

ს. ესაძე

ლითონის კონსტრუქციები



დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ
სტუ-ს სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

სახელმძღვანელოში გადმოცემული მასალის სათანადო დონეზე ათვისება უსრუნველყოფს სტუდენტს სწავლების აღნიშნული დონეებისა და სპეციალიზაციების შესაბამისი სათანადო ცოდნით/სწავლების შედეგებით და არის აკადემიური უმაღლესი განათლების შემდგომ უფრო მაღალ დონეებზე ლითონის კონსტრუქციების სასწავლო კურსის/მასთან უშუალოდ დაკავშირებული სასწავლო კურსების წარმატებული ათვისების საფუძველი. გამომდინარე აღნიშნული სახელმძღვანელოს დანიშნულებიდან, მასში გადმოცემულ ყოველ თემას თან ახლავს კონკრეტული საპროექტო ამოცანა, მისი გადაჭრის ნიმუშით.

განკუთვნილია უმაღლეს სასწავლო დაწესებულებებში პროფესიული უმაღლესი და საბაკალავრო საგანმანათლებლო პროგრამების სტუდენტებისთვის.

სახელმძღვანელოში გადმოცემული მასალით აგრეთვე შეუძლიათ ისარგებლონ დამპროექტებელმა/ინჟინრებმა ლითონის კონსტრუქციული ელემენტების დაპროექტების/კონკრეტული სამშენებლო ამოცანის გადაჭრის დროს.

გადაეცა წარმოებას 14.05.2008. ხელმოწერილია დასაბუჯდად 17.09.2008. ქალაქის ზომა 60X84 1/8. გარნიტურა AcadNusx. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 9,25. ტირაჟი 100 ეგ.ზ.

საგამომცემლო სახლი "ტექნიკური უნივერსიტეტი",
თბილისი, კოსტავას 77



© საგამომცემლო სახლი "ტექნიკური უნივერსიტეტი", 2008
ISBN 978-9941-14-147-8
<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>

წველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამოცემლის წარღობითი ნებაართვის გარეშე.
საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

შესავალი	5
თავი I	11
საფშენებლო კონსტრუქციების დასაფზადებლად ბაფრფენებული ლითონების ფმადგენლობისა და მიღების წესების შესახებ	
<i>ფოლადის შესახებ . . .</i>	11
თავი II	14
საფშენებლო ფოლადები – მათი ფმადგენლობა და კირიტადი თვისებები	
<i>ძირითადი თვისებები</i>	19
თავი III	23
სორტამენტი	
თავი IV	28
ლითონის კონსტრუქციათა ელემენტების გაანბარიფების საფუძვლები	
<i>კონსტრუქციათა ზღვრული მდგომარეობების შესახებ</i>	28
<i>ცენტრალურად გაჭიმული კონსტრუქციული ელემენტები</i>	30
<i>ცენტრალურად შეკუმშული კონსტრუქციული ელემენტები</i>	31.
<i>ღუნვადი კონსტრუქციული ელემენტები</i>	33
<i>ექსცენტრულად გაჭიმული/შეკუმშული ელემენტები</i>	37
თავი V	40
ფმართებათა დაპროექტება. ფაღვრებით ფმართება	
<i>შედღებით შეერთებათა, სახეობები და მათი გაანბარიფება</i>	42
თავი VI	49
ჯანჯიკებით ფმართება	
<i>ჭანჯიკების შეერთების გაანბარიფება</i>	50
<i>ჭანჯიკებით შეერთების გაანბარიფება (მაგალითი)</i>	53
თავი VII	57
ლითონის კოჯები. დაპროექტების საფუძვლები	
<i>გაგლინური კოჯების განიექვეთის შერჩევა</i>	58
<i>შედგენილი კოჯების განიექვეთის შერჩევა</i>	59

შედგენილი კოჭების პირაპირები და კავშირები	67
თავი VIII	71
კოხოვანი უჯრედის შმსახე	
<i>კოჭოვანი უჯრედის ელემენტების გაანგარიშება</i>	73
<i>I. ფენილის კოჭის გაანგარიშება</i>	73
<i>II. შედგენილი კოჭის გაანგარიშება</i>	75
<i>III. კოჭის კედლის ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება</i>	77
თავი IX	80
ლითონის კოლონები. კონსტრუქციული ბადაუხვემტები. შმმაღმენელი ელემენტები	
<i>ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე მთლიანკედლიანი კოლონები</i>	81
<i>ცენტრალური კუმშვაზე მომუშავე გამჭოლკედლიანი კოლონები</i>	86
<i>არაცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე კოლონები</i>	93
<i>კოლონათა ბა ზები</i>	99
<i>კოლონების სათავეები და პირაპირები</i>	103
თავი X	105
ვაშვამი. ვაშვამის კონსტრუქცია	
<i>წამწების კონსტრუქციული სქემების შესახებ.</i>	109
<i>წამწების გაანგარიშებისა და კონსტრუქციების შესახებ</i>	113
<i>წამწის ღეროებში ძაღვების განსაზღვრა</i>	114
<i>წამწის გაჭიმული ელემენტების გაანგარიშება.</i>	115
<i>წამწის შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშება.</i>	115
<i>წამწების კვანძების კონსტრუქციების შესახებ.</i>	119
თავი XI	131
პროსტრუქციული შმნობები ლითონის მზიმი კარკასით	
<i>საერთო დახასიათება</i>	131
<i>დატვირთვის განსაზღვრა ლითონის განივ ჩარჩოზე</i>	138
ნახაზების ნუსხა	144
ხურათების ნუსხა	147
ცხრილების ნუსხა	148

სასწავლო კურსის „ლითონის კონსტრუქციები“ სწავლების მიზანია, სტუდენტი დაეუფლოს შენობა-ნაგებობის ლითონის კონსტრუქციული ელემენტების/სისტემების გაანგარიშებასა და კონსტრუირებას იმ დონეზე, რომელიც უზრუნველყოფს ასათვისებელი საგანმანათლებლო პროგრამით დაგეგმილი სწავლების შედეგების შესაბამის ნაწილში რეალიზაციას. შესაბამისად, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, წარმოდგენილ კურსში შეისწავლება ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციები.

იმ საჭირო ქმედებათა ერთობლიობით, რომელთაც შენობა/ნაგებობა უნდა მოყვანოს საბოლოო/საექსპლუატაციო სახემდგ. კონსტრუქციული ელემენტების/მთლიანად სისტემის გაანგარიშება-კონსტრუირება ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ეტაპია. წარმოდგენილ კურსში შეისწავლება სწორედ აღნიშნული ორი პროცედურა ლითონის კონსტრუქციებთან მიმართებაში.

შენობა-ნაგებობები, რომლისთვისაც მზიდი კონსტრუქციული სისტემა ლითონშია არის გადაწყვეტილი, უმეტეს შემთხვევაში წამოდგენს:

- ერთსართულია ერთმალთან/მრავალმალთან სამრეწველო შენობას;
- მრავალსართულიან სამრეწველო შენობას;
- მალღივ/მრავალსართულიან შენობას;
- დიდმალთან შენობებს/გადახურვებს;
- საავტომობილო და სარკინიგზო ხიდებს, ესტაკადებს;
- მალღივ ნაგებობებს – ანძებს, კოშკებს, ელექტროგადამცემი ხაზების საყრდენებს და ა.შ.;
- ფურცლოვანი ლითონის თხელკაფელიანი ფირფიტებისაგან/გარსებისაგან შედგენილ სივრცულ კონსტრუქციებს – რეზერუარებს, გაზოლდერებს, ბუნკერებს, სილოსებს, დიდი დიამეტრის მილსადენებს.

ლითონის კონსტრუქციები აგრეთვე გვხვდება როგორც ნაგებობის მექანიკური აღჭურვის უმნიშვნელოვანესი ელემენტი – პიდროტექნიკურ ნაგებობათა საკეტები, რაბები და ა.შ.

მოყვანილი ჩამონათვალი ნათლად ასახავს ლითონის კონსტრუქციების ადგილსა და მნიშვნელობას სამშენებლო საქმეში. ნებისმიერ სახის შენობა/ნაგებობა ზოგადად უნდა აკმაყოფილებდეს ფუნქციონალურ, ტექნიკურ, არქიტექტურულ-მხატვრულ, ეკონომიკურ და სხვა სახის მოთხოვნებს. აღნიშნული მოთხოვნების შესწავლა არ წარმოდგენს ლითონის კონსტრუქციების, ისევე როგორც სამშენებლო კონსტრუქციების, წარმოდგენილი კურსის საგანს. ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციებმა, როგორც შენობა/ნაგებობათა მზიდმა კონსტრუქციულმა სისტემამ/ელემენტებმა, არსებულ მოთხოვნებთან (ტექნიკური) მიმართებაში უნდა უზრუნველყონ შენობა/ნაგებობათა საიმედოობა – მზიდი კონსტრუქციული სისტემის/ელემენტის თვისება შეინარჩუნოს მისი საექსპლუატაციო მახასიათებლები შენობა/ნაგებობათა ფუნქციონირების მთელი პერიოდის განმავლობაში. მოცემულ შემთხვევაში კონსტრუქციული სისტემის/ელემენტის მუშაობის საიმედოდ ჩათვლის მთავარი მაჩვენებელია მისი (შენობა/ნაგებობის) მუსაფრთხო/უაგარიო მუშაობა ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში.

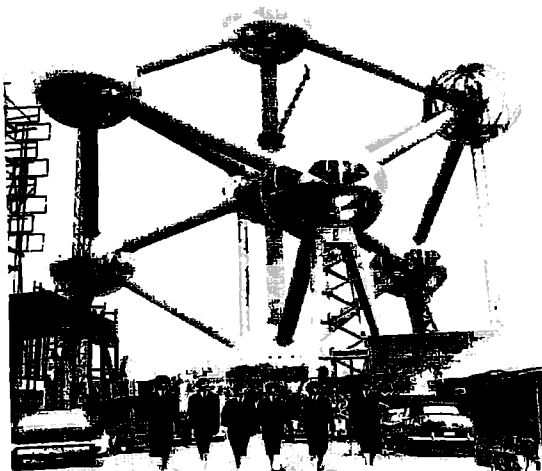


სურ. 1 ანტვერპენი. რკინიგზის სადგური. გადახურვა ლითონის მზიდი
ელემენტებით



სურ. 2 ანტვერპენი. რკინიგზის სადგური. ფასადი – შეესება ლითონის მზიდი
ელემენტებითა და მინით

კონსტრუქციული სისტემის/ელემენტის საიმედოობა გამოვლინდება მათ სიმტკიცეში, სიხისტეში და მდგრადობაში. სისტემის/ელემენტის სიმტკიცეში სოკადად მოქიანრებთ მის ურღვევობას, სიხისტე მოიანრება, როგორც წინააღმდეგობა დასაშვებზე მეტი დეფორმაციების მიმართ, ხოლო მდგრადობა განიხილება, როგორც კონსტრუქციული სისტემის/ელემენტის ფორმის შენარჩუნება. სწორედ აღნიშნული მახასიათებლები (სიმტკიცე, სიხისტე, მდგრადობა) უსრუნველყოფის გარანტიას წარმოადგენს ზემოხსენებულ გაანგარიშება-კონსტრუირების პროცედურა - წარმოდგენილი კურსის შესწავლის მთავარი საგანი - ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციები ხასიათდება რიგი დადებითი და უარყოფითი თვისებებით, რომელთა ცოდნა და კონსტრუქციული სისტემის/ელემენტის გაანგარიშება - კონსტრუირებისას მათი სამუშაო გარემოს და პირობების შერჩევისას სათანადო გათვალისწინება მიგვიყვანს კონსტრუქციული სისტემის/ელემენტის ოპტიმალურ გადაწყვეტასთან.



სურ. 3 ბრიუსელი. ატომიუმი. მშენებლობის პროცესი

დადებით თვისებებს მივაკუთვნებთ:

საიმედოობას - განპირობებულია ლითონის მექანიკური თვისებებით, მისი სტრუქტურის ერთგვაროვნებითა და იზოტროპულობით. აღნიშნული მახასიათებლები სრულ შესაბამისობაშია გაანგარიშების თეორიული საფუძვლების შემნელ პიპოთეზებთან. ამდენად, აღნიშნულის საფუძველზე ჩატარებული გაანგარიშება საკმარისი სიზუსტით ასახავს ლითონის რეალურ მუშაობას.

სიმსუბუქეს - განაპირობებს ლითონის მაღალი სიმტკიცე. აღნიშნული მახასიათებელი გაგებული უნდა იქნეს არა პირდაპირი „ყოფითი“ მნიშვნელობით, არამედ როგორც მისი თვისება, გამოსახული რაოდენობრივად. მაგალითად,

როგორც საანგარიშო წინაღობა წინაღობის R , [კნ/სმ²] ფარდობა კუთრ წონასთან γ [კნ/სმ³]

$$c = R_s / \gamma \text{ [სმ]}$$

ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა ლითონისათვის რამდენჯერმე აღემატება სხვა სამშენებლო მასალისათვის (ბეტონი, აგური, ხე) მიღებულ მნიშვნელობას ეს კი ნიშნავს, რომ შედარებით მცირე განივკვეთის მქონე ლითონის კონსტრუქციულ ელემენტს შეუძლია მნიშვნელოვანი დატვირთვის აღება.

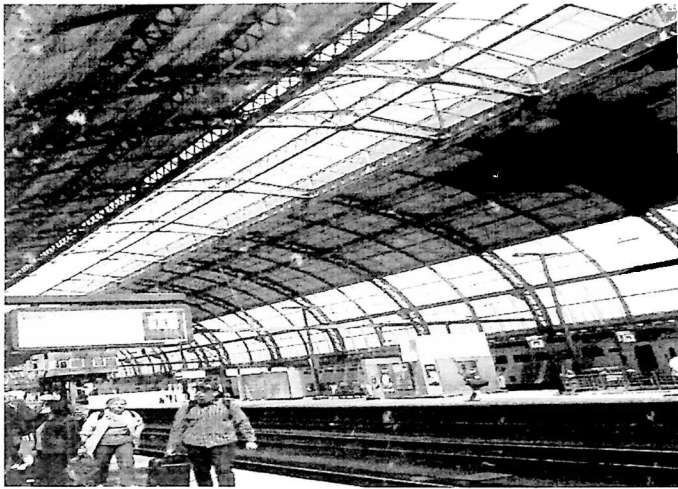
წყალ/აირშუქვადობა – განაპირობებს ლითონის მაღალი სიმკვრივე. აღნიშნული თვისება წარმოადგენს ლითონის ფურცლოვანი კონსტრუქციების მასიური გამოყენების აუცილებელ პირობას.

კონსტრუქციათა საწარმოო დამზადებას – განაპირობებს ლითონის კონსტრუქციათა შეწყობილობა სპეციალური დანადგარებით/ავტომატური ხაზებით აღჭურვილ საწარმოებში დამზადებასთან. აღნიშნული უზრუნველყოფს დამზადების

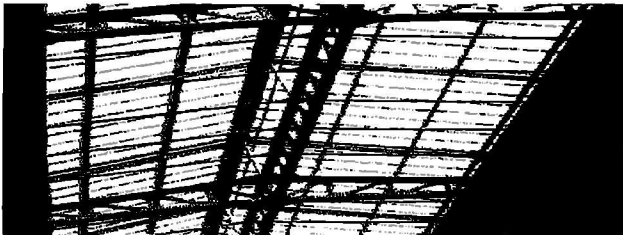


სურ. 4 ბრიუსელი. ლითონის მზიდი კონსტრუქცია

მაღალ სიზუსტეს, ხარისხსა და სისწრაფეს, შესაბამის დონემდე ამცირებს ხელით შრომასა და კონსტრუქციის თვითღირებულებას, შესაძლებლობას იძლევა მათი



სურ. 5 ამსტერდამი. რკინიგზის სადგური. გადახურვა ლითონის მზიდი ელემენტებით



სურ. 6 ამსტერდამი. რკინიგზის სადგური. გადახურვა ლითონის მზიდი ელემენტებით. ფრაგმენტი

მონტაჟი განახორციელოს თანამედროვე, მაღალი მწარმოებლობის მქონე ტექნიკური საშუალებებით.

აგრეთვე უნდა აღინიშნოს, რომ ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციებისათვის შედარებით მარტივია გაძლიერებისა და რეკონსტრუქციის პროცედურები, მათი ექსპლუატაციის ვადის ამოწურვის/შეწყვეტის შემთხვევაში კი საშუალება რჩება სხვადასხვა სახით მათი მეორადი გამოყენებისა.

უარყოფით თვისებებს მიეკუთვნებთ:

- ხუსტ კოროზიამდევლობას – განაპირობებს კონტაქტი აგრესიულ გარემოსთან (ტენი, სხედასხვა სახის აირი, მტვერი, მარილები და სხვა). იმ შემთხვევაში, თუ ასეთ გარემოში მოხვედრილი ლითონი სათანადო სახით დაცული არ არის, იწყება მისი კოროზირების (დაჟანგვის) პროცესი, რასაც საბოლოოდ მიუყვართ კონსტრუქციის/ელემენტის რღვევასთან. აღნიშნული პროცესის თავიდან აცილების მიზნით გამოიყენება ლითონის ზედაპირის დაფარვა საღებავით, ლაკით, ეპოქსიდური ფისით, მოთუთიება, მაღლგირებული დანამატების შეყვანა. აგრეთვე მნიშვნელოვანი ელემენტების და კვანძების/შვერთების კონსტრუქციული ფორმა – არ უნდა ხდებოდეს ზედაპირზე ტენისა და ჭუჭყის დაგროვება, ზედაპირის ყველა უბანი ადეილად მისადგომი უნდა იყოს გაწმენდისა და შეღებვისათვის.
- ხუსტ ცვცხლმდევლობას – მის წარმოჩენას განაპირობებს ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციების სიმტკიცის (მზიდუნარიანობის) შემცირება მაღალი ტემპერატურის გავლენით (მაგალითად, სამშენებლო ფოლადი 200°C-მდე გახურების შედეგად იწყება მისი დრეკადობის მოდულის შემცირება, 400°C-ზე ის კარგავს მზიდუნარიანობას, 600°C-ზე კი ის პლასტიურ მდგომარეობაში გადადის). ამდენად მაღალი ტემპერატურის ზონებში ექსპლუატირებადი ლითონის კონსტრუქციებისათვის/ელემენტებისათვის აუცილებელი ხდება მათი დაფარვა ცვცხლმდევით თბოსაიზოლაციო მასალათ.

საფუნებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად გამოყენებული ლითონების შემადგენლობისა და მიღების წესების შესახებ

ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად იყენებენ სხვადასხვა მარკის სამშენებლო ფოლადებს (ძირითადად გაგლინული, იშვიათად სხმული სახით, ასევე აღუშინის შენადნობებს გამოყენების შედარებით შეზღუდულ და სპეციფიურ არეალში, იშვიათად თუჯს – იმასაც მხოლოდ კოჭებისა და წამწვების საყრდენ ბალიშებზე და მცირე სიმაღლის ცენტრულ მკუშზე დატვირთვაზე მომუშავე კოლონებზე. ამრიგად ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციების ძირითად მასალას წარმოადგენს ფოლადი. უფრო მეტიც წარმოდგენილ სასწავლო კურსს მისი ჩამოყალიბებისა და შემდგომი განვითარების ხანგრძლივი ეტაპის განმავლობაში „ფოლადის კონსტრუქციები“ ეწოდებოდა. ძირითადად ასეთი ან მსგავსი სახელწოდებებით („Steel Construction“, „Structural Design of Steel“, „Steel and Concrete Design“ და ა.შ.) ისწავლება ანალოგიური კურსები განვითარებული ქვეყნების ტექნიკური პროფილის უნივერსიტეტებში. ამრიგად, ვინარჩუნებთ რა სასწავლო კურსის ჩვენთან დამკვიდრებულ სახელწოდებას, „ლითონის კონსტრუქციები“, მუდმივად გეახსოვს, რომ ეგულისხმობთ ძირითადად ფოლადს, ხოლო სპეციალურად აღნიშნის/მითითების შემთხვევაში შესაბამისად აღუშინს ან თუჯს.

ფოლადის შესახებ გამომდინარე ამ მასალის მნიშვნელობიდან სამშენებლო პრაქტიკაში, აუცილებელია ყველა მშენებელმა იცოდეს სამშენებლო საქმეში ფოლადის დამკვიდრების, მისი საწარმოო მიღების ტექნოლოგიის ზოგადი სქემის შესახებ. აღნიშნული ასევე აუცილებელია წარმოდგენილი კურსის სათანადო დონეზე ასათვისებლად.

ლითონი ყველაზე მეტად ძველ და გავრცელებულ საშენ მასალას წარმოადგენს. ადრეული ცივილიზაციები 6000 წლის წინ მეტეორიტში აღმოჩენილ რკინის მადანს უკვე გამოიყენებდნენ ხელსაწყოების დასამზადებლად. რკინის გამოსადნობი პირველი დუმილი გამოჩნდა დაახლოებით 1400 წელს ჩვენს ერამდე. ეს იყო ძალიან მარტივი მრგვალი ფორმის დუმილი რომელშიც რკინის მადანი ხის ნახშირთან ერთად ცხელდებოდა მაღალ ტემპერატურაზე. მეორადი გახურებითა და უროთი დამუშავებით რკინის ხელოსნებს შეეძლოთ მისთვის მაუნე მინარევების მოცილებლა და სიმტკიცის გაზრდა. ეს უკანასკნელი მიიღწეოდა მაღალი ხარისხის რკინის ძლიერი გაცხელებით და მისთვის სხვა ლითონური ელემენტების დამატებით.

ძალიან მცირე რაოდენობით, თერმულად დაუმუშავებელი ფოლადი მზადდებოდა აღმოსავლეთ აფრიკისა და ინდოეთში უკვე 300 წლისათვის ჩვენს ერამდე. ევროპელებმა და ჩინელებმა ფოლადის წარმოების პროცედურა აღმოაჩინეს რამდენიმე ასეული წლით გვიან.

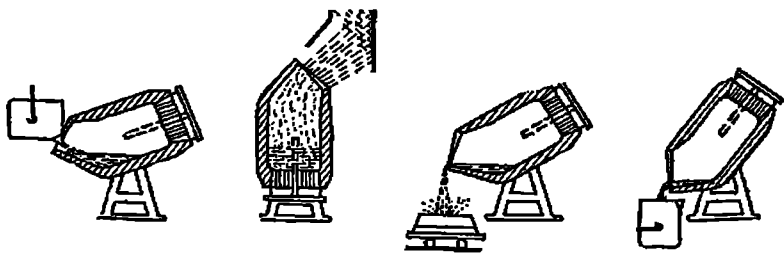
ინდუსტრიულ რევოლუციას ჰქონდა არსებითი გავლენა ფოლადზე მოთხოვნილების წარმოშევაში მანქანათმშენებლობისთვის, რკინიგზების მშენებლობისათვის და სხვა უფრო მეტად ამბიციური ინდუსტრიული პროექტების განხორციელებისათვის. 1855 წელს ჰენრი ბესემერმა აიღო პატენტი მეთოდზე, რომლის მიხედვითაც თუჯი ხდებოდა ჭედვადი და დამუშავი, გამდნარ ლითონში ნახშირბადის შემცველობის შესამცირებლად ჰაერის შეყვანის გზით. ჰენრი

ბესემერის მიერ ფოლადის წარმოების პროცესის დაპატენტება არის კლასიკური მაგალითი მილიტარისტული მიზნების გაკლენისა ტექნოლოგიების განვითარებაზე. ეიზიმის ომის დროს ბესემერმა გამოიგონა ახალი ტიპის საარტილერიო ჭურვი. მისი გამოყენების მცდელობებმა აჩვენა რომ იმ დროს არსებული, თუჯის საარტილერიო დანადგარები ვერ უძლებდა გაცილებით ძლიერი ჭურვისაგან აღძრულ დატვირთვებს. ეს გახდა მიზეზი იმისა, რამაც აიძულა მენრი ბესემერი, ესრუნა ფოლადის მიღების პროცედურის დამუშავებაზე. მის მიერ შემოთავაზებული მეთოდი დღესაც რჩება თანამედროვე ფოლადების მიღების პროცედურის საფუძველად. ამ ძალიან მოკლე ისტორიული მიმოხილვის შემდეგ, აგრეთვე მოკლედ სამშენებლო ფოლადის მიღების თანამედროვე პროცედურების შესახებ

ამრიგად, რკინის მადნის პირველადი გადამუშავებით მიღებული პროდუქტი არის თუჯი - რკინის შენადნობი ნახშირბადთან ამ უკანასკნელის შემცველობის ფიქსირებული პროცენტული ზღვრებით. ის იწარმოება ბრამპლებში დნობის ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე კოქსისა და კირის დამატებით. გამდნარი თუჯი გროვდება ღუმელის ფსკერზე, საიდანაც ხდება მისი გამოშვება სპეციალურ ბოყებში. მსხვილმარცვლოვანი 4%-იანი, ნახშირბადის შემცველობის რუხი თუჯი გამოიყენება სხმულებსათვის, წერილმარცვლოვანი თეთრი თუჯიდან კი იწარმოება ფოლადი.

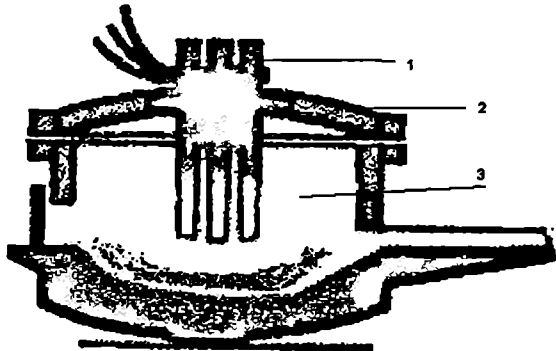
თანამედროვე მეტალურგიაში, თუჯისაგან სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად საჭირო ფოლადის მისაღებად ძირითადად გამოიყენება ორი მეთოდი: გამოდნობა ჟანგბადის ღუმელებში - კონვერტორებში (BOS. Basic Oxygen Furnace) და გამოდნობა ელექტროკალურ ღუმელებში (EAF. Electronic Arc Furnace).

BOS მეთოდოლოგიით ფოლადის მისაღებად საჭირო ძირითადი ნედლეულია თუჯი ბრამპლიდან და ფოლადის ჯართი. თანამედროვე კონვერტორებში იტვირთება/შეიძლება გადამუშავდეს 350 ტ-მდე ნედლეული. წყლით გაცივებული ჟანგბადის მიმართული ნაკადი მიეწოდება კონვერტორში და ხდება ლითონის განქარვა მაღალი წნევის ქვეშ. შედეგად კაზმში ხდება ნახშირბადისა და სხვა არასაჭირო მინარევების დაწვა. პროცესის ტემპერატურის კონტროლი ხდება დამატებული ჯართის რაოდენობით. ნახშირბადი განიდევენება კონვერტორიდან როგორც გაზი, რომლის ხელმეორედ გადამუშავების შემთხვევაში, ის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც საწვავი. ცხელი ლითონის, ჯართის, კირის და სხვა დანამატების რაოდენობა დნობის პროცესში კონტროლირდება საჭირო ტემპერატურისა და შემადგენლობის უზრუნველყოფის მიზნით. პროცესის დასრულების შემდეგ ფოლადი გამოიყენება სპეციალურ ციცხვებში.



ნახ. 1 ფოლადის მიღება კონვერტორული მეთოდით

EAF მეთოდოლოგიით ფოლადის მისაღებად საჭირო ძირითადი ნედლეულია ფოლადის ჯართი. თავდაპირველად აღნიშნული წესი გამოიყენებოდა მხოლოდ მაღალხარისხოვანი ფოლადის მისაღებად, დღესდღეობით კი უკვე გამოიყენება სხვა ფართოდ გამოყენებადი ფოლადების მისაღებად ისეთების როგორებიც არის სხედასხვა ხარისხით ლეგირებული და უჟანგაი ფოლადები. თანამედროვე ელექტრორკალურ ღუმელებში იტვირთება/შემიღება გადამუშავდეს 150 ტ-მდე ნედლეული. ღუმელი წარმოადგენს წრიულ ავსს მოძრავი თავსახურითა და მასში ჩაშვებული სამი გრაფიტის ელექტროდით. სპეციალური ამწით ნედლეულის ჩატვირთვის შემდეგ, ავსის სახურავი იკეტება და მასში ხდება ელექტროდების ჩაშვება. მძლავრი ელექტროდების გაშვებით წარმოიქმნება ელექტრული რკალი და იწყება დნობის პროცესი. კირსა და ფლიორიტზე დამატებით ხდება ჟანგბადით შებერვა. შედეგად მიიღწევიან ლითონში შეერთებით წარმოქმნიან თხევად წიფას. ხდება ნიმუშების აღება და შემოწმება შემადგენლობაზე. საჭირო შემადგენლობისა და ტემპერატურის მიღების შემდეგ ხდება მისი გაყვანა ციცხებში რომლის დროსაც წარმოებს საჭირო მაღლეიტეელი დანამატების შერევა.



ნახ. 2 ელექტრორკალური ღუმელი:

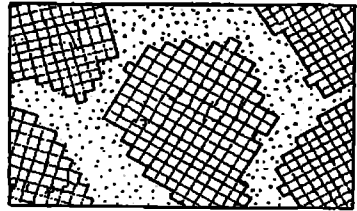
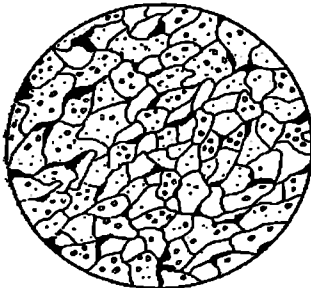
1 - გრაფიტის ელექტროდი; 2 - თავსახური; 3 - ავსი

მას შემდეგ, რაც ფოლადი გადადის ციცხებში, მიუხედავად გამოდნობის წესისა (BOS, EAF), იწყება დამატებითი დამუშავება, დამოკიდებული იმაზე, თუ რა თვისებების ფოლადი მოითხოვება. აღნიშნული გამოუზოგბესებელი პროცედურები ცნობილია, როგორც ფოლადის მეორადი წარმოება და მოიცავს ციცხებში მოთავსებულ მასაზე არგონით, ფხენილით ზემოქმედებას, მათ ვაკუუმურ დეგაზაციას, ციცხების ელექტრორკალურ გახურებას ან ყველას ერთად. აღნიშნული პროცედურები აუმჯობესებენ ფოლადის ხარისხს, აცილებენ არასაჭირო გაზებს, ისეთებს როგორც არის მაგალითად წყალბადი, ამცირებენ ძალიან დაბალ დონემდე მასში გოგირდის შემცველობას.

ეს არის ზოგადად გადმოცემული ის შინაშეში, მშენებლისათვის რომლის ცოდნის აუცილებლობაზე ზემოთ (იხ. გვ. 11) ავლიშნავდით. როგორც ზემოთ აღწერილი პროცესები ასევე მისი მომდევნო

ფოლადი წარმოადგენს რკინისა და ნახშირბადის შენადნობს მისი თვისებების გასაუმჯობესებელი მალეგირებელი დანამატებით, აგრეთვე მინარევების უმნიშვნელო რაოდენობით, რომელიც ფოლადის სტრუქტურაში ხვდება ან გამოდნობის პროცესში წარმოიქმნება.

სუფთა რკინა ფერიტის მარცვლების/კრისტალების სახით უზრუნველყოფს ფოლადის მაღალ პლასტიკურობას, ნახშირბადის რკინასთან ნაერთი - ცემენტის (Fe_3C) კი მის მაღალ სიმტკიცეს. ნახშირბადის შემცველობა რაც მეტია, მით მაღალია ფოლადის სიმტკიცე და ნაკლებია პლასტიკურობა. ამიტომ სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად გამოყენებულ ფოლადებში, რომელთა მუშაობის პირობები ძირითადად მოითხოვს პლასტიკურობის მაღალ მანევრებელს, ნახშირბადის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 0.22%. (აღნიშნული წარმოადგენს წონით პროცენტს). ასეთ ფოლადებს უწოდებენ მცირედ ნახშირბადოვანს და მათში ნახშირბადის შემცველობა არის 0.14%-დან 0.22%-მდე.



ნახ. 3 მცირედნახშირბადოვანი ფოლადის მიკროსტრუქტურა

ფერიტისა და ცემენტის გარდა ფოლადებში არის კიდევ ერთი სტრუქტურული მდგენელი - პერლიტი, რომელიც წარმოადგენს ცემენტის ფერიტთან ნარევს. ფოლადის მახასიათებლების გასაუმჯობესებლად/განსაზღვრული პირობებისთვის საჭირო თვისებების მისაღებად მალეგირებელი დანამატების სახით გამოყენებული ძირითადი ქიმიური ელემენტებია:

კრემნიუმი - ამაღლებს ფოლადის სიმტკიცეს, მაგრამ რამდენადმე აუარესებს მის შედუღებადობასა და კოროზიამდევობას; ჩვეულებრივ მისი შემცველობა არის არაუმეტეს 1%-სა;

მარგანეცი - ამილღებს ფოლადის სიმტკიცეს, ამასთან უმნიშვნელოდ ამცირებს მის პლასტიკურობას; ჩვეულებრივ მისი შეცველობა არის არა უმეტეს 1,5%-სა;

სპილენძი - ამილღებს ფოლადის კოროზიამედეგობას და რამდენადმე სიმტკიცეს; ფოლადის მექანიკურ თვისებებს მნიშვნელოვნად ცვლის უკეთესობისაკენ ისეთი მალეგირებელი დანამატები, როგორებიც არის: ალუმინი, ქრომი, ნიკელი, ვანადიუმი, ვოლფრამი და ა.შ.

ფოლადები შეიცავენ აგრეთვე მკენე მინარეკებსაც. მათგან ძირითადად შეიძლება აღენიშნოთ გოვირდი, ფოსფორი, აზოტი და ჟანგბადი. სხვადასხვა ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში ისინი ძირითადად იწვევენ ფოლადის გამყვანებას, ამცირებენ პლასტიკურობას, ზრდიან ფოლადის მიდრეკილებას შედუღებისას ბზარების წარმოქმნას. სიმტკიცის მიხედვით ფოლადები სამ ძირითად ჯგუფად იყოფა:

- ჩვეულებრივი სიმტკიცის ($\sigma, < 29 \text{ კნ/სმ}^2$)
- მომეტებული სიმტკიცის ($29 \text{ კნ/სმ}^2 \leq \sigma, < 40 \text{ კნ/სმ}^2$)
- მაღალი სიმტკიცის ($\sigma, \geq 40 \text{ კნ/სმ}^2$)

ფოლადის აღნიშვნისათვის ძირითადად გამოიყენებენ ასო-ციფრულ ნიშნებს. ქვემოთ მოცემულია სხენებული ასო-ციფრული აღნიშვნების ნიმუშები რუსეთისა და ერთ-ერთი ევროპული ქვეყნის (დიდი ბრიტანეთი) მაგალითზე.

პირველ შემთხვევაში სამშენებლო ფოლადები აღინიშნება რუსული ასო С-ით და მისი მომდევნო ციფრით, რომელიც შეესაბამება მასალის (ფოლადის) დენადობის ზღვარს σ_s -ს გამოსახულს მპა-ში. მაგალითად ჩვეულებრივი სიმტკიცის ფოლადები -

C235, C245, C255, C275, C285, წარმოადგენენ მცირედნახშირბადოვან ფოლადებს მარკათ C_γ (ГОСТ 27772-88), რომლებიც გაჟანგვის ხარისხის შესაბამისად (დაკავშირებულია დამზადების ტექნოლოგიასთან) შეიძლება იყოს: მდულარე (ინდექსი kn), ნახევრადმშვიდი (nc) და მშვიდი (cn).

მომეტებული სიმტკიცის ფოლადები C345, C345K (K ქიმიური შემადგენლობის ვარიანტი), C345T (T თერმულად გაუმჯობესებული ვარიანტი), C375, C375K, C375T.

მაღალი სიმტკიცის ფოლადები - C390, C390T, C390K, C440, C590, C590K.

ფოლადის სიმტკიცის გაზრდა შესაძლებელია ფოლადის ღეგირებით, აგრეთვე მისი სხვადასხვა სახის თერმული დამუშავებით.

მომეტებული და მაღალი სიმტკიცის მცირედლეგირებული ფოლადებისათვის არსებობს ასო-ციფრული აღნიშვნის სხვა სისტემა (ГОСТ 4543-7-1 აღნიშნული სისტემა არ შეეხება სამშენებლო კონსტრუქციებს), რომლის მიხედვითაც ასო-ციფრული აღნიშვნის პირველი ციფრი/ციფრები წარმოადგენს ფოლადში ნახშირბადის შემცველობას, გამოსახულს პროცენტის მუასედებში, ასოები მალეგირებელი დანამატების აღნიშვნელია, ციფრები ასოების შემდეგ აღნიშნული დანამატების შემცველობის ზღვრული რაოდენობა; თუ ასოს შემდეგ არ მოსდევს ციფრი, მაშინ აღნიშნული დანამატის შემცველობა არ აღემატება 1%-ს. მაგალითად 15XCHD - ნახშირბადი 0.15%, ქრომი (X), კრემნიუმი (C), ნიკელი (H) და სპილენძი (D) - არა უმეტეს 1 %-სა;

14Г2 - ნახშირბადი 0.14%, მანგანუმი (Г) - 2 %-მდე.

ეს რაც შეეხებოდა რუსეთსა და CHG -ს ქვეყნებში დამკვეთებულ/მოქმედ ასოციურულ აღნიშვნებს, როგორც შემოთ აღნიშნავდით განხილული გვექნებოდა აგრეთვე აღნიშვნების სისტემა ერთ-ერთი ევროპული ქვეყნისათვის, შესაბამისად ქვემოთ მოცემულია ასო-ციფრული აღნიშვნების ნიმუშები ერთ-ერთი ევროპული ქვეყნისათვის (დიდი ბრიტანეთი).

სამშენებლო მიზნებისათვის ამჟამად გამოყენებული ყველა სახის ფოლადი უნდა მზადდებოდეს ევროპული სტანდარტების (EN) შესაბამისად. აღნიშნული სტანდარტები გამოიცა დიდ ბრიტანეთში BSI-ის მიერ, მცირე შესვლით, ადგილობრივი პირობების შესაბამისად სტანდარტებში საჭირო მოდიფიკაციების დაშვების შესაძლებლობის შესახებ და შესაბამისად ნომრის წინ აქვს აღნიშვნა

ნორმატიული და საანგარიშო წინაღობები გაჭიმვისას, კუმშვისას და ღუნვისას ფურცლოვანი, უნივერსალური ფართოზოლიანი და ფასონური ნაგლისისთვის ГОСТ 27772-82-ის მიხედვით შენობა-ნაგებობათა ფოლადის კონსტრუქციებისათვის

ფოლადი	ნაგლისის სისქე მმ	ნაგლისის ნორმატიული წინაღობა მპა, (კგ/მმ ²)				ნაგლისის საანგარიშო წინაღობა მპა, (კგ/მმ ²)			
		ფურცლოვანი, ფართოზოლიანი უნივერსალური		ფასონური		ფურცლოვანი, ფართოზოლიანი უნივერსალური		ფასონური	
		R_m	R_m	R_m	R_m	R_y	R_y	R_y	R_y
C235	2-დან 20-მდე	235 (24)	360 (37) 360 (37)	235 (24)	360 (37)	230 (2350)	350 (3600)	230 (2350)	350 (3600)
	Св. 20 40-მდე	225 (23)	360 (37) 360 (37)	225 (23)	360 (37)	220 (2250)	350 (3600)	220 (2250)	350 (3600)
	Св. 40 100-მდე	215 (22)				210 (2150)	350 (3600)		
	Св. 100	195 (20)				190 (1950)	350 (3600)		
C245	2-დან 20-მდე	245 (25)	370 (38)	245 (25)	370 (38)	240 (2450)	360 (3700)	240 (2450)	360 (3700)
	Св. 20-დან 30-მდე			235 (24)	370 (38)			230 (2350)	360 (3700)
C255	2-დან 3,9-მდე	255 (26)	380 (39) 380 (39)			250 (2550)	370 (3800)		
	4-დან 10მდე	245 (25)	370 (38)	245 (26)	380 (39)	240 (2450)	370 (3800)	250 (2550)	370 (3800)
			370 (38)	245 (25)	370 (38)			240 (2450)	360 (3700)
	Св. 10 20-	245				240	360		

	მდე Cv. 20 40- მდე	(25) 235 (24)		235 (24)	370 (38)	(2450) 230 (2350)	(3700) 360 (3700)	230 (2350)	360 (3700)
C275	2-დან 10- მდე Cv. 10 20- მდე	275 (28) 265 (27)	380 (39) 370 (38)	275 (28) 275 (28)	390 (40) 380 (39)	270 (2750) 260 (2650)	370 (3800) 360 (3700)	270 (2750) 270 (2750)	380 (3900) 370 (3800)
C285	2-დან 3,9- მდე 4-დან 10მდე Cv. 10 20- მდე	285 (29) 275 (28) 265 (27)	390 (40) 390 (40) 380 (39)	285 (29) 275 (28)	400 (41) 390 (40)	280 (2850) 270 (2750) 260 (2650)	380 (3900) 380 (3900) 370 (3800)	280 (2850) 270 (2750)	390 (4000) 380 (3900)
C345	2-დან 10- მდე Cv. 10 20- მდე Cv. 20 40- მდე Cv. 40 60- მდე Cv. 60 80- მდე Cv. 80 160-მდე	345 (35) 325 (33) 305 (31) 285 (29) 275 (28) 265 (27)	490 (50) 470 (48) 460 (47) 450 (46) 440 (45) 430 (44)	345 (35) 325 (33) 305 (31)	490 (50) 470 (48) 460 (47)	335 (3400) 315 (3200) 300 (3050) 280 (2850) 270 (2750) 260 (2650)	480 (4900) 460 (4700) 450 (4600) 440 (4500) 430 (4400) 420 (4300)	335 (3400) 315 (3200) 300 (3050)	480 (4900) 460 (4700) 450 (4600)
C345K	4-დან 10მდე	345 (35)	470 (48)	345 (35)	470 (48)	335 (3400)	460 (4700)	335 (3400)	460 (4700)
C375	2-დან 10- მდე Cv. 10 20- მდე Cv. 20 40- მდე	375 (38) 355 (36) 335 (34)	510 (52) 490 (50) 480 (49)	375 (38) 355 (36) 335 (34)	510 (52) 490 (50) 480 (49)	365 (3700) 345 (3500) 325 (3300)	500 (5100) 480 (4900) 470 (4800)	365 (3700) 345 (3500) 325 (3300)	500 (5100) 480 (4900) 470 (4800)
C390	4-დან 50მდე	390 (40)	540 (55)			380 (3850)	530 (5400)		
C390K	4-დან 30მდე	390 (40)	540 (55)			380 (3850)	530 (5400)		
C440	4-დან	440	590 (60)			430	575	-	

	30მდე Cв. 30 50- მდე	(45) 410 (42)	570 (58)			(4400) 400 (4100)	(5850) 555 (5650)	-	-
C590	10-დან 36მდე	540 (55)	635 (65)			515 (5250)	605 (6150)		
C590K	16-დან 40მდე	540 (55)	635 (65)			515 (5250)	605 (6150)		

BSEN. ძირითადად ევროპული სტანდარტები ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციებისათვის შემდეგია: BSEN 10025 ევროპული სამშენებლო ფოლადის ნაწარმი BSEN 10210; BSEN 10219.

პირველად BSEN 10025 გამოცემა 1993 წელს, მისი მოდიფიცირებული ვარიანტი კი გამოვიდა 2003 წელს და ის მოიცავს სტანდარტს ყველა სახეობის ფოლადებისთვის რომლებიც გამოიყენება სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად. აღნიშნულ ჩამონათვალში აგრეთვე შედის წერილ ბოჭკოვანი მაღალი სიმტკიცის (TMR, Q&T) და გარემოს ზემოქმედების მიმართ მედეგი კლასის ფოლადები, რომლებიც ადრე მოცემული იყო BSEN 10113-სა და 10155-ში. BSEN 10210 და BSEN 10219 მოდიფიცირება მოხდა იმ მოთხოვნების შესაბამისად, რომლის მიხედვითაც იგივე პროცედურა შესრულდა BSEN 10025 –სთვის.

სამშენებლო ფოლადების ასო-ციფრული აღნიშვნის ევროპული სისტემა მოიცავს პრეფიქსს „S“ (Steel), რასაც მოსდევს სამინიშნა რიცხვი, რომელიც შეესაბამება დენადობის ზღვარს, [მაგალითად S275 (ნ/მ² ან მპა)] და სხვადასხვა ასოები და ციფრები რომლებიც აღნიშნავენ სხვადასხვა თვისებებს ან ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობას:

JR – დარტყმითი სიბლანტე. V-ებრი ჩანაჭერს მქონე ნიმუში. ტემპერატურა +20°C (R – ოთახის ტემპერატურა)

JO – დარტყმითი სიბლანტე. V-ებრი ჩანაჭერს მქონე ნიმუში. ტემპერატურა 0°C

J2 – დარტყმითი სიბლანტე. V-ებრი ჩანაჭერს მქონე ნიმუში. ტემპერატურა -20°C

H – ღრუ პროფილი

+ AR – მიწოდების პირობები, ნაგლინი.

+ N – მიწოდების პირობები. სტანდარტული

C – ციფი შტამპის შესაბამისი კლასი

Z – გაუმჯობესებული თვისებების შესაბამისი კლასი

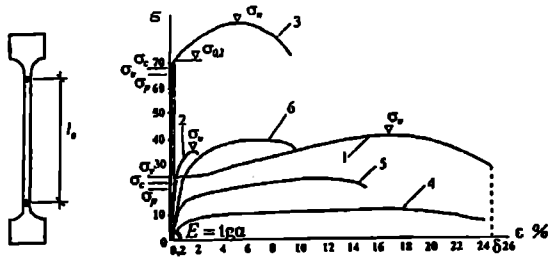
BSEN სტანდარტმა შეცვალა ბრიტანული სტანდარტი BS4360. ინჟინრებს/დამპროექტებლებს უფრო მეტად გათავისებული ჰქონდათ ძველი სტანდარტი. ამდენად შესაბამისობის ჩვენება აუცილებელია. აქვე აუცილებელია იმის ხაზგასმა, რომ ხსენებული შესაბამისობა არ არის მარტივი/პირდაპირი – მხოლოდ ძველი აღნიშვნის ახლით შეცვლა; განსხვავებულია მიღების პროცესი და თვისებები. ქვემოთ მოცემულია შენობა/ნაგებობათა კონსტრუქციებისათვის დიდ ბრიტანეთში დღეს გამოყენებაში მყოფი ფოლადის კლასების ძველი და ახალი სტანდარტების მონაცემთა შედარების ცხრილის ფრაგმენტი.

EN 10025-2 2003	BS 4360 1990
S 275	43A
S 275 JR	43B
S 275 JO	43C
S 275 J2	43D
S 355	50A
S 355 JR	50B
S 355 JO	50C
S 355 J2	50D
S 355 K2	50DD

ძირითადი თვისებები. ფოლადის ძირითადი თვისებები/მახასიათებლები რომელთაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს მშენებელი ინჟინრისათვის/დამპროექტებლისთვის შემდეგია:

- **სიმტკიცე** – განსაზღვრავს მის უნარს/თვისებას წინააღმდეგობა გაუწიოს ძალოვან ზემოქმედებებს;
- **დეფორმაციულობა** – განსაზღვრავს მის უნარს/თვისებას აღიდგინოს თავისი პირვანდელი/ დეფორმაციამდელი ფორმა დატვირთვის მოხსნის შემდეგ;
- **პლასტიკურობა** – განსაზღვრავს მის უნარს/თვისებას მიიღოს ნარჩენი დეფორმაციები;
- **მიდრეკილება მყოფე დაშლისაკენ/რღვევისაკენ** – განსაზღვრავს მის უნარს/თვისებას განიცადოს მყიფე/მყისიერი რღვევა/დაშლა მკვირვ დეფორმაციის დროს.

აღნიშნულ თვისებათაგან პირველი სამის მახასიათებლების განსაზღვრა ხდება სტანდარტული ზომის ნიმუშის გაჭიმვაზე გამოცდით. შესაბამისი დიაგრამა სხვადასხვა სიმტკიცის სამშენებლო ფოლადებისთვის მოცემულია ნახ. 4-ზე.



