

სერგო ესაძე

ლიტონის კონსტიტუციები

სახელმძღვანელო

თბილისი

2008

წარმოდგენილი სახელმძღვანელო განკუთვნილია უმაღლეს სასწავლო დაწესებულებებში წარმართული პროფესიული უმაღლესი და საბაკალავრო საგანმანათლებლო პროგრამების სტუდენტებისთვის. სახელმძღვანელოში გადმოცემული მასალის სათანადო დონეზე ათვისება უზრუნველყოფს 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.

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

შინაარსი

შესავალი 5

თავი I 11
საგმუნებლო კონსტრუქციების დასაგზაღებლად გამოყენებული ლითონების
შემადგენლობისა და მიღების წესების შესახებ
ფოლადის შესახებ 11

თავი II 14
საგმუნებლო ფოლადები – მათი შემადგენლობა და ძირითადი თვისებები
ძირითადი თვისებები 19

თავი III 23
სორტამენტი

თავი IV 28
ლითონის კონსტრუქციითა ელემენტების გაანგარიშების
საფუძვლები
კონსტრუქციითა ზღვრული მდგომარეობების შესახებ 28
ცენტრალურად გაჭიმული კონსტრუქციული ელემენტები 30
ცენტრალურად შეკუმშული კონსტრუქციული ელემენტები 31.
ღუნვადი კონსტრუქციული ელემენტები 33
ექსცენტრულად გაჭიმული/შეკუმშული ელემენტები 37

თავი V 40
შეერთებათა დაკრომქება. შეღულებით შეერთება
შედულებით შეერთებათა, სახეობები და მათი გაანგარიშება 42

თავი VI 49
ჯანჭიკებით შეერთება
ჯანჭიკების შეერთების გაანგარიშება 50
ჯანჭიკებით შეერთების გაანგარიშება (მაგალითი) 53

თავი VII 57
ლითონის კოჭები. დაკრომქების საფუძვლები
გაგლინური კოჭების განივკვეთის შერჩევა 58
შედგენილი კოჭების განივკვეთის შერჩევა 59

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

შესავალი

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 მოიყვანოს საბოლოო/საექსპლუატაციო სახემდე, 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 წამოადგენს:

- ერთსართულია ერთმალიან/მრავალმალიანი სამრეწველო შენობას;
- მრავალსართულიან სამრეწველო შენობას;
- მაღლივ/მრავალსართულიან შენობას;
- დიდმალიან შენობებს/გადახურვებს;
- საავტომობილო და სარკინიგზო ხიდებს, ესტაკადებს;
- მაღლივ ნაგებობებს – ანძებს, კოშკებს, ელექტროგადამცემი ხაზების საყრდენებს და ა.შ.;
- ფურცლოვანი ლითონის თხელკაფელიანი ფირფიტებისაგან/გარსებისაგან შედგენილ სივრცულ კონსტრუქციებს – რეზერვუარებს, გაზგოდდერებს, ბუნკერებს, სილოსებს, დიდი დიამეტრის მილსადენებს.

ლითონის კონსტრუქციები აგრეთვე გვხვდება როგორც ნაგებობის მექანიკური აღჭურვის უმნიშვნელოვანესი ელემენტი – ჰიდროტექნიკურ 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 წარმოადგენს 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) უსაფრთხო/უავარიო მუშაობა ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში.



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



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

კონსტრუქციული სისტემის/ელემენტის საიმედოობა გამოვლინდება მათ სიმტკიცეში, სიხისტესა და მდგრადობაში. სისტემის/ელემენტის სიმტკიცეში ზოგადად მოვიაზრებთ მის ურღვევობას, სიხისტე მოიაზრება, როგორც წინააღმდეგობა დასაშვებზე მეტი დეფორმაციების მიმართ, ხოლო მდგრადობა განიხილება, როგორც კონსტრუქციული სისტემის/ელემენტის ფორმის შენარჩუნება. სწორედ აღნიშნული მახასიათებლები (სიმტკიცე, სიხისტე, მდგრადობა) უზრუნველყოფის გარანტიას წარმოადგენს ზემოხსენებული 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 ჰიპოთეზებთან. ამდენად, აღნიშნულის საფუძველზე ჩატარებული გაანგარიშება საკმარისი სიზუსტით ასახავს ლითონის რეალურ მუშაობას.

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

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

$$c = R_y / \gamma \text{ [სმ]}$$

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/აირშეუღწევადობა – 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

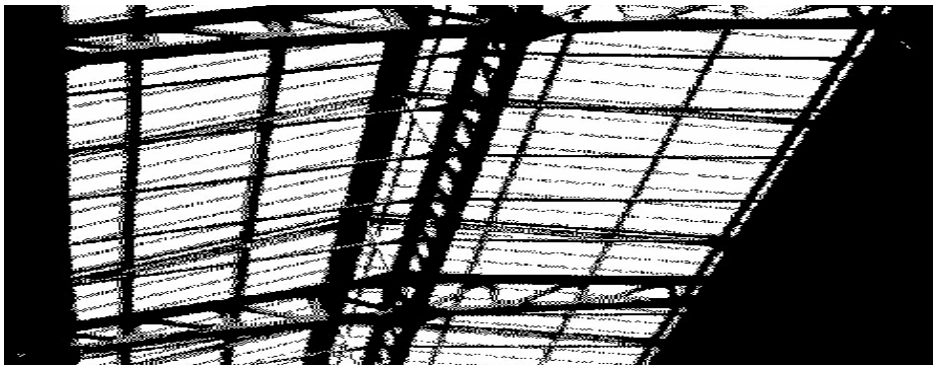


სურ. 4 ბრიუსელი. ლითონის მზიდი კონსტრუქცია

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 მივაკუთვნებთ:

- **სუსტ კოროზიამდეგობას** – განაპირობებს კონტაქტი აგრესიულ გარემოსთან (ტენი, სხვადასხვა 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 მიყვავართ კონსტრუქციის/ელემენტის რღვევასთან. აღნიშნული პროცესის თავიდან აცილების მიზნით გამოიყენება ლითონის ზედაპირის დაფარვა საღებავით, ლაკით, ეპოქსიდური ფისით, მოთუთიება, მალევირებელი დანამატების შეყვანა. აგრეთვე მნიშვნელოვანი ელემენტების და კვანძების/შეერთებების კონსტრუქციული ფორმა – არ უნდა ხდებოდეს ზედაპირზე ტენისა და ჭუჭყის დაგროვება, ზედაპირის ყველა უბანი ადვილად მისადგომი უნდა იყოს გაწმენდისა და შეღებვისათვის.
- **სუსტ ცეცხლმდეგობას** – 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 ცეცხლმდეგი თბოსაიზოლაციო მასალით.

თავი I

სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად გამოყენებული ლითონების შემაღბენლობისა და მიღების წესების შესახებ

ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად იყენებენ სხვადასხვა მარკის სამშენებლო ფოლადებს (ძირითადად გაგლინული, იშვიათად სხმული სახით, ასევე ალუმინის შენადნობებს გამოყენების შედარებით შეზღუდულ და სპეციფიურ არეალში, იშვიათად თუჯს – იმასაც მხოლოდ კოჭებისა და წამწეების საყრდენ ბალიშებად და მცირე სიმაღლის ცენტრულ მკუმშავ დატვირთვაზე მომუშავე კოლონებად. 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 გვახსოვს, რომ ვგულისხმობთ ძირითადად ფოლადს, ხოლო სპეციალურად აღნიშვნის/მიითითების შემთხვევაში შესაბამისად ალუმინს 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 ღუმელი გამოჩნდა დაახლოებით 1400 წელს ჩვენს ერამდე. ეს იყო ძალიან მარტივი მრგვალი ფორმის ღუმელი რომელშიც რკინის მადანი ხის ნახშირთან ერთად ცხელდებოდა მაღალ ტემპერატურაზე. მეორადი გახურებითა და უროთი დამუშავებით რკინის ხელოსნებს შეეძლოთ მისთვის მანე მინარევების მოცილება 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.

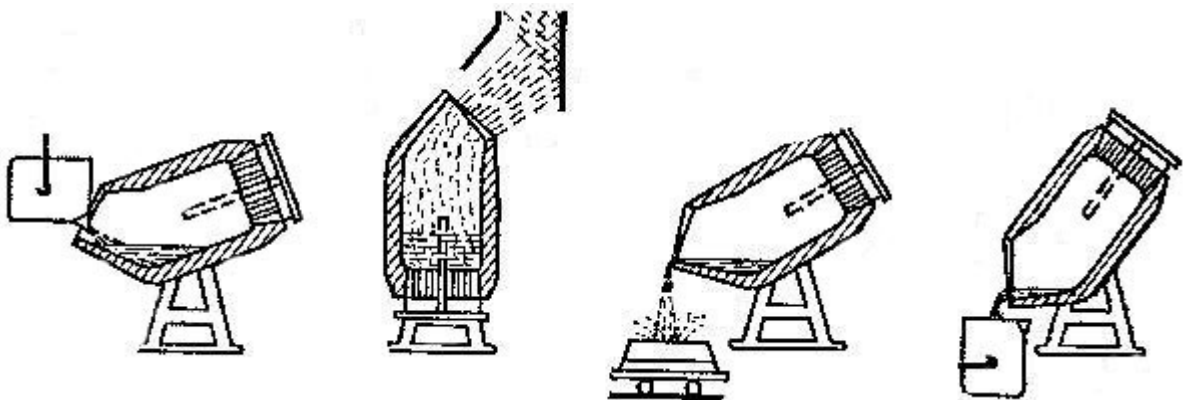
ინდუსტრიულ რევოლუციას ჰქონდა არსებითი გავლენა ფოლადზე მოთხოვნილების წარმოშებაში მანქანათმშენებლობისთვის, რკინიგზების მშენებლობისათვის და სხვა უფრო მეტად ამბიციური ინდუსტრიული პროექტების განხორციელებისათვის. 1855 წელს ჰენრი ბესემერმა აიღო პატენტი მეთოდზე, რომლის მიხედვითაც თუჯი ხდებოდა ჭედვადი და დამყოლი,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

ბესემერის მიერ ფოლადის წარმოების პროცესის დაპატენტება არის კლასიკური მაგალითი მილიტარისტული მიზნების გავლენისა ტექნოლოგიების განვითარებაზე. ყირიმის 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 ჰენრი ბესემერი, ეზრუნა 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 ბრძმედებში დნობის ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე კოქსისა და კირის დამატებით. გამდნარი თუჯი გროვდება ღუმელის ფსკერზე, საიდანაც ხდება მისი გამოშვება სპეციალურ ბოყვებში. მსხვილმარცვლოვანი 4%-იანი, ნახშირბადის შემცველობის რუხი თუჯი გამოიყენება სხმულებისათვის, წვრილმარცვლოვანი თეთრი თუჯიდან კი იწარმოება ფოლადი.

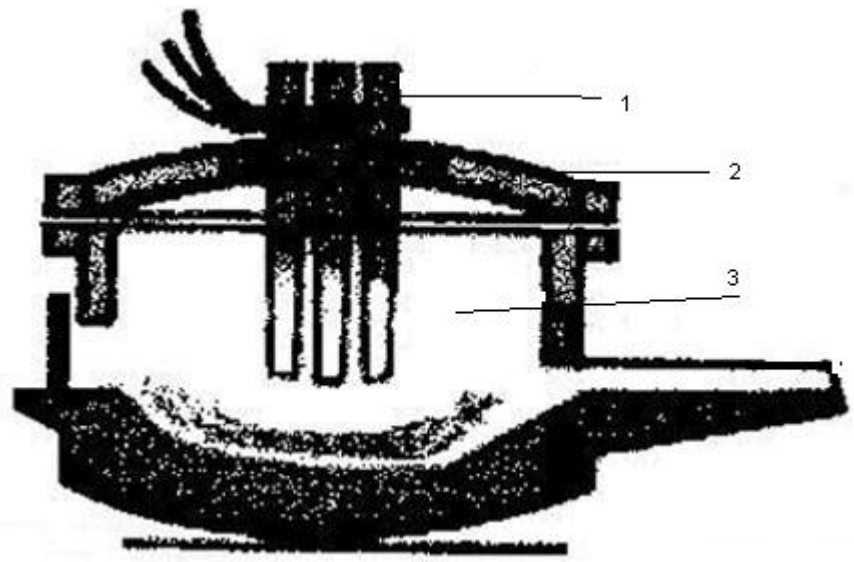
თანამედროვე მეტალურგიაში, თუჯისაგან სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად საჭირო ფოლადის მისაღებად ძირითადად გამოიყენება ორი მეთოდი: გამოდნობა ჟანგბადის ღუმელებში – კონვერტორებში (BOS. Basic Oxygen Furnace) და გამოდნობა ელექტრორკალურ ღუმელებში (EAF. Electric Arc Furnace).

BOS მეთოდოლოგიით ფოლადის მისაღებად საჭირო ძირითადი ნედლეულია თუჯი ბრძმედიდან 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 განიდევნება 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 სხვადასხვა ხარისხით ლეგირებული და უჟანგავი ფოლადები. თანამედროვე ელექტრორკალურ ღუმელებში იტვირთება/შეიძლება გადამუშავდეს 150 ტ-მდე ნედლეული. ღუმელი წარმოადგენს წრიულ ავზს მოძრავი თავსახურითა და მასში ჩაშვებული სამი გრაფიტის ელექტროდით. სპეციალური ამწით ნედლეულის ჩატვირთვის შემდეგ, ავზის 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 მაგნე მინარევეები ლითონში შეერთებით წარმოქმნიან თხევად წიდას. ხდება ნიმუშების აღება და შემოწმება შემადგენლობაზე. საჭირო შემადგენლობისა და ტემპერატურის მიღების შემდეგ ხდება მისი გაყვანა ციცხეებში რომლის დროსაც წარმოებს საჭირო მალევირებელი დანამატების შერევა.



ნახ. 2 ელექტრორკალური ღუმელი:

- 1 – გრაფიტის ელექტროდი; 2 – თავსახური; 3 – ავზი

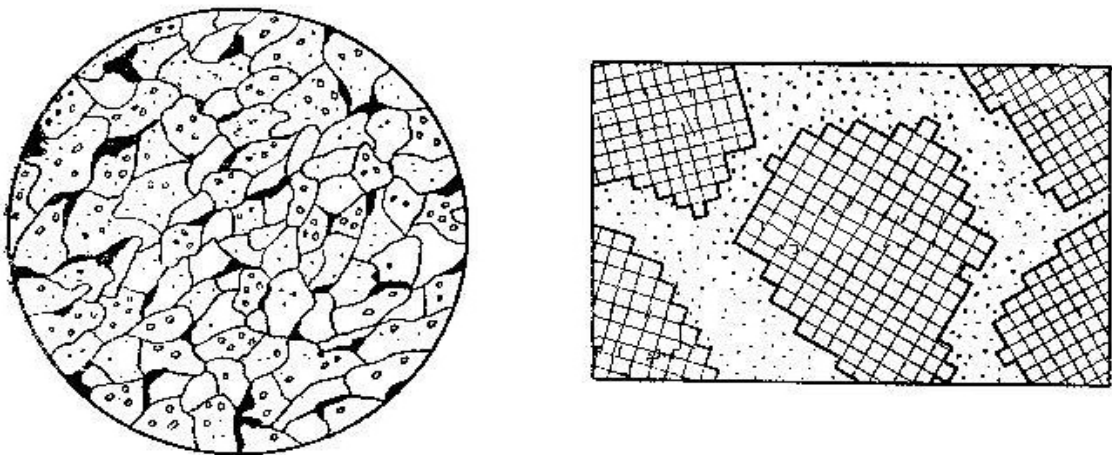
მას შემდეგ, რაც ფოლადი გადადის ციცხეებში, მიუხედავად გამოდნობის წესისა (BOS, EAF), იწყება დამატებითი დამუშავება, დამოკიდებული იმაზე, თუ რა თვისებების ფოლადი მოითხოვება. აღნიშნული გამაუმჯობესებელი პროცედურები ცნობილია, როგორც ფოლადის მეორადი წარმოება და მოიცავს ციცხეებში მოთავსებულ მასაზე არგონით, ფხვნილით ზემოქმედებას, მათ ვაკუუმურ დეგაზაციას, ციცხეების ელექტრორკალურ გახურებას ან ყველას ერთად. აღნიშნული პროცედურები აუმჯობესებენ ფოლადის ხარისხს, აცილებენ არასაჭირო გაზებს, ისეთებს როგორიც არის მაგალითად წყალბადი, ამცირებენ ძალიან დაბალ დონემდე მასში გოგირდის შემცველობას. ეს არის ზოგადად გადმოცემული ის მინიმუმი, მშენებლისათვის რომლის ცოდნის აუცილებლობაზე ზემოთ (იხ. გვ. 11) ავლნიშნავდით. როგორც ზემოთ აღწერილი პროცესები ასევე მისი მომდევნო

თაზო II

სამშენებლო ფოლადები – მათი შვამაღებლობა და ძირითადი თვისებები.

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

სუფთა რკინა ფერიტის მარცვლების/კრისტალების სახით უზრუნველყოფს ფოლადის მაღალ პლასტიკურობას, ნახშირბადის რკინასთან ნაერთი – ცემენტიტი (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 მაჩვენებელს, 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 ცემენტიტის გარდა ფოლადებში არის კიდევ ერთი სტრუქტურული მდგენელი – პერლიტი, რომელიც წარმოადგენს ცემენტიტის 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 კოროზიამდებობას; ჩვეულებრივ მისი შემცველობა არის არაუმეტეს 1%-სა;

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

სპილენძი – ამაღლებს ფოლადის კოროზიამდებობას და რამდენადმე სიმტკიცეს; ფოლადის მექანიკურ თვისებებს მნიშვნელოვნად ცვლის უკეთესობისაკენ ისეთი მალევირებელი დანამატები, როგორებიც არის: ალუმინი, ქრომი, ნიკელი, ვანადიუმი, ვოლფრამი და ა.შ.

ფოლადები შეიცავენ აგრეთვე მავნე მინარევებსაც. მათგან ძირითადად შეიძლება აღვნიშნოთ გოგირდი, ფოსფორი, აზოტი და ჟანგბადი. სხვადასხვა ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში ისინი ძირითადად იწვევენ ფოლადის გამყიფებას, ამცირებენ პლასტიკურობას, ზრდიან ფოლადის მიდრეკილებას შედუღებისას ბზარების წარმოქმნაზე. სიმტკიცის მიხედვით ფოლადები სამ ძირითად ჯგუფად იყოფა:

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

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_y -ს გამოსახულს მპა-ში. მაგალითად ჩვეულებრივი სიმტკიცის ფოლადები –

C235, C245, C255, C275, C285, წარმოადგენენ მცირედნახშირბადოვან ფოლადებს მარკით СТЗ (ГОСТ 27772-88), რომლებიც გაჟანგვის ხარისხის შესაბამისად (დაკავშირებულია დამზადების ტექნოლოგიასთან) შეიძლება იყოს: მღულარე (ინდექსი КП), ნახევრადმშვიდი (ПС) და მშვიდი (СН).

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 ლეგირებით, 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 მეასედებში, ასოები მალევირებელი 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 15XCHД – ნახშირბადი 0.15%, ქრომი (X), კრემნიუმი (C), ნიკელი (H) და სპილენძი (Д) – არა უმეტეს 1 %-სა;

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

ეს რაც შეეხებოდა რუსეთსა და CHG –ს ქვეყნებში დამკვიდრებულ/მოქმედ ასოციურულ აღნიშვნებს. როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით განხილული გვექნებოდა აგრეთვე აღნიშვნების სისტემა ერთ-ერთი ევროპული ქვეყნისათვის, შესაბამისად ქვემოთ მოცემულია ასო-ციურული 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 წინააღობები გაჭიმვისას, კუმშვისას და ღუნვისას ფურცლოვანი, უნივერსალური ფართოზოლიანი და ფასონური ნაგლინისთვის FOCT 27772-82-ის მიხედვით შენობა-ნაგებობათა ფოლადის კონსტრუქციებისათვის

ფოლადი	ნაგლინის სისქე მმ	ნაგლინის ნორმატიული წინააღობა მპა, (კგძ/მმ ²)				ნაგლინის საანგარიშო წინააღობა მპა, (კგძ/მმ ²)			
		ფურცლოვანი, ფართოზოლიანი უნივერსალური		ფასონური		ფურცლოვანი, ფართოზოლიანი უნივერსალური		ფასონური	
		R_{yn}	R_{un}	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_y	R_y	R_y
C235	2-დან 20-მდე	235 (24)	360 (37)	235 (24)	360 (37)	230 (2350)	350 (3600)	230 (2350)	350 (3600)
	CB. 20 40-მდე	225 (23)	360 (37)	225 (23)	360 (37)	220 (2250)	350 (3600)	220 (2250)	350 (3600)
	CB. 40 100-მდე	215 (22)	360 (37)	-	-	210 (2150)	350 (3600)	-	-
	CB. 100	195 (20)	360 (37)	-	-	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)
	CB. 20-დან 30-მდე	-	-	235 (24)	370 (38)	-	-	230 (2350)	360 (3700)
C255	2-დან 3,9-მდე	255 (26)	380 (39)	-	-	250 (2550)	370 (3800)	-	-
	4-დან 10მდე	245 (25)	370 (38)	255 (26)	380 (39)	240 (2450)	370 (3800)	250 (2550)	370 (3800)
	CB. 10 20-	245	370 (38)	245 (25)	370 (38)	240	360	240 (2450)	360 (3700)

	მდე C.B. 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 C.B. 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 C.B. 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 C.B. 10 20- მდე C.B. 20 40- მდე C.B. 40 60- მდე C.B. 60 80- მდე C.B. 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 C.B. 10 20- მდე C.B. 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	(45)	570 (58)			(4400)	(5850)	-	-
	СВ. 30 50- მდე	410 (42)				400 (4100)	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 გამოიცა 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 წვრილ 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 BS EN 10025 –სთვის.

სამშენებლო ფოლადების ასო-ციფრული აღნიშვნის ევროპული სისტემა მოიცავს პრეფიქსს „S“ (Steel), რასაც მოსდევს სამნიშნა რიცხვი, რომელიც შეესაბამება დენადობის ზღვარს, [მაგალითად S275 (ნ/მმ² 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 – ცივი შტამპვის შესაბამისი კლასი

Z – გაუმჯობესებული თვისებების შესაბამისი კლასი

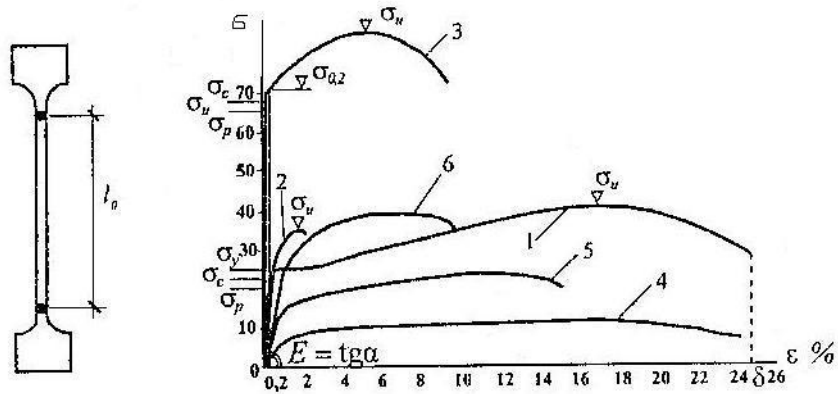
BSEN სტანდარტმა შეცვალა ბრიტანული სტანდარტი BS4360. ინჟინრებს/დამპროექტებლებს უფრო მეტად გათავისებული ჰქონდათ ძველი სტანდარტი. ამდენად შესაბამისობის ჩვენება აუცილებელია. აქვე აუცილებელია იმის საზღვასმა, რომ ხსენებული შესაბამისობა არ არის მარტივი/პირდაპირი – მხოლოდ ძველი აღნიშვნის ახლით შეცვლა; განსხვავებულია მიღების პროცესი და თვისებები. ქვემოთ მოცემულია შენობა/ნაგებობათა კონსტრუქციებისათვის დიდ ბრიტანეთში დღეს გამოიყენებაში 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 მყოფე/მყისიერი რღვევა/დაშლა მცირე 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. გასაჭიმი 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:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% \quad (II.1)$$

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

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (II.2)$$

სადაც F არის დატვირთვა, A ნიმუშის განივკვეთის ფართი l სიგრძის ზღვრებში სამშენებლო ფოლადის სიმტკიცის მთავარი მახასიათებლებია: დენადობის ზღვარი — σ_y , და სიმტკიცის ზღვარი (დროებითი წინაღობა) — σ_u . დენადობის ზღვარი σ_y წარმოადგენენ ძაბვას, რომელსაც დატვირთვის მოხსნის შემდეგ შეესაბამება $\varepsilon = 0,2\%$ ნარჩენი ფარდობითი დაგრძელება. მასალათა გამძლეობის კურსიდან ცნობილია, რომ შედარებით რბილი ფოლადებისთვის ძაბვის აღნიშნულ მნიშვნელობებზე აღინიშნება დეფორმაციის ინტენსიური ზრდა დატვირთვის/ძაბვის მუდმივობის 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 ყუღფის გაჩენამდე) მაჩვენებელია, რომელიც ახასიათებს მის სიმტკიცეს და განისაზღვრება ნიმუშის საწყის განივკვეთზე მოსული პირობითი მრღვევი ძაბვის ყველაზე მაღალი მნიშვნელობით.

ფოლადში 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

დადლილობას უწოდებენ და მის მიდრეკილებას დადლილობით რღვევაზე ვიბრაციული გამოცდებით ადგენენ.

ძირითადი მახასიათებლებით, რომლებითაც ფოლადის პლასტიკურობას განსაზღვრავენ არის ფარდობითი წაგრძელება. რღვევის წინა ეტაპზე ნიმუშში წარმოიქმნება „ყულფი“, რომლის მიმდებარე ზონაშიც ვითარდება ადგილობრივი პლასტიკური დეფორმაციები. შესაბამისად ფარდობით წაგრძელება ნიმუშის გაგლეჯის შემდეგ წარმოადგენს ნიმუშის მთელ სიგრძეზე თანაბარ წაგრძელებათა δ_r და „ყულფის“ ზონაში ადგილობრივ წაგრძელებათა δ_{loc} ჯამს. რამდენადაც ეს უკანასკნელი ძალიან ბევრ შემთხვევით ფაქტორზე არის დამოკიდებული, პლასტიკურობის დასახასიათებლად 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 $E = tg\alpha$ (ნახ.4) და დრეკადობის ზღვარი σ_c ახასიათებენ ფოლადის დრეკად თვისებებს. დრეკადობის ზღვარი შეესაბამება ძაბვის ისეთ მნიშვნელობას, რომლის გაქრობის შემდეგ ნაკეთობა მთლიანად აღიდგენს თავის პირვანდელ/საწყის ფორმას. პროპორციულობის ზღვარი σ_p რომელიც ნაკლებობით უმნიშვნელოდ განსხვავდება დრეკადობის ზღვრისაგან, 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 ძაბვათა ის მნიშვნელობები, რომელთვისაც დრეკადობის მოდული მცირდება 1,5-ჯერ, ხოლო σ_c -ს რომლთათვისაც 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 დაწვევისას დარტყმით სიბლანტე მცირდება, მომატებისას იზრდება. მცირედნახშირბადოვანი ფოლადებისათვის ნორმალურ ტემპერატურაზე დარტყმითი სიბლანტე ტოლია 70. . . 100 ჯოული/სმ²-ით. მოკლედ შევეხოთ სამშენებლო ფოლადების რამდენიმე მნიშვნელოვან მექანიკურ თვისებას:

ცივნაჭედობა წარმოადგენს ფოლადის დრეკად ზღვრებში 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. ცივნაჭედობის მსგავსად უკეთესი ხდება დრეკადი თვისებები, მცირდება პლასტიკურობა.

აუცილებელია ცალკე წარმოვადგინოთ სამშენებლო კონსტრუქციების დასამზადებლად გამოყენებული ფოლადების ფიზიკური მახასიათებლების

რიცხვითი მნიშვნელობები, რომელთა გამოყენებაც სამშენებლო საპროექტო პრაქტიკაში მუდმივად მოგვისდება. 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: $\nu = 0,3$.

თაზი III
სორტამენტი

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

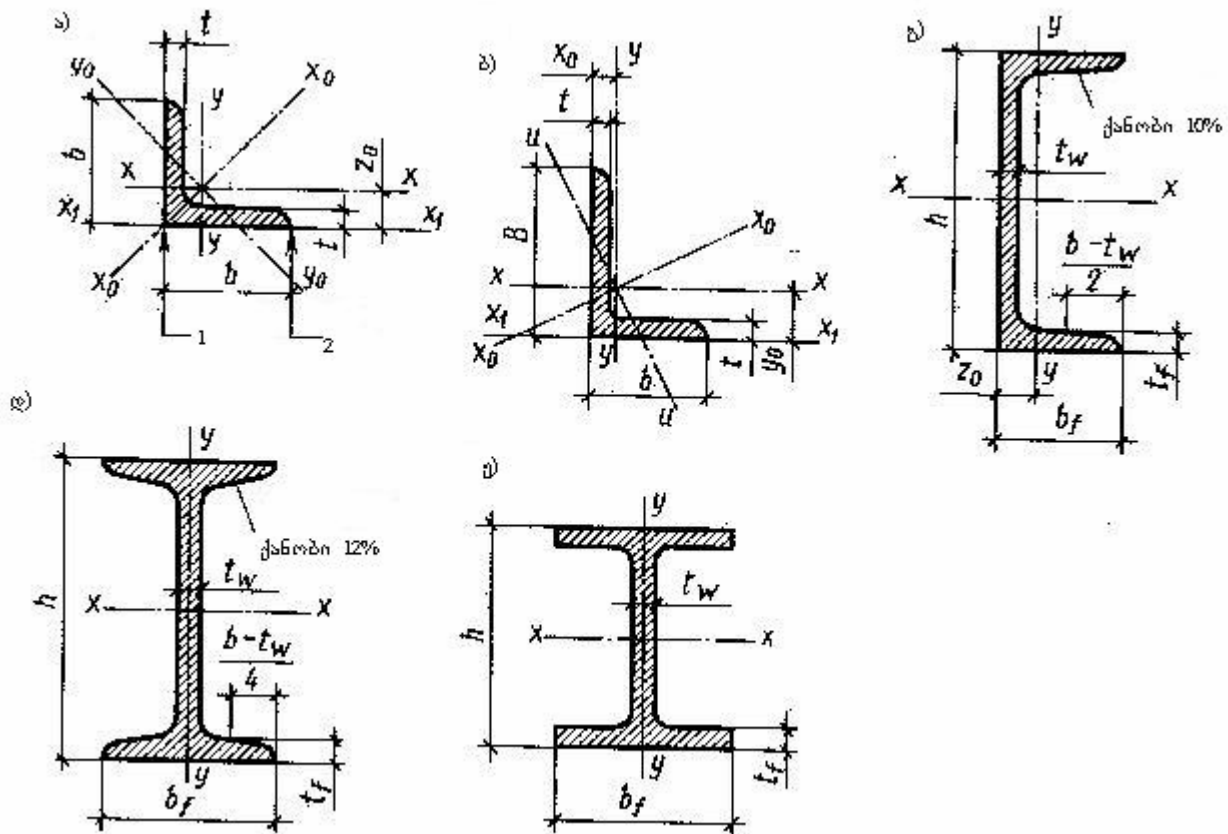
ლითონის სამშენებლო კონსტრუქციებად ძირითადად გამოიყენება ნაგლინი ფურცლოვანი და პროფილური ფოლადი. ეს უკანასკნელი თავის მხრივ იყოფა სორტულ (წრე, კვადრატი, ზოლი, კუთხოვანა) და ფასონურ (სორტისებრი, შველერი, სხვა ტიპის ფასონური პროფილები) ფოლადებად.

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

განასხვავებენ 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) თანაბართაროიანი კუთხოვანა; ბ) არათანაბართაროიანი კუთხოვანა გ) შველერი; დ) ორტესებრი (ჩვეულებრივი); ე) ორტესებრი (ფართოთაროიანი)

უნვერსალური, სისქით 6 მმ-დან 60 მმ-მდე, ფიქსირებული სიგანით 200 მმ-დან 1050 მმ-მდე.

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

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

პროფილური ფოლადის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებულ სახეობას წარმოადგენენ კუთხოვანები. ისინი ძირითადად ღერძულ ძალებზე მომუშავე კონსტრუქციული სისტემების წარმომქმნელ ელემენტებს წარმოადგენენ. აგრეთვე გამოიყენებიან მაკავშირებელ და სხვა სახის კონსტრუქციულ ელემენტებად. ძალიან ფართოდ გამოიყენება გისოსურ კონსტრუქციებში, განსაკუთრებით წამწეებში. კუთხოვანები არის ორი ტიპის თანაბართაროიანი და არათანაბართაროიანი. მათი სორტამენტი მოიცავს განივკვეთების ძალიან ფართო სპექტრს 1 სმ²-დან 140 სმ²-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 სამი სახის: ნორმალური ორტესებრი, ფართოთაროიანი ორტესებრი და კოლონის ორტესებრი. ამ ორი უკანასკნელის სიმაღლე 1000მმ-მდე აღწევს თაროების სიგანის სიმაღლესთან ფარდობას $\frac{b}{h} = 0,75 \wedge 0,3$ 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 წამწეებში.

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

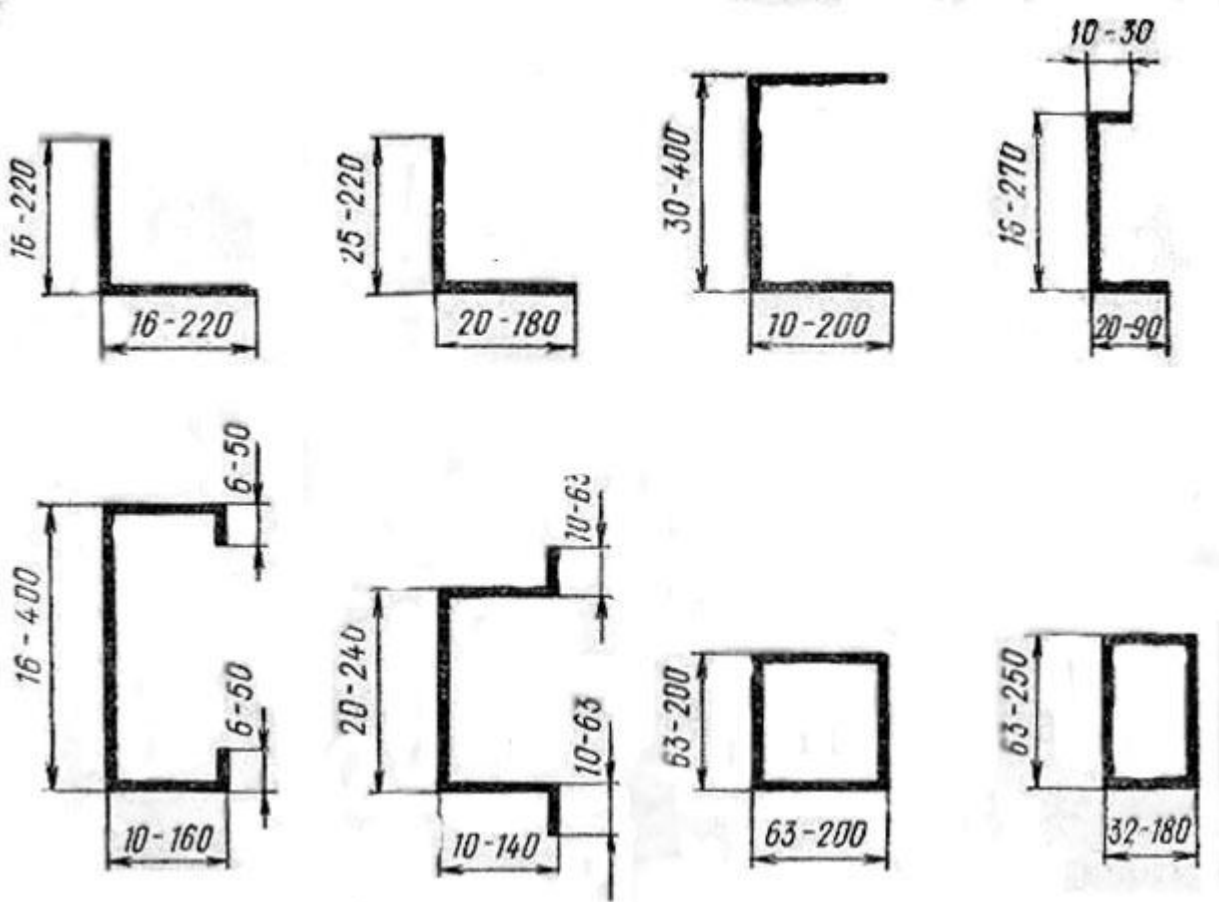
შველერები ძირითადად გამოიყენება როგორც ღუნვაზე მომუშავე კონსტრუქციული ელემენტი. რაც შეეხება გრძივ ძალებზე/დატვირთვებზე შველერების მუშაობას, ასეთ შემთხვევაში მათი გამოყენება ხდება როგორც შედგენილი განივკვეთის ელემენტისა. შესაძლებელია შველერის გამოყენება კოლოფისებრ განივკვეთად, ორი შველერის უწყვეტი შედუღების 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-მდე; 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 გისოსურ 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, ჩალანგარებში, ვიტრაჟებში.



