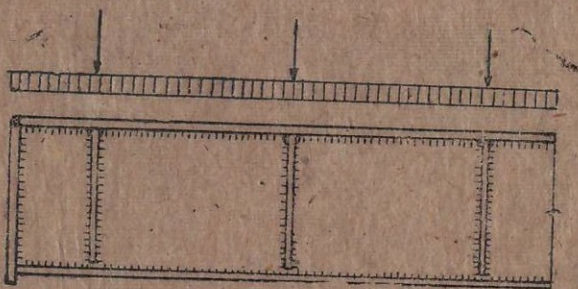


საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სამშენებლო სასწავლო სამეცნიერო ინსტიტუტი

ბ. შ. პ. დოც. რ. ი. გივინაშვილი

ლითონის კოორდინატი უჯრედის გაანგარიშება და  
დაკრომეტირება



დავსრულდა ს. ს. გვინაშვილი

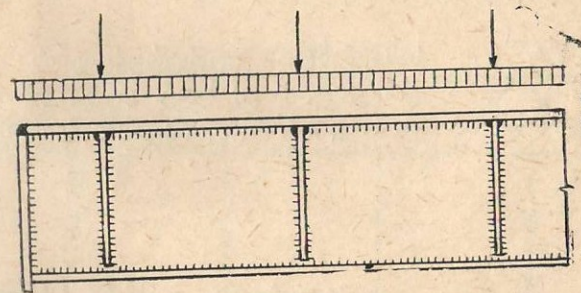
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო სასწავლო სამეცნიერო ინსტიტუტი

ტ. მ. კ. დოც. რ. ი. გივინაშვილი

ლითონის კოვრვანი უჯრადის გაანგარიშება და  
დაკრომება

დახმარა სახელმძღვანელო



შავი ხაზით უნდა აღინიშნოს

*Handwritten signatures and notes in blue ink:*  
ს. მ. კ. დოც. რ. ი. გივინაშვილი  
26.04.05

დამხმარე სახელმძღვანელო განკუთვნილია სამშენებლო ფაქულტეტის სსმ სპეციალობის სტუდენტებისათვის, სპაროექტო ორგანიზაციებისათვის და მოიცავს ლითონის კოჭოვანი უჯრედის (სართულშუა გადახურვის) გაანგარიშებისა და დაპროექტების, როგორც თეორიულ ნაწილს, ასევე გაანგარიშების მაგალითს.

სამეცნიერო რედაქტორი: ლითონის კონსტრუქციების კათედრის გამგე, ტ. მ. კ., დოც. ი. დ. მშვენიერაძე

რეცენზენტები: სამშენებლო კონსტრუქციების კათედრის გამგე, ტ. მ. კ., დოც. ე. ვ. მექმარიაშვილი, ტ. მ. დ., პრ. დ. ი. კ. მელაშვილი

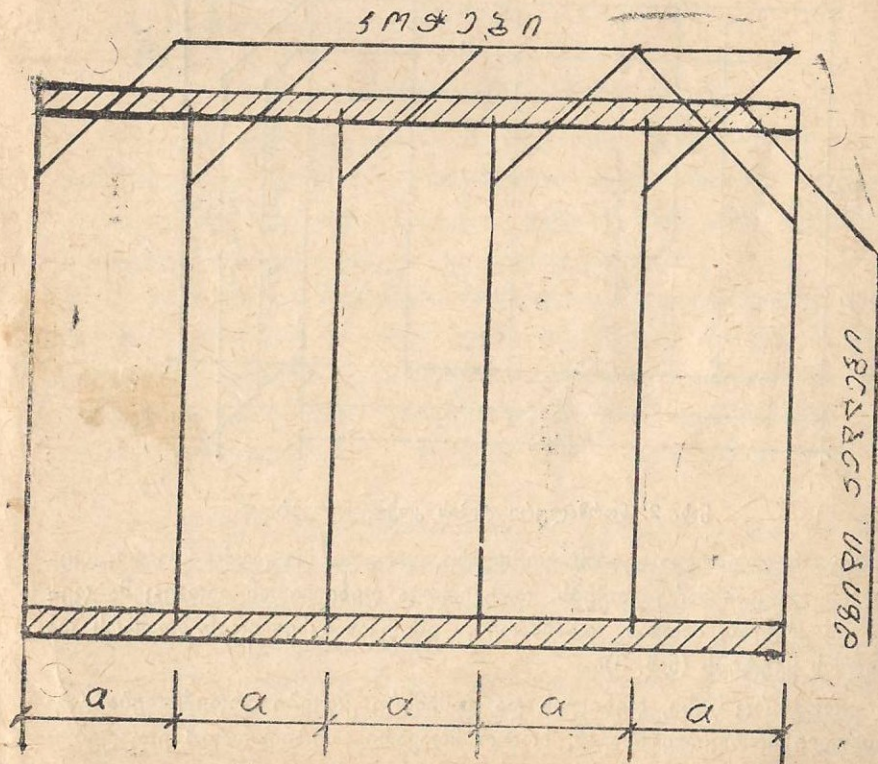
დამტკიცებულია დამხმარე სახელმძღვანელოდ სამშენებლო სასწავლო-სამეცნიერო ინსტიტუტის მეტოღური საბჭოს მიერ, სსმ სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

## შესავალი

სამრეწველო შენობების სართულშუა გადახურვებში სასარგებლო თანაბრადგანაწილებული დატვირთვის ინტენსივობა აღწევს 4 ტნ/მ<sup>2</sup> და მეტსაც. ამ შემთხვევაში გადახურვის კონსტრუქციებში მიზანშეწონილია ფოლადის მზიდი კოჭების სისტემის გამოყენება, რომელსაც კოჭოვანი უჯრედი ეწოდება.

სამი ძირითადი ტიპის კოჭოვან უჯრედს განასხვავებენ: გამარტივებულს, ნორმალურს და გართულებულს.

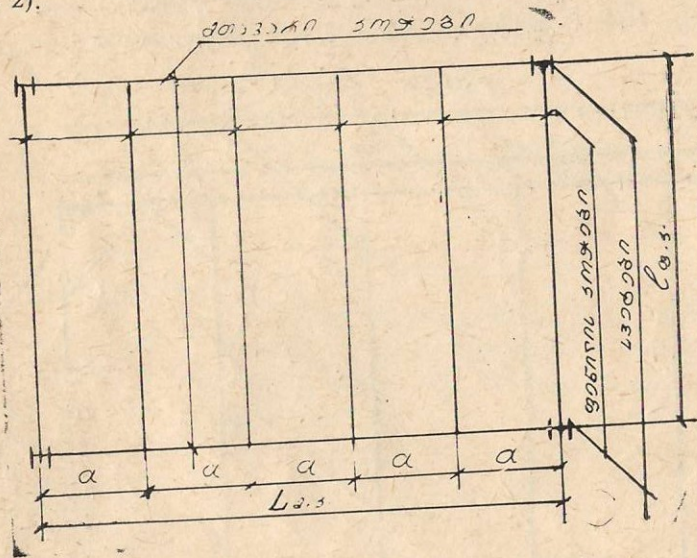
გამარტივებულ კოჭოვან უჯრედს გააჩნია ერთი მიმართულების მზიდი ფენილის კოჭები, რომლებსაც გადაეცემა ფენილზე მოსული დატვირთვები (ნახ. 1). ფენილის კოჭები განლაგებული არიან გადახურვის



ნახ. 1. გამარტივებული ტიპის კოჭოვანი უჯრედი

მცირე გვერდის პარალელურად  $a$ —მანძილზე, რომელსაც კოჭების ბიჯი ეწოდება. ფენილის მზიდუნარიანობის შეზღუდულობის გამო საჭირო ხდება ფენილის კოჭების ხშირი დაყენება  $a=0,6 \div 1,6$  მ ფოლადის და  $a=2 \div 3,5$  მ მანძილებზე რკინა-ბეტონის ფენილისას), რაც მიზანშეწონილია მათი მცირე სიდიდის მალეებისათვის და არაეკონომიურია შედარებით დიდი მალეებისათვის, კოჭის მზიდუნარიანობისა და საჭირო სიხისტის შეუსაბამობის მიზეზით.

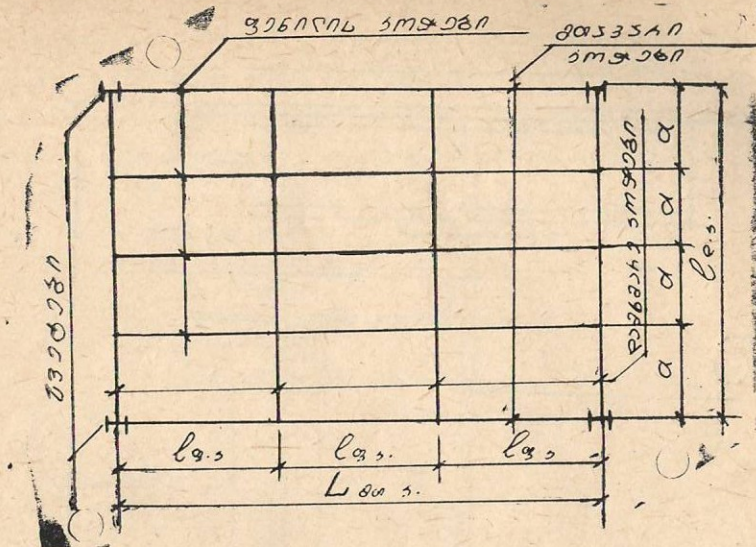
ამ ხარვეზს ავსებს ნორმალური ტიპის კოჭოვანი უჯრედი, რომელშიც დატვირთვა ფენილიდან უშუალოდ გადაეცემა ფენილის კოჭებს, ხოლო მათი საშუალებით მთავარ კოჭებს, დაყრდნობილს სვეტებზე ან ნაგებობის შემომფარგლავ სხვა მზიდ კონსტრუქციებზე (ნახ. 2).



ნახ. 2. ნორმალური ტიპის კოჭოვანი უჯრედი.