ნახ. 4. გასაჭიმო ნიმუში და გაჭიმვის დიაგრამა:

1-მცირედნახშირბადოვანი ფოლადი; 2-თუჯი; 3-მაღალი სიმტკიცის ფოლადი; 4, 5, 6-ალუმინი და მისი სხვადასხვა შენადნობები.

აბსცისთა ღერძზე გადაზომილია ფარდობითი წაგრძელება ε გამოსახული %-ში რომლის მნიშვნელობაც განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% \quad (11.1)$$

სადაც l_0 არის ნიმუშის საწყისი საკონტროლო სიგრძე. Δl —ეღვივების დაგრძელება საკონტროლო უბნის საზღვრებში. ორდინატთა ღერძზე გადაზომილია ძაბვის მნიშვნელობები:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (11.2)$$

სადაც F არის დატვირთვა, A ნიმუშის განიკვეთის ფართი l სიგრძის ზღვრებში სამშენებლო ფოლადის სიმტკიცის მთავარი მაჩასიათებლებია: დენადობის ზღვარი — σ_y , და სიმტკიცის ზღვარი (დროებითი წინაღობა) — σ_u . დენადობის ზღვარი σ_y წარმოადგენს ძაბვას, რომელსაც დატვირთვის მოხსნის შემდეგ შეესაბამება $\varepsilon = 0,2\%$ ნარჩენი ფარდობითი დაგრძელება. მასალათა გამძლეობის კურსიდან ცნობილია, რომ შედარებით რბილი ფოლადებისათვის ძაბვის აღნიშნულ მნიშვნელობებზე აღინიშნება დეფორმაციის ინტენსიური 'სრდა დატვირთვის/ძალის მუდმიუობის პირობებში — წარმოიქმნება ე.წ. დენადობის ბაქანი (ნახ. 4). ფოლადებისთვის რომლებსთვისაც დენადობის ბაქანი არ ფიქსირდება შემოღებულია $\sigma_{0.2}$ დენადობის პირობითი ზღვრის მნიშვნელობა.

სიმტკიცის ზღვარი (დროებითი წინაღობა) σ_u მასალის ზღვრული წინაღობის (ნიმუშზე ყულფის განენამდე) მახვენებელია, რომელიც ახასიათებს მის სიმტკიცეს და განისაზღვრება ნიმუშის საწყის განიკვეთზე მოხული პირობითი მრღვევა ძაბვის ყველაზე მაღალი მნიშვნელობით.

ყოყადაში წარმოქმნილი ციკლური (ნიშანცვლადი) ძაბვების პირობებში, ციკლების დიდი რაოდენობის შემთხვევაში რღვევა შესაძლებელია მოხდეს, როგორც დროებითი წინაღობის, ასევე დენადობის ზღვრის შესაბამის ძაბვებთან შედარებით ნაკლებ მნიშვნელობაზე. აღნიშნულ მოვლენას ლითონის

დავლილობას უწოდებენ და მის მიდრეკილებას დავლილობით რღვევაზე ეთბრაციული გამოცდებით აღგენენ.

ძირითადი მახასიათებლებით, რომლებითაც ფოლადის პლასტიკურობას განსაზღვრავენ არის ფარდობითი წაგრძელება. რღვევის წინა ეტაპზე ნიმუში წარმოიქმნება „ეულფი“, რომლის მიმდებარე სონაშიც კითარდება ადგილობრივი პლასტიკური დეფორმაციები. შესაბამისად ფარდობით წაგრძელება ნიმუშის გაგლეჯის შემდეგ წარმოადგენს ნიმუშის მთელ სიგრძეზე თანაბარ წაგრძელებათა σ , და „ეულფის“ სონაში ადგილობრივ წაგრძელებათა σ_{loc} ჯამს. რამდენადაც ეს უკანასკნელი ძალიან ბევრ შემთხვევით ფაქტორზე არის დამოკიდებული, პლასტიკურობის დასახსიათებლად უმეტესად მიმართავენ სიდიდეს, რომელიც წარმოადგენს ფარდობით შევიწროებას ნიმუშის გაგლეჯისას და განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\psi = \frac{(A - A_0)}{A}, \quad (II.3)$$

სადაც A არის ნიმუშის განიკვეთის ფართი მის გაგლეჯამდე, A_0 არის გაგლეჯის შემდეგ.

დრეკადობის მოდული $E = \sigma \alpha$ (ნახ.4) და დრეკადობის ზღვარი σ_c ახასიათებენ ფოლადის დრეკად თვისებებს. დრეკადობის ზღვარი შეესაბამება ძაბვის ისეთ მნიშვნელობას, რომლის გაქრობის შემდეგ ნაკეთობა მთლიანად აღიადგენს თავის პირუანდელ/საწყის ფორმას. პროპორციულობის ზღვარი σ_p რომელიც ნაკლებობით უმნიშვნელოდ განსხვავდება დრეკადობის ზღურისაგან, წარმოადგენს ძაბვის იმ მნიშვნელობას, რომლის მიღწევამდეც მასალა მუშაობს წრფივად ჰუკის კანონის შესაბამისად:

$$\sigma = E \varepsilon$$

აღნიშნული ძაბვების მნიშვნელობები დამოკიდებულია მათი განსაზღვრის სიზუსტეზე. მიღებულია, რომ σ_p -ს შეესაბამება ძაბუათა ის მნიშვნელობები, რომელთათვისაც დრეკადობის მოდული მცირდება 1.5-ჯერ ხოლო σ_c -ს რომელთათვისაც ფარდობითი ნარჩენი დეფორმაციები ტოლია 0,05 %-ის. დარტყმითი სიბლანტე ახასიათებს ფოლადის მიდრეკილებას მყიფე დაშლისაკენ/რღვევისაკენ და წარმოადგენს კუთრ მუშაობას, რომელიც იხარჯება ჩანაჭერის მქონე სტანდარტული ნიმუშის ქანქარა ურნალზე დასარღვევად/დასაშლელად. აღნიშნული მუშაობა მოსული განიკვეთის ფართობზე იზომება ჯოული/სმ²-ით. ტემპერატურის დაწევისას დარტყმითი სიბლანტე მცირდება, მომატებისას იზრდება. მცირედნახშირბადოვანი ფოლადებისათვის ნორმალურ ტემპერატურაზე დარტყმითი სიბლანტე ტოლია 70. . . 100 ჯოული/სმ²-ით. მოკლედ შეეხებით სამშენებლო ფოლადების რამდენიმე მნიშვნელოვან მექანიკურ თვისებას:

ციენაჭედობა წარმოადგენს ფოლადის დრეკად ზღურებში მუშაობის არეალის გაზრდას მისი წინასწარი გაჭიმვით დენადობის ზღვარს ზემოთ. აქვე უნდა აღინიშნოს რომ ამ მოვლენას აქვს თავისი უარყოფითი მხარეც. კერძოდ ფოლადი ხდება მყიფე.

დაძველება – იგულისხმება ფოლადის დეფორმაციული და თერმული დაძველება, რომლის შედეგადაც ის იცვლის თვისებებს დროში. ციენაჭედობის მსგავსად უკეთესი ხდება დრეკადი თვისებები, მცირდება პლასტიკურობა.

აუცილებელია ცალკე წარმოვადგინოთ სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად გამოყენებული ფოლადების ფიზიკური მახასიათებლები

რეკხუთი მნიშვნელობები, რომელთა გამოყენებაც სამშენებლო საპროექტო პრაქტიკაში მუდმივად მოგეხდება. ესენია:

ფოლადის სიმკვრივე: $\rho = 7,85 \cdot 10^3$ კგ/მ³;

მოცულობითი წონა: $\gamma = 7,85 \cdot 10^4$ ნ/მ³;

წრფივი გაფართოების კოეფიციენტი: $\alpha = 0,12 \cdot 10^{-4}$ °C⁻¹;

დრეკადობის მოდული: $E = 2,06 \cdot 10^{11}$ ნ/მ²;

ძერის მოდული: $G = 0,81 \cdot 10^{11}$ ნ/მ²;

განივი დეფორმაციის კოეფიციენტი: $\nu = 0,3$.

თაპი III
სორტამენტი

სორტამენტი წარმოადგენს ნაგლინი, ციკადნაღუნი და დაწნეხილი პროფილების კატალოგს მათი ფორმის, გეომეტრიული ზომებისა და მახასიათებლების, ერთეული სიგრძის მასის, დაშეუბებისა და მიწოდების პირობების მითითებით. (იხ. დანართი)

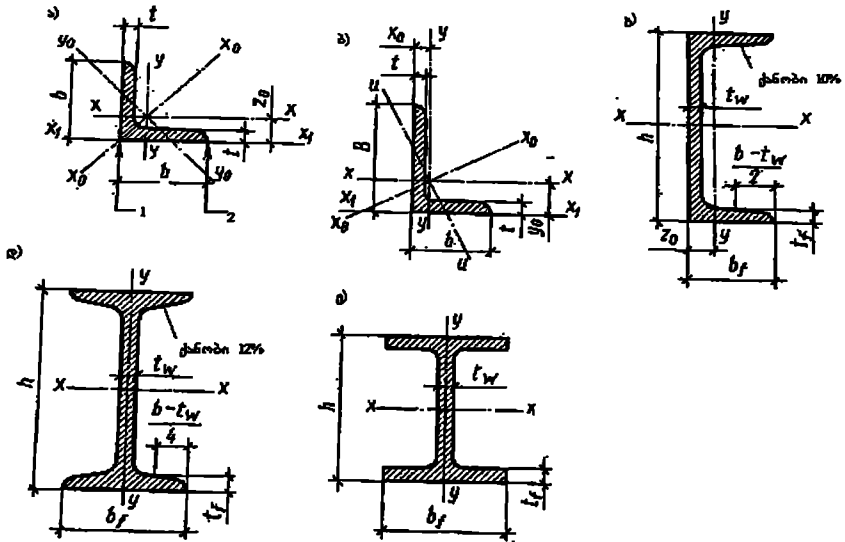
ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციებად ძირითადად გამოიყენება ნაგლინი ფურცლოვანი და პროფილური ფოლადი. ეს უკანასკნელი თავის მხრივ იყოფა სორტულ (წრე, კვადრატ, ზოლი, კუთხოვანი) და ფასონურ (სორტისებრი, შევლერი, სხვა ტიპის ფასონური პროფილები) ფოლადებად.

მოქმედი სორტამენტი არის ლითონის კონსტრუქციების რაციონალური პროფილებისა და მათი გრადაციის სიხშირის დასადგენად ჩატარებული კვლევების შედეგი.

განახსევებენ სამის სახის ფოლადს:

სქელფურცლოვანი, სისქით 4 მმ-დან 160 მმ-მდე,

თხელფურცლოვანი, სისქით 0.5 მმ-დან 4 მმ-მდე,



ნახ.5. ნაგლინი პროფილები:

ა) თანაბართარიანი კუთხოვანი; ბ) არათანაბართარიანი კუთხოვანი გ) შევლერი; დ) ორტესებრი (ჩვეულებრივი); ე) ორტესებრი (ფართოთარიანი)

ურვერსალური, სისქით 6 მმ-დან 60 მმ-მდე, ფოქსირებული სიგანით 200 მმ-დან 1050 მმ-მდე.

აღნიშნული ტიპის ფურცლოვანი ფოლადი კონსტრუქციებში შეიძლება გამოიყენებულ იქნეს ნაპირების ჩამოჭრის და გარანდვის გარეშე, რამდენადაც ისინი ოთხ ლილვს შორის ივლინება.

პროფილური ფოლადი სორტამენტში წარმოდგენილია კუთხოვანებით, შევლერებით, ორტესებრით (ჩვეულებრივი, ფართოთაროიანი), ტესებრით.

პროფილური ფოლადის ერთ-ერთი ყველაზე გაერცვლებულ სახეობას წარმოადგენენ კუთხოვანები. ისინი ძირითადად ღერძულ ძალებზე მომუშავე კონსტრუქციული სისტემების წარმომქმნელ ელემენტებს წარმოადგენენ. აგრეთვე გამოიყენებიან მკავეშირებულ და სხვა სახის კონსტრუქციულ ელემენტებად-ძალიან ფართოდ გამოიყენება გისოსურ კონსტრუქციებში, განსაკუთრებით წამწებში. კუთხოვანები არის ორი ტიპის თანაბართაროიანი და არათანაბართაროიანი. მათი სორტამენტი მოიცავს განივკვეთების ძალიან ფართო სექტორს 1 სმ-დან 140 სმ-მდე.

სამშენებლო კონსტრუქციებად გამოყენებული ორტესებრი კოჭები არის ორი სახის: ჩვეულებრივი და ფართოთაროიანი. ჩვეულებრივი თაროების ქანობიანი შიგა წახნაგებით არის ძირითადი კოჭოვანი პროფილი, რომელიც გამოიყენება ღუნვაზე მუშაობის დროს. კვეთის სიმაღლე იცვლება 100-დან 700 მმ-მდე (ნომერი შეესაბამება სიმაღლეს)

ფართოთაროიანი ორტესებრი, თაროების პარალელური წახნაგებით შიგა ქანობის გარეშე მზადდება საში სახის ნორმალური ორტესებრი, ფართოთაროიანი ორტესებრი და კოლონის ორტესებრი. ამ ორი უკანასკნელის სიმაღლე 1000მმ-მდე აღწევს თაროების სიგანის სიმაღლესთან ფარდობას $\frac{b}{h} = 0,75 \dots 0,3$ ზღვრებისთვის.

კოლონური ორტესებრისთვის აღნიშნული ფარდობის მნიშვნელობა დაახლოებით ერთის ტოლია, რაც მათ განსაკუთრებულად მდგრადს ხდის თაროების მართობული ღერძის მიმართ და მათი გამოყენება შესაბამის კონსტრუქციულ სისტემებში შესაძლებელია დამატებითი გამაგრების გარეშე.

ფართოთაროიანი ორტესებრის კედლის შუა ხაზზე გრძივი მიმართულებით გაჭრის გზით იღებენ ტესებრ პროფილს. ეს უკანასკნელი ფართოდ გამოიყენება გისოსურ კონსტრუქციულ სისტემებში, განსაკუთრებით წამწებში.

შველერი თაროების ქანობიანი შიგა წახნაგებით, განივკვეთის კონსტრუქციული გადაწყვეტის მიხედვით, ორტესებრისაგან განსხვავდება იმით რომ კედელი გადატანილია თაროების კედელში. სიმაღლე იცვლება 50-დან 400 მმ-მდე (ნომერი შეესაბამება სიმაღლეს). არის შევლერები თაროების პარალელური წახნაგებით (შიგა ქანობის გარეშე), რომელთა განივკვეთებსაც უკეთესი საანგარიშო მახასიათებლები გააჩნია და უფრო მტკად მოსახერხებელია მათთან სხვა კონსტრუქციული ელემენტის შეერთების კვანძის მოწყობა.

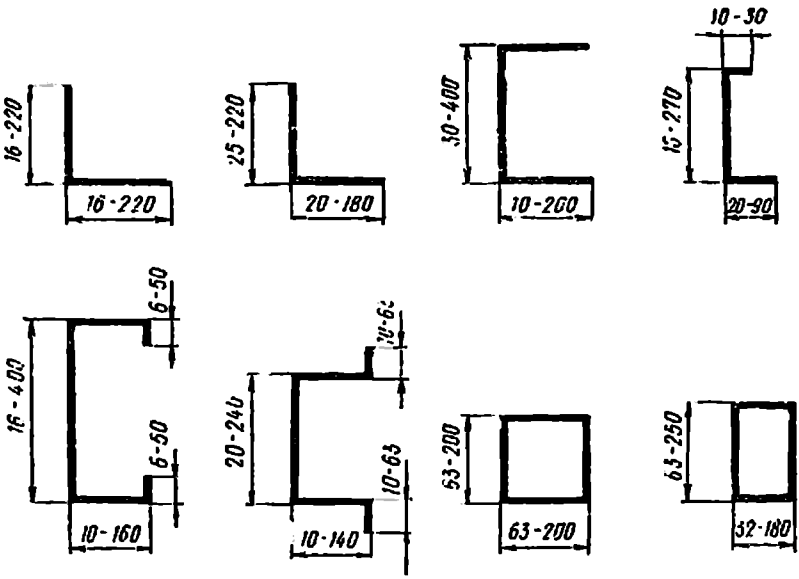
შველერები ძირითადად გამოიყენება როგორც ღუნვაზე მომუშავე კონსტრუქციული ელემენტი. რაც შეეხება გრძივ ძალებზე/დატვირთვებზე შევლერების მუშაობას, ასეთ შემთხვევაში მათი გამოყენება ხდება როგორც შედგენილი განივკვეთის ელემენტისა. შესაძლებელია შევლერის გამოყენება კოლოფისებრ განივკვეთად, ორი შევლერის უწყვეტი შედუღების ნაკერით შეერთების გზით.

ლითონის კონსტრუქციულ სისტემებში ფართოდ გამოიყენება მრგვალი, სწორკუთხა და მართკუთხა განივკვეთის მილები. მრგვალგანივკვეთიანი მილები

არის ცხელადგლინი (გარე დიამეტრიც 0,5-დან 550 მმ-დე; კედლის სისქე 2,5 დან 7,5მმ - მდე) და ელექტროშედულებითი (გარე დიამეტრით 2,5-დან 7,5მმ-მდე) და ელექტროშედულებითი (გარე დიამეტრიც 25 მმ და ზემოთ, კედლის სისქე არანაკლებ 2,5 მმ).

პირველი ტიპის ძვირადღირებული მილები ძირითადად მილსადენებში, ანძებში, კოშკებში და სხვა სპეციალურ ნაგებობებში გამოიყენება, რაც შეეხება მილების მეორე ტიპს, ისინი კი გაციოსურ კონსტრუქციებში.

კვადრატული და მართკუთხა განივკვეთის მქონე მილები მზადდება პროფილსაღუნ დგანზე. არსებობს მეორე ტექნოლოგიაც, რომლის მიხედვითაც რულონური ფოლადისაგან ელექტროშედულების გზით მიღებულ მრგვალი განივკვეთის მილებს აძლევენ საჭირო ფორმას. კვადრატული განივკვეთის ზომები იცვლება 80-დან 180მმ-მდე, მართკუთხასი კი 60X100-დან 100X230 მმ-მდე. სისქე 3 დან 8 მმ-მდე. ისინი ძირითადად გამოიყენება მსუბუქ სახურავებში, ჩაღანგარებში, ვიტრაჟებში.



ნახ. 6 ცივადნალუნი პროფილები

ზემოთ ჩამოთვლილი ძირითადი პროფილების გარდა, გამოიყენება ცივადნალუნი პროფილები. ისინი მზადდება 1 დან 8 მმ-მდე სისქის ფურცლებისაგან. დასაშვებია უფრო სქელი (16 მმ) ფურცლების ღუნვაც. ერთ-ერთი მთავარი ღირსება აღნიშნული პროფილებისა მდგომარეობს იმაში, რომ გვაქვს საშუალება მივიღოთ ნებისმიერი ფორმის განივკვეთი საჭიროების შესაბამისად. ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმებია: თანაბარ და არათანაბართაროებიანი კუთხოვანები, შეფლერები, C-ებრი და Z-ებრი განივკვეთები. ისინი ძირითადად გამოიყენება შენობათა სახურავების მსუბუქ კონსტრუქციებში

ნაღვნი პროფილის ერთ-ერთ სახეობას აგრეთვე წარმოადგენს სპეციალურ დგანზე დამზადებული პროფილირებული ფენილი: ის ფართოდ გამოიყენება სახურავებზე და შენობათა გარე შემოსევაში. მათ ერთმანეთისგან განასხვავებენ გოფრის სიმაღლისა და ფორმის მიხედვით. მათ დასამზადებლად გამოიყენებული ფოლადის სისქე იცვლება 0,6-დან 1 მმ-მდე. კოროზიამდგომის უზრუნველსაყოფად ისინი მზადდება მოთუთიებული ფოლადისაგან.

ზემოთ აღნიშნულ, სორტამენტში მოცემულ ძირითად კონსტრუქციულ ელემენტთა ჩამონათვალში მითითებული არ გექონდა შესაბამისი სახელმწიფო სტანდარტის აღნიშვნა/ნომერი. უნდა ვიცოდეთ რომ მშენებლობისა/პროექტირებისას საჭირო, სორტამენტთან პროფილურ/ფურცლოვანი ელემენტის შერჩევის დროს საჭიროა მითითებული იქნას შესაბამისი სტანდარტის აღნიშვნა/ნომერი. მოცემულ შემთხვევაში აღნიშნული საჭიროდ არ ჩავთვალეთ შემდეგი მოსაზრებით:

– ერთის მხრივ მოცემულ კონკრეტულ შემთხვევაში ჩვენი მიზანი იყო გადმოგვეცა საერთო ინფორმაცია სორტამენტის რაობის, „მასთან“ მუშაობის შესახებ; აღნიშნული კი საერთოა იმისდა მიხედვით თუ რომელ ქვეყანაში მოქმედებს სორტამენტ/კატალოგი;

– მეორეს მხრივ ზემოთ გადმოცემული ინფორმაცია სორტამენტში წარმოადგენილი ნაკუთობების, მათი ზომებისა და სხვა მახასიათებლების შესახებ შევხება რუსეთში მოქმედ სტანდარტებს; ამ ეტაპზე იგივე სტანდარტები მუშაობს ძირითადად ჩვენს ქვეყანაში. ქვემოთ მოცემულია იგივე ტიპის სორტამენტის/კატალოგის ნიმუში, რომელიც მოქმედებს დიდ ბრიტანეთში. რამდენიმე განმარტება ამ უკანასკნელის შესახებ.

სათაურა: Dimensions and properties – ზომები და მახასიათებლები. Tables of dimensions and gross section properties – ზომების და განიეკეთის მახასიათებლების ცხრილები ცხრილის პირველი გრაფა: Section Designation – განიეკეთი. აღნიშვნა;

მეორე გრაფა: Mass per Metre, Kg/m – ერთეული მეტრის მასა კგ/მ

მესამე გრაფა: Depth of Section Dmm – განიეკეთის სიმაღლე მმ.

მეოთხე გრაფა: Width of Section Smm – განიეკეთის სიგანე მმ.

მეხუთე გრაფა: Thickness. Web Tmm. სისქე. კედლის მმ, თაროსი Tმმ.

მეექვსე გრაფა: Root Radius rma – ინერციის რადიუსი მმ

მეშვიდე გრაფა: Depth between Fillets dma – მანძილი თაროებს შორის d მმ.

მერვე გრაფა: ratios for local Buckling. Flange b/T; Web b/t; კოეფიციენტები ადგილობრივი მდგრადობისათვის. თარო C/T; კედელი d/t.

მეცხრე გრაფა: Dimensions for Detailing. End Clearance Cmn. Notch. Nmm. nmm. ზომები დეტალირებისათვის წახნაგური ღრეწო C მმ. ამონაჭერი N მმ; n მმ.

აღნიშნული სიდიდეების მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$N = ((B-t)/2) + 10 \text{ მმ (დამრგვალება 2 მმ-ის მეტობით)}$$

$$n = (D-d)/2 \text{ (დამრგვალება 2 მმ-ის მეტობით)}$$

$$C = t/2 + 2 \text{ მმ (დამრგვალება 2 მმ-ის მეტობით)}$$

მეათე გრაფა: Surface Area. Per Metre m². Per Tonne m². ზედაპირის ფართი მეტრზე მ², ტონაზე მ².

აღნიშნული ტიპის სორტამენტების/კატალოგების რაოდენობა ძალიან დიდია.

თაზი IV

ლითონის კონსტრუქციის ელემენტების გაანგარიშების საფუძვლად

კონსტრუქციითა ზღვრული მდგომარეობების შესახებ. ზღვრულ მდგომარეობათა თეორიის არსებობა არის ინჟინერ მშენებელის /დამპროექტებლის წინაშე მდგარი ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო ძირითადი მიზნის – კონსტრუქციის საიმედოობის (სიმტკიცე, სიხისტე, მდგრადობა) უზრუნველყოფა მინიმალური მატერიალური და შრომითი რესურსებით, მიღწევის მუდმივი მცდელობის შედეგი. ზღვრულად ითვლება მდგომარეობა, როდესაც კონსტრუქცია ვეღარ აკმაყოფილებს მისთვის დაგეგმილ საექსპლუატაციო/სამონტაჟო მოთხოვნებს. ზღვრულ მდგომარეობებს ყოფენ ორ დიდ ჯგუფად:

პირველი ჯგუფი – ზიდვითუნარიანობის ამოწურვის ან ექსპლუატაციის შეუძლებლობის მიხედვით;

მეორე ჯგუფი – ნორმალური ექსპლუატაციის შეუძლებლობის მიხედვით.

კონსტრუქციისა ან მისი ელემენტისათვის პირველი ზღვრული მდგომარეობის დაუშვებლობის პირობა არის:

$$\bar{N} \leq \bar{S}, \tag{IV.1}$$

სადაც \bar{N} არის ძალოვანი ფაქტორის მაქსიმალური მოსალოდნელი მნიშვნელობა კონსტრუქციის ექსპლუატაციის საანგარიშო პერიოდში; \bar{S} ზიდვითუნარიანობის მოსალოდნელი მინიმალური სიდიდე იგივე პერიოდში. რამდენადაც ლითონებში ნარჩენი დეფორმაციები ჩნდება მასალის პლასტიურ მდგომარეობაში გადასვლის სტადიაში პირობა შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$\bar{N} \leq \bar{S},$$

(IV.2)

სადაც \bar{S} , არის იგივე \bar{S} განსაზღვრული დენადობის ზღერის შესაბამისად

კონსტრუქციისა ან მისი ელემენტისათვის მეორე ზღვრული მდგომარეობის დაუშვებლობის პირობა არის:

$$f \leq [f],$$

(IV.3)

სადაც f არის ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში მოქმედი დატვირთვებით გამოწვეული ჩაღუნვა/სხვა მახასიათებელი; $[f]$ – ნორმალური ექსპლუატაციისათვის დასაშვები ზღვრული ჩაღუნვა/სხვა მახასიათებელი.

ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშების მთავარი ღირსება მდგომარეობს კონსტრუქციითა მუშაობის განმსაზღვრელ ფაქტორთა გავლენის, დიფერენცირებულ გათვალისწინებაში შესაბამისი კოეფიციენტების (განსხვავებით მარაგის ერთიანი კოეფიციენტისგან, როგორც ეს ხდებოდა დასაშვებ ძაბვათა მეთოდში) მეშვეობით.

აღნიშნული ფაქტორები კი შემდეგია:

- დატვირთვების ცვალებადობა (გათვალისწინება ხდება დატვირთვაზე საიმედოობის კოეფიციენტით $\gamma_f \geq 1$ ან $\gamma_f < 1$);
- დატვირთვების შეთანწყობა (გათვალისწინება ხდება შეთანწყობის კოეფიციენტით $\psi < 1$);
- მასალის მახასიათებელ თვისებათა ცვალებადობა (გათვალისწინება ხდება მასალაზე საიმედოობის კოეფიციენტით $\gamma_m > 1$);
- შენობა-ნაგებობათა დანიშნულება (გათვალისწინება ხდება დანიშნულებაზე საიმედოობის კოეფიციენტით $\gamma_n \leq 1$);
- საშიში შედეგები რღვევისას (გათვალისწინება ხდება საიმედოობის კოეფიციენტით დროებითი წინაღობის მიხედვით გაანგარიშებისას $\gamma_n = 1,3$);
- მუშაობის პირობები (გათვალისწინება ხდება მუშაობის პირობების კოეფიციენტით $\gamma_c \leq 1$ ან $\gamma_c > 1$);

აღნიშნულის გათვალისწინებით (IV.1) და (IV.2) პირობები ზოგადად ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\bar{N} \leq \frac{R_m \Phi}{\gamma_n \gamma_m \gamma_c} \gamma_c \frac{R_m \Phi}{\gamma_m \gamma_n} \gamma_c \quad (IV.4)$$

$$\bar{N} = \bar{N}_i \gamma_{\beta} + \psi \sum \bar{N}_j \gamma_{\beta} \quad (IV.5)$$

სადაც i და j ინდექსები დატვირთვათა ჯგუფებს აღნიშნავენ; Φ - გეომეტრიულ მახასიათებელს; R_m, R_n - სიმტკიცისა და დენადობის ნორმატიული ზღვრები, შესაბამისად $R_m = \sigma_n$, $R_n = \sigma_n$.

გაანგარიშებებში ძირითადად გამოიყენება საანგარიშო წინაღობები სიმტკიცისა $R_n = \frac{R_m}{\gamma_n}$ და დენადობის ზღვრის $R_f = \frac{R_m}{\gamma_m}$ მიხედვით.

მოქმედების ხანგრძლივობის მიხედვით, კონსტრუქციებზე მოედებული დატვირთვები იყოფა მუდმივ და დროებით დატვირთვებად. ეს უკანასკნელი თავის მხრივ იყოფა - დროებით ხანგრძლივ, დროებით ხანმოკლე და განსაკუთრებულ დატვირთვებად.

მუდმივ დატვირთვებს ანუ დატვირთვებს რომელთა სიდიდე, მოედების ადგილი და მოქმედების მიმართულება უცვლელია მიეკუთვნება: მზიდი და შემომზღუდავი კონსტრუქციების წონა; გრუნტების წონა და დაწნევა.

დროებით ხანგრძლივ დატვირთვებს მიეკუთვნება: სტაციონარული აღჭურვილობის (ჩარხების, აპარატების, მოტორების და ა.შ.) წონა; სითხეების, გაზებისა და ფხვიერი სხეულების დაწნევა საცავის კედლებზე; დატვირთვები საწოლებისა და ბიბლიოთეკების კედლებსა და გადახურებებზე; დატვირთვები ხიდურა და შეკიდული ამწეებიდან; თოვლის დატვირთვა და ტემპერატურულ-კლიმატური დატვირთვები დარაიონების შესაბამისად და ა.შ..

დროებით ხანმოკლე დატვირთვებს მიეკუთვნება: შენობათა გადახურებებზე აღმართა, მსუბუქი აღჭურვილობისა და ავეჯის დატვირთვა; დატვირთვები რომლებიც წარმოიქმნება კონსტრუქციების დამზადების, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის დროს; სხვადასხვა მოწყობილობების გადაადგილების დროს; ქარისა და თოვლის დატვირთვები დარაიონების შესაბამისად და ა.შ..

განსაკუთრებული სახის დატვირთვებს მიეკუთვნება: სვისმური დატვირთვები; ზემოქმედება განპირობებული აფეთქებით, ფუძის ვადენით, ტექნოლოგიურ პროცესის მკვეთრი დარღვევით და ა.შ.

კონსტრუქციაზე მოსულ დატვირთვას გაანინა ორი მნიშვნელობა – ნორმატიული და საანგარიშო. ნორმატიული (P_n) წარმოადგენს დატვირთვის იმ მაქსიმალურ მნიშვნელობას რომელიც ხელს არ უშლის კონსტრუქციის/სისტემის ნორმალურ ექსპლუატაციას; საანგარიშო დატვირთვა – დატვირთვის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც შეიძლება მივიღოთ საექსპლუატაციო პერიოდში, აღბათობის წინასწარ დადგენილი ხარისხით ($P_c = \gamma_r P_n$).

განახეავენ დატვირთვის ორ შეთანწყობას:

- ძირითადს, რომელიც შედგება მუდმივი, დროებითი ხანგრძლივი და ხანმოკლე დატვირთვებისგან;
- განსაკუთრებულს – ძირითადს ემატება ერთი განსაკუთრებული დატვირთვა.

ცენტრალურად გაჭიმული კონსტრუქციული ელემენტები. აღნიშნული ძალონი, დაძაბული ეფექტის/მდგომარეობის განმაპირობებელია კონსტრუქციულ ელემენტზე მოდებული შეყურსული ძალა/ძალები, მოქმედი ელემენტის განიეკვების სიმძიმის ცენტრების შემაერთებელ წრფეზე. ელემენტის მუშაობა სრულად აისახება გაჭიმვის დიაგრამით (იხ. ფოლადის მექანიკური თვისებები, გვ.). საანგარიშო ძაბვის მნიშვნელობა ელემენტის განიეკვითში.

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (IV.6)$$

სადაც N არის გრძივი ძალვა, გამოწვეული ზემოთ ხსენებული დატვირთვით, A – ელემენტის განიეკვითი ფართი (ნეტო);

გაანგარიშების მიზანი: ელემენტისათვის აცილებული უნდა იქნეს ზღვრული მდგომარეობა. აღნიშნულის მიიღწევა ელემენტის სიმტკიცეზე შემოწმებით (I ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობა იხ. გვ. 28). შესაბამისად სიმტკიცის უზრუნველყოფის პირობა:

$$\sigma < R_y, \quad (IV.7)$$

სადაც R_y – გრძივი ძალვა, გამოწვეული ზემოთ ხსენებული დატვირთვით, γ_c – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი.

ჩვეულებრივი და ამაღლებული სიმტკიცის ფოლადისაგან შესრულებული, ცენტრალურად გაჭიმული ელემენტის შესუსტებულ განიეკვითში არსებითი პლასტიური დეფორმაციების განვითარების არდაშეება. სრულად უზრუნველყოფილია მათი მე-2 გამოსახულების შესაბამისად გაანგარიშების შემთხვევაში.

ცენტრალურად გაჭიმული ელემენტებისათვის, რომელთა ფოლადის მექანიკური მახასიათებელი $R_y < R_u / \gamma_c$ და ექსპლუატაცია

დასაშვებია/მოსალოდნელია ყოლადის დენადობის ზღვარს ზემოთ, სიმტკიცის უსრუნველყოფი პირობა იქნება:

$$\sigma \leq R_u \gamma_c / \gamma_u. \quad (IV.8)$$

სადაც R_u - საანგარიშო წინაღობა დროებითი წინაღობის მიხედვით, γ_u - საიმედოობის კოეფიციენტი.

სიმტკიცის პირობის გარდა ცენტრალურად გაჭიმული ელემენტისათვის უსრუნველყოფილი უნდა იყოს სიხისტის პირობა. აღნიშნულით კონსტრუქციული ელემენტი დაზღვეული უნდა იყოს: დაზიანებისაგან ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის დროს, საწყისი ფორმის ცვლილებებისაგან (გაღუნვა) დიდი სიგანისა და მოქნილობის შემთხვევაში; დაგრძელებისაგან/ჩამოწოლისაგან საკუთარი წონით. ეიბრაციისაგან დინამიკური ზემოქმედების შემთხვევაში. სიხისტის უსრუნველყოფის პირობა:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \leq [\lambda], \quad (IV.9)$$

სადაც l_{ef} - ელემენტის საანგარიშო სიგრძე; λ განიკვეთის ინერციის რადიუსი $[\lambda]$ - ზღვრული მოქნილობა

ზოგადად ელემენტის საანგარიშო სიგრძეები და განიკვეთის ინერციის რადიუსები შესაძლებელია განსხვავებული იყოს სხვადასხვა ღერძების ($l_{efx}, l_{efy}, i_x, i_y$) მიმართ. შესაბამისად განსხვავებული იქნება მათი მოქნილობებიც λ_x, λ_y . ამასთან, არც ერთი მოქნილობა არ უნდა აღემატებოდეს ზღვრულ მოქნილობას.

ცენტრალურად შეკუმშული კონსტრუქციული ელემენტები. აღნიშნული ძალოვანი/დაძაბული ეფექტის/დგომარეობის განმაპირობებელია კონსტრუქციული ცემენტზე მოდებული შეყურსული ძალა/ძალები, მოქმედი ელემენტის განიკვეთების სიმძიმის ცენტრების შემაერთებელ წრფეზე;

გაანგარიშების მიზანი: ელემენტისათვის აცილებული უნდა იქნეს ზღვრული მდგომარეობა. აღნიშნული მიიღწევა მათი გაანგარიშებით პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით:

სიმტკიცეზე - მოკლე კონსტრუქციული ელემენტებისათვის, რომელია სიგრძე განიკვეთის უმცირეს ზომას აღემატება არა უმეტეს ექვსჯერ;

მდგრადობაზე - მოქნილი, გრძელი ელემენტებისათვის.

პირველ შემთხვევაში ესარგებლობთ გამოსახულებით, ხოლო მეორე შემთხვევაში გვაქვს გამოსახულება:

$$\sigma = \frac{N}{\phi A} \leq R_u \gamma_c, \quad (IV.10)$$

სადაც A ელემენტის განივკვეთის ფართი (ბრუტო) ϕ გრძივი ღუნვის/მდგრადობის კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს ცენტრალურად შეკუმშული კონსტრუქციული ელემენტის ლითონის დენადობის ზღერის მიხედვით საანგარიშო წინააღობის, ამავე მასალის მახასიათებელ კრიტიკულ ძაბვამდე შემამცირებელ კოეფიციენტს; კოეფიციენტით ხდება ცემენტის საწყისი სიმრუდის, შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტის და სხვა შესაძლო უარყოფითი გავლენის მქონე ფაქტორების გათვალისწინება; ამდენად ϕ კოეფიციენტი წარმოადგენს ელემენტის მოქნილობისა და დენადობის ზღერის მიხედვით საანგარიშო წინააღობის ფუნქციას $\phi = \phi(\lambda, R_p)$, შესაბამისად მისი მნიშვნელობა სხვადასხვა მარკის ფოლადისათვის იქნება სხვადასხვა. წარმოდგენილ ცხრილში მოცემულია ϕ -ის მნიშვნელობები

ცენტრალურად შეკუმშული ფოლადის ელემენტების გრძივი ღუნვის ϕ კოეფიციენტების მნიშვნელობები

მოქნილობა	ϕ ფოლადის ელემენტებისათვის საანგარიშო წინააღობის მნიშვნელობა											
	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640
10	988	987	985	984	983	982	981	980	979	978	977	977
20	967	962	959	956	952	949	946	943	941	938	936	934
30	939	931	924	917	911	905	900	895	881	887	883	879
40	906	894	883	873	863	854	846	849	832	825	820	814
50	869	852	838	822	809	786	785	775	764	746	729	712
60	827	805	785	766	749	721	696	672	650	628	608	588
70	782	754	724	687	654	623	595	568	542	518	494	470
80	734	686	641	602	566	532	501	471	442	414	386	359
90	665	612	565	522	483	447	413	380	349	326	305	287
100	599	542	493	448	408	369	335	309	286	267	250	235
110	537	478	427	381	338	306	280	258	239	223	209	197
120	479	419	366	321	287	260	237	219	203	190	178	167
130	426	364	313	276	247	223	204	189	175	163	153	145
140	376	315	272	240	215	195	178	164	153	143	134	126
150	328	276	239	211	189	171	157	145	134	126	118	111
160	290	244	212	187	167	152	139	129	120	112	105	099
170	259	218	189	167	150	136	125	115	107	100	094	089
180	233	196	170	150	135	123	112	104	097	091	085	081
190	210	177	154	136	122	111	102	094	088	082	077	073
200	191	161	140	124	111	101	093	086	080	075	071	067
210	174	147	128	113	102	093	085	079	074	069	065	062
220	160	135	118	104	094	086	077	073	068	064	060	057

ϕ - ის მნიშვნელობები ცხრილში გაზრდილია 1000-ჯერ

განსაზღვრული ბოლოებში სახსრულად ჩამაგრებული ღეროებისათვის. ჩამაგრების და დატვირთვის სხვა სახეობებისათვის ϕ -ის მნიშვნელობის განსაზღვრა დაიყენება ზემოთ აღნიშნულ ძირითად მოდელზე, კონსტრუქციული ელემენტის რეალური/არსებული სიგრძის (l) დაყვანილი სიგრძით (l_f) შეცვლის გზით:

$$l_f = \mu l,$$

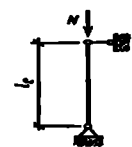
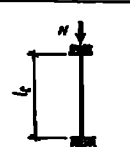
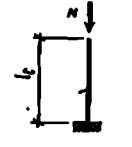
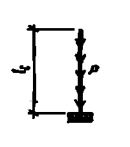
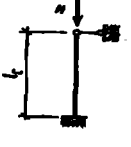
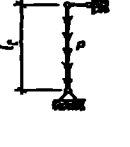
(IV.11)

სადაც μ დაყვანის სიგრძის კოეფიციენტია. შესაბამისად ელემენტის მოქნილობა მისი დაყვანილი სიგრძის განიკვეთის ინერციის რადიუსთან (i) ფარდობით:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \leq [\lambda] \quad (IV.12)$$

და მისი მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს შეკუმშული ცემენტებისათვის განსაზღვრული მოქნილობის ზღერულ მნიშვნელობებს.

შეკუმშული ელემენტების დაყვანილი (საანგარიშო) სიგრძეები

ელემენტის საანგარიშო სიგრძე	μ	ელემენტის საანგარიშო სიგრძე	μ
	1		0,5
	2		1,12
	0,7		0,725

ღითონისაგან დამზადებული სამშენებლო კონსტრუქციული ელემენტების ფორმის და ზომების გათვალისწინებით, ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტები ძირითადად სწორედ მდგრადობაზე მოწმდება.

ღუნვადი კონსტრუქციული ელემენტები. აღნიშნული ძალოვანი დაძაბული ეფექტის/მდგომარეობის განმაპირობებელია კონსტრუქციულ ელემენტებზე მოდებული შეყურსული/განაწილებული ცალ-ცალკე ან ერთობლივად მოქმედი ძალებით ან მომენტებით. დატვირთვის მიმართულება/მოქმედების სიბრტყე ერთხვევა ან არ ერთხვევა ელემენტის განიკვეთის მთავარი ღერძების მიმართულება/მოქმედების სიბრტყეს. შესაბამისად, გვაქვს განვი ან ირიბი ღუნვა.

გაანგარიშებების მიზანი: ელემენტისათვის აცილებული უნდა იქნეს ზღვრული მდგომარეობა. აღნიშნული მიიღწევა მათი გაანგარიშებით პირველი და მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით:

პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით – სიმტკიცეზე, საერთო და ადგილობრივ მდგრადობაზე;

- მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით – დეფორმაციაზე.

პირველ შემთხვევაში გაანგარიშება ხდება საანგარიშო დატვირთვებზე, მეორე შემთხვევაში – ნორმატიულობაზე. სიმტკიცეზე გაანგარიშება/შემოწმება, დრეკადობის ზღვრებში განივ ღუნვაზე მომუშავე კონსტრუქციული ელემენტისათვის წარმოებს გამოსახულებებით:

ნორმალური ძაბვების მიხედვით:

$$\sigma = \frac{M}{W_{n,\min}} \leq R_y \gamma_c, \quad (IV.13)$$

სადაც M არის საანგარიშო კვეთში მოქმედი მღუნავი მომენტი (აიღება მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა)

$W_{n,\min}$ – წინაღობის მომენტის მინიმალური მნიშვნელობა განივკვეთთა შესუსტების გათვალისწინებით. ამ უკანასკნელის არარსებობის შემთხვევაში $W_{n,\min} = W_x$

R_y – ფოლადის საანგარიშო წინაღობა დენადობის ზღვარის მიხედვით;

γ_c მუშაობის პირობების კოეფიციენტი.

მხები ძაბვების მიხედვით

$$\tau = \frac{QS}{I_x t} \leq R_y \gamma_c, \quad (IV.14)$$

სადაც Q არის საანგარიშო კვეთში მოქმედი განივი ძალა (აიღება მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა);

S – განივკვეთს ძერადი ნაწილის (ფართის ნახევარი) სტატისტიკური მომენტი (ბრუტო) ნეიტრალური ღერძის მიმართ;

I_x – მთლიანი განივკვეთის ინერციის მომენტი (ბრუტო);

t – ელემენტის სისქე/განივკვეთის სიგანე მხები ძაბვების შემოწმების ადგილას (ორტესებრი კოჭებისათვის კედლის სიქე ნეიტრალური შრის გასწვრივ);

R_y – საანგარიშო წინაღობა ძერაზე.

ელემენტში (ძირითადი კოჭის კედელი) საჭანტიკე ხერტების არსებობის შემთხვევაში (IV.14) ფორმულით განსაზღვრული τ -ს მნიშვნელობა მრავლდება $\alpha = a/(a-d)$ კოეფიციენტზე, სადაც a ხერტების ბიჯია, d კი მათი (თითოეულის) დიამეტრი.

ნაგლინი ორტესებრი კოჭების მხებ ძაბვებზე შემოწმება დასაშვებია ნატარდეს იმ შემთხვევაში, თუ მათზე მოქმედებს მხოლოდ თანაბარგანაწილებული

დატვირთვა, მათი განივკვეთები კი დასუსტებული არ არის საჭანჭიკე ხერცებით. აღნიშნულს განაპირობებს ხსენებული ტიპის კოჭების შედარებით მცირე სიმაღლე და კედლის საკმარისი სისქე.

(IV.13) გამოსახულებით სიმტკიცეზე შემოწმებული კოჭის კედლისთვის დაცული უნდა იყოს პირობა:

$$\sigma_{\text{მდ}} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1,5R_y \gamma_c; \quad \tau_{xy} \leq R_y \gamma_c. \quad (\text{IV.15})$$

აღნიშნული წარმოადგენს შემოწმებას დაყვანილ ძაბვებზე, ნორმალური და მხები ძაბვების ერთობლივი მოქმედების გათვალისწინებით. მოცემულ გამოსახულებაში (IV.15): $\sigma_x = M/I_x$, არის კოჭის ღერძის პარალელური ნორმალური ძაბვები, მოქმედი კედლის შუა სიბრტყეში; σ_y - კოჭის ღერძის პერპენდიკულარული ძაბვები, მოქმედი კედლის შუა სიბრტყეში; τ_{xy} - მხები ძაბვა, განსაზღვრული (IV.14) გამოსახულებით.

ირიბი ღუნვის შემთხვევას ადგილი აქვს მაშინ, როდესაც დატვირთვის მიმართულება არ ემთხვევა კონსტრუქციული ელემენტის განივკვეთის არცერთი მთავარი ღერძის მიმართულებას. აღნიშნულ ეფექტს ხშირად ადგილი აქვს გადახურვის განივებში, რომელთათვის შევლერი წარმოადგენს ყველაზე მეტად შესატყვის პროფილს. აღნიშნულ შემთხვევაში დატვირთვა იშლება მდგენელებად და წარმოებს კონსტრუქციის გაანგარიშება პირველი და მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობების მიხედვით.

ელემენტის სიმტკიცეზე შემოწმება, მისი ორ მთავარ სიბრტყეში ერთდროული ღუნებისას წარმოებს შემდეგი გამოსახულებით:

$$\frac{M_x}{I_{xx}} y \pm \frac{M_y}{I_{yy}} x \leq R_y \gamma_c, \quad (\text{IV.16})$$

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

(IV.13) და (IV.16) გამოსახულებები, კოჭებში პლასტიკური დეფორმაციების განვითარებისა და მომენტების გადაწელების გათვალისწინებით, ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\sigma = \frac{M}{c_1 W_{n,\text{min}}} \leq R_y \gamma_c; \quad (\text{IV.17})$$

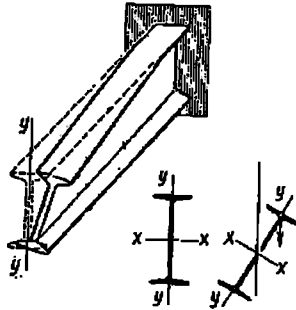
$$\frac{M_x}{c_1 W_{nx,\text{min}}} + \frac{M_y}{c_1 W_{ny,\text{min}}} \leq R_y \gamma_c, \quad (\text{IV.18})$$

სადაც M , M_x და M_y , არის მომენტების აბსოლუტური მნიშვნელობები, ხოლო c_1, c_x და c_y , კოეფიციენტების განსაზღვრის შესახებ იხილე გვ. 74-75

კოჭის საერთო მდგრადობის დაკარგვა ხდება დატვირთვის გარკვეული მნიშვნელობისათვის/კრიტიკული მისი ერთ-ერთი მთავარი სიბრტყიდან გამოსვლისა და მისი შემდგომი "გადაგრების" სახით (ნახ.7). საერთო მდგრადობის დაკარგვის აღნიშნულ ფორმას ღუნვით-გრეხითს უწოდებენ. ამ ეფექტზე შემოწმება ანუ

წარმოქმნილი ძაბვების კრიტიკულ ძაბვებთან შედარება ხდება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\sigma = \frac{M}{\phi_b W_c} \leq R_y \gamma_c \quad (IV.19)$$



ნახ. 7. კონსოლური კოჭის საერთო მდგრადობის დაკარგვის ერთ-ერთი შესაძლო ფორმა

სადაც ϕ_b არის მდგრადობის კოეფიციენტი, წარმოადგენს კრიტიკული ძაბვების მასალის საანგარიშო წინაღობასთან მაკავშირებელ სიდიდეს და მისი მნიშვნელობა დამოკიდებულია კოჭის სიგრძეზე; მისი ჩამაგრების პირობებზე; ღუნვით და გრეხით სიხისტეზე; დატვირთვის ტიპსა და მის მდებარეობაზე. მისი მნიშვნელობის განსაზღვრა ხდება ემპირიულ გამოსახულებათა მიხედვით [1,2]. კოჭების საერთო მდგრადობაზე შემოწმება არ ხდება იმ შემთხვევაში, როდესაც კოჭის ზედა, შეკუმშული სარტყელის დატვირთვა გადაეცემა მასთან უწყვეტად და საიმედოდ მიერთებული ფენილისაგან (რკინაბეტონის ფილები, ბრტყელი/პროფილირებული ლითონის ფენილი, ტალღოვანი ფოლადი და ა.შ.).