ნახ. 6 ცივადნალური პროფილები

ზემოთ ჩამოთვლილი ძირითადი პროფილების გარდა, გამოიყენება ცივადნალური 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, შველერები, C-ებრი და Z-ებრი განივკვეთები. ისინი ძირითადად გამოიყენება შენობათა სახურავების მსუბუქ კონსტრუქციებში

ნაღუნი პროფილის ერთ-ერთ სახეობას აგრეთვე წარმოადგენს სპეციალურ დგანზე დამზადებული პროფილირებული ფენილი. ის ფართოდ გამოიყენება სახურავებზე და შენობათა გარე შემოსვაში. მათ ერთმანეთისგან განასხვავებენ გოფრის სიმაღლისა და ფორმის მიხედვით. მათ დასამზადებლად გამოიყენებული ფოლადის სისქე იცვლება 0.6-დან 1 მმ-მდე. კოროზიამდეგობის უზრუნველსაყოფად ისინი მზადდება მოთუთიებული ფოლადისაგან.

ზემოთ აღნიშნულ, სორტამენტში მოცემულ ძირითად კონსტრუქციულ ელემენტთა ჩამონათვალში მითითებული არ გვქონდა შესაბამისი სახელმწიფო სტანდარტის აღნიშვნა/ნომერი. უნდა ვიცოდეთ რომ მშენებლობისას/პროექტირებისას საჭირო, სორტამენტიდან პროფილური/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 სორტამენტი/კატალოგი;

– მეორეს მხრივ ზემოთ გადმოცემული ინფორმაცია სორტამენტში წარმოდგენილი ნაკეთობების, მათი ზომებისა და სხვა მახასიათებლების შესახებ შეეხება 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.

სათაური: Dimesions and properties – ზომები და მახასიათებლები. Tables of dimensions and gross section properties – ზომების და განივკვეთის მახასიათებლების ცხრილები

ცხრილის პირველი გრაფა: Section Designation – განივკვეთი. აღნიშვნა;

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

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

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

მეხუთე გრაფა: Thiekness. Web tmm. Flanges Tmm. სისქე. კედლის tმმ, თაროსი Tმმ.

მექვსე გრაფა: Root Radius rma – ინერციის რადიუსი rmm

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 Detaling. End Clearance Cmm. Notch. Nmm. nmm. ზომები დეტალირებისათვის წახნაგური ღრეჩო C მმ. ამონაჭერი N მმ; n მმ.

აღნიშნული სიდიდეების მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

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

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

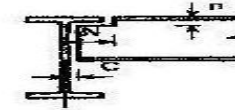
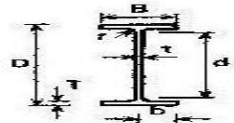
$$c=t/2+2 \text{ მმ (დამრგვალება 2 მმ-ის მეტობით)}$$

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

აღნიშნული ტიპის სორტამენტების/კატალოგების რაოდენობა ძალიან დიდია.

Tables of dimensions and gross section properties

UNIVERSAL BEAMS



DIMENSIONS

Section Designation	Mass per Metre kg/m	Depth of Section D mm	Width of Section B mm	Thickness		Root Radius r mm	Depth between Fillets d mm	Ratios for Local Buckling		Dimensions for Detailing			Surface Area	
				Web t mm	Flange T mm			Flange b/T	Web d/t	End Clearance C mm	Notch		Per Metre m ²	Per Tonne m ²
											N mm	n mm		
1016 x 305 x 487 #†	486.6	1036.1	308.5	30.0	54.1	30.0	867.9	2.95	28.9	17	150	86	3.19	6.57
1016 x 305 x 437 #†	436.9	1025.9	305.4	26.9	49.0	30.0	867.9	3.12	32.3	16	150	80	3.17	7.25
1016 x 305 x 393 #†	392.7	1016.0	303.0	24.4	43.9	30.0	868.2	3.46	35.6	14	150	74	3.14	8.01
1016 x 305 x 349 #†	349.4	1009.1	302.0	21.1	40.0	30.0	868.1	3.77	41.1	13	150	70	3.13	8.98
1016 x 305 x 314 #†	314.3	1000.0	300.0	19.1	35.9	30.0	868.2	4.18	45.5	12	150	66	3.11	9.90
1016 x 305 x 272 #†	272.3	990.1	300.0	16.5	31.0	30.0	868.1	4.84	52.6	10	152	63	3.10	11.4
1016 x 305 x 249 #†	246.7	980.2	300.0	16.5	26.0	30.0	868.2	5.77	52.6	10	152	56	3.08	12.4
1016 x 305 x 222 #†	222.0	970.3	300.0	16.0	21.1	30.0	868.1	7.11	54.3	10	152	52	3.06	13.8
914 x 419 x 368 #	368.0	921.0	420.5	21.4	36.6	24.1	799.6	5.74	37.4	13	210	62	3.44	8.87
914 x 419 x 343 #	343.3	917.8	418.5	19.4	32.0	24.1	799.6	6.54	41.2	12	210	58	3.42	9.95
914 x 305 x 289 #	289.1	926.6	307.7	19.5	32.0	19.1	824.4	4.81	42.3	12	156	62	3.01	10.4
914 x 305 x 253 #	253.4	918.4	305.5	17.3	27.9	19.1	824.4	5.47	47.7	11	156	48	2.99	11.8
914 x 305 x 224 #	224.2	910.4	304.1	15.9	23.9	19.1	824.4	6.36	51.8	10	156	44	2.97	13.3
914 x 305 x 201 #	200.9	903.0	303.3	15.1	20.2	19.1	824.4	7.51	54.6	10	156	40	2.96	14.7
838 x 292 x 226 #	226.5	850.9	293.8	16.1	26.8	17.8	761.7	5.48	47.3	10	150	46	2.91	12.4
838 x 292 x 194 #	193.8	840.7	292.4	14.7	21.7	17.8	761.7	6.74	51.8	9	150	40	2.79	14.4
838 x 292 x 176 #	175.9	834.9	291.7	14.0	18.8	17.8	761.7	7.76	54.4	9	150	38	2.78	15.8
762 x 267 x 197	196.8	769.8	268.0	15.6	25.4	16.5	686.0	5.28	44.0	10	138	42	2.55	13.0
762 x 267 x 173	173.0	762.2	266.7	14.3	21.6	16.5	686.0	6.17	48.0	9	138	40	2.53	14.6
762 x 267 x 147	146.9	754.0	265.2	12.8	17.5	16.5	686.0	7.58	53.8	8	138	34	2.51	17.1
762 x 267 x 134	133.9	750.0	264.4	12.0	15.5	16.5	686.0	8.53	57.2	8	138	32	2.51	18.7
686 x 254 x 170	170.2	692.9	255.8	14.5	23.7	15.2	615.1	5.40	42.4	9	132	40	2.35	13.8
686 x 254 x 152	152.4	687.5	254.5	13.2	21.0	15.2	615.1	6.06	46.8	9	132	38	2.34	15.4
686 x 254 x 140	140.1	683.5	253.7	12.4	19.0	15.2	615.1	6.88	49.6	8	132	36	2.33	16.6
686 x 254 x 125	125.2	677.9	253.0	11.7	16.2	15.2	615.1	7.81	52.6	8	132	32	2.32	18.5
610 x 305 x 238	238.1	635.8	311.4	16.4	31.4	16.5	540.0	4.96	29.3	11	166	48	2.45	10.3
610 x 305 x 176	179.0	620.2	307.1	14.1	23.6	16.5	540.0	6.51	38.3	9	166	42	2.41	13.5
610 x 305 x 149	149.2	612.4	304.8	11.8	19.7	16.5	540.0	7.74	45.8	8	166	38	2.39	16.0
610 x 229 x 140	139.9	617.2	230.2	13.1	22.1	12.7	547.6	5.21	41.8	9	120	38	2.11	15.1
610 x 229 x 125	125.1	612.2	229.0	11.9	19.6	12.7	547.6	5.84	46.0	8	120	34	2.09	16.7
610 x 229 x 113	113.0	607.6	228.2	11.1	17.3	12.7	547.6	6.60	49.3	8	120	30	2.08	18.4
610 x 229 x 101	101.2	602.6	227.6	10.5	14.8	12.7	547.6	7.69	52.2	7	120	28	2.07	20.5
533 x 210 x 122	122.0	544.5	211.9	12.7	21.3	12.7	476.5	4.87	37.5	8	110	34	1.89	15.5
533 x 210 x 109	109.0	539.5	210.8	11.6	18.8	12.7	476.5	5.61	41.1	8	110	32	1.88	17.2
533 x 210 x 101	101.0	536.7	210.0	10.8	17.4	12.7	476.5	6.03	44.1	7	110	32	1.87	18.6
533 x 210 x 92	92.1	533.1	209.3	10.1	15.6	12.7	476.5	6.71	47.2	7	110	30	1.86	20.2
533 x 210 x 82	82.2	528.3	208.8	9.6	13.2	12.7	476.5	7.91	49.6	7	110	28	1.85	22.5

† Section is not given in BS 4-1: 1993.
Check availability.

თაზო IV

ლითონის კონსტრუქციათა ელემენტების გაანგარიშების საფუძვლები

კონსტრუქციათა 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 ეოფენ 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:

$$\bar{N} \leq \bar{S}, \quad (\text{IV.1})$$

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:

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

(IV.2)

სადაც \bar{S}_y არის იგივე \bar{S} განსაზღვრული დენადობის ზღვრის 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 კონსტრუქციათა მუშაობის განმსაზღვრელ ფაქტორთა გავლენის, დიფერენცირებულ გათვალისწინებაში შესაბამისი კოეფიციენტების (განსხვავებით მარაგის ერთიანი კოეფიციენტისაგან, 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 $\gamma_u = 1,3$);
- 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:

$$\bar{N} \leq \frac{R_{un} \Phi}{\gamma_m \gamma_n \gamma_u} \gamma_c \quad \frac{R_{yn} \Phi}{\gamma_m \gamma_n} \gamma_c \quad (IV.4)$$

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

სადაც i და j ინდექსები დატვირთვათა ჯგუფებს აღნიშნავს; Φ - გეომეტრიულ მახასიათებელს; R_{un}, R_{yn} - სიმტკიცისა და დენადობის ნორმატიული ზღვრები, შესაბამისად $R_{un} = \sigma_u$, $R_{yn} = \sigma_n$.

გაანგარიშებებში ძირითადად გამოიყენება საანგარიშო წინაღობები სიმტკიცისა $R_u = \frac{R_{un}}{\gamma_m}$ და დენადობის ზღვრის $R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$ მიხედვით.

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

მუდმივ დატვირთვებს ანუ დატვირთვებს რომელთა სიდიდე, მოდების ადგილი და მოქმედების მიმართულება უცვლელია მიეკუთვნება: მზიდი და შემომზღუდავი კონსტრუქციების საკუთარი 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 საწყობებისა და ბიბლიოთეკების კედლებსა და გადახურვებზე; დატვირთვები ხიდურა და შეკიდული ამწეებიდან; თოვლის დატვირთვა და ტემპერატურულ-კლიმატური დატვირთვები დარაიონების შესაბამისად და ა.შ..

დროებით ხანმოკლე დატვირთვებს მიეკუთვნება: შენობათა გადახურვებზე ადამიანთა, 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: სეისმური დატვირთვები; ზემოქმედება განპირობებული აფეთქებით, ფუძის ჯდენით, ტექნოლოგიური პროცესის მკვეთრი დარღვევით და ა.შ..

კონსტრუქციაზე მოსულ დატვირთვას გააჩნია 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, ალბათობის წინასწარ დადგენილი ხარისხით ($P_c = \gamma_f P_n$).

განასხვავებენ დატვირთვის ორ შეთანწყობას:

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

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

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

სადაც N არის გრძივი ძალვა, გამოწვეული ზემოთ ხსენებული დატვირთვით, A – ელემენტის განივკვეთი 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:

$$\sigma \leq R\gamma_c, \quad (IV.7)$$

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

ჩვეულებრივი და ამაღლებული სიმტკიცის ფოლადისაგან შესრულებული, ცენტრალურად გაჭიმული ელემენტის შესუსტებულ განივკვეთში არსებითი პლასტიური დეფორმაციების განვითარების არდაშვება. სრულიად 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 ფოლადის დენადობის ზღვარს ზემოთ, სიმტკიცის უზრუნველყოფი 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 უზრუნველყოფილი 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. ვიბრაციისაგან დინამიკური ზემოქმედების შემთხვევაში. სიხისტის უზრუნველყოფის 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 დერძების ($l_{efx}, l_{efy}, i_x, i_y$) 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 კონსტრუქციულ 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, რომელთა სიგრძე განიკვეთის უმცირეს ზომას აღემატება არა უმეტეს ექვსჯერ;

მდგრადობაზე – მოქნილი, გრძელი ელემენტებისათვის.

პირველ შემთხვევაში ვსარგებლობთ გამოსახულებით, ხოლო მეორე შემთხვევაში გვაქვს გამოსახულება:

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

სადაც A ელემენტის განიკვეთის ფართი (ბრუტო) φ გრძივი ღუნვის/მდგრადობის კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს ცენტრალურად შეკუმშული კონსტრუქციული ელემენტის ლითონის დენადობის ზღვრის 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 ზღვრის მიხედვით საანგარიშო წინააღობის ფუნქციას $\varphi = \varphi(\lambda, R_y)$, 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 მიხედვით											
	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640
10	988	987	985	984	983	982	981	980	979	978	977	977
20	967	962	959	955	952	949	946	943	941	938	936	934
30	939	931	924	917	911	905	900	895	881	887	883	879
40	906	894	883	873	863	854	846	849	832	825	820	814
50	869	852	836	822	809	786	785	775	764	746	729	712
60	827	805	785	766	749	721	696	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	425	364	313	276	247	223	204	189	175	163	153	145
140	376	315	272	240	215	195	178	164	153	143	134	126
150	328	276	239	211	189	171	157	145	134	126	118	111
160	290	244	212	187	167	152	139	129	120	112	105	099
170	259	218	189	167	150	136	125	115	107	100	094	089
180	233	196	170	150	135	123	112	104	097	091	085	081
190	210	177	154	136	122	111	102	094	088	082	077	073
200	191	161	140	124	111	101	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 დაიყვანება ზემოთ აღნიშნულ ძირითად მოდელზე, კონსტრუქციული ელემენტის რეალური/არსებული სიგრძის (l) დაყვანილი სიგრძით (l_{ef}) შეცვლის გზით:

$$l_{ef} = \mu l, \quad (IV.11)$$

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

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

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

შეკუმშული ელემენტების დაყვანილი (საანგარიშო) სიგრძეები

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

ლითონისაგან 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 ემთხვევა ან არ ემთხვევა ელემენტის განიკვეთის მთავარი ღერძების მიმართულებას/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

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

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

S – განივკვეთს ძვრადი 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_s – საანგარიშო წინაღობა ძვრაზე.

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

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

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

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

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

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.

ორიბი 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 შეგლეერი 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 ღუნვისას წარმოებს შემდეგი გამოსახულებით:

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

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

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

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

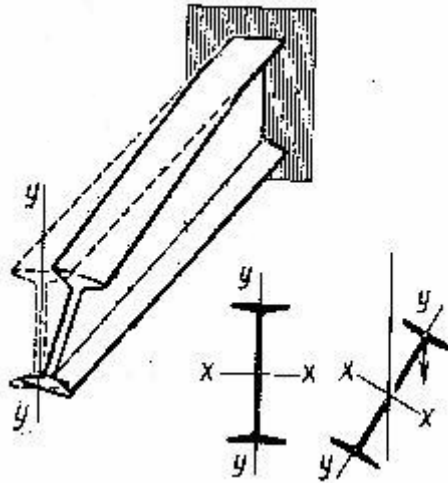
$$\frac{M_x}{c_1 W_{nx,\min}} + \frac{M_y}{c_1 W_{ny,\min}} \leq R_y \gamma_c, \quad (IV.18)$$

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-გრების 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 გრესით 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 , მალთან l ფარდობით; $[f/l]$ კი აღნიშნული სიდიდის ზღვრული მნიშვნელობა. ჩაღუნვის

მნიშვნელობა განისაზღვრება ნორმატიული დატვირთვისათვის, $[f/l]$ - ის მნიშვნელობას ადგენენ ექსპლუატაციის პირობების გათვალისწინებით.

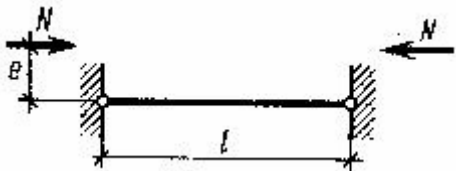
ექსცენტრულად გაჭიმული/შეკუმშული ელემენტები. აღნიშნული ძალოვანი/დაძაბული ეფექტის/მდგომარეობის განმაპირობებელია ელემენტზე:

- 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:

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

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 ყველაზე არახელსაყრელი შეთანწყობისათვის; n, c_x და c_y კოეფიციენტები დამოკიდებულია ელემენტის ზომებსა და ფორმაზე

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

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

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

ექსცენტრულად კუმშვადმა და კუმშვადღუნვადმა ელემენტებმა მდგრადობა შეიძლება დაკარგონ, როგორც მღუნავი მომენტის მოქმედების, ასევე მის მართობულ სიბრტყეში შესაბამისად, ასეთ შემთხვევებში გვაქვს მდგრადობის დაკარგვის ბრტყელი და ღუნვად-გრესვითი ფორმები. ამ პირობებში წარმოქმნილი კრიტიკული ძაბვების მნიშვნელობები დამოკიდებულია ღერძის მოქნილობაზე (ძალოვანი ფაქტორის მოქმედების (ძირითადად) სიბრტყეში და სიბრტყიდან), განივკვეთის ფორმასა და ექსცენტრისიტეტის სიდიდეზე.

მღუნავი მომენტის მოქმედების სიბრტყეში მდგრადობაზე შემოწმება წარმოებს გამოსახულებით:

$$\frac{N}{\varphi_e A} \leq R_y \gamma_c. \quad (IV.23)$$

მოცემულ გამოსახულებაში φ_e კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება:

– მთლიანკედლიანი ღეროებისათვის (იხ. გვ.39):

პირობითი მოქნილობისა

$$\bar{\lambda} = \lambda_x \sqrt{\frac{R_y}{E}}$$

და დაყვანილი ფარდობით ექსცენტრისიტეტის მიხედვით

$$m_{ef} = \eta m, \quad (IV.25)$$

სადაც η განივკვეთის ფორმის გავლენის კოეფიციენტია (იხ. ცხრილი. გვ.97) $m = eA/W_c$ კი ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი. ამ უკანასკნელ გამოსახულებაში e ექსცენტრისიტეტია, W_c კი განივკვეთის წინაღობის მომენტი ყველაზე მეტად შეკუმშული შინისათვის (ბოჭკოსათვის).

– გამჭოლკედლიანი ღეროებისათვის (იხ. გვ.):

პირობითი დაყვანილი მოქნილობისა $\bar{\lambda}_{ef}$ (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)

მღუნავი მომენტის მოქმედების მართობულ სიბრტყეში მდგრადობაზე შემოწმება წარმოებს გამოსახულებით:

– მეტი სიხისტისა და იმავდროულად სიმეტრიის სიბრტყეში ღუნვისას

$$\frac{N}{c \varphi_y A} \leq R_y \gamma_c. \quad (IV.27)$$

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

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

ექსცენტრულად შეკუმშვადი კუმშვად ღუნვადი ელემენტებისათვის სიმტკიცეზე შემოწმება არ ტარდება თუ $m_{ef} \leq 20$; ,თლიანკედლიანი და გამჭოლკედლიანი ღეროებისათვის მდგრადობაზე შემოწმება არ ტარდება თუ შესაბამისად $m_{ef} > 20$ და $m > 20$.

ფ. კოეფიციენტი არაცენტრალურად შეკუმშული (შეკუმშულ-გალუნული) მთლიანკედლიანი ღეროების მდგრადობაზე შესამოწმებლად, მომენტის მოქმედების სიბრტყეში, როცა იგი ემთხვევა ხმებრთის სიბრტყეს

პირობითი მოქმედება	ფ. კოეფიციენტი დავანალო, ფარდობითი m_{ef} ექსცენტრისიტეტის დროს																											
	$\lambda = \lambda \sqrt{R_y/E}$	0,1	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	9,0	10	12	14	17	20	
0,5	967	922	850	782	722	669	620	577	538	499	477	470	467	307	260	260	257	252	216	183	164	156	125	106	090	077		
1,0	925	874	777	711	658	600	555	520	484	447	432	431	430	262	210	210	207	203	165	142	134	114	93	086	074			
1,5	875	804	716	647	594	548	507	470	439	408	407	407	407	240	190	190	187	183	145	122	114	94	077	065	053	045		
2,0	813	742	655	587	534	493	457	425	397	362	362	362	362	210	160	160	157	153	115	92	84	64	049	037	025	017		
2,5	742	672	587	526	470	442	410	383	357	317	317	317	317	220	170	170	167	163	125	102	94	74	057	045	033	025		
3,0	667	597	520	465	425	395	365	342	320	287	287	287	287	202	152	152	149	145	107	84	76	56	045	033	025	017		
3,5	587	522	455	408	378	350	325	305	287	258	258	258	258	183	133	133	130	126	87	64	56	36	025	017	009	001		
4,0	515	447	384	346	318	293	268	247	236	212	212	212	212	168	118	118	115	111	72	49	41	21	017	009	001	001		
4,5	418	352	312	276	248	222	207	192	182	162	162	162	162	128	88	88	85	81	42	19	11	009	001	001	001			
5,0	354	326	295	273	258	239	225	215	205	188	188	188	188	143	93	93	90	86	47	24	16	009	001	001	001			
5,5	302	280	256	240	224	212	200	192	184	170	170	170	170	132	82	82	79	75	36	13	009	001	001	001				
6,0	258	244	221	210	197	190	178	172	166	153	153	153	153	120	70	70	67	63	24	10	009	001	001	001				
6,5	221	213	196	185	176	170	160	155	149	140	140	140	140	112	62	62	59	55	15	009	001	001	001					
7,0	194	186	173	163	157	152	145	141	136	127	127	127	127	102	52	52	49	45	15	009	001	001	001					
8,0	152	146	138	131	126	121	117	115	113	106	106	106	106	87	38	38	35	31	15	009	001	001	001					
9,0	122	117	112	107	103	100	98	96	93	88	88	88	88	72	28	28	25	21	15	009	001	001	001					
10,0	100	97	93	89	86	85	83	80	77	73	73	73	73	62	22	22	19	15	15	009	001	001	001					
11,0	93	91	87	84	81	79	77	75	72	68	68	68	68	58	18	18	15	11	11	009	001	001	001					
12,0	88	86	82	79	76	74	72	70	67	63	63	63	63	54	14	14	11	7	7	009	001	001	001					
13,0	82	80	76	73	70	68	66	64	61	57	57	57	57	48	12	12	9	5	5	009	001	001	001					
14,0	75	73	69	66	63	61	59	57	54	50	50	50	50	42	10	10	7	3	3	009	001	001	001					

ფ. კოეფიციენტი არაცენტრალურად შეკუმშული (შეკუმშულ-გალუნული) გამჭოლკედლიანი ღეროების მდგრადობაზე შესამოწმებლად, მომენტის მოქმედების სიბრტყეში, როცა იგი ემთხვევა ხმებრთის სიბრტყეს

პირობ. დავანალო მოქმ.	ფ. კოეფიციენტი ფარდობითი m ექსცენტრისიტეტის დროს																											
	$\lambda_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{R_y/E}$	0,1	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	9,0	10	12	14	17	20	
0,5	908	800	696	571	500	441	400	364	333	306	280	252	220	182	167	154	143	133	125	111	100	091	077	067	056	048		
1,0	872	762	640	553	483	431	397	351	328	290	265	238	213	177	163	149	137	128	119	108	098	088	077	065	053	045		
1,5	850	727	600	517	454	407	367	336	311	271	240	211	180	148	136	124	115	108	095	086	076	064	052	044				
2,0	774	673	556	479	423	381	348	318	293	255	228	202	183	150	138	127	120	113	103	093	83	074	062	051	044			
2,5	708	608	507	439	391	354	322	297	274	238	215	192	175	142	130	120	113	106	096	086	076	065	054	043	036	029		
3,0	637	545	455	399	356	324	296	275	255	222	201	182	165	133	121	110	103	093	084	074	063	052	041	030	023	016		
3,5	562	480	402	356	320	294	270	251	235	206	187	170	155	123	110	100	093	084	074	063	052	041	030	023	016	009		
4,0	484	422	357	317	288	264	246	224	215	191	173	160	145	113	100	090	083	074	063	052	041	030	023	016	009	002		
4,5	415	365	315	281	258	237	222	207	196	176	160	149	136	104	090	080	074	063	052	041	030	023	016	009	002	005		
5,0	350	315	277	250	230	212	201	186	178	161	149	138	127	105	090	080	074	063	052	041	030	023	016	009	002	005		
5,5	300	273	245	223	203	192	182	172	163	147	137	128	118	100	085	075	070	060	049	038	027	016	009	002	005	008		
6,0	255	237	216	193	183	174	165	156	149	135	126	119	109	093	077	067	061	051	040	029	018	007	009	002	005	008		
6,5	221	208	190	178	165	157	149	142	137	124	117	109	102	087	070	060	054	044	033	022	011	009	002	005	008	011		
7,0	192	184	168	160	150	141	135	130	125	114	108	101	095	081	067	057	051	041	030	019	008	007	009	002	005	008	011	
8,0	148	142	136	130	123	118	113	109	105	097	091	085	082	071	057	047	041	031	020	009	008	007	009	002	005	008	011	
9,0	117	114	110	107	102	098	094	090	087	082	079	075	072	060	047	037	031	021	010	009	008	007	009	002	005	008	011	
10,0	097	094	091	090	087	084	080	076	073	070	067	064	062	050	037	027	021	011	009	008	007	009	002	005	008	011		
11,0	082	078	077	076	073	071	068	066	064	060	058	056	054	043	033	023	017	007	006	005	006	005	006	005	006	009	011	
12,0	068	066	064	063	061	059	057	055	053	050	048	046	044	034	024	014	008	007	006	005	004	005	004	005	006	009	011	
13,0	060	059	054	053	052	051	050	049	048	044	042	041	040	030	020	010	009	008	007	006	005	004	005	006	009	011		
14,0	050	049	048	047	046	045	044	043	043	042	041	041	040	030	020	010	009	008	007	006	005	004	005	006	009	011		

ზემოთ მოცემულ ცხრილებში ფ. კოეფიციენტის მნიშვნელობა გადიდებულია 1000-ჯერ.

თაზო V

შეერთებათა დაპროექტება

შეერთებათა დაპროექტება ლითონის კონსტრუქციათა კურსის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია, რამდენადაც ლითონის კონსტრუქციული ელემენტების სისტემების დამზადება/აწყოა 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. ამჟამად 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, შეუღუღებლობა, ფორები, წილის ჩანართები).

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

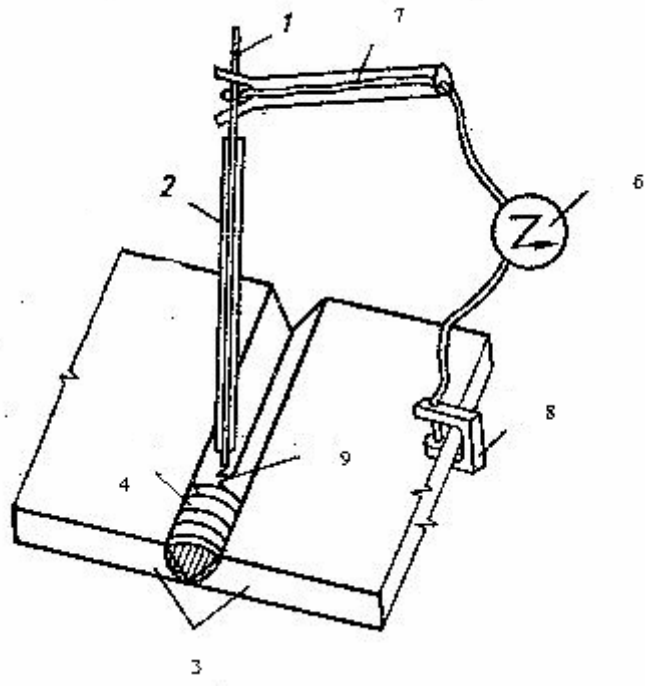
შედუღებით შეერთება. ზოგადად შედუღება რთული ტექნოლოგიური პროცესია – ფიზიკურ და ქიმიურ მოვლენათა ურთიერთკავშირის შედეგი. შედუღების მეთოდების/საშუალებების სახელწოდება დაკავშირებულია ენერჯის იმ სახესთან, რომელიც კონსტრუქციული ელემენტების/ნაკეთობების შესაერთებლად გამოიყენება და იმ ფიზიკურ მოვლენასთან, რომელიც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

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

მექანიკურს განეკუთვნება სახუნით შედუღება, ცივი, ულტრაბგერითი, ქიმიურს – გაზით შედუღება; ელექტრულს – რკალური, ელექტროწილური, 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 ნახევრადავტომატური.

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 ელექტროდსა და შესადუღებელ ელემენტებს შორის რკალური განმუხტვის წარმოქმნითა და შენარჩუნებით (ნახ. 10)



ნახ. 10. ელექტრორკალური შედუღების ზოგადი სქემა:

1 – ლითონის ელექტროდი; 2 – სპეციალური შემოგოზვა; 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 ჩაღვლის 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 სივრცული მდგომარეობისათვის. ხელით შედუღების პროცესში გამოყენებული ელექტროდი წარმოადგენს ფოლადის ღეროს დიამეტრით როგორც წესი 4 მმ-დან 8 მმ-მდეც. ტიპების მიხედვით მაკლასიფიცირებელი 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) შემოგოზვის შემადგენლობით და შეირჩევა შედუღების დენის სახეობისა და ნაკერის სივრცული მდგომარეობის მიხედვით. შედუღების პროცესში ელექტროდის დნობასთან ერთად აღნიშნული შემოგოზვის დაწვით შედუღების ზონაში წარმოიქმნება აირების დამცავი გარემო ფენა, და წილის რომელიც იცავს ნაკერის ლითონს დაჟანგვისა და სწრაფი გაციებისაგან.

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

ელექტროდის უწყვეტ მიწოდებას უზრუნველავს მექანიზმის ავტომატური თავი; ელექტრული რკალი იკვრება ფლუსის ქვეშ და ხდება მისი მუდმივობის შენარჩუნება; შედუღების პროცესში ფლუსი ღვება და საიმედოდ იცავს შენადულარ ლითონს. შესადუღებელი მავთულისა 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 გაცილებით მაღალი ხარისხის შედუღების ნაკერი, ამდენად სასურველია, სადაც ეს ხერხდება შედუღების ნაკერი შესრულდეს ავტომატურად. რაც შეეხება შედუღების ამ ტიპის უარყოფით მხარეებს, ძირითადად მისი არეალი შეზღუდულია სივრცეში ნაკერის მდგომარეობით. აგრეთვე შესადუღებელი მექანიზმის (ავტომატი) ზომები გადასაადგილებლად მოითხოვს შესადუღებელი 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 შესადუღებელ ზონებში, სადაც ვერ ხერხდება შესადუღებელი 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 (მავთულის) 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 ძალვის მოქმედების მიმართულების მიხედვით შეიძლება იყოს: ფლანგური – ძალვა მოქმედების შედულების ნაკერის გასწვრივ, შუბლა – ძალვა მოქმედებს შედულების ნაკერის მართობულად.

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

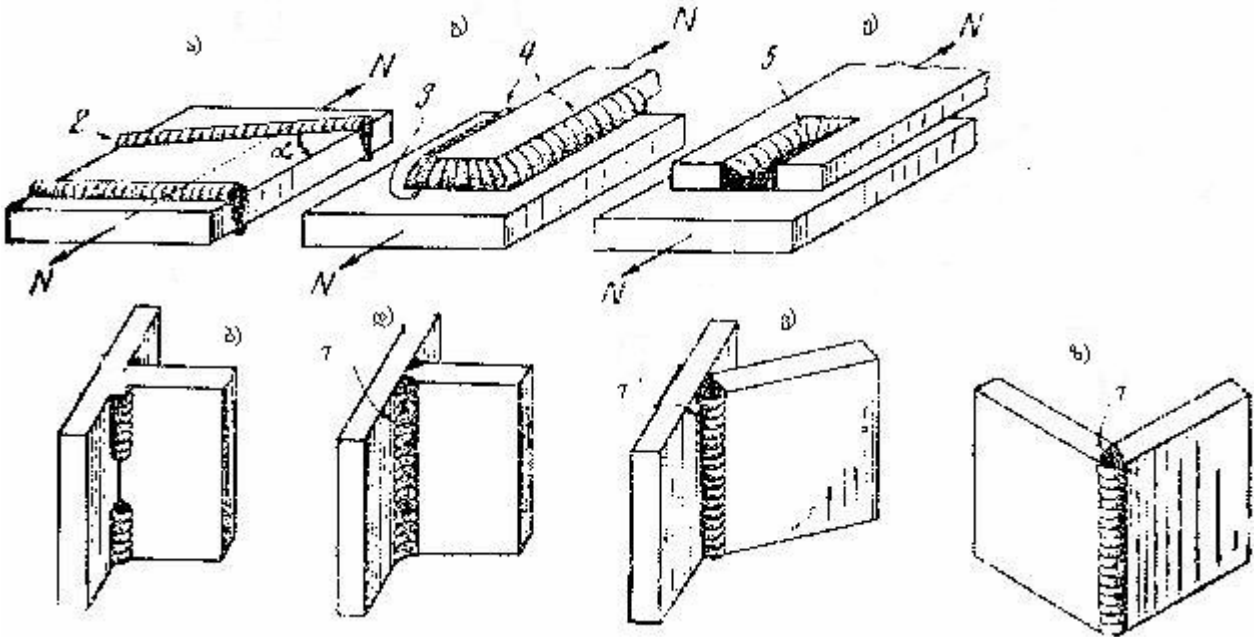
სივრცეში მდებარეობის მიხედვით შედულების ნაკერი შეიძლება იყოს ქვედა, ვერტიკალური და ჭერმისეული.

