმიური შედგენილობით - ყველაფერი ეს შეიძლება მიმართულ იქნეს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სავეგეტაციო პერიოდის შესამცირებლად, წელიწადში რამდენიმე მოსავლის აღება, მწირი მიწების ათვისება და სხვ.

კანადელმა სპეციალისტებმა, თავიანთი სამხრეთის რაიონების მაგალითზე გამოთვალეს, რომ ასეთი გარსების გამოყენება საშუალებას იძლევა ხვნა და თესვა გადმოვწიოთ 4-6 კვირით ადრე გაზაფხულზე და მივიღოთ ადრეული

მოსავალი. თესვის დამთავრების შემდეგ გარსი იხსნება და მას ისევე აყენებენ გვიან შემოდგომაზე მოსავლის დასამწიფებლად, აგრეთვე მოსავლის აღების პროცესის დასაცავად ატმოსფერული ნალექებისაგან.

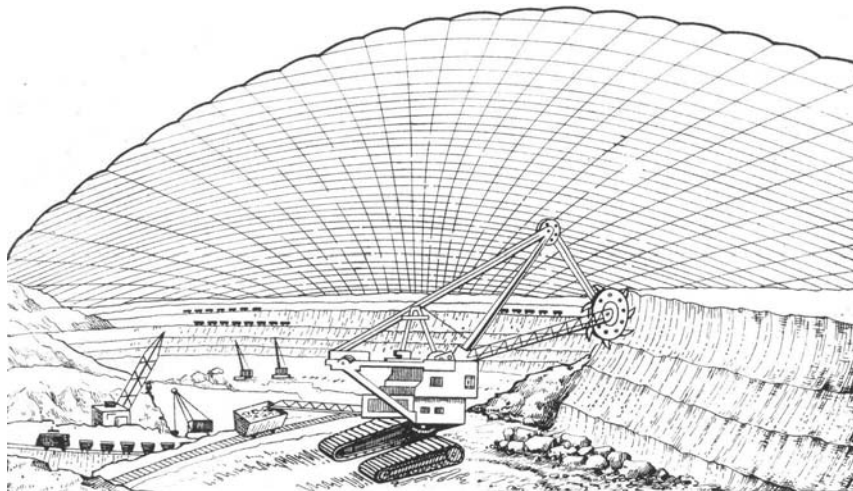
ატმოსფეროში ქიმიური შედგენილობის ცვლილება საშუალებას იძლევა მივიღოთ მაღალი მოსავალი. რუსი მეცნიერი ვ. კოვდა და ვ. კუნინი აღნიშნავენ, რომ ჰაერში ნახშირმჟავა გაზის 10-ჯერ გაზრდა იწვევს მოსავლიანობის ამადლებას დაახლოებით 5-ჯერ.



ნახ. 7.36. სამრეწველო კომპლექსის საჭიმარებიანი გარსის ქვეშ.

მეორეს მხრივ, ჟანგბადით ატმოსფეროს გაღარიბებით (მაგალითად საცავებში) შეიძლება მიღწეულ იქნას სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის შენახვის ვადის გაზრდა და გამორიცხოს მათი გაფუჭება. ინგლისელმა მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ თუ მარცვალსაცავში შევწყვიტავთ ჰაერის მიწოდებას, მაშინ სწრაფად ნადგურდება მანებლები ჟანგბადის უკმარისობის გამო. თუ საცავს დავხურავთ 0,2% ჰაერგაუმტარი გარსით, მაშინ შესაძლებელი იქნება გაუნიავებლად საწყობში სველი მარცვლის მოთავსება.

საინტერესო მოსაზრებას გეთავაზობენ აბუ-დაბის (არაბეთის ემირატები) მეცნიერები: თუ პნევმოგარსის შიგნით მოვათავსებთ ზღვის წყალს, იგი მზის გავლენით აორთქლდება, მტკნარი კონდენსანტი გაჩნდება გარსის შიგა ზედაპირზე და შემდეგ იგი ტენის სახით ეცემა მიწაზე, სადაც შეიძლება ბოსტნეულის მოყვანა.