კოჭის ადგილობრივი მდგრადობის დაკარგვა შეიძლება გამოიწვიოს მის ზედა სარტყელზე შეყურსული ძალის ზემოქმედებამ.

დრეკად დეფორმაციებზე შემოწმება (მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობა)

სიმტკიცის პირობასთან ერთად დაცული უნდა იყოს სიხისტის პირობა ანუ დატვირთვის შედეგად წარმოქმნილი ჩაღუნვა არ უნდა აღემატებოდეს ნორმებით დადგენილ ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობას

$$f/l \leq [f/l], \quad (IV.20)$$

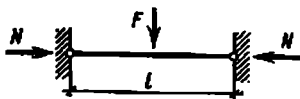
სადაც f/l არის ფარდობითი ჩაღუნვა ჭარმოდგენილი ჩაღუნვის f მაღთან l ფარდობით; $[f/l]$ კი აღნიშნული სიდიდის ზღვრული მნიშვნელობა. ჩაღუნვის

მნიშვნელობა განისაზღვრება ნორმატიული დატვირთვისათვის, [//] ის მნიშვნელობას ადგენენ ექსპლუატაციის პირობების გათვალისწინებით.

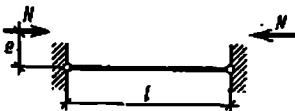
ექსცენტრულად გაჭიმული/შეკუმშული ელემენტები. აღნიშნული ძალოვანი/დაძაბული ეფექტის/მდგომარეობის განმაპირობებელია ელემენტზე:

- მღუნავი მომენტისა და გრძივი გამჭიმავი ან მკუმშავი ძალების ზემოქმედება (ნახ. 8)

- ექსცენტრულად მოქმედი გამჭიმავი ან მკუმშავი ძალების ზემოქმედება (ნახ. 9)



ნახ. 8. ექსცენტრული დატვირთვა



ნახ. 9. ექსცენტრული დატვირთვა

შესაბამისად გვაქვს კუმშვად ღუნვადი, ჭიმვად ღუნვადი, ექსცენტრულად კუმშვადი და ექსცენტრულად ჭიმვადი კონსტრუქციული ელემენტები, რომელთა გაანგარიშება სიმტკიცეზე წარმოებს გამოსახულებით:

$$\left(\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \right)^2 + \frac{M_x}{c_x W_{xx, min} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y W_{yy, min} R_y \gamma_c} \leq 1. \quad (IV.21)$$

იმ შემთხვევაში თუ კონსტრუქციული ელემენტის ფოლადის დენადობის ზღვარი არ აღემატება 530 მპა და $\tau \leq 0,5 R_s$; $(N/(A_n R_y)) > 0,1$ (IV.21) გამოსახულებაში N, M_x და M_y შესაბამისად გრძივი ძალა და მღუნავი მომენტებია, მათი ეფექტზე არახელსაყრელი შეთანწყობისათვის; n, c_x და c_y კოეფიციენტები დამოკიდებულია ელემენტის ზომებსა და ფორმაზე

იმ შემთხვევაში, როდესაც კონსტრუქციული ელემენტის ფოლადი დრეკადობის ზღვრებში მუშაობს ესარგებლობთ შემდეგი გამოსახულებით:

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{I_{xx}} y \pm \frac{M_y}{I_{yy}} x \leq R_y \gamma_c \quad (IV.22)$$

სადაც x და y არის განიკვეთის განსახილველი წერტილის კოორდინატი მთავარიღვრების მიმართ.

ექსცენტრულად კუმშვადმა და კუმშვადლუნვადმა ელემენტებმა მდგრადობა შეიძლება დაკარგონ, როგორც მლუნაეი მომენტის მოქმედების, ასევე მის მართობულ სიბრტყეში შესაბამისად, ასეთ შემთხვევებში გვაქვს მდგრადობის დაკარგვის ბრტყელი და ღუნვად-გრეხეთი ფორმები. ამ პირობებში წარმოქმნილი კრიტიკული ძაბვების მნიშვნელობები დამოკიდებულია ლერძის მოქნილობაზე (ძალოვანი ფაქტორის მოქმედების (ძირითადად) სიბრტყეში და სიბრტყედან, განიეკეთის ფორმასა და ექსცენტრისიტეტის სიდიდესზე.

მლუნაეი მომენტის მოქმედების სიბრტყეში მდგრადობაზე შემოწმება წარმოებს გამოსახულებით:

$$\frac{N}{\phi A} \leq R, \gamma_c. \quad (IV.23)$$

მოცემულ გამოსახულებაში ϕ , კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება:

- მთლიანკედლიანი ლერძებისათვის (იხ. გვ.39):
- პირობითი მოქნილობისა

$$\bar{\lambda} = \lambda_e \sqrt{\frac{R_g}{E}}$$

და დაყვანილი ფარდობით ექსცენტრისიტეტის მიხედვით

$$m_\phi = \eta m, \quad (IV.25)$$

სადაც η განიეკეთის ფორმის გავლენის კოეფიციენტი (იხ. ცხრილი. გვ.97) $m = eA/W_c$ კი ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი. ამ უკანასკნელ გამოსახულებაში e ექსცენტრისიტეტი, W_c კი განიეკეცვა წინალობის მომენტი ყველაზე მეტად შეკუმშული შინისათვის (ბოჭკოსათვის).

- გამჭოლკედლიანი ლერძებისათვის (იხ. გვ.):

პირობითი დაყვანილი მოქნილობისა $\bar{\lambda}_\phi$ (იხ. ცხრილი. გვ.39) და ფარდობითი ექსცენტრისიტეტის მიხედვით.

$$m = e \frac{A a}{I}. \quad (IV.26)$$

აქ a წარმოადგენს მანძილს ღუნვის სიბრტყის მართობული მთავარი ღერძიდან, ყველაზე მეტად შეკუმშული შტოს ღერძამდე.

ცალკეული კონსტრუქციული გადაწყვეტილებისათვის ექსცენტრისიტის (e) მნიშვნელობის განსაზღვრის შესახებ (იხ. გვ. 93)

მლუნაეი მომენტის მოქმედების მართობულ სიბრტყეში მდგრადობაზე შემოწმება წარმოებს გამოსახულებით:

- მეტი სიხისტისა და იმავედროულად სიმეტრიის სიბრტყეში ღუნვისას

$$\frac{N}{c\phi A} \leq R, \gamma_c. \quad (IV.27)$$

აქ ϕ , არის გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი (იხ. გვ.32), c კოეფიციენტის მნიშვნელობა კი დამოკიდებულია განიეკეთის ფორმასა და ფარდობით ექსცენტრისიტეტზე. (იხ. გვ. . . ცხრ. . .)

ნაკლები სიხისტის სიბრტყეში ღუნისას ვსარგებლობთ გამოსახელებით (IV.10). აგრეთვე ხდება შემოწმება მდგრადობაზე, მომენტის მოქმედების სიბრტყიდან, როგორც ცენტრალურად შეკუმშული ღერძი.

ქსცენტრულად შეკუმშვით კუმშვად ღუნადი ელემენტებისათვის სიმრტიცე სე შემოწმება არ ტარდება თუ $m_f \leq 20$; ათლიანკედლიანი და გამჭვლ კედლიანი ღეროებისათვის მდგრადობაზე შემოწმება არ ტარდება თუ შესაბამისად $m_f > 20$ და $m > 20$.

წ. კოეფიციენტი ანაცენტრალურად შეკუმშული (შეკუმშვად-ღუნადი) მილიკედლიანი ღეროების მდგრადობაზე შესამოწმებლად. მომენტის მოქმედების სიბრტყეში, როცა თუ ებრძლება სიბრტყის სიბრტყე

პარამეტრები	წ. კოეფიციენტი ფიზიკით და ექსპერტ-ტესტების დროს																									
	1	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	10	12	14	17	20	
0.5	107	872	860	720	720	680	670	57	538	490	1	7	7	37	37	3	0	2	2	216	154	154	126	106	680	077
1.0	126	874	717	711	680	670	57	538	490	1	7	7	7	37	37	3	0	2	2	216	154	154	126	106	680	077
1.5	875	804	716	647	58	548	57.7	470	624	524	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
2.0	814	742	65	667	640	437	495	407	422	314	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08
2.5	745	672	537	420	414	414	4	0	805	357	817	267	193	265	200	214	161	178	181	178	181	178	181	178	181	178
3.0	687	617	463	346	340	340	3	0	729	29	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279
3.5	637	562	420	303	297	297	2	0	654	24	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
4.0	587	512	370	253	247	247	1	0	579	19	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
4.5	537	462	320	203	197	197	0	0	504	14	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129
5.0	487	412	270	153	147	147	0	0	429	9	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
5.5	437	362	230	113	107	107	0	0	354	4	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
6.0	387	312	190	73	67	67	0	0	279	0	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
6.5	337	262	150	53	47	47	0	0	204	0	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
7.0	287	212	110	33	27	27	0	0	129	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
7.5	237	162	70	13	7	7	0	0	54	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8.0	187	112	40	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.5	137	62	10	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.0	87	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.5	37	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

წ. კოეფიციენტი ანაცენტრალურად შეკუმშული (შეკუმშვად-ღუნადი) მილიკედლიანი ღეროების მდგრადობაზე შესამოწმებლად. მომენტის მოქმედების სიბრტყეში, როცა თუ ებრძლება სიბრტყის სიბრტყე

პარამეტრები	წ. კოეფიციენტი ფიზიკით და ექსპერტ-ტესტების დროს																										
	1	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	10	12	14	17	20		
0.5	107	872	860	720	720	680	670	57	538	490	1	7	7	7	37	37	3	0	2	2	216	154	154	126	106	680	077
1.0	126	874	717	711	680	670	57	538	490	1	7	7	7	7	37	37	3	0	2	2	216	154	154	126	106	680	077
1.5	875	804	716	647	58	548	57.7	470	624	524	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	
2.0	814	742	65	667	640	437	495	407	422	314	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	
2.5	745	672	537	420	414	414	4	0	805	357	817	267	193	265	200	214	161	178	181	178	181	178	181	178	181	178	
3.0	687	617	463	346	340	340	3	0	729	29	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	
3.5	637	562	420	303	297	297	2	0	654	24	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	
4.0	587	512	370	253	247	247	1	0	579	19	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	
4.5	537	462	320	203	197	197	0	0	504	14	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	
5.0	487	412	270	153	147	147	0	0	429	9	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	
5.5	437	362	230	113	107	107	0	0	354	4	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	
6.0	387	312	190	73	67	67	0	0	279	0	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
6.5	337	262	150	53	47	47	0	0	204	0	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
7.0	287	212	110	33	27	27	0	0	129	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
7.5	237	162	70	13	7	7	0	0	54	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
8.0	187	112	40	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8.5	137	62	10	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9.0	87	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9.5	37	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ზემოთ მოცემულ ცხრილებში კ, კოეფიციენტის მნიშვნელობა გადაღებულია 1000-ჯერ.

შეერთებათა დაპროექტება

შეერთებათა დაპროექტება ლითონის კონსტრუქციათა კურსის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია, რამდენადაც ლითონის კონსტრუქციული ელემენტების სისტემების დამზადება/აწყობა ხდება ცაკლეული ელემენტების (პროფილები, ფურცლები) შეერთების გზით, აღნიშნული კი ამ ტიპის კონსტრუქციათა ერთ-ერთ დადებით თვისებად მიიჩნევა (იხ. გვ. 7-8)

ლითონის კონსტრუქციული ელემენტები შეიძლება შეერთებულ იქნას შედუღებით, ჭანჭიკებით და მოქლონებით. ჭანჭიკებით შეერთება დაშლადია, განსხვავებით შედუღებითა და მოქლონებით შეერთებისგან. ზოგადად შეერთების სახეობის /ტიპის არჩევა დამოკიდებულია შესაერთებელი ელემენტების დაძაბულ მდგომარეობაზე, მოქმედი დატვირთვის სიდიდესა და ფიზიკურ ბუნებაზე. შესაერთებელი ელემენტების ფორმაზე, შეერთების მუშაობის პირობებზე და ა.შ. ამგვარად შედუღებით შეერთება წარმოადგენს ფოლადის კონსტრუქციული ელემენტების შეერთების ძირითად ტექნოლოგიურ პროცესს. ეს აიხსნება იმ ძირითადი დადებითი ფაქტორებით, რითაც ხასიათდება აღნიშნული ტიპის შეერთება. ესენია: ლითონის ეკონომია, შრომატევადობის შემცირება კონსტრუქციული ელემენტის/სისტემის დამზადების პროცესში შეერთების კონსტრუქციული ფორმის სიმარტივე; ელემენტების ერთმანეთთან უშუალო დაკავშირების შესაძლებლობა, დამხმარე ელემენტების გამოყენების და ელემენტების შეერთების ზონაში შესუსტებული უბნების არარსებობა.

აღნიშნულ დადებით მახასიათებლებთან ერთად შედუღებით შეერთებას თან სდევს ნაკლოვანი მხარეები. ესენია:

ნაკეთობის/ელემენტის დაფორმაცია გამოწვეული შედუღების ნაკერის ჯდენით და ნარჩენი ძაბვები ნაკეთობაში/ელემენტში;

შენაერთების ნაკერის არაერთგვაროვნება;

ძაბვების მაღალი კონცენტრაცია, განპირობებული შეერთების ნაკერის დეფექტებით (შეჭრა, შეუღლებლობა, ფორები, წილის ჩანართები).

აღნიშნული ფაქტორებს არსებითი უარყოფითი გავლენის მოხდენა შეუძლიათ შედუღებული ელემენტის/სისტემის მუშაობაზე, განსაკუთრებით დინამიკურად დატვირთვის შემთხვევაში.

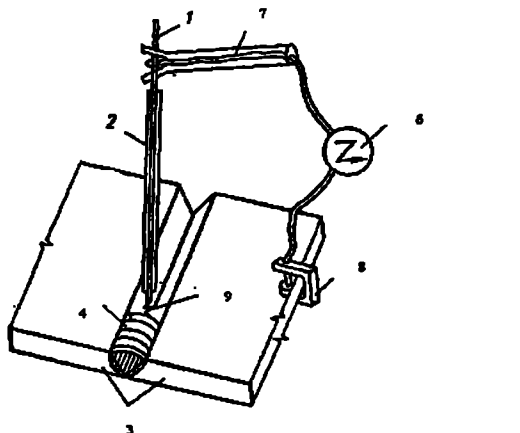
შედუღებით შეერთება. ზოგადად შედუღება რთული ტექნოლოგიური პროცესია - ფიზიკურ და ქიმიურ მოვლენათა ურთიერთკავშირის შედეგი. შედუღების მეთოდების/საშუალებების სახელწოდება დაკავშირებულია ენერჯის იმ სახესთან, რომელიც კონსტრუქციული ელემენტების/ნაკეთობების შესაერთებლად გამოიყენება და იმ ფიზიკურ მოვლენასთან, რომელიც უზრუნველყოფს/განაპირობებს ურთიერთკავშირს შეერთების ადგილზე ში/ნაკერებში.

შესადუღებლად გამოყენებული ენერჯის მიხედვით შედუღების მეთოდები შეიძლება იყოს მექანიკური, ქიმიურ-მექანიკური, სხივური და სხვა. მაგალითად.

მექანიკურს განეკუთვნება ხახუნით შედუღება, ცხვი, ულტრაბგერითი, ქიმიურს – გაზით შედუღება; ელექტრულს – რკალური, ელექტროწიფილური, პლაზმურ-რკალური და ა.შ.

ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციების/სისტემების დასამზადებლად / მონტაჟისათვის დღეს ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია დნობადი ელექტროდით ელექტრორკალური შედუღების სახეობები, შესრულების ხერხის საშუალებების მიხედვით – ხელის, ავტომატური და ნახევრავადავტომატური.

ელექტრორკალური შედუღება წარმოადგენს ლითონების შესადუღებელი ელემენტებისა და ელექტროდის შეერთების პროცესს, ადგილობრივი გაცხელებით მათი თხევად მაღალპლასტიკურ მდგომარეობაში მოყვანითა და შემდგომი ერთობლივი გამყარებით. შესადუღებელი ელემენტების ადგილობრივი გაცხელება მიიღწევა ლითონის ელექტროდისა და შესადუღებელ ელემენტებს შორის რკალური განმუხტვის წარმოქმნითა და შენარჩუნებით (ნახ. 10)



ნახ. 10. ელექტრორკალური შედუღების ზოგადი სქემა:

- 1 – ლითონის ელექტროდი; 2 – სპეციალური შემოგოხვა; 3 – შესადუღებელი კონსტრუქციული ელემენტები; 4 – შედუღების ნაკერი; 5 – დენის წყარო; 7 – ელექტროდის დამჭერი; 8 – მომჭერი; 9 – ელექტრული რკალი.

დნობადი ელექტროდით ელექტრორკალური შედუღება: შედუღების ხერხი – ხელით შედუღება.

შედუღების ნაკერის ხარისხი ძირითადად დამოკიდებულია შემდუღებლის კვალიფიკაციაზე, რამდენადაც შედუღების სტაბილური რეჟიმის უზრუნველყოფა/რკალის მუდმივობა და ელექტროდის გადაადგილება ხორციელდება მის მიერ. შესადუღებელი ელემენტების ლითონის ჩაღობის მცირე სიღრმე, შედარებით დაბალი მწარმოებლურობა, მუშაობის სტაბილური რეჟიმის შენარჩუნების სირთულე – ეს არის ის ძირითადი ნაკლოვანებები, რითაც ხასიათდება ხელით შედუღება. მის მთავარ დადებით მხარედ კი მიიჩნევა უნივერსალურობა და ალჭურვის სიმარტივე.

შეიძლება შესრულდეს ნაკერის ნებისმიერი სიერცული მდგომარეობისათვის. ხელით შედუღების პროცესში გამოყენებული ელექტროდი წარმოადგენს ფოლადის ღეროს დიამეტრით როგორც წესი 4 მმ-დან 8 მმ-მდე. ტიპების მიხედვით მაკლასიფიცირებული ნიშანია დანადგარი ლითონის სიმტკიცე, მაგალითად, აღნიშვნაში 342 ციფრი შეესაბამება ნაკერის ლითონის დროებით წინაღობას [კნ/მ²]. ელექტროდის მარკა განისაზღვრება მისი დამცავი (მათი კლასიფიცირება ხდება ელექტროდის ტიპისა და მარკის მიხედვით) შემოზოგის შემადგენლობით და შეირჩევა შედუღების დენის სახეობისა და ნაკერის სიერცული მდგომარეობის მიხედვით. შედუღების პროცესში ელექტროდის დნობასთან ერთად აღნიშნული შემოზოგის დაწვით შედუღების ზონაში წარმოიქმნება აირების დამცავი გარემო ფენა, და წიდის რომელიც იცავს ნაკერის ლითონს დაჟანგვისა და სწრაფი გაციებისაგან.

ავტომატური შედუღება ფლუსის (გრანულირებული წიდა) ფენის ქვეშ
ხელით შედუღებისაგან განსხვავდება იმით, რომ ელექტროდის (ფოლადის მათუღლით შემოზოგის გარეშე) გადაადგილება ხორციელდება სპეციალური მექანიზმით შედუღების პროცესში. განსაზღვრული შემადგენლობის ფლუსი ავტომატურად იყრება შედუღების ზონაში, რითაც ხორციელდება ნაკერის დაცვა;

ელექტროდის უწყვეტ მიწოდებას უზრუნველფს მექანიზმის ავტომატური თავი; ელექტრული რაკლი იყრება ფლუსის ქვეშ და ხდება მისი მუდმივობის შენარჩუნება; შედუღების პროცესში ფლუსი ღლვება და საიმედოდ იცავს შენადღუარ ლითონს. შესადღუღებელი მათუღლისა და ფლუსის შერჩევა ხდება კონსტრუქციის ჯგუფის, ფოლადისა და ექსპლუატაციის, რაიონის კლიმატური პირობების შესაბამისად.

პროცესის სრული ავტომატიზაციის შედეგად შესაძლებელი ხდება შედუღების შესრულება მაღალი სიჩქარით (ყველაზე მცირე 5 ჯერ მეტი ხელით შედუღებასთან შედარებით) და ამასთან ერთად მიიღება გაცივებით მაღალი ხარისხის შედუღების ნაკერი, ამდენად სასურველია , სადაც ეს ხერხდება შედუღების ნაკერი შესრულდეს ავტომატურად. რაც შეეხება შედუღების ამ ტიპის უარყოფით მხარეებს, ძირითადად მისი არეალი შეზღუდულია სიერცეში ნაკერის მდგომარეობით. აგრეთვე შესადღუღებელი მექანიზმის (ავტომატი) ზომების გადასაადგილებლად მოითხოვს შესადღუღებელი კონსტრუქციული ელემენტების ზემოთ აღნიშნული ზომების შესაბამისი ფართის თავისუფალი ზედაპირის არსებობას.რაც ასეთის არ არსებობის ან დიდი რაოდენობით შედუღების მოკლე ბაკერების მოწყობის საჭიროების შემთხვევაში ავტომატურ შედუღებას შეუძლებელს ან არაეფექტურს ხდის.

ნახევრადავტომატური შედუღება ფლუსის ქვეშ გამოიყენება ისეთ შესადღუღებელ ზონებში, სადაც ვერ ხერხდება შესადღუღებელი ავტომატით მუშაობა. ასეთ შემთხვევაში შედუღების ნაკერის ხარისხი რამდენამდე მცირეა, ავტომატური შედუღებით მოწყობილი ნაკერთან შედარებით, ამ ორი ტიპის შედუღების პროცესებს შორის განსხვავება შემდეგია: ნახევრად ავტომატური შედუღების დროს შედუღების ზონაში ელექტროდის (მათუღლის) მიწოდება ხდება მექანიკურად მოქნილი შლანგის საშუალებით, მისი გადაადგილება ნაკერის გასწვრივ კი ხდება ხელით. შედუღების სიჩქარე ავტომატურთან შედარებით ყველაზე მცირე 1,5 ჯერ ნაკლებია. აღნიშნული ტიპის შედუღება განსაკუთრებით ეფექტურია დიდი რაოდენობის მოკლე ნაკერების მოწყობის საჭიროების შემთხვევაში.

შედუღებით შეერთებათა, სახეობები და მათი გაანგარიშება. შედუღების ნაკერების, რომელთა საშუალებით ხორციელდება ლითონის კონსტრუქციული

ელემენტების/ნაკეთობების შეერთება, პირობითი კლასიფიკაცია შესაძლებელია კონსტრუქციული გადაწყვეტით, დანიშნულებით, სივრცეში მდებარეობითა და წირული განფენილობით.

კონსტრუქციული გადაწყვეტის მიხედვით შედულების ნაკერი შეიძლება იყოს პირაპირული და კუთხური. ეს უკანასკნელი ძალეის მოქმედების მიმართულების მიხედვით შეიძლება იყოს: ფლანგური – ძალეა მოქმედების შედულების ნაკერის გასწვრივ, შუბლა – ძალეა მოქმედებს შედულების ნაკერის მართობულად.

დანიშნულების მიხედვით შედულების ნაკერი შეიძლება იყოს მუშა (პარამეტრები ინიშნება გაანგარიშებით) და მაკაჟირებელი (პარამეტრები ინიშნება კონსტრუქციულად).

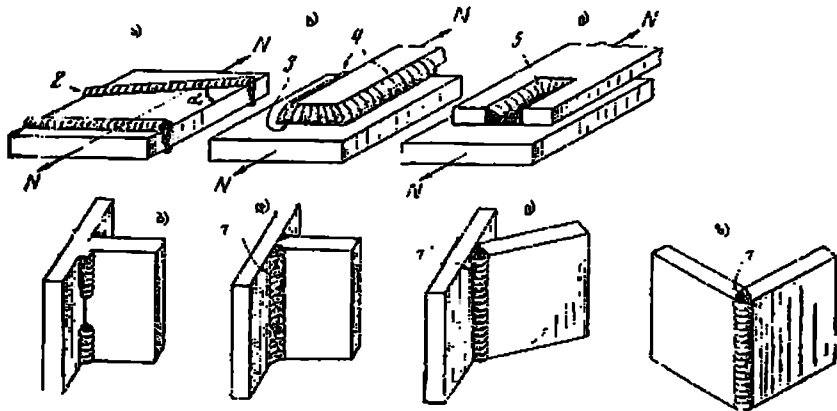
სივრცეში მდებარეობის მიხედვით შედულების ნაკერი შეიძლება იყოს ქვედა, ვერტიკალური და ჭერმისეული.

წირული განფენილობის მიხედვით უწყვეტი და წყვეტილი.

განასხვავებენ შედულებით შეერთების შემდეგ სახეობებს:

– პირაპირული; პირგადადებით; პირდგმული (კუთხური ან ტესებრი) კომბინირებულად. (ნახ. II)

პირაპირული შეერთება შეიძლება ყველაზე მეტად სრულყოფილად ჩაითვალოს, რამდენადაც ამ შემთხვევაში გადავიღებულია შედულების ნაკერის



ნახ. II შედულების სახეობა (ა-ზ); ნაკერის ტიპი (1-7):

- ა) პირაპირული; ბ), დ), ე), ზ) პირდგმული (კუთხური); გ), ე) პირგადადებითი;
 1 – პირაპირული; 2 – პირაპირული დახრილი; 3 – კუთხური შუბლა; 4, 5 –
 კუთხური ფლანგური; 6, 7 – კუთხური ნაკერები.

ხარისხის კონტროლი, მინიმალურია მისადული ლითონის ხარჯი, პრაქტიკულად ადგილი არა აქვს ძალთ/ძალეათა ნაკადის გადახრას, ამდენად ფაქტურად არ გვაქვს ძაბვათა კონცენტრაცია. ამ ტიპის შეერთება ყველაზე მეტად გავრცელებულია, ლითონის ფურცლოვან ელემენტებში.

თანაბარი გამჭოლი ჩაღობის უსრუნველსაყოფად ხდება ფურცლის პირის დაშლა/მოშლადება, რომლის ფორმაც დამოკიდებულია შესაძლებელი ლითონის სისქეა და შედეგების სახეობაზე.

პირაპირული შედეგებითი შეერთების გაანგარიშება გაჭიმვასა და კუმშვაზე წარმოებს, ნაკერის სიგრძეზე და განიეკეთში ძაბვების თანაბარი განაწილების დაშვებით/წინაპირობით, შემდეგი გამოსახულებით:

$$\frac{N}{l l_w} \leq R_w \gamma_c, \quad (V.1)$$

სადაც l შეერთებადი ელემენტების უმცირესი სისქეა, l_w - ნაკერის საანგარიშო სიგრძე, რომელიც მიიღება მისი მთლიანი სიგრძის $2t$ -თი შემცირებით ან ნაკერის მთლიანი სიგრძე, იმ შემთხვევაში, როცა ხდება ნაკერის ბოლოების გამოყვანა შეერთების ზონიდან; N - საანგარიშო ძალვა; R_w - შედეგების ნაკერს საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე/კუმშვაზე. მისი მნიშვნელობა გაჭიმვა/კუმშვისას ღერძული ტოლია ძირითადი ლითონის საანგარიშო წინაღობისა ანუ $R_w = R$, გაჭიმვა/კუმშვისას (აგრეთვე ღუნვისას - იხ. ქვემოთ) ნაკერების ხარისხის ფიზიკური კონტროლის გარეშე და $R_w = 0,85R$, გაჭიმვისას ნაკერის ხარისხის ფიზიკური კონტროლის პირობებში. შეერთების ძერისას $R_w = R$; სადაც R_s არის ძირითადი ლითონის საანგარიშო წინაღობა ჭრაზე. რამდენადაც ფოლადის საანგარიშო წინაღობა დამოკიდებულია ნაგლის სისქეზე, გაანგარიშებებში, R_s - ის მნიშვნელობა აიღება შესაერთებელი ელემენტებიდან. მეტი სისქის ელემენტების მიხედვით.

იმ შემთხვევაში, როდესაც პარალელურ შეერთებაზე მოქმედებს მღუნავი მომენტი (M) შეერთების გაანგარიშება წარმოებს გამოსახულებით:

$$\frac{6M}{l l_w^2} \leq R_w \gamma_c, \quad (V.2)$$

პარალელური შეერთებები, რომლებიც მუშაობენ ერთდროულად ღუნვასა და ჭრაზე მოწმდება დაყვანილ ძაბვებზე შემდეგი გამოსახულებით:

$$\sigma_{m,p} = \sqrt{\sigma_w^2 + 3\tau_w^2} \leq 1,15R_w \gamma_c, \quad (V.3)$$

სადაც σ_w არის ნორმალური ძაბვები ღუნვისას $\sigma_w = 6M / l l_w^2$;

τ_w - გადაჭრელი ძალისაგან გამოწვეული მხები ძაბვა განსაზღვრულია პირაპირულ ნაკერში მისი თანაბარგანაწილების პირობით

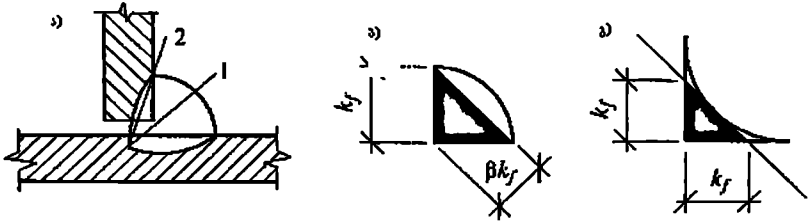
პირჯადადებით შეერთება ლითონის კონსტრუქციული ელემენტების (ნაკეთობების) ფართოდ გავრცელებული სახეობაა, ის არ საჭიროებს შესაძლებელი ელემენტების პირების დამუშავებას ამ ტიპის შეერთების მოწყობისას, საკმარისია ელემენტების გასუფთავება და გასწორება. განსაკუთრებით გავრცელებულია მცირე სისქის (2. . . 5)მმ ლითონის ფურცლების შეერთებისას, აგრეთვე გისოსურ კონსტრუქციებში. ესეთი სახის შეერთებები

მოწყობილია ზესადებებით ან მათ გარეშე შედუღების კუთხოვანი ნაკერების (ფლანგური ან შუბლა) გამოყენებით.

რაც შეეხება ამ ტიპის შეერთებისათვის ნაკლოვან მხარეებს ძირითადად უნდა აღინიშნოს ერთი ელემენტიდან მეორესე დაღვის გადაცემის პროცესში ძალთა/ძალეათა ნაკადის სწორხაზოვნების მყისიერი და არსებითი ცვლილება და ამით დაკავშირებული ძაბვათა კონცენტრაცია გამოწვეულია შედუღებით ნაკერის მუშაობით ერთდროულად ჭრასა და ღუნევაზე.

ზოგადად, კუთხური ნაკერის განივკვეთის ძირითად ზომად მიიღება მასში ჩახაზული ტოლფერდა მართკუთხა სამკუთხედის კათეტი (k_f) (ნახ. 12). მისი მინიმალური მნიშვნელობა მიიღება ავტომატური და ნახევრაავტომატური შედუღებისას 3 მმ, ხელით შედუღებისას - 4 მმ. მისი ცვლილება ხდება სასაღერებში 3-10 მ, ბიჯით 1 მმ. k_f -ის მნიშვნელობა შეზღუდულია $k_f = 1,2t$ -ით, სადაც t არის შესადუღებელი კონსტრუქციული ელემენტების სისქეებიდან უმცირესის მნიშვნელობა. ამგვარად კუთხური ნაკერის ფორმა უმეტეს შემთხვევაში წარმოადგენს ტოლფერდა მართკუთხა სამკუთხედს მრუდწირული პიპოტენუსებით.

შედუღების ფლანგური ნაკერის მთელ სიგრძეზე ძაბვები არათანაბრად არის განაწილებული. ექსპერიმენტალურად დადასტურებულია ყველაზე მეტად დაძაბული უბნების არსებობა შეერთების საწყის და დამასრულებელ უბნებზე. აღნიშნულის გათვალისწინებით მისი სიგრძე (l_w) შეზღუდულია.



ნახ. 12 კუთხური ნაკერები:

- ა) საანგარიშო განივკვეთები 1 - ნაკერის ლითონის გასწვრივ; 2 - შედნობის საზღვრის ლითონის გასწვრივ. ბ), გ) კუთხური ნაკერები.

განსაკუთრებულ პირობებში მომუშავე ნაკერებისათვის სხვა სახის ნაკერებსაც მართკუთხა სამკუთხედი დამრეცი ან ჩახნეპილი პიპოტენუსით არ უნდა აღემატებოდეს

$$l_w = 85 \beta_f k_f \quad (V.4)$$

მნიშვნელობას (β_f - იხილეთ ქვემოთ).

შედუღებით შეერთების კუთხური ნაკერების ფოლადის ნორმატიული და საანგარიშო წინაღობები

შესადუღებელი მასალები		$R_{\text{შ}} \text{ მპა}$ (კგძ/სმ ²)	$R_f \text{ მპა}$ (კგძ/სმ ²)
ელექტროდის ტიპი (ГОСТ 9467-75-ის)	მათულის მარკა		

მიხედვით)			
342, 342A	Св-08, Св-08А	410 (4200)	180 (1850)
346, 346A	Св-08ГА	450 (4600)	200 (2050)
350, 350A	Св-10ГА, Св-08Г2С, Св-08Г2СЦ, ПП-АН8, ПП-АН3	490 (5000)	215 (2200)
360	Св-08Г2С*, Св-08Г2СЦ*, Св-10НМА, Св-10Г2	590 (6000)	240 (2450)
370	Св-10ХГ2СМА, Св-08ХН2ГМЮ	685 (7000)	280 (2850)
385		835 (8500)	340 (3450)

ზღვრული მდგომარეობის მიღწევისას, პლასტიური დეფორმირების განვითარება ამცირებს ძაბვათა კონცენტრაციას, რაც იწვევს მისი განაწილების გათანაბრებას; რღვევის ზედაპირი გასდევს პირობითი სამკუთხედის უმცირეს სიმაღლეზე (თიას გათვალისწინების გარეშე) გამავალ შედუღების ნაკერის მინიმალურ განივკვეთს და მხოლოდ ნაკერის საწყის და საბოლოო უბნებზე გამოდის კათეტებზე.

განსხვავებით ზემოაღნიშნულისაგან შედუღების შუბლა ნაკერების ქველაზე მეტად დაბაბული განივკვეთი კი არ ემთხვევა მინიმალურ განივკვეთს. ის ნაკერის ფუძის მიმართ განთავსებულია გარკვეული კუთხით. ექსპერიმენტალურად დადასტურებულია, რომ შუბლა ნაკერის რღვევა არის მისი ნაწილების იმ კვეთის გასწვრივ ურთიერთასრიალების შედეგი, რომლის მდგომარეობას განსაზღვრავს ნაკერის გეომეტრიული გადაწყვეტა.

შედუღების კუთხური ნაკერი ღერძული ძალების მოქმედების დროს იანგარიშება ტრაზე შედუღების ნაკერის ზონაში ლითონის მკვეთრი არაერთგვაროვნების გათვალისწინებით ორი კვეთის გასწვრივ: ნაკერის ლითონის (კვეთი I)

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w} \leq R_{\psi} \gamma_{\psi} \gamma_c; \quad (V.5)$$

შედნობის საზღვრის ლითონის (კვეთი II)

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w} \leq R_{\sigma}; \quad (V.6)$$

სადაც l_w არის ნაკერის საანგარიშო სიგრძე და მისი მნიშვნელობა აიღება სრულ სიგრძეზე 10 მმ-ით ნაკლები; β_f, β_c - კოეფიციენტი რომელიც დამოკიდებულია შედუღების სახეობასა და ნაკერის სივრცულ მდგომარეობაზე. მისი მნიშვნელობა ფოლადებისათვის რომელთა დენადობის ზღვარი არის 530მპა-ზე ნაკლები მთილება ცხრილი - მიხედვით, მეტის შემთხვევაში $\beta_f = 0,7$; $\beta_c = 1$; $\gamma_{\psi}, \gamma_{\sigma}$ - შედუღების ნაკერის მუშაობის პირობების კოეფიციენტებია, რომელთა მნიშვნელობა

ძირითადად (წყენი ქვეყნისათვის დამახასიათებელი კლიმატური რაიონებისათვის) I-ის ტოლია. γ_c - კონსტრუქციული ელემენტის პირობების კოეფიციენტი, $R_{\text{წ}}$ - ნაკერის ლითონის საანგარიშო წინააღობა. მისი მნიშვნელობის დადგენა ხდება ნაკერის ლითონის საანგარიშო წინააღობა. მისი მნიშვნელობის დადგენა ხდება ნაკერის ლითონის დროებითი წინააღობის ($R_{\text{მმ}}$) მიხედვით და ინგარიშება გამოსახულებით $R_{\text{წ}} = 0,55 R_{\text{მმ}} / \gamma_{\text{მ}}$; აქ $\gamma_{\text{მ}} = 1,25$ როდესაც $R_{\text{მმ}} \leq 490$ მპა და $\gamma_{\text{მ}} = 1,35$ როდესაც $R_{\text{მმ}} > 490$ მპა. $R_{\text{მ}}$ - შედნობის ზონის საანგარიშო წინააღობა. მისი მნიშვნელობის დადგენა ხდება შედნობის საზღვრის ლითონის ნორმატიული წინააღობის მიხედვით, რომლის მნიშვნელობაც აიღება ძირითადი ლითონის ნორმატიული დროებითი წინააღობის ($R_{\text{მ}}$) ტოლი და ინგარიშება გამოსახულებით $R_{\text{წ}} = 0,45 R_{\text{მ}}$

პირგადადებული შეერთების კუთხური ნაკერის დაპროექტების დროს ღერძული ძალების ზემოქმედებაზე უფრო მეტად მოსახერხებელია ზემოთ აღნიშნული რეკომენდაციების მიხედვით წინასწარ დაენიშნოთ k_f -ის მნიშვნელობა და ამის შემდეგ განესაზღვროთ ნაკერის საჭირო სიგრძე (V.5) და (V.6) გამოსახულებების მიხედვით შემდეგი გამოსახულებით:

$$l_w = \frac{N}{(\beta k_f R_w \gamma_w)_{\min} \gamma_c} \tag{V.7}$$

მღუნავ მომენტზე შედულების კუთხური ნაკერი/ნაკერები, მათი განთავსების სიბრტყის მართობულ სიბრტყეში ინგარიშება ორი კვეთის გასწვრივ: ნაკერის ლითონის (კვეთი I)

$$\frac{M}{W_f} \leq R_{\text{წ}} \gamma_{\text{წ}} \gamma_c; \tag{V.8}$$

შედნობის საზღვრის ლითონის (კვეთი II)

$$\frac{M}{W_z} \leq R_{\text{მ}} \gamma_{\text{მ}} \gamma_c \tag{V.9}$$

სადაც W_f არის საანგარიშო კვეთის წინააღობის მომენტი ნაკერის ლითონის გასწვრივ, W_z - იგივე შედნობის საზღვრის ლითონის გასწვრივ. შედულების კუთხური ნაკერი/ნაკერები მათი განთავსების სიბრტყეში მოქმედ მღუნავ მომენტებზე ინგარიშება ორი კვეთის გასწვრივ

ნაკერის ლითონის (კვეთი I)

$$\frac{M}{I_x + I_y} \sqrt{x^2 + y^2} \leq R_{\text{წ}} \gamma_{\text{წ}} \gamma_c; \tag{V.10}$$

შედნობის საზღვრის ლითონის (კვეთი II)

$$\frac{M}{I_x + I_y} \sqrt{x^2 + y^2} \leq R_{\text{მ}} \gamma_{\text{მ}} \gamma_c, \tag{V.11}$$

სადაც I_x და I_y არის ნაკერის ლითონის გასწვრივ საანგარიშო კვეთის ინერციის მომენტი მთავარი ღერძების მიმართ, I_x და I_y - იგივე შედნობის საზღვრის ლითონის გასწვრივ. x და y - ნაკერის/ნაკერების საანგარიშო საანგარიშო კვეთის მთავარი ღერძების მიმართ იმ წერტილის კოორდინატებია, რომელიც ყველაზე მეტად არის დაცილებული სიმძიმის ცენტრიდან. კუთხურ ნაკერზე გრძივი და განივი ძალების ერთდროულად მოქმედი დონის დაცული უნდა იყოს შემდეგი ორი პირობა:

$$\tau_f \leq R_{\text{ფ}} \gamma_{\text{ფ}} \gamma_c; \quad (\text{V.12})$$

$$\tau_z \leq R_{\text{ზ}} \gamma_{\text{ზ}} \gamma_c. \quad (\text{V.13})$$

აქ τ_f და τ_z წარმოადგენენ ძაბვებს საანგარიშო კვეთებში ნაკერის ლითონისა და შედნობის საზღვრის ლითონის გასწვრივ. მათი მნიშვნელობა მიიღება გრძივი და განივი ძალებითა და მომენტით აღბრული ძაბვები გეომეტრიული აჯამებით.

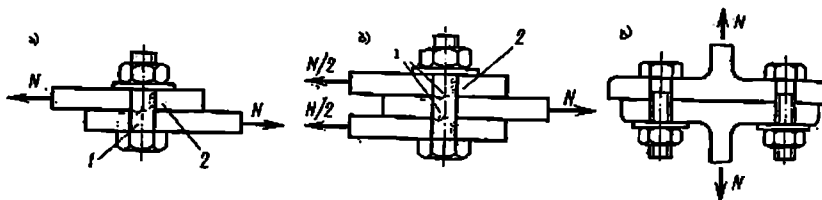
თაზი VI
ჭანჭიკანით შპერთება

ჭანჭიკებით შვერთება წარმოადგენს ლითონის კონსტრუქციებს ელემენტების შვერთების/დაკავშირების ერთ-ერთ სახეობას (იხ. შვერთებათა დაპროექტება, გვ.40) ფართოდ გამოიყენება როგორც ასაწყობ-დასაშლელი, ასევე სტაციონარული კონსტრუქციული ელემენტების/სისტემების სამონტაჟო და მუშა შვერთებებში სტატიკური დატვირთვების დროს. ხასიათდება შვერთების კონსტრუქციული გადაწყვეტისა და მის მისაღებად შესრულებული სამუშაოების სიმარტივით; ამ სამუშაოთა შესასრულებლად რთულ მოწყობილობათა საჭიროების არ არსებობით; შვერთების მაღალი საიმედოობით. აღნიშნული სახეობის შვერთების მთავარ უარყოფით მახასიათებლად შეიძლება მივიჩნიოთ მისი კონსტრუქციული გადაწყვეტით; განპირობებული ლითონის შედარებით გაზრდილი ხარჯით. ჭანჭიკი წარმოადგენს ლითონის წრიული განიკვეთის მქონე ღეროს მასზე მოჭერილი ხრახნით, გლუვი ნაწილითა და თავით ერთ ბოლოში. ღეროს ცვცმება საყელური და ეჭირება ქანჩი. განასხვავებენ ჩეეულებრივ, მაღალი სიმტკიცისა და სანაკერო ჭანჭიკებს. ეს უკანასკნელი გამოიყენება კონსტრუქციული ელემენტის/სისტემის საძირკველთან დასაკავშირებლად. ჩეეულებრივი ჭანჭიკები სიზუსტის მიხედვით შეიძლება იყოს უხეში (სიზუსტის კლასი C), ნორმალური (სიზუსტის კლასი B) და მაღალი სიზუსტის (სიზუსტის კლასი A). B და C სიზუსტის კლასის ჭანჭიკებისათვის ნახევრეტის დიამეტრიც 2-3 მმ-ით უნდა აღემატებოდეს ჭანჭიკის დიამეტრს. აღნიშნული აადეილებს კონსტრუქციული ელემენტების ერთმანეთთან დაკავშირებას მაგრამ კავშირი გამოდის დამყოლი ანუ კონსტრუქციული სისტემის დატვირთვისას ადგილი აქვს არსებით/მნიშვნელოვან გადაადგილებებს. A სიზუსტის კლასის ჭანჭიკებისათვის ნახევრეტის დიამეტრიც 0,3 მმ-ზე მეტით არ უნდა განსხვავდებოდეს ჭანჭიკის დიამეტრისაგან. აღნიშნული სახეობის ჭანჭიკებს ამზადებენ გამოჩარხით, ღეროს ზედაპირი მიიღება გლუვი, ზუსტი ცილინდრული ფორმის. ანალოგიურად უნდა იყოს დამუშავებული ნახევრეტის პირი. შესაბამისად ასეთი სახეობის ჭანჭიკებით შვერთებები მათი მოწყობისას მოთხოვნის სამუშაოთა წარმოების გაცილებით მაღალ სიზუსტეს. ჩასატარებელი სამუშაოები B და C კლასის სიზუსტის ჭანჭიკებით შვერთებასთან შედარებით გაცილებით შრომატევადი და ძვირადღირებულია. მიღებული შვერთება კი ნაკლებად დამყოლი.

მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით შვერთება პირველად გამოყენებულ იქნა 1947 წელს ამერიკის შვერთებულ შტატებში ლითონის სარკინიგზო ხედის კონსტრუქციული ელემენტების შესაერთებლად. მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკები სიზუსტის მიხედვით მიეკუთვნებიან B კლასის სიზუსტის ჭანჭიკებს. საცვალური მოწყობილობით მოჭერილი ქანჩა ჭანჭიკებში წარმოქმნის მნიშვნელოვან (კონტროლირებად) ძალადას, რომლის გაგაღწევათაც საკონტაქტო ზედაპირების გასწვრივ ადრული ხახუნის ძალებით ხდება ძალოვანი ზემოქმედებით გამოწვეული ძერის ძალების განეიტრალება.

სიმტკიცის მიხედვითაც ხდება ჭანჭიკების დაყოფა კლასებად. 4.6-დან 8.8-ის ჩათვლით ჩეეულებრივი სიმტკიცის ჭანჭიკებისთვის და 10.9 მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებისათვის. კლასის აღნიშვნაში: 10-ზე გამრავლებული პირველი ციფრი

შეესაბამება ჭანჭიკის მასალის დროებითი წინაღობის მინიმალურ მნიშვნელობას [კნ/სმ²]; ციფრების ერთმანეთზე გადამრავლება - ჭანჭიკის მასალის დენადობის ზღვარს [კნ/სმ²]; 10-ზე გამრავლებული მეორე ციფრი - პროცენტებში გამოსახულ σ_c / σ_u თანაფარდობას.



ნახ. 13. ჩვეულებრივი სიმტიკის ჭანჭიკების მუშაობის სქემები:

- ა) ტრის ერთი ზედაპირი; ბ) ტრის ორი ზედაპირი; გ) გაჭიმვა
1. ტრის სიბრტყეები; 2. თელვის ზედაპირები.