წირული განფენილობის მიხედვით უწყვეტი და წყვეტილი.

განასხვავებენ შედულებით შეერთების შემდეგ სახეობებს:

– პირაპირული; პირგადადებით; პირდგმული (კუთხური ან ტესებრი) კომბინირებულად. (ნახ. 11)

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



ნახ. 11 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 ძალთა/ძალვათა ნაკადის გადახრას, ამდენად ფაქტიურად არ გვაქვს ძაბვათა კონცენტრაცია. ამ ტიპის შეერთება ყველაზე მეტად გავრცელებულია, ლითონის ფურცლოვან ელემენტებში.

თანაბარი გამჭოლი ჩაღობის უზრუნველსაყოფად ხდება ფურცლის პირის დამუშავება/მომზადება, რომლის ფორმაც დამოკიდებულია შესადულებელი ლითონის სისქესა და შედულების სახეობაზე.

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

$$\frac{N}{th_w} \leq R_{wy} \gamma_c, \quad (V.1)$$

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

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

$$\frac{6M}{tl_w^2} \leq R_{wy} \gamma_c, \quad (V.2)$$

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

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

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

τ_w – გადაამჭრელი ძალისაგან გამოწვეული მხები ძაბვა განსაზღვრულია პირაპირულ ნაკერში მისი თანაბარგანაწილების პირობით

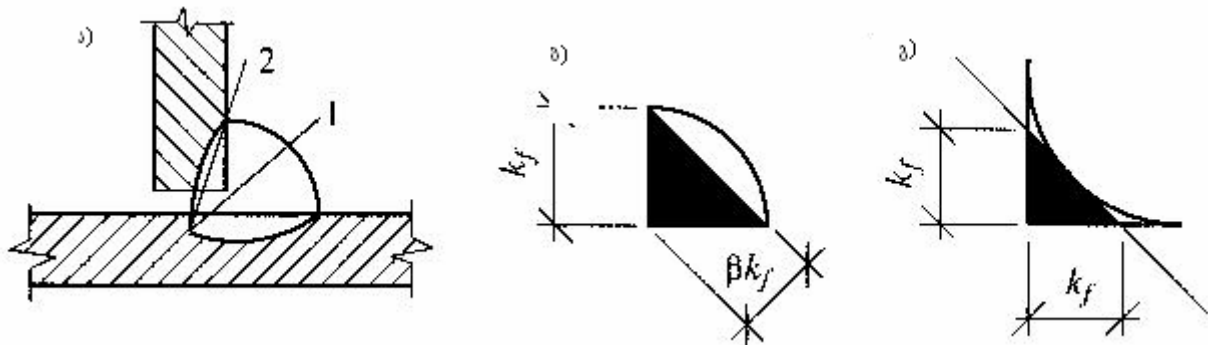
პირგადადებით შეერთება ლითონის კონსტრუქციული ელემენტების (ნაკეთობების) ფართოდ გავრცელებული სახეობაა, ის არ საჭიროებს შესადულებელი ელემენტების პირების დამუშავებას ამ ტიპის შეერთების მოწყობისას, საკმარისია ელემენტების გასუფთავება და გასწორება. განსაკუთრებით გავრცელებულია მცირე სისქის (2. . . 5)მმ ლითონის 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 მეორეზე ძალვის გადაცემის პროცესში ძალთა/ძალვათა ნაკადის სწორხაზოვნების მყისიერი და არსებითი ცვლილება და ამით დაკავშირებული ძაბვათა კონცენტრაცია გამოწვეულია შედუღებით ნაკერის მუშაობით ერთდროულად ჭრასა და ღუნვაზე.

ზოგადად, კუთხური ნაკერის განიკვეთის 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 საზღვრებში 3-10 მ, ბიჯით 1 მმ. k_f -ის მნიშვნელობა შეზღუდულია $k_f = 1,2t$ -თი, სადაც t არის შესადუღებელი კონსტრუქციული ელემენტების სისქეებიდან უმცირესის მნიშვნელობა. ამგვარად კუთხური ნაკერის ფორმა უმეტეს შემთხვევაში წარმოადგენს ტოლფერდა მართკუთხა სამკუთხედს მრუდწირული ჰიპოტენუზებით.

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



ნახ. 12 კუთხური ნაკერები:

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

განსაკუთრებულ პირობებში მომუშავე ნაკერებისათვის სხვა სახის ნაკერებსაც მართკუთხა სამკუთხედი დამრეცი ან ჩაზნექილი ჰიპოტენუზით 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_{wm} მპა (კგძ/სმ ²)	R_{wf} მპა (კგძ/სმ ²)
ელექტროდის ტიპი (ГОСТ 9467-75-ის)	მავთულის მარკა		

მიხედვით)			
ო42, ო42A	CB-08, CB-08A	410 (4200)	180 (1850)
ო46, ო46A	CB-08GA	450 (4600)	200 (2050)
ო50, ო50A	CB-10GA, CB-08G2C, CB-08G2CЦ, ПП-АН8, ПП-АН3	490 (5000)	215 (2200)
ო60	CB-08G2C*, CB-08G2CЦ*, CB-10HMA, CB-10G2	590 (6000)	240 (2450)
ო70	CB-10XG2CMA, CB-08XH2GMЮ	685 (7000)	280 (2850)
ო85	-	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 ყველაზე მეტად დაძაბული 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 ჭრახე შედუღების ნაკერის ზონაში ლითონის მკვეთრი არაერთგვაროვნების გათვალისწინებით ორი კვეთის გასწვრივ: ნაკერის ლითონის (კვეთი I)

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

შედნობის საზღვრის ლითონის (კვეთი II)

$$\frac{N}{\beta_z k_z l_w} \leq R_{wz} , \quad (V.6)$$

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

ძირითადად (ჩვენი ქვეყნისათვის დამახასიათებელი კლიმატური რაიონებისათვის) 1-ის ტოლია. γ_c - კონსტრუქციული ელემენტის პირობების კოეფიციენტი, R_{wf} - ნაკერის ლითონის საანგარიშო წინაღობა. მისი მნიშვნელობის დადგენა ხდება ნაკერის ლითონის საანგარიშო წინაღობა. მისი მნიშვნელობის დადგენა ხდება ნაკერის ლითონის დროებითი წინაღობის (R_{wun}) მიხედვით და იანგარიშება გამოსახულებით $R_{wf} = 0,55 R_{wun} / \gamma_{wm}$; აქ $\gamma_{wm} = 1,25$ როდესაც $R_{wun} \leq 490$ მპა და $\gamma_{wm} = 1,35$ როდესაც $R_{wun} > 490$ მპა. R_{wz} - შედნობის ზონის საანგარიშო წინაღობა. მისი მნიშვნელობის დადგენა ხდება შედნობის საზღვრის ლითონის ნორმატიული წინაღობის მიხედვით, რომლის მნიშვნელობაც აიღება ძირითადი ლითონის ნორმატიული დროებითი წინაღობის (R_{un}) ტოლი და იანგარიშება გამოსახულებით $R_{wz} = 0,45 R_{un}$

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

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

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

$$\frac{M}{W_f} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c; \quad (V.8)$$

შედნობის საზღვრის ლითონის (კვეთი II)

$$\frac{M}{W_z} \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c \quad (V.9)$$

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

ნაკერის ლითონის (კვეთი I)

$$\frac{M}{I_{fx} + I_{fy}} \sqrt{x^2 + y^2} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c; \quad (V.10)$$

შედნობის საზღვრის ლითონის (კვეთი II)

$$\frac{M}{I_{zx} + I_{zy}} \sqrt{x^2 + y^2} \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c, \quad (V.11)$$

სადაც I_{fx} და I_{fy} არის ნაკერის ლითონის გასწვრივ საანგარიშო კვეთის ინერციის მომენტი მთავარი ღერძების მიმართ, I_{zx} და I_{zy} – 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:

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

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

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 აღძრული ძაბვები გეომეტრიული აჯამებით.

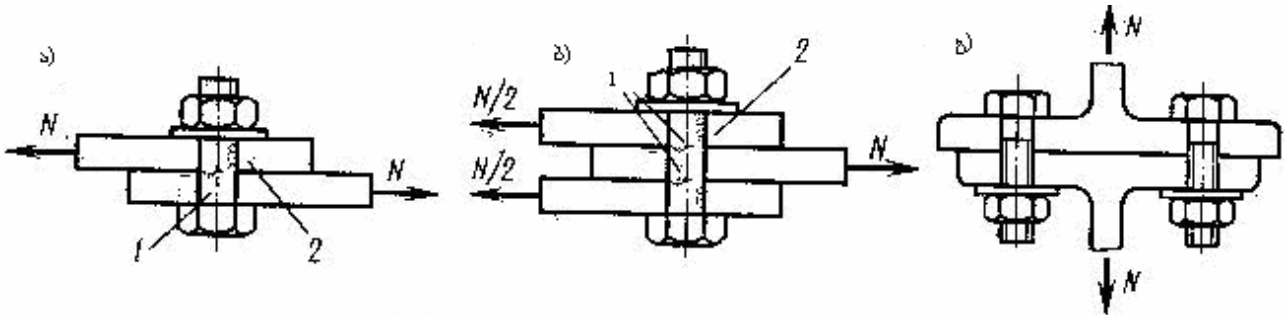
თაზო VI ჯანჭიკებით შეერთება

ჯანჭიკებით შეერთება წარმოადგენს ლითონის კონსტრუქციებს ელემენტების შეერთების/დაკავშირების ერთ-ერთ სახეობას (იხ. შეერთებათა დაპროექტება, გვ.40) ფართოდ გამოიყენება როგორც ასაწყობ-დასაშლელი, ასევე სტაციონარული კონსტრუქციული ელემენტების/სისტემების სამონტაჟო და მუშა შეერთებებში სტატიკური დატვირთვების დროს. ხასიათდება შეერთების კონსტრუქციული გადაწყვეტისა და მის მისაღებად შესრულებული სამუშაოების სიმარტივით; ამ სამუშაოთა შესასრულებლად რთულ მოწყობილობათა საჭიროების არ არსებობით; შეერთების მაღალი საიმედოობით. აღნიშნული სახეობის შეერთების მთავარ უარყოფით მახასიათებლად შეიძლება მივიჩნიოთ მისი კონსტრუქციული გადაწყვეტით; განპირობებული ლითონის შედარებით გაზრდილი ხარჯით. ჯანჭიკი წარმოადგენს ლითონის წრიული განივკვეთის მქონე ღეროს მასზე მოჭერილი ხრახნით, გლუვი ნაწილითა და თავით ერთ ბოლოში. ღეროს ეცმება საყელური და ეჭირება ქანჩი. განასხვავებენ ჩვეულებრივ, მაღალი სიმტკიცისა და სანაკერო ჯანჭიკებს. ეს უკანასკნელი გამოიყენება კონსტრუქციული ელემენტის/სისტემის საძირკველთან დასაკავშირებლად. ჩვეულებრივი ჯანჭიკები სიზუსტის მიხედვით შეიძლება იყოს უხეში (სიზუსტის კლასი C), ნორმალური (სიზუსტის კლასი B) და მაღალი სიზუსტის (სიზუსტის კლასი A). B და C სიზუსტის კლასის ჯანჭიკებისათვის ნახვრეტის დიამეტრიც 2-3 მმ-ით უნდა აღემატებოდეს ჯანჭიკის დიამეტრს. აღნიშნული აადვილებს კონსტრუქციული ელემენტების ერთმანეთთან დაკავშირებას მაგრამ კავშირი გამოდის დამყოლი ანუ კონსტრუქციული სისტემის დატვირთვისას ადგილი აქვს არსებით/მნიშვნელოვან გადაადგილებებს. A სიზუსტის კლასის ჯანჭიკებისათვის ნახვრეტის დიამეტრიც 0,3 მმ-ზე მეტით არ უნდა განსხვავდებოდეს ჯანჭიკის დიამეტრისაგან. აღნიშნული სახეობის ჯანჭიკებს ამზადებენ გამომჩარხვით, ღეროს ზედაპირი მიიღება გლუვი, ზუსტი ცილინდრული ფორმის. ანალოგიურად უნდა იყოს დამუშავებული ნახვრეტის პირი. შესაბამისად ასეთი სახეობის ჯანჭიკებით შეერთებები მათი მოწყობისას მოითხოვს სამუშაოთა წარმოების გაცილებით მაღალ სიზუსტეს. ჩასატარებელი სამუშაოები B და C კლასის სიზუსტის ჯანჭიკებით შეერთებასთან შედარებით გაცილებით შრომატევადი და ძვირადღირებულია. მიღებული შეერთება კი ნაკლებად დამყოლი.

მაღალი სიმტკიცის ჯანჭიკებით შეერთება პირველად გამოყენებულ იქნა 1947 წელს ამერიკის შეერთებულ შტატებში ლითონის სარკინიგზო ხედის კონსტრუქციული ელემენტების შესაერთებლად. მაღალი სიმტკიცის ჯანჭიკები სიზუსტის მიხედვით მიეკუთვნებიან B კლასის სიზუსტის ჯანჭიკებს. სპეციალური მოწყობილობით მოჭერილი ქანჩა ჯანჭიკებში წარმოქმნის მნიშვნელოვან (კონტროლირებად) ძალავას, რომლის გავლენითაც საკონტაქტო ზედაპირების გასწვრივ ადრული ხახუნის ძალებით ხდება ძალოვანი ზემოქმედებით გამოწვეული ძვრის ძალების განეიტრალება.

სიმტკიცის მიხედვითაც ხდება ჯანჭიკების დაყოფა კლასებად. 4.6-დან 8.8-ის ჩათვლით ჩვეულებრივი სიმტკიცის ჯანჭიკებისთვის და 10.9 მაღალი სიმტკიცის ჯანჭიკებისათვის. 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 გამოსახული σ_y/σ_u თანაფარდობას.



ნახ. 13. ჩვეულებრივი სიმტკიცის ჭანჭიკების მუშაობის სქემები:
 ა) ჭრის ერთი ზედაპირი; ბ) ჭრის ორი ზედაპირი; გ) გაჭიმვა
 1. ჭრის სიბრტყეები; 2. თელვის ზედაპირები.

ჭანჭიკების შეერთების გაანგარიშება. ჭანჭიკური შეერთებები უპირატესად მუშაობენ ძვრაზე. ამასთან ჩვეულებრივი ჭანჭიკები მუშაობენ ჭრაზე, ხოლო ნახვრეტების პირები – თელვაზე (ნახ. 13). შეერთების სიმძიმის ცენტრზე გამავალი N გრძივი ძალვა მიიღება როგორც ჭანჭიკებზე თანაბარგადანაწილებული. ერთ ჭანჭიკზე მოსული საანგარიშო ძალვა N_b განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

ჭრაზე სიმტკიცის პირობიდან:

$$N_b = R_{bs} \gamma_b A n_s; \quad (VI.1)$$

თელვაზე სიმტკიცის პირობიდან:

$$N_b = R_{bp} \gamma_b d \sum t. \quad (VI.2)$$

გაჭიმვაზე (შეერთებაზე მოქმედი დატვირთვა ჭანჭიკების გრძივი ღერძის პარალელურია):

$$N_b = R_{bt} A_{bn}, \quad (VI.3)$$

სადაც R_{bs}, R_{bp}, R_{bt} – ჭანჭიკური შეერთების საანგარიშო წინაღობები ჭრაზე, თელვასა და გაჭიმვაზე;

d - ჭანჭიკის ღეროს გარე დიამეტრი;

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

A_{bn} - ჭანჭიკის განივკვეთის ფართობი

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

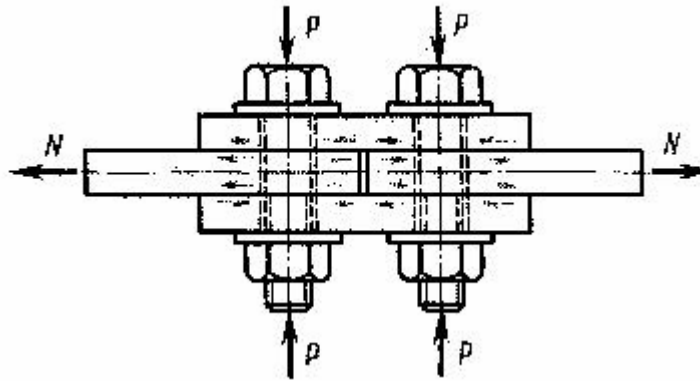
n_s - ჭანჭიკების საანგარიშო ჭრების რაოდენობა

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 -ს მნიშვნელობიდან უნცირესი.



ნახ. 14. მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით შეერთება

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

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

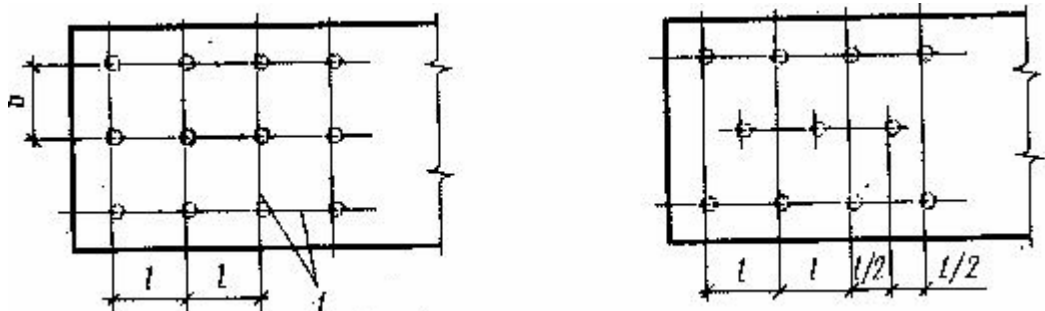
სადაც R_{bh} - მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე. μ - ხახუნის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია დასაკავშირებელი ზედაპირების დამუშავებაზე (იხ. ცხრ.). A_{bn} - ჭანჭიკის განივკვეთის ფართობი (netto. იხ. ცხრ.); γ_{bh} - შეერთების მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია 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 $n \geq 10$.

მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების საჭირო რაოდენობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

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

სადაც k არის შესაერთებელი ელემენტების ხახუნის ზედაპირთა რაოდენობა.

განასხვავებენ შეერთებაში ჭანჭიკების (ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა სახეობის)



ნახ. 15. ხვრეტების განლაგება: რიგობრივი და ჭადრაკული
1 - კაწრული

განლაგების ორ სახეს – რიგობრივსა და ჭადრაკულს (ნახ.15). ნახვრეტების ცენტრებზე გამავალ ხაზებს კაწრულებს უწოდებენ. ძაღვის 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 შეკუმშვის</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 ძაღვის გასწვრივ</p> <p>–იგივე ძაღვის მართობულად ჩამონატკერი კიდეების შემთხვევაში</p> <p>გაგლინური კიდეების შემთხვევაში</p> <p>–მაქსიმალური</p> <p>–მინიმალური მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებისთვის ნებისმიერი სახის კიდისა და ძაღვის 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 განივკვეთია 700×14 მმ. ფოლადის მასალა C245, რომლის საანგარიშო წინაღობა დენადობის ზღვრის მიხედვით $R_y = 23$ კნ/სმ². ჭანჭიკის შეერთების საანგარიშო წინაღობა თელვაზე $R_{bp} = 42$ კნ/სმ², შეერთებაზე მოქმედი გამჭიმავი ძალა $N = 1800$ კნ. შეერთება პროექტირდება ორი სიმეტრიული ზედით $t = 8$ მმ.

ვარიანტი “ა”

შეერთება ხორციელდება ნორმალური სიზუსტის (კლასი B), 5,8 სიმტკიცის კლასის ჭანჭიკებით (იხილეთ ცხრილი), რომლისთვისაც $R_{bs} = 20$ კნ/სმ². საჭანჭიკე ხვრეტების 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_{bs}	15	16	19	20	23	32
გაჭიმვა	R_{bt}	17,5	16	21	20	25	40

განისაზღვრება ჭანჭიკის ამტანუნარიანობა:

– ჭრაზე: $N_b = R_{bs} \gamma_b A n_s$

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

ჭანჭიკების განივკვეთის 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

– თელვაზე: $N_b = R_{bp} \gamma_b d \sum t$ სადაც $\sum t = 1,4 < 2t = 1,6$ სმ

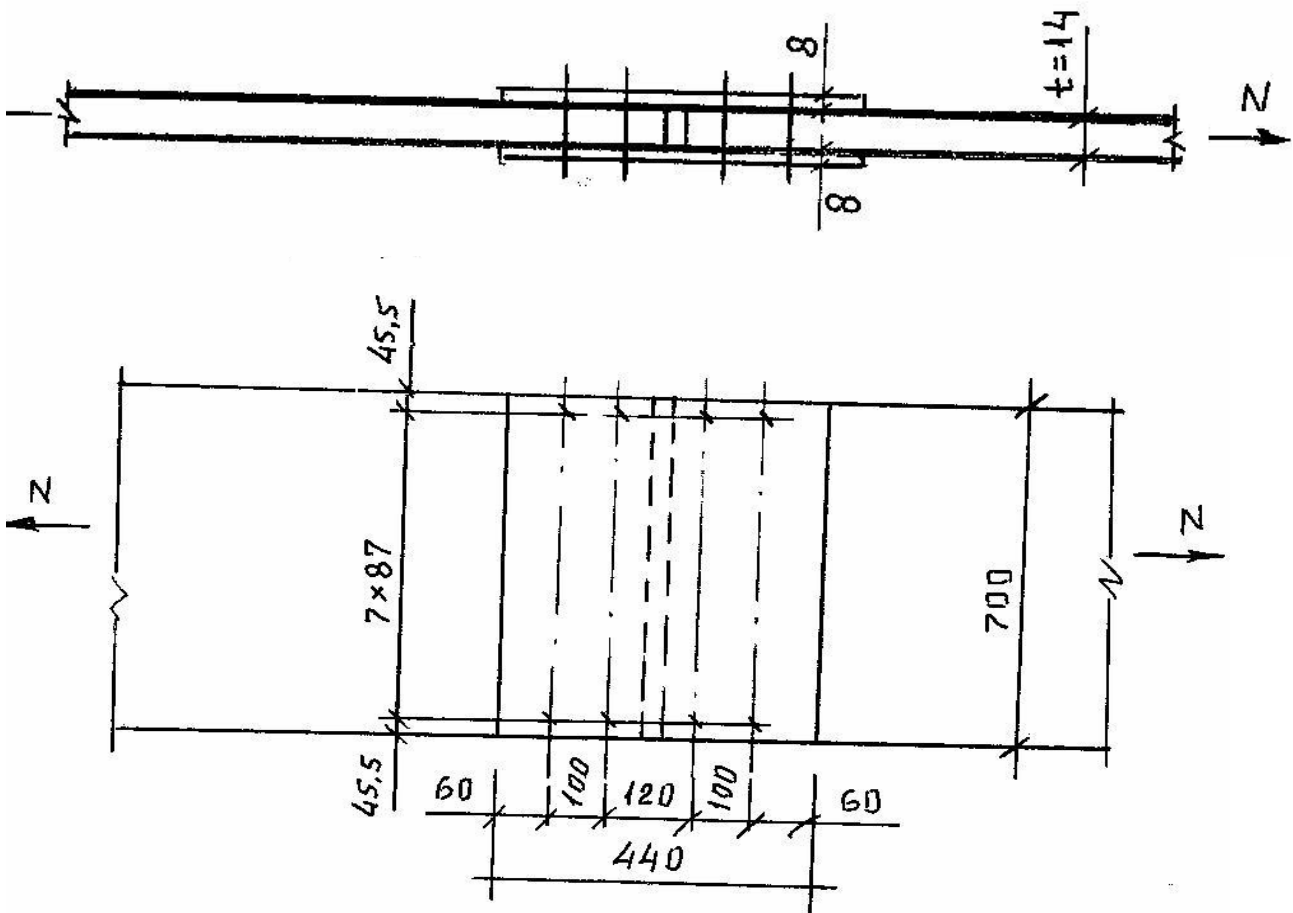
$$N_b = 42 \cdot 0,9 \cdot 2,2 \cdot 1,4 = 116,42 \text{ კნ};$$

ნახევარზედზე ჭანჭიკების რაოდენობა

$$n \geq \frac{N}{N_{\min} \gamma_c} = \frac{1800}{1 \cdot 116,42} = 15,5;$$

ვიღებთ $n = 16$ ცალს.

ნახევარზედზე ჭანჭიკები განლაგდება ორ რიგად, თითოეული 8-8 ჭანჭიკით (ნახ.)



ნახ. 16. პირაპირი ნორმალური სიხუსტის ჭანჭიკებით

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

$$N' = AR_y \gamma_c = 1,4(70 - 8 \cdot 2,5) \cdot 1,1 \cdot 23 = 1771 < 1800 \text{ კნ}.$$

ვარიანტი “ბ”

იგივე შეერთება სორციელდება მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით $d = 22$ მმ
 $30X2HM\Phi A$ ფოლადისაგან, რომლისთვისაც მინიმალური წინაღობა
 $R_{b\min} = 135$ კნ/სმ² (იხილეთ ცხრილი)

მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების მექანიკური თვისებები

ნომინალური დიამეტრი	ფოლადის მარკა ГОСТ 4543-71	მინიმალური წინაღობა $R_{b\min}$ ნ/მმ ² (კგძ/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)

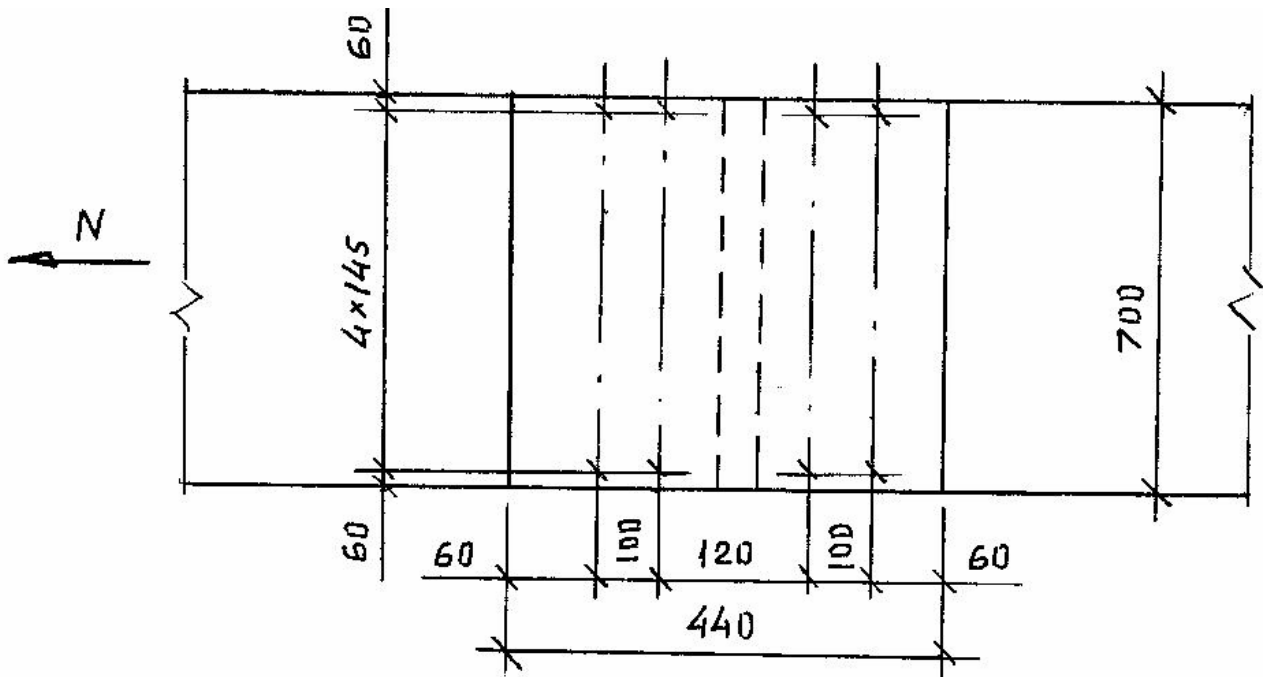
განისაზღვრება ერთი მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის მზიდუნარიანობა, იმის გათვალისწინებით, რომ ხვრეტის დიამეტრი აღემატება ჭანჭიკისას 1 მმ მაინც, მუშაობის პირობების (საიმედოობის) კოეფიციენტი $\gamma_c = 0,85$ და შესაერთებელი ზედაპირები დამუშავებულია აირცეცხლოვანი ჭავლით, რომლისთვისაც $\mu = 0,42$ და $\gamma_{bk}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

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

ჭანჭიკების რაოდენობა ნახევარზედზე

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

ვიღებთ 10 ჭანჭიკს და ნახევარზედზე ვაღაგებთ 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:

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

თემა VII

ლითონის კოჭები. დაპროექტების საფუძვლები

კოჭი წარმოადგენს განივ ღუნვაზე მომუშავე, ერთ-ერთ ყველაზე უფრო მეტად გავრცელებულ კონსტრუქციულ ელემენტს მოცემულ შემთხვევაში ჩვენი ინტერესების სფეროს განეკუთვნება ფოლადისაგან დამზადებული კოჭები. მათი გამოყენების არეალი სამშენებლო საქმეში ფაქტიურად უსაზღვროა – მარტივი კონსტრუქციული სისტემის (მაგ. სხვადასხვა სახის 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 წარმოდგენილი არის მზა პროფილით ან შედგენილი ანუ მზიდი ელემენტი აწყობილია/შედგენილია ლითონის ფურცლებისაგან. ამ უკანასკნელის არჩევანს განაპირობებს სორტამენტის შესაბამისად ნაგლინი კოჭის არჩევის შეზღუდვა (იხ. გვ.23). ორივე შემთხვევაში განივკვეთის ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმა არის სიმეტრიული ორტესებრი. შედგენილი კოჭი მიიღება ლითონის სამი ფურცლის – ერთი ვერტიკალური და ორი ჰორიზონტალური შეერთებით. ვერტიკალურ ფურცელს უწოდებენ კოჭის კედელს, ხოლო ჰორიზონტალურებს – თაროებს. შეერთება შეიძლება განხორციელდეს 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.

მრავალმალიან 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 – გვხვდება როგორც ჭრადი ასევე მრავალმალიანი (იხ.)ამ უკანასკნელის შემთხვევაში ხდება მალის კვეთების განტვირთვა, რაც აუმჯობესებს კონსტრუქციული სისტემის ეკონომიკურ მახასიათებლებს.

გაგლინური კოჭების განიკვეთის შერჩევა. გაგლინულ კოჭებად ძირითადად არჩევენ ორტესებს, ნაკლებად შევლერს. ორტესებრი კოჭების გამოყენება ყველაზე მეტად მომგებიანია განივი ღუნვის პირობებში, შევლერის – ირიბი ღუნვის 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 მღუნავი მომენტის განსაზღვრა;
- ფოლადის მარკისა და მუშაობის პირობების კოეფიციენტის შერჩევა;
- მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მიხედვით წინაღობის საჭირო მომენტის განსაზღვრა

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

- 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 შეყურსული ძალებით/ძაღვებით დატვირთვის შემთხვევაში) (IV.14) შესაბამისად;

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

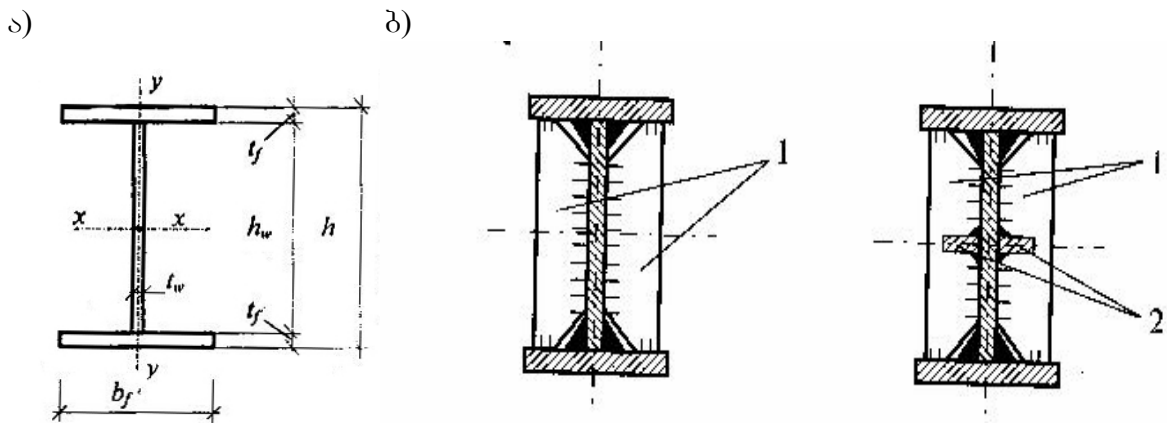
– კოჭის შემოჭმება საერთო მდგრადობაზე (IV.19) გამოსახულების შესაბამისად, ასეთი პროცედურის ჩატარების საჭიროების შემთხვევაში (იხ. გვ. 36)

– საყრდენი კვანძის კედლის შემოწმება (სიხისტის წიბოს არ არსებობის შემთხვევაში რაც გაგლინული კოჭებისთვის ხშირი შემთხვევაა) ადგილობრივ მკუმშავ ძაბვებზე შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად:

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{tl_{ef}} \leq R_y \gamma_c, \quad (\text{VII.2})$$

სადაც F არის შეყურსული დატვირთვის საანგარიშო მნიშვნელობა; l_{ef} – დაყრდნობის პირობების შესაბამისად განსაზღვრული, დატვირთვის განაწილების პირობიტი სიგრძე: $l_{ef} = b_f + 2t_f$; t_f – მანძილი გაგლინული კოჭის გარე კიდიდან კედლის მომრგვალების საწყის წერტილამდე ან თაროს სისქე შედგენილი კოჭის შემთხვევაში.

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



ნახ.18. ა) შედგენილი კოჭი; ბ) შედგენილი კოჭი სიხისტის წიბოებით:
1 – სიხისტის განივი წიბო; 2 – სიხისტის გრთივი წიბო

გაანგარიშება წარმოებს შემდეგი თანმიმდევრობით:

- ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვის განსაზღვრა;
- საანგარიშო სქემის დადგენა და ძალები (მღუნავი მომენტი, განივი ძალა) ეპიურების აგება;
- ფოლადის მარკისა (იმის გათვალისწინებით რომ გამოიყენება ფურცლოვანი ლითონი) და მუშაობის პირობების კოეფიციენტის დადგენა (R_y, λ_c);
- მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მიხედვით, წინააღობის მომენტის განსაზღვრა (IV.13) გამოსახულების შესაბამისად;

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

– კოჭის კედლის სისქის სისქის წინასწარი დანიშვნა შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად:

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

განზომილებები (VII.3) გამოსახულებისთვის: t_w – [მმ]; h – [მ];

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

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

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

– კოჭის მინიმალური სიმაღლე განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$h_{min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{l^2 R_y \gamma_c}{E f_u} \cdot \frac{M_n}{M}, \quad (VII.5)$$

სადაც $f_u = f_{max}$ არის სახსრულად დაყრდნობილი, ერთმალისანი, სიგრძეზე მუდმივი სიხისტის 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_b აიღება h_{opt} – ისა და h_{min} – ის მნიშვნელობებიდან უმეტესის შესაბამისად. შერჩეული სიმაღლე აგრეთვე ნაკლები უნდა იყოს გადახურვის სამშენებლო სიმაღლეზე (იხ. გვ.) ასეთის წინასწარ დანისენის (არქიტექტურული, კონსტრუქციული, ტექნოლოგიური მოსაზრებებით) შემთხვევაში.