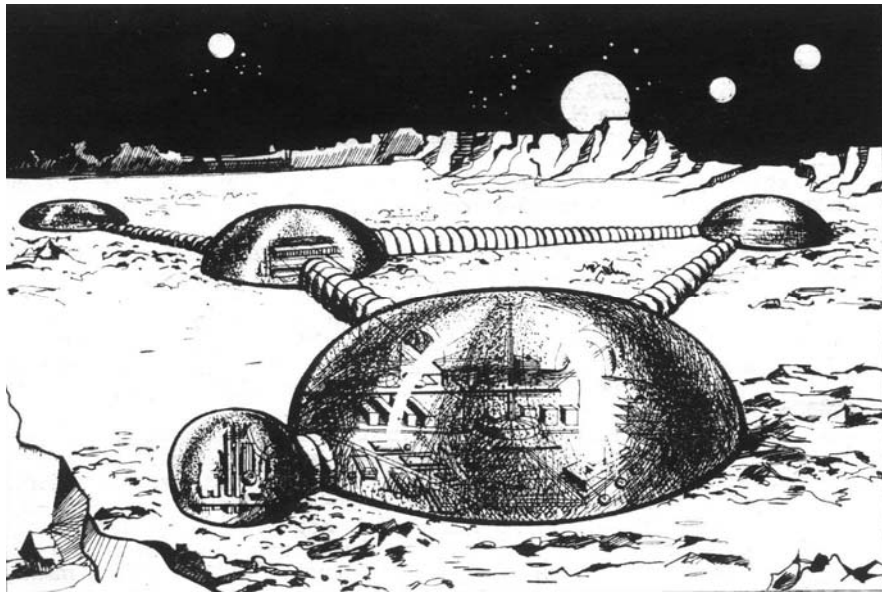
ნახ. 7.37. ღია კარიერის დამუშავება ბაგირებით გაძლიერებული გარსის ქვეშ.

ცნობილია, რომ მთები მეკეთრად ცვლის მიმდებარე ტერიტორიების კლიმატს. იაპონურმა ფირმამ „ტაიო კოგიომ“ წამოაყენა წინადადება საუდის არაბეთის უწყლო უდაბნოში დაყენებულ იქნას 10კმ სიგრძისა და 600მ სიმაღლის გასაბერი მთაგრეხილი, რომელიც დააკავებს ზღვიდან მონაბერ ტენიან ჰაერს. ცხელი ჰაერი, ავა რა მთაგრეხილის წვერომდე, გაცივდება, გარდაიქმნება ღრუბლად და წვიმის სახით დაუბრუნდება უდაბნოს. ადვილი

წარმოსადგენია, რა მოგების მოტანა შეუძლია ჰაერით აგებულ ასეთ მთებს არაბეთსა თუ აფრიკის უდაბნო ადგილებისათვის.

მშენებლობა. დღეისათვის ჩრდილოეთის სამშენებლო პრაქტიკაში საკმაოდ ხშირად იყენებენ პნევმატიკურ გარსებს სათბურების სახით, არა მარტო ბეტონის, სახურავის, შედუღების სამუშაოების საწარმოებლად, არამედ ორი და სამსართულიანი შენობების ასაგებად. შორს არ არის ის დრო, როდესაც ჰაერზე დაყრდნობილი გარსებით გადაიხურება საცხოვრებელი, საზოგადოებრივი ან სამრეწველო კომპლექსები (ნახ. 7.36). უფრო მეტიც, მათი გამოყენება ეფექტური იქნება სასარგებლო წიაღისეულის ღია კარიერების ექსპლუატაციისათვის (ნახ. 7.37). განსაკუთრებით პოლარული წრის იქით მდებარე რაიონებისათვის.

ახალი ჰორიზონტები იშლება პნევმატიკური კონსტრუქციების გამოყენებისა კოსმოსურ მშენებლობაში. სხვა პლანეტებზე დედამიწელების „კოლონიების“ გასაშენებლად ისინი ალბათ შეუცვლელი კონსტრუქციები იქნება (ნახ. 7.38). შესაძლებელია რბილი გარსების გამოყენება აკვანავტიკაშიც.



ნახ. 7.38. პნევმატიკური ნაგებობები პლანეტებზე.