ჭანჭიკების შეერთების გაანგარიშება. ჭანჭიკური შეერთებები უპირატესად მუშაობენ ძვრაზე. ამასთან ჩვეულებრივი ჭანჭიკები მუშაობენ ტვრაზე, ხოლო ნახვრეტების პირები - თელვაზე (ნახ. 13). შეერთების სიმძიმის ცენტრზე გამავალ N გრძივი ძალეა მიიღება როგორც ჭანჭიკებზე თანაბარგადანაწილებული. ვრ ჭანჭიკზე მოსული საანგარიშო ძალეა N_b განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით ტვრაზე სიმტიკის პირობიდან:

$$N_b = R_m \gamma_b A n_s; \quad (VI.1)$$

თელვაზე სიმტიკის პირობიდან:

$$N_b = R_m \gamma_b d \sum t. \quad (VI.2)$$

გაჭიმვაზე (შეერთებაზე მოქმედი დატვირთვა ჭანჭიკების გრძივი ღერძი პარალელურია):

$$N_b = R_m A_m, \quad (VI.3)$$

სადაც R_m, R_b, R_w - ჭანჭიკური შეერთების საანგარიშო წინაღობები ტვრაზე თელვასა და გაჭიმვაზე;

d - ჭანჭიკის ღეროს გარე დიამეტრი;

$A = \pi d^2 / 4$ - ჭანჭიკის ღეროს განივეკეთის საანგარიშო ფართი

A_m - ჭანჭიკის განივეკეთის ფართობი

$\sum t$ - ერთი მიმართულებით თელვადი ელემენტების უმცირესი ჯამური სისქე;

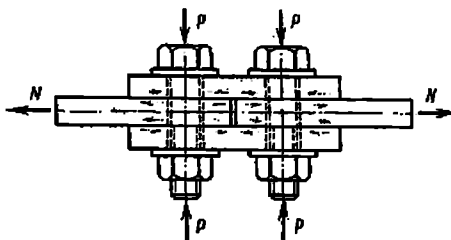
n_s - ჭანჭიკების საანგარიშო ტრების რაოდენობა

γ_b - შეერთების მუშაობის პირობების კოეფიციენტი

შეერთების მოსაწყობად აუცილებელი ჭანჭიკების რაოდენობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$n \geq \frac{N}{N_{\min} \gamma_c}, \quad (VI.4)$$

სადაც N_{\min} არის (VI.1) და (VI.2) გამოსახულებებით განსაზღვრული N -მნიშვნელობიდან უნცირესი.



ნახ. 14. მალალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით შეერთება

მალალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით შეერთების გაანგარიშება. გაანგარიშებას საფუძვლად უდევს ამ სახეობის შეერთების მუშაობის პრინციპი. (იხ. გვ.). საანგარიშო ძალეის მნიშვნელობა, რომლის განეიტრალებაც ხდება ერთი მალალი სიმტკიცის ჭანჭიკის მოჭიმვით, შესაერთებელი ელემენტების ზედაპირებს შორის წარმოქმნილი ხახუნის ძალით იანგარიშება შემდეგი გამოსახულებით:

$$Q_{sh} = \frac{R_{sh} \gamma_b A_{bn} \mu}{\gamma_{sh}}, \quad (VI.5)$$

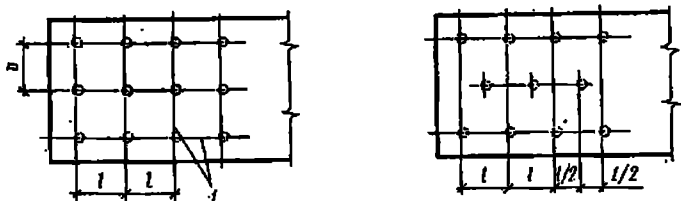
სადაც R_{sh} - მალალი სიმტკიცის ჭანჭიკის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე. μ - ხახუნის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია დასაკავშირებელი ზედაპირების დამუშავებაზე (იხ. ცხრ.). A_{bn} - ჭანჭიკის განიეკეთის ფართობი (netto. იხ. ცხრ.); γ_{sh} - შეერთების მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია შეერთებისათვის საჭირო ჭანჭიკების n რაოდენობაზე და აიღება $\gamma_b = 0,8$ თუ $n < 5$; $\gamma_b = 0,9$ თუ $5 \leq n < 10$; $\gamma_b = 1$ თუ $n \geq 10$.

მალალი სიმტკიცის ჭანჭიკების საჭირო რაოდენობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$n \geq \frac{N}{Q_{sh} k \gamma_c}, \quad (VI.6)$$

სადაც k არის შესაერთებელი ელემენტების ხახუნის ზედაპირთა რაოდენობა.

განახსავაყებენ შეერთებაში ჭანჭიკების (ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა სახეობის)



ნახ. 15. ხერტების განლაგება: რიგობრივი და ჭადრაკული
l - კაწრული

განლაგების ორ სახეს - რიგობრივსა და ჭადრაკულს (ნახ.15). ნახევრეტების ცენტრებზე გამავალ ხაზებს კაწრულებს უწოდებენ. ძალის გასწვრივ კაწრულებს შორის

მანძილი ჭანჭიკების ცენტრებს შორის განისაზღვრება შესაერთებელი კონსტრუქციული ელემენტის მასალის სიმტკიცის პირობიდან; მაქსიმალური მანძილი - დასაკავშირებელი ელემენტების ჭანჭიკებს შორის შუალედებში მდგრადობის პირობიდან კუმშვის დროს.

ჭანჭიკების განლაგების ნორმები ჭანჭიკურ შეერთებებში

მანძილის მახასიათებელი	მანძილი ჭანჭიკების განლაგებისას
<p>მანძილი ჭანჭიკების ცენტრებს შორის ნებისმიერი მიმართულებით</p> <p>–მინიმალური</p> <p>–მაქსიმალური კიდურა რიგებში მოსაარშიებელი კუთხოვანების არარსებობის პირობებში, გაჭიმვა შეეკუმშვის</p> <p>–მაქსიმალური შუა და აგრეთვე კიდურა რიგებში მოსაარშიებელი კუთხოვანების არსებობის პირობებში.</p> <p>გაჭიმვისას</p> <p>კუმშვისას</p>	<p>2.5d</p> <p>8d ან 12t</p> <p>16d ან 24t</p> <p>12d ან 18t</p>
<p>მანძილი ჭანჭიკების ცენტრიდან ელემენტის კიდემდე:</p> <p>–მინიმალური ძალის გასწვრივ</p> <p>–ოვივე ძალის მართობულად</p> <p>ჩამონაჭკერი კიდვების შემთხვევაში</p> <p>გაგლინური კიდვების შემთხვევაში</p> <p>–მაქსიმალური</p> <p>–მინიმალური მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებისთვის ნებისმიერი სახის კედისა და ძალის ნებისმიერი მიმართულების შემთხვევაში.</p>	<p>2.0d</p> <p>1.5d</p> <p>1.2d</p> <p>4d ან 8t</p> <p>1.3d</p>

ჭანჭიკებით შეერთების გაანგარიშება (მაგალითი).

დასაპროექტებელია ფოლადის ფურცლების შეერთება, რომელთა განივი კუთხა 700×14 მმ. ფოლადის მასალა C245, რომლის საანგარიშო წინაღობა დენადობის ზღვრის მიხედვით $R_y = 23$ კნ/სმ². ჭანჭიკის შეერთების საანგარიშო წინაღობა თელეაზე $R_{sp} = 42$ კნ/სმ², შეერთებაზე მოქმედი გამჭიმავი ძალა $N = 1800$ კნ. შეერთება პროექტირდება ორი სიმეტრიული ზედათ $t = 8$ მმ.

ვარიანტი "ა"

შეერთება ხორციელდება ნორმალური სიზუსტის (კლასი B), 5,8 სიმტკიცის კლასის ჭანჭიკებით (იხილეთ ცხრილი), რომლისთვისაც $R_b = 20$ კნ/სმ². საჭანჭიკე ხერცების დიამეტრი $d = 25$ მმ.

ერთჭანჭიკიანი შეერთების საანგარიშო წინაღობები ჭრაზე და გაჭიმვაზე

დაძაბული მდგომარეობა	პირობითი აღნიშვნა	საანგარიშო წინაღობები კნ/სმ ² ჭანჭიკების სიმტკიცის კლასის მიხედვით					
		4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	8,8
ჭრა	R_b	15	16	19	20	23	32
გაჭიმვა	R_{sp}	17,5	16	21	20	25	40

განისაზღვრება ჭანჭიკის ამტანუნარიანობა:

– ჭრაზე: $N_b = R_b \gamma_b A n_z$

A_b და $A_{b,n}$ განისაზღვრება ცხრილიდან

ჭანჭიკების განივი კუთხის ფართობი

d მმ	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48	56	64
A_b სმ ²	2,01	2,54	3,14	3,8	4,52	5,72	7,06	10,2	13,8	18,1	24,6	32,2
$A_{b,n}$ სმ ²	1,57	1,92	2,45	3,03	3,52	4,59	5,6	8,2	11,3	14,8	20,5	26,9

$d = 22$ მმ ჭანჭიკისათვის $A_b = 3,8$ სმ²; $A_{b,n} = 3,03$ სმ²

$N_b = 2 \cdot 0,9 \cdot 3,8 \cdot 2 = 136,8$ კნ

- თელეაზი: $N_p = R_p \gamma_c t \sum l$ სადაც $\sum l = 1.4 < 2l = 1.6$ სმ

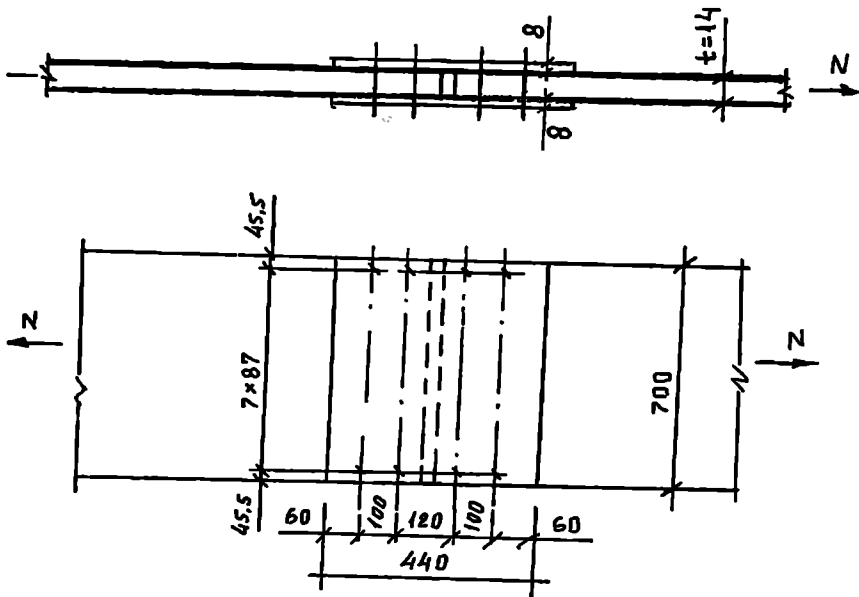
$$N_p = 42 \cdot 0.9 \cdot 2.2 \cdot 1.4 = 116.42 \text{ კნ.}$$

ნახევარზედზე ჰანჭიკების რაოდენობა

$$n \geq \frac{N}{N_{\text{მ}} \gamma_c} = \frac{1800}{1 \cdot 116.42} = 15.5;$$

ვიღებთ $n = 16$ ცალს.

ნახევარზედზე ჰანჭიკები განლაგდება ორ რიგად, თითოეული 8-8 ჰანჭიკით (ნახ.)



ნახ. 16_პირაპირი ნორმალური სისუსტის ჰანჭიკებით

მოწმდება შესაეთებელი ფურცლების შესუსტებული განივკვეთის მზიდუნარიანობა, პირაპირის ელემენტების დრეკად-პლასტიკური მუშაობის გათვალისწინებით შეერთების ზონაში, რასაც აღწესხავს საიმედოობის კოეფიციენტი მუშაობის მიხედვით

$$N' = AR_p \gamma_c = 1.4(70 - 8 \cdot 2.5) \cdot 1.1 \cdot 23 = 1771 < 1800 \text{ კნ.}$$

ოპივე შეერთება ხორციელდება მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით $d = 22$ მმ
 $30X2HMΦA$ ფოლადისაგან, რომლისთვისაც მინიმალური წინაღობა
 $R_{b, min} = 135$ კნ/სმ² (იხილე ცხრილი)

მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების მექანიკური თვისებები

ნომინალური დიამეტრი	ფოლადის მარკა ГОСТ 4543-71	მინიმალური წინაღობა $R_{b, min}$ ნ/მმ ² (კგ/სმ ²)
16 – დან 27 – მდე	40X სელექტ	1100 (110)
	30X3MΦ	1350 (135)
30	40X სელექტ	950 (95)
	30X3MΦ6 35X2AΦ	1200 (120)
36	40X სელექტ	750 (75)
	30X3MΦ	1100 (110)
42	40X სელექტ	650 (65)
	30X3MΦ	1100 (110)
48	40X სელექტ	600 (60)
	30X3MΦ	900 (90)

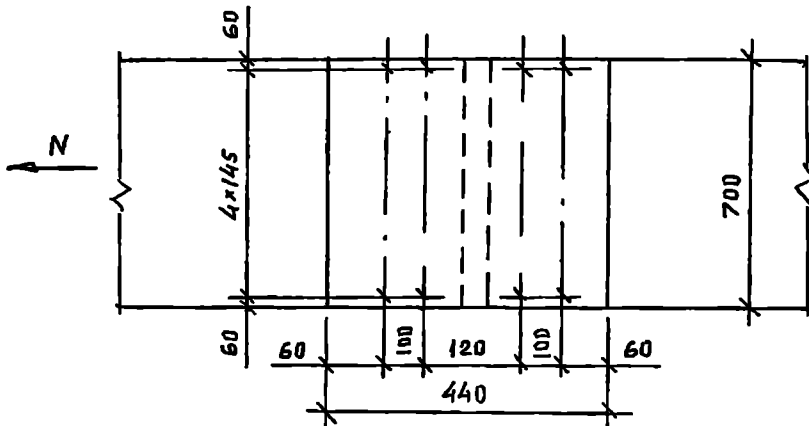
განისაზღვრება ერთი მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის მზიდუნარიანობა, იმის გათვალისწინებით, რომ ხერტის დიამეტრი აღემატება ჭანჭიკისას 1 მმ მაინც, მუშაობის პირობების (საიმედოობის) კოეფიციენტი $\gamma_c = 0,85$ და შესაერთებელი ზედაპირები დამუშავებულია აირცეცხლოვანი ჭავლით, რომლისთვისაც $\mu = 0,42$ და $\gamma_M = 1,02$ (ცხრ. 6, 4, [1])

$$Q_{mh} = \frac{R_{bh} \gamma_b A_{mh} \mu}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 135 \cdot 3,03 \cdot 0,85 \cdot 0,42}{1,02} = 100,22 \text{ კნ}$$

ჭანჭიკების რაოდენობა ნახევარზედზე

$$n \geq \frac{N}{Q_{mh} k \gamma_c} = \frac{1800}{100,22 \cdot 2 \cdot 1} = 8,98$$

ვიღებთ 10 ჭანჭიკს და ნახევარზედზე ვალაგებთ 2 რიგად თითოეულში 5-5 ჭანჭიკს. (ნახ.17)



ნახ.17. პირდაპირი მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით.

ამრიგად მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით შეერებაში ჭანჭიკების რაოდენობის სხვაობა პროცენტულად, ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკებთან შედარებით შეადგენს:

$$\frac{n-n'}{n} \cdot 100\% = \frac{16-8}{16} \cdot 100\% = 50\% .$$

კოჭი წარმოადგენს განივ ღუნვაზე მომუშავე, ერთ-ერთ ყველაზე უფრო მეტად გავრცელებულ კონსტრუქციულ ელემენტს მოცემულ შემთხვევაში ნივთი ინტერესების სფეროს განეკუთვნება ფოლადისაგან დამზადებული კოჭები. მათი გამოყენების არეალი სამშენებლო საქმეში ფაქტიურად უსაზღვროა - მარტივი კონსტრუქციული სისტემის (მაგ. სხვადასხვა ხაზის გადახურვა) შემადგენელი მცირე/უმნიშვნელო ელემენტებიდან დიდმალიან/უმძიმეს პირობებში



სურ. 7. ლითონის კოჭები

მომუშავე/ძლიერ დატვირთულ კოჭებამდე, აღნიშნულის განმაპირობებელია კოჭის მარტივი კონსტრუქციული ფორმა, დამზადების შედარებითი სიმარტივე, მაღალი საიმედოობა. კოჭების პირობითი კლასიფიკაცია, შესაძლებელია კოჭის კონსტრუქციისა და მისი მუშაობის სტატიკური სქემის მიხედვით. პირველი ნიშნის შესაბამისად კოჭი შეიძლება იყოს ნაგლინი ანუ მზიდი ელემენტი წარმოადგენილი არის მზა პროფილით ან შედგენილი ანუ მზიდი ელემენტი აწყობილია/შედგენილია ლითონის ფურცლებისაგან. ამ უკანასკნელის არჩევანს განაპირობებს სორტამენტის შესაბამისად ნაგლინი კოჭის არჩევის შესაძლებლობა (იხ. გვ.23). ორივე შემთხვევაში განივკვეთის ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმა არის სიმეტრიული ორტესებრი. შედგენილი კოჭი მიიღება ლითონის სამი ფურცლის - ერთი ვერტიკალური და ორი პორიზონტალური შეერთებით. ვერტიკალურ ფურცელს უწოდებენ კოჭის კედელს, ხოლო პორიზონტალურებს - თაროებს. შეერთება შეიძლება განხორციელებულ იქნეს შედუღებით, ჭანჭიკებით ან მოქლონით. კოჭზე მნიშვნელოვანი მგრეხი მომენტების ზემოქმედების პირობებში, მას უპირატესად აპროექტებენ ჩაკეტილი განივკვეთის.

სტატიკური სქემის მიხედვით განასხვავებენ:

ერთმალიან ჭრად კოჭებს - ხასიათდება დამზადებისა და მონტაჟის სიმარტივით, ნაკლებად რეაგირებენ საყრდენების ჯდენაზე მაგრამ მასალის

ხარჯის მიხედვით მათი გამოყენება ნაკლებად მომგებიანია უჭრ და კონსოლურ კოჭებთან შედარებით.

მრავალმილიან უჭრ კოჭებს – საიმედო ფუძეების პირობებში მათი გამოყენება მომგებიანია მასალის ხარჯის გათვალისწინებით, რამდენადაც საყრდენი მომენტის არსებობა იწვევს მიღში მომეტას შემცირებას, რაც განაპირობებს მასალის ნაკლებ ხარჯს

კონსოლურ კოჭებს – გუხედება როგორც ჭრადი ასევე მრავალმილიანი (იხ.) ამ უკანასკნელის შემთხვევაში ხდება მალის კვეთების განტვირთვა, რაც აუმჯობესებს კონსტრუქციული სისტემის ეკონომიკურ მახასიათებლებს.

გაგლინური კოჭების განიკვეთის შერჩევა. გაგლინულ კოჭებად ძირითადად არწვევენ ორტესებებს, ნაკლებად შეველერს. ორტესებრი კოჭების გამოყენება ყველაზე მეტად მომგებიანია განივი ღუნების პირობებში, შეველერის – ირბი ღუნების დროს.

ისევე როგორც სხვა კონსტრუქციული ელემენტებისათვის გაგლინური კოჭის განიკვეთის შერჩევა ტარდება ორ ეტაპად:

- განიკვეთის წინასწარი შერჩევა;
- მისი საბოლოო გაანგარიშება.

პირველი ეტაპი წარმოადგენს შემდეგ პროცედურათა ერთობლიობას:

- ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვის განსაზღვრა;
- საანგარიშო სქემის დადგენა და მაქსიმალური მღუნაეი მომენტის განსაზღვრა;
- ფოლადის მარკისა და მუშაობის პირობების კოეფიციენტის შერჩევა;
- მაქსიმალური მღუნაეი მომენტის მიხედვით წინაღობის საჭირო მომენტის განსაზღვრა

$$W_x = \frac{M}{R_y \gamma_c} \quad (VII.1)$$

- გაგლინური პროფილების სორტამენტიდან შეირჩევა ორტესებრი, რომლის წინაღობის მომენტი ტოლია ან მცირედ აღემატება საჭირო სიდიდეს.

ზემოთ აღწერილი პროცედურის დასრულების შემდეგ იწყება მეორე ეტაპი, რომელიც მოიცავს შემდეგ პროცედურებს:

- შერჩეული კვეთის შემოწმება ნორმალური ძაბვების მიხედვით (IV.13) გამოსახულების შესაბამისად; კოჭის ექსპლუატაციის დროს პლასტიკური დეფორმაციების გათვალისწინებით (IV.17) გამოსახულებით;
- შერჩეული კვეთის შემოწმება მხები ძაბვების (კოჭის შეეურსულე ძალებით/ძალებით დატვირთვის შემთხვევაში) (IV.14) შესაბამისად;

– კოჭის შემოჭრება მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით (IV.20) ზოგადი გამოსახულების შესაბამისად, რომელიც დატვირთვისა და დაყრდნობის სხვადასხვა სქემის მიხედვით სხვადასხვა სახით ნაიწერება;

– კოჭის შემოჭრება ხაერთო მდგრადობაზე (IV.19) გამოსახულების შესაბამისად, ასეთი პროცედურის ჩატარების საჭიროების შემთხვევაში (იხ. გვ. 36)

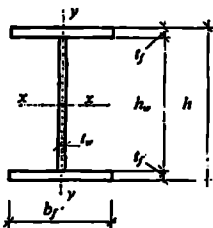
– ხაყრდენი კვანძის კედლის შემოჭრება (სიხისტის წიბოს არ არსებობის შემთხვევაში რაც გაგლინული კოჭებისთვის ხშირი შემთხვევაა) ადგილობრივ მკუმშია დაბეჭდვებზე შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად:

$$\sigma_{mc} = \frac{F}{l_f} \leq R_f \gamma_c \quad (\text{VII.2})$$

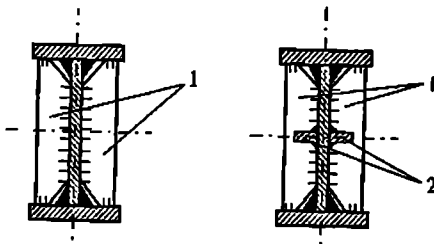
სადაც F არის შეეურსული დატვირთვის საანგარიშო მნიშვნელობა; l_f – დაყრდნობის პირობების შესაბამისად განსაზღვრული, დატვირთვის განაწილების პირობითი სიგრძე; $l_f = b_f + 2l_f$; l_f – მინიმალური გაგლინული კოჭის გარე კიდედან კედლის მომრგვალების საწყის წერტილამდე ან თაროს სისქე შედგენილი კოჭის შემთხვევაში.

შედგენილი კოჭების განივიკვეთის შერჩევა. შედგენილი კოჭების (იხ. გვ. 57)

ა)



ბ)



ნახ.18. ა) შედგენილი კოჭი; ბ) შედგენილი კოჭი სიხისტის წიბოებით:

1 – სიხისტის განივი წიბო; 2 – სიხისტის გრძივი წიბო

განგარიშება წარმოებს შემდეგი თანმიმდევრობით:

– ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვის განსაზღვრა;

– საანგარიშო სქემის დადგენა და ძალების (მღუნავი მომენტი, განივი ძალა) ეპიურების აგება;

– ფოლადის მარკისა (იმის გათვალისწინებით რომ გამოიყენება ფურცლოვანი ლითონი) და მუშაობის პირობების კოეფიციენტის დადგენა (R_s, λ_s);

– მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მიხედვით, წინააღობის მომენტის განსაზღვრა (IV.13) გამოსახულების შესაბამისად;

- კოჭის სიმაღლის წინასწარი დანიშვნა პირობიდან $h = \left(\frac{1}{8} \dots \frac{1}{12} \right) l$;

- კოჭის კედლის ხისქის სისქის წინასწარი დანიშვნა შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად:

$$l_w = 7 + 3h; \quad (VII.3)$$

განზომილებები (VII.3) გამოსახულებისთვის: l_w - [მმ]; h - [მ];

- კოჭის ოპტიმალური (დამზადებისთვის საჭირო ლითონის მინიმალური დანახარჯი) სიმაღლის დადგენა შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად:

$$h_{opt} = k \sqrt{\frac{W_x}{l_w}}, \quad (VII.4)$$

W_x - ისა და l_w მნიშვნელობები აიღება შესაბამისად (IV.13) და (VII.3) გამოსახულებების მიხედვით;

- კოჭის მინიმალური სიმაღლე განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$h_{min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{l^2 R_r \gamma_c}{E f_w} \cdot \frac{M_x}{M}, \quad (VII.5)$$

სადაც $f_w = f_{min}$ არის სახსრულად დაყრდნობილი, ერთმილიანი, სიგრძეზე მუდმივი სისხტის მქონე, თანაბარგანაწილებული ნორმატიული მუდმივი და დროებითი ზემოქმედებით დატვირთული კოჭის მაქსიმალური ჩაღუნვა. შესაბამისად h_{min} - ის მნიშვნელობა დამოკიდებულია კოჭის დატვირთვისა დაყრდნობის სქემებზე, რის მიხედვითაც ჩაიწერება (VII.5) გამოსახულება.

კოჭის საბოლოო სიმაღლე h_k აიღება h_{opt} - ისა და h_{min} - ის მნიშვნელობებიდან უმეტესის შესაბამისად. შერჩეული სიმაღლე აგრეთვე ნაკლები უნდა იყოს გადახურვის სამშენებლო სიმაღლეზე (იხ. გვ.) ასეთის წინასწარ დანიშვნის (არქიტექტურული, კონსტრუქციული, ტექნოლოგიური მოსაზრებებით) შემთხვევაში.

- კოჭის კედლის სიმაღლის h_w დანიშვნა, რომელიც აიღება კოჭის სიმაღლეზე (h_k) 4. 1 სმ-ით ნაკლები და განისაზღვრება არსებულწარმოებული ლითონის ფურცლების სიგანის (ნაგლინი სქელფურცლოვანი ფოლადის სორტამენტი) გათვალისწინებით.

- კოჭის კედლის სისქის (ნახ.18) შემოწმება ჭრახე

$$l_w \geq k \frac{Q_{max}}{h_w R_r \gamma_c}, \quad (VII.6)$$

სადაც $k=1,2$ ორტესებრი კოჭის მთლიანი განივეკეთის ჭრახე მუშაობის შემთხვევაში (ძირითადად უკრი კოჭის მისაყრდენი კვეთებისათვის); $k=1,5$ ჭრახე მუშაობის მხოლოდ კოჭის კედელი (ძირითადად ჭრადი კოჭის საყრდენი კვეთებისათვის). სისქის მინიმალური მნიშვნელობა მიიღება 6 მმ-ის ტოლად.

ამასთან სისქის დანიშნვის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს არსებული/წარმოებული ლითონის ყურცლების სისქეები (ნაგლისი სქელყურცლოვანი ყოლადის სორტამენტი); $k=1$ პლასტიკური დეფორმაციის განვითარების გათვალისწინებით.

– თაროების საჭირო ფართის განსაზღვრა შეიძლება შემდეგი თანმიმდევრობით:

კოჭის განიკვეთის საჭირო ინერციის მომენტი

$$I = \frac{W_x h_b}{2}; \quad (VII.7)$$

კოჭის კედლის ინერციის მომენტი

$$I_w = \frac{t_w h_w^3}{12}; \quad (VII.8)$$

თაროების ინერციის მომენტი

$$I_f = I - I_w \approx 2A_f \left(\frac{h_w}{2} \right)^2 \quad (VII.9)$$

საიდანაც

$$A_f = \frac{2I_f}{h_w^2} \quad (VII.10)$$

იმის გათვალისწინებით, რომ $A_f = b_f t_f$ ერთ-ერთის (b_f ან t_f) სიღრმის დანიშნით ესაზღვრავთ მეორეს, მაგალითად $t_f = A_f / b_f$. თაროს სიგანე ინიშნება შემდეგი თანაფარდობის გათვალისწინებით $b_f = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} \right) h_b$ მაგრამ არანაკლებ 180მმ. ამასთან თანაფარდობა თაროს სიგანესა და სისქეს შორის არ უნდა აღემატებოდეს

თაროს კედლის $b_f = 0,5b_f$ წიბოთი მორაშების გარეშე

$$\frac{b_f}{t_f} = 0,5 \sqrt{\frac{E}{R_y}}; \quad (VII.11)$$

მორაშების შემთხვევაში

$$\frac{b_f}{t_f} = 0,75 \sqrt{\frac{E}{R_y}}. \quad (VII.12)$$

როგორც დრეკადი, ასევე პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების შემთხვევაში.

დადგენილი განიკვეთის შემოწმება. განიკვეთისთვის დადგენილი გეომეტრიული მახასიათებლების მიხედვით განისაზღვრება აღნიშნული პროცედურის ჩასატარებლად. საჭირო სიდიდეები – ინერციის, წინაღობის და სტატიკური მომენტები, რის შემდეგაც ხდება კოჭის შემოწმება სიმტკიცეზე, ხაერთო მდგომარეობაზე, სიხისტეზე გვ. 75 . 77 – ზე მოცემული გამოსახულებების შესაბამისად. შედგენილი კოჭის მზიდუნარიანობას აგრეთვე განსაზღვრავს მისი შემადგენელი ელემენტების – კედლისა და თაროების ადგილობრივი მდგომარეობის

უზრუნველყოფა, ადგილობრივი მდგრადობის დაკარგვა. ხასიათდება შეკუმშული თაროს ან კედლის ცალკეული უბნების ამობურცვით. აღნიშნულ ეფექტს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სიმტკიცის და საერთო მდგრადობის დაკარგვამდე და წარმოადგენდეს ნორმალური σ , მხები τ , ადგილობრივი σ_{loc} ძაბვების როგორც ერთობლივი, ასევე ცალკე მოქმედების შედეგს. რაც შეეხება თაროებს მის კედელსა და სისქეს შორის (VII.11) (VII.12) გამოსახულებებში მოცემული თანაფარდობების დაცვის შემთხვევაში, დამატებით შემოწმებას ადგილობრივი მდგრადობაზე არ საჭიროებენ.

კოჭის კედლის ადგილობრივი მდგრადობის გაზრდის ყველაზე ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს მისი გამაგრება სიხისტის წიბოებით, კედლის ორივე მხრიდან, ამობურცვის ზედაპირის მართობულად (იხ. ნახ.18). აღნიშნული გადაწყვეტით ცალკეულ უბნებად ფირფიტებად, რომლებიც ჩამაგრებულია თაროებსა და სიხისტის წიბოებს შორის, ცალკეული ფირფიტების მდგრადობის განმსაზღვრელია. მათში მოქმედი ძაბვები და ჩამაგრების ტიპი. მათი მდგრადობის დაკარგვა შეიძლება მოხდეს ურთიერთდამოუკიდებლად. განივი სიხისტის წიბოებით კედლის გაძლიერება აუცილებელია თუ კედლის პირობითი მოქნილობის $\bar{\lambda}_x$ მნიშვნელობისთვის სრულდება უტოლობა:

$$\bar{\lambda}_x = \left(\frac{h_{ef}}{l_x} \right) \sqrt{\frac{R_y}{E}} > 3,2. \quad (VII.13)$$

შედგინილ კოჭზე მოძრავი დატვირთვის არსებობის შემთხვევაში კი $\bar{\lambda}_x > 2,2$

$$\begin{aligned} \text{განივ სიხისტის წიბოებს შორის მანძილი} \quad a \leq 2h_{ef} \text{ როდესაც } \bar{\lambda}_x > 3,2 \\ a \leq 2,5h_{ef} \text{ როდესაც } \bar{\lambda}_x \leq 3,2 \end{aligned}$$

სიხისტის განივ წიბოებს ძირითადად აწყობენ სიმეტრიულად, კოჭის კედლის ორივე მხარეს. თითოეული სიგანის მნიშვნელობა უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას:

$$b_x \geq \frac{h_{ef}}{30} + 40 \text{ მმ.} \quad (VII.14)$$

თითოეული წიბოს სისქე უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას:

$$l_x \geq 2b_x \sqrt{\frac{R_y}{E}}. \quad (VII.15)$$

საყრდენ ზონაში შედგენილის კოჭი ძირითადად მხები ძაბვების გავლენის ქვეშ იმყოფება. შესაბამისად აღნიშნულ ზონებში მეზობელი კვეთების ურთიერთძვრის შედეგად ხდება კოჭის კედლის გადაცურება და გამოიბურცვა/ადგილობრივი მდგრადობის დაკარგვა. კრიტიკული მხები ძაბვების მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\tau_{cr} = 10,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2} \right) \frac{R_y}{\lambda_{ef}^2}; \quad (VII.16)$$

$$(VII.16) \text{გამოსახულებაში: } \lambda_{\sigma} = \frac{d}{l_w} \sqrt{\frac{R_f}{E}} \quad (VII.17)$$

სადაც d არის ფირფიტის უმცირესი გვერდი (h_f ან a);
 μ - ფირფიტის დიდი გვერდის შეფარდება მცირესთან.

კოჭის შუა ნაწილში მხები ძაბვების გაელენა კედელზე მცირდება და ის ძირითადად განიცდის ნორმალური ძაბვების ზემოქმედებას, რამაც აგრეთვე შეიძლება გამოიწვიოს მისი მდგრადობის დაკარგვა. ამ შემთხვევაში კრიტიკული ძაბვა განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\sigma_{cr} = \frac{C_{cr} R_f}{\lambda_c^2} \quad (VII.18)$$

სადაც $\lambda_w = \frac{h_f}{l_w} \sqrt{\frac{R_f}{E}}$ არის კედლის პირობითი მოქნილობა; C_{cr} - კოეფიციენტი ხდება თაროებში კედლის დრეკადი დამაგრების ხარისხის და მისი მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად.

$$\delta = \beta \left(\frac{b_f}{h_f} \right) \left(\frac{l_f}{l_w} \right)^3 \quad (VII.19)$$

ადგილობრივი ზემოქმედებით გამოწვეულია კრიტიკული ძაბვები:

$$\sigma_{loc} = C_1 \frac{R_f}{\lambda_c^2}, \quad (VII.20)$$

სადაც $\bar{\lambda}_c = \left(\frac{a}{l} \right) \sqrt{\frac{R_f}{E}}$ მნიშვნელობა კი აიღება δ () მნიშვნელობის მიხედვით.

კოჭის მილის შუა ნაწილსა და საყრდენს შორის მოქცეულ განიკვეთებში შესაძლოა ერთდროულად მოქმედებდეს ნორმალური σ , მხები τ , ადგილობრივი σ_{loc} ძაბვები. ასეთ შემთხვევაში მხოლოდ განივი სიხისტის წიბოებით გამაგრებული სიმეტრიული შედგენილი კოჭების კედლის (განხილული ცალკეული ფირფიტების სახით) მდგრადობის პირობა ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}} \right)^2} \leq \gamma_c. \quad (VII.21)$$

სადაც $\sigma = \frac{M}{I_x} y$ არის მკუმშივეი ნორმალური ძაბვები კედლის პირზე; $\tau = \frac{Q}{I_x I_y}$ - მხები ძაბვების საშუალო მნიშვნელობა განსახილველ უბანზე; σ_{loc} - ადგილობრივი მკუმშივეი ძაბვა, გამოწვეულ- შეეურსული F დატვირთვით. მისი მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{l_w I_y}, \quad (VII.22)$$

სადაც I_{σ} არის დატვირთვის განაწილების პირობითი სიგრძე და განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$I_{\sigma} = b + 2I_f, \quad (\text{VII.23})$$

სადაც I_f არის კოჭის თაროს სიხვე.

γ_c - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; $\sigma_{\sigma}, \tau_{\sigma}$ და $\sigma_{\text{მეო}}$ განისაზღვრება შესაბამისად (VII.16), (VII.18) და (VII.20) გამოსახულებებით.

იმ შემთხვევაში, თუ $\sigma_{\text{მეო}} = 0$ გამოსახულება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{\sigma}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{\sigma}}\right)^2} \leq \gamma_c. \quad (\text{VII.24})$$

განსაკუთრებულად მძიმედ დატვირთული კოჭების კედლებში, იქ სადაც ძირითადად ჭარბობს კუმშვის ნორმალური ძაბვები მიზანშეწონილია კედლის შეკუმშულ ზონაში, კედლის ყველაზე მეტად შეკუმშული შრიდან $k_1 = \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{5}\right) h_{\sigma}$ მანძილზე გრძივი სიხისტის წიბოების დაყენება.

საყრდენი სიხისტის წიბოები შენობა-ნაგებობის მზიდი კონსტრუქციული სისტემების შესაბამისად, ასეთი ელემენტის საჭიროების შემთხვევაში უზრუნველყოფენ, როგორც კოჭის კედლის ადგილობრივ მდგრადობას, ასევე მისგან მოსულ დატვირთვას გადასცემენ საყრდენ კონსტრუქციებს (შედგენილი კოჭის შემთხვევაში ძირითადად კოლონებს). კონსტრუქციული გადაწყვეტის მიხედვით ძირითადად ვხვდებით შედგენილი კოჭის დაყრდნობის ორ ტიპს: დაყრდნობა ზემოდან ან მიერთება გვერდიდან. პირველ შემთხვევაში დაყრდნობა ხდება:

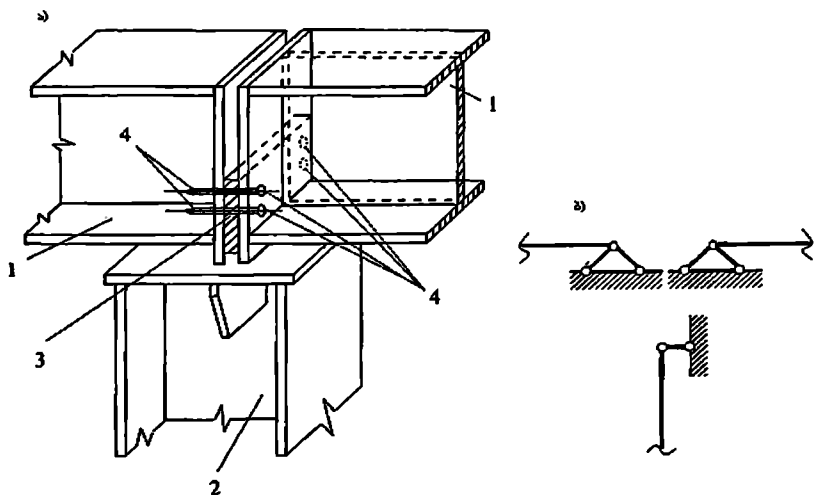
- უშუალოდ ქვედა თაროთი, კოჭის კედლის ორივე მხარეს სიმეტრიული განივი საყრდენი სიხისტის წიბოების მოწყობით;
- კოჭებზე გარედან მიდუღებულია მისი ქვედა თაროდან 10-15 მმ-ით გადაცდენილი სიხისტის წიბოს ქვედა წახნაგის უშუალო დაყრდნობით (ნახ.19)

საყრდენი სიხისტის წიბო შემოწმებული უნდა იქნეს გრძივ ღუნვაზე, როგორც საყრდენი რეაქციით დატვირთული ცენტრალურად შეკუმშული დგარი, რომლის განივკვეთი მოიცავს საკუთრივ დგარის განივკვეთსა და კოჭის კედლის ზოლს სივანით $0,65t \sqrt{\frac{E}{R}}$, შესაბამისად წყვეილი საყრდენი სიხისტის წიბოს შემთხვევაში

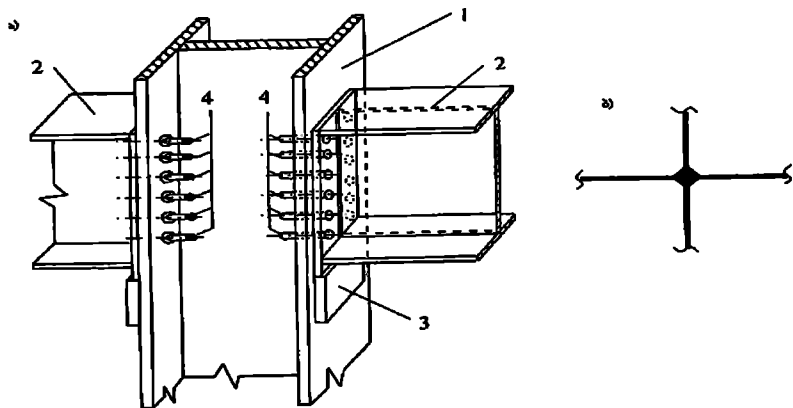
$$A_s = t_s b_s + 1,3t_s^2 \sqrt{\frac{E}{R}}, \quad (\text{VII.25})$$

ერთი მიდუღებული საყრდენი წიბოს შემთხვევაში

$$A_s = t_s b_s + 0,65t_s^2 \sqrt{\frac{E}{R}}, \quad (\text{VII.26})$$



ნახ.19. კოჭის სახსრული დაყრდნობა კოლონაზე:
 ა) დაყრდნობის კონსტრუქციული სქემა; ბ) საანგარიშო სქემა 1 - კოჭები; 2 - კოლონა; 3 - ფოლადის შუასადები; 4 - ჭანჭიკები.



ნახ. 20. კოჭის შეერთება კოლონასთან:
 ა) შეერთების კონსტრუქციული სქემა; ბ) საანგარიშო სქემა; 1 - კოლონა; 2 - კოჭები; 3 - ფოლადის შუასადები; 4 - ჭანჭიკები.

სიმაღლე კი ტოლია კოჭის კედლის სიმაღლის.

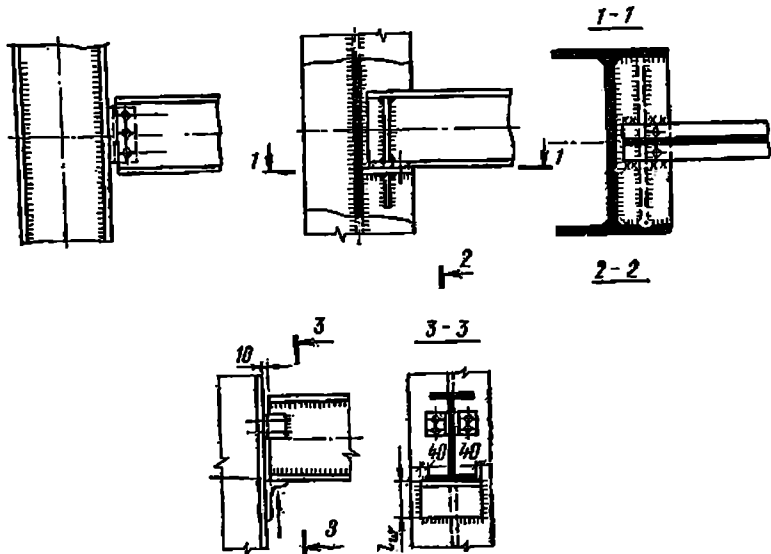
საყრდენი წიბოს / წიბოების ტორსული განიკვეთის შემოწმება ხდება თელვაზე, როდესაც $a \leq 1.5t_k$ შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად

$$\sigma_p = \frac{F}{A_p} < R_p \gamma_c, \quad (\text{VII.27})$$

როდესაც $a > 1.5t_k$ () გამოსახულების შესაბამისად

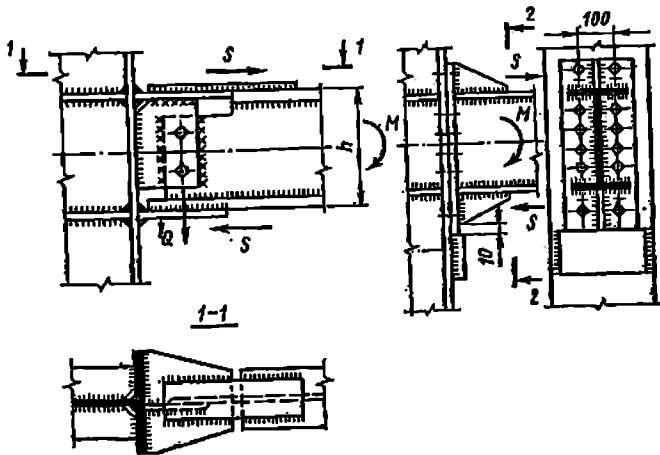
გვერდიდან მიერთების შემთხვევაში (ნახ.20) განასხვავებენ შეუღლების კვანძის სახსრულ და ხისტ გადაწყვეტას შედგენილი კოჭის ფუნქციონალური დანიშნულების შესაბამისად; შეუღლება ხდება კოლონის თაროსთან ან კედელთან. კოჭის საყრდენი რეაქციის გადაცემა კოლონაზე ხდება ჭანჭიკოვანი მიღტუნური შეერთებით ან კოლონის კედელზე/თაროზე მიღუღებული საყრდენი მაგიდის დახმარებით, რომლის ფუნქციასაც ასრულებს ბრტყელი ფირფიტა ან არათანაბართა თაროიანი კუთხოვანა. სახსრული შეერთება არ ზღუდავს საყრდენ კვანძში კოჭის თავისუფალ მობრუნებას, აღნიშნული კი განსაზღვრავს

საანგარიშო მოდელს – როგორც ერთმილიან ჭრად სისტემას. ამ ტიპის შეერთების რამდენიმე ნიმუში ნაჩვენებია (ნახ.21)



ნახ.21. კოჭის კოლონასთან სახსრული მიერთება გვერდიდან

ხისტი შეერთება ზღუდავს საყრდენ კვანძში კოჭის თავისუფალ მოძრუნებას მისი ზედა და ქვედა თაროების პორიზონტალური თამასებით ან ვერტიკალურ საკვანძო ფურცლების გამოყენების გზით კოლონასთან მიერთებით (ნახ. 22).



ნახ. 22. კოჭის კოლონასთან ხისტი მიერთება გვერდიდან

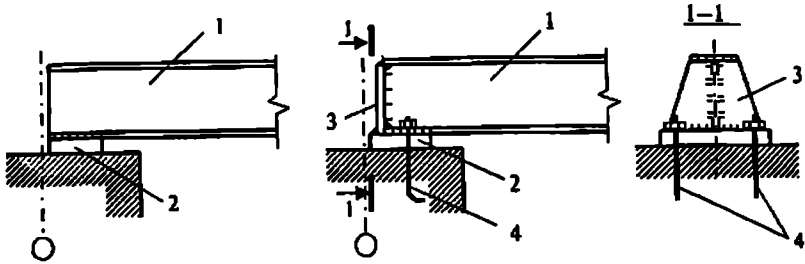
აღნიშნული კონსტრუქციული ელემენტები ითვისებენ კვანძში მოქმედი მღუნავი მომენტიტ ადრულ პორიზონტალურ ძალებს $S = M/h$, საყრდენი რეაქციის კოლონაზე გადაცემის კონსტრუქციული გადაწყვეტა კი ანალოგიური სახსრული მიერთების პირობებში მიღებული კონსტრუქციული გადაწყვეტისა.

ფოლადის კოჭების ქვის ან რკინაბეტონის კონსტრუქციებზე დაყრდნობის შემთხვევაში იყენებენ ფოლადის სპეციალურ საყრდენ ნაწილებს, რომლითაც ხორციელდება კოჭისაგან გადაცემული დატვირთვის ქვის/რკინაბეტონის კედლებზე/სვეტზე თანაბრად გადანაწილება (იხ. ნახ.23).

შედგენილი კოჭების პირაპირები და კავშირები. განასხეავენ კოჭების პირაპირების ორ ძირითად ტიპს:

- ქარხნულ/საწარმოოს - სრულდება კოჭის დამამზადებელ საწარმოში;
- სამონტაჟოს - სრულდება სამონტაჟო მოედანზე.

აღნიშნული პროცედურის ჩატარება საჭირო ხდება გაგლინული პროფილური და ფურცლოვანი ფოლადის ზომების შეზღუდული რაოდენობისა და მათი ტრანსპორტირების შესაძლებლობის /გაადვილების უზრუნველყოფის



ნახ. 23. კოჭის დაყრდნობის კვანძები. საყრდენი წიბოს გარეშე. საყრდენი წიბოს მეშვეობით:

1 - კოჭი; 2 - საყრდენი ფილა; 3 - საყრდენი წიბო; 4 - ანკერები.

შედგენილი კოჭის პირდაპირების მოსაწყობად გამოიყენება კონსტრუქციული ელემენტების შეერთების ზემოთ აღწერილი ორივე ტიპი (იხ. გვ.) - შედუღება, ტანჯიკებით შეერთება.