– კოჭის კედლის სიმაღლის h_w დანიშვნა, რომელიც აიღება კოჭის სიმაღლეზე (h_b) 4. . 6 სმ-ით ნაკლები და განისაზღვრება არსებული/წარმოებული ლითონის ფურცლების სიგანის (ნაგლინი სქელფურცლოვანი ფოლადის სორტამენტი) გათვალისწინებით.

– კოჭის კედლის სისქის (ნახ.18) შემოწმება ჭრაზე

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

სადაც $k = 1,2$ ორტესებრი კოჭის მთლიანი განივკვეთის ჭრაზე მუშაობის შემთხვევაში (ძირითადად უჭრი კოჭის მოსაყრდენი კვეთებისათვის); $k = 1,5$ ჭრაზე მუშაობს მხოლოდ კოჭის კედელი (ძირითადად ჭრადი კოჭის საყრდენი კვეთებისათვის). სისქის მინიმალური მნიშვნელობა მიიღება 6 მმ-ის ტოილ.

ამასთან სისქის დანიშნის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს არსებული/წარმოებული ლითონის ფურცლების სისქეები (ნაგლინი სქელფურცლოვანი ფოლადის სორტამენტი); $k=1$ პლასტიკური დეფორმაციის განვითარების გათვალისწინებით.

– თაროების საჭირო ფართის განსაზღვრა შეიძლება შემდეგი თანმიმდევრობით:

კოჭის განივკვეთის საჭირო ინერციის მომენტი

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

კოჭის კედლის ინერციის მომენტი

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

თაროების ინერციის მომენტი

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

საიდანაც

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

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

თაროს კიდულის $b_{ef} = 0,5b_f$ წიბოთი მოარშიების გარეშე

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

მოარშიების შემთხვევაში

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

როგორც დრეკადი, ასევე პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების შემთხვევაში.

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

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 $\bar{\lambda}_w$ მნიშვნელობისთვის სრულდება უტოლობა:

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

შედგენილ კოჭზე მოძრავი დატვირთვის არსებობის შემთხვევაში კი $\bar{\lambda}_w > 2,2$

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

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

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

თითოეული წიბოს სისქე უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას:

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

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

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

$$(VII.16) \text{გამოსახულებაში: } \lambda_{ef} = \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}} \quad (VII.17)$$

სადაც d არის ფირფიტის უმცირესი გვერდი (h_{ef} ან a);
 μ – ფირფიტის დიდი გვერდის შეფარდება მცირესთან.

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

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

სადაც $\lambda_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ არის კედლის პირობითი მოქნილობა; C_{cr} – კოეფიციენტით ხდება თაროებში კედლის დრეკადი დამაგრების ხარისხის და მისი მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად.

$$\delta = \beta \left(\frac{b_f}{h_{ef}} \right) \left(\frac{t_f}{t_w} \right)^3 \quad (VII.19)$$

ადგილობრივი ზემოქმედებით გამოწვეულია კრიტიკული ძაბვები:

$$\sigma_{loc.cr} = C_1 \frac{R_y}{\lambda_a^2}, \quad (VII.20)$$

სადაც $\lambda_a = \left(\frac{a}{t} \right) \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ მნიშვნელობა კი აიღება δ () მნიშვნელობის მიხედვით.

კოჭის მილის შუა ნაწილსა და საყრდენს შორის მოქცეულ განივკვეთებში 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 მკუმშავი ნორმალური ძაბვები კედლის პირზე; $\tau = \frac{Q}{t_w l_{ef}}$ – მხები ძაბვების საშუალო მნიშვნელობა განსახილველ უბანზე; σ_{loc} – ადგილობრივი მკუმშავი ძაბვა, გამოწვეულ- შეყურსული F დატვირთვით. მისი მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{t_w l_{ef}}, \quad (VII.22)$$

სადაც l_{ef} არის დატვირთვის განაწილების პირობითი სიგრძე და განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$l_{ef} = b + 2t_f, \quad (\text{VII.23})$$

სადაც t_f არის კოჭის თაროს სისქე.

γ_c – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; σ_{cr}, τ_{cr} და $\sigma_{loc.cr}$ განისაზღვრება შესაბამისად (VII.16), (VII.18) და (VII.20) გამოსახულებებით.

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

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

განსაკუთრებულად მძიმედ დატვირთული კოჭების კედლებში, იქ სადაც ძირითადად ჭარბობს კუმშვის ნორმალური ძაბვები მიზანშეწონილია კედლის შეკუმშულ ზონაში, კედლის ყველაზე მეტად შეკუმშული შრიდან $h_1 = \left(\frac{1}{4}\Lambda \frac{1}{5}\right)h_{ef}$ 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)

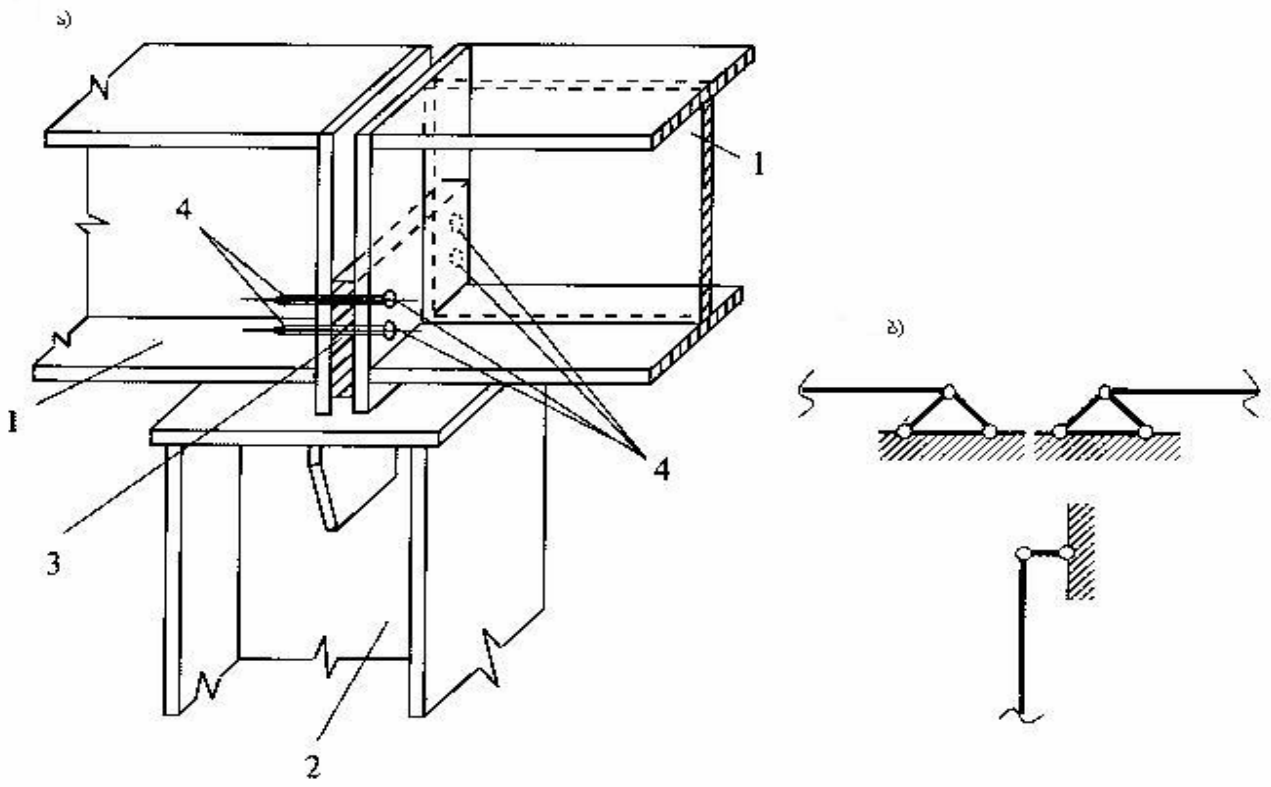
საყრდენი სიხისტის წიბო შემოწმებული უნდა იქნეს გრძივ ღუნვაზე, როგორც საყრდენი რეაქციით დატვირთული ცენტრალურად შეკუმშული დგარი, რომლის განივკვეთი მოიცავს საკუთრივ დგარის განივკვეთსა და კოჭის კედლის ზოლს

სიგანით $0,65t\sqrt{\frac{E}{R_y}}$, შესაბამისად წყვილი საყრდენი სიხისტის წიბოს შემთხვევაში

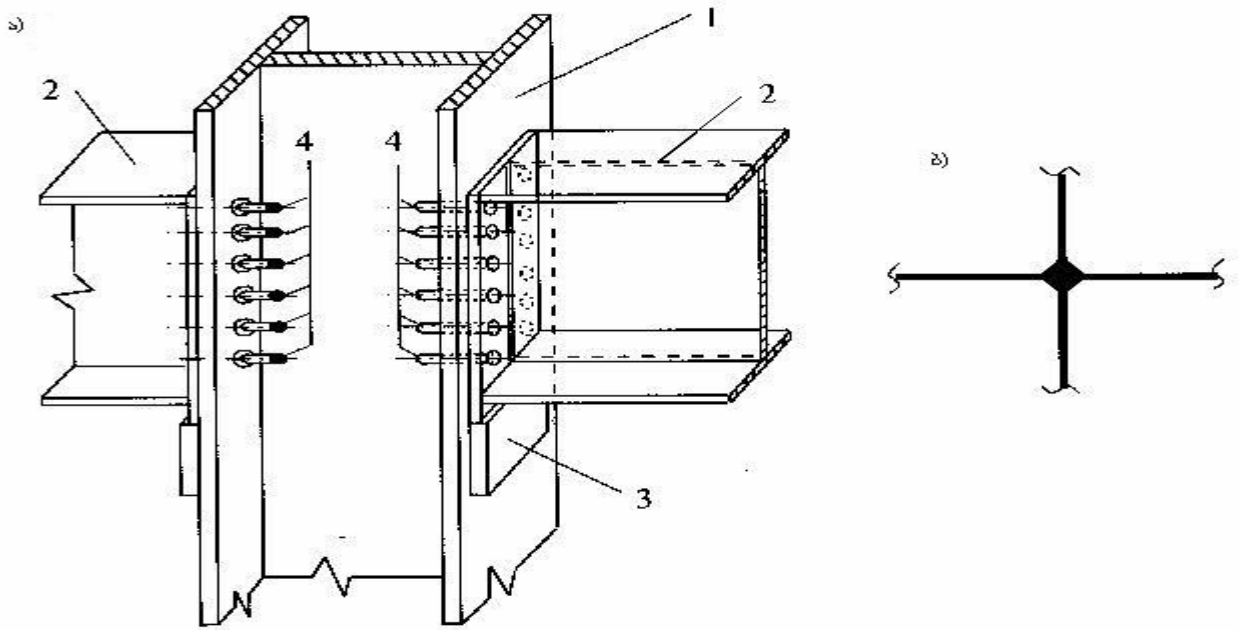
$$A_s = t_h b_h + 1,3t_w^2 \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (\text{VII.25})$$

ერთი მიდუღებული საყრდენი წიბოს შემთხვევაში

$$A_s = t_h b_h + 0,65t_w^2 \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \quad (\text{VII.26})$$



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.

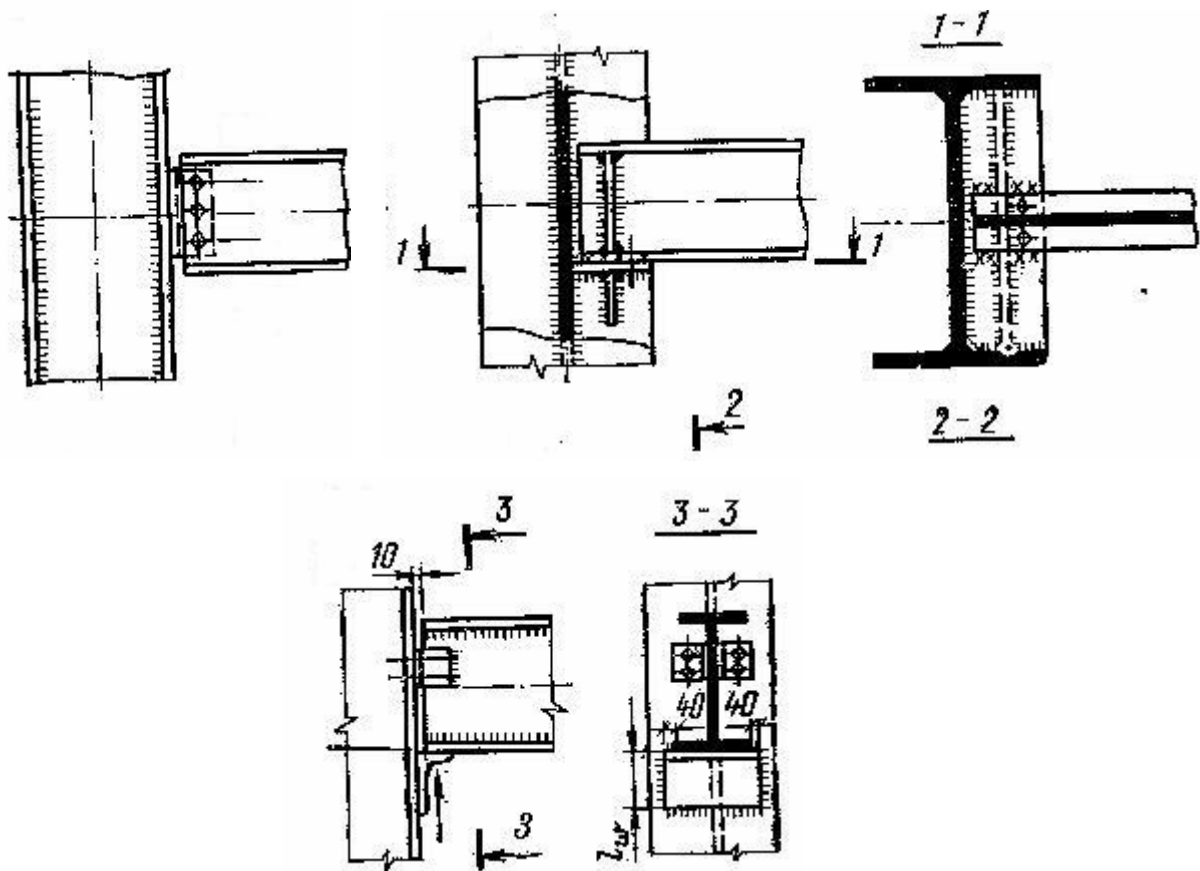
საყრდენი წიბოს / წიბოების ტორსული განივკვეთის შემოწმება ხდება თელვაზე, როდესაც $a \leq 1,5t_h$ შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად

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

როდესაც $a > 1,5t_h$ () გამოსახულების შესაბამისად

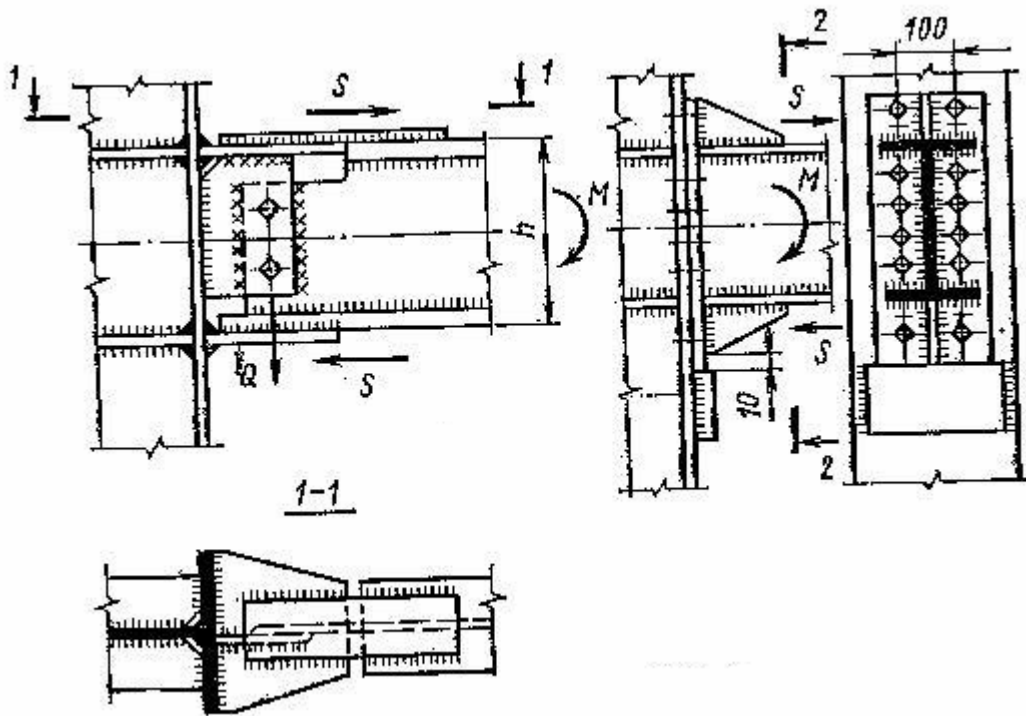
გვერდიდან მიერთების შემთხვევაში (ნახ.20) განასხვავებენ შეუღლების კვანძის სახსრულ და ხისტ გადაწყვეტას შედგენილი კოჭის ფუნქციონალური დანიშნულების შესაბამისად; შეუღლება ხდება კოლონის თაროსთან ან კედელთან. კოჭის საყრდენი რეაქციის გადაცემა კოლონაზე ხდება ჭანჭიკოვანი მიღტუნური შეერთებით ან კოლონის კედელზე/თაროზე 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 მობრუნებას მისი ზედა და ქვედა თაროების ჰორიზონტალური თამასებით ან ვერტიკალური საკვანძო ფურცლების გამოყენების გზით კოლონასთან მიერთებით (ნახ. 22).



ნახ. 22. კოჭის კოლონასთან ხისტი მიერთება გვერდიდან

აღნიშნული კონსტრუქციული ელემენტები ითვისებენ კვანძში მოქმედი მდუნავი მომენტით აღძრულ ჰორიზონტალურ ძალებს $S = M/h$, საყრდენი რეაქციის კოლონაზე გადაცემის კონსტრუქციული გადაწყვეტა კი ანალოგიურია სახსრული მიერთების პირობებში მიღებული კონსტრუქციული გადაწყვეტისა.

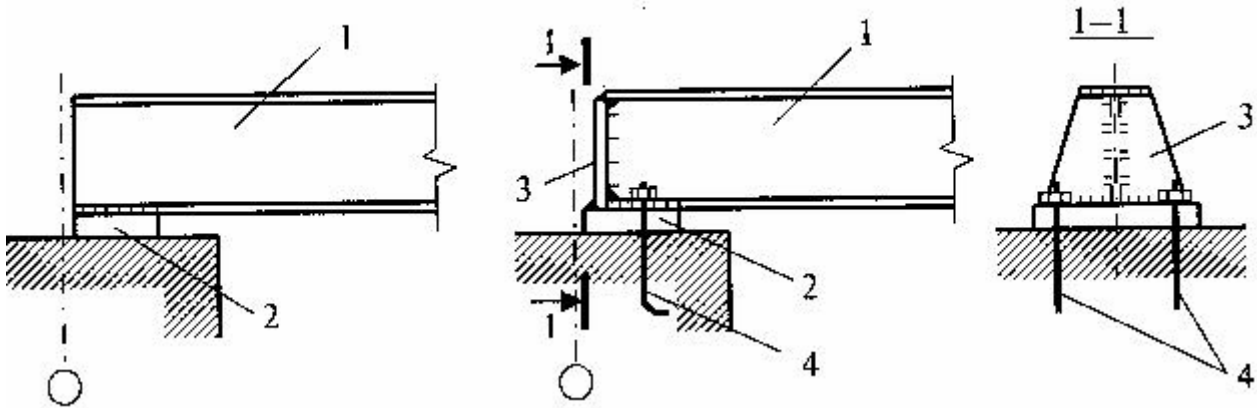
ფოლადის კოჭების ქვის ან რკინაბეტონის კონსტრუქციებზე დაყრდნობის შემთხვევაში იყენებენ ფოლადის სპეციალურ საყრდენ ნაწილებს, რომლითაც ხორციელდება კოჭისაგან გადაცემული დატვირთვის ქვის/რკინაბეტონის კედლებზე/სვეტზე თანაბრად გადანაწილება (იხ. ნახ.23).

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

- ქარხნულს/საწარმოს - 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

მიზნით.



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, ჭანჭიკებით შეერთება.

შედუღებული პირაპირის ყველაზე მარტივ გადაწყვეტად ითვლება მისი თაროებისა და კედლის ერთი და იგივე განივკვეთში მოწყობა. აღნიშნული შეერთება მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მოქმედების არეალში ვერ უზრუნველყოფს პირაპირისა და კოჭის მასალის თანაბარ სიმტკიცეს. შესაბამისად კოჭის ყველაზე მეტად დაძაბულ უბნებზე პირაპირებს აწყობენ ხტულად – ირიბი პირაპირული ნაკერებით კოჭის თაროებში (ნახ.11.ა), შედუღების დროს წარმოქმნილი ჯდენით დეფორმაციების გავლენის შემცირების მიზნით, არსებითი მნიშვნელობა აქვს პირაპირების მოწყობის თანმიმდევრობას. პირველ ეტაპზე ეწყობა განივი ნაკერები – თაროები და კედლის პირაპირები, სიხისტის წიბოების მინადუღები; ამის შემდეგ ხდება თაროების კედელთან შემაკავშირებელი გრძივი ნაკერების მოწყობის მთლიანი ან დარჩენილი ნაწილის დასრულება. შედგენილი კოჭის ყოველი ელემენტის პირაპირული შედუღების ნაკერი გაინაგარიშება ურთიერთდამოუკიდებლად. ძალები რომელთა ზემოქმედებაზეც გაინაგარიშება აღნიშნული ელემენტები, განისაზღვრება შემდეგი პრინციპით:

– მღუნავი მომენტი გადანაწილდება კოჭის ელემენტებზე მათი ინერციის მომენტების პროპორციულად. შესაბამისად

$$M_w = M_b \frac{I_w}{I_b}, \quad (\text{VII.28})$$

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:

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

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 ზესადებების და ჭანჭიკების ხარჯზე. ზესადებების რაოდენობა - თაროებისთვის სამი ორივე მხრიდან, კედლისათვის – ორი ვერტიკალური, რომელთა განივკვეთის ფართი არანაკლებია შემაერთებული ელემენტის განივკვეთის ფართზე. ყოველი ელემენტის შეერთება გაიანგარიშება ურთიერთდამოუკიდებლად. ძალების გადანაწილება კონსტრუქციულ ელემენტებზე ხდება ზემოთ აღნიშნული პრინციპით (იხ. გვ.68). შესაბამისად ძალები თაროში განისაზღვრება გამოსახულებებით:

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

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

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

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

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

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

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

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

საიდანაც მაქსიმალური კორიზონტალური ძალვის მნიშვნელობისათვის, რომელიც მოქმედებს ყველაზე მეტად დატვირთულ ჭანჭიკზე გვექნება გამოსახულება:

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

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

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

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

შესაბამისად

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

სადაც n არის ზესადებების ნახევარზე განთავსებული ჭანჭიკების რაოდენობა.

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

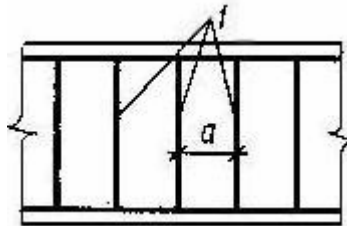
$$\sqrt{N_{\max}^2 + V^2} \leq Q_{bh}. \quad (\text{VII.38})$$

თაზი VIII
კოჭოვანი უჯრედის შესახებ

კოჭოვანი უჯრედი წარმოადგენს სახურავში/გადახურვებში გამოყენებული მზიდი კოჭების ერთობლიობას. ლოთონის კოჭოვანი უჯრედები ძირითადად გვხვდება სამრეწველო/ენერგეტიკულ სატრანსპორტო, ჰიდროტექნიკურ მშენებლობებში განასხვავებენ ლოთონის კოჭოვანი უჯრედის შემდეგ ტიპებს:

1. გამარტივებული (ნახ. 24)

დატვირთვის გადაცემის სქემა: ფენილი – ფენილის კოჭი – კედელი/კარკასის ელემენტი სხვა მზიდი კონსტრუქცია.

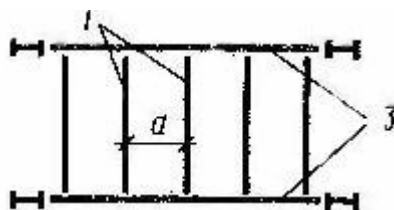


ნახ. 24. გამარტივებული კოჭოვანი უჯრედი
1-ფენილის კოჭი

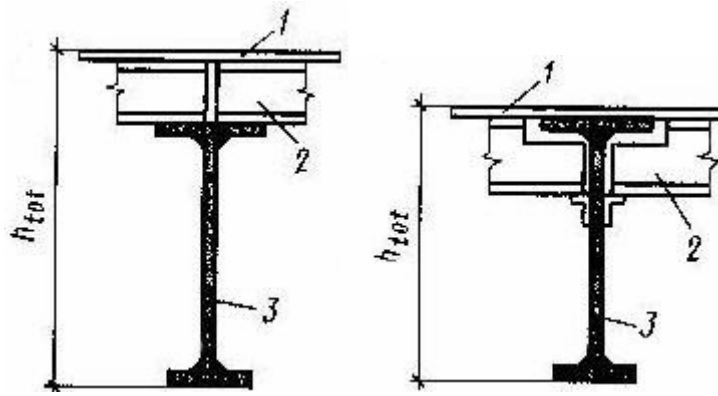
2. ნორმალური (ნახ. 25)

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

კოჭების შედუღების სქემა – სართულგბრივი ან ერთ დონეზე (ნახ.26)



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



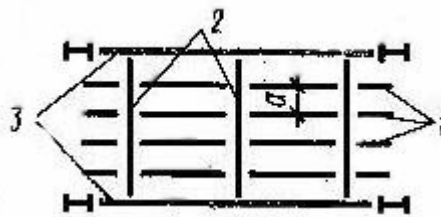
ნახ. 26. კოჭების შეუღლების სქემა:
1-ფენილი; 2-ფენილის კოჭი; 3-მთავარი კოჭი.

3. გართულებული (ნახ. 27)

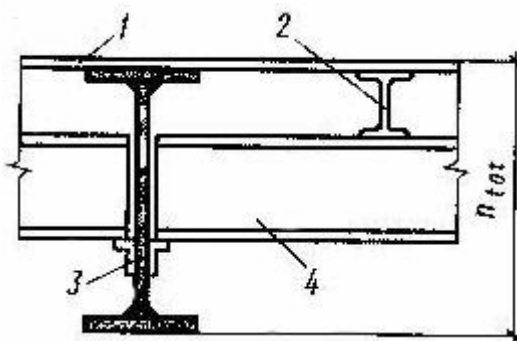
დატვირთვის გადაცემის სქემა: ფენილი – ფენილის კოჭი (ძირითადი ძელნაკი).

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 განსილულია 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 $h_{con}=1,7$ 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 განივკვეთში მოქმედი მაქსიმალური ძალების განსაზღვრა:

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

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

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, $t_f=1,42$ 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).

c_1 კოეფიციენტის განსაზღვრა ხდება შემდეგი თანმიმდევრობით:

– განისაზღვრება მხები ძაბვის მნიშვნელობა საყრდენ კვეთში გამოსახულებით:

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

– განისაზღვრება საანგარიშო წინაღობა ძვრაზე:

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

– [1] – ის შესაბამისად,

$$\text{თუ } \tau \leq 0,5R_s; \quad c_1 = c$$

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

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

იმისათვის, რომ ვისარგებლოთ ქვემოთ მოცემული ცხრილით

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

განსაზღვრავთ თანაფარდობას $\frac{A_f}{A_w} = \frac{22,7}{39,3} = 0,6$ 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:

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

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

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

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

კოჭის განიგვეთში მოქმედი მაქსიმალური ძაღვების განსაზღვრა:

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

$$\text{განივი ძაღვა: } Q_{\max} = \frac{q_c^m \cdot L}{2} = \frac{226,3 \cdot 15,4}{2} = 1742,5 \text{ კნ};$$

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

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

კოჭის განივკვეთის წინაღობის მომენტი

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

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 განვსაზღვროთ მდუნავი მომენტის ნორმატიული მნიშვნელობა:

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

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:

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

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

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

(VII.10) გამოსახულებიდან თაროების საჭირო განივკვეთის ფართობი:

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

ვნიშნავთ 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 განიკვეთის 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 განიკვეთი 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_{cr} -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 $c_{cr} = 33,4$

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

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

განივი სიხისტის წიბოების მოწყობის შედეგად მიღებული სწორკუთხედის დიდი გვერდის მცირესთან ფარდობა $\mu = \frac{2,2}{1,544} = 1,4$,

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

კრიტიკული მხები ძაბვის მნიშვნელობა () გამოსახულების შესაბამისად

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

განვსაზღვროთ შედგენილი კოჭის ერთ-ერთ კვეთში მოქმედი ძაღვები. მაგალითად, $x = 1$ მ. (x წარმოადგენს კვეთის აბსცისს):

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

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

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

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

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

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

გავიმეოროთ იგივე პროცედურა $x = 6$ მ აბსცისის მქონე კვეთისთვის:

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

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

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

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

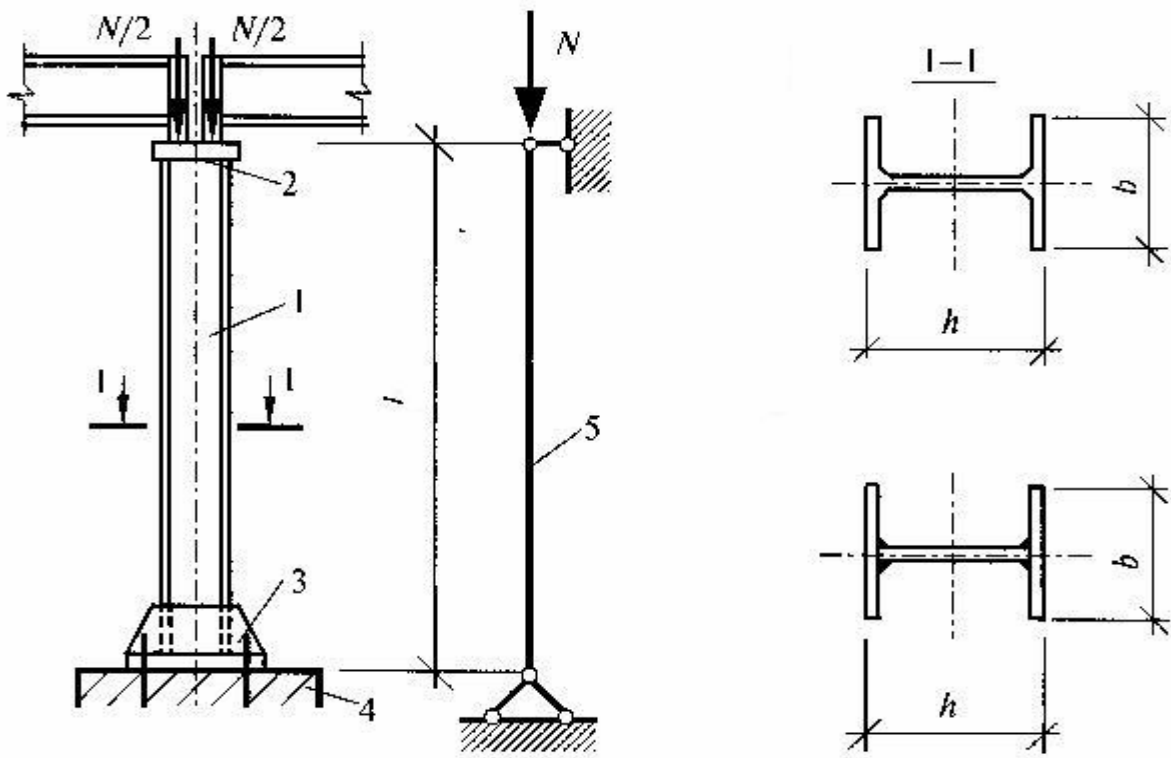
$$\sqrt{\left(\frac{26,1}{42,4}\right)^2 + \left(\frac{1,8}{10,6}\right)^2} = \sqrt{0,3786 + 0,0286} = 0,638 < 1.$$

ანალოგიური პროცედურა ტარდება სხვა კვეთებშიც.

თემა IX
ლითონის კოლონები

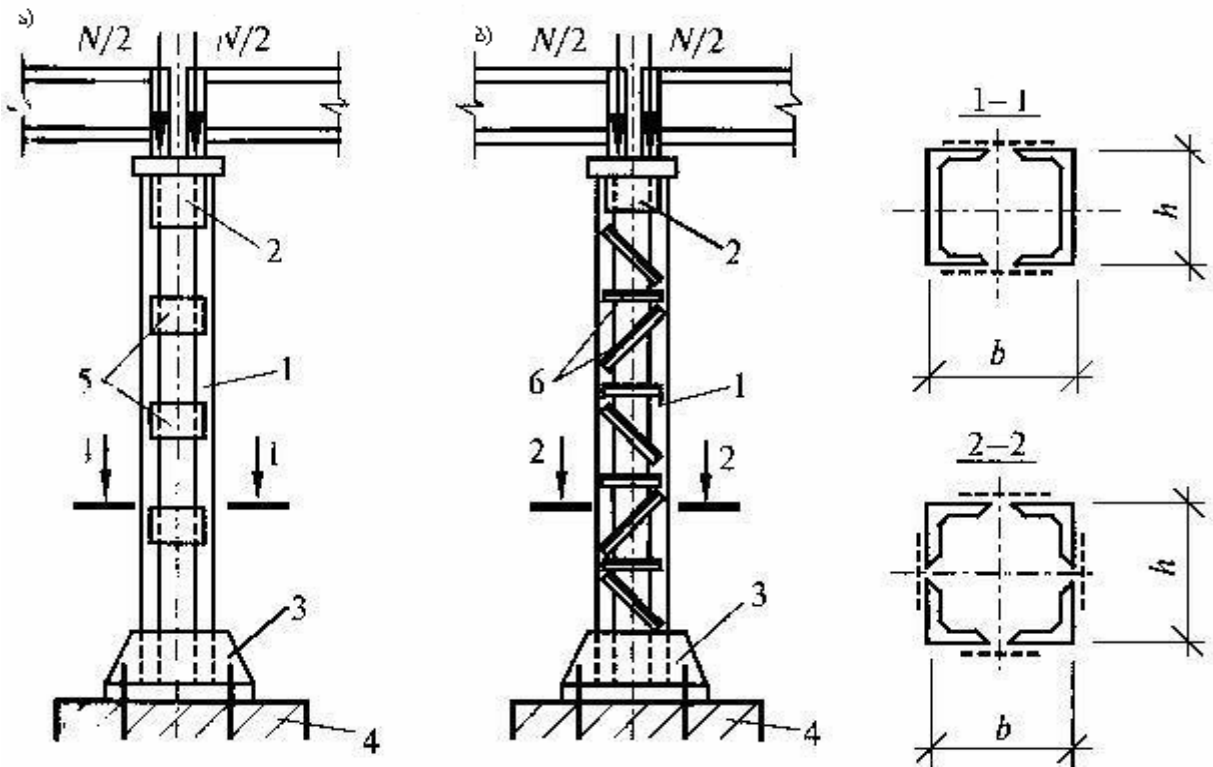
კონსტრუქციული გადაწყვეტები. შემაღენელი ელემენტები.