გართულებული ტიპის კოჭოვანი უჯრედი მოიცავს მთავარ, ფენილის და დამხმარე კოჭებს. დატვირთვა ფენილიდან გადაეცემა ფენილის კოჭებს, მათგან დამხმარეს, ამ უკანასკნელიდან მთავარს და ბოლოს სვეტებს (ნახ. 3).

როგორც წესი, ფენილის და დამხმარე კოჭები პროექტდება გაღლინული პროფილებისაგან, ხოლო მთავარი—ძირითადად შედუღებული შედგენილი ორტესებრი განივკვეთისა.



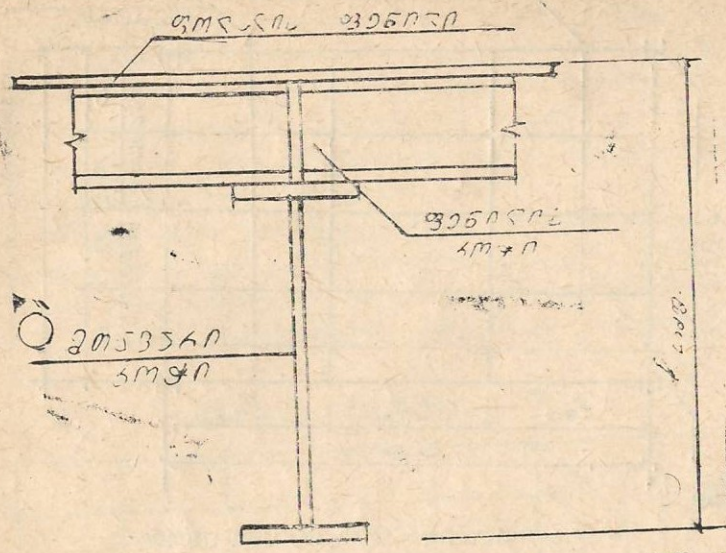
ნახ. 3. გართულებული ტიპის კოჭოვანი უჯრედი.

კოჭოვანი უჯრედის ტიპის ამორჩევა სხვა ფაქტორებთან ერთად დამოკიდებულია კოჭების ურთიერშეუღლებაზე სიმაღლის მიხედვით.

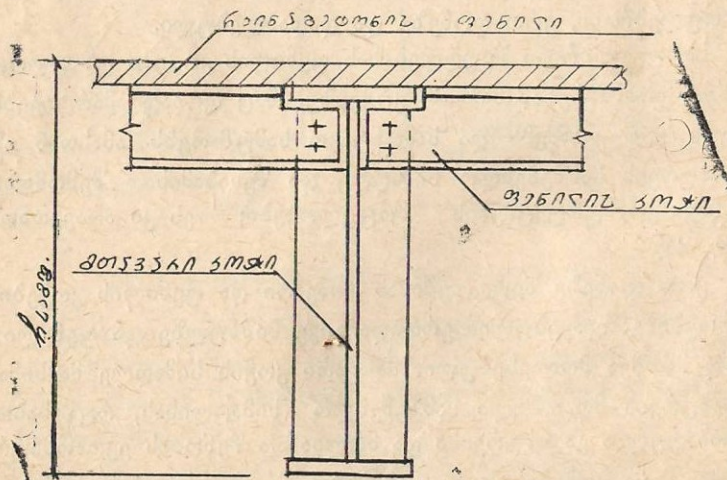
არსებობს სხვადასხვა სისტემის კოჭების სამი სახის შეუღლება: სართულბრივი, ერთ დონეზე და დადაბლებული.

სართულბრივი შეუღლებისას ფენილის კოჭები უშუალოდ თავსდება დამხმარე ან მთავარ კოჭებზე, რაც ფრიად ამარტივებს კონსტრუქციულ კვანძებს და სამონტაჟო სამუშაოებს. ამასთან იზრდება გადახურვის სამშენებლო სიმაღლე და შესაბამისად შემომფარგლავი და სხვა კონსტრუქციების მოცულობები; ეს კი არაეკონომიურია (ნახ. 4).

ერთ დონეზე შეუღლებისას მთავარი და ფენილის კოჭების ზედა თაროები განლაგებულია ერთიდაიგივე ნიშნულზე და ფენილი უშუალოდ მათზეა მოთავსებული. მთავარი კოჭის სიმაღლე მაქსიმალურია გადახურვის მოცემული სამშენებლო სიმაღლისას, რაც საბოლოოდ გამოხატულია გადახურვისა და მთლიანად შენობის ეკონომიურობაში, მიუხედავად კოჭების შეუღლებისა და დაყრდნობის კონსტრუქციების სირთულისა (ნახ. 5).

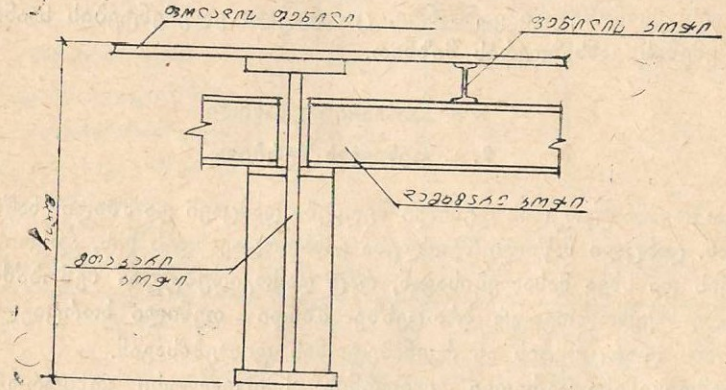


ნახ. 4. კოჭების სართულბრივი შეუღლება.



ნახ. 5. კოჭების ერთ ღონზე შეუღლება.

გართულებულ კოჭოვან უჯრედში გამოიყენება კოჭების დადაბლებული შეუღლება, რომელშიც მთავარი და ფენილის კოჭების ზედა თაროები ერთ სიბრტყეში არიან განლაგებული, ხოლო დამხმარე კოჭის ზედა თაროს სიბრტყე დადაბლებულია. შეუღლების ეს სახეც ეკონომიურია, მაგრამ ურთულესია სამივე სახეს შორის (ნახ. 5).



ნახ. 5 კოჭების დადაბლებული შეუღლება.

სამრეწველო შენობაში დანადგარებისა და მოწყობილობების განლაგებისა და მათი ხელსაყრელი ექსპლუატაციის პირობებიდან გამომდინარე, საპროექტო დავალებით მოცემულია კოჭოვანი უჯრედის შემდეგი ზომები: სიგრძე და სიგანე, სვეტებს შორის მანძილები, ფენილის ზედა ნიშნული და სათავსოს სიმაღლე (მათ შორის სხვაობა გადახურვის შესაძლო სამშენებლო სიმაღლეა).

კონსტრუქტორის მოვალეობაა მოცემული შენობისათვის უმარტივესი ტიპის კოჭოვანი უჯრედის გამოყენება, დატვირთვის საყრდენებზე გადაცემის უმოკლესი გზით.

ამრიგად კოჭოვანი უჯრედისა და კოჭების შეუღლების რაციონალური ტიპისა და სახის შერჩევა თითოეული შენობისათვის კონკრეტული ამოცანაა, რომელიც დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და როგორც წესი დგინდება შესაძლო კონსტრუქციულ გადაწყვეტათა ვარიანტების შედარების საფუძველზე.

§ 1. კოჭოვანი უჯრედის გაღის დაავალვა.

შესავალში განხილულია კოჭოვანი უჯრედისა და კოჭების სისტემების შეუღლებათა ტიპები და სახეები.

კოჭოვანი უჯრედის ტიპების ტექნიკურ-ეკონომიური ანალიზისათვის განიხილება ორი: ნორმალური (ლითონის და რკინაბეტონის ფენილით) და ერთი გართულებული ვარიანტი. დგინდება კოჭოვანი უჯრედის ეკონომიური ვარიანტი, ცალკეული ელემენტების საანგარიშო სქემების განსაზღვრის მიზნით.

§ 2. საანგარიშო ნაწილი

2. ა. ფენილის შერჩევა

კოჭოვანი უჯრედის ფენილი შედგება დამცავი და მზიდი ნაწილებისაგან. დამცავი ნაწილი შეიძლება იგანხორციელდეს ხის, აგურის, ასფალტის და სხვა მასალებისაგან, რაც დამოკიდებულია შენობაში მიმდინარე ტექნოლოგიურ პროცესზე. მზიდი ფენილი ხორციელდება ლითონის ფურცლების ან რკინაბეტონის ფილებისაგან.

გამოიყენება აგრეთვე ლითონის სპეციალური კონსტრუქციის ფენილი—საფარი (ზომებით 3X12 მ-მდე), რომელშიაც ფოლადის მზიდი ფურცელი ქვევიდან გამაგრებულია გრძივი და განივი წიბოებით, ხოლო ზემოდან მზიდ ფურცელზე მოწყობილია დამცავი ფენა.

კოჭოვანი უჯრედის ფენილი იანგარიშება ღუნვაზე.

2 ბ. გაგლინული კოჭის გაანგარიშება (ფენილის და დამხმარე კოჭები)

ძირითადად ასეთი კოჭებისათვის გამოიყენება გაგლინული ორტესებრი განივკვეთი.

დგინდება კოჭის საანგარიშო სქემა; განიხილება ორ საყრდენზე მდებარე სახსრულად დაყრდნობილი ან საყრდენებზე ნაწილობრივ ჩამაგრებული კოჭი. კოჭის ბოლოების ჩამაგრების ხარისხი დამოკიდებულია სხვადასხვა სისტემის კოჭების ურთიერთშეუღლებების სახეზე. ქვემოთ მოცემული ფორმულები შეესაბამება ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილ კოჭს, რომელზედაც მოქმედებს თანაბრადგანაწილებული დატვირთვა.

გადახურვის 1 მ<sup>2</sup>-ზე მოსული მუდმივი ნორმატიული— $G^5$  და საანგარიშო— $G$  დატვირთვათა ინტენსივობები განისაზღვრებიან ქვე-

მოთ მოყვანილ ცხრილში, რომელშიც მოცემულია სამრეწველო შენობის კოჭოვანი უჯრედის ერთ-ერთი ტიპიური ფენილი.