შედუღებული პირაპირის ყველაზე მარტივ გადაწყვეტად ითვლება მისი თაოებისა და კედლის ერთი და იგივე განაკვეთში მოწყობა. აღნიშნული შეერთება მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მოქმედების არეალში ვერ უზრუნველყოფს პირაპირისა და კოჭის მასალის თანაბარ სიმტკიცეს. შესაბამისად კოჭის ყველაზე მეტად დაბალ უბნებზე პირაპირებს აწყობენ ხტულად - ირბი პირაპირული ნაკერებით კოჭის თაოებში (ნახ.11.ა), შედუღების დროს წარმოქმნილი ჯდენით დეფორმაციების გადუნის შემცირების მიზნით, არსებით მნიშვნელობა აქვს პირაპირების მოწყობის თანმიმდევრობას. პირველ ეტაპზე ეწყობა განივი ნაკერები - თაოები და კედლის პირაპირები, სიხისტის წიბოების მინაღულები; ამის შემდეგ ხდება თაოების კედელთან შემაკავშირებელი გრძივი ნაკერების მოწყობის მთლიანი ან დარჩენილი ნაწილის დასრულება. შედგენილი კოჭის ყოველი ელემენტის პირაპირული შედუღების ნაკერი გაინაგარიშება ურთიერთდამოუკიდებლად. ბაღები რომელთა ზემოქმედებაზეც გაინაგარიშება აღნიშნული ელემენტები, განისაზღვრება შემდეგი პრინციპით:

- მღუნავი მომენტი გაინაწილდება კოჭის ელემენტებზე მათი ინერციის მომენტების პროპორციულად. შესაბამისად

$$M_v = M_b \frac{I_v}{I_b}, \quad (\text{VII}28)$$

სადაც M_w და I_w არის შესაბამისად მღუნავი მომენტი კოჭის კედელში და კედლის ინერციის მომენტი; M_b და I_b იგივე მთლიანად კოჭისთვის.

საანგარიშო განივი ძალის ათვისება ხდება მთლიანად კოჭის კედლით. ძალვა თაროების პირაპირებში განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$N_f = \frac{M_b - M_w}{h_f}, \quad (\text{VII.28})$$

აღნიშნულ ძალებზე პირაპირული ნაკერების შემოწმება ხდება ზემოთ აღწერილი (იხ. გვ. 44) თანმიმდევრობით.

შედგენილი კოჭების სამონტაჟო ჭანჭიკებით შეერთების მთავარი უპირატესობა განპირობებულია სამუშაოს ნაკლები შრომატევადობით, სიმარტივით და შესაბამისად არ მოითხოვს პერსონალის მაღალ კვალიფიკაციას. მთავარი ნაკლი – მომეტებული ლითონშემცველობა შესაძლებების და ჭანჭიკების ხარჯზე შესაძლებების რაოდენობა - თაროებისთვის სამი ორივე მხრიდან, კედლისათვის – ორი ვერტიკალური, რომელთა განიკვეთის ფართი არანაკლებია შემაერთებელი ელემენტის განიკვეთის ფართზე. ყოველი ელემენტის შეერთება გაიანგარიშება ურთიერთდამოუკიდებლად. ძალების გადანაწილება კონსტრუქციულ ელემენტებზე ხდება ზემოთ აღნიშნული პრინციპით (იხ. გვ.68). შესაბამისად ძალები თაროში განისაზღვრება გამოსახულებებით:

$$M_f = M_b \frac{I_f}{I}; \quad (\text{VII.29})$$

$$N_f = \frac{M_f}{h_f}. \quad (\text{VII.30})$$

ჭანჭიკების რაოდენობა თაროებზე შესაძლებების დასამაგრებლად შეერთების ერთ მხარეს:

$$n = \frac{N_f}{Q}, \quad (\text{VII.31})$$

სადაც Q არის საანგარიშო განივი ძალა.

კოჭის კედლით ათვისებული მღუნავი მომენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით (VII.28).

ჭანჭიკების რაოდენობა, შესაძლებებზე კოჭის ნეიტრალური ღერძის მიმართ მათი სიმეტრიული გადანაწილება წინასწარ ინიშნება. მღუნავი მომენტის მოქმედების განეიტრალება ხდება აღნიშნულ ჭანჭიკებზე მოქმედი წყვილძალების ჯამით, რომლის მნიშვნელობაც განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$M_w = m \sum_{i=1}^m N_i a_i, \quad (\text{VII.32})$$

სადაც m წარმოადგენს ჭანჭიკების რიგების რაოდენობას კედლის პირაპირის ერთ მხარეს (ნახ.). ყოველი ძალვა შეიძლება ჩაიწეროს მისი მაქსიმალური მნიშვნელობის მეშვეობით სამკუთხედის მსგავსების პირობიდან გამომდინარე:

$$N_1 = N_{\text{---}}; \quad a_1 = a_{\text{---}}; \quad N_2 = N_1 \left(\frac{a_2}{a_1} \right); \quad N_3 = N_1 \left(\frac{a_3}{a_1} \right); \quad (\text{VII.33})$$

(VII.33) მნიშვნელობების (VII.32) გამოსახულებაში ასახვითა და მარტივი არითმეტიკული გარდაქმნებით მივიღებთ

$$M_{\text{---}} = \frac{mN_{\text{---}}}{a_{\text{---}}} (a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + \dots), \quad (\text{VII.34})$$

საიდანაც მაქსიმალური პორიზონტალური ძალის მნიშვნელობისათვის, რომელიც მოქმედებს ყველაზე მეტად დატვირთულ ჭანჭიკზე გვექნება გამოსახულება:

$$N_{\text{---}} = M_{\text{---}} \frac{a_{\text{---}}}{m \sum a_i^2}. \quad (\text{VII.35})$$

რამდენადაც ხისტი სახის შვერთებები ძირითადად სრულდება მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების გამოყენებით (VII.35) გამოსახულებამ უნდა დააკმაყოფილოს პირობა:

$$N_{\text{---}} \leq Q_{\text{---}}, \quad (\text{VII.36})$$

გარდა მღუნავი მომენტისა კოჭის კედლით ხდება აგრეთვე საანგარიშო განივი ძალის Q ათვისება. ჩათვლილია, რომ განივი ძალა თანაბრად გადაეცემა შესაძლებების ნახევარზე განთავსებულ ყოველ ჭანჭიკს.

შესაბამისად

$$V = \frac{Q}{n}, \quad (\text{VII.37})$$

სადაც n არის შესაძლებების ნახევარზე განთავსებული ჭანჭიკების რაოდენობა.

ამრიგად ყველაზე მეტად დატვირთულ განაპირა ჭანჭიკებზე მოქმედებს მღუნავი მომენტით და განივი ძალით განპირობებული ტოლქმედი ძალა, რომელზედაც პირაპირებისათვის დაკმაყოფილებული იქნება პირობა:

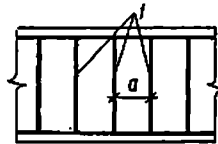
$$\sqrt{N_{\text{---}}^2 + V^2} \leq Q_{\text{---}}. \quad (\text{VII.38})$$

თაზი VIII
კოჭოვანი უჯრედის შესახებ

კოჭოვანი უჯრედი წარმოადგენს სახურავში/გადახურვებში გამოყენებული მსიდი კოჭების ერთობლიობას. ლითონის კოჭოვანი უჯრედები ძირითადად გეხედება სამრეწველო/ენერგეტიკულ სატრანსპორტო, პილაროტექნიკურ მშენებლობებში განასხვავებენ ლითონის კოჭოვანი უჯრედის შემდეგ ტიპებს:

1. გამარტივებული (ნახ. 24)

დატვირთვის გადაცემის სქემა: ფენილი ფენილის კოჭი - კედელი/კარკასის ელემენტი სხვა მსიდი კონსტრუქცია.

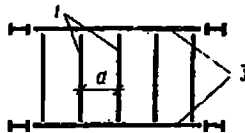


ნახ. 24. გამარტივებული კოჭოვანი უჯრედი
1-ფენილის კოჭი

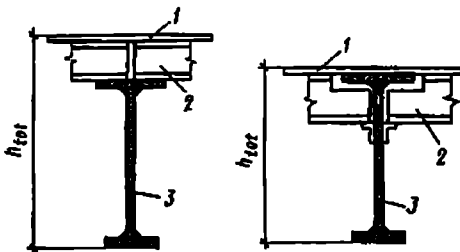
2. ნორმალური (ნახ. 25)

დატვირთვის გადაცემის სქემა: ფენილი - ფენილის კოჭი (ძირითადი გაგლინული) - მთავარი კოჭი (ძირითადი შედგენილი) - კოლონა/კარკასის ელემენტი ან სხვა მსიდი კონსტრუქცია;

კოჭების შედუღების სქემა - სართულბერივი ან ერთ დონეზე (ნახ.26)



ნახ. 25. ნორმალური კოჭოვანი უჯრედი
1-ფენილის კოჭი; 3-მთავარი კოჭი



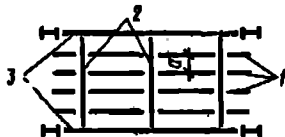
ნახ. 26. კოჭების შეუღლების სქემა:
1-ფენილი; 2-ფენილის კოჭი; 3-მთავარი კოჭი.

3. გართულებული (ნახ. 27)

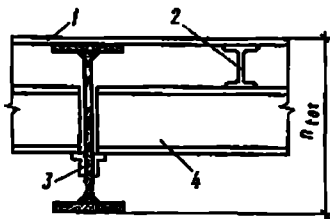
დატვირთვის გადაცემის სქემა: ფენილი – ფენილის კოჭი (ძირითადი ძელნაკი).

დამხმარე კოჭი (ძირითადად გაგლინული) – მთავარი კოჭი (ძირითადი შედგენილი) – კოლონა/კარკასის ელემენტი ან სხვა მზიდი კონსტრუქცია;

კოჭების შეუღლების სქემა – დადაბლებული (ნახ. 28).



ნახ. 27 გართულებული კოჭოვანი უჯრედი:
1-ფენილის კოჭი; 2-ფენილის კოჭი; 3-მთავარი კოჭი.



ნახ. 28. კოჭების შეუღლების სქემა:
1-ფენილი; 2-ფენილის კოჭი; 3-მთავარი კოჭი; 4-დამხმარე კოჭი.

კოჭოვანი უჯრედის ელემენტების გაანგარიშება.

წარმოდგენილ მაგალითში განხილულია კოჭოვანი უჯრედის შემადგენელი ორი ელემენტის – ფენილის (გაგლინული) და მთავარი (შედგენილი) კოჭების გაანგარიშების ნიმუშები.

მოცემულობა: კოჭოვანი უჯრედის ტიპი – ნორმალური; კოჭების შეუღლების სქემა – ერთ დონეზე (ნახ. 26). მთავარი კოჭის სიგრძე $L = 15,4$ მ, ფენილის კოჭის სიგრძე $B = 5$ მ., გადახურვის სამშენებლო სიმაღლე $h_{\text{კოჭ}} = 1,7$ მ. თანაბარგანაწილებული დატვირთვა ფენილის კოჭის ერთ გრძივ მეტრზე – ნორმატიული $q_n = 82,5$ კნ/მ, საანგარიშო $q_c = 98,1$ კნ/მ.

I. ფენილის კოჭის გაანგარიშება.

ფენილის კოჭის საანგარიშო მოდელი წარმოადგენს ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე კოჭს მის მთელ სიგრძეზე თანაბარგანაწილებული ინტენსივობის მქონე დატვირთვით (გაანგარიშების თანმიმდევრობა იხ. გვ.ები 58-59)

ა) კოჭის განიეკეთში მოქმედი მაქსიმალური ძალების განსაზღვრა:

$$\text{მღუნავი მომენტი: } M_{\text{max}} = \frac{q_c \cdot B^2}{8} = \frac{98,1 \cdot 25}{8} = 306,5 \text{ კნ/მ};$$

$$\text{განივი ძალა: } Q_{\text{max}} = \frac{q_c \cdot B}{2} = \frac{98,1 \cdot 5}{2} = 245,3 \text{ კნ};$$

ბ) მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მიხედვით წინააღობის საჭირო მომენტის განსაზღვრა პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების გათვალისწინების გარეშე:

$$W_x = \frac{M}{R_y \gamma_c} = \frac{30650}{27 \cdot 1,0} = 1135,2 \text{ სმ}^3;$$

იგივე მახასიათებელი პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების გათვალისწინებით

$$W_x = \frac{M}{c_1 R_y \gamma_c} = \frac{30650}{1,1 \cdot 27 \cdot 1,0} = 1032,1 \text{ სმ}^3;$$

გ) გაგლინური პროფილების სორტამენტიდან ორტესებრის შერჩევა, რომლის წინააღობის მომენტი ტოლია ან მცირედ აღემატება საჭირო სიდიდეს. მოცემულ შემთხვევაში (ГОСТ 8239-89): ორტესებრი №45. ძირითადი პარამეტრები:

$b = 16$ სმ, $W_x = 1231$ სმ³, $t_w = 0,9$ სმ, $I_x = 27696$ სმ⁴, $A = 84,7$ სმ², $I_y = 1,42$ სმ, $S_x = 706$ სმ³.

დ) შერჩეული კვეთის შემოწმება ნორმალური ძაბვების მიხედვით კოჭის ექსპლუატაციის დროს პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების გათვალისწინების გარეშე:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{30650}{1231} \leq R_y \gamma_c = 27 \cdot 1,0 \text{ კნ/სმ}^2.$$

მოცემულ შემთხვევაში

$$\sigma = 24,9 \text{ კნ/სმ}^2 < 27 \text{ კნ/სმ}^2.$$

კოჭის ექსპლუატაციის დროს პლასტიკური დეფორმაციების გათვალისწინებით შერჩეული კვეთის შემოწმება ხდება გამოსახულებით (IV.17).

ე) კოეფიციენტის განსაზღვრა ხდება შემდეგი თანმიმდევრობით:

- განისაზღვრება მხები ძაბვის მნიშვნელობა საყრდენ კვეთში გამოსახულებით:

$$r = \frac{Q}{l_w(h-2l_f)} = \frac{245,3}{0,9 \cdot 42,2} = 6,5 \text{ კნ/სმ}^2;$$

- განისაზღვრება საანგარიშო წინაღობა ძვრაზე:

$$R_x = 0,58R_y = 0,58 \cdot 27 = 15,7 \text{ კნ/სმ}^2.$$

- [I] - ის შესაბამისად,

$$\text{თუ } r \leq 0,5R_x; \quad c_1 = c$$

$$\text{თუ } 0,5R_x < r \leq 0,9R_x; \quad c_1 = 1,05 \sqrt{\frac{1-(r/R_x)^2}{1-\alpha(r/R_x)^2}} \text{ სადაც } \alpha = 0,7 \text{ კედლის სიბრტყეში}$$

ღუნვადი ორტყეხბერი კოჭისთვის და $\alpha = 0$ სხვა ტიპის განივეკეთებისთვის. მოცემულ შემთხვევაში $6,5 < 7,8$ ამდენად $c = c_1$

იმისათვის, რომ ვისარგებლოთ ქვემოთ მოცემული ცხრილით

განივეკეთის მახასიათებლები	A_f/A_w	c
A_f -თაროს განივეკეთის ფართი	0,25	1,19
A_w -კედლის განივეკეთის ფართი	0,50	1,12
	1,0	1,07
	2,0	1,04

განესახელებათ თანაფარდობას $\frac{A_f}{A_e} = \frac{22.7}{39.3} = 0,6$ შესაბამისად ინტერპოლაციით გვექნება $c = 1,11$.

(IV.17) გამოსახულების შესაბამისად გვექნება

$$\sigma = \frac{30650}{1,11 \cdot 1231} = 22,4 < 27 \text{ კნ/სმ}^2.$$

ფენილის კოჭის შემოწმება სიხისტეზე:

$$\frac{f}{B} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_e B^3}{EI} = \frac{5}{384} \cdot \frac{125 \cdot 98,1}{2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,277 \cdot 10^{-3}} = 0,00274 < \frac{1}{250} = 0,004.$$

ფენილის კოჭს საერთო მდგრადობაზე აღარ ვამოწმებთ, რამდენადაც ვთვლით რომ ორივე მიმართულებით დამაგრებულია ფენილით (უმრავლეს შემთხვევაში ასეც არის რეალურ პირობებში).

II. შედგენილი კოჭის გაანგარიშება

გაანგარიშების თანმიმდევრობა (იხ. გვ. 59-64)

ფენილის კოჭიდან მთავარ კოჭზე დატვირთვების მრავალ წერტილში გადაცემის გათვალისწინებით, მთავარ კოჭზე მოსულ დატვირთვას ვთვლით თანაბარგანაწილებულად. მისი მნიშვნელობა ერთ გრძივ მეტრზე

$$q_e'' = 1,015 \frac{q_e}{b} B = 1,015 \cdot 37,52 \cdot 5 = 190,4 \text{ კნ/მ};$$

$$q_e''' = 1,015 \frac{q_e}{b} B = 1,015 \cdot 44,6 \cdot 5 = 226,3 \text{ კნ/მ}.$$

კოჭის განიეკეთში მოქმედი მაქსიმალური ძალების განსახელება:

$$\text{მღუნავი მომენტი: } M_{\max} = \frac{q_e'' L^2}{8} = \frac{226,3 \cdot 15,4^2}{8} = 6708,7 \text{ კნ/მ}^2;$$

$$\text{განივი ძალა: } Q_{\max} = \frac{q_e'' \cdot L}{2} = \frac{226,3 \cdot 15,4}{2} = 1742,5 \text{ კნ};$$

კოჭის სიმაღლის წინასწარი დანიშვნა პირობიდან $h = \left(\frac{1}{8} \dots \frac{1}{12} \right) l$; მოცემულ

$$\text{შემთხვევაში } h = \frac{L}{10} = \frac{1540}{10} = 154 \text{ სმ}.$$

კოჭის კედლის სისქის წინასწარი დანიშვნა შემდეგი გამოსახულების $t_w = 7 + 3h$ შესაბამისად. მოცემულ შემთხვევაში

$$t_w = 7 + 3 \frac{1540}{1000} = 11,6 \text{ მ}$$

კოჭის კედლის სისქის შემოწმება (VII.6) გამოსახულებით:

$$t_w \geq 1,5 \frac{1742,5}{150 \cdot 15,7} = 1,11 \text{ სმ. ენიშნავთ კოჭის კედლის სისქეს } t_w = 1,2 \text{ სმ}$$

კოჭის განივიკვეთის წინაღობის მომენტი

$$W = \frac{M_{\max}}{\gamma_c R_f} = \frac{670870}{1,1 \cdot 27} = 22588,2 \text{ სმ}^3.$$

კოჭის ოპტიმალური სიმაღლე

$$h_{opt} = 1,15 \sqrt{\frac{22588,2}{1,2}} = 157,7 \text{ სმ.}$$

კოჭის მინიმალური სიმაღლე განისაზღვრება (VII.5) გამოსახულებით. თავდაპირველად განესაზღვროთ მდუნავი მომენტის ნორმატიული მნიშვნელობა:

$$M_{\max} = \frac{q_w^2 L^2}{8} = \frac{190,4 \cdot 15,4^2}{8} = 5644,4 \text{ კნ/მ}^2,$$

შესაბამისად

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{1500,4^2 \cdot 27 \cdot 1,1}{2,1 \cdot 10^4 \cdot 3,75} \cdot \frac{5644,4}{6708,7} = 149,1 \text{ სმ.}$$

კოჭის საბოლოო სიმაღლეს h_b ვიღებთ h_{opt} - ისა და h_{\min} - ის მნიშვნელობებიდან უმეტესის შესაბამისად. მოცემულ შემთხვევაში გვექნება $h_b = 160$ სმ.

თაროების საჭირო ფართი:

$$\text{კოჭის განივიკვეთის საჭირო ინერციის მომენტი } I = \frac{22588,2 \cdot 160}{2} = 1807056 \text{ სმ}^4.$$

$$\text{კოჭის კედლის ინერციის მომენტი } I_w = \frac{1,2 \cdot 156^3}{12} = 379642 \text{ სმ}^4;$$

$$(VII.9) \text{ გამოსახულებიდან } I_f = 1807056 - 379642 = 1427414 \text{ სმ}^4;$$

(VII.10) გამოსახულებიდან თაროების საჭირო განივიკვეთის ფართობი:

$$A_f = \frac{2 \cdot 1427414}{156^2} = 117,3 \text{ სმ}^2.$$

ენიშნავთ თაროს სიგანეს $b_f = 44$ სმ. შესაბამისად თაროს სისქე $t_f = \frac{117,3}{44} = 2,66$ სმ. ვიღებთ $t_f = 2,8$ სმ.

ვამოწმებთ მიღებულ სიდიდეებს () თანაფარდობის შესაბამისად

$$\frac{22}{2,8} = 7,86 \leq 0,5 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^4}{27}} = 13,9.$$

მიღებული განიეკეთის ინერციის მომენტი:

$$I = \frac{1,2 \cdot 154,4^3}{12} + 2 \cdot 44 \cdot 2,8 \left(\frac{157,2}{2} \right)^2 = 368079,7 + 1522249,3 = 1890329 \text{ სმ}^4.$$

წინაღობის მომენტი

$$W' = \frac{2I}{h_b} = \frac{2 \cdot 1890329}{160} = 23629,1 \text{ სმ}^3.$$

შემოწმება სიმტკიცეზე

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W'} = \frac{670870}{23629,1} = 28,39 < 27 \cdot 1,1 = 29,7 \text{ კნ/სმ}^2.$$

შემოწმება სიხისტეზე:

$$\frac{f}{L} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_n L^3}{EI} = \frac{5}{384} \cdot \frac{190,4 \cdot 3652,3}{2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,019} = 0,0022 < \frac{1}{400} = 0,0025.$$

ამრიგად, მიღებული განიეკეთი ორივე პირობას აკმაყოფილებს.

III. კოჭის კედლის ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება

შედგენილი კოჭის კედლის პირობითი მოქნილობა განისაზღვრება გამოსახულებით (VII.13). მოცემულ შემთხვევაში

$$\bar{\lambda}_w = \frac{154,4}{1,2} \sqrt{\frac{27}{2,1 \cdot 10^4}} = 4,61 > 3,2$$

სიხისტის წიბოებს შორის მანძილი (გვ.62) $a \leq 314,4$; ვიღებთ $a = 2,2$ მ. (მიიღება ამოცანის მოცემულობით განსაზღვრული მანძილით ფენილის კოჭებს შორის)

სიხისტის წიბოს სიგანე (VII.14) $b_h \geq \frac{1572}{30} + 40 = 92,4$ მმ. ვიღებთ $b_h = 9$ სმ.

სიხისტის წიბოს სისქე (VII.15) $t_h \geq 18 \sqrt{\frac{27}{2,1 \cdot 10^4}} = 0,64$. ვიღებთ $t_h = 6$ მმ.

კრიტიკული ნორმალური ძაბვის მნიშვნელობის მისაღებად განვსაზღვროთ c_σ -ის მნიშვნელობა, რისთვისაც (VII.19) გამოსახულებით ვპოულობთ δ -მნიშვნელობას

$$\delta = 0,8 \frac{44}{157,2} \left(\frac{2,8}{1,2} \right)^3 = 2,76.$$

შესაბამისად, ცხრილიდან ინტერპოლაციით $c_\sigma = 33,4$

კრიტიკული ნორმალური ძაბვის მნიშვნელობა (VII.18) გამოსახულების შესაბამისად:

$$\sigma_\sigma = 33,4 \frac{27}{4,61^2} = 42,4 \text{ კნ/სმ}^2.$$

განივი სიხისტის წიბოების მოწყობის შედეგად მიღებული სწორკუთხედის დიდი

გვერდის მცირესთან ფარდობა $\mu = \frac{2,2}{1,544} = 1,4$,

მოქნილობა $\lambda_\sigma = \frac{154,4}{1,2} \sqrt{\frac{27}{2,1 \cdot 10^4}} = 4,6$.

კრიტიკული მხები ძაბვის მნიშვნელობა () გამოსახულების შესაბამისად

$$\tau_\sigma = 10,3 \left(1 + \frac{0,76}{1,4^2} \right) \cdot \frac{15,7}{4,6^2} = 10,6 \text{ კნ/სმ}^2.$$

განვსაზღვროთ შედგენილი კოჭის ერთ-ერთ კვეთში მოქმედი ძალები. მაგალითად, $x = 18$. (x წარმოადგენს კვეთის აბსცისას):

$$Q = q_c^m \left(\frac{L}{2} - x \right) = 226,3 \left(\frac{15,4}{2} - 1 \right) = 1516,2 \text{ კნ};$$

$$M = \frac{q_c^m x (L - x)}{2} = \frac{226,3 (15,4 - 1)}{2} = 1629,4 \text{ კნმ};$$

$$\tau = \frac{Q}{t_v h_\sigma} = \frac{1516,2}{1,2 \cdot 157,2} = 8 \text{ კნ/სმ}^2;$$

$$\sigma = \frac{M}{W} \cdot \frac{h_{\sigma}}{h} = \frac{163940}{23629,1} \cdot \frac{157,2}{160} = 6,9 \text{ კნ/სმ}^2.$$

განივი სიხისტის წიბოებით გამაგრებული სიმეტრიული შედგენილი კოჭების კედლის მდგრადობის პირობის (VII.24) შესაბამისად

$$\sqrt{\left(\frac{6,9}{42,4}\right)^2 + \left(\frac{8}{10,6}\right)^2} = \sqrt{0,0265 + 0,5696} = 0,772 < 1.$$

გაეიმეოროთ იგივე პროცედურა $x = 6$ მ სისის მქონე კვეთისთვის:

$$Q = 226,3 \left(\frac{15,4}{6} - 1 \right) = 354,5 \text{ კნ};$$

$$M = \frac{226,3 \cdot 6 \cdot (15,4 - 6)}{2} = 6381,7 \text{ კნ/მ}^2;$$

$$r = \frac{354,5}{1,2 \cdot 157,2} = 1,8 \text{ კნ/სმ}^2;$$

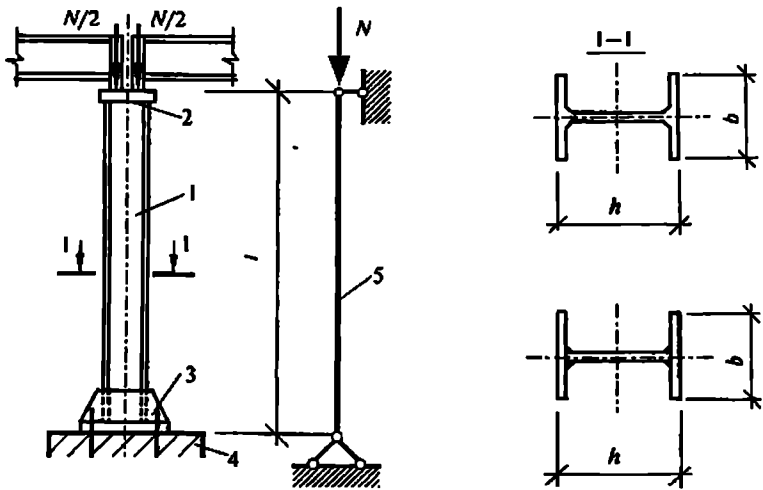
$$\sigma = \frac{638170}{23629,1} \cdot \frac{157,2}{160} = 26,1 \text{ კნ/სმ}^2;$$

$$\sqrt{\left(\frac{26,1}{42,4}\right)^2 + \left(\frac{1,8}{10,6}\right)^2} = \sqrt{0,3786 + 0,0286} = 0,638 < 1.$$

ანალოგიური პროცედურა ტარდება სხვა კვეთებშიც.

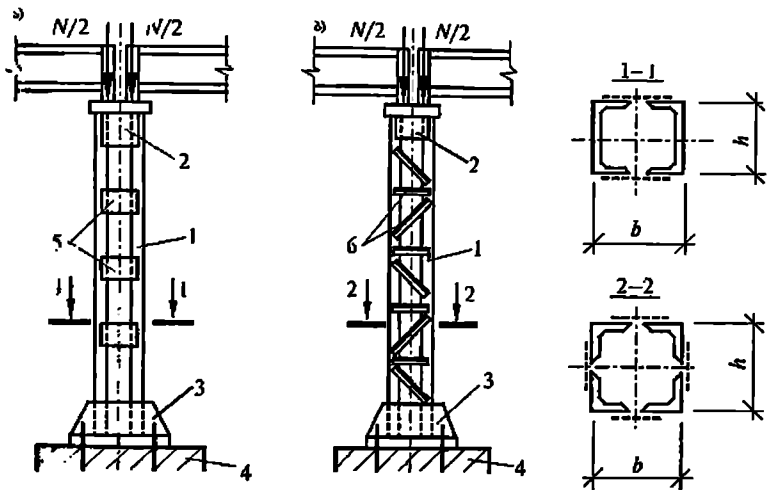
კონსტრუქციული გადაწყვეტები. შემაღგენელი ელემენტები.

კოლონა წარმოადგენს კარკასის/სხვა სახის კონსტრუქციული სისტემის შემაღგენელ დამოუკიდებელ ვერტიკალურ კონსტრუქციულ ელემენტს, რომელიც მისზე მოსულ დატვირთვას საძირკველს გადასცემს. ის შედგება შემდეგი ძირითადი ელემენტებისაგან: (ნახ.24): სათავე, წარმოადგენს დატვირთვის მიმღებ ელემენტს; ღერო - ძირითად მზიდ ელემენტს; ბაზა - ღეროდან მოსულ დატვირთვის საძირკველზე გადაამანაწილებელ და მასთანვე კოლონის დამაკავშირებელ ელემენტს. მუშაობის სახეობის და კონსტრუქციულ გადაწყვეტის



ნახ. 29. ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე მთლიანკედლიანი კოლონა:

- 1 - კოლონის ღერო; 2 - კოლონის სათავე; 3 - კოლონის ბაზა; 4 - საძირკველი;
5 - საინგარიშო სქემა.



ნახ. 30 ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე გამჭოლკედლიანი კოლონა:

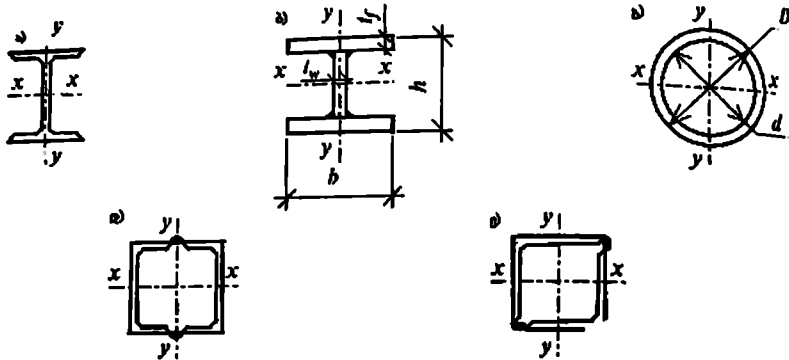
ა) ღეროების შეერთება თამასებით; ბ) ღეროების შეერთება კუთხოვანებით
 შედგენილი გისოსით; 1 - კოლონის ღერო; 2 - კოლონის სათავე; 3 - კოლონის
 ბაზა; 4 - საძირკველი; 5 - თამასები; 6 - კუთხოვანები.

შესაბამისად, განასხვავებენ ცენტრალურ ან არაცენტრალურ (აგრეთვე იხმარება
 ტერმინი ექსცენტრული) კუმშვაზე მომუშავე მთლიანკედლიან და გამჭოლკედლიან
 კოლონებს.

ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე კოლონებში (მათ ზოგჯერ დგარებსაც
 უწოდებენ) გრძივი ძალა მოქმედებს კოლონის ღერძის გასწვრივ და იწვევს კვეთის
 თანაბარ კუმშვას. მთლიანკედლიანი კოლონა წარმოადგენს მთელს სიმაღლეზე
 შედუღების უწყვეტი ნაკერებით ერთმანეთთან დაკავშირებული ვერტიკალური
 ელემენტების ერთობლიობას. გაგლინური პროფილის შემთხვევაში ერთ ელემენტს.
 გამჭოლკედლიანი კოლონა წარმოადგენს მთელს სიმაღლეზე განსაზღვრული
 ბიჯით ერთმანეთისგან დაცილებული თამასებით/გისოსის ელემენტებით
 ერთმანეთთან დაკავშირებულ ცალკეულ შტოებს.

ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე მთლიანკედლიანი კოლონები.

ნახ. 26 -ზე მოცემულია მთლიანკედლიანი კოლონის განივკვეთის ყველაზე მეტად
 გავრცელებული ტიპები. კოლონის განივკვეთის ტიპის განმსაზღვრელი მისი



ნახ. 31. მთლიანკედლიან კოლონათა განივკვეთები:

- ა) ნაგლინი ორტესებრი; ბ) შედგენილი ორტესებრი; გ) წრიული (მილი); დ) ორი შეელერის შეერთებით; ე) ორი კუთხოვანის შეერთებით.

სიმაღლე, მასზე მოსული დატვირთვის სახეობა და სიდიდე. ისინი წარმოდგენილი არიან გაგლინული ან შედგენილი პროფილებით. ეს უკანასკნელი თავის მხრივ წარმოადგენს შედუღებით ერთმანეთთან დააკავშირებული გაგლინული პროფილების ან ფურცლების ერთობლიობას. ზოგადად განივკვეთის ტიპის შერჩევის/დაგეგმარებას საფუძვლად უდევს თანაბარმდგრადობის პრინციპი. როგორც ნახ. 31-ზე ჩანს ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმა არის ორტესებრი (სხვადასხვა მოდიფიკაციით), მიუხედავად იმისა, რომ მასში ვერ ხერხდება ზემოთ ხსენებული, მატერიალური ღერძების მიმართ თანაბარმდგრადობის პრინციპის სრულად უზრუნველყოფა. აღნიშნული ნაკლი ყველაზე მეტად ხასიათდება გაგლინული პროფილით წარმოდგენილი კოლონა (ნახ.), რომელიც შეიარჩევა მაქსიმალური მოქნილობის მიხედვით, აუცილებლად თან ახლავს მასალის გადახარჯვა. შესაბამისად, ამ ტიპის განივკვეთებს ეხედებით მცირე სიმაღლისა და ნაკლებად დატვირთულ კოლონებში.

ზემოთ აღნიშნული ნაკლის მინიმიზაციის საშუალება ჩნდება ფურცლებისაგან შედგენილი ორტესებრი განივკვეთის მქონე კოლონებში შედარებით განიერი თაროებისა და თხელი კედლის დაპროექტების გზით. აგრეთვე კოლონათა აღნიშნული კონსტრუქციული გადაწყვეტის დადებით მახასიათებლად ითვლება მის მომიჯნავე/ზედა ელემენტებთან შეერთების კონსტრუქციული გადაწყვეტის/განხორციელების სიმარტივე. სწორედ აღნიშნული პროცესის სირთულე არის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი, რომელიც ნაკლებადეფექტურს ხდის თანაბარმდგრადობის პრინციპის მიხედვით ყველაზე მეტად მისაღებ წრიულ განივკვეთს (ნახ. 26. გ). მოცემულ პუნქტში განხილული კოლონების ღერძს მსიძუნარაიანობის/ზღვრული მდგომარეობიდან დაზღვევის უზრუნველსაყოფად უნდა მოხდეს მისი შემოწმება: სიმტკიცეზე - გამოსახულება (IV.6) და (IV.7) (ამის საჭიროების არსებობის შემთხვევაში);

წინამდებარე ალორითმის რეალიზაციის ნიმუში.

მოცემულია: $N = 2900$ კნ. $l = 6$ მ. მასალა ფოლადი C255 $R_y = 24$ კნ/სმ²

განივი კვეთი წარმოადგენს შედგენილ ორტესებს. ამასთან უზრუნველყოფილია ავტომატური შედუღების შესაძლებლობა.

შეგარჩილთ კოლონის განვიკვეთი: დაენიშნოთ წინასწარ კოლონის მოქნილობა $\lambda = 70$

შესაბამისად, $\phi = 0,754$

განიკვეთის საჭირო ფართი: $A = \frac{2900}{0,754 \cdot 24 \cdot 0,95} = 168,7$ სმ².

კოლონის საანგარიშო სიგრძე ჩამატრების პირობების მიხედვით

$$l_x = l_y = l_{ef} = \mu l = 1 \cdot 6 = 6 \text{ მ}$$

შესაბამისად $i_x = i_y = \frac{l_{ef}}{\lambda} = \frac{600}{70} = 8,7$ სმ

კვეთის თაროს სიგანის მინიმალურად საჭირო ზომა:

$$b_y = \frac{i_y}{\alpha_2} = \frac{8,7}{0,24} = 36,3 \text{ სმ.}$$

ავტომატური შედუღების უზრუნველსაყოფად დაენიშნოთ $h_{ef} = 42$ სმ. კედლის სისქეს t_w ვნიშნავთ შემდეგი თანაფარდობების გათვალისწინებით. ორტესები განვიკვეთისთვის [1,2]:

$$\bar{\lambda} < 2,0 \quad \frac{h_{ef}}{t_w} \leq (1,30 + 0,15\bar{\lambda}^2) \sqrt{\frac{E}{R_y}}$$

$$\bar{\lambda} \geq 2,0 \quad \frac{h_{ef}}{t_w} \leq (1,20 + 0,35\bar{\lambda}) \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad \text{მაგრამ ნებისმიერ შემთხვევაში}$$

$$(1,20 + 0,35\bar{\lambda}) \leq 2,3.$$

$$\text{ჩვენი ამოცანისათვის } \bar{\lambda} = 70 \sqrt{\frac{24}{2,1 \cdot 10^4}} = 2,36 \text{ შესაბამისად,}$$

$$\frac{h_{ef}}{t_w} \leq (1,20 + 0,35 \cdot 2,36) \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^4}{24}} = 59,93; \quad t_w \leq \frac{59,93}{420} = 0,14 \text{ სმ.}$$

დაენიშნოთ $t_w = 1,2$ სმ. ამასთან $\frac{h_f}{t_w} = \frac{42}{1,2} = 35 \leq 59,93$ სმ.

თაროების საჭირო ფართი $A = \frac{168,7 - 42 \cdot 1,2}{2} = 59,15$ სმ².

დაენიშნოთ თაროს ზომები 400×16 მმ, ამასთან $A = 40 \cdot 1,6 = 64$ სმ²

თაროების შემოწმება ადგილობრივ მდგრადობაზე

$\frac{b_f}{t_w} = (0,36 + 0,10\lambda) \sqrt{\frac{E}{R_f}}$; მოცემულ შემთხვევაში $b_f = \frac{40 - 1,2}{2} = 19,4$;

$\frac{b_f}{t_w} = \frac{19,4}{1,2} = 16,1 \leq (0,36 + 0,1 \cdot 2,36) \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^4}{24}} = 17,5$.

ამრიგად შერჩეული განიეკვეთის ზომებია:

$b_f = 40$ სმ, $t_f = 1,6$ სმ, $h_w = 38,8$ სმ, $t_w = 1,2$ სმ, $h = 42$ სმ.

განიეკვეთის გომეტრიული მახასიათებლები:

$A = 2 \cdot 64 + 38,8 \cdot 1,2 = 174,56$ სმ²;

$I_y = 2 \cdot \frac{1,2 \cdot 40^3}{12} = 12800$ სმ⁴; $i_y = \sqrt{\frac{12800}{174,56}} = 8,56$ სმ;

$i_x \approx 0,4 \cdot h_w = 0,4 \cdot 38,8 = 15,52 > 8,56$.

შესაბამისად მდგრადობაზე შემოწმებას ვახდენთ $y-y$ ღერძის მიმართ

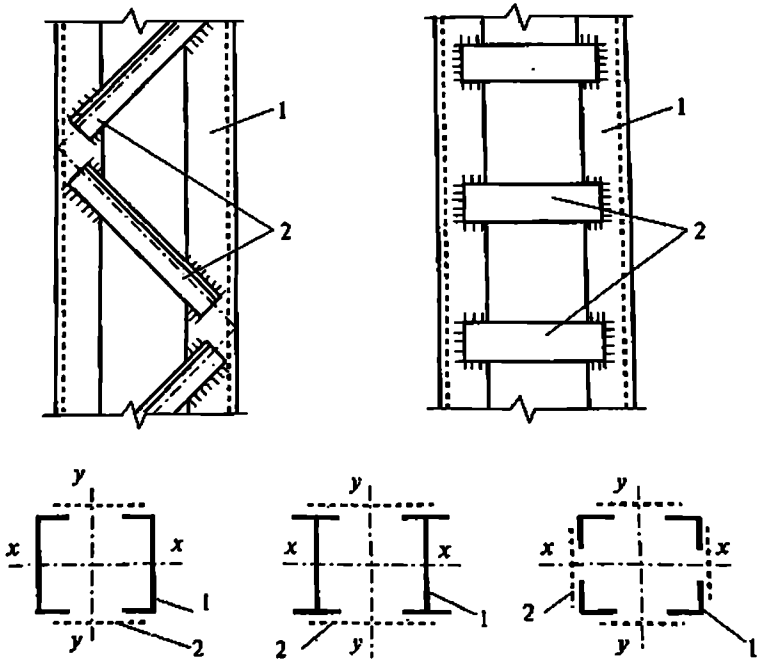
$\lambda_y = \frac{600}{8,56} = 70,09$ შესაბამისად, $\varphi = 0,754$

შემოწმება მდგრადობაზე

$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} = \frac{2900}{0,754 \cdot 174,56} = 22,03 < 24$ კნ/სმ².

ცენტრალური კუმშვაზე მომუშავე გამჭოლკედლიანი კოლონები.

ნახ. 32 - ზე ნაჩვენებია გამჭოლკედლიანი კოლონის განივიკვეთის ყველაზე მეტად გავრცელებული ტიპები. ძირითადად მათი განივიკვეთი წარმოადგენს თამასებით ან გისოსით ერთმანეთთან დაკავშირებულ გაგლინულ პროფილებს. კოლონის განივიკვეთის შტოების გადაკვეთით მთავარ ღერძს მატერიალური ღერძი ეწოდება, შტოებს შორის გამავალს - თავისუფალი. კოლონის განივიკვეთის ტიპის განმსაზღვრელია მისი სიმაღლე, მასზე მოსული დატვირთვის ხახეობა და სიდიდე. როგორც ნახაზებიდან (ნახ.32) ჩანს, გამჭოლის ცენტრალურად შეკუმშული კოლონის განივიკვეთი შედგება ორი ან ოთხი შტოსაგან, შესაბამისად შევლერებისა და კუთხოვანების გამოყენებით. დიდი დატვირთვების შემთხვევაში შტოების ფუნქციას შეიძლება ასრულებდეს გაგლინული და შედგენილი ორტესებრი პროფილები. თამასები /გისოსი უზრუნველყოფენ კოლონის ღერძს შტოების ერთობლივ მუშაობას. მათი მუშაობა აგრეთვე შტოს კოლონის მიდგრადობის ერთ-ერთი ძირითადი განმაპირობებელი ფაქტორია.



ნახ. 32. გამჭოლკედლიანი კოლონის განივიკვეთის ფორმები და გისოსის სახეობები: კუთხოვანებით, თამასებით 1 - კოლონის შტო; 2 - გისოსი.

განივკვეთის შერჩევის/დაგეგმარების შემთხვევაში ისევე როგორც ზემოთ. (იხ. გვ.82) მოცემულ შემთხვევაშიც განმოსაზღვრელია თანაბარმდგრადობის პრინციპი, რომლის მისაღწევადაც უნდა უსრუნველყოფილ იქნეს პირობა:

$$\lambda_x = \lambda_{red}, \quad (IX.3)$$

სადაც λ_{red} არის შედგენილი კეთის დაყვანილი მოქნილობა, რომელიც ითვალისწინებს შტოების ურთიერთკავშირების სახეობებსა და სიხისტეს. მისი მნიშვნელობა შტოების თამასებით დაკავშირებისა და ირიბნული გისოსის შემთხვევაში შესაბამისად განისაზღვრება გამოსახულებებით:

$$\lambda_{\sigma} = \sqrt{\lambda_{\sigma}^2 + \lambda_1^2}; \quad (IX.4)$$

$$\lambda_{\sigma} = \sqrt{\lambda_{\sigma}^2 + \alpha \frac{A}{A_2}}, \quad (IX.5)$$

სადაც λ_{σ} არის კოლონის მოქნილობა თავისუფალი ღერძის მიმართ განსაზღვრული როგორც მთლიანკედლიანი კოლონისათვის; λ_1 - ცალკე შტოს მოქნილობა 1-1 ღერძის მართობულ სიბრტყეში დადუღებულ თამასებს შორის უბანზე

$$\lambda_1 \approx \frac{l_1}{i_1}, \quad (IX.6)$$

l_1 არის ცალკეული შტოს ინერციის რადიუსი თავისივე 1-1 ღერძის მიმართ; i_1 - მანძილი თამასებს შორის სინათლეში. α - კოეფიციენტი რომლის მნიშვნელობა დამოკიდებულია გისოსის ირიბანის დახრის კუთხეზე და განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\alpha = \frac{10I_{\sigma}^2}{b_{\sigma}^2 l_1}, \quad (IX.7)$$

l_1 - ირიბნის სიგრძე, b_{σ} - შტოების ღერძებს შორის მანძილი; I_{σ} - გისოსის უახლოეს კვანძებს შორის მანძილი; A - მთელი ღეროს განივკვეთის ფართი; A_2 - კოლონის ღეროს განივკვეთის ერთდროულად "გადაჭრილი", პარალელურ სიბრტყეებში მდებარე გისოსები.

ამრიგად თავისუფალი ღერძის მიმართ მდგრადობის შემოწმება ხდება დაყვანილი მოქნილობის, ხოლო ბატერიალური ღერძის მიმართ - საერთო მოქნილობის მიხედვით, რამდენადაც ამ უკანასკნელ შემთხვევაში განივკვეთი მუშაობს როგორც მთლიანი. განივკვეთის შერჩევის ალგორითმი, თითქმის ყველა პუნქტში ან სრულად იმეორებს მთლიანი კოლონის განივკვეთის შერჩევისთვის

ნაწერილი ალგორითმს (იხ. გვ.83) ან ნაწილობრივ კორექტირებულად. კერძოდ უცვლელია ა), ბ), გ), დ) პუნქტები. ამ უკანასკნელისთვის ნაწილობრივი კორექტირება განისაზღვრება წინასწარდანიშნული მოქნილობის ზღვრების, კოლონაზე მოსული დატვირთვისა და სიმაღლის შესაბამისად მცირედი ცვლილებით. აიღება (90-დან 40-მდე). პუნქტი ე) რჩება უცვლელი, ანუ განისაზღვრება ინერციის რადიუსი მატერიალური ღერძის მიმართ საერთო მოქნილობის შესაბამისად;

ვ) ფართისა და ინერციის რადიუსის შესაბამისად სორტამენტიდან შეირჩევა გაგლიწული პროფილი მოთხოვნილ/საჭირო პარამეტრებთან მაქსიმალურად შესაძლო შესაბამისობით და მოხდება მისი შემოწმება (IV.10) გამოსახულებით, რომლისთვისაც ϕ კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება რეალური მოქნილობის შესაბამისად

$$\lambda_d = \frac{l_m}{l_s}; \quad (IX.8)$$

ზ) შტოებს შორის მანძილის დანიშვნა (IX.3) ტოლობის გათვალისწინებით

თ) თავისუფალი ღერძის მიმართ მოქნილობის განსაზღვარა შემდეგი გამოსახულებებით:

$$\lambda_r = \sqrt{\lambda_{rm}^2 - \lambda_1^2} = \sqrt{\lambda_r^2 - \lambda_1^2}; \quad (IX.9)$$

$$\lambda_r = \sqrt{\lambda_r^2 - \alpha \frac{A}{A_n}}. \quad (IX.10)$$

ამასთან დაცული უნდა იყოს პირობა $\lambda_1 < \lambda_r$, რათა არ მოხდეს ცალკეულ შტოს მიედუნარიანობის დაკარგვა, მთლიანი კოლონის მდგრადობის დაკარგვამდე;

ი) მოქნილობის λ_r მიღებული სიდიდის შესაბამისი ინერციის რადიუსის განსაზღვრა

$$i_r = \frac{l_0}{\lambda_r}; \quad (IX.11)$$

კ) შტოებს შორის საჭირო მანძილის განსაზღვრა გამოსახულებით

$$b = \frac{l_r}{\alpha_2}, \quad (IX.12)$$

სადაც α_2 არის ფორმის კოეფიციენტი (იხ. პუნქტი ე გვ.83)

ლ) იხილეთ პუნქტი „თ“ გვ.83

წინამდებარე ალგორითმის რეალიზაციის ნიმუში

მოცემულობა: $N = 1900$ კნ. $l = 6$ მ. მასალა ფოლადი C255 $R_y = 24$ კნ/სმ².