კოლონა წარმოადგენს კარკასის/სხვა სახის კონსტრუქციული სისტემის შემაღენელ დამოუკიდებელ ვერტიკალურ კონსტრუქციულ ელემენტს, რომელიც მასზე მოსულ დატვირთვას საძირკველს გადასცემს. ის შედგება შემდეგი ძირითადი ელემენტებისაგან: (ნახ.24): სათავე, წარმოადგენს დატვირთვის მიმდებ ელემენტს; ღერო – ძირითად მზიდ ელემენტს; ბაზა – ღეროდან მოსულ დატვირთვის საძირკველზე გადამანაწილებელ 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 – საანგარიშო სქემა.



ნახ. 30 ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე გამჭოლკედლიანი კოლონა:

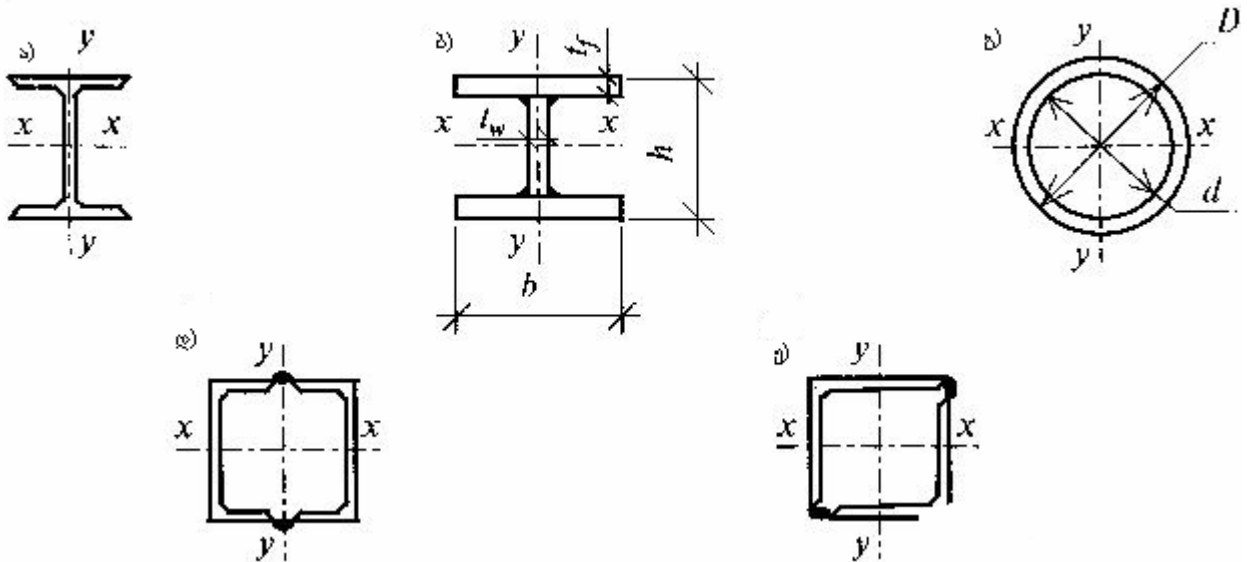
ა) ღეროების შეერთება თამასებით; ბ) ღეროების შეერთება კუთხოვანებით
 შედგენილი გისოსით; 1 – კოლონის ღერო; 2 – კოლონის სათავე; 3 – კოლონის
 ბაზა; 4 – საძირკველი; 5 – თამასები; 6 – კუთხოვანები.

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 განმსაზღვრელია მისი



ნახ. 31. მთლიანკედლიან კოლონათა განივკვეთები:

- ა) ნაგლინი ორტესებრი; ბ) შედგენილი ორტესებრი; გ) წრიული (მილი); დ) ორი შველერის 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 დაკავშირებული გაგლინული პროფილების ან ფურცლების ერთობლიობას. ზოგადად განივკვეთის ტიპის შერჩევას/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 შეირჩევა მაქსიმალური მოქნილობის მიხედვით, აუცილებლად თან ახლავს მასალის გადახარჯვა. შესაბამისად, ამ ტიპის განივკვეთებს ვხვდებით 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 ნაკლებად ეფექტურს ხდის თანაბარმდგრადობის პრინციპის მიხედვით ყველაზე მეტად მისაღებ წრიულ განივკვეთს (ნახ. 26. გ). მოცემულ პუნქტში განხილული კოლონების ღეროს მზიდუნარიანობის/ზღვრული მდგომარეობიდან დაზღვევის უზრუნველსაყოფად უნდა მოხდეს მისი შემოწმება: სიმტკიცეზე – გამოსახულება (IV.6) და (IV.7) (ამის საჭიროების არსებობის შემთხვევაში);

მდგრადობაზე – გამოსახულება (IV.10) (ამის საჭიროების არსებობის შემთხვევაში) აგრეთვე მოქნილობის შემოწმება – გამოსახულება (IV.12).

შესაბამისად, ზემოთ აღნიშნულისა კოლონის განივკვეთი შერჩევის ალგორითმი შემდეგი სახით ჩაიწერება:

- ა) კოლონაზე მოსული დატვირთვის განსაზღვრა და მისი საანგარიშო სქემის დადგენა;
- ბ) საანგარიშო სქემიდან გამომდინარე კოლონის საანგარიშო სიგრძის განსაზღვრა (IV.11) გამოსახულებით;
- გ) კოლონის ღერძის განაკვეთის ტიპისა და ფოლადის მარკის შერჩევა;
- დ) ღეროს განაკვეთის საჭირო ფართის დადგენა გამოსახულებით:



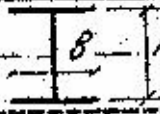

$$A \geq \frac{N}{\phi R_y \gamma_c} \quad (IX.1)$$

წარმოდგენილ ორუცნობიან უტოლობაში (IX.1), ერთი უცნობი ინიშნება წინასწარ. ასეთი ამ შემთხვევაში არის კოეფიციენტი ϕ , რომლის მნიშვნელობაც აიღება წინასწარდანიშნული მოქნილობის λ (აიღება 100-დან 70 მდე) მიხედვით;

ე) ინერციის რადიუსის განსაზღვრა

$$i = \frac{l_{ef}}{\lambda} \quad (IX.2)$$

ვ) განივკვეთის ძირითადი ზომების (b, h) განსაზღვრა მათი მნიშვნელობებისა და კვეთის ინერციის რადიუსებს შორის არსებული თანაფარდობებიდან ე.წ. ფორმის კოეფიციენტების გამოყენება (იხ. ცხრილი)

კოეფიციენტი	განივკვეთი			
	$L_x = \alpha_1 h$		$L_y = \alpha_2 b$	
				
α_1	0,38	0,38	0,42	0,39
α_2	0,44	0,60	0,24	0,50

ზ) კოლონის განივკვეთის ტიპის შესაბამისად, ელემენტების ზომების დადგენა (IX.1)-ით განსაზღვრული ფართისა და ადგილობრივი მდგრადობის პირობების უზრუნველყოფით; (იხ. მაგალითი);

თ) მიღებული განივკვეთის შემოწმება; საჭიროების შემთხვევაში მისი კორექცია.

წინამდებარე ალორითმის რეალიზაციის ნიმუში.

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

განივკვეთი წარმოადგენს შედგენილ ორტესებრს. ამასთან უზრუნველყოფილია ავტომატური შედუღების შესაძლებლობა.

შეგარჩიოთ კოლონის განივკვეთი: დაენიშნოთ წინასწარ კოლონის მოქნილობა $\lambda = 70$

შესაბამისად, $\varphi = 0,754$

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

კოლონის საანგარიშო სიგრძე ჩამაგრების პირობების მიხედვით

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

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

კვეთის თაროს სიგანის მინიმალურად საჭირო ზომა:

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

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

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

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

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

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

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

დავნიშნოთ $t_w = 1,2$ სმ. ამასთან $\frac{h_{ef}}{t_w} = \frac{42}{1,2} = 35 \leq 59,93$ სმ.

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

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

თაროების შემოწმება ადგილობრივ მდგრადობაზე

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

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

ამრიგად შერჩეული განიკვეთის ზომებია:

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

განიკვეთის გეომეტრიული 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

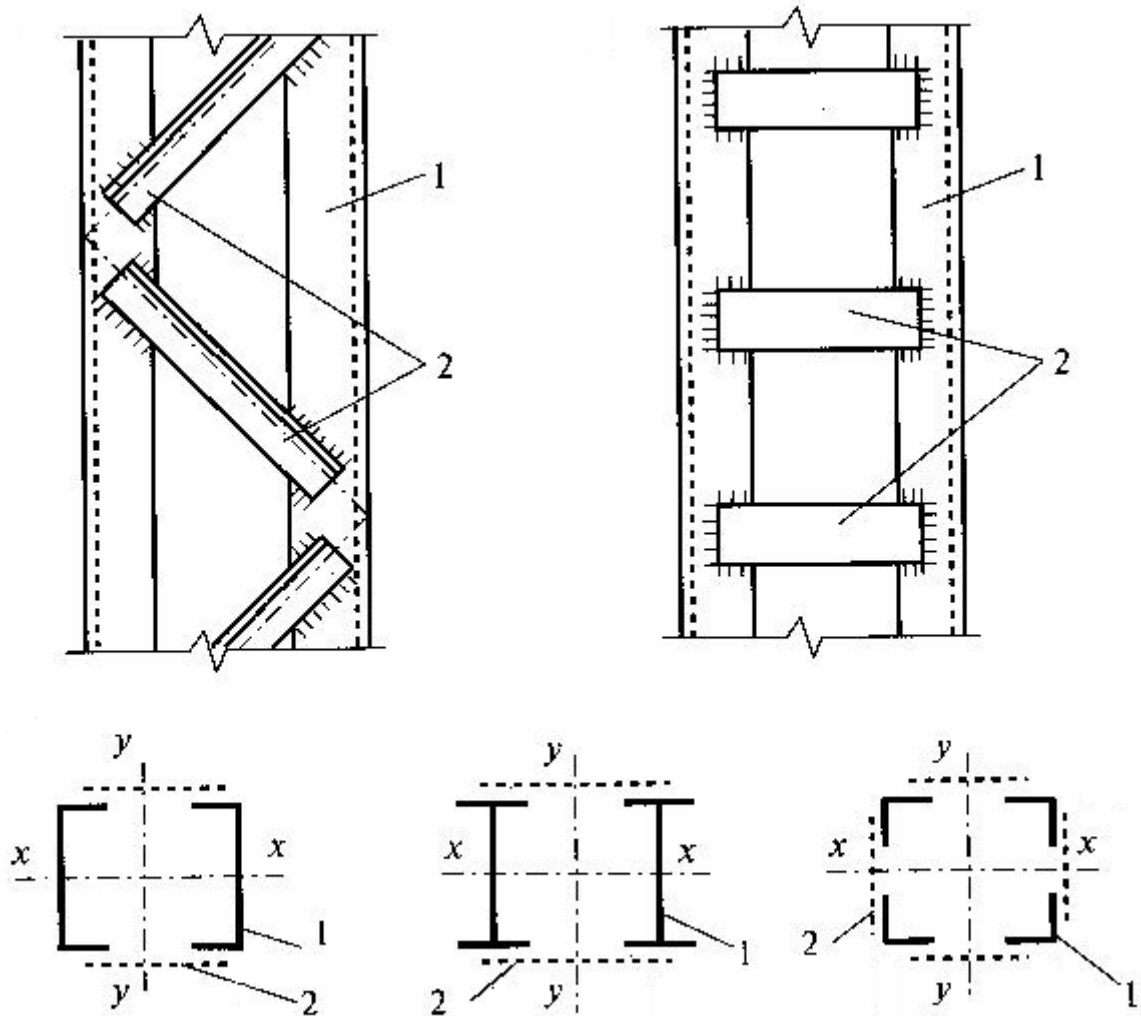
$\lambda_y = \frac{600}{8,56} = 70,09$ შესაბამისად, $\varphi = 0,754$

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 განივკვეთის ყველაზე მეტად გავრცელებული ტიპები. ძირითადად მათი განივკვეთი წარმოადგენს თამასებით ან გისოსით ერთმანეთთან დაკავშირებულ გაგლინულ პროფილებს. კოლონის განივკვეთის შტოების გადამკვეთ მთავარ ღერძს მატერიალური ღერძი ეწოდება, შტოებს შორის გამავალს – თავისუფალი. კოლონის განივკვეთის ტიპის განმსაზღვრელია მისი სიმაღლე, მასზე მოსული დატვირთვის სახეობა და სიდიდე. როგორც ნახაზებიდან (ნახ.32) ჩანს, გამჭოლის ცენტრალურად შეკუმშული კოლონის განივკვეთი 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 მდგრადობის ერთ-ერთი ძირითადი განმაპირობებელი ფაქტორია.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\alpha = \frac{10l_d^3}{b_{ef}^2 l_r} , \quad (IX.7)$$

l_d - ირიბნის სიგრძე, b_{ef} - შტოების ღერძებს შორის მანძილი; l_r - გისოსის უახლოეს კვანძებს შორის მანძილი; A - მთელი ღეროს განიკვეთის ფართი; A_n - კოლონის ღეროს განიკვეთის ერთდროულად “გადაჭრილი”, პარალელურ სიბრტყეებში მდებარე გისოსები.

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

ჩაწერილი 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 გაგლინული პროფილი მოთხოვნილ/საჭირო პარამეტრებთან მაქსიმალურად შესაძლო შესაბამისობით და მოხდება მისი შემოწმება (IV.10) გამოსახულებით, რომლისთვისაც φ კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება რეალური მოქნილობის შესაბამისად

$$\lambda_d = \frac{l_{ox}}{i_x}; \quad (IX.8)$$

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

თ) თავისუფალი ღერძის მიმართ მოქნილობის განსაზღვარა შემდეგი გამოსახულებებით:

$$\lambda_y = \sqrt{\lambda_{red}^2 - \lambda_1^2} = \sqrt{\lambda_x^2 - \lambda_1^2}; \quad (IX.9)$$

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

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

ი) მოქნილობის λ_y მიღებული სიდიდის შესაბამისი ინერციის რადიუსის განსაზღვრა

$$i_y = \frac{l_0}{\lambda_y}; \quad (IX.11)$$

კ) შტოებს შორის საჭირო მანძილის განსაზღვრა გამოსახულებით

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

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

ღ) იხილე პუნქტი „თ“ გვ.83

წინამდებარე ალგორითმის რეალიზაციის ნიმუში

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

განივკვეთი შედგენილია თამასებით ერთმანეთთან დაკავშირებული ორი შეველერისაგან.

შევარჩიოთ კოლონის განივკვეთი: დავნიშნოთ წინასწარ კოლონის მოქნილობა $\lambda = 70$

შესაბამისად, $\varphi = 0,754$

განივკვეთის საჭირო ფართი: $A = \frac{1900}{0,754 \cdot 24 \cdot 0,95} = 110,52$ სმ².

კოლონის საანგარიშო სიგრძე ჩამაგრების პირობების მიხედვით

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

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

მიღებული მასასიათებლების შესაბამისად სორტამენტიდან (20/ГОСТ 8240-93) ვიღებთ ორ შეველერს №40, $A = 61,5 \cdot 2 = 123$ სმ², $i_x = 15,70$ სმ, $z_0 = 2,75$ სმ, $I_y = 642$ სმ⁴, $i_y = 3,23$ სმ.

შემოწმება მდგრადობაზე მატერიალური ღერძის მიმართ

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

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

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

$$\lambda_y = \sqrt{\lambda_{red}^2 - \lambda_1^2} = \sqrt{\lambda_x^2 - \lambda_1^2} = \sqrt{38,2^2 - 30^2} = 23,6.$$

ინერციის რადიუსი

$$i_y = \frac{l_0}{\lambda_y} = \frac{600}{23,6} = 25,4 \text{ სმ.}$$

შტოებს შორის საჭირო მანძილი

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

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

$$\text{შტოს სიგრძე } l_b = \lambda_1 \cdot i_y = 30 \cdot 3,23 = 96,9 \text{ სმ.}$$

ვიღებთ თამასებს 240×8 მმ

φ_y -ის განსაზღვრისათვის ვადგენთ შემდეგი სიდიდეების მნიშვნელობებს:

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

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

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

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

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

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

$$l_1 = \lambda_1 i_1. \quad (\text{IX.13})$$

თამასების გაანგარიშება გულისხმობს მათი განვიკვეთსა და შტოზე დამაგრების (მიდულების) შემოწმებას.

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

$$Q_s = \frac{Q_{fic}}{n}. \quad (IX.14)$$

პირობითი განივი ძალით წარმოქმნილი, თამასების განთავსების სიბრტყეში მოქმედი გადამჭრელის ძალისა F_s და მღუნავი მომენტის M_s სიდიდეები, კოლონებიდან ამოჭრილი კვანძის წონასწორობის პირობიდან განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებებით:

$$\frac{Q_s l}{2} = \frac{F_s b}{2}; \quad (IX.15)$$

$$F_s = \frac{Q_s l}{b}; \quad (IX.16)$$

$$M_s = \frac{F_s Q}{2}, \quad (IX.17)$$

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

თამასის სიმტკიცეზე შემოწმება წარმოებს გამოსახულებით:

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

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

მაგალითი. თამასების განგარიშება (წინა მაგალითის გაგრძელება)

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

პირობითი განივი ძალის მიშენელობა

$$Q_{fic} = 7,15 \cdot 10^{-6} \left(2330 - \frac{E}{R_y} \right) \frac{N}{\varphi} = 7,15 \cdot 10^{-6} \left(2330 - \frac{2,1 \cdot 10^{-6}}{24} \right) \frac{1900}{0,865} = 24 \text{ კნ.}$$

(IX.15) გამოსახულების შესაბამისად

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

თამასების განთავსების სიბრტყეში მოქმედი განივი ძალა (IX.16)

$$F_s = \frac{12 \cdot 120}{34,5} = 41,7 \text{ კნ}$$

მღუნავი მომენტი

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

თამასების მიდუღება შველერების თაროებზე ხდება კუთხური ნაკერით $k_f = 6$ მმ. ნაკერის შემოწმება ხდება Q_s და M_s ძალების ერთდროული მოქმედებისთვის თამასის უკიდურესი ზედა კუთხის წერილისათვის. შედუღების ნაკერის მახასიათებლები: $R_{wf} = 21,5 \text{ კნ/სმ}^2$, $R_{wz} = 16,4 \text{ კნ/სმ}^2$, $\beta_f = 0,7$; $\beta_z = 1$.

ნაკერის წინაღობის მომენტისათვის გვექნება

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

ძაბვები F_s ძალისგან

$$\tau = \frac{F_s}{A_w} = \frac{41,7}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 24} = 4,1 \text{ კნ/სმ}^2.$$

(IX.18) გამოსახულების შესაბამისად

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

გადამჭრელი ძალისა და მღუნავი მომენტის ზემოქმედების ტოლქმედზე შედუღების ნაკერის შემოწმება:

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

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_{fic} დატვირთვისაგან (იხ. გვ.91) ირიბნებში აღძრული გრძივი ძალის მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით

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

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

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

$$\sigma = \frac{N_{ad}}{\varphi A'_a} \leq R_y \gamma_c \quad (\text{IX.20})$$

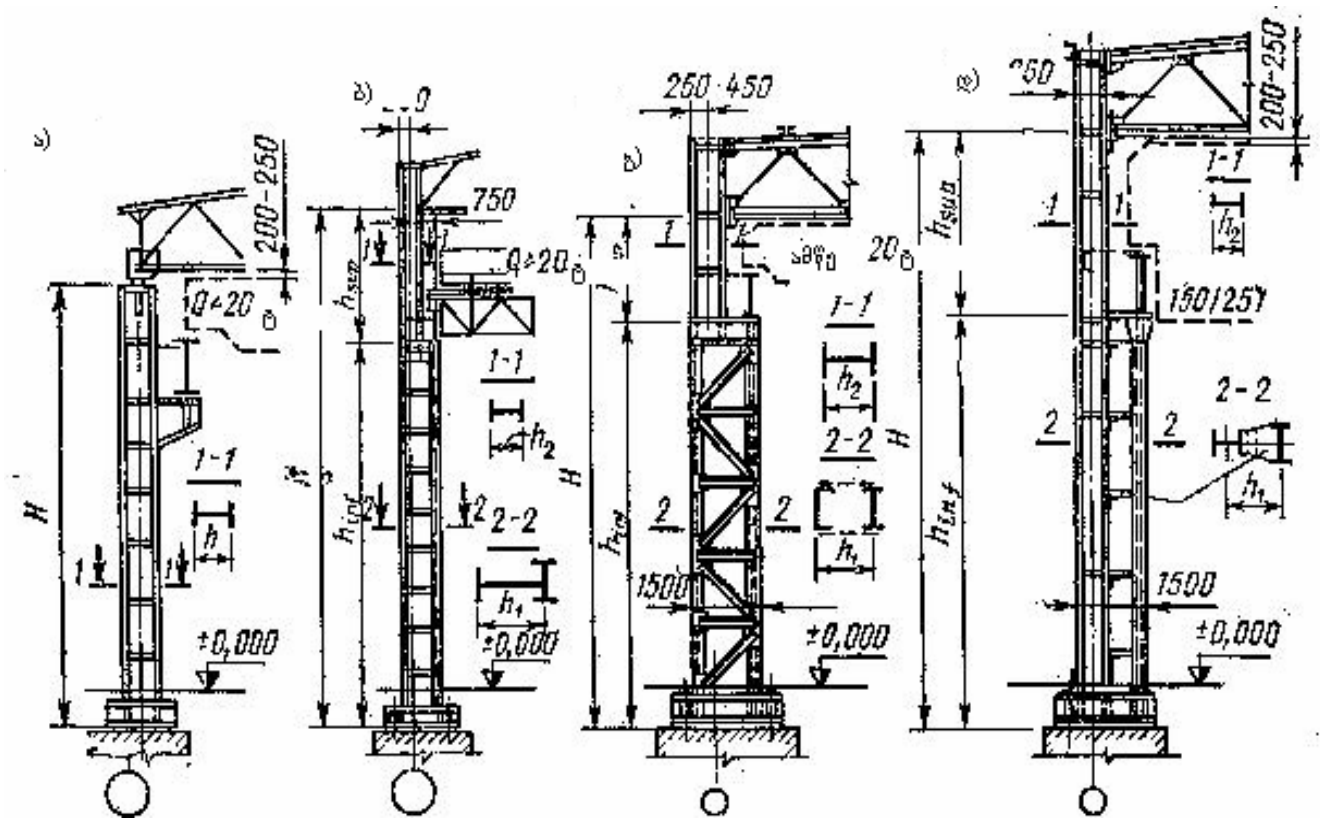
სადაც $\gamma_c = 0,75$ არის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; φ – მოქნილობის (λ) მიხედვით განსაზღვრული გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი (იხ. ცხრილი), A'_a – ერთი ირიბნის განივკვეთის ფართი.

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 (საფეხურებრი) განივკვეთი. სწორედ ეს უკანასკნელი არის ყველზე მეტად გავრცელებული, 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 ხიდური ამწეებით აღჭურვილი საამქროები. კოლონის შემადგენელი ელემენტები – ამწქვეშა და ამწზედა ნაწილები; განივკვეთის შემადგენელი ელემენტები, ხიდური ამწის კოლონაზე ცალმხრივი დაყრდნობის შემთხვევაში – გარე და ამწქვეშა შტოები; შტოების შეერთება – მთლიანკედლიანში უწყვეტი/მთლიანი ლითონის ფურცლით, გამჭოლკედლიანში – ორ პარალელურ სიბრტყეში განთავსებული, კუთხოვანებისაგან შედგენილი გისოსით.

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

განივკვეთის შემადგენელი ელემენტები – ამწქვეშა დგარი, გარე შტო და მათი დამაკავშირებელი მოქნილი ჰორიზონტალური თამასების რიგი. მუშაობის პრინციპი – ვერტიკალური მიმართულებით თამასების მცირე სიხისტის პირობებში, ამწქვეშა შტო მუშაობს ცენტრალურ კუმშვაზე და არ გადასცემს ამ დატვირთვას გარე შტოს.

არაცენტრალური შეკუმშული მთელკედლიანი კოლონის განიკვეთის დაპროექტებასა და მისი შემდგომი შემოწმების პროცედურა პირველ ეტაპზე მოითხოვს მასში აღძრული გრძივი ძალისა და მღუნავი 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: განიკვეთის სიმაღლე, მისი დაყვანილი სიგრძე. ამ უკანასკნელის განსაზღვრის დროს, თუ კოლონა წარმოადგენს კონსტრუქციული სისტემის (ძირითადად საამქრო) ელემენტს გათვალისწინებული უნდა იქნეს რიგელებისა და კოლონის სიხისტეთა თანაფარდობა და ნორმატიული დოკუმენტებით [1] ამ შემთხვევისათვის გათვალისწინებული რეკომენდაციები.

კოლონის განიკვეთის საჭირო ფართის საორიენტაციო მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

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

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

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

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 მუდმივკვეთიანი კოლონის გაანგარიშება.

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

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

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

კოლონის განივკვეთის 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 დავნიშნოთ განივკვეთის ზომები (ნახ.34). შესაბამისად,

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

ვიპოვოთ არათანაბართარიანი ორტესებრი კვეთის სიმძიმის ცენტრის
 კოორდინატი y' 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).

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

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

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

ჩავატაროთ შემოწმება მდგრადობაზე რისთვისაც განვსაზღვროთ პირობითი
 მოქნილობა $\bar{\lambda}_x$ და დაყვანილი ექსცენტრისიტეტი m_{ef} , რამდენადაც ვთვლით, რომ

კოლონის ორივე ბოლო ხისტად არის ჩამაგრებული

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

მდგრადობაზე, შემოწმება მოქმედების მომენტის მოქმედების სიბრტყიდან:
გეომეტრიული მახასიათებლები:

$$I_y = \frac{0,8 \cdot 28^3}{12} + \frac{1 \cdot 35^3}{12} = 5036 \text{ სმ}^4; \quad l_y = 4 \text{ მ};$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{5036}{111,96}} = 6,71 \text{ სმ}; \quad \lambda_y = \frac{400}{6,71} \approx 60 \text{ შესაბამისად, } \varphi_y = 0,805.$$

განივკვეთის 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, მღუნავი მომენტისა და გრძივი ძალის ზემოქმედების შედეგად, მის შტოებში წარმოიქმნება მხოლოდ გრძივი ძალები, რომელთა მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

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

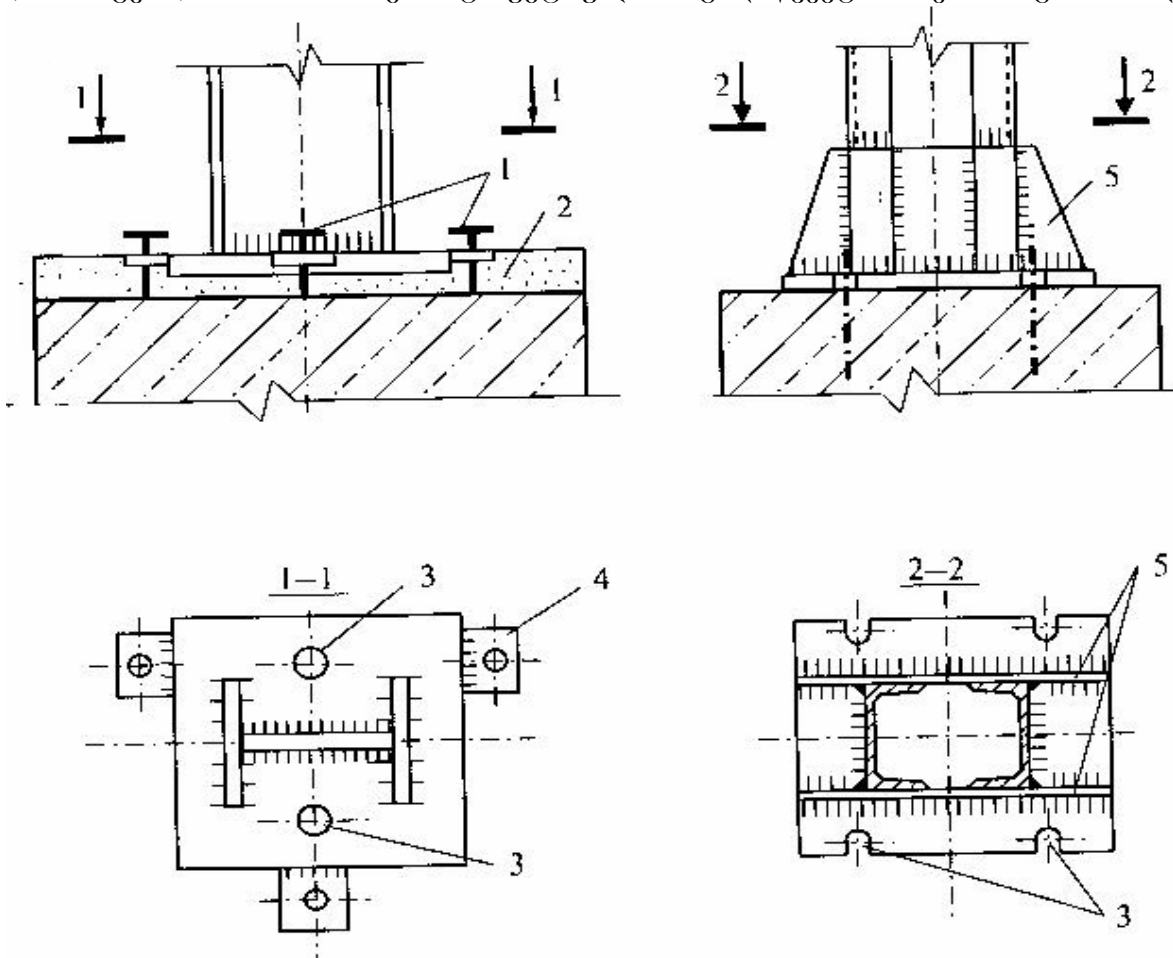
სადაც h_0 არის შტოების სიმძიმის ცენტრებს შორის მანძილი, y – მანძილი განსახილველის მოპირდაპირე შტოს ღერძსა და კოლონის სიმძიმის ცენტრს შორის. ორივე შტოსათვის მიღებული გრძივი ძალის მნიშვნელობიდან (IX.23) მეტისთვის შესაბამისი შტო მოწმდება მდგრადობაზე ორივე სიბრტყეში, ისევე როგორც ცენტრალურად შეკუმშული ღერო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

მოქმედების სიბრტყეში საანგარიშო სიგრძედ აიღება გისოსის კვანძებს შორის მანძილი, მის მართობულ სიბრტყეში – შტოს სიგრძე.

კოლონის საერთო მდგრადობა მომენტის მოქმედების სიბრტყეში მოწმდება () გამოსახულებით. მომენტის მოქმედების მართობულ სიბრტყეში კოლონა საერთო მდგომარეობაზე 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 გადამანაწილებელ და მასთან კოლონის დამაკავშირებელ ელემენტს (იხ. გვ.80) ბაზის კონსტრუქციული გადაწყვეტისათვის განმსაზღვრელია



ნახ. 35. კოლონის ბაზები:

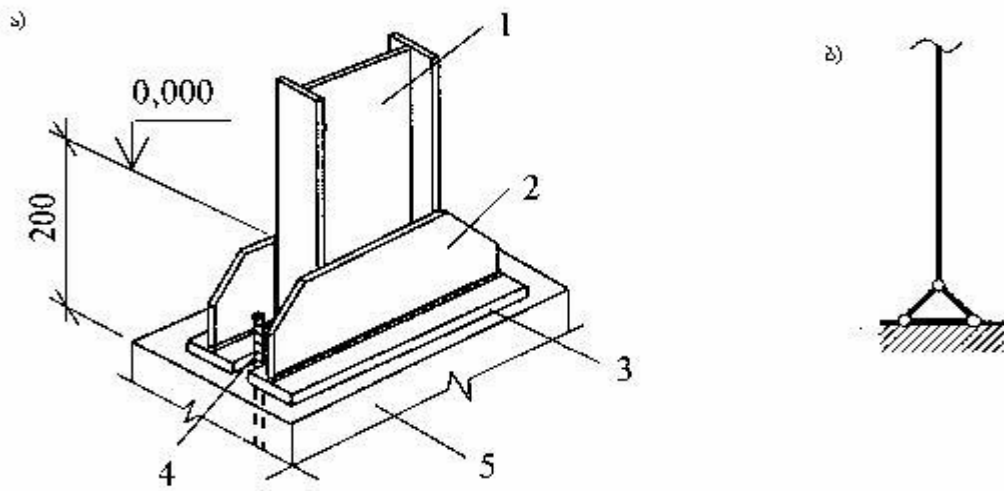
- 1 – დამდგმელი ჭანჭიკები; 2 – დამონოლითების ბეტონი; 3 – საანკერე ჭანჭიკების ხვრეტები; 4 – ფილაზე მიღუღებული თამასები; 5 – ტრავერსა.

კოლონის სახეობა და მისი საძირკველთან დაკავშირების საანგარიშო მოდელი – სახსრული ან ხისტი. ნახ. 31–სა და ნახ. 32-ზე ნაჩვენებია ცენტრალურად და არაცენტრალურად შეკუმშულ კოლონებში გამოყენებული ბაზების რამდენიმე ყველაზე ფართოდ გავრცელებული ნიმუში.

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

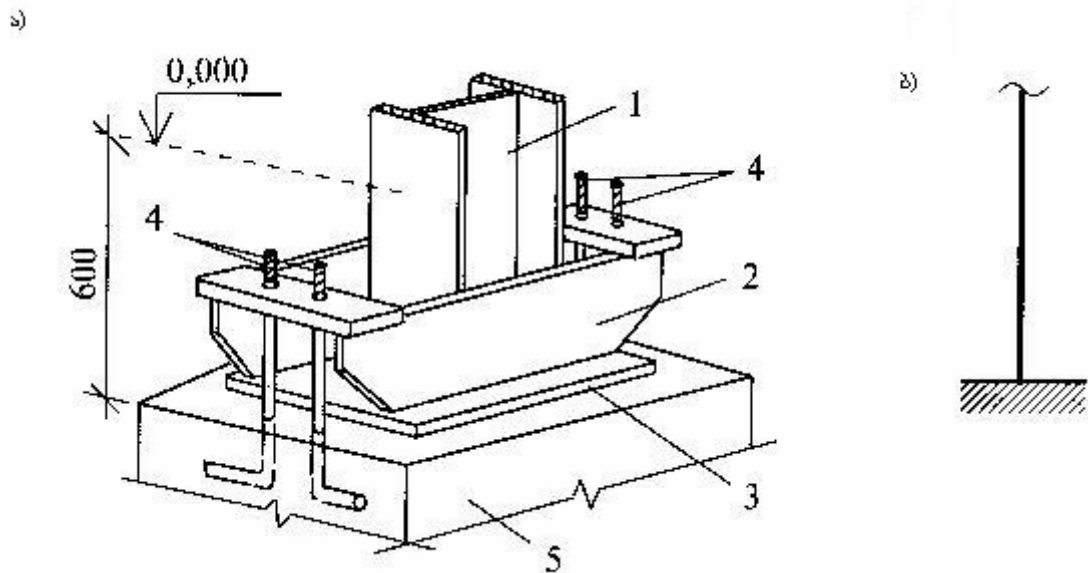


სურ .8. კოლონის ბაზა



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 დამაგრება კოლონის ტიპის შესაბამისად, სხვადასხვა სახით ხდება სანაკერო ჭანჭიკებით. სანაკერო ჭანჭიკების საძირკველში ჩამაგრების სიღრმეს განსაზღვრავს მღუნავი 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 $d = 22\lambda - 26$ მმ-ის ფარგლებში. არაცენტრალურად შეკუმშული კოლონისათვის სანსკერო ჭანჭიკების დიამეტრისა და რაოდენობის n_b დადგენა ხდება შემდეგი გამოსახულებით:

$$n_b = \frac{N_{bm}}{N_{\max}} = \frac{(M - Na)}{yN_{\max}}, \quad (\text{IX.24})$$

სადაც N_{bm} არის საქუსლის ბაზიდან ამგლევჯი მომენტით აღძრული გრძივი ძალა; N_{\max} – ერთ ჭანჭიკზე მოსული/დასაშვები მაქსიმალური საანგარიშო ძალვა (ნახ. .)