ცხრილი 1. გადახურვის 1 მ<sup>2</sup>-ზე მოსული დატვირთვები

№ დატვირთვის სახე	ნორმატიული დატვირთვა კნ/მ <sup>2</sup>	გადატვირვ. კოეფიციენტი	საანგარიშო დატვირთვა კნ/მ <sup>2</sup>
1. ასფალტის ფენა $t_{ასფ} = a_{გ}; \gamma_{ასფ} = 1,8 კნ/გმ$	$a \cdot \gamma_{ასფ}$	1,2	$1,2 \cdot a \cdot \gamma_{ასფ}$
2. რკინაბეტონის ფილა $t_{ფ} = b_{გ}; \gamma_{რკ.ბ} = 25 კნ/გმ$	$b \cdot \gamma_{რკ.ბ}$	1,1	$1,1 \cdot b \cdot \gamma_{რკ.ბ}$
3. დამხმარე კოჭის საკუთარი წონა $G_{დამ} = 1,5 A, B კნ/გ$	$G_{დამ}/b_{ფ.ა}$	0,05	$1,05 \cdot G_{დამ}/b_{ფ.ა}$
ს უ ლ	$G^5$	ს უ ლ	$G^6$

$$G^5 = a \cdot \gamma_{ასფ} + b \cdot \gamma_{რკ.ბ} + G_{დამ}/b_{ფ.ა}$$

$$G^6 = 1,2 \cdot \gamma_{ასფ} + 1,1 \cdot b \cdot \gamma_{რკ.ბ} + 1,05 \cdot G_{დამ}/b_{ფ.ა}$$

განისაზღვრება კოჭის 1 გრძივ მეტრზე მოსული თანაბრადგანაწილებული ნორმატიული დატვირთვის ინტენსივობა.

$$q^5 = (G^5 + P_{წ}^5) \cdot b_{ფ.ა} \quad (1)$$

სადაც  $P_{წ}^5$  არის დროებითი სასარგებლო ნორმატიული დატვირთვის ინტენსივობა, კნ/მ<sup>2</sup>-ზე (აიღება ნორმებიდან შენობის დანიშნულების მიხედვით);

$b_{ფ.ა}$  — კოჭების ბიჯი (კოჭებს შორის მანძილი).

კოჭის 1 გრძივ მეტრზე მოსული თანაბრადგანაწილებული საანგარიშო დატვირთვის ინტენსივობა

$$q^6 = (G^6 + P_{წ}^6 \cdot \gamma_{წ}) \cdot b_{ფ.ა} \quad (2)$$

სადაც  $\gamma_{წ}$  — გადატვირთვის კოეფიციენტი სასარგებლო დროებითი დატვირთვისათვის.

ა. მღუნავი მომენტისა და განივი ძალის საანგარიშო მნიშვნელობები გამოითვლება ფორმულებით

$$M_{აქ} = q^s \cdot L_{გ.ა}^2 / 3 \quad (3)$$

$$Q_{აქ} = q^s \cdot L_{გ.ა} / 2 \quad (4)$$

კოჭის საჭირო წინაღობის მომენტი პლასტიკური დეფორმაციების ვათეალისწინებით, ერთ-ერთ მთავარ სიბრტყეში ღუნვისას, გამოითვლება ფორმულით.

$$W_{6,მ.6}^{1,0} = M_{აქ} / C_1 \cdot R_y \cdot \gamma_c \quad (5)$$

სადაც  $C_1$  — კოეფიციენტი ითვალისწინებს პლასტიკური დეფორმაციების განვითარებას კოჭის განივკვეთში,  $C_1 \approx 1,1$ ;

$R_y$  — ფოლადის საანგარიშო წინაღობა დენადობის ზღვრის მიხედვით;

$\gamma_c$  — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, მთლიანკედლიანი კოჭებისათვის  $\gamma_c = 1,0$  (დან. № 13 [1]);

$W_{6,მ.6}^{1,0}$  -ს მიხედვით სორტამენტიდან ირჩევა შესაბამისი ორტესებრი განივკვეთი და მოწმდება ძაბვები ფორმულებით (როცა მხე-ბი ძაბვები  $\tau \leq 0,9 R_s$ , გარდა საყრდენებზე კოჭის კვეთებისა)

$$\sigma = M_{აქ} / W_6 \cdot C_1 \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (6)$$

$$\tau = Q_{აქ} \cdot S / J \cdot t \quad (6^a)$$

სადაც  $W_6$  არის განივკვეთის ნეტო წინაღობის მომენტი მატერიალური ღერძის მიმართ.

$$C_1 = C; \text{ როცა } \tau \leq 0,5 R_s \quad (7)$$

$$C_1 = 1,05 \cdot \beta \cdot C; \text{ როცა } 0,5 \cdot R_s < \tau \leq 0,9 \cdot R_s \quad (8)$$

$$\text{ამასთან } 1 < C_1 \leq C \quad (9)$$

აქ: საშუალო მხეები ძაბვა საყრდენზე

$$\tau = Q_{აქ} / t \cdot h \quad (10)$$

$$\beta = \sqrt{[1 - (\tau/R_s)^2] / [1 - \alpha \tau/R_s]^2} \quad (11)$$

$f, h$  — შესაბამისად კოჭის კვეთის კედლის სისქე და სიმაღლე;  
 $\alpha = 0,7$  — კოეფიციენტი ორტესებრი კვეთისათვის, რომელსაც

უნდება კედლის სიბრტყეში ღუნვა.  $\alpha = 0$  სხვა განივკვეთებისათვის;

$R_s$  — ფოლადის საანგარიშო წინაღობა ძვრაზე;

$C$  — დამოკიდებულია განივკვეთის ფორმაზე, თაროსა და კედლის განივკვეთების ფართების ფარდობაზე (ცხრილი №2) და პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების ხარისხზე.

ცხრილი 2. C-კოეფიციენტის განსაზღვრა

განივკვეთის სქემა	$A_f / A_w$	C
	0,25	1,19
	0,50	1,12
	1,0	1,07
	2,0	1,04

ბ. მოწმდება კოჭის განივკვეთი ჩალუნვაზე ფორმულით (ზღვრული მდგომარეობის მეოთხე წესი)

$$f/L = 5 \cdot q^s \cdot L^3 / 334 \cdot E \cdot J \leq |f| \quad (12)$$

სადაც  $|f/L|$  არის კოჭის ზღვრული ფარდობითი ჩალუნვა მთავარი კოჭებისათვის;

$|f/L_{გ.ა}| = 1/400$ ; დამხმარე კოჭებისათვის —  $f/L_{გ.ა} = 1/250$ ; ფენილის კოჭებისათვის —  $|f/L_{გ.ა}| = 1/150$ ;

$E$  — მასალის დრეკადობის მოდული;

$J$  — განივკვეთის ინერციის მომენტი მატერიალური ღერძის მიმართ;

გ. კედლის სიბრტყეში ღუნვადი ორტესებრი განივკვეთის საერთო მდგომარეობაზე შემოწმება სწარმოებს ფორმულით

$$M / \phi_b \cdot W_6 \leq R_y \gamma_c \quad (13)$$

სადაც  $W_6$  არის შეკუმშული სარტყლის (თაროს) წინაღობის მომენტი;

$\gamma_c = 0,95$  — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი კოჭის საერთო მდგრადობაზე შემოწმებისას

$$\varphi_b = \varphi_1, \text{ როცა } \varphi_1 \leq 0,85;$$

$$\varphi_b = 0,68 + 0,21\varphi_1, \text{ როცა } \varphi_1 > 0,85.$$

$\varphi_b$  — მზიდუნარიანობის შემამცირებელი კოეფიციენტი ორი სიმეტრიის ღერძით ორტესებრი განივკვეთების მდგრადობაზე შემოწმებისას; დამოკიდებულია  $\varphi_1$  — კოეფიციენტზე, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით (ამასთან  $\varphi_b < 1$ )

$$\varphi_1 = \psi \cdot J_y \cdot h^2 \cdot E / J_x \cdot L_{ef} \cdot R_y \quad (14)$$

სადაც  $\psi$  — განისაზღვრება ცხრ. № 3-დან  $\alpha$  — პარამეტრისა და დატვირთვის სახეობის მიხედვით. გაგლინული ორტესებრი კვეთისათვის

$$\alpha = 1,54 \cdot J_1 \cdot L_{ef}^2 / J_y \cdot h^2 \quad (15)$$

აქ:  $L_{ef}$  — კოჭის საანგარიშო სიგრძე;

$h$  — განივკვეთის მთლიანი სიმაღლე;

$J_y, J_x$  — განივკვეთის ინერციის მომენტები შესაბამისად „y—y“ და „X—X“ ღერძების მიმართ;

$J_1$  — განივკვეთის ინერციის მომენტი გრეხვისას.

კოჭი საერთო მდგრადობაზე შემოწმებას არ საჭიროებს თუ:

1. დატვირთვის გადაცემა ხდება ხისტი ფენილით, რომელიც უწყვეტად (მთელ სიგრძეზე) ეყრდნობა კოჭის ზედა სარტყელს და სამიწოდ კავშირშია მასთან (რკინაბეტონის ფილები, ბრტყელი და პროფილირებული ლითონის ფენილი, ტალღოვანი ფოლადი და სხვა).

2. კოჭის საანგარიშო სიგრძის ფარდობა შეკუმშული სარტყლის სიგანესთან  $L_{ef}/b$  არ აღემატება ცხრ. 4 მოცემულ სიდიდეებს.

№ 4 ცხრილში მიღებულია აღნიშვნები:

$b, t$  — შესაბამისად შეკუმშული სარტყლის სიგანე და სისქე;

$h$  — მანძილი (სიმაღლე) სარტყლის ფურცლების ღერძებს შორის;

$L_{ef}$  — კოჭის საანგარიშო სიგრძე.