განიკვეთი შედგენილია თამასებით ერთმანეთთან დაკავშირებული ორი შევლერისაგან.

შეეარჩიოთ კოლონის განიკვეთი: დაენიშნოთ წინასწარ კოლონის მოქნილობა $\lambda = 70$

შესაბამისად, $\phi = 0,754$

$$\text{განიკვეთის საბუთო ფართი: } A = \frac{1900}{0,754 \cdot 24 \cdot 0,95} = 110,52 \text{ სმ}^2.$$

კოლონის საანგარიშო სიგრძე ჩამატრების პირობების მიხედვით

$$l_x = \mu l = 1 \cdot 6 = 6 \text{ მ.}$$

$$\text{შესაბამისად, } i_x = \frac{l_x}{\lambda} = \frac{600}{70} = 8,7 \text{ სმ.}$$

მიღებული მახასიათებლების შესაბამისად სორტამენტიდან (ГОСТ 8240-93)

ვღებთ ორ შევლერს №40, $A = 61,5 \cdot 2 = 123$ სმ², $i_x = 15,70$ სმ, $\alpha_y = 2,75$ სმ,

$$I_y = 642 \text{ სმ}^4, \quad i_y = 3,23 \text{ სმ.}$$

შემოწმება მდგრადობაზე მატერიალური ღერძის მიმართ

$$\lambda_x = \frac{600}{15,70} = 38,2 \quad \text{შესაბამისად, } \phi_x = 894;$$

$$\sigma = \frac{1900}{0,894 \cdot 123 \cdot 0,95} = 17,6 < 24 \text{ კნ/სმ}^2.$$

ეუშვებთ, რომ შტოს მოქნილობა $\lambda_1 = 30$ და თანაბარმდგრადობის პირობიდან ვსაზღვრავთ საბუთო მოქნილობას თავისუფალი ღერძის მიმართ:

$$i_y = \sqrt{\lambda_{1y}^2 - \lambda_1^2} = \sqrt{\lambda_1^2 - \lambda_1^2} = \sqrt{38,2^2 - 30^2} = 23,6.$$

ინერციის რადიუსი

$$i_y = \frac{i_0}{\lambda_y} = \frac{600}{23,6} = 25,4 \text{ სმ.}$$

შტოებს შორის საჭირო მანძილი

$$b = \frac{i_1}{\alpha_2} = \frac{25,4}{0,44} = 57 \text{ სმ.}$$

ვიღებთ $b = 40$ სმ. შესაბამისად შტოების თაროებს შორის თავისუფალი მანძილის მნიშვნელობა $b_1 = 40 - 11,5 \cdot 2 = 17 > 10$ სმ.

მდგრადობაზე შემოწმება თავისუფალი ღერძის $y-y$ მიმართ

შტოს სიგრძე $I_b = \lambda_1 \cdot i_y = 30 \cdot 3,23 = 96,9$ სმ.

ვიღებთ თამასებს 240×8 მმ

φ_y -ის განსაზღვრისათვის ვადგენთ შემდეგი სიდიდეების მნიშვნელობებს:

$$I = \frac{0,8 \cdot 24^3}{12} = 921,6 \text{ სმ}^4 \quad b' = b - 2z_0 = 400 - 2 \cdot 27,5 = 345 \text{ მმ;}$$

$$I_{1,y} = 2 \left[I_y + A \left(\frac{b}{2} - z_0 \right)^2 \right] = 2 \left[642 + 61,5(20 - 2,75)^2 \right] = 37884,2 \text{ სმ}^4;$$

$$i_y = \sqrt{\frac{37884,2}{123}} = 17,55 \text{ სმ} \quad \lambda_y = \frac{600}{17,55} = 34,2$$

$$\frac{I \cdot I}{I_y b} = \frac{921,6 \cdot 121}{642 \cdot 34,5} = 5,03 > 5 \quad \text{შესაბამისად } \lambda_{y,cr} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} = \sqrt{34,2^2 + 30^2} = 45,5 \quad \varphi_y = 0,865$$

$$\sigma = \frac{1900}{0,885 \cdot 123 \cdot 0,95} = 18,4 < 24 \text{ კნ/სმ}^2.$$

განივი კვეთის დადგენის შემდგომი ეტაპია შემაერთებელი ელემენტების/გისოსის გაანგარიშება. თამასების გამოყენების შემთხვევაში მათ შორის მანძილი განისაზღვრება გამოსახულებით

$$l_1 = \lambda_1 l_1. \quad (\text{IX.13})$$

თამასების გაანგარიშება გულისხმობს მათი განივი კვეთისა და შტოზე დამაგრების (მიდუღების) შემოწმებას.

განგარიშება წარმოებს პირობით განივ ძალაზე Q_{κ} , რომლის მნიშვნელობის დადგენა ხდება ემპირიული გამოსახულებით. დატყუთვა მოქმედებს კოლონის ღეროს ყოველ კვანძში და თანაბრად არის გადაწაწილებული თამასების/გისისის სიბრტყეში. ამ უკანასკნელის რაოდენობის ($n = 2$) შესაბამისად

$$Q_i = \frac{Q_{\kappa}}{n}. \quad (\text{IX.14})$$

პირობითი განივი ძალით წარმოქმნილი, თამასების განთავსების სიბრტყეში მოქმედი გადამტრელების ძალისა F_i და მღუნაეი მომენტის M_i სიდიდეები, კოლონებიდან ამოტრეილი კვანძის წონასწორობის პირობიდან განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებებით:

$$\frac{Q_i l}{2} = \frac{F_i b}{2}; \quad (\text{IX.15})$$

$$F_i = \frac{Q_i l}{b}; \quad (\text{IX.16})$$

$$M_i = \frac{F_i Q_i}{2}, \quad (\text{IX.17})$$

სადაც l არის ფირფიტების ღერძებს შორის მანძილი, b — შტოების ღერძებს შორის მანძილი.

თამასის სიმტკიცეზე შემოწმება წარმოებს გამოსახულებით:

$$\sigma = \frac{M_i}{W_c} \leq R_y \gamma_c. \quad (\text{IX.18})$$

სადაც W_c არის თამასის წინაღობის მომენტი. თამასების საჭირო სიხისტის უზრუნველსაყოფად მათ ზომებს ნიშნავენ საზღვრებში: $a = (0,5 \dots 0,75)b$; $l = 6 \dots 12$ მმ. თამასის გადასეღა შტოზე აიღება 30 . . . 40 მმ-ის ფარგლებში. კუთხური ნაკერის, რომლის საშუალებითაც ხდება თამასის მიმაგრება შტოსთან, მღუნაეი მომენტის M_i და განივი ძალის Q_i ზემოქმედებაზე განგარიშების შესახებ იხ. გვ.

მაგალითი. თამასების განგარიშება (წინა მაგალითის გაგრძელება)

$$\varphi = 0,865, \quad N = 1900 \text{ კნ.}$$

პირობითი განივი ძალის მიშენელობა

$$Q_{\kappa} = 7,15 \cdot 10^{-4} \left(2330 - \frac{E}{R_y} \right) \frac{N}{\varphi} = 7,15 \cdot 10^{-4} \left(2330 - \frac{2,1 \cdot 10^4}{24} \right) \frac{1900}{0,865} = 24 \text{ კნ.}$$

(IX.15) გამოსახელების შესაბამისად

$$Q_1 = \frac{24}{2} = 12 \text{ კნ}$$

თამასების განთავსების სიბრტყეში მოქმედი განივი ძალა (IX.16)

$$F_1 = \frac{12 \cdot 120}{34.5} = 41,7 \text{ კნ}$$

მღუნავი მომენტი

$$M_1 = \frac{12 \cdot 120}{2} = 720 \text{ კნსმ.}$$

თამასების მიდულება შევლერების თარობებზე ხდება კუთხური ნაკერით $k_f = 6$ მმ ნაკერის შემოწმება ხდება Q_1 და M_1 ძალების ერთდროული მოქმედებისთვის თამასის უკიდურესი ზედა კუთხის წერილისათვის. შედულების ნაკერის მახასიათებლები: $R_{\sigma} = 21,5 \text{ კნ/სმ}^2$, $R_{\tau} = 16,4 \text{ კნ/სმ}^2$, $\beta_f = 0,7$; $\beta_s = 1$.

ნაკერის წინაღობის მომენტისათვის გვექნება

$$W = \frac{\beta_f \cdot k_f \cdot I^2}{6} = \frac{0,7 \cdot 0,6 \cdot 24^2}{6} = 40,3 \text{ სმ}^3.$$

ძაბვები F_1 ძალისგან

$$r = \frac{F_1}{A_{\sigma}} = \frac{41,7}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 24} = 4,1 \text{ კნ/სმ}^2.$$

(IX.18) გამოსახელების შესაბამისად

$$\sigma = \frac{720}{40,3} = 17,8 \text{ კნ/სმ}^2.$$

გადაჭრული ძალისა და მღუნავი მომენტის ზემოქმედების ტოლქმედზე შედულების ნაკერის შემოწმება:

$$\sqrt{4,1^2 + 17,8^2} = 18,3 < R_{\sigma} = 21,5 \text{ კნ/სმ}^2$$

შტოების გისოსური დაკავშირების შემთხვევაში ძირითადად გამოიყენება საჭირო ზომებად დაჭრილი კუთხოვანები, რომელთაგან იანგარიშება მხოლოდ შეკუმშული ირიბნები. განმბრჯენები კი რომლის დანიშნულებაც არის შტოს საანგარიშო სიგრძის შემცირება გაანგარიშების გარეშე აიღება იგივე განივკვეთის კუთხოვანა. Q_{σ} დატვირთვისაგან (იხ. გვ.91) ირიბნებში აღძრული გრძივი ძალის მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახელებით

$$N_{\sigma} = \frac{Q_1}{\sin \beta}, \quad (\text{IX.19})$$

სადაც β არის კუთხე ირიბანსა და შტოს შორის (ნახ.32)

ირიბნის მოქნილობას იღებენ $\lambda \leq 150$, მის შემოწმებას მდგრადობაზე კი ახორციელებენ გამოსახულებით:

$$\sigma = \frac{N_{\text{შ}}}{\phi A'_e} \leq R, \gamma_c \quad (\text{IX.20})$$

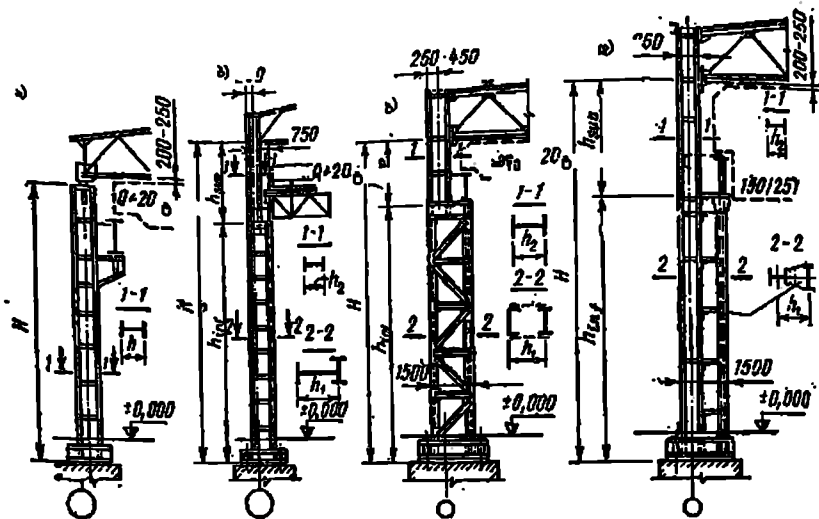
სადაც $\gamma_c = 0,75$ არის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; ϕ – მოქნილობის (λ) მიხედვით განსაზღვრული გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი (იხ. ცხრილი), A'_e – ერთი ირიბნის განივკვეთის ფართი.

არაცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე კოლონები.

ყველაზე მეტად (არა ყოველთვის) ასეთი ტიპის ძალოვანი ზემოქმედების ქვეშ იმყოფება კოლონა, რომელიც წარმოადგენს სამრეწველო შენობის (საამქრო) კარკასის შემადგენელ ელემენტს. არაცენტრალური შეკუმშული კოლონა განიცდის მღუნავი მომენტის და გრძივი ძალის ზემოქმედებას. აღნიშნული ძალოვანი ეფექტი ხდება ამ ტიპის კოლონის განივკვეთის ფორმის განმაპირობებელი, რომელიც შეიძლება იყოს სიმეტრიული ან არასიმეტრიული. პირველი ტიპის გადაწყვეტა რაციონალურია, უცვლელი ნიშნის მქონე მღუნავი მომენტის მოქმედების შემთხვევაში.

კოლონის მთელს სიმაღლეზე აღნიშნული ძალების მუდმივი მნიშვნელობის პირობებში გვაქვს უცვლელი/მუდმივი განივკვეთი. ერთ-ერთი (ან ორივე) ძალოვანი ფაქტორის არსებითი ცვლილების შემთხვევაში ცვლადი (საფეხურებრივი) განივკვეთი. სწორედ ეს უკანასკნელი არის ყველზე მეტად გაფრცვლელბული, ზემოთ ხსენებულ საამქროთა კარკასის კონსტრუქციულ გადაწყვეტებში. აღნიშნული ტიპის კოლონის ღერძი შეიძლება იყოს მთლიან/გამჭოლიკედლიანი.

ნახ.33-ზე მოცემულია ამ ტიპის კოლონის კონსტრუქციული გადაწყვეტის რამდენიმე ვარიანტი



ნახ.33. სამრეწველო შენობების/საამქროების არაცენტრალურად შეკუმშული კოლონების ძირითადი ტიპები: ა) მთლიანკედლიანი მუდმივი კვეთით; ბ) მთლიანკედლიანი ცვლადი კვეთით; გ) გამჭოლკედლიანი საფეხურებრივი; დ) გამჭოლკედლიანი - გაყოფილი.

ნახ. 33. ა) ბ) გ) - გამოყენების არეალი - დიდი ტვირთამწეობის მქონე ხილური ამწეებით აღჭურვილი საამქროები. კოლონის შემადგენელი ელემენტები - ამწეებშია და ამწხედა ნაწილები; განიეკვეთის შემადგენელი ელემენტები, ხილური ამწის კოლონაზე ცალმხრივი დაყრდნობის შემთხვევაში - გარე და ამწეებში შტოები; შტოების შეერთება - მთლიანკედლიანში უწყვეტ/მთლიანი ლითონის ფურცლით, გამჭოლკედლიანში - ორ პარალელურ სიბრტყეში განთავსებული, კუთხოვანებისაგან შედგენილი გისოსით.

ნახ. 33. დ) - გამოყენების არეალი - დიდი ტვირთამწეობის ($Q > 150$ ტ) ხილური ამწეებით აღჭურვილი საამქროები;

განიეკვეთის შემადგენელი ელემენტები - ამწეებშია დგარი, გარე შტო და მათი დამაკავშირებელი მოქნილი პორიზოტალური თამასების რიგი. მუშაობის პრინციპი - ვერტიკალური მიმართულებით თამასების მცირე სიხისტის პირობებში, ამწეებში შტო მუშაობს ცენტრალურ კუმშიაზე და არ გადასცემს ამ დატვირთვას გარე შტოს.

არაკცენტრალური შეკუმშული მოედკეფლიანი კოლონის განიკეკეთის დაპროექტებასა და მისი შემდგომი შემოწმების პროცედურა პირველ ეტაპზე მოითხოვს მასში აღძრული გრძივი ძალისა და მღუნაჲი მომენტის მნიშვნელობების დადგენას იმისდა მიხედვით წარმოადგენს კოლონა ცალკე მდგომ ელემენტს ან კონსტრუქციული სისტემის ნაწილს, ტარდება ელემენტის/კონსტრუქციული სისტემის სტატიკური ანგარიში, საიდანაც განისაზღვრება აღნიშნული ძალები.

კოლონის/სისტემის საერთო კონსტრუქციული გადაწყვეტის, მისი დანიშნულებისა და არსებული ანალოგების საფუძველზე წინასწარ დაინიშნება კოლონის: განიკეკეთის სიმაღლე, მისი დაყვანილი სიგრძე. ამ უკანასკნელის განსაზღვრის დროს, თუ კოლონა წარმოადგენს კონსტრუქციული სისტემის (ძირითადად საამქრო) ელემენტს გათვალისწინებული უნდა იქნეს რიგელისა და კოლონის სიხისტეთა თანაფარდობა და ნორმატიული დოკუმენტებით [1] ამ შემთხვევისათვის გათვალისწინებული რეკომენდაციები.

კოლონის განიკეკეთის საჭირო ფართის საორიენტაციო მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$A = \frac{N}{R, \gamma_c} \left(\frac{1}{\varphi} + \frac{e}{\rho} \right), \quad (IX.21)$$

სადაც $e = \frac{N}{M}$ არის გრძივი ძალის ექსცენტრისტეტი; $\rho = 0,45h$ (ორტესებრი განიკეკეთისთვის) – კეთის გულის რადიუსი. საჭირო ფართის A () მიხედვით შეირჩევა ნაგვლინი (სორტიმეტიდან) ან შედგენილი ორტესებრი განიკეკეთი. ამ უკანასკნელის შემთხვევაში, მომენტის მოქმედების სიბრტყეში კოლონის საერთო მდგრადობის უზრუნველსაყოფად თაროების სიგანეს იღებენ საზღვრებში:

$$b_f = \left(\frac{1}{20} \dots \frac{1}{30} \right) l, \quad (IX.22)$$

აქ l არის კოლონის სიგრძე.

ისევე როგორც ცენტრალურად შეკუმშული კოლონებისთვის, ამ შემთხვევაში მეტი თვალსაჩინოებისათვის კოლონის დაპროექტებისათვის საჭირო ყველა დანარჩენი პროცედურა ნაჩვენებია კონკრეტულ მაგალითზე.

მაგალითი. ექსცენტრულ კუმშვაზე მომუშავე, მთლიანკედლიანი მუდმიეკეთიანი კოლონის გაანგარიშება.

საწყისი მონაცემები: $N = 1350$ კმ; $M_x = 270$ კმ; ფოლადი $R_y = 23$ კნ/სმ²
 კოლონის სიმაღლე - $l = 11$ მ

დაენიშნოთ წინასწარ კოლონის კვეთის სიმაღლე $h \approx \frac{l}{15} / \approx \frac{1}{15} \cdot 11 = 0,709$ მ; ვიღებთ
 $h = 70$ სმ.

გრძივი ძალის ექსცენტრისიტეტი - $e_x = \frac{M_x}{N} = \frac{27000}{1350} = 20$ სმ.

კოლონის განიკვეთის საჭირო ფართი (IX.21) გამოსახულების შესაბამისად:

$$A \approx \frac{N}{R_y \gamma_c} \left(1,25 + 2,2 \frac{e_x}{\rho} \right) = \frac{1350}{23} \left(1,25 + 2,2 \frac{20}{70} \right) = 110,62 \text{ სმ}^2$$

ფართის მიხედვით დაენიშნოთ განიკვეთის ზომები (ნახ.34). შესაბამისად,

$$A = 23 \cdot 0,8 + 68,2 \cdot 0,8 + 35 \cdot 1 = 111,96 \text{ სმ}^2$$

ვიპოვოთ არათანაბართაროიანი ორტესეგბრი კვეთის სიმძიმის ცენტრის
 კოორდინატი y_c ღერძის მიმართ

$$y_c = \frac{22,4 \cdot 0,4 + 54,56 \cdot 35 + 35 \cdot 69,5}{111,96} = 38,9 \text{ სმ};$$

კვეთის გეომეტრიული მახასიათებლები: ($x-x$ ღერძის მიმართ).

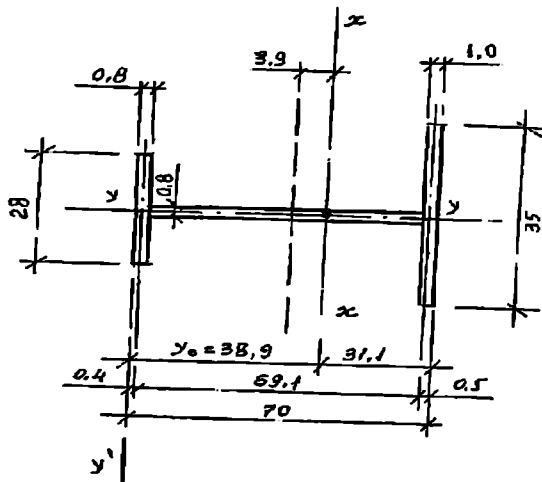
$$I_x = \frac{0,8 \cdot 68,2^3}{12} + 22,4 \cdot 34,6^2 + 35 \cdot 34,5^2 - 111,96 \cdot 3,9^2 = 87920 \text{ სმ}^4;$$

$$W_x = \frac{87920}{31,1} = 2827 \text{ სმ}^3;$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{87920}{111,96}} = 28 \text{ სმ.}$$

ჩაეტაროთ შემოწმება მდგრადობაზე რისთვისაც განესაზღვროთ პირობითი მოქნილობა $\bar{\lambda}_x$ და დაეყვანილი ექსცენტრისიტეტი m_{ϕ} , რამდენადაც ვთვლით, რომ
 კოლონის ორივე ბოლო ხისტად არის ჩამაგრებული

$$l_{\phi,x} = \mu l = 0,5 \cdot 11 = 5,5.$$



ნახ.34. კოლონის განივეკეთი

განივეკეთის სქემა	$\frac{F_1}{F_2}$	η		
		როდესაც $0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		როდესაც $\lambda > 5$
		$0,1 \leq m < 5$	$5 \leq m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 20$
	≤ 1	$1,8 - 0,12\bar{\lambda}$	$1,6 - 0,08\bar{\lambda}$	1,2
	> 1	$2 - 0,1\bar{\lambda}$	$1,9 - 0,08\bar{\lambda}$	1,5

კოლონის თარობის ფართობია: $F_1 = 35$ სმ²; $F_2 = 54,56$ სმ²; $\frac{F_1}{F_2} = 0,641$;

$m = e_x \frac{A}{W_x} = 20 \cdot 0,0396 = 0,792$; m -ისა და $\frac{F_1}{F_2}$ -ის მიხედვით ცხრილიდან გვექნება:

$\eta = 1,8 - 0,12\bar{\lambda} = 1,8 - 0,12 \cdot 0,65 = 1,722$; $m_\sigma = \eta m = 1,722 \cdot 0,792 = 1,3638$

λ_x და m_σ -ის მიხედვით განესაზღვრავთ φ_x -ს მნიშვნელობას.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x A} = \frac{1350}{0,669 \cdot 111,96} = 18,02 < 23 \text{ კნ/სმ}^2.$$

ამდენად მომენტის (M_x) მოქმედების სიბრტყეში მდგრადობა უზრუნველყოფილია.

მდგრადობაზე. შემოწმება მოქმედების მომენტის მოქმედების სიბრტყიდან:
გეომეტრიული მახასიათებლები:

$$I_y = \frac{0.8 \cdot 28^3}{12} + \frac{1 \cdot 35^3}{12} = 5036 \text{ სმ}^4; \quad I_z = 4 \text{ მ};$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{5036}{111.96}} = 6,71 \text{ სმ}; \quad \lambda_y = \frac{400}{6,71} \approx 60 \text{ შესაბამისად, } \varphi_y = 0,805.$$

განივევითი სქემა	α როდესაც		β როდესაც	
	$m_x \leq 1$	$1 \leq m_x \leq 5$	$\lambda_y < \lambda_c$	$\lambda_y \geq \lambda_c$
	0,7	$0,65 + 0,05m_x$	1	$\sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}}$

λ_y -ისა და m_x -ის მიხედვით ცხრილიდან გვექნება: $\alpha = 0,7; \beta = 1$;

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} = \frac{1}{1 + 0,7 \cdot 0,792} = 0,643.$$

შემოწმება

$$\sigma = \frac{N}{c \varphi_y A} = \frac{1350}{0,643 \cdot 0,820 \cdot 111,96} = 22,86 < 23 \text{ კნ/სმ}^2.$$

არაცენტრალურად შეკუმშული გამჭოლკედლიანი კოლონის შემთხვევაში, მდუნავი მომენტისა და გრძივი ძალის ზემოქმედების შედეგად, მის შტოებში წარმოიქმნება მხოლოდ გრძივი ძალები, რომელთა მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$N_1 = \frac{N y}{h_0} \pm \frac{M}{h_0}, \quad (\text{IX.23})$$

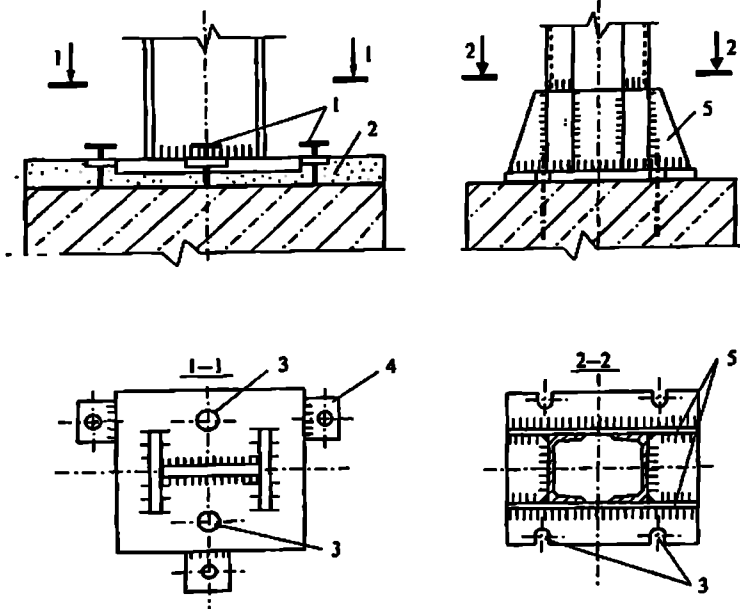
სადაც h_0 არის შტოების სიმაღლის ცენტრებს შორის მანძილი, y - მანძილი განსახილველის მოპირდაპირე შტოს ღერძსა და კოლონის სიმაღლის ცენტრს შორის. ორივე შტოსათვის მიღებული გრძივი ძალის მნიშვნელობიდან (IX.23) მეტისთვის შესაბამისი შტო მოწმდება მდგრადობაზე ორივე სიბრტყეში, ისევე როგორც ცენტრალურად შეკუმშული ღერო (იხ.გვ. 81-85). ამასთან მომენტის

მოქმედების სიბრტყეში საანგარიშო სიგრძედ აღიება გისოსის კვანძებს შორის მანძილი, მის მართობულ სიბრტყეში - შტოს სიგრძე.

კოლონის საერთო მდგრადობა მომენტის მოქმედების სიბრტყეში მოწმდება () გამოსახულებით. მომენტის მოქმედების მართობულ სიბრტყეში კოლონა საერთო მდგრადობაზე არ მოწმდება. გისოსის გაანგარიშება წარმოებს ცენტრალურად შეკუმშული გამჭოლკედლიანი კოლონის გისოსის გაანგარიშების ანალოგიურად (იხ. გვ. 89-93)

კოლონათა ბაზები

ზოგადად კოლონის ბაზა წარმოადგენს ღეროდან მოსული დატვირთვის საძირკველზე გადამინაწილებელ და მასთან კოლონის დამაკავშირებელ ელემენტს (იხ. გვ.80) ბაზის კონსტრუქციული გადაწყვეტისათვის განმსაზღვრელია



ნახ. 35. კოლონის ბაზები:

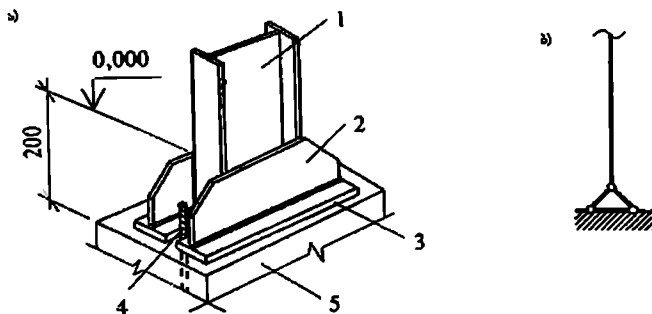
1 - დამდგმელი ჭანჭიკები; 2 - დამონოლითების ბეტონი; 3 - საანკურე ჭანჭიკების ხერცები; 4 - ფილაზე მიდულებული თამასები; 5 - ტრავერსა.

კოლონის სახეობა და მისი ხაძირკველთან დაკავშირების საანგარიშო მოდელი სახსრული ან ხისტი. ნახ. 31-სა და ნახ. 32-სე ნაჩვენებია ცენტრალურად და არაცენტრალურად შეკუმშულ კოლონებში გამოყენებული ბაზების რამდენიმე ყველაზე ფართოდ გაფრცვლებული ნიმუში.

ბაზის გადაწყვეტის ყველაზე მარტივი ვარიანტი (ნახ. 30) წარმოდგენილია საყრდენი ფილისა და მასთან კოლონის ღეროს დაფრესილი ბოლოს მიღუღებით. ამ ტიპის გადაწყვეტას მიმართავენ კოლონის ღეროში მოქმედი გრძივი ძალის მცირე მნიშვნელობისა და ღეროს შეერთების სახსრული სექსის არსებობის შემთხვევაში.

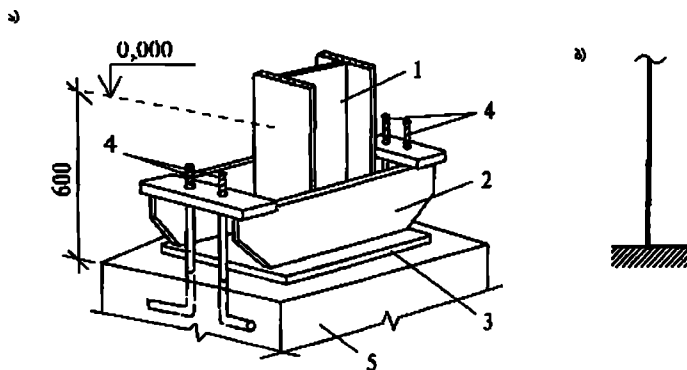


სურ .8. კოლონის ბაზა



ნახ.36. კოლონის საძირკველზე სახსრული დამაგრება:

- ა) კონსტრუქციული სქემა ბ) საანგარიშო სქემა 1 – კოლონა; 2 – ტრავერსი; 3 – საყრდენი ფილა; 4 – საანკერო ჭანჭიკები; 5 – საძირკველი.



ნახ.37. კოლონის საძირკველზე ხისტი დამაგრება

- ა) კონსტრუქციული სქემა; ბ) საანგარიშო სქემა; 1 – კოლონა; 2 – ტრავერსი; 3 – საყრდენი ფილა; 4 – საანკერო ჭანჭიკები; 5 – საძირკველი.

გრძივი ძალის მაღალი მნიშვნელობის შემთხვევაში, დატვირთვის გადამანაწილებელი კონსტრუქციული ელემენტის – ტრავერსის გამოყენება საშუალებას იძლევა შემცირებულ იქნეს საყრდენი ფილის სისქე და გაზრდილი იქნეს მისი მზიდუნარიანობა საძირკველის რეაქციული დაწნევით გამოწვეულ მომენტზე არაცენტრალურად შეკუმშული კოლონებისათვის. არაცენტრალურად შეკუმშული კოლონების ბაზები მუშაობენ ხისტი შეერთების სქემით.

ტრავერსიანი ბაზის მქონე კოლონების ფიქსირება საპროექტო მდგომარეობაში ხდება დასაყენებელი ჭანჭიკებით, რომელთა შემდგომი დამატება კოლონის ტიპის შესაბამისად, სხვადასხვა სახით ხდება სანაკერო ჭანჭიკებით. სანაკერო ჭანჭიკების საძირკველში ჩამატების სიღრმეს განსაზღვრავს მლუნაჟი მომენტის სიდიდე და სანაკერო სისტემის კონსტრუქციული გადაწყვეტა.

ცენტრალურად შეკუმშულ კოლონებში. სანაკერო ჭანჭიკები არის კონსტრუქციული დანიშნულების და მათი მეშვეობით ხდება მხოლოდ კოლონის მდებარეობის ფიქსირება. მათი დიამეტრიც აიღება $d = 22 \dots 26$ მმ-ის ფარგლებში. არაცენტრალურად შეკუმშული კოლონისათვის სანსკერო ჭანჭიკების დიამეტრისა და რაოდენობის n_s დადგენა ხდება შემდეგი გამოსახულებით:

$$n_s = \frac{N_{bn}}{N_{mn}} = \frac{(M - Na)}{\gamma N_{mn}}, \quad (IX.24)$$

სადაც N_{bn} არის საქუსლის ბაზიდან ამგლეჯი მომენტით აღძრული გრძივი ძალა; N_{mn} – ერთ ჭანჭიკზე მოსული/დასაშვები მაქსიმალური საანგარიშო ძალვა (ნახ. .) საყრდენი ფილის ფართობი განისაზღვრება საძირკველის ბეტონის სიმტკიცის პირობიდან და მის მნიშვნელობას ადგენენ შემდეგი უტოლობის შესაბამისად:

$$A_{bc} \geq \frac{N}{R_b \gamma_b}, \quad (IX.25)$$

სადაც R_b არის ბეტონის პრიზმული სიმტკიცე. N – საანგარიშო გრძივი ძალის მნიშვნელობა ბაზის დონეზე γ_b – კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\gamma_b = \sqrt[3]{\frac{A_{bc.2}}{A_{bc.1}}}, \quad (IX.26)$$

სადაც $A_{bc.2}$ არის საყრდენი ფილის ფართი; $A_{bc.1}$ – კოლონის ძირის ფართი; γ_b – კოეფიციენტის მნიშვნელობა კი არ უნდა აღემატებოდეს 1,5-ს. საყრდენი ფილის სისქე განისაზღვრება გამოსახულებით

$$l_{\mu} \geq \sqrt{\frac{6M}{R_y}}$$

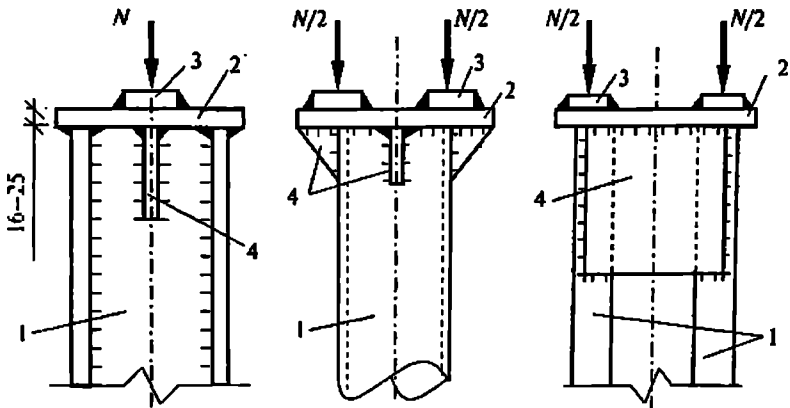
(IX.27)

სადაც M არის ფილის 1 სმ სიგანის ზოლზე მოქმედი მღუნავი მომენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა. საყრდენი ფილას სისქე აიღება არანაკლებ 20 მმ-ის.

კოლონების სათავეები და პირაპირები

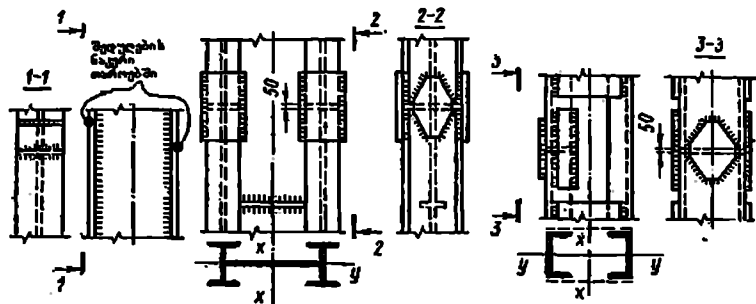
კოლონის სათავე წარმოადგენს დატვირთვის მიმღებ ელემენტს (იხ.გვ.80) კოლონის სათავეის კონსტრუქციული გადაწყვეტის განმაპირობებელია როგორც დასაყრდენი ელემენტების კონსტრუქციები, ასევე თავად კოლონის ტიპი - ცენტრალურად/არაცენტრალურად შეკუმშული მთლიანკედლიანი/გამჭოლკედლიანი კოლონა. (იხ.ნახ.29,30)

ცენტრალურად შეკუმშული მთლიანკედლიანი კოლონის სათავეის ფილას აძლიერებენ სიხისტის წიბოებით (იხ. ნახ.), რომელიც აგრეთვე უზრუნველყოფს კოლონის მთელი განიეკევის მუშაობაში ჩართვას. ცენტრალურად შეკუმშულ გამჭოლკედლიან კოლონებში სათავეის ფილის ქვეშ აწყობენ თამასის კონსტრუქციული გადაწყვეტის მსგავს სიხისტის წიბოს, რომლის გაანგარიშება შესაბამისად წარმოებს თამასების გაანგარიშების ანალოგიურად.

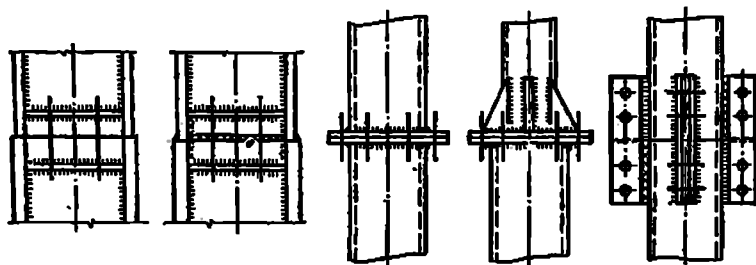


ნახ.38. ცენტრალურად შეკუმშული კოლონის სათავეები: კოლონის ღეროს განიეკევი - ორტესებრი, მილი, ოთხი კუთხოვანა. 1 - კოლონის ღერო; 2 - საყრდენი ფილა; 3 - მაცენტრირებელი ფირფიტა; 4 - სიხისტის წიბო.

ნახ.39-სა და ნახ.40-ზე ნაჩვენებია კოლონათა პირაპირების (ქარხნული, სამონტაჟო) კონსტრუქციული გადაწყვეტის ნიმუშები.



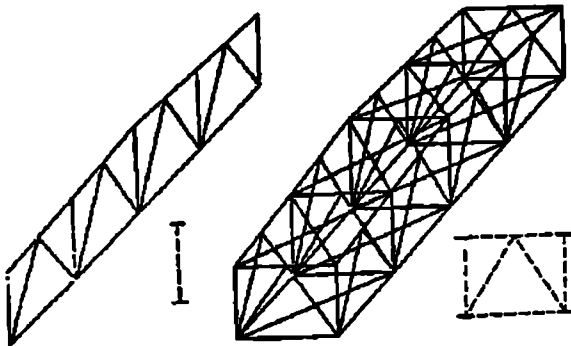
ნახ.39. კარხნული პირაპირები



ნახ.40. სამონტაგო პირაპირები

ღეროვანი სისტემის რომლის შემადგენელი ელემენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია საკვანძო წერტილებში და ამასთან წარმოადგენს გეომეტრიულად უცვლელ კონსტრუქციას წამწეს უწოდებენ. საკვანძო წერტილებში მოქმედი დატვირთვის შემთხვევაში, კვანძების სიხისტეები უმნიშვნელო გაელენას ახდენენ ღეროს მუშაობაზე. შესაბამისად, აღნიშნული კონსტრუქციები უმეტესად განიხილება როგორც სახსრულ-ღეროვანი. ასეთ შემთხვევაში წამწის ღეროებში აღიძვრება მხოლოდ გრძივი ღერბული (გაჭიმვა, კუმშვა) ძაღვები. მასალის ხარჯვის მიხედვით წამწები ეკონომიურია კოჭებთან შედარებით, მაგრამ გაცილებით შრომატევადია მათი დამზადება. წამწის გამოყენებით მიღებული ეკონომიკური ეფექტი მთლიანკედლიან კოჭებთან შედარებით, მით მეტია, რამდენადაც დოღია მაღლი და მცირეა დატვირთვა.

წამწები არის ბრტყელი - ყველა ღერო ერთ სიბრტყეში და სივრცული. ბრტყელი, წამწე მუშაობს მხოლოდ მისივე განთავსების სიბრტყეში მოქმედ დატვირთვაზე. აუცილებელია მისი დამაგრება კავშირებით. სივრცული წამწე წარმოქმნის ხისტ სივრცულ საშგანზომილებიან ღეროს რომლის დატვირთვაც შესაძლებელია სხვადასხვა მიმართულებიდან. (ნახ.)



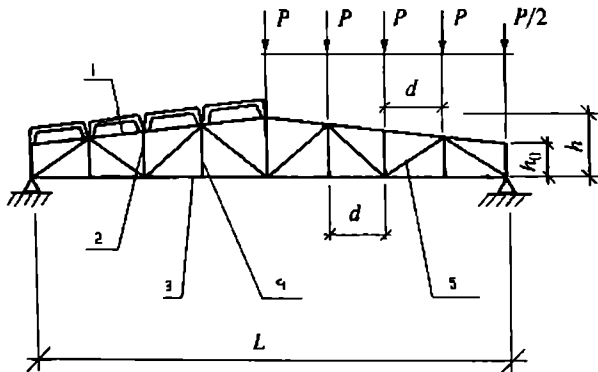
ნახ.41. ბრტყელი და სივრცული წამწე

წამწის ძირითადი ელემენტებია: მისი კონტურის წარმოქმნელი ხარტყელები და დგარებისა და ირიბნებისგან შედგენილი გისოსი. წამწის ელემენტების



სურ.9. ხეობრკული წამწე

ერთმანეთთან დაკავშირება ხდება მათი ერთმანეთთან უშუალო შეერთებით ან საკეანხო ფურცლების გამოყენებით. წამწის ელემენტების ცენტრირება ხდება მათი სიმძიმის ცენტრზე გამავალი ღერძების მიხედვით. აღნიშნული უსრუენველყოფს უმნიშვნელო სიდიდის საკეანხო მომენტების კიდევ უფრო შემცირებასა და მათში მხოლოდ გრძივი ღერძული ძალებების წარმოქმნას.



ნახ. 42. წამწის ელემენტები:

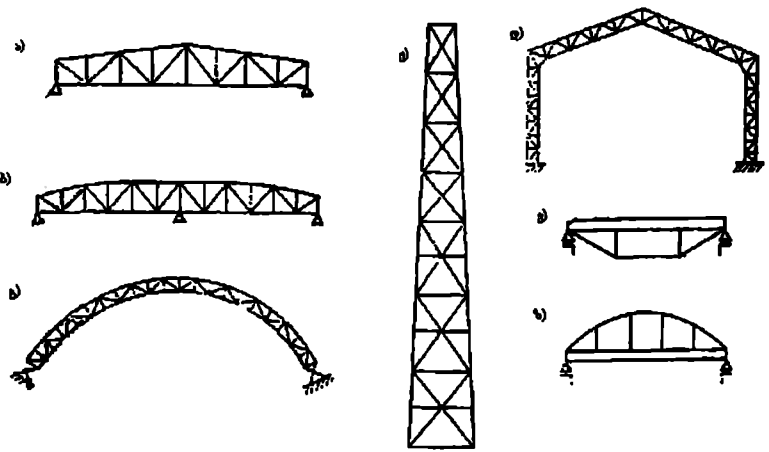
1 - ზედა ხარტეული; 2 - ღვარი; 3 - ქვედა ხარტეული; 4 - საკიდი; 5 - ირბიანა.

წამწის სარტყელის მომიჯნავე კვანძებს შორის მანძილს უწოდებენ პანელს (d_n - ზედა სარტყელის პანელი, d_n - ქვედა სარტყელის პანელი). წამწის საყრდენ წერტილებს შორის მანძილს უწოდებენ წამწის მალს.

ფოლადის წამწეები გამოიყენება გადახურვებში, სახურავებში, სამრეწველო და სამოქალაქო შენობა-ნაგებობებში, ელექტროგადამცემ ხაზთა საყრდენებში, კავშირგაბმულობის ობიექტებში, ხიდებში, სატრანსპორტო ესტაკადებში, ჰიდროტექნიკურ საკეტებში და ა. შ.

დანაშნულებისა და მათზე მოქმედი დატვირთვების შესაბამისად წამწეები ხასიათდებიან კონსტრუქციული გადაწყვეტის მრავალგვარობით. მიღებულია მათი კლასიფიცირება შემდეგი მახასიათებელი ნიშნებით:

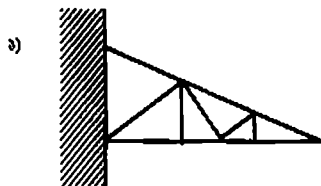
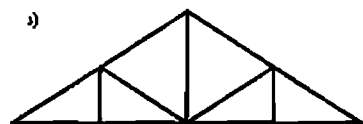
-სტატიკური სქემის მიხედვით - კოჭოვანი (ტრადი, უჭრი, კონსოლური, თაღოვანი, ჩარჩოსებრი, კომბინირებული (ნახ.43)



ნახ.43. წამწის სქემები:

- ა) კოჭოვანი ტრადი; ბ) კოჭოვანი უჭრი; ვ) თაღოვანი; დ) ჩარჩოვანი;
- ე) კონსოლური; ე,ზ) კომბინირებული.

-სარტყელების მოხაზულობის მიხედვით - პარალელურსარტყელებიანი, ტრაპეციული, სამკუთხა, პოლიგონალური, სეგმენტური (ნახ. 44)

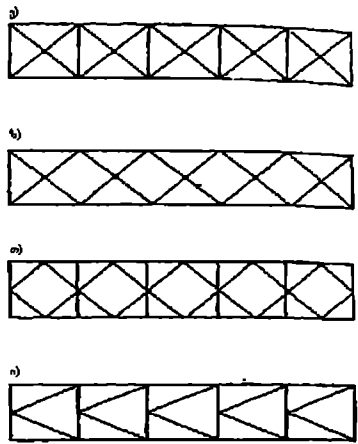
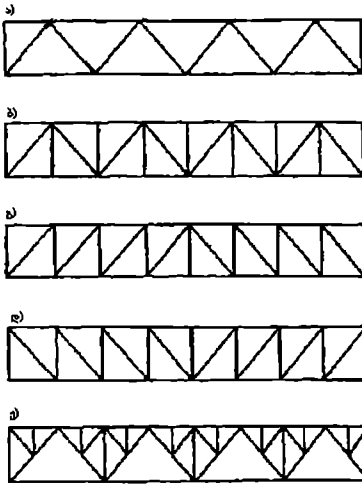


ნახ.44. წამწის სარტყელების მოხაზულობა:

ა), ბ) - სამკუთხა; გ) ტრაპეციული; დ) პარალელურსარტყელებიანი; ე) თაღოვანი; ვ) სეგმენტური

-გისოსის მიხედვით - სამკუთხა, ირიბნული, ჯვარისებრი, რომბისებრი და ა. შ. (ნახ. 44);

-მაქსიმალური ძალის მიხედვით - მსუბუქი ერთკედლიანი, ნაგლინი პროფილებით შედგენილი განივკეფით ($N \leq 300$ კნ) და მძიმე - ორკედლიანი ($N > 300$ კნ).



ნახ.45. წამწის გისოსი:

- ა) სამკუთხა; ბ) სამკუთხა დამატებითი დგარებით; გ) ირიბიწივი ზედალმავალი ირიბიწივით; დ) ირიბიწივი დაღმავალი ირიბიწივით; ე) შპრენგელური; ე) ჯეარდინი; ზ) ურთიერთმკვეთი; თ) რომბისებრი; ი) ნახევრადირიბიწივი.

წამწეების კონსტრუქციული სქემების შესახებ.

წამწის სტატიკური სქემისა და მოხაზულობის შერჩევაში განმსაზღვრელი ფაქტორია შენობის/ნაგებობის არქიტექტურული/კონსტრუქციული გადაწყვეტა. წამწის აღნიშნული მახასიათებლების შერჩევა შესაძლოა რამდენიმე ვარიანტის შედარების გზით. ქვემოთ ძალიან მოკლედ იმ მახასიათებლების შესახებ რომლებითაც ნაწილობრივ შეიძლება ვიხელმძღვანელოთ წამწის სტატიკური სქემის დანიშვნის დროს.