საყრდენი ფილის ფართობი განისაზღვრება საძირკველის ბეტონის სიმტკიცის პირობიდან და მის მნიშვნელობას ადგენენ შემდეგი უტოლობის შესაბამისად:

$$A_{loc} \geq \frac{N}{R_b \gamma_{b_2}}, \quad (\text{IX.25})$$

სადაც R_b არის ბეტონის პრიზმული სიმტკიცე. N – საანგარიშო გრძივი ძალის მნიშვნელობა ბაზის დონეზე γ_{b_2} – კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\gamma_{b_2} = \sqrt[3]{\frac{A_{loc.2}}{A_{loc.1}}}, \quad (\text{IX.26})$$

სადაც $A_{loc.2}$ არის საყრდენი ფილის ფართი; $A_{loc.1}$ – კოლონის ძირის ფართი; γ_{b_2} – კოეფიციენტის მნიშვნელობა კი არ უნდა აღემატებოდეს 1,5-ს.

საყრდენი ფილის სისქე განისაზღვრება გამოსახულებით

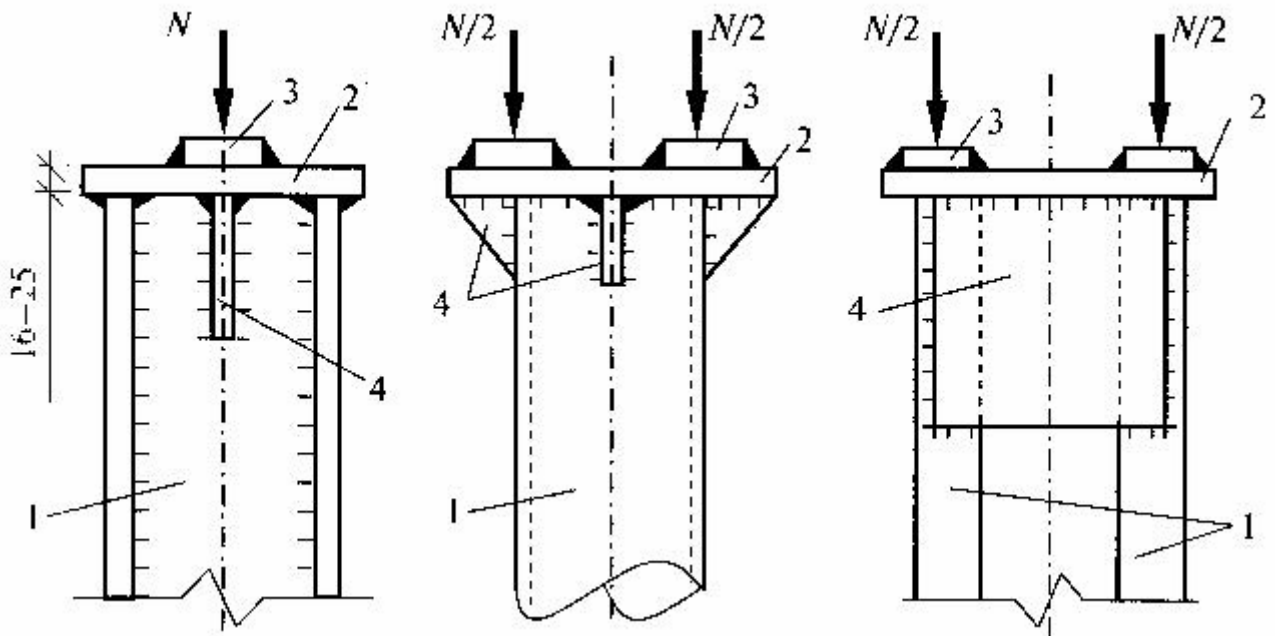
$$t_{pl} \geq \sqrt{\frac{6M}{R_y}}, \quad (\text{IX.27})$$

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

კოლონების სათავეები და პირაპირები

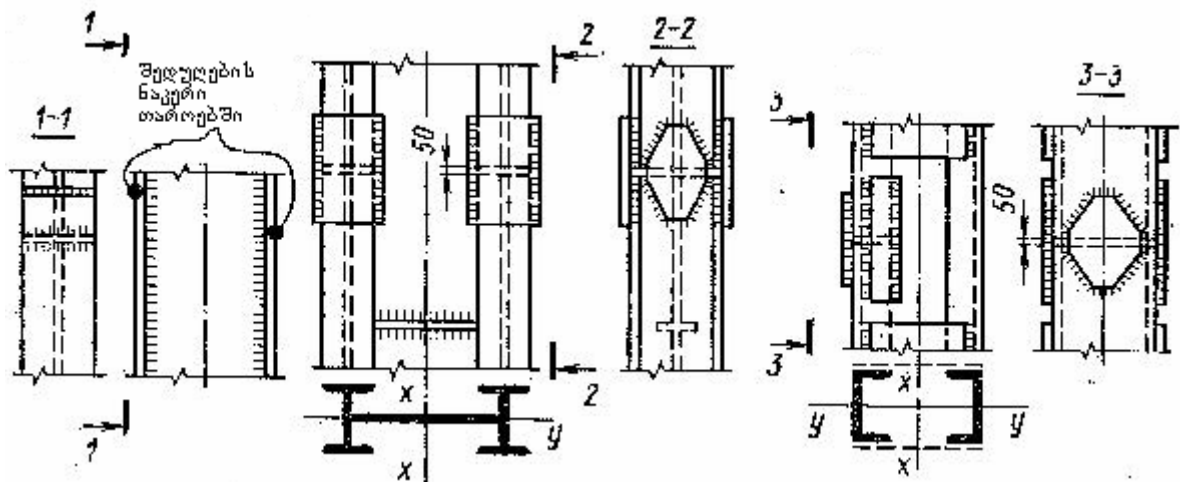
კოლონის სათავე წარმოადგენს დატვირთვის მიმღებ ელემენტს (იხ.გვ.80) კოლონის სათავეს კონსტრუქციული გადაწყვეტის განმაპირობებელია როგორც დასაყრდენი ელემენტების კონსტრუქციები, ასევე თავად კოლონის ტიპი – ცენტრალურად/არაცენტრალურად შეკუმშული მთლიანკედლიანი/გამჭოლკედლიანი კოლონა. (იხ.ნახ.29,30)

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

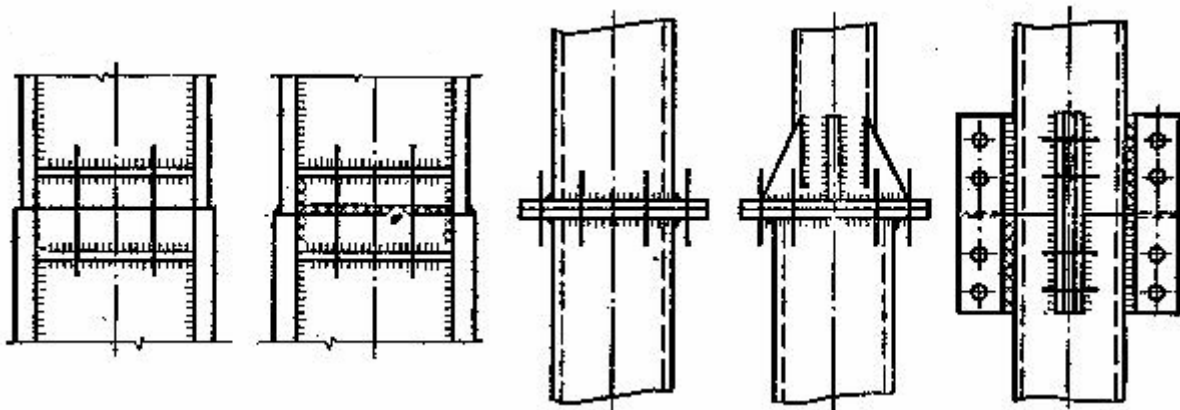


ნახ.38. ცენტრალურად შეკუმშული კოლონის სათავეები: კოლონის ღეროს განივკვეთი – ორტესებრი, მილი, ოთხი კუთხოვანა. 1 – კოლონის ღერო; 2 – საყრდენი ფილა; 3 – მაცენტრირებელი ფირფიტა; 4 – სიხისტის წიბო.

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



ნახ.39. ქარხნული პირაპირები

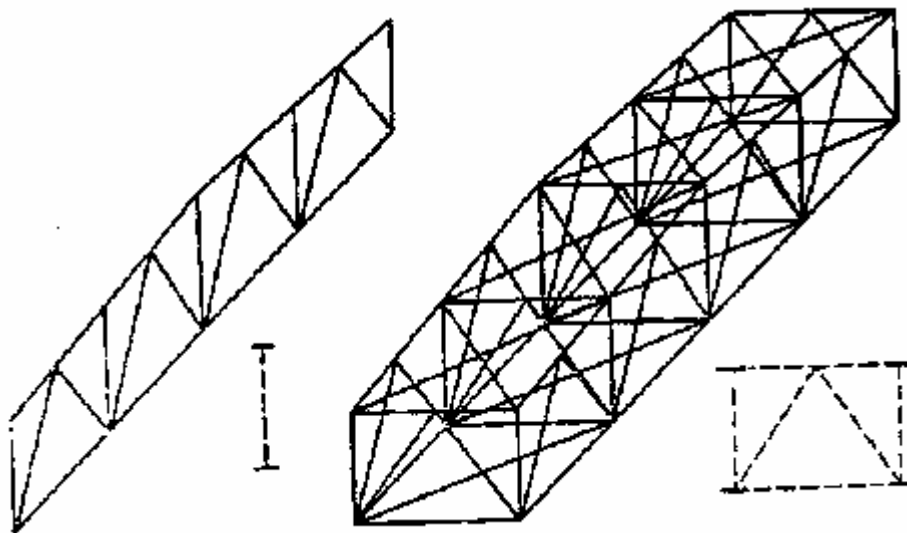


ნახ.40. სამონტაჟო პირაპირები

თაზი X
წამწეები

ღეროვანი სისტემას რომლის შემადგენელი ელემენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია საკვანძო წერტილებში და ამასთან წარმოადგენს გეომეტრიულად უცვლელ კონსტრუქციას წამწეს უწოდებენ. საკვანძო წერტილებში მოქმედი დატვირთვის შემთხვევაში, კვანძების სისისტეები უმნიშვნელო გავლენას ახდენენ ღეროს მუშაობაზე. შესაბამისად, აღნიშნული კონსტრუქციები უმეტესად განიხილება როგორც სახსრულ-ღეროვანი. ასეთ შემთხვევაში წამწის ღეროებში აღიძვრება მხოლოდ გრძივი ღერძული (გაჭიმვა, კუმშვა) ძალები. მასალის ხარჯვის მიხედვით წამწეები ეკონომიურია კოჭებთან შედარებით, მაგრამ გაცილებით შრომატევადია მათი დამზადება. წამწის გამოყენებით მიღებული ეკონომიური ეფექტი მთლიანკედლიან კოჭებთან შედარებით, მით მეტია, რამდენადაც დიდია მალი და მცირეა დატვირთვა.

წამწეები 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 სამგანზომილებიან ღეროს რომლის დატვირთვაც შესაძლებელია სხვადასხვა მიმართულებიდან. (ნახ.)



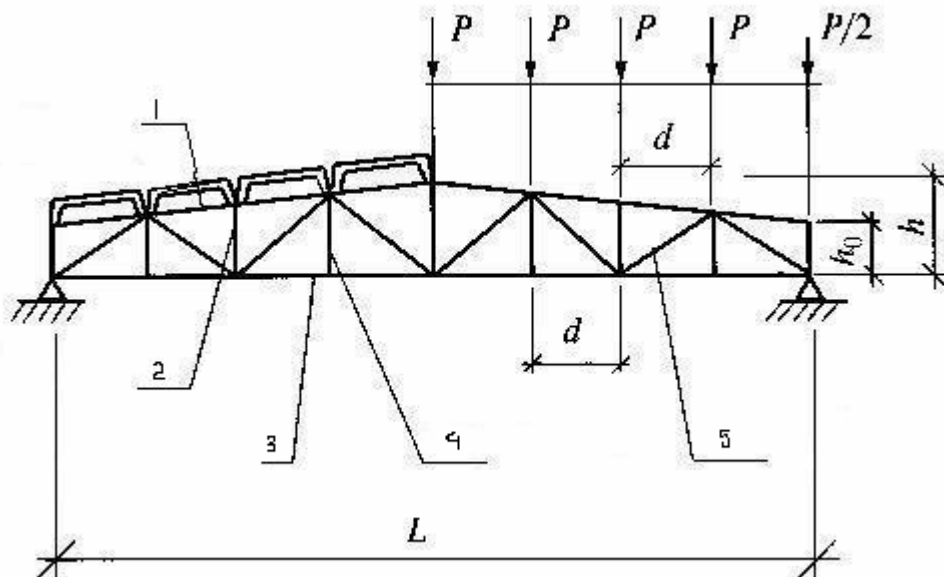
ნახ.41. ბრტყელი და სივრცული წამწე

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



სურ.9. სივრცული წამწვე

ერთმანეთთან დაკავშირება ხდება მათი ერთმანეთთან უშუალო შეერთებით ან საკვანძო ფურცლების გამოყენებით. წამწვის ელემენტების ცენტრირება ხდება მათი სიმძიმის ცენტრზე გამავალი ღერძების მიხედვით. აღნიშნული უზრუნველყოფს უმნიშვნელო სიდიდის საკვანძო მომენტების კიდევ უფრო შემცირებასა და მათში მხოლოდ გრძივი ღერძული ძალების წარმოქმნას.



ნახ. 42. წამწვის ელემენტები:

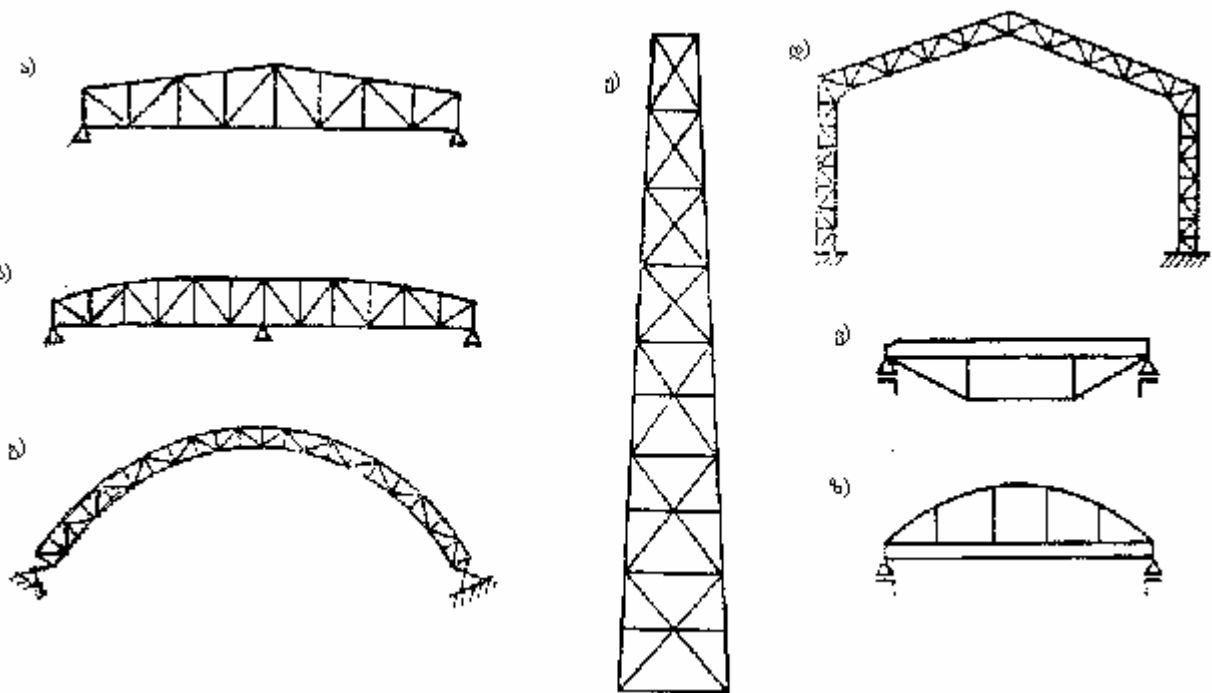
1 – ზედა სარტყელი; 2 – ღვარი; 3 – ქვედა სარტყელი; 4 – საკიდი; 5 – ირიბანა.

წამწის სარტყელის მომიჯნავე კვანძებს შორის მანძილს უწოდებენ პანელს (d_h – 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 საზოთა საყრდენებში, კაშვირგაბმულობის ობიექტებში, ხიდებში, სატრანსპორტო ესტაკადებში, პიდროტექნიკურ საკეტებში და ა. შ.

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

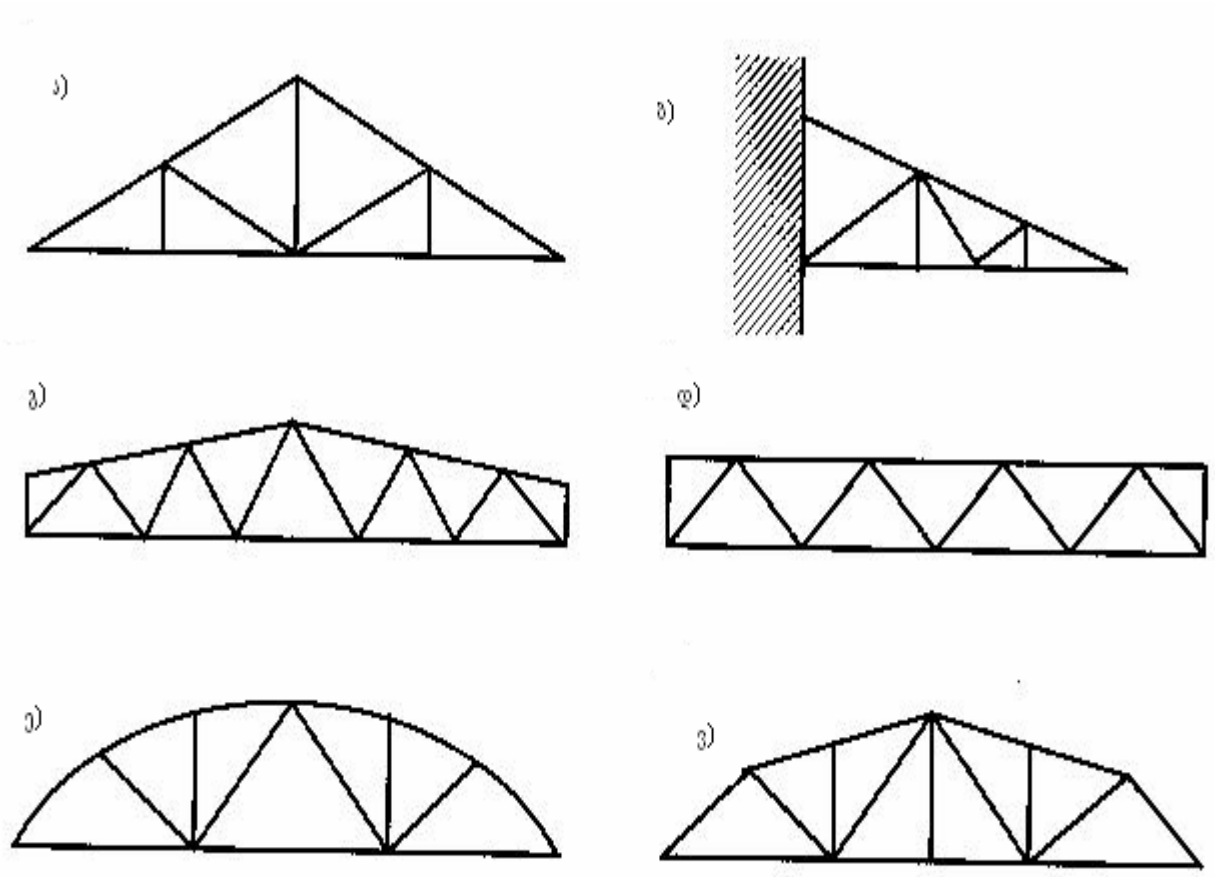
–სტატისტიკური სქემის მიხედვით – კოჭოვანი (ჭრადი, უჭრი, კონსოლური, თაღოვანი, ჩარჩოვანი, კომბინირებული (ნახ.43)



ნახ.43. წამწის სქემები:

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

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

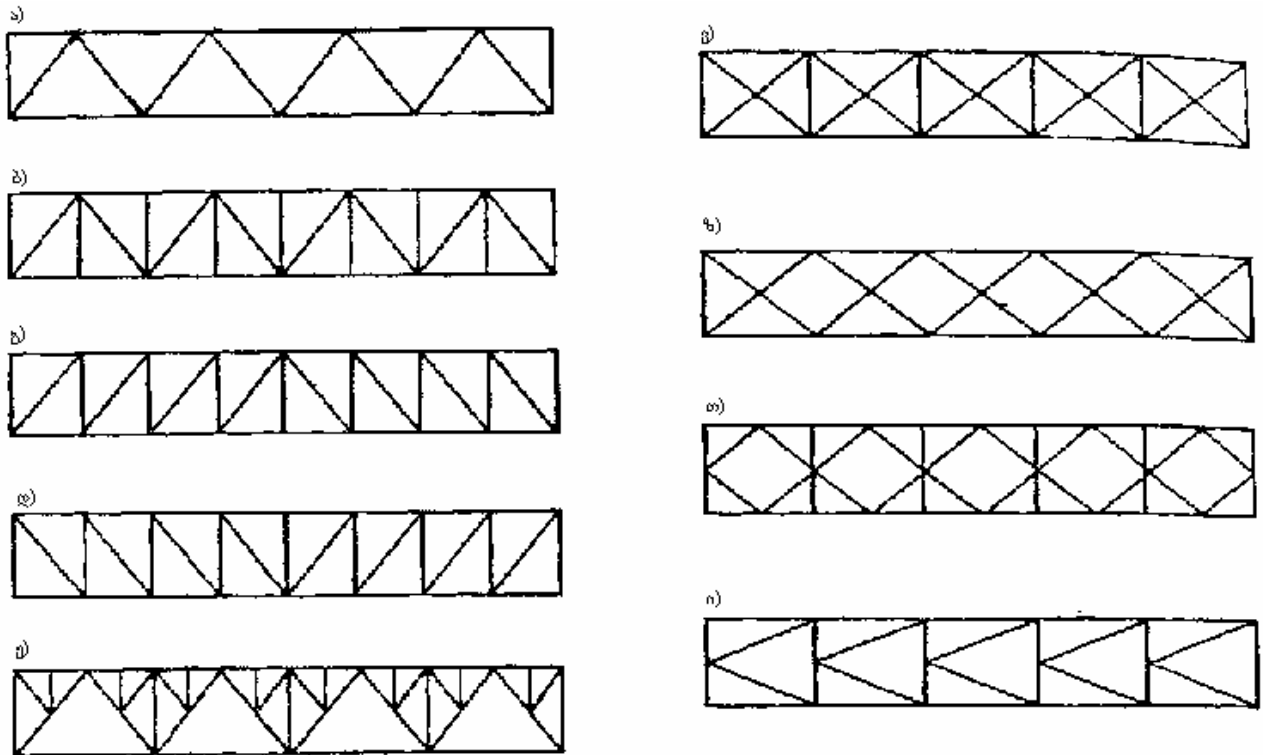


ნახ.44. წამწის სარტყელების მოხაზულობა:

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

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

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



ნახ.45. წამწის გისოსი:

- ა) სამკუთხა; ბ) სამკუთხა დამატებითი ღვარებით; გ) ირიბნული ზეაღმაგალი ირიბნებით; დ) ირიბნული დაღმაგალი ირიბნებით; ე) შპრენგელური; ვ) ჯვარედინი; ზ) ურთიერთმკვეთი; თ) რომბისებრი; ი) ნახევრადირიბნული.

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 – ხასიათდებიან 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 ხასიათდებიან მასალის შედარებით მცირე ხარჯით და მაღალი სიხისტით. გამოიყენება ორი და მეტი მძიმის გადასახურად. განსაკუთრებით „მგრძნობიარეა“ საყრდენების ჯდენის მიმართ, გართულებულია მათი მონტაჟის პროცესი.

ჩარჩოვანი წამწების გამოყენება რაციონალურია დიდმალიანი გადახურების შემთხვევაში. თაღოვანი წამწების 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 პორიზონტალური ქვედა სარტყელის შემთხვევაში პარაბოლისებურად მოხაზული ზედა სარტყელი, ერთი შეყურსული დატვირთვისას – სამკუთხა. რაც შეეხება პარაბოლურ მოხაზულობას დამზადების სირთულის გამო მათ იშვიათად იყენებენ. ასეთ შემთხვევაში უფრო მეტად მისაღებია პოლიგონალური (მრავალკუთხოვანი) მოხაზულობა, კვანძების ნაწილის პარაბოლურ რკალზე განთავსებით.

მსუბუქ წამწებად უფრო მეტად გამოიყენება ტრაპეციული წამწები და წამწები 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. ნივნივური წამწების ძირითად ტიპებს სწორედ ზემოთ აღნიშნული წამწები 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

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 სხვ (კონსტრუქციული არქიტექტურული) მოთხოვნათა გათვალისწინებით მსუბუქი წამწების სიმაღლეს ნიშნავენ ფართო ზღვრებში: მალის 1/5 – დან 1/20 – მდე. პარალელურსარტყლიანი და ტრაპეციული მოხაზულობის ნივნივური

წამწებისათვის მალის შუაში წამწის სიმაღლე შეადგენს $h = \left(\frac{1}{7} \Lambda \frac{1}{9}\right) l$. საყრდენებზე

წამწეთა სიმაღლე h_0 სასურველია/რაციონალურია იყოს ერთიდაიგივე სხვადასხვა მალის წამწებისათვის. აღნიშნული საშუალებას იძლევა გვექონდეს მსგავსი გეომეტრიული სქემა და უზრუნველყოფს დამაგრების დეტალების იგივეობას.

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

გისოსი რომელთაც ვხვდებით წამწებში პირობითად შეიძლება დაიყოს სამ ძირითად სახეობად: სამკუთხა, ირიბული და სპეციალური.

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

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

ირიბნული სისტემა. გამოიყენება მცირე სიმაღლის წამწებში, აგრეთვე დგარებზე მოსული დიდი ძაღვების 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 გადასვლის მანძილი – ის გადის გისოსის ყოველ ღეროსა და კვანძში.

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

შპრენგელური გისოსის მოწყობის საჭიროება წარმოიშობა დიდი (4...5მ) სიმაღლის მქონე წამწებში პანელის ზომის შემცირებისა და ირიბების დახრის კუთხის მისაღები მნიშვნელობის შენარჩუნების მიზნით. შპრენგელური გისოსი აგრეთვე გამოიყენება სამკუთხა მოხაზულობის მქონე წამწებისათვის მათი ზედა სარტყელების დიდი დახრილობისა და მთლიანად წამწის შედარებით დიდი მალის ($l = 20\Lambda 24$ მ) შემთხვევაში.

ჯვარედინ გისოსს ძირითადად აწყობენ ორმხრივ დატვირთულ წამწებში – კორიზონტალური მაკავშირებელი წამწები საამქროების გადახურვებში; კოშკების მაღლივი შენობების და ა. შ. ვერტიკალური წამწები .

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

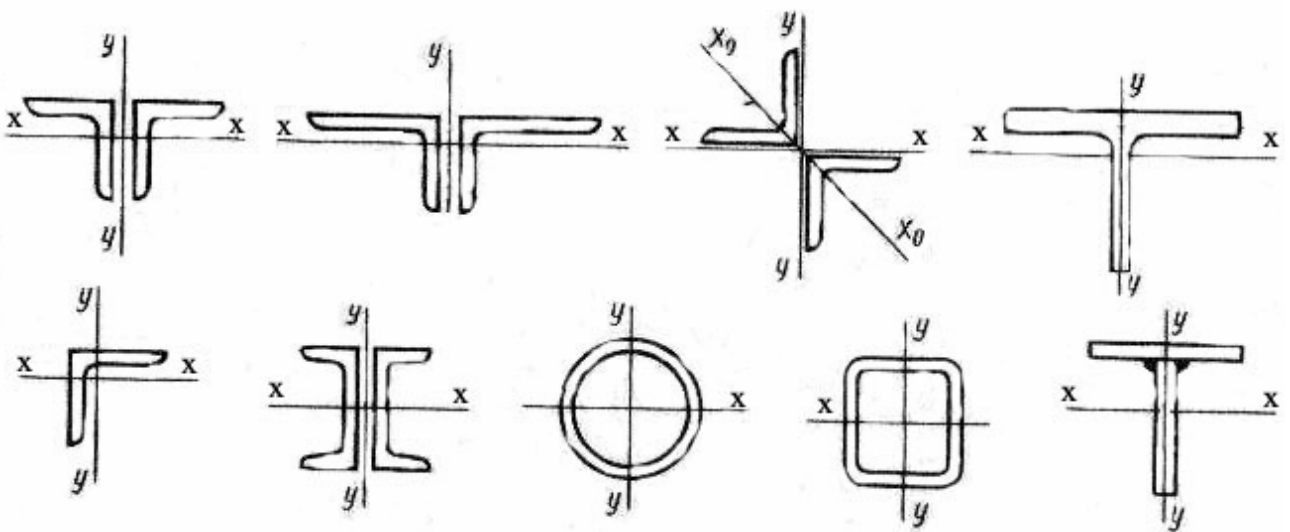
ზოგადად წამწის სარტყლის მიმართ ირიბის დახრის კუთხე არსებით გავლენას ახდენს ირიბანში აღძრულ ძაღვაზე და შესაბამისად მისი განაკვეთის

სიდიდესა/ფორმასა და მასაზე. დახრის ოპტიმალური კუთხეებია: სამკუთხა გისოსისათვის – 45° , ირიბნული გისოსისათვის 35° . ყველა შემთხვევაში კუთხე ირიბანსა და სარტყელს შორის ინიშნება $30^{\circ} - 60^{\circ}$ ფარგლებში. წამწის პანელის სიგრძემ, როგორც წესი, უნდა უზრუნველყოს დატვირთვის გადაცემა წამწის კვანძებში. ამის გარდა პანელის სიგრძე უნდა შეესაბამებოდეს სარტყელის 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 სამუშაოების 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 ჰორიზონტალური ელემენტებით – გრძივები, განბრჯენები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ მდგრადობას, თავის მხრივ კი დაკავშირებული არიან ხისტი ბლოკის კვანძებთან.

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



ნახ.46. მსუბუქი წამწის ღეროს განივკვეთები

ტიპის შემთხვევისას განმსაზღვრელია კონსტრუქციის მუშაობის პირობები, შერჩეული განივკვეთის/მისი შემადგენელი ელემენტის სორტამენტის არსებობა, დამზადების შესაძლებლობა და ეკონომიკური მახასიათებლები. აღნიშნული პარამეტრების შესაბამისად ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმა არის ორი კუთხოვანისაგან შედგენილი ტესებრი განივკვეთი (ნახ.46), რომლისთვისაც წამწის კვანძები ეწყობა სპეციალური საკვანძო ფურცლის დახმარებით, რომლებზედაც ორი მხრიდან მაგრდება სარტყელებისა და გისოსის ღეროები. ჯვარედინი კვეთი ორი თანაბართარიანი კუთხოვანით ძირითადად გვხვდება წამწის ცენტრალურ დგარებში, რომელთაც უერთდება ვერტიკალური კავშირები (ნახ.46). ნივნივური წამწის სარტყელებში ვხვდებით ფართოხოლიანი ორტესებრი კოჭის გაჭრით მიღებულ ტესებრ განივკვეთებს (ნახ.46). სივრცულ წამწეებში, რომელთა კონსტრუქციული გადაწყვეტით საერთო სარტყელი აქვთ ორ ურთიერთმართობულ წამწეს, ძირითადად ვხვდებით ერთ კუთხოვანისაგან შედგენილ განივკვეთს. აღნიშნულ შემთხვევას აგრეთვე კარგად პასუხობს ელემენტის მილისებრი კვეთი. ზოგადად ეს უკანასკნელი, წამწეებისათვის წარმოადგენს ყველაზე უფრო მეტად მსაღებ/რაციონალურ განივკვეთს – ყველა მიმართულებით ტოლი ინერციის რადიუსი, ქარის შემცირებული დატვირთვა მიღების კარგი გარსშემოდინების გამო, გაწმენდის და შეღების შედარებითი სიმარტივე. მიუხედავად ასეთი/ამდენი დადებითი მახასიათებლისა მისი გამოყენება მაინც ნაწილობრივ შეზღუდულია მილოვანი ელემენტების შეერთებების მოწყობის სირთულისა და მიღების მაღალი ღირებულების გამო. სწორკუთხა ჩაკეტილი განივკვეთები ხასიათდებიან თითქმის იგივე პრიორიტეტებით რითაც მილოვანი განივკვეთები ამასთან იძლევიან შეერთების კვანძების გამარტივების საშუალებას. აღნიშნულმა განივკვეთებმა უკანასკნელ წლებში განსაკუთრებით ფართო გამოყენება ჰპოვა. ხშირ შემთხვევაში ერთი და იგივე წამწის განივკვეთისათვის 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.

წამწეების გაანგარიშებისა და კონსტრუირების შესახებ. წამწეზე მოქმედი დატვირთვა შეყურსული ძალების სახით გადაეცემა წამწის კვანძებს. იმ შემთხვევაში თუ დატვირთვა მოქმედებს უშუალოდ პანელზე, საანგარიშო მოდელში ის ჩაითვლება გადანაწილებულად ორ მოსაზღვრე კვანძს შორის, მაგრამ გაითვალისწინება სარტყელის ადგილობრივი ღუნვით წარმოქმნილი ეფექტი. წამწის სარტყელი ასეთ შემთხვევაში განიხილება როგორც უჭრი კოჭი, კვანძებში მდებარე საყრდენებით. ძალები წამწის ღეროებში 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.

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

$$F_{gi} = \left(g_i + \frac{g_r}{\cos \alpha} \right) b \left[\frac{d_{i-1} + d_i}{2} \gamma_g \right], \quad (X.2)$$

სადაც g_i არის წამწისა და კავშირების საკუთარი წონა, გადანაწილებული ჰორიზონტალური პროექციის 1 მ^2 [კნ/მ²]; g_r – სახურავის წონა [კნ/მ²]; α – წამწის ზედა სარტყლის ჰორიზონტალური წირის მიმართ დახრის კუთხე; b – წამწებს შორის მანძილი; d_{i-1}, d_i – განსახილველი კვანძის მომიჯნავე პანელების სიგრძეები; γ_g – მუდმივ დატვირთვაზე საიმედოობის კოეფიციენტი.