ცხრილი 3.  $\varphi$ -კოეფიციენტის საანგარიშო ფორმულები.

კოჭის ზედა სარტყლის დატვირთვა რიგები მალში	დატვირთვის სახეობა კოჭის მალში	დატვირთულია სარტყელი	$\varphi$ -კოეფიციენტის მნიშვნელობები $\alpha$ -კოეფიციენტის მიხედვით	
			$0,1 \leq \alpha \leq 40$	$40 < \alpha \leq 100$
დამავრების გარეშე	შეყურსული	ზედა ქვედა	$\varphi = 1,75 + 0,09\alpha$ $\varphi = 5,05 + 0,09\alpha$	$\varphi = 3,3 + 0,053\alpha - 4,5 \cdot 10^{-5}\alpha^2$ $\varphi = 6,6 + 0,053\alpha - 4,5 \cdot 10^{-5}\alpha^2$
	თანაბრად განაწილებული	ზედა ქვედა	$\varphi = 1,6 + 0,08\alpha$ $\varphi = 3,8 + 0,08\alpha$	$\varphi = 3,15 + 0,04\alpha - 2,7 \cdot 10^{-5}\alpha^2$ $\varphi = 5,35 + 0,04\alpha - 2,7 \cdot 10^{-5}\alpha^2$
ორი და მეტი, რომლებიც მალს ყოფენ თანაბარ ნაწილებად	ნებისმიერი	ნებისმიერი	$\varphi = 2,25 + 0,07\alpha$	$\varphi = 3,6 + 0,04\alpha - 3,5 \cdot 10^{-5}\alpha^2$

ცხრილი 4.  $L_{ef}/b$  -ფარდობის მაქსიმალური სიდიდეები.

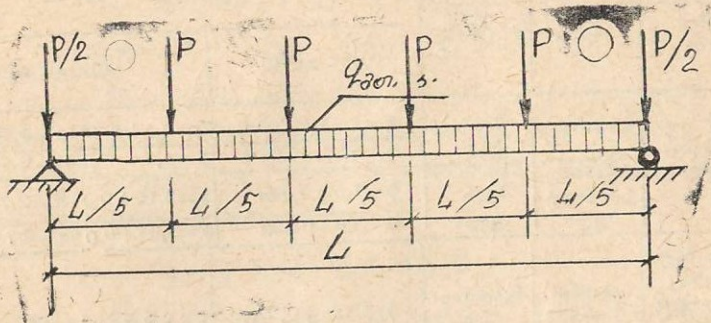
დატვირთვის მოდების აღვლი	$L_{ef}/b$ — მაქსიმალური სიდიდეები, როდესაც გაგლინული და შეღუფლებული კოჭების მდგრადობაზე განგარიშება საჭირო არ არის $1,0 \leq h/b < 6$ და $15 \leq b/t \leq 35$
ზედა სარტყელი	$L_{ef}/b = [0,35 + 0,0032 \cdot b/t + (0,76 - 0,02 \cdot b/t) \cdot b/h] \cdot \sqrt{E/R_y}$
ნებისმიერ ღონეზე, თუ განგარიშდება კოჭის ნაწილი კვეთებს შორის ან სუფთა ღუნვისას	$L_{ef}/b = [0,41 + 0,0032 \cdot b/t + (0,73 - 0,016 \cdot b/t) \cdot b/h] \cdot \sqrt{E/R_y}$

### § 2. 3. მთავარი (შეღვენილი შეღუფებული) კოჭის განგარიშება

#### 1. საანგარიშო სქემის დადგენა

მთავარი კოჭი წარმოადგენს ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე ღუნვად ელემენტს, რომელიც დატვირთულია მისი საკუთარი წონით გამოწვეული თანაბრად განაწილებული მუდმივი დატვირთვით. ფენილის დატვირთვა მას გადაეცემა ფენილის კოჭებიდან შეყურსული და-

ლების სახით, რომლებიც ფენილის კოჭების გაორკეცებული რეაქციის ტოლი არიან (ნახ. 6).



ნახ. 6. მთავარი კოჭის საანგარიშო სქემა.

როცა მთავარ კოჭს მალში გადაეცემა 2, 3 ან 4 შეყურსული ძალა, მისი რეაქციისა და მლუნავი მომენტების გამოთვლა სირთულეს არ წარმოადგენს. თუ შეყურსული ძალების რიცხვი 5 ან მეტია, მათი შემოქმედება შეიძლება შეიცვალოს თანაბრადგანაწილებული დატვირთვით, რომლის ინტენსივობა ტოლია

$$P_1 = \Sigma P / L \quad (16)$$

ამრიგად, მთავარი კოჭის ერთგვრივ მეტრზე მოქმედებენ თანაბრადგანაწილებული დატვირთვები: ნორმატიული

$$q_{გთ}^n = g_n + P_1^6 \cdot l_{გ.კ.} + q_{გ.კ.}^n \quad (17)$$

საანგარიშო

$$q_{გთ}^b = (g^b + P_1^6 \cdot \gamma_d) \cdot L_{გ.კ.} + q_{გ.კ.}^b \cdot \gamma_a \quad (18)$$

აქ,  $q_{გ.კ.}^n$  — მთავარი კოჭის 1 გრძივი მ-ის საკუთარი წონა და საორიენტაციოდ მიიღება (1 ÷ 2) % მთლიანდ დატვირთვიდან.

## 2. ძალების განგარიშება

მთავარ კოჭში მლუნავი მომენტების მაქსიმალური მნიშვნელობები, გამოწვეული ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვების შემოქმედებით, გამოითვლება ფორმულებით:

$$M_{გ.კ.}^n = q_{გთ}^n \cdot L^2 / 3; \quad M_{გ.კ.}^b = q_{გთ}^b \cdot L^2 / 3 \quad (19)$$

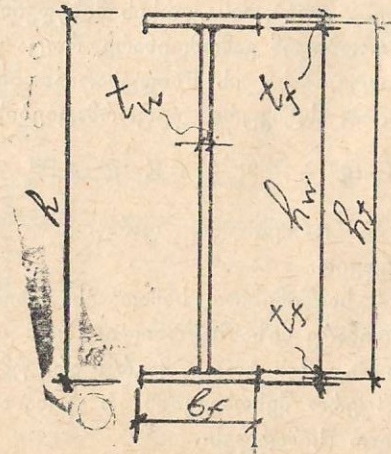
საანგარიშო ძალა (განივი) კოჭის საყრდენზე ტოლია

$$Q_{გ.კ.}^b = q_{გთ}^b \cdot L / 2 \quad (20)$$

## 3. განივკვეთის ზომების დადგენა

ცნობილია, რომ შედგენილი კვეთები კოჭებში გამოიყენებიან მაშინ, როცა გაგლინული პროფილები ვერ აკმაყოფილებენ სიმტკიცის, სიხისტის, საერთო მდგრადობისა და სხვა მოთხოვნებს.

ასეთ შემთხვევებში (დიდი მძაღვისა და საანგარიშო ძალებისას) გამოიყენებიან ძირითადად შედუღებული ორტესებრივი განივკვეთის კოჭები, რომლებიც შედგებიან ფოლადის სამი ფურცლისაგან; ორი თარაზული—ასრულებს სარტყლების, ხოლო ერთი ვერტიკალური—კოჭის შვეული კედლის ფუნქციებს (ნახ. 7).



ნახ. 7. მთავარი კოჭის განივკვეთი.

ლითონის ეკონომიის მიზნით ხდება კოჭის განივკვეთის ცვლილება მის სიგრძეზე, მღუნავ მომენტთა ებიურის შესაბამისად, სარტყლების განივკვეთის ზომების ცვლილების გზით.

განივკვეთის ზომების სწორად დადგენა საწინდარია, მთლიანად კონსტრუქციის ეკონომიურობის და ტექნოლოგიურობისა.

### კვეთის სიმაღლის განსაზღვრა

ეს პარამეტრი განისაზღვრება:

1. მასალის მინიმალური ხარჯვის პირობით

$$h_{\text{ოპტ}} = K \cdot \sqrt{W_{\text{საჭ}} / t_w} \quad (21)$$

სადაც  $h_{\text{ოპტ}}$  არის კვეთის ოპტიმალური სიმაღლე:

$K$  — დამოკიდებული კოჭის კონსტრუქციულ გაფორმებაზე — სარტყლებისა და კედლის კონსტრუქციულ კოეფიციენტებზე. ცვლადკვეთიანი შედუღებული შედგენილი კოჭებისათვის  $K=1,15$ ;

$t_w$  — კედლის სისქე.

კოჭის წინაღობის მომენტი პლასტიკური დეფორმაციების გათვალისწინებით გამოითვლება ფორმულით

$$W_{\text{საჭ}} = M_{\text{მაქს}}^{\text{ს}} / R_y \cdot \gamma_c \cdot C_1 \quad (22)$$

სადაც  $R_y$  — აიღება ფლადის კლასის მიხედვით.

2. სიხისტის პირობიდან გამომდინარე, როცა უზრუნველყოფილია აუცილებელი სიხისტე, მასალის მზიდუნარიანობის მთლიანად გამოყენებისას, დრეკად-პლასტიკური დეფორმაციების გათვალისწინებით

$$h_{\text{სიხ}} = [5 \cdot R_y \cdot C_1 \cdot L \cdot (g^5 + P_{\text{ღ}}^5)] / [24 \cdot E \cdot (g^5 + P_{\text{ღ}}^5 \cdot \gamma_c)] \times [l/f] \quad (23)$$

სადაც  $(L/f)$  — აიღება ნორმებიდან, ფარდობითი ზღვრული ჩაღუნვის  $(f/L)$  — მიხედვით.

3. გადახურვის სამშენებლო სიმაღლის მიხედვით.