ჭრადი კოჭოვანი წამწეები – ხასიათებიან დამზადებისა და მონტაჟის შედარებითი სიმარტივით, იოლად მოსაწყობი კვანძებით. უარყოფითი ფაქტორია კონსტრუქციული სისტემის მაღალი ლითონშემცველობა. აგრეთვე დიდი მძიმების შემთხვევაში ($l > 40$ მ) კონსტრუქცია გამოდის არარენტაბელური და მისი აწყობა ხდება მონტაჟის დროს.

უჭრი წამწეები ხასიათებიან მასალის შედარებით მცირე ხარჯით და მაღალი სიხისტით. გამოიყენება ორი და მეტი მალის გადასახურად. განსაკუთრებით „მგრძობიარვა“ საყრდენების ჯდენის მიმართ, გართულებულია მათი მონტაჟის პროცესი.

ჩარხოვანი წამწეების გამოყენება რაციონალურია დიდმალიანი გადახურვების შემთხვევაში. თაღოვანი წამწეების გამოყენება ერთის მხრივ იძლევა მასალის ეკონომიას, მეორეს მხრივ კი მაქსიმალურად ზრდის გადასახური არეალის მოცულობასა და შემომზღუდავი კონსტრუქციის ფართობს.

თეორიულად მასალის ხარჯვის მიხედვით წამწის მოხაზულობის ყველაზე ეკონომიური კონტური არის მომენტთა ეპიურის შესაბამისი მოხაზულობა. მაგალითად, ერთმალიანი თანაბარგანაწილებული დატვირთვისა და პორიზორტალური ქვედა სარტყელის შემთხვევაში პარაბოლისებურად მოხაზული ხუნდა სარტყელი, ერთი შეყურსული დატვირთვისას – სამკუთხა. რაც შეეხება პარაბოლურ მოხაზულობას დამზადების ხირთულის გამო მათ იშვიათად იყენებენ. ასეთ შემთხვევაში უფრო მეტად მისაღებია პოლიგონალური (მრავალკუთხოვანი) მოხაზულობა, კვანძების ნაწილის პარაბოლურ რკალზე განთავსებით.

მსუბუქ წამწეებად უფრო მეტად გამოიყენება ტრაპეციული წამწეები და წამწეები პარალელური სარტყელებით. მართალია ორივე წამწის მოხაზულობა ნაკლებად არის მომენტების ეპიურის შესატყვისი, მაგრამ კვანძების მოწყობის შედარებითი სიმარტივე, ხისტი საყრდენი კვანძის მოწყობის შესაძლებლობა, გისოსის ელემენტების ტოლი სიგრძეები, ელემენტებისა და დეტალების ხშირი განმეორებადობა არის მათი ასე ფართოდ გავრცელების ძირითადი მიზეზი. ნიენიური წამწეების ძირითად ტიპებს სწორედ ხემოთ აღნიშნული წამწეები წარმოადგენენ.

წამწის სიმაღლე – ინიშნება წამწის მოხაზულობის დადგენის შემდეგ. წამწის ოპტიმალური სიმაღლე მიიღება სარტყელებისა და გისოსის მასათა ტოლობის შემთხვევაში, რაც მიიღწევა წამწის სიმაღლის მისივე მალთან ფარდობის

$$\text{შედარებით მაღალი მნიშვნელობის შემთხვევაში } \left(\frac{h}{l} \geq \frac{1}{5} \right).$$

სამშენებლო პრაქტიკაში აღნიშნული ფარდობას ვერ იყენებენ და ძირითადად გისოსის მასა შეადგენს სარტყელების მასის ნახევარზე ნაკლებს. კონსტრუქციული ელემენტის ტრანსპორტირების პირობებიდან გამომდინარე, კონსტრუქციის მაქსიმალური ვერტიკალური გაბარიტი არ უნდა აღემატებოდეს 3,85 მ-ს. რაც ნაკლებია წამწის დასაშვები ჩაღუნვის სიდიდე მით მეტი უნდა იყოს მისი სიმაღლე. აღნიშნული სიდიდე განისაზღვრება მორის ფორმულით:

$$F = \sum \frac{N_i \bar{N}_i}{EA} l_i \quad (X.1)$$

ამდენად დასაშვები ჩაღუნვის სიდიდის უზრუნველსაყოფად, ტრანსპორტირებისთვის საჭირო გაბარიტებისა და სხე (კონსტრუქციული არქიტექტურული) მოთხოვნათა გათვალისწინებით მსუბუქი წამწეების სიმაღლეს ნიშნავენ ფართო ზღვრებში: მალის 1/5 – დან 1/20 – მდე. პარალელურსარტყლიანი და ტრაპეციული მოხაზულობის ნიენიური წამწებისათვის მალის შუაში წამწის სიმაღლე შეადგენს $h = \left(\frac{1}{7} \dots \frac{1}{9} \right) l$. საყრდენებზე

წამწვთა სიმაღლე h_0 სასურველი/რაციონალურია თუკს ერთიდაიკვე სხედასხვა მალის წამწვებისათვის. აღნიშნული საშუალებების იძლევა გეპონდეს მსგავსი გეომეტრული სქემა და უზრუნველყოფს დამაგრების დეტალების იგივეურობას.

გისოსის სისტემები. გისოსის დაპროექტების დროს არსებითი მნიშვნელობა აქვს წამწვებზე დატვირთვის გადაცემის სქემას, რამდენადაც გისოსი დაპროექტებული უნდა იქნას დატვირთვის წამწვის კვანძებში გადაცემის შესაძლებლობათა გათვალისწინებით.

გისოსი რომელთაც ეხედებით წამწვებში პირობითად შეიძლება დაიკოს სამ ძირითად სახეობად: სამკუთხა, ირიბული და სპეციალური.

სამპქოხა სისტემა. ხასიათდება კვანძების მინიმალური რაოდენობით და ღეროების ჯამური სიგრძის მცირე მნიშვნელობით, მოდების წერტილიდან საყრდენამდე დატვირთვის გადასეღის უმცირესი მანძილით. სახურავის ზეწრით

ან ფენილის კოჭებით დატვირთული წამწვების სამკუთხა გისოსს ხშირ შემთხვევაში უმატებენ დგარებს (ამასთან ზოგჯერ საყდრებთან ერთად) რაც ამცირებს მანძილს წამწვის კვანძებს შორის. დამატებითი დგარები აგრეთვე ამცირებენ შეკუმშული სარტყლის საანგარიშო სიგრძეს.

ირიბნული სისტემა. გამოიყენება მცირე სიმაღლის წამწვებში, აგრეთვე დგარებზე მოსული დიდი ძალებების შემთხვევაში. სამკუთხა გისოსთან შედარებით ირიბნული გისოსის მოწყობა გაცილებით შრომატევადია, მეტია ლითონის ხარჯიც რამდენადაც პანელების ტოლი რაოდენობის შემთხვევაში მეტია ირიბნული გისოსის საერთო სიგრძე და კვანძები რაოდენობა. მეტია მოდების წერტილიდან საყრდენამდე დატვირთვის გადასეღის მანძილი – ის გაღის გისოსის ყოველ ღეროსა და კვანძში.

სამციალური სისტემა. მიეკუთვნება შპრენგელური, ჯვარედინი, რომბისებრი და ნახევრადირიბნული.

შპრენგელური გისოსის მოწყობის საჭიროება წარმოიშეება დიდი (4...5მ) სიმაღლის მქონე წამწვებში პანელის ზომის შემცირებისა და ირიბნების დახრის კუთხის მისაღები მნიშვნელობის შენარჩუნების მიზნით. შპრენგელური გისოსი აგრეთვე გამოიყენება სამკუთხა მოხაზულობის მქონე წამწვებისათვის მათი ზედა სარტყლების დიდი დახრილობისა და მთლიანად წამწვის შედარებით დიდი მალის ($l = 20 \dots 24$ მ) შემთხვევაში.

ჯვარედინი გისოსის ძირითადად აწეობენ ორმხრივ დატვირთულ წამწვებში – ჰორიზონტალური მაკაეშირებელი წამწვები საამქროების გადახურვებში; კოშკების მაღლივი შენობების და ა. შ. ვერტიკალური წამწვები .

რომბისებრი და ნახევრადირიბნული სისტემები. ხასიათდებიან მაღალი სიხისტით, რისი გამაპირობებელიც არის ირაბნების ორი სისტემის არსებობა. მისი გამოყენება განსაკუთრებით ეფექტურია მნიშვნელოვანი სიღდის მქონე განივი ძალების აღმტერულ დატვირთვებზე.

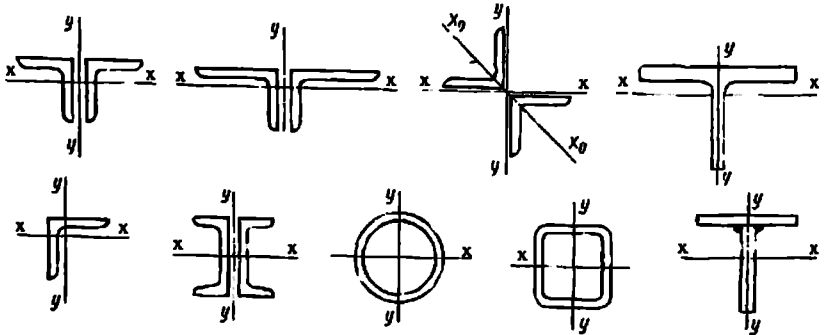
ზოგადად წამწვის სარტყლის მიმართ ირიბნის დახრის კუთხე არსებით გაუღენას ახდენს ირიბანში აღძრულ ძალეაზე და შესაბამისად მისი განაკვეთის

ხილედესა/ფორმასა და მასაზე. დახრის ოპტიმალური კუთხეებია: სამკუთხა გისოსისათვის - 45°, ორიბნული გისოსისათვის 35°. ყველა შემთხვევაში კუთხე ორიბანსა და სარტყელს შორის ინიშნება 30° - 60° ფარგლებში. წამწის პანელის სიგრძემ, როგორც წესი, უნდა უზრუნველყოს დატვირთვის გადაცემა წამწის კვანძებში. ამის გარდა პანელის სიგრძე უნდა შეესაბამებოდეს სარტყლის მიმართ ირიბნის დასაშვებ დახრის კუთხეს. წამწის გეომეტრიული ზომების უნიფიკაცია და მოდულირება საშუალებას იძლევა მოხდეს, როგორც წამწების ასევე მასთან დაკავშირებული კონსტრუქციული ელემენტების სტანდარტიზაცია. აღნიშნული კი მათი სერიული გამოშვების შესაძლებლობის საფუძველია. ამჟამად არსებული უნიფიცირებული გეომეტრიული სქემები განეკუთნება ყოფილი საბჭოთა კავშირის არსებობის პერიოდს. ახალი რეალიების შესაბამისად აღნიშნული საშუალოების ჩატარების საჭიროების განსაზღვრა სამშენებლო სექტორში სახელმწიფო პოლიტიკის გამტარებელი ადმინისტრაციული სამსახურის პრეროგატივაა.

წამწებს შორის კავშირების შესახებ. ბრტყელი წამწე არამდგრადია მის სიბრტყეში. ამდენად საჭიროა მისი მიერთება/დამაგრება ხისტ კონსტრუქციულ სისტემასთან ან სხვა წამწესთან. ნახ.41-ზე ნაჩვენებია ასეთი შეერთებით წარმოქმნილი სივრცული კოჭი (იხ. გვ.105)

იგივე პროცედურის ჩატარება შენობათა სახურავისათვის, რომელთა კონსტრუქციული გადაწყვეტა უმეტეს შემთხვევაში მრავალი პარალელურად განთავსებული წამწის ერთობლიობის სახით წარმოდგება რამდენადმე გართულებულია. ამასთან საკმარისი არ არის წამწეების ერთმანეთთან მხოლოდ გრძივებით დაკავშირება. ასეთ შემთხვევაში წამწეების ერთმანეთთან საიმედოდ დასაკავშირებლად ხდება ორი მომიჯნავე წამწის ერთმანეთთან დაკავშირება ზედა და ქვედა სარტყელთა სიბრტყეში და ვერტიკალური განივი კავშირებით (ნახ.41). წარმოქმნილ ხისტ ბლოკთან დარჩენილ წამწეებს აკავშირებენ კვანძებში დამაგრებული პორიზონტალური ელემენტებით - გრძივები, განბრჯენები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ მდგრადობას, თავის მხრივ კი დაკავშირებული არიან ხისტი ბლოკის კვანძებთან.

მსუბუქი წამწის ღეროს განიეკვეთების ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმები ნაჩვენებია (ნახ.46. ყოველი კონკრეტულ შემთხვევაში, განიეკვეთის



ნახ.46. მსუბუქი წამწის ღეროს განიეკვეთები

ტიპის შემთხვევისას განმსაზღვრელია კონსტრუქციის მუშაობის პირობები, შერჩეული განიკვეთის/მისი შემადგენელი ელემენტის სორტამენტის არსებობა, დამზადების შესაძლებლობა და ეკონომიკური მაჩასიათებლები. აღნიშნული პარამეტრების შესაბამისად ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმა არის ორი კუთხივანისაგან შედგენილი ტესებრი განიკვეთი (ნახ.46), რომლისთვისაც წამწის კვანძები ეწყობა სპეციალური საკვანძო ფურცლის დახმარებით, რომლებზედაც ორი მხრიდან მიგრდება სარტყელებისა და გისოსის დეროები. ჯვარედინი კვეთი ორი თანაბართარიანი კუთხოვანი ძირითადად გვხვდება წამწის ცენტრალურ დგარებში, რომელთაც უერთდება ვერტიკალური კავშირები (ნახ.46). ნინიური წამწის სარტყელებში ეხვდებიან ფართოზოლიანი ორტესებრი კოჭის გაჭრით მიღებულ ტესებრ განიკვეთებს (ნახ.46). სიერცულ წამწებში, რომელთა კონსტრუქციული გადაწყვეტით საერთო სარტყელი აქვთ ორ ურთიერთმართებულ წამწეს, ძირითადად ეხვდებიან ერთ კუთხოვანისაგან შედგენილ განიკვეთს. აღნიშნულ შემთხვევას აგრეთვე კარგად პასუხობს ელემენტის მილისებრი კვეთი. ზოგადად ეს უკანასკნელი, წამწებისათვის წარმოადგენს ყველაზე უფრო მეტად მსაღებრაციონალურ განიკვეთს - ყველა მიმართულებით ტოლი ინერციის რადუსი, ქარის შემცირებული დატვირთვა მიღების კარგი გარსშემოდინების გამო, გაწმენდის და შეღების შედარებით სიმარტივე. მიუხედავად ასეთი/ამდენი დადებითი მაჩასიათებლისა მისი გამოყენება მაინც ნაწილობრივ შეზღუდულია მილოვანი ელემენტების შეერთების მოწყობის სირთულისა და მიღების მაღალი ღირებულების გამო. სწორკუთხა ჩაკეტილი განიკვეთები ხასიათდებიან თითქმის იგივე პრიორიტეტებით რთაც მილოვანი განიკვეთები ამასთან იძლევიან შეერთების კვანძების გამარტივების საშუალებას. აღნიშნულმა განიკვეთებმა უკანასკნელ წლებში განსაკუთრებით ფართო გამოყენება პოევა. ხშირ შემთხვევაში ერთი და იგივე წამწის განიკვეთისათვის აღებულია სხვადასხვა პროფილი. მაგალითად, სარტყელები ტესტებრი (ნახ.46), გისოსი წყვილი ან ერთი კუთხოვანი (ნახ.46) და ა.შ. ასეთი გადაწყვეტა უმეტეს შემთხვევაში ყველაზე მეტად რაციონალურია.

წამწების გაანგარიშებისა და კონსტრუირების შესახებ. წამწებზე მოქმედი დატვირთვა შეეყრსული ძალების სახით გადაეცემა წამწის კვანძებს. იმ შემთხვევაში თუ დატვირთვა მოქმედებს უშუალოდ პანელზე, საანგარიშო მოდელში ის ჩაითვლება გადაწამწილებულად ორ მოსაზღვრე კვანძის შორის, მაგრამ გაითვალისწინება სარტყელის ადგილობრივი ღუნით წარმოქმნილი ეფექტი. წამწის სარტყელი ასეთ შემთხვევაში განიხილება როგორც უჭრი კოჭი, კვანძებში მდებარე საყრდენებით. ძალები წამწის დეროებში განისაზღვრება დატვირთვის ორივე (მუდმივი, დროებითი) სახეობებისათვის. მუდმივ დატვირთვებს მიეკუთვნება წამწის საკუთარი წონა მასზე დაყრდნობილ კონსტრუქციებთან/კონსტრუქციულ ელემენტებთან ერთად; დროებითს (ხანგრძლივი, ხანმოკლე) - ამწე-სატრანსპორტო მოწყობილობა/აღჭურვილობა, ქარის, თოვლის და ა.შ.

ნინიური წამწის ნებისმიერ კვანძში მოქმედი მუდმივი დატვირთვა დამოკიდებულია სატვირთო მოედანზე, საიდანაც ხდება მისი თავმოყრა და განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით

$$F_{\rho} = \left(g_r + \frac{g_r}{\cos \alpha} \right) b \left[\frac{d_{r-1} + d_r}{2} \gamma_r \right], \quad (X.2)$$

სადაც g_r არის წამწისა და კავშირების საკუთარი წონა, გადანაწილებული პორიზონტალური პროექციის 1 მ² [კნ/მ²]; g_r - სახურავის წონა [კნ/მ²]; α - წამწის ზედა სარტყელის პორიზონტალური წირის მიმართ დახრის კუთხე; b - წამწეებს შორის მანძილი; d_{r-1}, d_r - განსახილველი კვანძის მომიჯნავე პანელების სიგრძეები; γ_r - მუდმივ დატვირთვაზე საიმედოობის კოეფიციენტი.

საანგარიშო კვანძური დატვირთვა თოელისაგან განისაზღვრება გამოსახულებით

$$F_{\rho} = S b \left[\frac{d_{r-1} + d_r}{2} \right] \gamma_r, \quad (X.3)$$

სადაც S არის თოელის საფარის წონა, სახურავის პორიზონტალური პროექციის 1მ² -ზე; γ_r - თოელის დატვირთვაზე საიმედოობის კოეფიციენტი.

ქარის დაწვევის გათვალისწინება ხდება მხოლოდ წამწის ვერტიკალური და პორიზონტალური წირის მიმართ არანაკლებ 30° -ით დახრილი ზედაპირისათვის მათი კვანძურ დატვირთვაზე დაყვანის გზით. ქარის დატვირთვა შეუჭვარანზე ნივნიერის წამწის გაანგარიშების დროს არ გაითვალისწინება წამწის მუშაობაზე ხსენებული ეფექტის უმნიშვნელო გავლენის გამო.

წამწის ღეროებში ძაღვების განსაზღვრა. კუთხოვანებისა და ტესებრი პროფილებისგან შედგენილი ღეროებიანი მსუბუქი წამწეებისათვის ჩათვლილია, რომ კონსტრუქციული სისტემის კვანძებში არის იდეალური სახსარი; ყოველი ელემენტის ღერი არის სწორხაზოვანი; მდებარეობს ერთ სიბრტყეში და იკვეთება კვანძის ცენტრში. ასეთი კონსტრუქციული სისტემის ელემენტებში აღიძვრება მხოლოდ გრძივი ძაღვები (იხ. გვ.) ზემოთ მოცემული წესით განსაზღვრულ და მოდებულ დატვირთვებზე წამწის გაანგარიშება წარმოებს ნებისმიერი მეთოდით, რომელიც მიღებულია საამშენებლო მექანიკაში.

წამწის ღეროების გეომეტრიულ სიგრძედ მიიღება მანძილი წამწის კვანძებს შორის. წამწის ელემენტებმა მასზე დატვირთვის მოქმედების შედეგად მდგომარეობა შეიძლება დაკარგოს, როგორც წამწის სიბრტყეში, ასევე წამწის სიბრტყიდან.

წამწის სარტყელების მისივე სიბრტყის მართობულ სიბრტყეში მდგრადობაზე შემოწმების დროს იღებენ მანძილს მათი დამაგრების წერტილებს შორის. ზედა სარტყელისათვის ეს არის მანძილი: სარტყელზე დამაგრებული გადახურვის გრძივების/ფილების სარტყელთან მაკავშირებელ წერტილებს შორის; ქვედა სარტყელისთვის ეს არის მანძილი კავშირებს შორის; გისოსის ელემენტებისთვის ეს არის მანძილი წამწის კვანძების ცენტრებს შორის.

წამწის ღეროების მდგრადობაზე გაანგარიშებისათვის დგინდება მათი საანგარიშო სიგრძეები l_r , რითაც ხდება ღეროს შესაძლო დეფორმაციის სახისა და მისი კვანძებში დამაგრების თავისებურებების გათვალისწინება.

წამწის სიბრტყეში გრძივი ღუნვის შემთხვევაში:

- სარტყელებისა და საყრდენი დგარებისათვის/ირბინებისათვის $l_{\sigma} = l$;

- გისოსის სხვა ელემენტებისთვის $l_{\sigma} = 0,8l$.

წამწის მართობულ სიბრტყეში გრძივი ღუნვის შემთხვევაში:

- სარტყელების, საყრდენი დგარების/ირბინების, გისოსის სხვა ელემენტებისათვის $l_{\sigma} = l$.

იმ ელემენტის საანგარიშო სიგრძე, რომლის ღეროს გასწვრივაც მოქმედებენ მკუმშავი ძალები N_1 და N_2 ($N_1 > N_2$) საანგარიშო სიგრძე წამწის სიბრტყიდან (გრძივი ღუნვა წამწის მართობულ სიბრტყეში) განისაზღვრება გამოსახულებით

$$l_{\sigma} = l_1 \left(0,75 + 0,85 \frac{N_2}{N_1} \right), \quad (X.4)$$

მდგრადობაზე გაანგარიშება კი წარმოებს N_1 ძალაზე.

წამწის გაჭიმული ელემენტების გაანგარიშება. პროცედურამ უნდა უზრუნველყოს შერჩეული ელემენტის სიმტკიცე და შეზღუდოს ღეროს მოქნილობა. ღეროების გაანგარიშება როგორც ცენტრალურად გაჭიმული ელემენტების იხილე გვ. 30-31. განიკვეთის საჭირო ფართი განისაზღვრება გამოსახულებებიდან (IV.6) და (IV.7), მოქნილობაზე შემოწმება კი (IV.9) გამოსახულებით. ზღვრული მოქნილობის მნიშვნელობა წამწის გაჭიმული სარტყელებისა და დგარებისათვის - $[\lambda] = 400$.

წამწის შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშება. პროცედურამ უნდა უზრუნველყოს მოცემული ელემენტის სიმტკიცე, მდგრადობა და შეზღუდოს ღეროს მოქნილობა. ღეროების გაანგარიშება წარმოებს როგორც ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების (იხ. გვ. 31-33). სიმტკიცეზე გაანგარიშება წარმოებს მხოლოდ საანგარიშო კვეთში შესუსტების არსებობის შემთხვევაში. მდგრადობაზე გაანგარიშების შესაბამისად განიკვეთის საჭირო ფართი განისაზღვრება გამოსახულებებიდან (IV.10), მოქნილობაზე შემოწმება კი (IV.12) გამოსახულებით. ზღვრული მოქნილობების მნიშვნელობებისთვის გეაქვს შემდეგი სიდიდეები:

- შეკუმშული სარტყელები, საყრდენი დგარები და ირბინები: $[\lambda] = 180 - 60\alpha$;

- წამწის სხვა შეკუმშული ელემენტები: $[\lambda] = 210 - 60\alpha$;

- კავშირები შეკუმშული ღეროები: $[\lambda] = 200$.

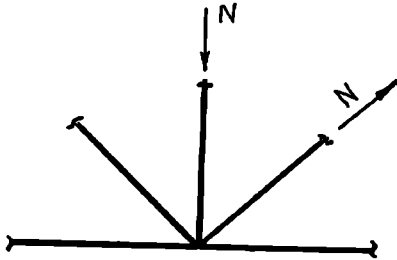
$$\text{ამასთან } \alpha = \frac{N}{\phi AR_y \gamma_c} \geq 0,5, \quad (X.5)$$

სადაც N არის საანგარიშო ძალევა, $\varphi R, \gamma_c$ - ღეროს მხიდუნარიანობა.

ქვემოთ მოყვანილია ორივე შემთხვევის შესაბამისი ამოცანა

ვარიანტი I

მსუბუქი წამწის ღეროს განივკვეთის შერწყვა: ა) შეკუმშული ღერო, ბ) გაჭიმული ღერო.



ნახ.47. კვანძის გეომეტრიული სქემა

ა) $N = 163,8$ კნ. $I_x = I_y = I_{\varphi} = 2,47$ მ. ფოლადი C235, საანგარიშო წინაღობა $R_y = 24,5$ კნ/სმ²

ვირჩევთ ორი ტოლგვერდიანი კუთხოვანით შედგენილ ტესებერ კვეთს.

ენიშნავთ მოქნილობას $\lambda = 100$. შესაბამისად, $\varphi = 0,542$

კვეთის საჭირო ფართი:

$$A = \frac{N}{\varphi \gamma_c R_y} = \frac{163,8}{0,542 \cdot 0,95 \cdot 24,5} = 12,98 \approx 13 \text{ სმ}^2;$$

ინერციის საჭირო რადიუსი

$$i = \frac{I_{\varphi}}{\lambda} = \frac{247}{100} = 2,47 \text{ სმ.}$$

სორტამენტადან ვარჩევთ კუთხოვანებს 75×5 . განივკვეთების საერთო ფართი $A = 2 \cdot 7,39 = 14,78$ სმ².

განივკვეთის ინერციის რადიუსი $x-x$ ღერძის მიმართ (წამწის სიბრტყეში). აიღება სორტამენტადან - $i_x = 2,31$ სმ

განივკვეთის ინერციის რადიუსი $y-y$ ღერძის მიმართ (წამწის სიბრტყეიდან) - აიღება სორტამენტადან საკუთარ ფურცლის სისქის წინასწარი დანიშვნით. ჩვენს შემთხვევაში - $i_y = 3,35$ სმ.

ღეროთა მოქნილობა ორ მთავარ სიბრტყეში:

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{247}{2,31} = 106,9;$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{247}{3,35} = 73,5.$$

მაქსიმალური მოქნილობის მიხედვით $\phi_{\min} = 0,472$

შერჩეული განიკვეთის შემოწმება

$$\sigma = \frac{N}{A \phi_{\min} \gamma_c} = \frac{163,8}{14,78 \cdot 0,472 \cdot 0,95} = 24,4 < 24,5 \text{ კნ/სმ}^2;$$

ბ) $N = 545,5$ კნ. ფოლადი C235, საანგარიშო წინაღობა $R_y = 24,5$ კნ/სმ²

$$\text{განიკვეთის საჭირო ფართი } A = \frac{N}{\gamma_c R_y} = \frac{545}{0,95 \cdot 24,5} = 23,28 \text{ სმ}^2.$$

ვირჩევთ ორი ტოლგვერდიანი კუთხოვანით შედგენილ ტესებერ კვეთს.

სორტამენტიდან ვარჩევთ კუთხოვანებს 80×8 . განიკვეთების საერთო ფართი $A = 2 \cdot 12,3 = 24,6$ სმ².

შერჩეული განიკვეთის შემოწმება

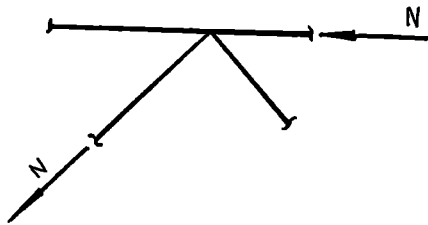
$$\sigma = \frac{N}{A \gamma_c} = \frac{545,4}{24,6 \cdot 0,95} = 23,43 < 24,5 \text{ კნ/სმ}^2.$$

ვარიანტი II

მსუბუქი წამწის ღეროს განიკვეთის შერჩევა: ა) შეკუმშული ღერო, ბ) გაჭიმული ღერო.

კვანძის გეომეტრიული სქემა (ნახ. 44)

ა) $N = 913$ კნ. $l_x = 2,4$ მ. $l_y = 4,8$ მ. ფოლადი C235, საანგარიშო წინაღობა $R_y = 24,5$ კნ/სმ².



ნახ. 48. კვანძის გეომეტრიული სქემა

ვირჩევთ ორი არატოლგვერდიანი კუთხოვანით შედგენილ ტესებზე კვეთს. ენიშნაეთ მოქნილობას $\lambda = 90$ შესაბამისად, $\varphi = 0,612$ კვეთის საჭირო ფართი

$$A = \frac{N}{\varphi \gamma_c R_y} = \frac{913}{0,612 \cdot 0,95 \cdot 24,5} = 64,09 \text{ სმ}^2$$

ინერციის საჭირო რადიუსები:

$$i_x = \frac{l_x}{\lambda} = \frac{240}{90} = 2,78 \text{ სმ};$$

$$i_y = \frac{l_y}{\lambda} = \frac{480}{40} = 5,56 \text{ სმ}.$$

სორტამენტიდან ვარჩევთ კუთხოვანებს $180 \times 110 \times 12$. შერჩეული განივიკვეთისთვის $i_x = 3,1$ სმ $i_y = 8,75$ სმ (როდესაც $\delta = 12$ მმ)

ღეროთა მოქნილობა ორ მთავარ სიბრტყეში:

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{240}{3,1} = 77,72;$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{480}{8,75} = 54,85.$$

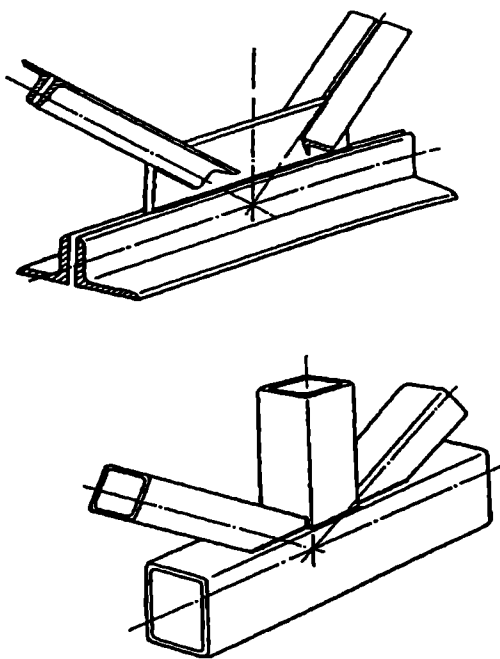
მაქსიმალური მოქნილობის მიხედვით $\varphi_{\min} = 0,686$.

შერჩეული განივიკვეთის შემოწმება

$$\sigma = \frac{N}{A \varphi_{\min} \gamma_c} = \frac{913}{67,4 \cdot 0,686 \cdot 0,95} = 20,78 < 24,5 \text{ კნ/სმ}^2.$$

ბ) ზუსტი ანალიზი I ვარიანტის შესაბამისი ნაწილის.

წამწების კვანძების კონსტრუირების შესახებ. სამწინებლო პრაქტიკაში გამოყენებადი წამწების მრავალსახეობა განაპირობებს მათივე კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტის მრავალი ვარიანტის არსებობას. ქვემოთ მოცემულია ღეროს განივიკვეთის ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმების მიხედვით წამწების კვანძების დაპროექტების ძირითადი პრინციპები. კვანძის დაპროექტება იწყება მისი გაანგარიშების პარალელურად, რამდენადაც წამწის კვანძის კონსტრუქციული გადაწყვეტა დამოკიდებულია, როგორც კვანძის გეომეტრიულ სქემაზე, ასევე წამწის ღეროების ფასონურასთან დამაკავშირებელ, გაანგარიშებით მიღებულ, შედეგების ნაკერების სიგრძეებზე. წამწის კვანძში თავმოყრილ ღეროთა ღერბული წიბები უნდა იკვეთებოდეს ერთ წერტილში. გეომეტრიულ სქემაზე ღეროთა კონტურის დატანისას მანძილი ღეროს განივიკვეთის სიმძიმის ცენტრიდან



ნახ.49. წამწის კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტა. საკვანძო ფურცლით. ელემენტების უშუალო შეერთებით

კუთხოვანის ყუამდე მრგვალდება მეტობით 5მმ-ის ჯერად რიცხვამდე. კვანძებში გისოსის ელემენტები როგორც წესი დერაქული წირის მართობულად იჭრება. გისოსის ელემენტების სარტყელებს შორის მანძილი (ნახ. 42) $d = 6t - 20$ მმ, სადაც t ფასონურას სისქეა, მაგრამ არაუმეტეს 80მმ -ისა. ფასონურას სისქე ინიშნება წამწის გისოსის დეროვებში მოქმედი მაქსიმალური ძაღვის მიხედვით ცხრ. -ის შესაბამისად. შუალედური კვანძების (წამწის დეროვების პირაპირები არის კვანძის გარეთ) ფასონურას მოხაზულობა და ზომები განისაზღვრება, როგორც კვანძის გეომეტრიული სქემით, ასევე იმ უწყვეტი ფლანგური ნაკერების (როგორც ყუის, ისევე ფრთის მხრიდან) სიგრძით, რომლითაც წამწის დეროვები მაგრდება ფასონურაზე, რომელსაც სასურველია რომ აქონდეს მარტივი გეომეტრიული ფორმა. ნახ -ზე ნაჩვენებია ნივნიური წამწის ზედა სარტყელის შუალედური კვანძები. პირველ შემთხვევაში კვანძში გადახურვის გრძივების მოწყობის ან რკინაბეტონის ფილებით გადახურვის პირობებში ფასონურა არ მიიყვანება კუთხოვანის ყუის კიდემდე დაშორებას იღებენ 5-8 მმ-ის ფარგლებში. სარტყლის დაკავშირება ფასონურასთან ხორციელდება ფლანგური ნაკერით კუთხოვანის ფრთის მხრიდან და ე.წ. „ნაფლული ნაკერი“ რომლითაც ხდება ორი კუთხოვანის შორის ღრწის ამოვსება. გაანგარიშების დროს ნაფლული ნაკერი მხედველობაში არ მიიღება. ამდენად კუთხოვანის ფრთის გასწვრივ მოწყობილი ნაკერები იანგარიშება მეზობელ პანელებში მოქმედ ძაღვითა სხვაობასა $\Delta N = N_2 - N_1$ ($N_2 > N_1$) და გრძივისა ან რკინაბეტონის ფილისაგან გადაცემულ შეყურსულ F ძაღვაზე. ნაკერების ჯამური სიგრძე კუთხოვნების ფრთების მხრიდან განისაზღვრება გამოსახულებით

$$\sum l_w = \frac{\sqrt{(\Delta N)^2 + F^2}}{k_f (BR_w)_{\min} \gamma_c} \quad (X.6)$$

$k_f, \beta, R_w, \gamma_c$ - კოეფიციენტების შესახებ (იხ. თავი V)

ზედა სარტყლის საყრდენიდან პირველი შუალედური კვანძისთვის (ნახ.) $N_1 = 0$, შესაბამისად $N = N_2$. ამ შემთხვევაში ფასონურას ზედა კიდე აცდება სარტყლის კუთხოვანების ყუის კიდეს და უკეთდება სწორკუთხა ამონაჭერი გრძივებისა ან რკინაბეტონის ფილის დასაყრდნობად. ამ შემთხვევაში () გამოსახულება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\sum l_w = \frac{0,5\sqrt{N_2^2 + F^2}}{k_f (BR_w)_{\min} \gamma_c} \quad (X.7)$$

რაც შეეხება ქვედა სარტყლის შუალედურ კვანძებს (ნახ) აქ ფასონურას ქვედა კიდე ყოველთვის გადაცდება ქვედა სარტყლის კუთხოვანის ყუის კიდეს და ამდენად შედუღების ნაკერები იანგარიშება მეზობელ პანელებში მოქმედ ძაღვითა სხვაობაზე $N = N_2 - N_1$. ნაკერების ჯამური სიგრძე განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\sum I_v = \frac{0,5N}{k, (DR_{\infty})_{\text{მმ}} \gamma}. \quad (X.8)$$

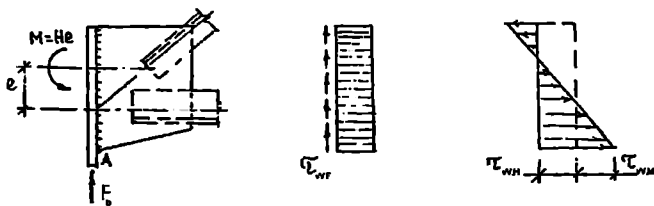
ორტესებიანი ხარტკელის არსებობის შემთხვევაში მის კედელთან ფასონურის დამაკავშირებელი პირაპირული ნაკერი იანგარიშება ხარტკელის ღერძზე დაგებამარბებული, კვანძში თავმოყრილი გისოსის ღეროებში მოქმედი საანგარიშო ძალების ჯამური მნიშვნელობით გამოწვეულ ჰრახვ. მხები ძაბვების მნიშვნელობა ამ შემთხვევაში (იხ. ნახ)

$$\tau_v = \frac{\sum N \cdot S_v}{I_v} \leq R_{\text{მ}} \gamma, \quad (X.9)$$

სადაც $\sum N$ არის საანგარიშო ძალების ჯამური მნიშვნელობა. იმ შემთხვევაში როდესაც ნაკერთა ჯამური სიგრძე არ მოითხოვს აღწერილი სახით ტესტები განიკვეთის კედლის გაზრდას, მაშინ გისოსის ღეროთა მიდევლება ხდება უშუალოდ განიკვეთის კედელზე.

ცალკეულ შემთხვევებში საჭირო ხდება წამწის კვანძებში პირაპირების მოწყობა, რაც გამოწვეულია ხარტკელის ღეროების განიკვეთის ცვლილებით (მათში მოქმედი ძალების შესაბამისად); ტექნოლოგიური/საწარმოო მოთხოვნები (დაკავშირებული წამწის დამზადების პროცესთან) და სხვა მიზეზებით. ასეთი შემთხვევისათვის კონსტრუქციული გადაწყვეტის ნიმუშები [2]. განასხვავებენ ნივნიუური წამწის საყრდენი კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტის ორ – სახსროვანი და ხისტ ვარიანტს. სახსროვანი კვანძი შედგება საყრდენი ფილისა და ფასონურასაგან. იმ შემთხვევაში როდესაც წამწის დგარი საყრდენ ფილამდე არ დაიკვანება, აწყობენ ხისტიის წიბოებს. ხარტკელისა და ორბანის ცენტრალური ღერძების გადაკვეთის წერტილი დგარის ცენტრალურ ღერძზე მდებარეობს. ამდენად წამწის საყრდენი რეაქცია გაიფლის დგარისა და საყრდენი ფილის შედეგებით წარმოქმნილი ჯვარდენის კვეთის სიმძიმის ცენტრში. ხისტი საყრდენი კვანძის შემთხვევაში, ნივნიუური წამწის მიერთება კოლონასთან ხდება გვერდიდან. წამწის დატვირთვა გადაეცემა საყრდენ მაგიდას, რომელსაც ძალოვანი ზემოქმედების სიდიდის შესაბამისად ამზადებენ $l = 30 \dots 40$ მმ სისქის ლითონის ფურცლის ან გადაჭრილთაროებიანი კუთხოვანებისაგან. წამწის საყრდენი წიბოს მიმაგრება კოლონის თაროსთან ხდება უხეში ან ნორმალური სისუსტის ჰანჭიკებით.

ფასონურას საყრდენ წიბოსთან მიერთების ნაკერი განიკვის წამწის საყრდენი რეაქციის F_v და არაცენტრალურად მოდებული H ზალის ზემოქმედებას რაც იწვევს კუთხური ნაკერის ორი მიმართულებით ჰრახვ მუშაობას (ნახ.46).



ნახ.50. ფასონურას საყრდენ წიბოსთან მიერთების ნაკერის საანგარიშო სქემა

შეერთების სიმტკიცე მოწმდება ყველაზე დაბალი წერილისათვის (ფასონურას უკიდურესი ქვედა წერტილი) ფორმულით:

$$\tau_w = \sqrt{(\tau_{wt})^2 + (\tau_{wt} + \tau_{wt})^2} \leq R_w \gamma_c, \quad (X.10)$$

სიღაც

$$\tau_{wt} = \frac{F_b}{2\beta_w k_f l_f}; \quad (X.11)$$

$$\tau_{wt} = \frac{H}{2\beta_w k_f l_f}; \quad (X.12)$$

$$\tau_{wt} = \frac{6He}{2\beta_w k_f l_f^2}.$$

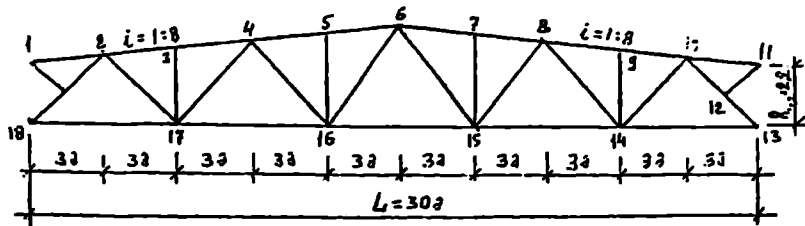
(X.13)

რაც შეეხება სარტყლისა და ირიბანას ფასონურასთან მიერთების ნაკერების სიგრძეებს ისინი განისაზღვრება ასევე როგორც შუალედური კვანძებისათვის.

ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ განხილული კვანძებით არ ამოწურება ის გადაწყვეტები, რომლებსაც ვხვდებით სამშენებლო პრაქტიკაში.

ქვემოთ განვიხილოთ შუალედური და საყრდენი ქარხნული კვანძების გაანგარიშებისა და დაპროექტების რამდენიმე მაგალითი:

მოცემული გვაქვს $L=30\text{მ}$ მალის ნიუნიური წამწე (ნახ.51). ზედა სარტყლის ქანობი $i=1:8$; ქვედა სარტყელი - პირიზონტალური; ხისტი შეერთება კოლონასთან (ნახ. 58). წამწის სიმაღლე საყრდენებზე $h=2,2\text{მ}$. წამწე (მისი ყველა ელემენტი) დამზადებულია მარკის ფოლადისაგან. როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით კვანძების გაანგარიშება - კონსტრუირება იწყება წამწის ღეროებში



ნახ.51. ნიუნიური წარწე

ძაღვების განსაზღვრისა და მათი მიხედვით დეროთა განიკვეთების შერჩევის შემდეგ, ამდენად ქვემოთ განხილულ მატალითში აღნიშნული სიდიდეები ცნობილია.

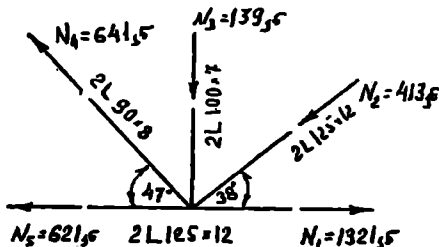
განეხილოთ კალკული კვანძები.

კვანძი №17 (ნახ.47)

საჭირო მონაცემები:

ფასონურას სისქე - 14მმ.

შედულება ნახურადეტომატურია, ნახშირჟანგა აირში, შესადულებელი მათეულის მარკა C₈-08Г2C, d = 2მმ დიამეტრის ცხრილი № დან გეკენება $\beta_1 = 0,9$; $\beta_2 = 1,05$.



ნახ.52. კვანძი 17-ის გეომეტრიული სქემა

ჩადულების საზღვარზე ლითონის პირობითი ჭრის საანგარიშო წინაღობა $R_w = 0,45R_w$. ჩვენი შემთხვევისათვის გეკენება:

$$R_w = 0,45 \cdot 42 = 18,90 \text{ კნ/სმ}^2;$$

ნაკერის ლითონის პირობით ჭრაზე საანგარიშო წინაღობა $R_w = 215 \text{ მპა} = 21,5 \text{ კნ/სმ}^2$.

$\beta_1 R_w$ და $\beta_2 R_w$ ნამრაველიდან ავირჩიოთ მინიმალური:

$$\beta_1 R_{\text{კ}} = 0.92 \times 1.5 = 19.36 \text{ კნ/სმ}^2;$$

$$\beta_2 R_{\text{კ}} = 1.05 \times 18.90 = 19.84 \text{ კნ/სმ}^2;$$

$$(\beta R_{\text{კ}})_{\text{მ}} = 19.36 \text{ კნ/სმ}^2.$$

კვანძში თავმოყრილი თითოეული ღეროსათვის წინასწარ დანიშნულმა შედეგების ნაკერის კათეტმა k_f უნდა დააკმაყოფილოს ფორმულით დადგენილი შეზღუდვები. ამრიგად ყველა საწყისი მონაცემი გვაქვს. კვანძის გეომეტრიულ სქემაზე ღეროების კონტურთა დატანისა და ღეროების ურთიერთთაგან საჭირო მანძილით დაშორების შემდეგ განესაზღვროთ ღეროების ფასონურასთან მიერთების ნაკერების სიგრძეები.

$$N_1 = 641 \text{ კნ}, \quad k_f = 6 \text{ მმ}$$

(X.8) ფორმულის მიხედვით:

$$\sum l_v = \frac{0.5 \cdot 641}{0.6 \cdot 19.36 \cdot 0.95} = 29.1 \text{ სმ},$$

ნაკერის სიგრძე ყუის მხრიდან $l' = 0.7 \cdot 29.1 + 1 = 21.4 \text{ სმ}$,

ნაკერის სიგრძე ფრთის მხრიდან $l'' = 0.3 \cdot 29.1 + 1 = 9.7 \text{ სმ}$,

$$N_3 = 139 \text{ კნ}, \quad k_f = 5 \text{ მმ}.$$

(X.8) ფორმულის მიხედვით:

$$\sum l_v = \frac{0.5 \cdot 139}{0.5 \cdot 19.36 \cdot 0.95} = 7.6 \text{ სმ}$$

ნაკერის სიგრძე ყუის მხრიდან $l' = 0.7 \cdot 7.6 + 1 = 6.3 \text{ სმ}$,

ნაკერის სიგრძე ფრთის მხრიდან $l'' = 0.3 \cdot 7.6 + 1 = 3.3 \text{ სმ}$,

$$N_2 = 413 \text{ კნ}, \quad k_f = 10 \text{ მმ}.$$

(X.8) ფორმულის მიხედვით:

$$\sum l_v = \frac{0.5 \cdot 413}{1 \cdot 19.36 \cdot 0.95} = 11.2 \text{ სმ},$$

ნაკერის სიგრძე ყუის მხრიდან $l' = 0.7 \cdot 11.2 + 1 = 8.9 \text{ სმ}$,

ნაკერის სიგრძე ფრთის მხრიდან $l'' = 0.3 \cdot 11.2 + 1 = 4.4 \text{ სმ}$,

$$N = N_1 - N_3 = 700 \text{ კნ}, \quad k_f = 10 \text{ მმ}.$$

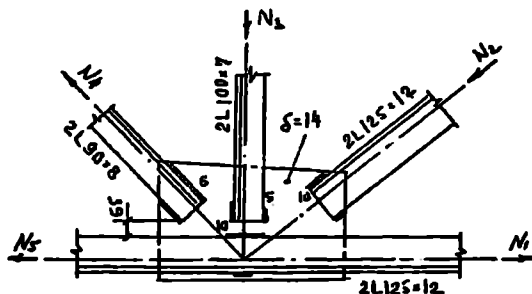
(X.8) ფორმულის მიხედვით:

$$\sum I_v = \frac{0,5 \cdot 700}{1 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 19 \text{ სმ,}$$

ნაკერის სიგრძე ქვის მიხედვით $l' = 0,7 \cdot 19 + 1 = 14,3 \text{ სმ,}$

ნაკერის სიგრძე ფრთის მიხედვით $l'' = 0,3 \cdot 19 + 1 = 6,7 \text{ სმ.}$

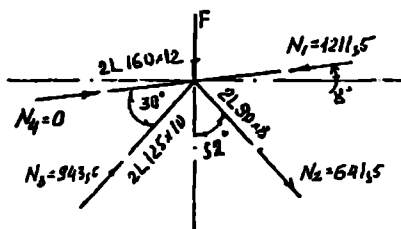
მიღებული ზომების მიხედვით მოხდება ფასონურას კონტურის შემოხაზვა.