საანგარიშო კვანძური დატვირთვა თოვლისაგან განისაზღვრება გამოსახულებით

$$F_{si} = S b \left[\frac{d_{i-1} + d_i}{2} \right] \gamma_s, \quad (X.3)$$

სადაც S არის თოვლის საფარის წონა, სახურავის ჰორიზონტალური პროექციის 1 მ^2 –ზე; γ_s – თოვლის დატვირთვაზე საიმედოობის კოეფიციენტი.

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

წამწის ღეროებში ძაღვების განსაზღვრა. კუთხოვანებისა და ტესებრი პროფილებისგან შედგენილი ღეროებიანი მსუბუქი წამწებისათვის ჩათვლილია, რომ კონსტრუქციული სისტემის კვანძებში არის იდეალური სახსარი; ყოველი ელემენტის ღერძი 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 ღერძების 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_{ef} , რითაც ხდება ღეროს შესაძლო დეფორმაციის სახისა და მისი კვანძებში დამაგრების თავისებურებების გათვალისწინება.

წამწის სიბრტყეში გრძივი ღუნვის შემთხვევაში:

- სარტყელებისა და საყრდენი ღვარებისათვის/ირბნებისათვის $l_{ef} = l$;
- გისოსის სხვა ელემენტებისთვის $l_{ef} = 0,8l$.

წამწის მართობულ სიბრტყეში გრძივი ღუნვის შემთხვევაში:

- სარტყელების, საყრდენი ღვარების/ირბნების, გისოსის სხვა ელემენტებისათვის $l_{ef} = l$.

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

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

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 ღვარებისათვის – $[\lambda] = 400$.

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 გვაქვს შემდეგი სიდიდეები:

- შეკუმშული სარტყელები, საყრდენი ღვარები და ირბნები: $[\lambda] = 180 - 60\alpha$;
- წამწის სხვა შეკუმშული ელემენტები: $[\lambda] = 210 - 60\alpha$;
- კავშირები შეკუმშული ღეროები: $[\lambda] = 200$.

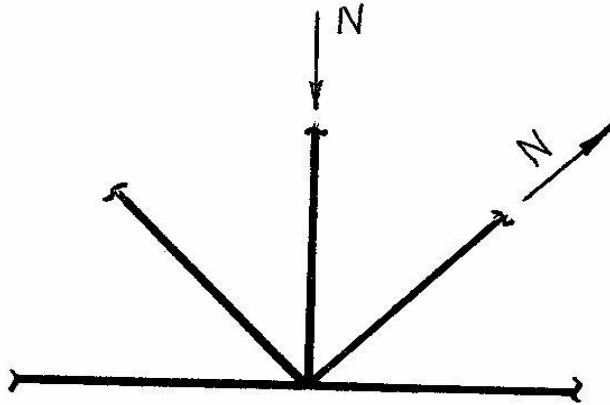
ამასთან $\alpha = \frac{N}{\varphi AR_y \gamma_c} \geq 0,5$, (X.5)

სადაც N არის საანგარიშო ძალვა, $\varphi AR_y \gamma_c$ –ღეროს მზიდუნარიანობა.

ქვემოთ მოყვანილია ორივე შემთხვევის შესაბამისი ამოცანა

ვარიანტი I

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



ნახ.47. კვანძის გეომეტრიული სქემა

ა) $N = 163,8$ კნ. $l_x = l_y = l_{ef} = 2,47$ მ. ფოლადი C235, საანგარიშო წინაღობა $R_y = 24,5$ კნ/სმ²

ვირჩევთ ორი ტოლგვერდიანი კუთხოვანით შედგენილ ტესებრ კვეთს.

ვნიშნავთ 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

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

სორტამენტიდან 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 სორტამენტიდან – $i_x = 2,31$ სმ

განივკვეთის ინერციის რადიუსი $y-y$ ღერძის მიმართ (წამწის სიბრტყიდან) – აიღება სორტამენტიდან საკვანძო 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 $\varphi_{\min} = 0,472$

შერჩეული განივკვეთის შემოწმება

$$\sigma = \frac{N}{A \varphi_{\min} \gamma_c} = \frac{163,8}{14,78 \cdot 0,472 \cdot 0,95} = 24,4 < 24,5 \text{ კნ/სმ}^2;$$

ბ) $N = 545,5$ კნ. ფოლადი C235, საანგარიშო წინაღობა $R_y = 24,5$ კნ/სმ²

განივკვეთის საჭირო ფართი $A = \frac{N}{\gamma_c R_y} = \frac{545}{0,95 \cdot 24,5} = 23,28$ სმ².

ვირჩევთ ორი ტოლგვერდიანი კუთხოვანით შედგენილ ტესებრ კვეთს.

სორტამენტიდან ვარჩევთ კუთხოვანებს 80×8 . განივკვეთების საერთო ფართი $A = 2 \cdot 12,3 = 24,6$ სმ².

შერჩეული განივკვეთის შემოწმება

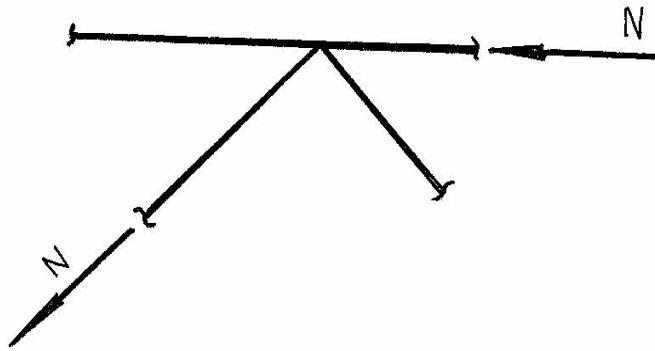
$$\sigma = \frac{N}{A \gamma_c} = \frac{545,4}{24,6 \cdot 0,95} = 23,43 < 24,5 \text{ კნ/სმ}^2.$$

ვარიანტი II

მსუბუქი წამწის ღეროს განივკვეთის 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 ტესებრ კვეთს. ვნიშნავთ 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 განივკვეთისთვის $i_x = 3,1 \text{ სმ}$ $i_y = 8,75 \text{ სმ}$ (როდესაც $\delta = 12 \text{ მმ}$)

ღეროთა მოქნილობა ორ მთავარ სიბრტყეში:

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{240}{3,1} = 77,72;$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{480}{8,75} = 54,85.$$

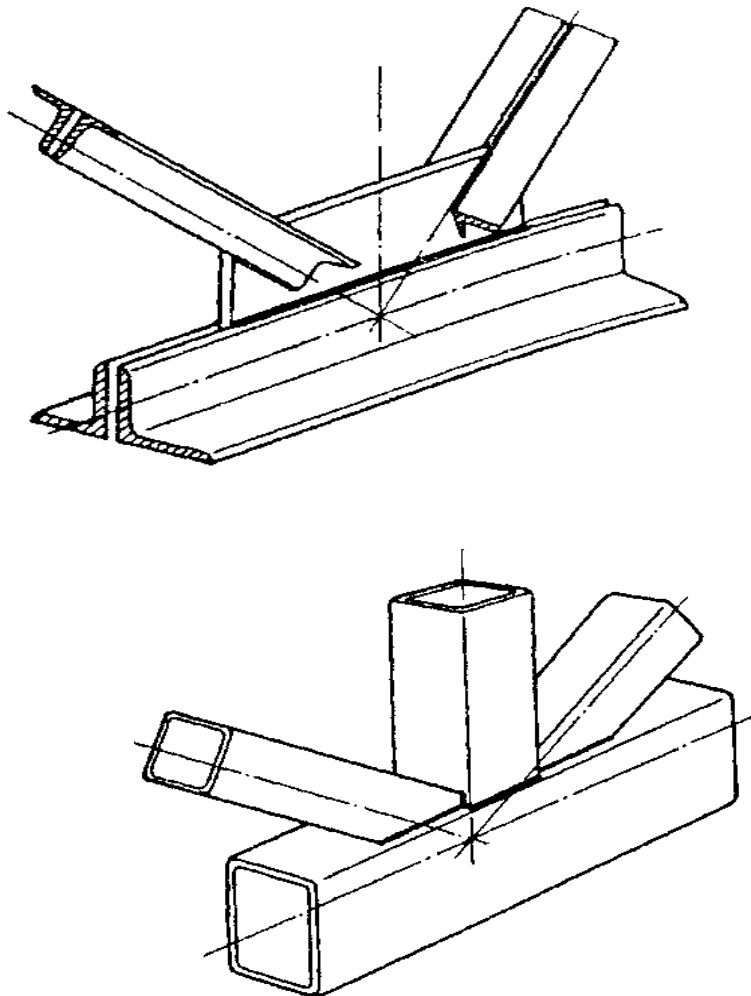
მაქსიმალური მოქნილობის მიხედვით $\varphi_{\min} = 0,686$.

შერჩეული განივკვეთის 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 ანალოგი I ვარიანტის შესაბამისი ნაწილის.

წამწეების კვანძების კონსტრუირების შესახებ. სამშენებლო პრაქტიკაში გამოყენებადი წამწეების მრავალსახეობა განაპირობებს მათივე კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტის მრავალი ვარიანტის არსებობას. ქვემოთ მოცემულია ღეროს განიკვეთის ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმების მქონე წამწეების 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, შედუღების ნაკერების სიგრძეებზე. წამწის კვანძში თავმოყრილ ღეროთა ღერძული წირები უნდა იკვეთებოდეს ერთ წერტილში. გეომეტრიულ სქემაზე ღეროთა კონტურის დატანისას მანძილი ღეროს განიკვეთის 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 ღერძული 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 ღეროებში მოქმედი მაქსიმალური ძაღვის მიხედვით ცხრ. –ის შესაბამისად. შუალედური კვანძების (წამწის ღეროების 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 ღეროები მაგრდება ფასონურაზე, რომელსაც სასურველია რომ ჰქონდეს მარტივი გეომეტრიული ფორმა. ნახ –ზე ნაჩვენებია ნივნივური 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. სარტყელის დაკავშირება ფასონურასთან ხორციელდება ფლანგური ნაკერით კუთხოვანის ფრთის მხრიდან და ე.წ. „ჩაფლული ნაკერით“ რომლითაც ხდება ორი კუთხოვანას შორის ღრეჩოს ამოვსება. გაანგარიშების დროს ჩაფლული ნაკერი მხედველობაში არ მიიღება. ამდენად კუთხოვანის ფრთის გასწვრივ მოწყობილი ნაკერები იანგარიშება მეზობელ პანელებში მოქმედ ძაღვათა 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

$$\sum l_w = \frac{\sqrt{(\Delta N)^2 + F^2}}{k_f (\beta R_w)_{\min} \gamma_c} \quad (X.6)$$

$k_f, \beta, R_w, \gamma_c$ – კოეფიციენტების შესახებ (იხ. თავი V)

ზედა სარტყელის საყრდენიდან პირველი შუალედური კვანძისთვის (ნახ.) $N_1 = 0$, შესაბამისად $N = N_2$. ამ შემთხვევაში ფასონურას ზედა კიდე აცდება სარტყელის კუთხოვანების ყუის კიდეს და უკეთდება სწორკუთხა ამონაჭერი გრძივებისა ან რკინაბეტონის ფილის დასაყრდნობად. ამ შემთხვევაში () გამოსახულება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\sum l_w = \frac{0,5\sqrt{N_2^2 + F^2}}{k_f (\beta R_w)_{\min} \gamma_c}, \quad (X.7)$$

რაც შეეხება ქვედა სარტყელის შუალედურ კვანძებს (ნახ) აქ ფასონურას ქვედა კიდე ყოველთვის გადაცდება ქვედა სარტყელის კუთხოვანის ყუის კიდეს და ამდენად შედუღების ნაკერები იანგარიშება მეზობელ პანელებში მოქმედ ძაღვათა სხვაობაზე $N = N_2 - N_1$. ნაკერების ჯამური სიგრძე განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\sum I_w = \frac{0,5N}{k_f (BR_w)_{\min} \gamma_c} \quad (X.8)$$

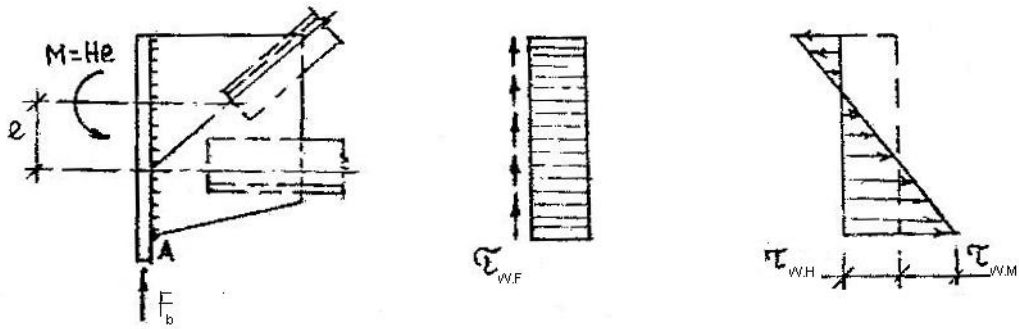
ორტესებიანი სარტყლის არსებობის შემთხვევაში მის კედელთან ფასონურის დამაკავშირებელი პირაპირული ნაკერი იანგარიშება სარტყლის ღერძზე დაგეგმარებული, კვანძში თავმოყრილი გისოსის ღეროებში მოქმედი საანგარიშო ძალების ჯამური მნიშვნელობით გამოწვეულ ჭრაზე. მხები ძაბვების მნიშვნელობა ამ შემთხვევაში (იხ. ნახ)

$$\tau_w = \frac{\sum N \cdot S_w}{I_w t_w} \leq R_{ws} \gamma_s, \quad (X.9)$$

სადაც $\sum N$ არის საანგარიშო ძალების ჯამური მნიშვნელობა. იმ შემთხვევაში როდესაც ნაკერთა ჯამური სიგრძე არ მოითხოვს აღწერილი სახით ტესებრი განიკვეთის კედლის გაზრდას, მაშინ გისოსის ღეროთა მიღდება ხდება უშუალოდ განიკვეთის კედელზე.

ცალკეულ შემთხვევებში საჭირო ხდება წამწის კვანძებში პირაპირების მოწყობა, რაც გამოწვეულია სარტყლის ღეროების განიკვეთის ცვლილებით (მათში მოქმედი ძალების შესაბამისად); ტექნოლოგიური/საწარმოო მოთხოვნები (დაკავშირებული წამწის დამზადების პროცესთან) და სხვა მიზეზებით. ასეთი შემთხვევისათვის კონსტრუქციული გადაწყვეტის ნიმუშები [2]. განასხვავებენ ნივნივური წამწის საყრდენი კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტის ორ – სახსროვან და ხისტ ვარიანტს. სახსროვანი კვანძი შედგება საყრდენი ფილისა და ფასონურასაგან. იმ შემთხვევაში როდესაც წამწის დგარი საყრდენ ფილამდე არ დაიყვანება, აწყობენ სიხისტის წიბოებს. სარტყლისა და ირიბანის ცენტრალური ღერძების გადაკვეთის წერტილი დგარის ცენტრალურ ღერძზე მდებარეობს. ამდენად წამწის საყრდენი რეაქცია გაივლის დგარისა და საყრდენი ფილის შედუღებით წარმოქმნილი ჯვარედინი კვეთის სიმძიმის ცენტრში. ხისტი საყრდენი კვანძის შემთხვევაში, ნივნივური წამწის მიერთება კოლონასთან ხდება გვერდიდან. წამწის დატვირთვა გადაეცემა საყრდენ მაგიდას, რომელსაც ძალოვანი ზემოქმედების სიდიდის შესაბამისად ამზადებენ $t = 30 \text{ A } 40 \text{ მმ}$ სისქის ლითონის ფურცლის ან გადაჭრილთაროებიანი კუთხოვანებისაგან. წამწის საყრდენი წიბოს მიმაგრება კოლონის თაროსთან ხდება უხეში ან ნორმალური სიზუსტის ჭანჭიკებით.

ფასონურას საყრდენ წიბოსთან მიერთების ნაკერი განიცდის წამწის საყრდენი რეაქციის F_b და არაცენტრალურად მოდებული H ზალის ზემოქმედებას რაც იწვევს კუთხური ნაკერის ორი მიმართულებით ჭრაზე მუშაობას (ნახ.46).



ნახ.50. ფასონურას საყრდენ წიბოსთან მიერთების ნაკერის საანგარიშო სქემა

შეერთების სიმტკიცე მოწმდება ყველაზე დაძაბული წერილისათვის (ფასონურას უკიდურესი ქვედა წერტილი) ფორმულით:

$$\tau_w = \sqrt{(\tau_{wF})^2 + (\tau_{wH} + \tau_{wM})^2} \leq R_w \gamma_c, \quad (X.10)$$

სადაც

$$\tau_{wF} = \frac{F_b}{2\beta_w k_f l_f}; \quad (X.11)$$

$$\tau_{wH} = \frac{H}{2\beta_w k_f l_f}; \quad (X.12)$$

$$\tau_{wM} = \frac{6He}{2\beta_w k_f l_f^2}.$$

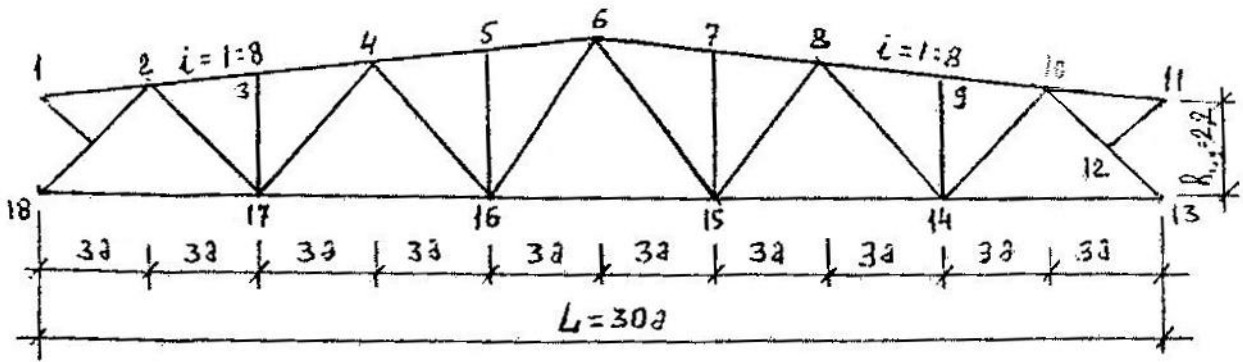
(X.13)

რაც შეეხება სარტყლისა და ირიბანას ფასონურასთან მიერთების ნაკერების სიგრძეებს ისინი განისაზღვრება ასევე როგორც შუალედური კვანძებისათვის.

ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ განხილული კვანძებით არ ამოიწურება 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 ნივნიური წამწვე (ნახ.51). ზედა სარტყლის ქანობი $i=1:8$; ქვედა სარტყელი – ჰორიზონტალური; ხისტი შეერთება კოლონასთან (ნახ. 58). წამწვის სიმაღლე საყრდენებზე $h=2,2\text{მ}$. წამწვე (მისი ყველა ელემენტი) დამზადებულია მარკის ფოლადისაგან. როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით კვანძების გაანგარიშება – კონსტრუირება იწყება წამწვის ღეროებში



ნახ.51. ნივნივური წამწვე

ძაღვების განსაზღვრისა და მათი მიხედვით ღეროთა განივკვეთების შერჩევის შემდეგ, ამდენად ქვემოთ განხილულ მაგალითში აღნიშნული სიდიდეები ცნობილია.

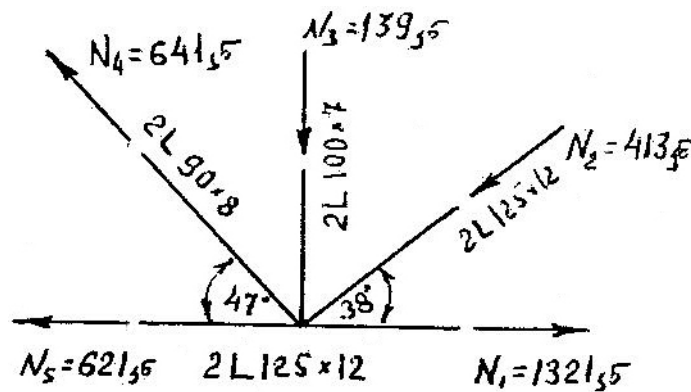
განვიხილოთ ცალკეული კვანძები.

კვანძი №17 (ნახ.47)

საჭირო მონაცემები:

ფასონურას სისქე – 14მმ.

შედუღება ნახევრადავტომატურია, ნახშირუანგა აირში, შესაღუღებელი მათულის მარკა C_B-08Г2C, d = 2მმ დიამეტრის. ცხრილი № დან გვექნება $\beta_f = 0,9$; $\beta_z = 1,05$.



ნახ.52. კვანძი 17-ის გეომეტრიული სქემა

ჩაღუღების საზღვარზე ლითონის პირობითი ჭრის საანგარიშო წინაღობა $R_{wz} = 0,45R_{un}$. ჩვენი შემთხვევისათვის გვექნება:

$$R_{wz} = 0,45 \cdot 42 = 18,90 \text{ კნ/სმ}^2;$$

ნაკერის ლითონის პირობით ჭრაზე საანგარიშო წინაღობა $R_{wf} = 215 \text{ მპა} = 21,5 \text{ კნ/სმ}^2$.

$\beta_f R_{wf}$ და $\beta_z R_{wz}$ ნამრავლიდან ავირჩიოთ მინიმალური:

$$\beta_f R_{wf} = 0,92 \times 1,5 = 19,36 \text{ კნ/სმ}^2;$$

$$\beta_z R_{wz} = 1,05 \times 18,90 = 19,84 \text{ კნ/სმ}^2;$$

$$(\beta R_w)_{\min} = 19,36 \text{ კნ/სმ}^2.$$

კვანძში თავმოყრილი თითოეული ღეროსათვის წინასწარ დანიშნულმა შედუღების 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 განვსაზღვროთ ღეროების ფასონურასთან მიერთების ნაკერების სიგრძეები.

$$N_4 = 641 \text{ კნ.} \quad k_f = 6 \text{ მმ}$$

(X.8) ფორმულის მიხედვით:

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 641}{0,6 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 29,1 \text{ სმ,}$$

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:

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 139}{0,5 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 7,6 \text{ სმ}$$

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:

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 413}{1 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 11,2 \text{ სმ,}$$

ნაკერის სიგრძე ყუის მხრიდან $l' = 0,7 \cdot 11,2 + 1 = 8,9 \text{ სმ,}$

ნაკერის სიგრძე ფრთის მხრიდან $l'' = 0,3 \cdot 11,2 + 1 = 4,4 \text{ სმ,}$

$$N = N_1 - N_5 = 700 \text{ კნ,} \quad k_f = 10 \text{ მმ.}$$

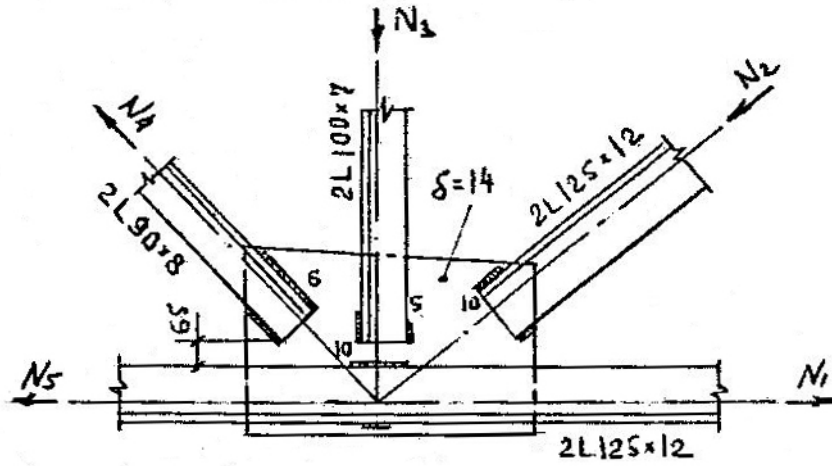
(X.8) ფორმულის მიხედვით:

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 700}{1 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 19 \text{ სმ},$$

ნაკერის სიგრძე ყუის მხრიდან $l' = 0,7 \cdot 19 + 1 = 14,3 \text{ სმ}$,

ნაკერის სიგრძე ფრთის მხრიდან $l'' = 0,3 \cdot 19 + 1 = 6,7 \text{ სმ}$.

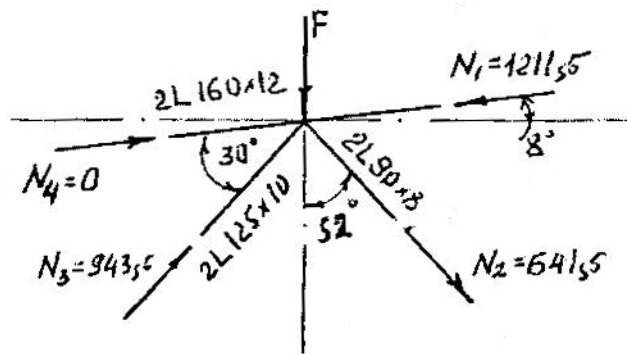
მიღებული ზომების მიხედვით მოხდება ფასონურას კონტურის შემოსახვა.



ნახ.53. კვანძი 17

პვანძი 2

საწყისი მონაცემები (გარდა გეომეტრიულ სქემაზე მოცემული მონაცემებისა ნახ.51.) იგივეა, რაც კვანძი 17-ისათვის (გვ.123)



ნახ.54. კვანძი 2-ის გეომეტრიული სქემა

განესაზღვროთ ღეროების ფასონურასთან მიერთების ნაკერების სიგრძეები.

$$F = 124 \text{ კნ}; \quad N_1 = 1211 \text{ კნ}; \quad N_4 = 0,$$

$$\sum l_w = \frac{0,5 \sqrt{1211^2 + 124^2}}{1 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 33,2 \text{ სმ}.$$

ნაკერის სიგრძე ყუის 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,

$$N_2 = 641 \text{ კნ}, \quad k_f = 6 \text{ მმ.}$$

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 641}{0,6 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 29,1 \text{ სმ.}$$

ნაკერის სიგრძე ყუის 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,

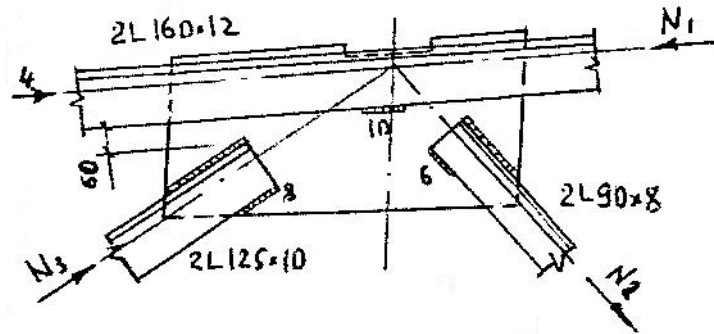
$$N_3 = 943 \text{ კნ}, \quad k_f = 8 \text{ მმ.}$$

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 943}{0,8 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 32,1 \text{ სმ.}$$

ნაკერის სიგრძე ყუის 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,

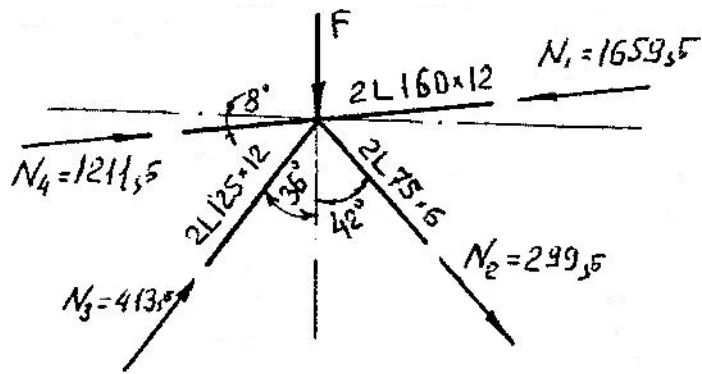
მიღებული ზომების მიხედვით მოხდება ფასონურას კონტურის შემოსახვა.



ნახ.55. კვანძი 2

კვანძი 4

საწყისი მონაცემები (გარდა სქემაზე მოცემული მონაცემებისა ნახ. 56) იგივეა რაც კვანძი 17სთვის.



ნახ. 56. კვანძი 4-ის გეომეტრიული სქემა

განვსაზღვროთ დეროების ფასონურასთან მიერთების ნაკერების სიგრძეები.

$N_1 = 1659$ კნ. $N_4 = 1211$ კნ. $F = 174$ კნ. დავნიშოთ, $k_f = 10$ 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,

$$\sum l_w = \frac{0,7 \cdot 299}{2 \cdot 0,6 \cdot 19,36 \cdot 0,95} + 1 = 10,5 \text{ სმ.}$$

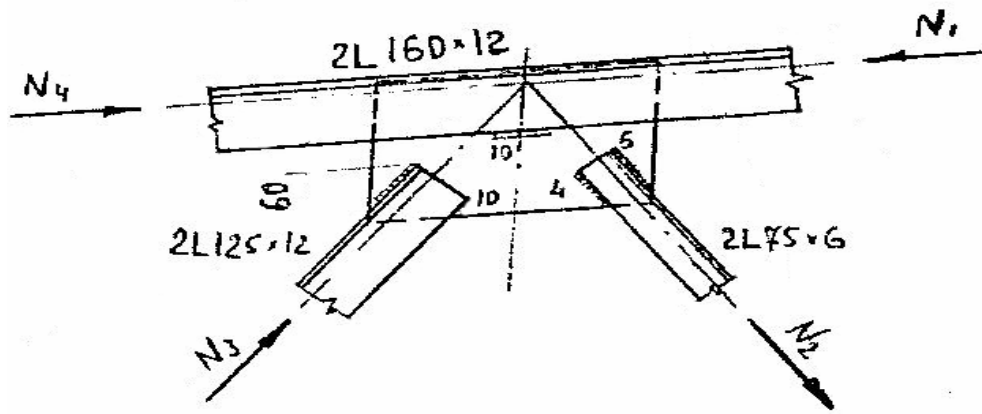
$N_3 = 413$ კნ; $k_f = 10$ მმ.

$$\sum l_w = \frac{0,5 \cdot 413}{1 \cdot 19,36 \cdot 0,95} = 11,2 \text{ სმ.}$$

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 შემოსახვა (ნახ.57)



ნახ.57. კვანძი 4

განვიხილოთ საყრდენი კვანძის გაანგარიშება (ნახ. 58). დავნიშნოთ ნაკერის კათეტი ირიბანისათვის ყუის მხრიდან $k_f = 10$ მმ. მე-(V.7) ფორმულის მიხედვით ნაკერის სიგრძე ყუის 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 – 60მმ, მანძილი სარტყელსა და საყრდენ წიბოს შორის – 60მმ, 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 ყუის 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)

$$\tau_{wM} = \frac{6 \cdot 175,5 \cdot 2}{2 \cdot 1,05 \cdot 0,8 \cdot 53} = \frac{2106}{4719,12} = 0,45 \text{ } \text{đb}/\text{bđ}^2;$$

$$\tau_w = \sqrt{8,57^2 + (1,97 + 0,45)^2} = \sqrt{79,30} = 8,91 < 18,91 \cdot 0,95 = 17,9 \text{ } \text{đb}/\text{bđ}^2.$$

თაზი XI

ერთსართულიანი შენობები ლითონის მზიდი კარკასით

საერთო დახასიათება. ძლიერი/განვითარებული სამშენებლო სექტორის 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 (საამქროები), საცალო და საბითუმო საწყობები, ჰიპერმარკეტები, საგამოფენო დარბაზები, დასვენების ინდუსტრიისა და ტურიზმის ობიექტები. ამრიგად ლითონის მზიდი კარკასის მქონე ერთსართულიანი შენობები პირობითად შეიძლება დეკოთ ორ ღიდ ჯგუფად: მძიმე ინდუსტრიის და დანარჩენი. ამ უკანასკნელში გარდა ზემოთ აღნიშნულისა აგრეთვე მოიაზრება მძიმე ინდუსტრიის პარალელურად განვითარებადი/ ნაწილობრივ მისი ჩამნაცვლებადი ელექტრონიკაზე დაფუძნებული წარმოებებისთვის საჭირო შენობები. აღნიშნულ შენობათა პირველი ტიპი ტრადიციულად ასოცირდება მკაცრ/პირქუშ ექსტერიერთან, მაშინ როდესაც მეორე შედარებით მსუბუქ, სწრაფად და ადვილად ასაწყობად, ეკონომიურ და ესთეტიურად მიმზიდველ შენობებთან. მესაკუთრისთვის ყოველთვის ყველაზე მეტად მისაღები გადაწყვეტა რომ, არის ეს უკანასკნელი აგრეთვე წარმოადგენილი იყვნენ „მოქნილი“ არქიტექტურულ/კონსტრუქციულ გადაწყვეტით, რაც საშუალებას უნდა აძლევდეს მას შენობის ექსპლუატაციის ვადის ამოწურვამდე მისთვის სასურველი ცვლილებები შეიტანოს საწარმო დანიშნულებაში/შეცვალოს პროფილი, შესაბამისად კონსტრუქციულ გადაწყვეტაში. ნახაზებზე 59, 60, 61 მოცემულია ზემოთ აღნიშნული შენობათა ორი ჯგუფიდან თითოეულის დახასიათებელი მზიდი კარკასის ზოგადი სქემა. ქვემოთ აღწერილია მათი კონსტრუქციული გადაწყვეტა, შემადგენელი ელემენტები და გაანგარიშების საფუძვლები, კარკასის ზემოთ ჩამოთვლილ დახასიათებლებს შორის ძალიან ბევრი საერთო ნიშნის არსებობის გათვალისწინებით.