აქედან გამომდინარე მიზანშეწონილია, რომ კოჭის სიმაღლე მივიღოთ დაახლოებით  $h_{\text{ოპტ}}$  -ის ტოლი, მაგრამ არა უმცირესი ვიდრე  $h_{\text{სიხ}}$  -ია. ამასთან იგი არცერთ შემთხვევაში არ უნდა აღემატებოდეს გადახურვის სამშენებლო სიმაღლეს.

$$h_{\text{სიხ}} \leq h_1 = h_{\text{ოპტ}} \leq h_{\text{საშპ}} \quad (24)$$

### კედლის სისქის განსაზღვრა

განივკვეთის შევუღლი კედლის სისქე განისაზღვრება:

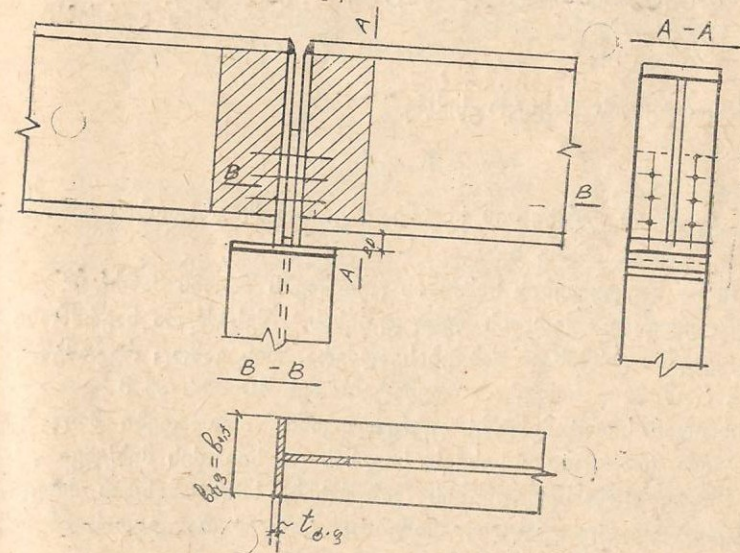
1. ემპირიული ფორმულით, რაც გვაძლევს  $1 \div 2$  მ სიმაღლის კოჭებისათვის რაციონალურ მნიშვნელობას

$$t_w = 7 + 3 \cdot h_3 / 1000 \text{ მმ} \quad (25)$$

2. ნ. კ. უურავსკის ფორმულის საფუძველზე, რაც იძლევა ოპტიმალურ განივკვეთს ( $2 \cdot A_f = A_w$ , როცა შიდა ძალების მხარი  $J/S = 0,85$  მივიღებთ

$$t_w^{\text{ოპტ}} = 1,2 \cdot Q_{\text{მაქს}}^{\text{ს}} / h \cdot R_s \cdot \gamma_c \quad (25^{\text{ა}})$$

თუ ჭრილი შედგენილი კოჭის დაყრდნობა ხდება ტორსის ფურცლით (ნახ. 7 ა). ითვლება, რომ მხებ ძაბვებზე მუშაობს მხოლოდ კო-



ნახ. 7. ა. კოჭის დაყრდნობა ტორსის ფურცლით.

ის კედელი, მაშინ როცა კოჭის სარტყლები ვერ ჩაერთვნენ მუშაობაში. ამ შემთხვევაში კედლის სისქე განისაზღვრება პირობიდან

რ. ბიძინაშვილი

$$t_w = 3 \cdot Q / 2 \cdot h \cdot R_s \quad (25^b)$$

#### 4. კოჭის კვეთის შერჩევა

განისაზღვრება კოჭის კვეთის საჭირო ინერციის მომენტი ფორმულით

$$J_{კოჭ} = W_{საჭ} \cdot h_3 / 2 \quad (26)$$

$J_{კოჭ}$  — ნაწილდება კოჭის კედელსა და სარტყლებზე

$$J_{კოჭ} = J_{კედ} + J_{სარტ} \quad (27)$$

კედლის ინერციის მომენტი გამოითვლება ფორმულით

$$J_{კედ} = t_w \cdot h_{კედ}^3 / 12 \quad (28)$$

კოჭის სარტყლებზე მოსული ინერციის მომენტი ტოლია

$$J_{სარტ} = J_{კოჭ} - J_{კედ} = 2 \cdot A_f \cdot (h_f / 2)^2 = 2 \cdot b_f \cdot t_f \cdot (h_f / 2)^2$$

აქედან სარტყლის საჭირო სისქე

$$t_f = 2 \cdot J_{სარტ} / b_f \cdot h_f^2 \quad (29)$$

სადაც  $h_f$  არის სარტყლის სიგანე. საერთო მდგრადობის პირობიდან

გამომდინარე  $b_{f1} \approx (1/3 + 1/5) h_3$ ;

$h_f$  — სარტყლების სიმძიმის ცენტრებს შორის მანძილი.

სარტყლის და კედლის შედუღებისას, შესაძლოა საგრძნობი სიდიდის ჯდენის გამოქმნა დაბეჭდვის ალბერა, რის გამოც რეკომენდირებულია, რომ  $t_f$  — სისქე არ აღემატებოდეს 40 მმ-ს ან  $3 t_w$ -ს.

ენიდან სორტამენტში ფურცლოვანი ფოლადები მოცემული გარკვეული გრადაციით: სისქის, სიგანის და სიგრძის მიხედვით, საჭიროა გამოთვლილი სიდიდეების დაზუსტება სორტამენტის მიხედვით კვეთის დაზუსტებული ზომებით ისაზღვრება კვეთის ინერციის მომენტი

$$J = J_{კედ}' + 2 \cdot J_{სარტ}' = t_w' \cdot (h_{კედ}')^3 / 12 + 2 \cdot b_{f1}' \cdot t_f' \cdot (h_f' / 2)^2 \quad (3)$$

აქ არ არის გათვალისწინებული სარტყლების ინერციის მომენტები, მათი სიმძიმის ცენტრებზე გამავალი ღერძების მიმართ — სიმცირის გამო. კვეთის წინააღობის მომენტი.

$$W_3' = 2 \cdot J / h_3' \quad (31)$$

საბოლოოდ მოწმდება ძაბვა განივკვეთში ფორმულით

$$\sigma = M_{გაქმ} / C_1 \cdot W_3' \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (32)$$

პარამეტრები პრიმიანი აღნიშვნებით შეესაბამება დაზუსტებულ განივკვეთს.

#### 5. კოჭის სიგრძეზე განივკვეთის ცვლილების შესახებ

განივკვეთის ცვლილება ხელსაყრელია სარტყლის სისქის ან სიგანის შეცვლით. ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე კოჭში, რომელზეც მოქმედებს თანაბრადგანაწილებული დატვირთვა, კვეთის ცვლის უხელსაყრელესი წერტილი (რომელსაც შეესაბამება ფოლადის მინიმალური ხარჯი) მდებარეობს საყრდენიდან  $1/6 \cdot L$  — მანძილზე აღნიშნულ კვეთში მომენტის პოვნა შესაძლებელია გრაფიკულად და ანალიზურად ფორმულით

$$M_{1(x)} = q_{გთ}^b \cdot x \cdot (1 - x) / 2 \quad (33)$$

$M_1$  — მიხედვით განისაზღვრება საჭირო წინააღობის მომენტი  $W_1$  და ხდება ყველა პარამეტრების დადგენა ზემოთ განხილული გზით — ამასთან საჭიროა დატული იყოს პირობები

$$\left. \begin{aligned} b_{1,f} &\geq h_3 / 10; \\ b_{1,f} &\geq 180 \text{ მმ}; \\ b_{1,f} &\geq b_f / 2; \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

სადაც  $b_{1,f}$  — შემცირებული განივკვეთის სარტყლის სიგანე.

მეორე ხერხით ინიშნება  $b_{1,f}$  — სიგანე და შემცირებული განივკვეთისათვის განისაზღვრება: ინერციის და წინააღობის მომენტები, მლუნავი მომენტი კვეთის ამტანუნარიანობის მიხედვით

$$J_1 = J_{კედ} + 2 \cdot b_{1,f} \cdot t_f \cdot (h_f / 2)^2$$

$$W_1 = 2 \cdot J_1 / h_3; \quad M_1 = W_1 \cdot C_1 \cdot R_y \cdot \gamma_c \quad (35)$$

პირობიდან  $M_{I(x)} = M_1$  განისაზღვრება აბსცისა, საყრდენიდან კვეთის ცვლის წერტილის თეორიული დაცილება.

### 6. კოჭის ელემენტების ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება

#### კოჭის კედელი

ადგილობრივი მდგრადობის უზრუნველსაყოფად კოჭის კედელი მაგრდება:

განივი ძირითადი სიხისტის წიბოებით—ეწყობა კედლის მთელ სიმაღლეზე;

განივი ძირითადი და გრძივი სიხისტის წიბოებით;

განივი ძირითადი და შუალედი მოკლე სიხისტის წიბოებითა და გრძივი წიბოთი (ამასთან შუალედი მოკლე წიბოები თავსდება შეკუმშულ სარტყელსა და გრძივ წიბოს შორის).

მდგრადობაზე მოწმდება კედლის სწორკუთხა მოხაზულობის ნაწილი (ფირფიტა), რომელიც მოთავსებულია სარტყლებსა და მეზობელ განივ ძირითად წიბოებს შორის. საანგარიშო სიდიდეებად მიღებულია:

$a$  — მანძილი ძირითადი განივი სიხისტის წიბოების დერძებს შორის;

$h_{ef}$  — კედლის საანგარიშო სიმაღლე.