ნახ.53. კვანძი 17

კვანძი 2

საწყისი მონაცემები (გარდა გეომეტრიულ სქემაზე მოცემული მონაცემებისა ნახ.51.) იგივეა, რაც კვანძი 17-ისათვის (გვ.123)



ნახ.54. კვანძი 2-ის გეომეტრიული სქემა

განვსაზღვროთ ღეროების ფასონურასთან მიერთების ნაკერების სიგრძეები.

$$F = 124 \text{ კნ; } N_1 = 1211 \text{ კნ; } N_4 = 0,$$

$$\sum I_v = \frac{0,5\sqrt{1211^2 + 124^2}}{1 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 33,2 \text{ სმ.}$$

ნაკერის სიგრძე უკუს მხრიდან $l' = 0,7 \cdot 33,2 + 1 = 24,2$ სმ,

ნაკერის სიგრძე ფრთის მხრიდან $l'' = 0,3 \cdot 33,2 + 1 = 10,8$ სმ,

$$N_2 = 641 \text{ კნ, } k_7 = 6 \text{ მმ.}$$

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 641}{0,6 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 29,1 \text{ სმ.}$$

ნაკერის სიგრძე უკუს მხრიდან $l' = 0,7 \cdot 29,1 + 1 = 21,4$ სმ,

ნაკერის სიგრძე ფრთის მხრიდან $l'' = 0,3 \cdot 29,1 + 1 = 9,7$ სმ,

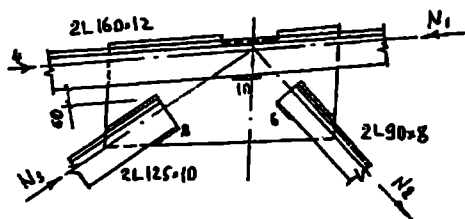
$$N_3 = 943 \text{ კნ, } k_7 = 8 \text{ მმ.}$$

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 943}{0,8 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 32,1 \text{ სმ.}$$

ნაკერის სიგრძე უკუს მხრიდან $l' = 0,7 \cdot 32,1 + 1 = 23,5$ სმ,

ნაკერის სიგრძე ფრთის მხრიდან $l'' = 0,3 \cdot 32,1 + 1 = 10,6$ სმ,

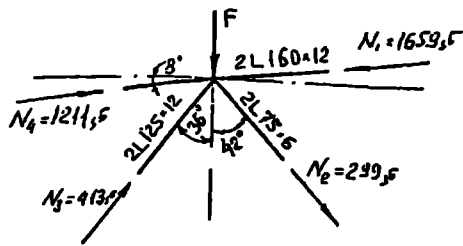
მიღებული ზომების მიხედვით მოხდება ფასონურას კონტურის შემოხაზვა.



ნახ.55. კვანძი 2

კვანძი 4

საწესის მონაცემები (გარდა სქემაზე მოცემული მონაცემებისა ნახ. 56) იღებვა რაც კვანძი 17სთვის.



ნახ. 56. კვანძი 4-ის გეომეტრიული სქემა

განვსაზღვროთ ღეროების ფასონურასთან მიერთების ნაკერების სიგრძეები.

$N_1 = 1659$ კნ. $N_4 = 1211$ კნ. $F = 174$ კნ. დაენიშოთ, $k_f = 10$ მმ.

(X.6) ფორმულის მიხედვით: $\Delta N = 1659 - 1211 = 448$ კნ.

$$\sum l_w = \frac{\sqrt{448^2 + 174^2}}{2 \cdot 1 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 13,1 \text{ სმ.}$$

$N_2 = 299$ კნ.

შედულების ნაკერის კათეტი ფრთის მხრიდან $k_f = 4$ მმ.

$$\sum l_w = \frac{0,3 \cdot 299}{2 \cdot 0,4 \cdot 19,36 \cdot 0,95} + 1 = 7,1 \text{ სმ.}$$

შედულების ნაკერის კათეტი ყუის მხრიდან $k_f = 6$ მმ.

$$\sum l_w = \frac{0,7 \cdot 299}{2 \cdot 0,6 \cdot 19,36 \cdot 0,95} + 1 = 10,5 \text{ სმ.}$$

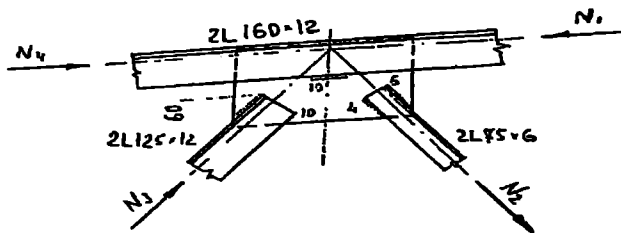
$N_3 = 413$ კნ; $k_f = 10$ მმ.

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 413}{1 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 11,2 \text{ სმ.}$$

ნაკერის სიგრძე ყუის მხრიდან $l' = 0,7 \cdot 11,2 + 1 = 8,8$ სმ.

ნაკერის სიგრძე ფრთის მხრიდან $l'' = 0,3 \cdot 11,2 + 1 = 4,4$ სმ.

მიღებული ზომების მიხედვით მოხდება ფასონურას კონტურის შემოხაზვა (ნახ.57)



ნახ.57. კვანძი 4

განვიხილოთ საყრდენი კვანძის გაანგარიშება (ნახ. 58). დავნიშნოთ ნაკერის კათეტი ირიბანისათვის უყის მხრიდან $k_f = 10$ მმ. მე-(V.7) ფორმულის მიხედვით ნაკერის სიგრძე უყის მხრიდან

$$\sum l_w = \frac{0,7 \cdot 943}{2 \cdot 1 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 17,9 \text{ სმ.}$$

დავნიშნოთ ფასონურას ზომები, რაც უკვე მიღებული სიდიდეების (ირიბანის დახრის კუთხე, მანძილი ირიბანასა და სარტყელს შორის - 60 მმ, მანძილი სარტყელსა და საყრდენ წიბოს შორის - 60 მმ, ზემოთ მიღებული კათეტის სიგრძე) გამოყენებით სირთულეს არ წარმოადგენს (ნახ.58)

დავნიშნოთ ნაკერის კათეტი ირიბანისათვის ფრთის მხრიდან $k_f = 8$ მმ. ნაკერის სიგრძე

$$\sum l_w = \frac{0,3 \cdot 943}{2 \cdot 0,8 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 9,6 \text{ სმ,}$$

ვიღებთ $l_w = 100$ მმ.

ნაკერის სიგრძე სარტყლისათვის უყის მხრიდან (კათეტი დავნიშნოთ $k_f = 8$ მმ)

$$\sum l_w = \frac{0,7 \cdot 740}{2 \cdot 0,8 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 17,6 \text{ სმ,}$$

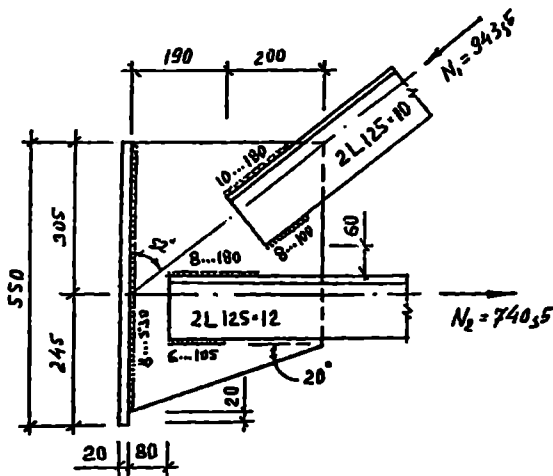
ვიღებთ $l_w = 180$ მმ.

ნაკერის სიგრძე სარტყლისათვის ფრთის მხრიდან (კათეტი დავნიშნოთ $k_f = 6$ მმ)

$$\sum l_r = \frac{0.3 \cdot 740}{2 \cdot 0.6 \cdot 19.36 \cdot 0.95} = 10.1 \text{ სმ,}$$

ვთავსებთ $l_r = 105 \text{ მმ.}$

ფასონურას საყრდენ წიბოსთან მიერთების ნაკერის სიგრძე ტოლია 550მმ-ის. ნაკერის სისქის მინიმალური მნიშვნელობის შესახებ მოთხოვნის თანახმად (იხ. თავი V) დაენიშნოს ნაკერის სისქე - $k_f = 8 \text{ მმ.}$ აღნიშნული ნაკერი განიჯდის საყრდენი



ნახ.58. საყრდენი კვანძი

რეაქციისა F_b და არაცენტრალურად მოდებული ძალის $H = M_0 / h = 386 / 2.2 = 175.5 \text{ კნ}$ ზემოქმედებას. შეერთების სიმტკიცე ყველაზე მეტად დაძაბული წერტილისათვის მოწმდება მე() ფორმულით. მივიღებთ:

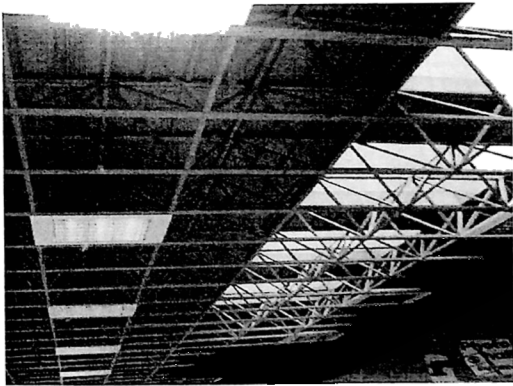
$$\tau_{\text{წ}} = \frac{763}{2 \cdot 1.05 \cdot 0.8 \cdot 53} = \frac{763}{89.04} = 8.57 \text{ კნ/სმ}^2;$$

$$\tau_{\text{მ}} = \frac{175.5}{2 \cdot 1.05 \cdot 0.8 \cdot 53} = \frac{175.5}{89.04} = 1.97 \text{ კნ/სმ}^2;$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{6 \cdot 175.5 \cdot 2}{2 \cdot 1.05 \cdot 0.8 \cdot 53} = \frac{2106}{4719.12} = 0.45 \text{ Jf/lb}^2;$$

$$\tau_s = \sqrt{8.57^2 + (1.97 + 0.45)^2} = \sqrt{79.30} = 8.91 < 18.91 \cdot 0.95 = 17.9 \text{ Jf/lb}^2.$$

საერთო დახასიათება. ძლიერი/განვითარებული სამშენებლო ხეცტორის მქონე სახელმწიფოებისათვის ერთსართულიანი შენობები ლითონის მზიდი კარკასით წარმოადგენს ლითონის კონსტრუქციების გამოყენების უმსხვილეს არეალს. ლითონის მზიდი კონსტრუქციებით გადაწყვეტილ შენობათა 2/3 სწორედ აღნიშნული ტიპის შენობებზე მოდის [4]. ისინი ძირითადად გამოიყენება როგორც ერთსართულიანი სამრეწველო შენობები (სამამქროები), საცალო და საბითუმო საწყოები, ჰაერმარკეტები, საგამოყენო დარბაზები, დასვენების ინდუსტრიისა და ტურიზმის ობიექტები. ამრიგად ლითონის მზიდი კარკასის მქონე ერთსართულიანი შენობები პირაბითაღ შეიძლება დეკოთ ორ დიდ ჯგუფად: მძიმე ინდუსტრიის და დანარსენი. ამ უკანასკნელში გარდა სემოთ აღნიშნულისა აგრეთვე მოიაზრება მძიმე ინდუსტრიის პარალელურად განვითარებადი ნაწილობრივ მისი ნამნაცვლებადი ელექტრონიკაზე დაფუძნებული წარმოებებისთვის საჭირო შენობები. აღნიშნულ შენობათა პირველი ტიპი ტრადიციულად ასოცირდება მკაცრ/პირქუშ ექსტერიერთან. მათინ როდესაც მფორე შედარებით მსუბუქ, სწრაფად და ალეილად ასაწობად, ეკონომიურ და ესთეტიურად მიმსიდეველ შენობებთან. შესაკეთრისთვის ყოველთვის ყველაზე მეტად მისაღები გადაწყვეტა რომ, არის ეს უკანასკნელნი აგრეთვე წარმოადგენილნი იყენენ „მოქნილი“ არქიტექტურულ/კონსტრუქციულ გადაწყვეტით, რაც საშუალებას უნდა აძლევდეს მას შენობის ექსპლუატაციის ვადის ამოწურვამდე მისთვის სასურველი ცვლილებები შეიტანოს საწარმო დანიშნულებაში/შეცვალოს პროფილი, შესაბამისად კონსტრუქციულ გადაწყვეტაში. ნახაზეზე 59, 60, 61 მოცემულია სემოთ აღნიშნული შენობათა ორი ჯგუფიდან თითოეულის მახასიათებელი მზიდი კარკასის სოგადი სქემა. ქვემოთ აღწერილია მათი კონსტრუქციული გადაწყვეტა, შემადგენელი ელემენტები და გაანგარიშების საფუძვლები, კარკასის სემოთ ნამოთყვიდლ მახასიათებლებს შორის ძალიან ბევრი საერთო ნიშნის არსებობის გათვალისწინებით.



სურ.10. ერთსართულიანი შენობა ლითონის მზიდი ელემენტებით. გადახურვა სტრუქტურული კონსტრუქციით (ამსტერდამი)

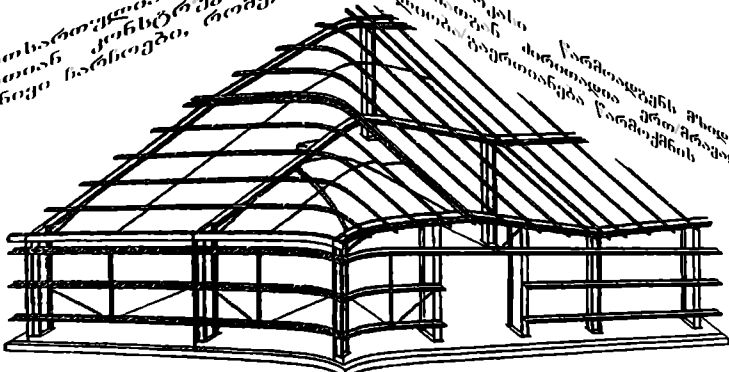


სურ.11. ერთსართულიანი შენობა ლითონის მხიდი კარკასით. განივი პორტალური წარმო (მცხეთის რაიონი)

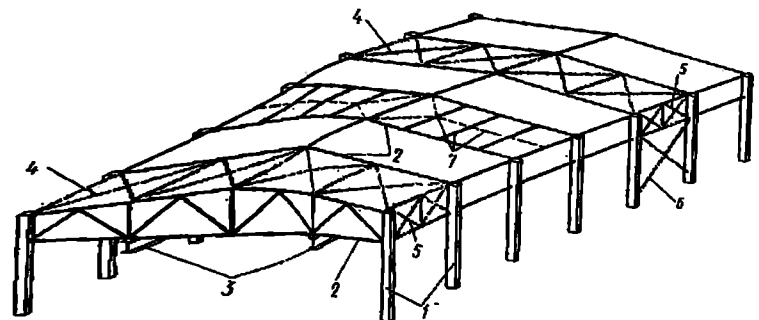


სურ.12. ამსტერდამი. აეროპორტის შენობის ფრაგმენტი

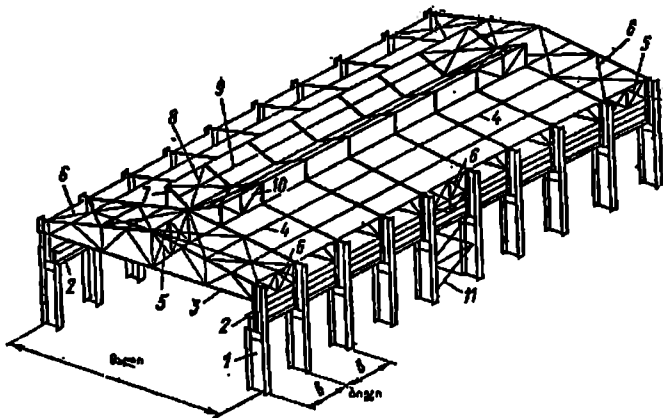
ერთსართულიანი სახლის კონსტრუქციაში, მთავარ როლს იკრავს მართიანი კონსტრუქციის გარეგანი ნაწილები, რომლებიც წარმოადგენს მხოლოდ ელემენტარულ მასივს.



ნახ.59. ერთსართულიანი შენობა ლითონის მსიდი კარკასით (პორტულური ბანიო)



ნახ.60. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის (საამქრო) კონსტრუქციული სქემა:
 1 — კოლონა; 2 — წამწვე; 3 — მონორელსის კოთები; 4 — პორტიკალური კაეშირები წამწვეებს შორის; 5 — ვერტიკალური კაეშირები; 6 — კაეშირები კოლონებს შორის; 7 — ნაიქენები მხოლოდ ერთი ბიჯისთვის.

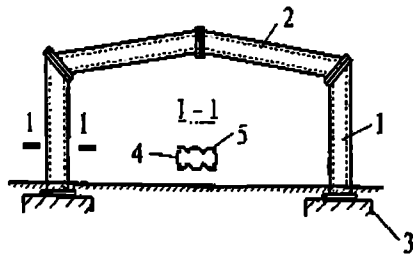


ნახ.61. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის (საამქრო) კონსტრუქციული სქემა

1 - კოლონა; 2 - ამწყვეთი კოჭი; 3 - წამწე; 4 - გრძივები წამწეებზე; 5) ვერტიკალური კაეშირები წამწეებს შორის; 6 - პორიზონტალური კაეშირები წამწეებს შორის; 7 - შექფარანის ჩარჩო; 8 - შექფარანის პორიზონტალური კაეშირები; 9 - შექფარანის გრძივები; 10 - შექფარანის ვერტიკალური კაეშირები.

აღნიშნულ კონსტრუქციულ სისტემას, განივი ჩამოსი ძირითადი შემადგენელი ელემენტებია კოლონები და რიგელი. ნახ. -ზე ნაჩვენებია განივი ჩარჩოს კონსტრუქციული გადაწყვეტის რამდენიმე ვარიანტი (ვარიანტები შეიძლება იყოს ძალიან ბევრი). წარმოდგენილი ვარიანტების/კონსტრუქციული გადაწყვეტილების არჩევანს ძირითადად განაპირობებს შენობის დანიშნულება. შესაბამისად მასში წარმართული ტექნოლოგიური პროცესი ან სხვაგა საქმიანობა. მიუხედავად აღნიშნული მრავალფეროვნებისა არსებული ვარიანტების დაჯგუფება ძირითადად ხდება განივი ჩარჩოს ორი ტიპის გარშემო:

- განივი ჩარჩო ლითონის წამწით (ნახ.62),
- ლითონის პორტალური ჩარჩო (ნახ.62).



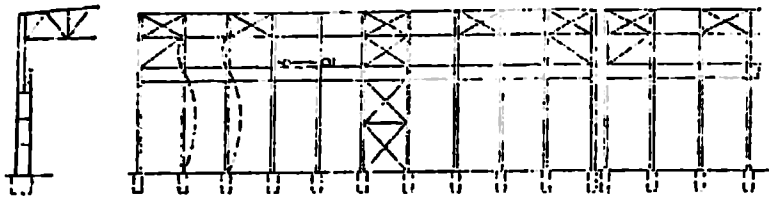
ნახ.62. ლითონის პორტალური ჩარჩო

1 - დგარი; 2 - რიგელი; 3 - საძირკველი; 4 - შველერი; 5 - გოფირებული კედელი (ფურცელი $l = 4$ მმ).

ზოგადად ერთსართულიანი ლითონის მზიდი კარკასისათვის მალის, შენობის სიმაღლისა და სიგრძის მნიშვნელობები ითვლება ძირითად ზომებად. მათგან პირველი ორი აგრეთვე განივი ჩარჩოს ზომებსაც წარმოადგენს. მათი სიდიდის დანიშვნის დროს ძირითად განმაპირობებელ ფაქტორზე ზემოთ უკვე მიუთითებდით — შენობის დანიშნულება. აქვე აუცილებელია აღვნიშნოთ ადრე არსებული კიდევ ერთი განმაპირობებელი ფაქტორი — მოდულის პრინციპი. შენობათა ტიპიზაციის უზრუნველსაყოფად შენობის ელემენტების (მათ შორის მალის) ზომები უნდა ყოფილიყო დადგენილი სიდიდის — მოდულის ჯერადი. ერთმალისანი სამრეწველო შენობებისთვის დაწესებული იყო გამსხვილებული მოდული 3მ და 6მ. შესაბამისად შენობის (განივი ჩარჩოს ერთი მალის შემთხვევაში) მალის სიდიდე ტოლი უნდა ყოფილიყო 12, 15, 18, 21, 24 მ და ა.შ. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ამჟამად ხსენებული მოდულები არ მოქმედებს.

განივი ჩარჩოების ერთიანობას, შესაბამისად კარკასის მთლიანობას უზრუნველყოფს კავშირების სისტემა. კავშირები კარკასის უმნიშვნელოვანესი ელემენტებია. მათი მოწყობის აუცილებლობისა ზემოთ ხსენებულ, მის მთავარ ფუნქციასთან ერთად განაპირობებს შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები:

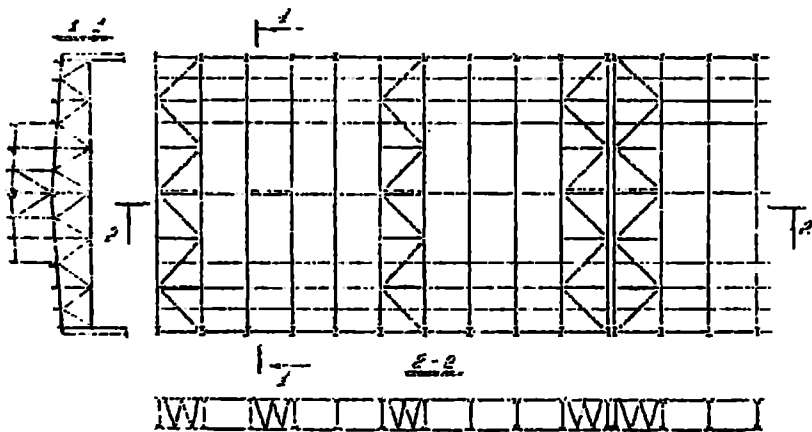
- კარკასის, როგორც ერთიანი სივრცული სისტემის გეომეტრიული უცვლელიობის, მისი შეკუმშული კონსტრუქციული ელემენტების მდგრადობის, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის სათანადო პირობების უზრუნველყოფა;
- კარკასზე მოქმედი დატვირთვების (ქარი, ამწე-მექანიზმები) გადაწევა მზიდ ელემენტებს შორის, საძირკვლებზე მათი შემდგომი გადაცემის უზრუნველსაყოფად. სამრეწველო შენობათა ლითონის კარკასებში კავშირები ეწყობა:
- კოლონებს შორის (ნახ.63) — უზრუნველყოფს კარკასის გეომეტრიულ უცვლელიობას მონტაჟისა და ექსპლუატაციის დროს; კარკასის მზიდუნარიანობას და სიხისტეს შენობის გრძივი მიმართულების გასწვრივ; კოლონების მდგრადობას განივი ჩარჩოს მართობულ სიბრტყეში. სივრცული ორიენტაციის შესაბამისად მათ კოლონებს შორის ვერტიკალურ კავშირებსაც უწოდებენ.



ნახ.63. კაეშირები კოლონებს შორის

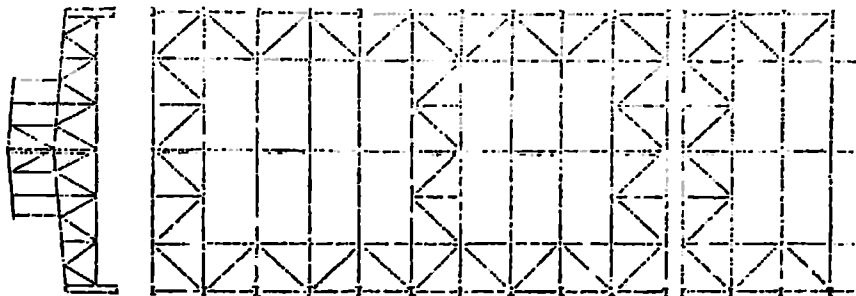
- კაეშირები სახურავის გასწყვირე - უზრუნველყოფენ რიგელის (ამ შემთხვევაში წამწე) შეკუმშული ელემენტების მდგრადობას; ნებისმიერ განივ ჩარჩოზე მოქმედი დატვირთვების გადანაწილებას მის მომიჯნავე ჩარჩოებზე; სარემონტო სამუშაოების წარმართვას. მდებარეობას სიბრტეისა და სივრცული ორიენტაციის შესაბამისად განახსივავებენ:

- განივ კაეშირებს წამწის ზედა სარტყელებს შორის (ნახ.64)



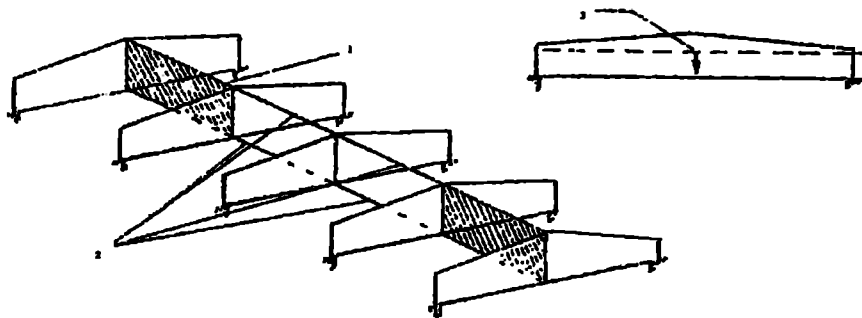
ნახ.64. განივი კაეშირები წამწის ზედა სარტყელებს შორის

- განივ და გრძივ კაეშირებს წამწის ქვედა სარტყელის სიბრტეეში (ნახ.65)



ნახ.65. განივი და გრძივი კაეშირები წამწის ქვედა სარტყლის სიბრტყეში

- ვერტიკალურ კაეშირებს წამწებს შორის (ნახ.66)



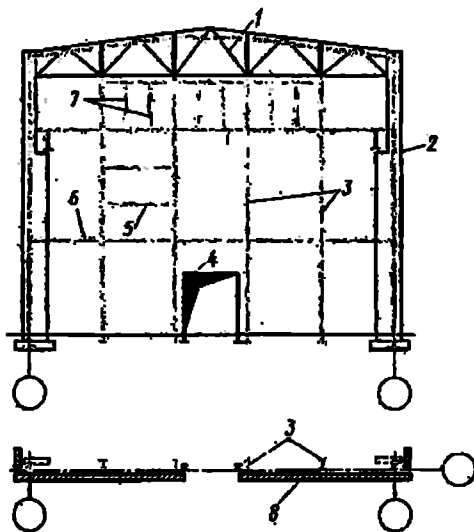
ნახ.66. ვერტიკალური კაეშირები წამწებს შორის:
1 - წამწე-დისკი; 2 - განმბრჯენები; 3 - სიმძიმის ცენტრი.

კედლის შემოსვის, კარებების, ფანჯრების და შენობის გარე პერიმეტრზე განთავსებული სხვა საჭირო კონსტრუქციული ელემენტების დამაგრებას და მათგან მზიდ ელემენტებზე დატვირთვის გადაცემას უზრუნველყოფს გრძივი და განივი (ტორსული) ჩალანგარი. მისი კონსტრუქციული სქემის გამსახულერელია:

- შემოსვის/კედლის ტიპი (რკინაბეტონისა და მსუბუქი ბეტონის პანელები, ლითონით შემოსვა);

- შექისხვის ადგილმდებარეობა და სიერცკული ორიენტაცია (შიგა ან გარე კედლები, გრისი ან განივი მიმართულება);

- ღიობები - მათი რაოდენობა და მდებარეობა.



ნახ.67. ტორსული ჩალანგარი. კონსტრუქციული გადაწყვეტა:

- 1 - წამწე; 2 - კოლონა; 3 - ჩალანგარის ძირითადი დგარები; 4 - ღიობის რიგელი; 5 - ჩალანგარის რიგელი; 6 - განმბრჯენი; 7 - ჩალანგარის შუალედური დგარები; 8 - კედლის შემოსევა.

ჩალანგარის შემადგენელი ელემენტებია: დგარები, რიგელები, განმბრჯენები. განივი ჩარჩოს სიმაღლის შესაბამისად ძირითადი დგარები შეიძლება იყოს მთლიანი ან გამჭოლკედლიანი. რიგელებად, განმბრჯენებად და შუალედურ დგარებად ძირითადად გამოყენებულია პრიფილური (ორტესები, შევლერი) ელემენტები.

ერთსართულიანი სამრწყველო შენობის განივ ჩარჩოზე მოქმედი დროებითი დატვირთვების განსაზღვრა (მაგალითი)

მოცემულია განივი ჩარჩო:

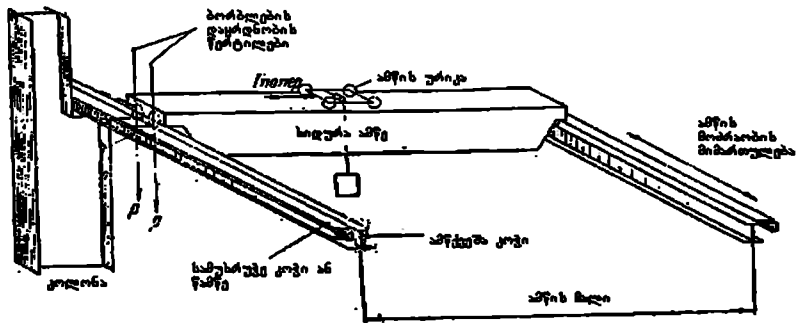
განივი წარსოს მადლი - $L=12$ მ;

განივი წარსოების ბიჯი - $a=6$ მ;

მშენებლობის აღდგინი - ასპინდა;

ხიდურა ამწე - $Q=20/5$ ტ;

მანძილი წამწის ქვედა სარტყლიდან შუქფერის კერამდე - $h=5,6$ მ.



ნახ.68. ხიდურა ამწე

დროებითი დატვირთვებიდან ესაზღვრათ თოელის, ქარისა და ამწე-მექანიზმების დატვირთვებს.

თოელის დატვირთვა კოლონას გადაეცემა ვერტიკალური შეყურსული ძალის სახით, როგორც რიგელის საყრდენი რეაქცია და აითულება იმავე სატვირთო მოედნიდან, საიდანაც აითულება გადახურვის მუდმივი დატვირთვა.

$$p = \gamma_f s_0 \mu L a,$$

სადაც s_0 არის თოელის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა, დედამიწის ზედაპირის 1მ^2 -ზე; L - მადლი; a - სატვირთო მოედნის (საიდანაც აითულება დატვირთვა) სიგანე; γ_f - საიმედოობის კოეფიციენტი დატვირთვაზე $\gamma_f = 1,4$. μ - დედამიწის ზედაპირზე თოელის საფარის წონის, გადახურვაზე გადამყვანი კოეფიციენტი $\alpha \leq 25^\circ$, $\mu = 1$.

ჩვენს შემთხვევაში გვექნება: $p = 1,4 \times 0,50 \times 1 \times 12 \times 6 = 50,4$ კნ.

ქარის დატვირთვა კოლონაზე 10მ-ის სიმაღლეზე მიღებულია როგორც თანაბარგანაწილებული. გვაქვს A ტიპის ადგილმდებარეობა. 10-დან 20მ-ის ფარგლებში დატვირთვის ტრაპეციულ ეპიურას ვასაშუალოებთ.

ქარის დატვირთვის ვანგარიშობთ ფორმულით:

$$q_w = \gamma_f w_0 k \alpha,$$

სადაც γ_f არის საიმედოობის კოეფიციენტი ქარის დატვირთვაზე $\gamma_f = 1,4$; w_0 - ქარის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა; k - სიმაღლეზე დატვირთვის

ცვლილების კოეფიციენტი: c - აეროდინამიკური კოეფიციენტი: $c = 0,8$
 დაქარვის მხარე: $c = 0,6$ - განქარვის მხარე.

წვენი შემოხვევისათვის $w_0 = 0,27$ კნ/მ²;

10-დან 20მ-მდე ფარგლებში ქარის დატვირთვის ტრაპეციული ეპიურის
 გასაშუალოებით ის იცვლება სწორკუთხა ეპიურით რომლის ორდინატის საშუალო
 მნიშვნელობისთვის გვექნება: $0,27 \times 1,25 = 0,3125$ კნ/მ²; $(0,27 + 0,3125) \times 0,5 = 0,291$ კნ/მ²;

ამრიგად $w_0 = 0,27$ კნ/მ²; $w'_0 = 0,291$ კნ/მ².

ქარის აქტიური დატვირთვა - 10მ-მდე - $q_1 = 1,4 \times 0,27 \times 1 \times 0,8 \times 6 = 1,81$ კნ/მ;

$$10\text{მ-დან } 14\text{მ-მდე} - q'_1 = 1,4 \times 0,291 \times 1 \times 0,8 \times 6 = 1,96 \text{ კნ/მ.}$$

განქარვის მხარე 10მ-მდე - $q_1 = 1,4 \times 0,27 \times 1 \times 0,6 \times 6 = -1,36$ კნ/მ;

$$10\text{მ-დან} - 14\text{მ-მდე} - q'_1 = 1,4 \times 0,291 \times 1 \times 0,6 \times 6 = -1,47 \text{ კნ/მ.}$$

რიგელისა (წამწე) და შუქფარნის სიმაღლეში მოქმედი ქარის დატვირთვა
 გადაცემა ხდება შეყურსული ძალის სახით, და მისი მნიშვნელობა განისაზღვრება
 გამოსახულებით:

$$P = q'_1 h a$$

ქარის აქტიური მოქმედების მხრიდან $P = 1,96 \times 5,6 \times 6 = 65,86$ კნ;

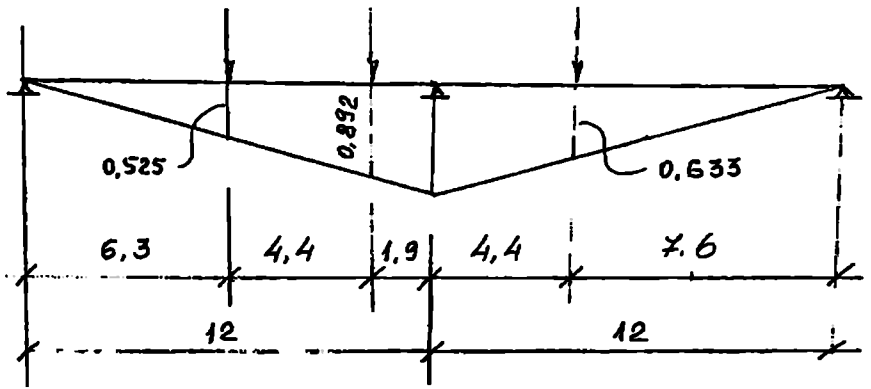
$$\text{განქარვის მხრიდან } P = 1,47 \times 5,6 \times 6 = -49,39 \text{ კნ.}$$

ამწე-მეკანიზმების დატვირთვა.

ამწის საერთო წონა $G = 235$ ტ. (235კნ); ურიკის წონა $g = 8,5$ ტ. (85 კნ). ამწის
 ბორბლის მაქსიმალური დაწნევა (ნორმატიული) $F_{\max}^* = 175$ კნ.

ამწის ბორბლების მინიმალური დაწნევა

$$F_{\min}^* = \frac{Q+G}{n_1} - F_{\max}^* = \frac{200+235}{2} - 175 = 42,5 \text{ კნ.}$$



ნახ.69. გაელენის წირი

ესაზღვრავთ კოლონაზე მოსულ მაქსიმალურ და მინიმალურ დაწნევას (D) ორი ხიდურა ამწისგან. მათი მნიშვნელობების მისაღებად ხდება შესაბამისი გაელენის წირის დატვირთვა ამწის ბორბლების სტანდარტული დაწნევით. საჭირო მნიშვნელობებს ვანგარიშობთ შემდეგი გამოსახულებებით:

$$D_{\max} = \psi \gamma_f F_{\max}^* \sum y;$$

$$D_{\min} = \psi \gamma_f F_{\min}^* \sum y,$$

სადაც ψ არის შეთანწყობის კოეფიციენტი $\psi = 0,85$; γ_f - დატვირთვაზე საიმედოობის კოეფიციენტი $\gamma_f = 1,1$. მოცემულ შემთხვევაში

$$D_{\max} = 0,85 \times 1,1 \times 175(0,525 + 0,892 + 1 + 0,633) = 499,1 \text{ კნ};$$

$$D_{\min} = 0,85 \times 1,1 \times 42,5(0,525 + 0,892 + 1 + 0,633) = 121,2 \text{ კნ}.$$

მაქსიმალური და მინიმალური მლუნაუი მომენტების მნიშვნელობები:

$$M_{\max} = D_{\max} e = 499,1 \times 0,6 = 299,5 \text{ კნმ};$$

$$M_{\min} = D_{\min} e = 121,2 \times 0,6 = 72,7 \text{ კნმ.}$$

ესაზღვრავთ კოლონაზე მოსულ ჰორიზონტალურ დაწნევის აღძრულს განივი დამუხრუჭებით, რისთვისაც ვპოულობთ განივი დამუხრუჭების ძაღას ხიდურა აშწის ერთ ბორბალზე შემდეგი გამოსახულებით:

$$T_n = \frac{Q + G}{20n_t} = \frac{200 + 235}{20 \times 2} = 10,9 \text{ კნ.}$$

ჰორიზონტალური დაწნევა კოლონაზე ორი აშწის განივი დამუხრუჭების ძაღისაგან

$$T = \psi \gamma_f T_n \sum y = 0,85 \times 1,1 \times 10,9(0,525 + 0,892 + 1 + 0,633) = 31,1 \text{ კნ.}$$

ლიტერატურა

ძირითადი

1. СНиП II-23-81* Стальные конструкции – М.: Стройиздат, 1998.
2. В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др. Металлические конструкции. Т.1. М.: Высш. шк., 2001, – 551стр. ISBN 5-06-003695-2
3. ვ.ჯავახიშვილი. ლითონის, ხისა და პლასმასის სამშენებლო კონსტრუქციები. თბილისი. სპი, 1976. 215გვ.
4. STEEL DESIGNERS' MANUAL. 6th Edition (2003). The Steel Construction Institute. Editors Buick Davison and Graham W. Owens. Blackwell Publishers. 1370p.
5. Steel Buildings. The British Constructional Steelwork Association Ltd. ISBN 0 85073 043 0 Publishing Number 35/03 (2003), 268p.

დამატებითი

1. В.К Файбишенко. Металлические конструкции. М.: Стройиздат, 1984, – 336 стр.
2. Р.И. Берген, Ю.М. Дукарский, В.Б. Семёнов, Ф.В. Росс. Инженерные конструкции М. Высш. шк. 1989, – 415стр.
3. В.И. Сетков, Е.П. Сербин, Строительные конструкции: Расчёт и проектирование. М.: Изд-во ИНФРА-М. 2005, – 432стр.

ნახაზების ნუსხა

- ნახაზი 1. ფოლადის მიღება კონვერტორული მეთოდით
- ნახაზი 2. ელექტრორკალური ღუმელი
- ნახაზი 3. მცირედნახშირბადოვანი ფოლადის მისროსტრუქტურა
- ნახაზი 4. გასაჭიში ნიმუში და გაჭიმვის დიაგრამა
- ნახაზი 5. ნაგლინი პროფილები
- ნახაზი 6. ცივიდანაღენი პროფილები
- ნახაზი 7. კონსოლური კოჭის საერთო მდგრადობის დაკარგვის ერთ-ერთი შესაძლო ფორმა
- ნახაზი 8. ექსცენტრული დატვირთვა
- ნახაზი 9. ექსცენტრული დატვირთვა
- ნახაზი 10. ელექტრორკალური შედულების ზოგადი სქემა
- ნახაზი 11. შედულების სახეობა (ა-ზ); ნაკერის ტიპი (1-7);
- ნახაზი 12. კუთხური ნაკერები.
- ნახაზი 13. ჩვეულებრივი სიმტკიცის ჭანჭიკების მუშაობის სქემები
- ნახაზი 14. მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით შეერთება
- ნახაზი 15. ხერტების განლაგება: რიგობრივი და ჭადრაკული
- ნახაზი 16. პირდაპირი ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკებით.
- ნახაზი 17. პირდაპირი მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით.
- ნახაზი 18. შედგენილი კოჭი
- ნახაზი 19. კოჭის სახსრული დაყრდნობა კოლონაზე
- ნახაზი 20. კოჭის შეერთება კოლონასთან
- ნახაზი 21. კოჭის კოლონასთან სახსრული მიერთება გვერდიდან
- ნახაზი 22. კოჭის კოლონასთან ხისტი მიერთება გვერდიდან
- ნახაზი 23. კოჭის დაყრდნობის კვანძები. საყრდენი წიბოს გარეშე. საყრდენი წიბოს მეშვეობით.
- ნახაზი 24. გამართებული კოჭოვანი უჯრედი
- ნახაზი 25. ნორმალური კოჭოვანი უჯრედი
- ნახაზი 26. კოჭების შეუღლების სქემა
- ნახაზი 27. გართულებული კოჭოვანი უჯრედი
- ნახაზი 28. კოჭების შეუღლების სქემა
- ნახაზი 29. ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე მთლიანკედლიანი კოლონა
- ნახაზი 30. ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე გამჭოლკედლიანი კოლონა
- ნახაზი 31. მთლიანკედლიან კოლონათა განივკვეთები

- ნახაზი 32. გამჭოლკედლიანი კოლონის განივკვეთის ყოორმები და გისოსის
- ნახაზი 33. სამრეწველო შენობების/საამქროების არა(ცენტრალურად შეკუმშული კოლონების ძირითადი ტიპები:
- ნახაზი 34. კოლონის განივკვეთი
- ნახაზი 35. კოლონის ბაზები.
- ნახაზი 36. კოლონის საძირკველზე სახსრული დამაგრება
- ნახაზი 37. კოლონის საძირკველზე ხისტი დამაგრება
- ნახაზი 38. ცენტრალურად შეკუმშული კოლონის სათავეები
- ნახაზი 39. ქარხნული პირაპირები
- ნახაზი 40. სამონტაჟო პირაპირები
- ნახაზი 41. ბრტყელი და სიურცული წამწე
- ნახაზი 42. წამწის ელემენტები
- ნახაზი 43. წამწის სქემები
- ნახაზი 44. წამწის ხარტყლების მოხაზულობა
- ნახაზი 45. წამწის გისოსი
- ნახაზი 46. მსუბუქი წამწის ღეროს განივკვეთები
- ნახაზი 47. კვანძის გეომეტრიული სქემა
- ნახაზი 48. კვანძის გეომეტრიული სქემა
- ნახაზი 49. წამწის კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტა. საკვანძო ფურცლით. ელემენტების უშუალო შეერთებით
- ნახაზი 50. ფასონურას საყრდენ წიბოსთან მიერთების ნაკერის საანგარიშო სქემა
- ნახაზი 51. ნივინიური წამწე
- ნახაზი 52. კვანძი 17-ის გეომეტრიული სქემა
- ნახაზი 53. კვანძი 17
- ნახაზი 54. კვანძი 2-ის გეომეტრიული სქემა
- ნახაზი 55. კვანძი 2
- ნახაზი 56. კვანძი 4-ის გეომეტრიული სქემა
- ნახაზი 57. კვანძი 4
- ნახაზი 58. საყრდენი კვანძი
- ნახაზი 59. ერთსართულიანი შენობა ლითონის მზიდვი კარკასით (პორტალური განივი ჩარჩო)
- ნახაზი 60. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის (საამქრო) კონსტრუქციული სქემა

- ნახაზი 61. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის (საამქრო) კონსტრუქციული სქემა
- ნახაზი 62. ლითონის პორტალური ჩარჩო
- ნახაზი 63. კაეშირები კოლონებს შორის
- ნახაზი 64. განივი კაეშირები წამწის ზედა სარტყელებს შორის
- ნახაზი 65. განივი და გრძივი კაეშირები წამწის ქვედა სარტყელის სიბრტყეში
- ნახაზი 66. ვერტიკალური კაეშირები წამწებს შორის
- ნახაზი 67. ტორსული ჩაღანგარი. კონსტრუქციული გადაწყვეტა
- ნახაზი 68. ხიდურა ამწე
- ნახაზი 69. გაყვანილი წირი

სურათების ნუსხა

- სურათი 1. ანტეერპენი. რკინიგზის სადგური. გადახურვა ლითონის მზიდი ელემენტებით
- სურათი 2. ანტეერპენი. რკინიგზის სადგური. ფასადი – შეესება ლითონის მზიდი ელემენტებითა და მინით
- სურათი 3. ბრიუსელი. ატომიუმი. მშენებლობის პროცესი
- სურათი 4. ბრიუსელი. ლითონის მზიდი კონსტრუქცია
- სურათი 5. ამსტერდამი. რკინიგზის სადგური. გადახურვა ლითონის მზიდი ელემენტებით
- სურათი 6. ამსტერდამი. რკინიგზის სადგური. გადახურვა ლითონის მზიდი ელემენტებით. ფრაგმენტი
- სურათი 7. ლითონის კოჭები
- სურათი 8. კოლონის ბაზა
- სურათი 9. სიერცული წამწე
- სურათი 10. ერთსართულიანი შენობა ლითონის მზიდი ელემენტებით. გადახურვა სტრუქტურული კონსტრუქციით (ამსტერდამი)
- სურათი 11. ერთსართულიანი შენობა ლითონის მზიდი კარკასით. განივი პორტალური ჩარჩო (მცხეთის რაიონი)
- სურათი 12 ამსტერდამი. აეროპორტის შენობის ფრაგმენტი

ცხრილების ნუსხა

- ნორმატიული და საანგარიშო წინააღობები გაჭიმვისას, კუმშვისას და ღუნვისას ფურცლოვანი, უნივერსალური ფართოზოლიანი და ფასონური ნაგლისისთვის ГОСТ 27772-82-ის მიხედვით შენობა-ნაგებობათა ფოლადის კონსტრუქციებისათვის – გვერდი 16-18.
- დიდ ბრიტანეთში დღეს გამოყენებაში მყოფი ფოლადის კლასების ძველი და ახალი სტანდარტების მონაცემთა შედარების ცხრილის ფრაგმენტი – გვერდი 19
- Tables of dimensions and gross section properties. UUNIVERSAL BEAMS – გვერდი 27
- ცენტრალურად შეკუმშული ფოლადის ელემენტების გრძივი ღუნვის ϕ კოეფიციენტების მნიშვნელობები – გვერდი 32
- შეკუმშული ელემენტების დაყვანილი (საანგარიშო) სიგრძეები – გვერდი 33
- ϕ_c არაცენტრალურად შეკუმშული (შეკუმშულ – გაღუნული) მთლიანკედლიანი ღეროების მდგრადობაზე შესამოწმებლად მომენტის მოქმედების სიბრტყეში, როდესაც იგი ემთხვევა სიმეტრიის სიბრტყეს – გვერდი 39
- ϕ_c - არაცენტრალურად შეკუმშული (შეკუმშულ – გაღუნული) გაიჭოლ კედლიანი ღეროების მდგრადობაზე შესამოწმებლად მომენტის მოქმედების სიბრტყეში, როდესაც იგი ემთხვევა სიმეტრიის სიბრტყეს – გვერდი 39
- შედუღებით შეერთების კუთხური ნაკერების ფოლადის ნორმატიული და საანგარიშო წინააღობები – გვერდი 45-46
- ჰანჯიკების განლაგების ნორმები ჰანჯიკურ შეერთებებში – გვერდი 52
- ერთჰანჯიკიანი შეერთების საანგარიშო წინააღობები ტრანზე და გაჭიმვაზე – გვერდი 53
- ჰანჯიკების განივკვეთის ფართობი – გვერდი 53
- მაღალი სიმტკიცის ჰანჯიკების მექანიკური თვისებები – გვერდი 55
- c – კოეფიციენტის მნიშვნელობები – გვერდი 74
- ფორმის კოეფიციენტები – გვერდი 83
- ექსცენტრულ კუმშვაზე მიმუშავებ, მთლიანკედლიანი მუდმივკვეთიანი კოლონის საანგარიშებათათვის საჭირო ცხრილები – გვერდი 97, 98