სურ.10. ერთსართულიანი შენობა ლითონის მზიდი ელემენტებით. გადახურვა სტრუქტურული კონსტრუქციით (ამსტერდამი)

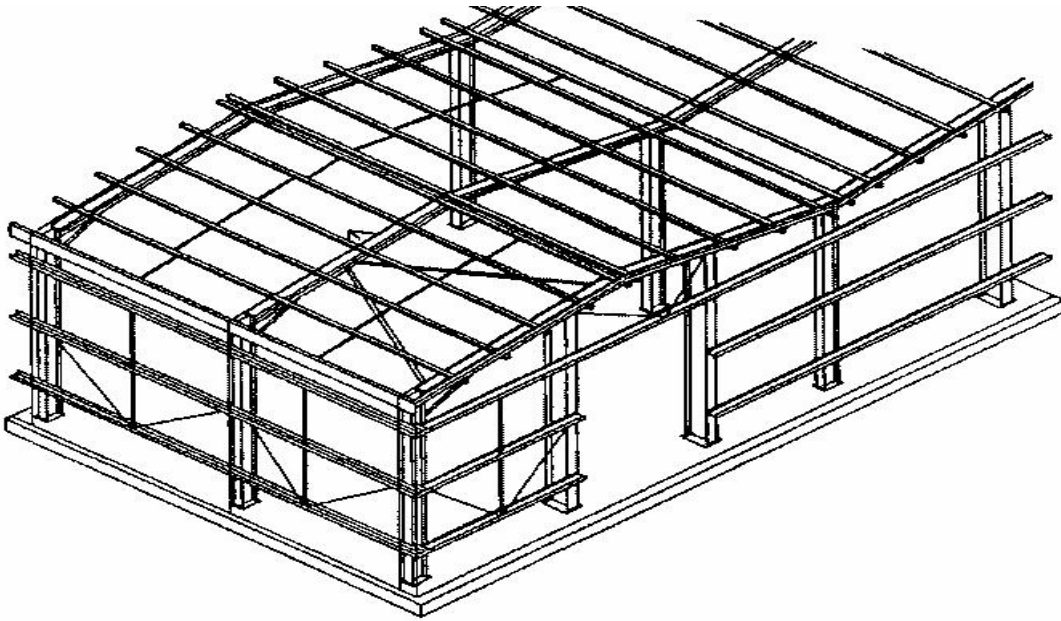


სურ.11. ერთსართულიანი შენობა ლითონის მზიდი კარკასით. განივი პორტალური ჩარჩო (მცხეთის რაიონი)

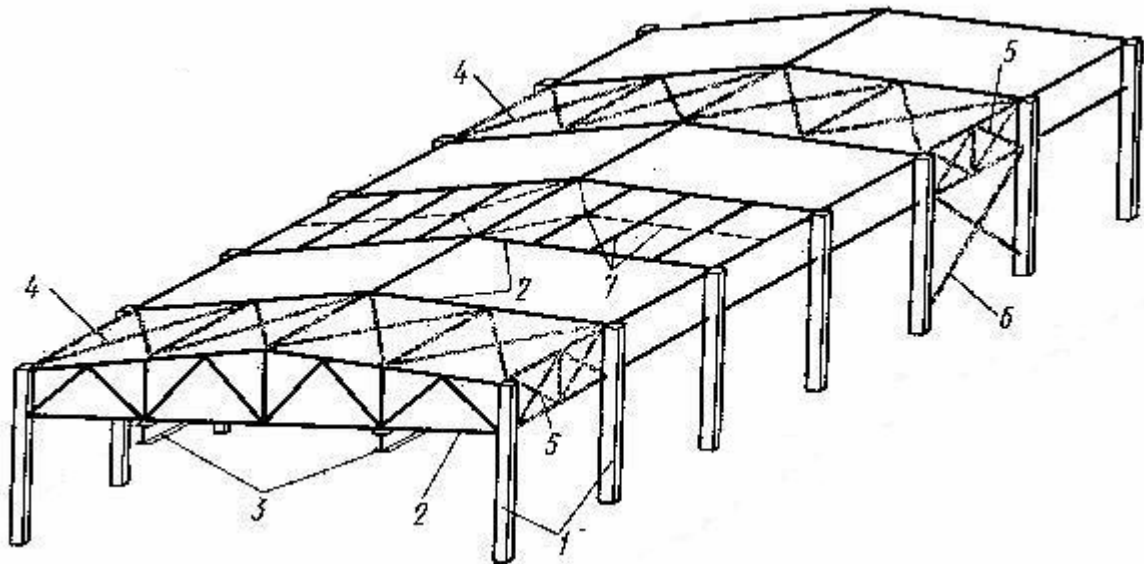


სურ.12. ამსტერდამი. აეროპორტის შენობის ფრაგმენტი

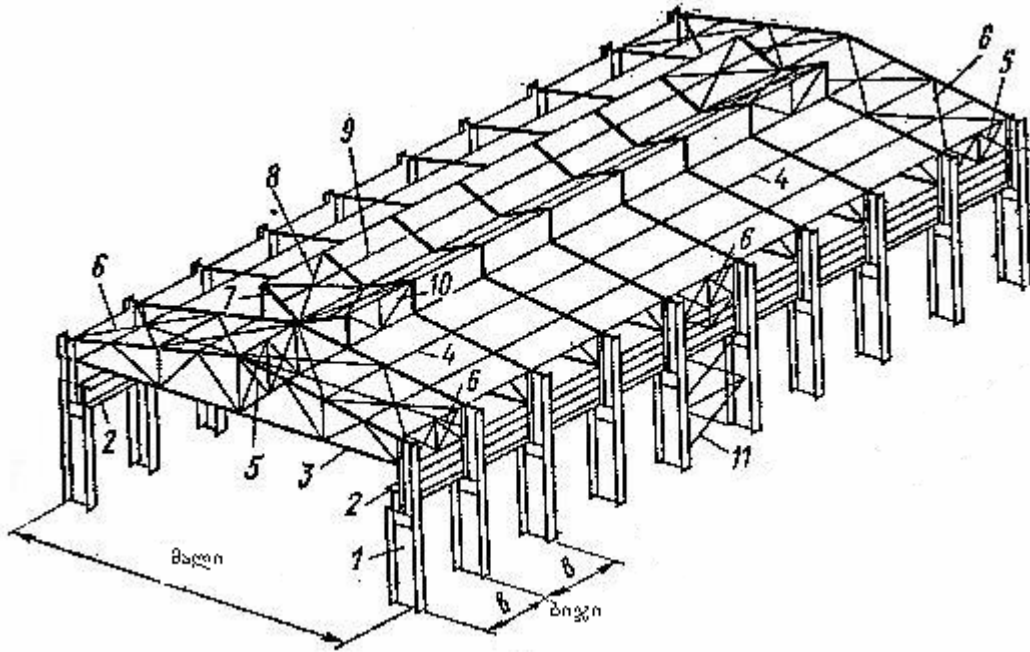
ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის კარკასი წარმოადგენს მზიდ ელემენტთა ერთიან კონსტრუქციულ სისტემას. მათგან ძირითადია ერთ/მრავალ მალღანი განივი ჩარჩოები, რომელთა ერთობლიობა/გაერთიანება წარმოქმნის



ნახ.59. ერთსართულიანი შენობა ლითონის მზიდი კარკასით (პორტალური განივი ჩარჩო)



ნახ.60. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის (საამქრო) კონსტრუქციული სქემა:
 1 - კოლონა; 2 - წამწე; 3 - მონორელსის კოთები; 4 - პორიზონტალური კავშირები წამწებს შორის; 5 - ვერტიკალური კავშირები; 6 - კავშირები კოლონებს შორის; 7 - ნახევნებია მხოლოდ ერთი ბიჯისთვის.

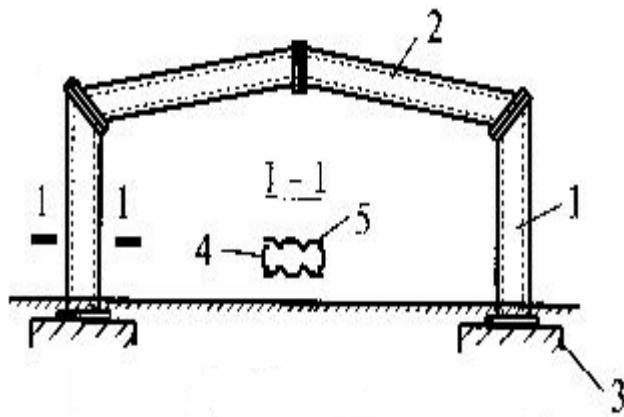


ნახ.61. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის (საამქრო) კონსტრუქციული სქემა

1 – კოლონა; 2 – ამწქვეშა კოჭი; 3 – წამწვე; 4 – გრძივები წამწვეებზე; 5) ვერტიკალური კავშირები წამწვეებს შორის; 6 – ჰორიზონტალური კავშირები წამწვეებს შორის; 7 – შექფარანის ჩარჩო; 8 – შექფარანის ჰორიზონტალური კავშირები; 9 – შექფარანის გრძივები; 10 – შექფარანის ვერტიკალური კავშირები.

აღნიშნულ კონსტრუქციულ სისტემას. განივი ჩამჩის ძირითადი შემადგენელი ელემენტებია კოლონები და რიგელი. ნახ. –ზე ნახვენებია 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 სხვა 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 $t = 4$ მმ).

ზოგადად ერთსართულიანი ლითონის მზიდი კარკასისათვის მაღის, 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 მაღის) ზომები უნდა ყოფილიყო დადგენილი სიდიდის — მოდულის ჯერადი. ერთმაღიანი სამრეწველო შენობებისთვის დაწესებული იყო გამსხვილებული მოდული 3მ და 6მ. შესაბამისად შენობის (განივი ჩარჩოს ერთი მაღის შემთხვევაში) მაღის სიდიდე ტოლი უნდა ყოფილიყო 12, 15, 18, 21, 24 მ და ა.შ. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ამჟამად ხსენებული მოდულები არ მოქმედებს.

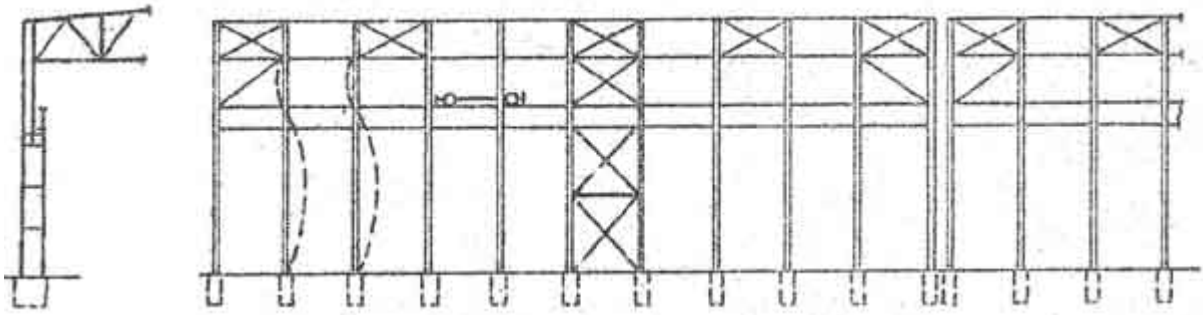
განივი ჩარჩოების ერთიანობას, შესაბამისად კარკასის მთლიანობას უზრუნველყოფს კავშირების სისტემა. კავშირები კარკასის უმნიშვნელოვანესი ელემენტებია. მათი მოწყობის აუცილებლობისა ზემოთ ხსენებულ, მის მთავარ ფუნქციასთან ერთად განაპირობებს შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები:

– კარკასის, როგორც ერთიანი სივრცული სისტემის გეომეტრიული უცვლელობის, მისი შეკუმშული კონსტრუქციული ელემენტების მდგრადობის, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის სათანადო პირობების უზრუნველყოფა;

– კარკასზე მოქმედი დატვირთვების (ქარი, ამწე-მექანიზმები) გადანაწილება მზიდ ელემენტებს შორის, საძირკველებზე მათი შემდგომი გადაცემის უზრუნველსაყოფად.

სამრეწველო შენობათა ლითონის კარკასებში კავშირები ეწყობა:

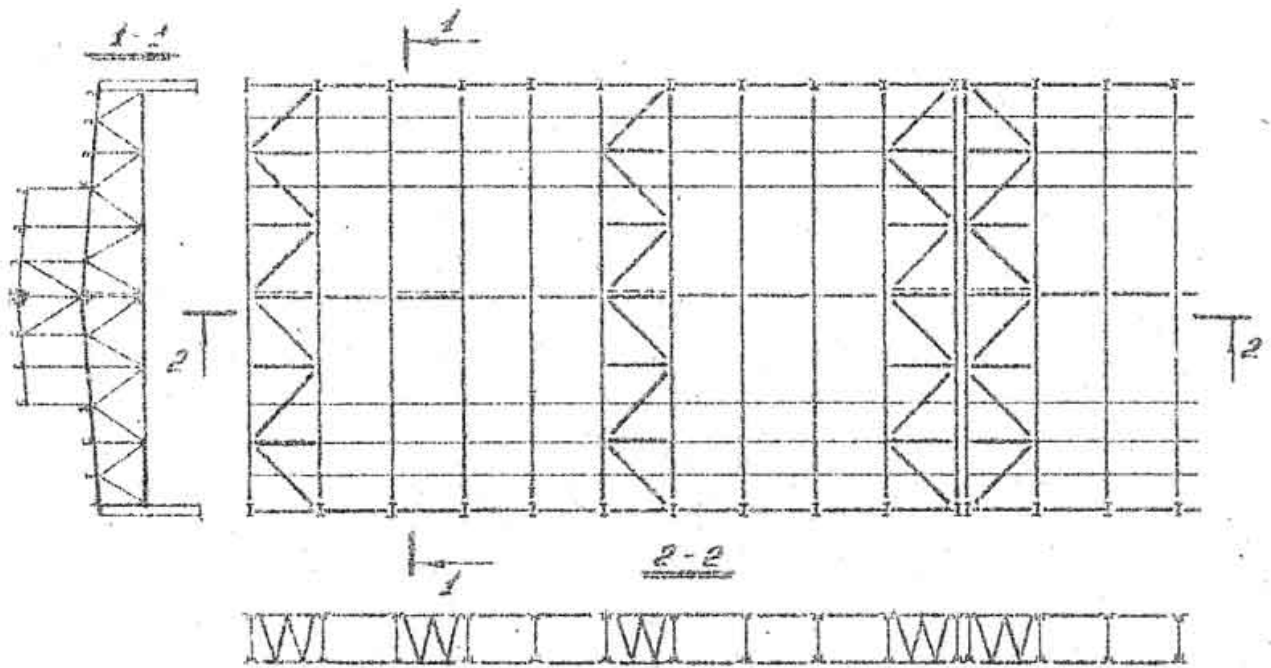
– კოლონებს შორის (ნახ.63) – უზრუნველყოფს კარკასის გეომეტრიულ უცვლელობას მონტაჟისა და ექსპლუატაციის დროს; კარკასის მზიდუნარიანობას და სიხისტეს შენობის გრძივი მიმართულების გასწვრივ; კოლონების მდგრადობას განივი ჩარჩოს მართობულ სიბრტყეში. სივრცული ორიენტაციის შესაბამისად მათ კოლონებს შორის ვერტიკალურ კავშირებსაც უწოდებენ.



ნახ.63. კავშირები კოლონებს შორის

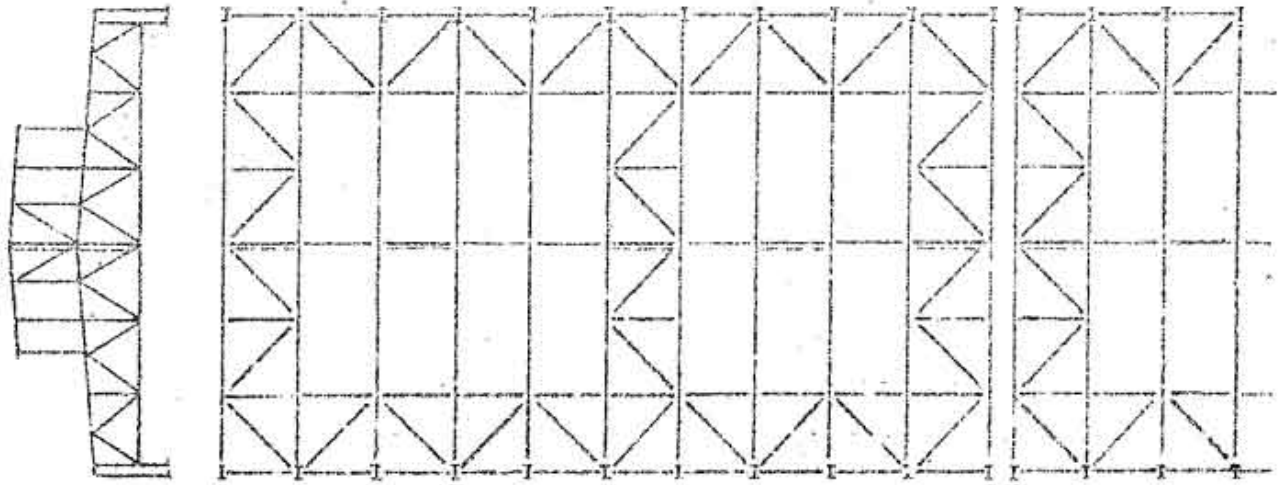
– კავშირები სახურავის გასწვრივ – უზრუნველყოფენ რიგელის (ამ შემთხვევაში წამწე) შეკუმშული ელემენტების მდგრადობას; ნებისმიერ განივ ჩარჩოზე მოქმედი დატვირთვების გადანაწილებას მის მომიჯნავე ჩარჩოებზე; სარემონტო სამუშაოების წარმართვას. მდებარეობას სიბრტყისა და სივრცული ორიენტაციის შესაბამისად განასხვავებენ:

– განივ კავშირებს წამწის ზედა სარტყელებს შორის (ნახ.64)



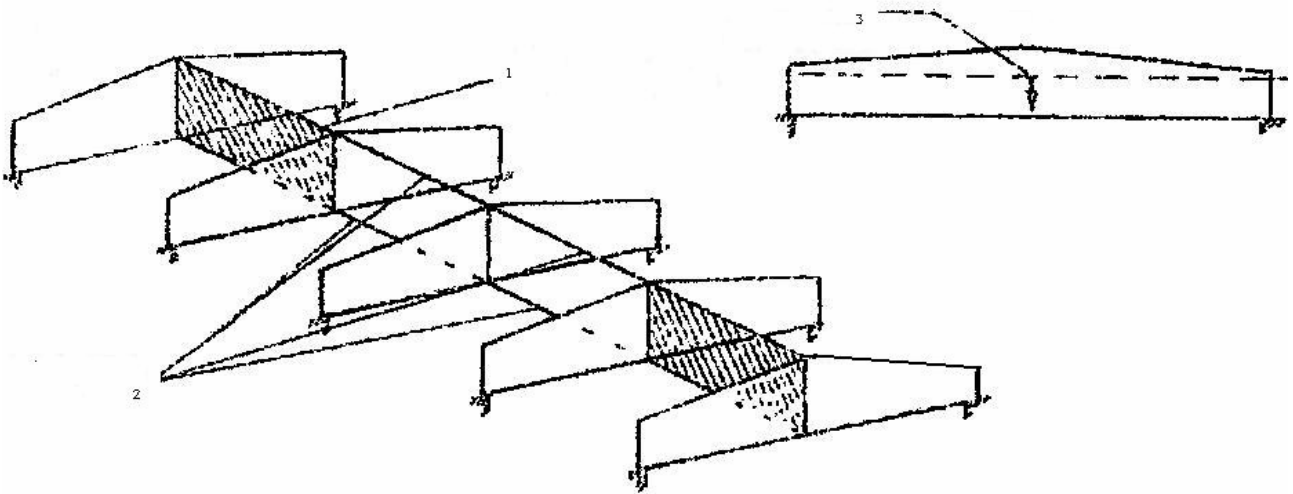
ნახ.64. განივი კავშირები წამწის ზედა სარტყელებს შორის

– განივ და გრძივ კავშირებს წამწის ქვედა სარტყელის სიბრტყეში (ნახ.65)



ნახ.65. განივი და გრძივი კავშირები წამწის ქვედა სარტყლის სიბრტყეში

– ვერტიკალურ კავშირებს წამწებს შორის (ნახ.66)

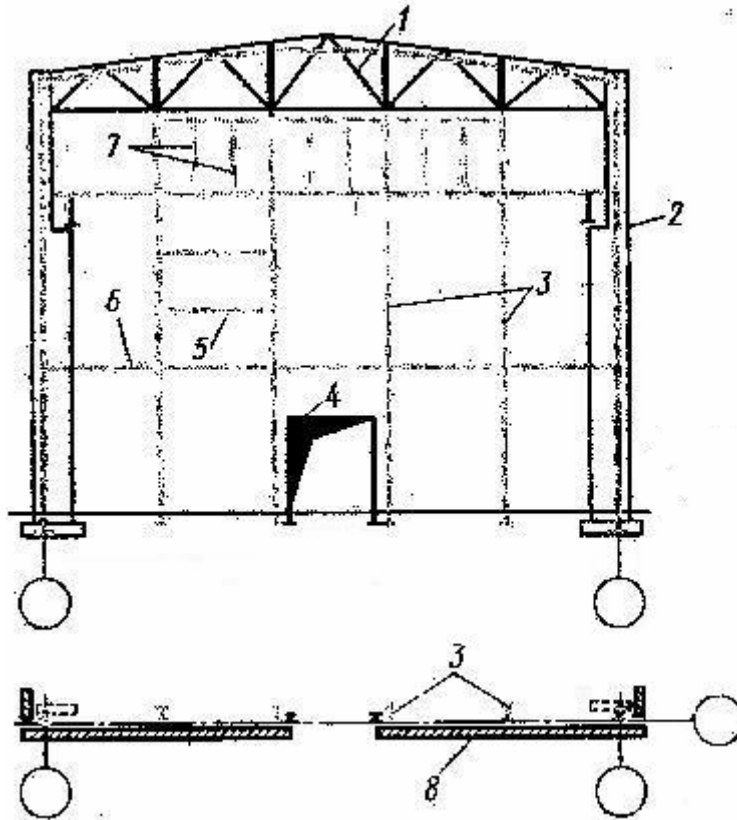


ნახ.66. ვერტიკალური კავშირები წამწებს შორის:
1 – წამწე-დისკი; 2 – განმბრჯენები; 3 – სიმძიმის ცენტრი.

კედლის შემოსვის, კარებების, ფანჯრების და შენობის გარე პერიმეტერზე განთავსებული სხვა საჭირო კონსტრუქციული ელემენტების დამაგრებას და მათგან შიდა ელემენტებზე დატვირთვის გადაცემას უზრუნველყოფს გრძივი და განივი (ტორსული) ჩაღანგარი. მისი კონსტრუქციული სქემის გამსაზღვრელია:

– შემოსვის/კედლის ტიპი (რკინაბეტონისა და მსუბუქი ბეტონის პანელები, ლითონით შემოსვა);

- შემოსვის ადგილმდებარეობა და სივრცული ორიენტაცია (შიგა ან გარე კედლები, გრძივი ან განივი მიმართულება);
- ღიობები - მათი რაოდენობა და მდებარეობა.



ნახ.67. ტორსული ჩალანგარი. კონსტრუქციული გადაწყვეტა:

- 1 - წამწვე; 2 - კოლონა; 3 - ჩალანგარის ძირითადი დგარები; 4 - ღიობის რიგელი; 5 - ჩალანგარის რიგელი; 6 - განმბრჯენი; 7 - ჩალანგარის შუალედური დგარები; 8 - კედლის შემოსვა.

ჩალანგარის შემადგენელი ელემენტებია: დგარები, რიგელები, განმბრჯენები. განივი ჩარჩოს სიმაღლის შესაბამისად ძირითადი დგარები შეიძლება იყოს მთლიანი ან გამჭოლკედლიანი. რიგელებად, გამბრჯენებად და შუალედურ დგარებად ძირითადად გამოყენებულია პრიფილური (ორტესები, შველერი) ელემენტები.

ერთსართულიანი სამრწევველო შენობის განივ ჩარჩოზე მოქმედი დროებითი დატვირთვების განსაზღვრა (მაგალითი)

მოცემულია განივი ჩარჩო:

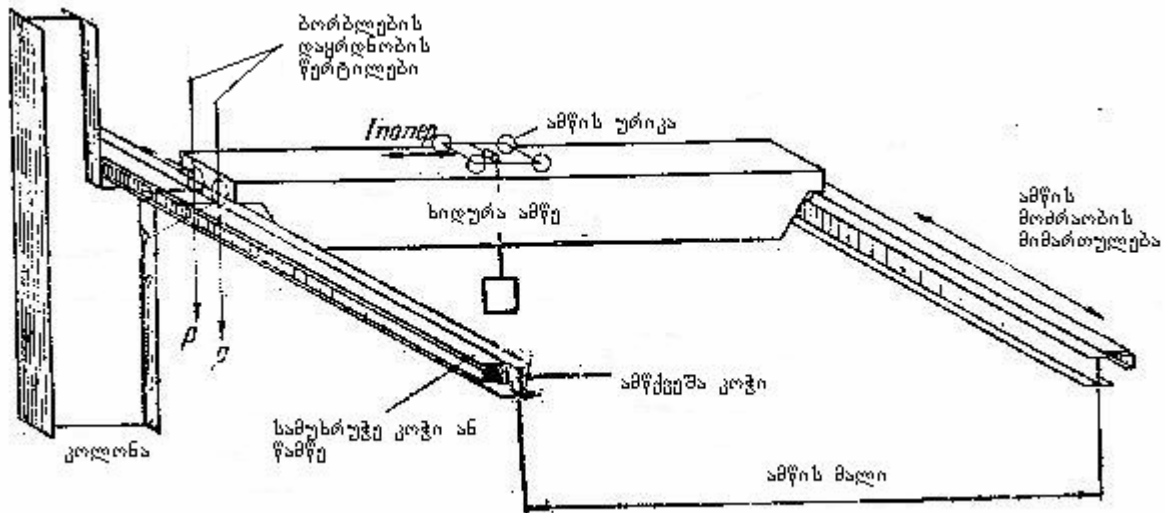
განივი ჩარჩოს მალი - $L = 12$ მ;

განივი ჩარჩოების ბიჯი - $a = 6$ მ;

მშენებლობის ადგილი - ასპინძა;

ხიდურა ამწე - $Q = 20/5$ ტ;

მანძილი წამწის ქვედა სარტყლიდან შუქფრნის კერამდე - $h = 5,6$ მ.



ნახ.68. ხიდურა ამწე

დროებითი დატვირთვებიდან ვსაზღვრავთ თოვლის, ქარისა და ამწე-მექანიზმების დატვირთვებს.

თოვლის დატვირთვა კოლონას გადაეცემა ვერტიკალური შეყურსული ძალის სახით, როგორც რიგელის საყრდენი რეაქცია და აითვლება იმავე სატვირთო მოედნიდან, საიდანაც აითვლება გადახურვის მუდმივი დატვირთვა.

$$p = \gamma_f s_0 \mu L a ,$$

სადაც s_0 არის თოვლის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა, დედამიწის ზედაპირის 1მ^2 -ზე; L - მალი; a - სატვირთო მოედნის (საიდანაც აითვლება დატვირთვა) სიგანე; γ_f - საიმედოობის კოეფიციენტი დატვირთვაზე $\gamma_f = 1,4$. μ - დედამიწის ზედაპირზე თოვლის 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 სიმაღლემდე მიღებულია როგორც თანაბარგანაწილებული. გვაქვს A ტიპის ადგილმდებარეობა. 10-დან 20მ-ის ფარგლებში დატვირთვის ტრაპეციულ ეპიურას ვასაშუალოებთ.

ქარის დატვირთვის ვანგარიშობთ ფორმულით:

$$q_w = \gamma_f w_0 k c a ,$$

სადაც γ_f არის საიმედოობის კოეფიციენტი ქარის დატვირთვაზე $\gamma_f = 1,4$; w_0 - ქარის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა; k - სიმაღლეზე დატვირთვის

ცვლილების კოეფიციენტი; c – აეროდინამიურობის კოეფიციენტი: $c = 0,8$ – დაქარვის მხარე; $c = 0,6$ – განქარვის მხარე.

ჩვენი შემთხვევისათვის $w_0 = 0,27$ 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;

10მ-დან 14მ-მდე – $q_1' = 1,4 \times 0,291 \times 1 \times 0,8 \times 6 = 1,96$ კნ/მ.

განქარვის მხარე 10მ-მდე – $q_1 = 1,4 \times 0,27 \times 1 \times 0,6 \times 6 = -1,36$ კნ/მ;

10მ-დან – 14მ-მდე – $q_1' = 1,4 \times 0,291 \times 1 \times 0,6 \times 6 = -1,47$ კნ/მ.

რიგელისა (წამწე) და შუქფარნის სიმაღლეში მოქმედი ქარის დატვირთვა გადაცემა ხდება შეეურსული ძალის სახით, და მისი მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$P = q_1' ha$$

ქარის აქტიური მოქმედების მხრიდან $P = 1,96 \times 5,6 \times 6 = 65,86$ კნ;

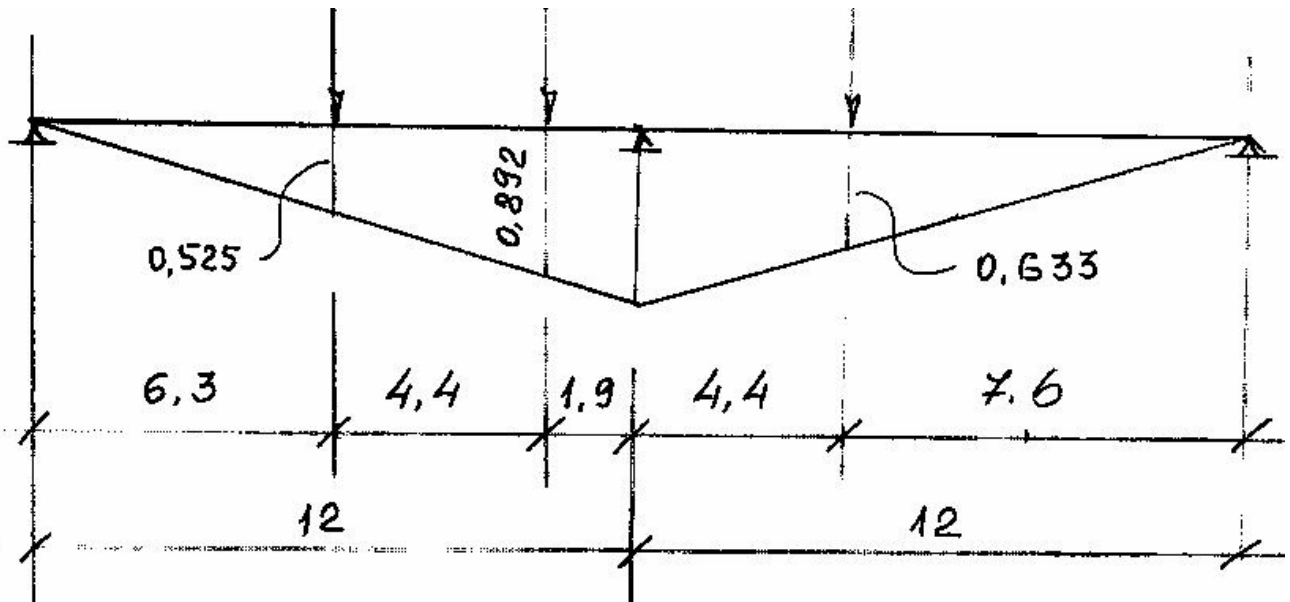
განქარვის მხრიდან $P = 1,47 \times 5,6 \times 6 = -49,39$ კნ.

ამწე-მექანიზმების დატვირთვა.

ამწის საერთო წონა $G = 23,5$ ტ. (235 კნ); ურიკის წონა $g = 8,5$ ტ. (85 კნ). ამწის ბორბლის მაქსიმალური დაწნევა (ნორმატიული) $F_{\max}^n = 175$ კნ.

ამწის ბორბლების მინიმალური დაწნევა

$$F_{\min}^n = \frac{Q + G}{n_k} - F_{\max}^n = \frac{200 + 235}{2} - 175 = 42,5 \text{ კნ.}$$



ნახ.69. გავლენის წირი

ვსაზღვრავთ კოლონაზე მოსულ მაქსიმალურ და მინიმალურ დაწნევას (D) ორი ხიდურა ამწისგან. მათი მნიშვნელობების მისაღებად ხდება შესაბამისი გავლენის წირის დატვირთვა ამწის ბორბლების სტანდარტული დაწნევით. საჭირო მნიშვნელობებს ვანგარიშობთ შემდეგი გამოსახულებებით:

$$D_{\max} = \psi \gamma_f F_{\max}^n \sum y;$$

$$D_{\min} = \psi \gamma_f F_{\min}^n \sum y,$$

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 მღუნავი მომენტების მნიშვნელობები:

$$M_{\max} = D_{\max} e = 499,1 \times 0,6 = 299,5 \text{ კნმ};$$

$$M_{\min} = D_{\min} e = 121,2 \times 0,6 = 72,7 \text{ კმ.}$$

ესაზღვრავთ კოლონაზე მოსულ ჰორიზონტალურ დაწნევას ადრულს განივი დამუხრუჭებით, რისთვისაც ვპოულობთ განივი დამუხრუჭების ძაღას ხიდურა ამწის ერთ ბორბალზე შემდეგი გამოსახულებით:

$$T_n = \frac{Q + G}{20n_k} = \frac{200 + 235}{20 \times 2} = 10,9 \text{ კნ.}$$

ჰორიზონტალური დაწნევა კოლონაზე ორი ამწის 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. ვჯავახიშვილი. 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 მიკროსტრუქტურა
- ნახაზი 4. გასაჭიმი ნიმუში და გაჭიმვის დიაგრამა
- ნახაზი 5. ნაგლინი პროფილები
- ნახაზი 6. ცივადნალუნი პროფილები
- ნახაზი 7. კონსოლური კოჭის საერთო მდგრადობის დაკარგვის ერთ-ერთი შესაძლო ფორმა
- ნახაზი 8. ექსცენტრული დატვირთვა
- ნახაზი 9. ექსცენტრული დატვირთვა
- ნახაზი 10. ელექტრორკალური შედუღების ზოგადი სქემა
- ნახაზი 11. შედუღების 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. ხვრეტების 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. გამარტივებული 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 გამჭოლკედლიანი კოლონა
- ნახაზი 31. მთლიანკედლიან კოლონათა განივკვეთები

- ნახაზი 32. გამჭოლკედლიანი კოლონის განივკვეთის ფორმები და გისოსის
- ნახაზი 33. სამრეწველო შენობების/საამქროების არაცენტრალურად 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 სივრცული წამწე
- ნახაზი 42. წამწის ელემენტები
- ნახაზი 43. წამწის სქემები
- ნახაზი 44. წამწის სარტყლების 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. ნივნივური 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 მზიდი 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. კავშირები კოლონებს შორის
- ნახაზი 64. განივი კავშირები წამწის ზედა სარტყელებს შორის
- ნახაზი 65. განივი და გრძივი კავშირები წამწის ქვედა სარტყელის სიბრტყეში
- ნახაზი 66. ვერტიკალური კავშირები წამწებს შორის
- ნახაზი 67. ტორსული ჩაღანგარი. კონსტრუქციული გადაწყვეტა
- ნახაზი 68. ხიდურა ამწე
- ნახაზი 69. გავლენის წირი

სურათების ნუსხა

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

სურათი 2. ანტვერპენი. რკინიგზის სადგური. ფასადი – შევსება 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. სივრცული 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 ნაგლინისთვის GOCT 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_e - არაცენტრალურად შეკუმშული (შეკუმშულ – გაღუნული) მთლიანკედლიანი ღეროების მდგრადობაზე შესამოწმებლად მომენტის მოქმედების სიბრტყეში, როდესაც იგი ემთხვევა სიმეტრიის სიბრტყეს – გვერდი 39
- φ_e - არაცენტრალურად შეკუმშული (შეკუმშულ – გაღუნული) გამჭოლ 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
- ჭანჭიკების განლაგების ნორმები ჭანჭიკურ შეერთებებში – გვერდი 52
- ერთჭანჭიკიანი შეერთების საანგარიშო წინააღობები ჭრაზე და გაჭიმვაზე – გვერდი 53
- ჭანჭიკების განივკვეთის ფართობი – გვერდი 53
- მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების მექანიკური თვისებები – გვერდი 55
- c – კოეფიციენტის მნიშვნელობები – გვერდი 74
- ფორმის კოეფიციენტები – გვერდი 83
- ექსცენტრულ კუმშვაზე მომუშავე, მთლიანკედლიანი მუდმივკვეთიანი კოლონის გაანგარიშებისათვის საჭირო ცხრილები – გვერდი 97, 98