შედუღებულ კოჭებში (ნახ. 8)

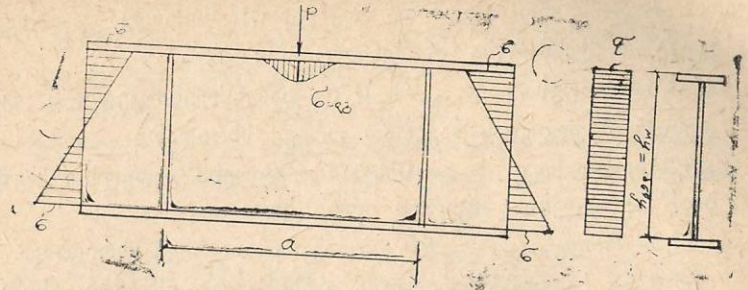
$$h_{ef} = h_{კედ} \quad (36)$$

კედლის მდგრადობის შემოწმება სწარმოებს დაძაბული მდგომარეობის ყველა კომპონენტების მიხედვით ( $\sigma$ ,  $\tau$ ,  $\sigma_{დგ}$ ), რომლებიც განისაზღვრებიან მასალის დრეკად სტადიაში მუშაობის დაშვებით, ბრუტო კვეთისათვის,  $\varphi_3$  — კოეფიციენტის გაუთვალისწინებლად, ფორმულებით:

$$\sigma = M \cdot y / J_x \quad (37)$$

$$\tau = Q / t_w \cdot h_{კედ} \quad (38)$$

$M$  და  $Q$ —მლუნავი მომენტისა და განივი ძალის საშუალო მნიშვნელობებია ფირფიტის ფარგლებში. თუ ფირფიტის სიგრძე მეტია მის საანგარიშო სიმაღლეზე, მაშინ  $M$  და  $Q$  უნდა გამოითვალოს ყველაზე



ნახ. 8. მთავარი კოჭის ფრაგმენტი და განივკვეთი.

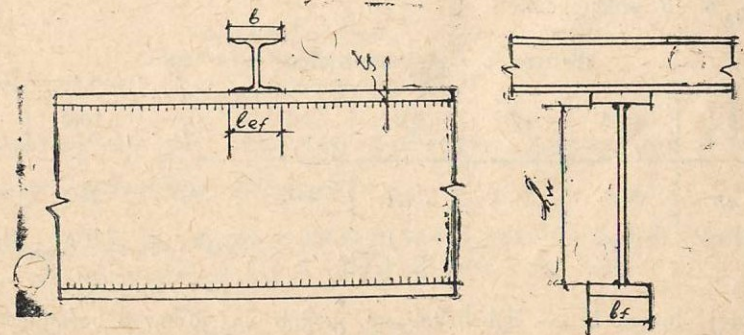
დაძაბული უბნისათვის, რომლის სიგრძეც ფირფიტის სიმაღლის ტოლია.

თუ ფირფიტის ფარგლებში  $M$  და  $Q$  იცვლიან ნიშანს, მაშინ საშუალო მნიშვნელობები უნდა განისაზღვროს ფირფიტის ერთიან უბნის ფარგლებში. ადგილობრივი ძაბვა კედელში შეეყურსული ტვირთის ქვეშ განისაზღვრება ფორმულით

$$\sigma_{დგ} = P / t_w \cdot L_{ef} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (39)$$

სადაც  $L_{ef}$  — დატვირთვის გავრცელების პირობითი სიგრძეა და ტოლია (ნახ. 9)

$$L_{ef} = b + 2 \cdot t_f \quad (40)$$



ნახ. 9. დატვირთვის გავრცელების პირობითი სიგრძის განსაზღვრა.

ნორმების თანახმად კოჭის კედლის მდგრადობაზე შემოწმება საჭირო არ არის, თუ პირობითი მოქნილობის სიდიდე  $\lambda_w = h_{კვლ}/t_w) \times \times |R_y/E|$  არ აღემატება მნიშვნელობებს:

$\bar{\lambda}_w \leq 3,5$ —როდესაც  $\sigma_{აღ} = 0$  და სარტყლები კედელს უკავშირდებიან შედუღების ნაკერით ორივე მხრიდან;

$\bar{\lambda}_w \leq 3,2$ —როდესაც  $\sigma_{აღ} = 0$  და სარტყლები კედელს უკავშირდებიან შედუღების ნაკერით ერთი მხრიდან;

$\bar{\lambda}_w \leq 2,5$ —როდესაც  $\sigma_{აღ} \neq 0$  და ნაკერები ორივე მხრიდანაა.

დამხმარე სახელმძღვანელოში განხილულია მხოლოდ სიმეტრიული (ორჯესებრი შედუღებული) კვეთის კოჭის კედლის მდგრადობაზე გაანგარიშება, რომელიც გამაგრებულია განივი ძირითადი სიხისტის წიბოებით.

6.1. თუ  $\sigma_{აღ} = 0$  და  $\lambda_w \leq 6$  მდგრადობა მოწმდება ფორმულით

$$\sqrt{(\sigma/\sigma_{კრ})^2 + (\tau/\tau_{კრ})^2} \leq \gamma \quad (41)$$

აქ  $\gamma_c = 1$  მუშაობის პირობების კოეფიციენტია კრიტიკული ნორმალური ძაბვა

$$\sigma_{კრ} = C_{კრ} \cdot R_y / \bar{\lambda}_w^2 \quad (42)$$

კრიტიკული მხები ძაბვა

$$\tau_{კრ} = 1,3 \cdot (1 + 0,76/\mu^2) R_s / \bar{\lambda}_{ef}^2 \quad (43)$$

შედუღებული კოჭებისათვის  $C_{კრ}$  განისაზღვრება ცხრილი № 5-დან, ბ-ს მიხედვით

ცხრილი 5.  $C_{კრ}$ -კოეფიციენტის განსაზღვრა.

$\delta$	$\leq 0,8$	1,0	2,0	4,0	6,0	10,0	$\geq 30$
$C_{კრ}$	30,0	31,5	33,3	34,0	34,8	35,1	35,5

$$\delta = \beta \cdot b_f \cdot t_f^3 / h_{ef} \cdot t_w^3 \quad (44)$$

სადაც  $b_f$  და  $t_f$  — შესაბამისად, კოჭის შეკუმშული სარტყლის სიგანე და სისქე;

$\beta = \infty$ —ზედა სარტყელზე ფილების უწყვეტად დაყრდნობისას;

$\beta = 0,8$ —დანარჩენ შემთხვევებში;

$\mu$  — ფირფიტის დიდი გვერდის მცირესთან ფარდობა;

$d$  — ფირფიტის მცირე გვერდი ( $h_{ef}$  ან  $a$ )

$$(43) \text{ ფორმულაში } \bar{\lambda}_{ef} = (d/t_w) \cdot \sqrt{R_y/E}$$

6.2. თუ სიმეტრიული კვეთის კედელი გაანგარიშდება მდგრადობაზე პლასტიკური დეფორმაციების წარმოშობის გათვალისწინებით, როცა

$$\sigma_{აღ} = 0; \tau \leq 0,9 R_s; A_f/A_w \geq 0,25; 2,2 \leq \lambda_w \leq 6$$

ანგარიში სწარმოებს ფორმულით

$$M \leq R_y \cdot \gamma_c \cdot h_{ef}^2 \cdot t_w \cdot (A_f/A_w + \alpha) \quad (45)$$

სადაც

$$\alpha = 0,24 - 0,15 \cdot (\tau/R_s)^2 - 8,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\bar{\lambda}_w - 2,2)^2 \quad (46)$$

6.3. თუ  $\sigma_{აღ} \neq 0$ , გაანგარიშება სწარმოებს ფორმულით

$$\sqrt{(\sigma/\sigma_{კრ} + \sigma_{აღ}/\sigma_{აღ,კრ})^2 + (\tau/\tau_{კრ})^2} \leq \gamma_c \quad (47)$$

სადაც  $\sigma$ ,  $\tau$  და  $\sigma_{აღ}$  განისაზღვრებიან შესაბამისად (37), (38) და (39) ფორმულებით;

$\tau_{კრ}$  — განისაზღვრება (43) ფორმულით;

$\sigma_{კრ}$  და  $\sigma_{აღ,კრ}$  განისაზღვრება:

ა. თუ  $a/h_{კვლ} \leq 0,8$ , მაშინ  $\sigma_{კრ}$  — (42) ფორმულით და

$$\sigma_{აღ,კრ} = C_1 \cdot R_y / \bar{\lambda}_a^2 \quad (48)$$

$$\text{სადაც } \bar{\lambda}_a = (a/t_w) \cdot \sqrt{R_y/E}$$

$C_1$ —განისაზღვრება ცხრ. 6-დან (44) ფორმულით გამოთვლილი  $\delta$ -სა და  $a/h_{კვლ}$  — ფარდობის მიხედვით.

ბ. თუ  $a/h_{კვლ} > 0,8$  და  $\sigma_{აღ}/\sigma < 3,939$  (3,939—ცხრილში მაქსიმალური სიდიდეა ამ ფარდობისათვის)

$$\sigma_{კრ} = C_2 \cdot R_y / \bar{\lambda}_w^2 \quad (49)$$

ცხრილი 6.  $C_1$ -კოეფიციენტის მნიშვნელობები.

ბ	a/h <sub>კვლ</sub>								
	≤ 0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	≥ 2,0
≤ 1	11,5	12,4	14,8	18,0	22,1	27,1	32,6	38,9	45,6
2	12,0	13,0	16,1	20,4	25,7	32,1	39,2	46,5	55,7
4	12,3	13,3	16,8	21,6	28,1	36,3	45,2	54,9	65,1
6	12,4	13,5	16,8	22,1	29,1	38,3	48,7	59,4	70,9
10	12,4	13,6	16,9	22,5	30,0	39,7	51,0	63,3	76,5
≥ 30	12,5	13,7	17,0	22,5	31,0	41,6	53,8	68,2	83,6

ცხრილი 7.  $C_2$ -კოეფიციენტის მნიშვნელობები.

ბ	a/h <sub>კვლ</sub>							
	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	≥ 2,0
≤ 1	0	0,146	0,183	0,267	0,359	0,445	0,540	0,518
2	0	0,109	0,169	0,277	0,406	0,543	0,652	0,759
4	0	0,072	0,129	0,281	0,479	0,711	0,930	1,132
5	0	0,066	0,127	0,288	0,536	0,874	1,192	1,454
10	0	0,059	0,122	0,296	0,574	1,002	1,539	2,154
≥ 30	0	0,047	0,112	0,300	0,633	1,283	2,249	3,939

აქ:  $C_2$ —განისაზღვრება ცხრილი № 7-დან  $a/h_{კვლ}$  და ბ-ს მიხედვით წრფივი ინტერპოლაციით;

აღმკრ — განისაზღვრება (48) — ფორმულით, რომელშიც:

თუ  $a/h_{კვლ} > 2$ , მიღებული უნდა იქნას  $a = 2 \cdot h_{კვლ}$ .

ბ. თუ  $a/h_{კვლ} > 0,8$  და  $\sigma_{აღმკრ} \leq 3,939$

$\sigma_{კრ}$  — განისაზღვრება (42) ფორმულით;

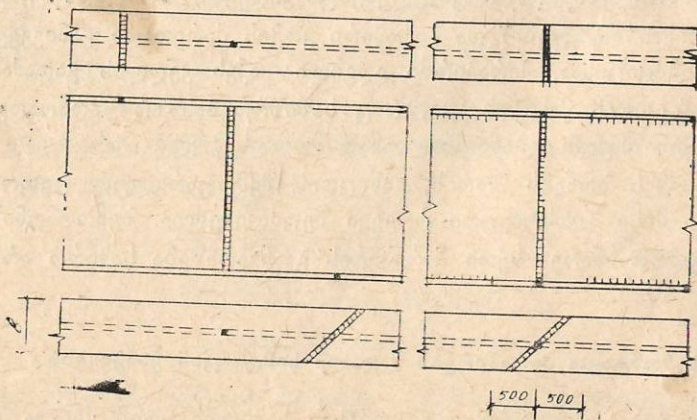
$\sigma_{აღმკრ}$  — განისაზღვრება (48) ფორმულით, მაშინ  $a$  — სიდიდის ნაცვლად  $a/2$ -ის ჩასმით.

§ 2. ლ. შეღვენილი კოჭის კონსტრუქციის დაპროექტება  
შეღვენილი კოჭის პირაპირები

კოჭებში არსებობს ორი ტიპის პირაპირი საქარხნო და სამონტაჟო.

საქარხნო პირაპირები ხორციელდებიან ქარხანაში და წარმოადგენენ კოჭის ცალკეული ელემენტების შეერთებებს (კედლის, სარტყლები), რომლებიც კეთდებიან სორტამენტის შეზღუდულობის ან ქარხნის სტენდებსა და დანადგარ—მოწყობილობებზე გარკვეული გაბარიტების კონსტრუქციითა და მზადების შესაძლებლობის გამო. მათი ადგილი კოჭის სიგრძეზე დამოკიდებულია ქარხანაში არსებული ნაგლინი პროფილების სიგრძეებზე, კონსტრუქციულ მოსაზრებებზე (მაგალითად კედლის პირაპირი არ უნდა ემთხვეოდეს დამხმარე კოჭის მთავართან შეუღლების ადგილს, სიხისტის წიბოების განლაგების სიბრტყეებს). აუცილებელია ცალკეული ელემენტების პირაპირები მოეწყოს კოჭის სიგრძეზე სხვადასხვა ადგილებში, შეძლებისდაგვარად განიკვეთის შესუსტების თავიდან ასაცილებლად (ნახ. 10 ა).

სამონტაჟო პირაპირები ხორციელდებიან კონსტრუქციების მონტაჟისას და მათი არსებობა დაკავშირებულია მთლიანად კონსტრუქციის დიდ მასას ან გაბარიტულ ზომებთან. ასეთ შემთხვევაში კოჭი იყოფა გასაგზავნად ელემენტებად (პირაპირები ჭრილ კოჭებში განლაგდებიან: მალის შუაში ან სიმეტრიულად შუის მიმართ), რომლებიც



ნახ. 10. მთავარი კოჭის პირაპირები: ა. ქარხნული; ბ. სამონტაჟო შეუღლებული პირაპირები

უხელსაყრელესად აკმაყოფილებენ ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის მოთხოვნებს.

სამონტაჟო პირაპირები შეიძლება განხორციელდნენ სამი ხერხით: შედუღებით, მოქლონებით და მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით.

### შედუღებული პირაპირები

შედუღებული საქარხნო პირაპირები ეწყობა ცალკეულ ელემენტებში, გავლინული ფურცლების შეპირაპირებით, კოჭის აწყობამდე (გამოლიანებამდე). პირაპირები სრულდებიან ფურცლების უშუალოდ მიდგმის ხერხით. კედელი და ზედა სარტყელი შეპირაპირდება სწორი ნაკერით (ნაკერის ღერძი მართობია ელემენტის გრძივი ღერძისა), ხოლო ქვედა სარტყელი კი დახრილი ნაკერით, იმ შემთხვევაში, თუ ძაბვა ნაკერის მოწყობის ადგილზე —  $R_y$  აჭარბებს შედუღების ნაკერის საანგარიშო წინაღობის ვაჭიმვაზე —  $R_{wy}$ -ს. ამდენად, სწორი ნაკერის მოწყობისათვის ქვედა სარტყელში საჭიროა დაცული იყოს პირობა

$$\sigma_{კვ} \leq R_{wy} \quad (50)$$

შედუღებული სამონტაჟო პირაპირები კოჭის ზედა სარტყელსა და კედელში კეთდება უშუალო მიდგმით, სწორი ნაკერით, ხოლო ქვედა სარტყელში დახრილი ნაკერით. ყველა ელემენტები შეპირაპირდებიან ერთ სიბრტყეში (გასაგზავნ ელემენტს კიდებზე არ უნდა პქონდეს გამოშვებული ნაწილები) და პირაპირი კოჭის ძირითადი განივკვეთის თანაბარსიმტკიცისაა. პირაპირში ადგილი აქვს კედლის გადაძაბვას ქვედა სარტყლის მახლობლად, რაც საშიშროებას არ წარმოადგენს, რადგან აღნიშნული უბანი მთლიანად მოთავსებულია დრეკადამოკუმუშავე კოჭის ზონებს შორის, განიცდის შემოფარგლულ დეფორმაციებს და მისი პლასტიკური რღვევა შეუძლებელია. შემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე ასეთი პირაპირის გაანგარიშება საჭირო არ არის (ნახ. 10 ბ).

### სამონტაჟო პირაპირები მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკებით

სამონტაჟო პირაპირის მოწყობისას საჭიროა, რომ ყველა შესაერთებელი ელემენტი დაუკავშირდეს ერთიმეორეს ზედებით, რომელ-

თა ფართი კონკრეტულ შემთხვევაში იქნება შესაპირაპირებელი ელემენტის ფართის ტოლი ან აღმატება მას.

კოჭის კედლის და სარტყლების პირაპირები გადაიფარებიან ზედებით ორივე მხრიდან, ამასთან თითოეული ელემენტის პირაპირი განგარიშდება ცალკე-ცალკე (სხვა პირაპირებისაგან დამოუკიდებლად).

სარტყლის პირაპირი გაანგარიშდება მისი ნეტო ფართის მიხედვით. მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკების რაოდენობა შეერთებაში განისაზღვრება ფორმულით

$$n \geq 1,18 \cdot A_{გებო}^b \cdot R_y \cdot \gamma_c / Q_{bh} \quad (81)$$

სადაც  $1,18 A_{გებო}^b$  — სარტყლის განივკვეთის პირობითი ფართი (როცა  $A_{გებო}^b < 0,85 A_j$ ;

$Q_{bh}$  — საანგარიშო ძალვა, რომელიც ერთი ჭანჭიკის მოჭიმვით შეიძლება მიღებული იქნას შესაერთებელი ელემენტების თითოეული ხახუნის ზედაპირის მიერ, გამოითვლება ფორმულით

$$Q_{bh} = R_{bh} \cdot \gamma_b \cdot A_{გებო}^b \cdot \mu \cdot K / \gamma_n \quad (52)$$

აქ:  $R_{bh}$  — მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის საანგარიშო წინაღობა ვაჭიმვაზე;

$\mu, \gamma_n$  — შესაბამისად ხახუნის და საიმედობის კოეფიციენტები [1], ცხრ. 36);

$A_{გებო}^b$  — ჭანჭიკის განივკვეთის ნეტო ფართი;

$\gamma_b$  — შეერთების მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, დამოკიდებულია ჭანჭიკების რიცხვზე, რომელიც საჭიროა საანგარიშო ძალვის მისაღებად

$$\text{თუ } n < 5, \quad \gamma_b = 0,8;$$

$$\text{თუ } 5 \leq n < 10, \quad \gamma_b = 0,9;$$

$$\text{თუ } n \geq 10, \quad \gamma_b = 1,0.$$

მაღალი სიმტკიცის ჭანჭიკის მოჭიმვა სწარმოებს ღერძული ძალით

$$P = R_{bh} \cdot A_{გებო}^b \quad (53)$$

n—ჭანჭიკების რიცხვი უნდა მოთავსდეს პირიპირის თითოეულ მხარეს, ნახევარზედზე.

კედლის პირაპირი მოწმდება მის განივკვეთში მღუნავი მომენტისა და განივი ძალის ერთობლივ მოქმედებაზე.

შეერთების ყველაზე დაძაბულ, განაპირა ჭანჭიკზე მომქმედი პორიზონტალური ძალა, რომელიც აღძრულია მღუნავი მომენტისაგან, განისაზღვრება ფორმულით

$$N_{\text{ჭანჭ}}^{\text{მ}} = M_{\text{კედ}} \cdot h_{\text{ჭანჭ}} / m \cdot \Sigma h_i^2 \quad (54)$$

კოჭის კედელზე მოსული მღუნავი მომენტი ტოლია

$$M_{\text{კედ}} = M_3 \cdot J_{\text{კედ}} / J_3 \quad (55)$$

სადაც  $h_{\text{ჭანჭ}}$  — მანძილი განაპირა ჭანჭიკებს შორის;

$m$  — ნახევარზედზე ჭანჭიკების ვერტიკალური რიგების (სვეტების) რიცხვი;

$$\Sigma h_i^2 = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + \dots) \quad (56)$$

$h_i$  — მანძილი  $i$ —პორიზონტალური რიგის (მწკრივის) ჭანჭიკებს შორის.

განივი ძალა პირაპირში, პირობით მთლიანად კოჭის კედელზე მოდის და თანაბრად ნაწილდება ნახევარზედზე განლაგებულ ჭანჭიკებზე

$$V_{\text{ჭანჭ}} = Q/n \quad (57)$$

აქ  $n$ —ჭანჭიკების რაოდენობა ნახევარზედზე.

განაპირა ჭანჭიკზე მომქმედი ძალთა ტოლქმედი განისაზღვრება ფორმულით

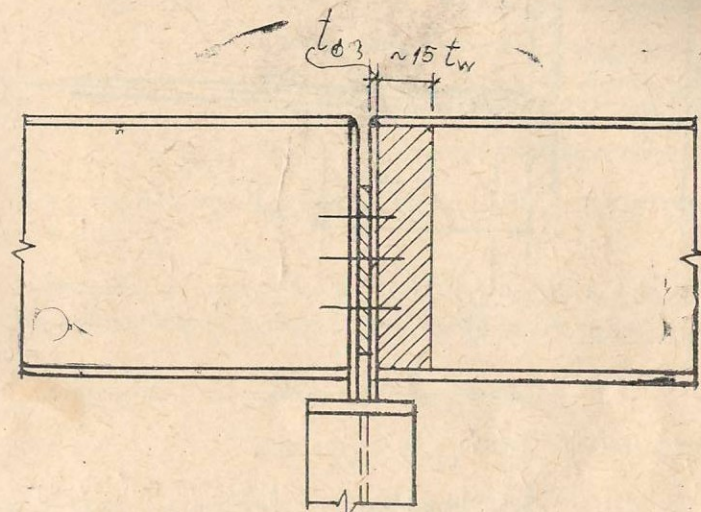
$$N_{\text{გან}} = \sqrt{N_{\text{ჭანჭ}}^2 + V_{\text{ჭანჭ}}^2} \quad (58)$$

კედლის პირაპირში დაცული უნდა იყოს პირობა

$$N_{\text{გან}} \leq Q_{\text{ბი}} \quad (59)$$

## კოჭების დაყრდნობისა და შეუღლების კონსტრუქციები

სახელმძღვანელოში განხილულია მთავარი კოჭის სვეტზე დაყრდნობა ტორსის (გვერდითი) ფურცლის საშუალებით (ნახ. 11), რომლის განივკვეთის ზომები განისაზღვრება თელვის პირობიდან



ნახ. 11. კოჭების დაყრდნობა სვეტზე.

$$\sigma_{\text{თელ}} = Q_{\text{გან}} / A_{\text{თელ}} \leq R_p \cdot \gamma_c \quad (60)$$

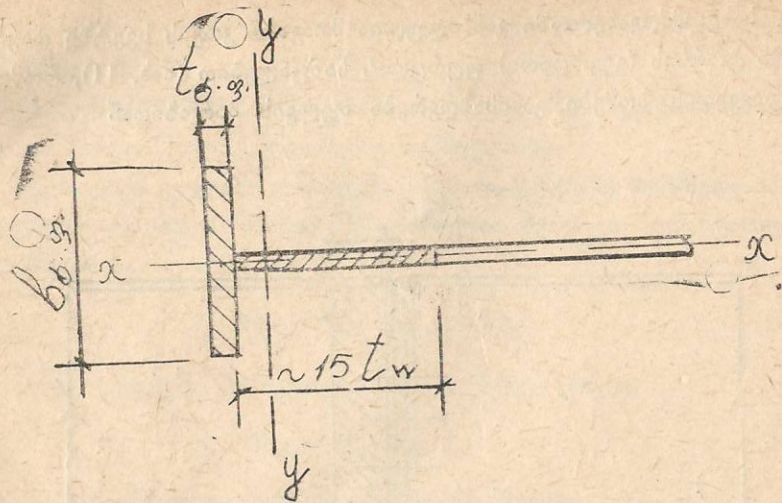
აქ  $R_p$  — ფოლადის სანგარიშო წინაღობა გვერდითი ზედაპირის თელვაზე. ტორსის ფურცლის გამონაშვებრი

$$a \leq 1,5 \cdot t_{\text{ფ}} \quad (61)$$

სადაც  $t_{\text{ფ}}$  — ტორსის ფურცლის სისქე. ხშირად აიღება  $a = 15 \div 20$  მმ.

კოჭის საყრდენი ნაწილი მოწმდება მდგრადობაზე, როგორც პირობითი დგარი, რომლის განივკვეთის ფართი მოიცავს: ტორსის ფურცლისა და კედლის ნაწილის ფართს  $K = 15 t_w$  -სიგანეზე (ნახ. 12), ფორმულით

$$\sigma_{\text{დგ}} = Q_{\text{გან}} / \varphi \cdot A_{\text{გან}} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (62)$$



ნახ. 12. პირობითი დგარი.

პირობითი დგარის ფართი

$$A_a = b_{\text{ფ.ფ.}} \cdot t_{\text{ფ.ფ.}} + 15 \cdot t_w^2 \quad (63)$$

$\varphi$  — გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი, დამოკიდებული დგარის მოქნილობაზე

$$\lambda = h_a / i_{\text{ფა}} = h_a / \sqrt{J_x / A_{\text{ფა}}} \quad (64)$$

ტორსის ფურცლის კოჭის კედელთან შეერთება გაანგარიშდება ფორმულით

$$Q_{\text{ფაფ.}} / 2 \cdot K_f \cdot L_w \leq (R_w \cdot \gamma_w \cdot \beta_{\text{ფაფ.}} \cdot \gamma_c) \quad (65)$$

სადაც  $(R_w \cdot \gamma_w \cdot \beta_{\text{ფაფ.}})$  — უმცირესია:  $(R_{wf} \cdot \gamma_f \cdot \beta_f)$  და  $(R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \beta_z)$  სიღიდევებს შორის;

$K_f$  — ნაკერის კათეტი;

$\beta_f, \beta_z$  — ნაკერის სიღრმითი ჩადუღების კოეფიციენტები, რომლებიც დამოკიდებული არიან შედუღების სახესა და ნაკერის მდებარეობაზე (ქვედა, ვერტიკალური და სხვა): ფოლადებისათვის, რომელთა  $\sigma_{\text{დენ}} \leq 59,0$  კნ/სმ<sup>2</sup>,

$\beta_f$  და  $\beta_z$  აიღებთან ცხრ. 34-დან [2]. თუ  $\sigma_{\text{დენ}} > 59$  კნ/სმ<sup>2</sup>  $\beta_f = 0,7$  და  $\beta_z = 1,0$ ;

$L_w$  — ნაკერის საანგარიშო სიგრძე. აიღება მთლიან (ფაქტიურ) სიგრძეზე 10 მმ-ით ნაკლები;

$\gamma_{wf}, \gamma_{wz}$  — შედუღებით შეერთების მუშაობის პირობების (საიმედობის მუშაობის მიხედვით) კოეფიციენტები, ტოლნი ერთის, იმ შემთხვევების გარდა, გარდა, როცა მშენებლობა მიმდინარეობს I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> და II<sub>3</sub> რაიონებში, რომელთათვისაც:

$\gamma_{wf} = 0,85$ , თუ  $R_{w\text{min}} = 42,0$  კნ/სმ<sup>2</sup> და  $\gamma_{wz} = 0,85$  — ყველა ფოლადისათვის.

მთავარი და ფენილის კოჭების შეუღლება ხდება ერთ დონეზე, სახსროვნად, სადაც ფენილის კოჭიდან მთავარს გადაეცემა რეაქციის ძალა.

ჭანჭიკების რაოდენობა ამ შეუღლებაში

$$n \geq Q_{\text{ფ.ფ.}} / N_{\text{ჭიკ}}^{\text{ჭიკ}} \quad (66)$$

სადაც  $Q_{\text{ფ.ფ.}}$  — ფენილის კოჭის რეაქცია.

$N_{\text{ჭიკ}}^{\text{ჭიკ}}$  — ჭანჭიკის მინიმალური ამტანუნარიანობა, აიღება ჭრის და თელვის პირობიდან გამოთვლილი ერთი ჭანჭიკის ამტანუნარიანობებს შორის უმცირესი;

ჭრის პირობიდან

$$N_{\text{ჭიკ}}^{\text{ჭიკ}} = R_{\text{ბს}} \cdot \gamma_b \cdot A \cdot n_{\text{ჭიკ}} \quad (67)$$

თელვის პირობიდან გამომდინარე

$$N_{\text{თელ}}^{\text{თელ}} = R_{\text{ბპ}} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot \Sigma t \quad (68)$$

სადაც  $R_{\text{ბს}}, R_{\text{ბპ}}$  — ჭანჭიკებით შეერთების საანგარიშო წინაღობებო ჭრასა და თელვაზე;

$d$  — ჭანჭიკის ღეროს გარე დიამეტრი;

$\Sigma t$  — ერთი მიმართულებით თელვადი ფურცლების სისქეთა მინიმალური ჯამი;

$n_{\text{ჭიკ}}$  — ჭანჭიკის საანგარიშო ჭრათა რიცხვი;

$\gamma_b$  — ტანჯივებით შეერთების მუშაობის პირობების კოეფიციენტი (ცხრ. 8).

ცხრილი 8. შებენიანობის მუშაობის პირობების  $\gamma_b$  -კოეფიციენტი.

შეერთების სახე	შეერთების პ. პ. კ. $\gamma_b$
1. მრავალტანჯივანი, კრაზე და თელვაზე ანგარიშისას; ამალღებული სიხუსტის ტანჯივებით.	1,0
2. ტანჯივებით, როდესაც შესაერთებელი ელემენტების ფოლადების ზღვარი 39 კნ/სმ <sup>2</sup> -მდეა, თელვაზე ანგარიშისას მანძილებით: a-ძალის გასწვრივ, ელემენტის კიდიდან უახლოესი ხვრეტის ცენტრამდე; b-ხვრეტების ცენტრებს შორის (ერთტანჯივანი შეერთებაში a=1,5d, მრავალტანჯივანში—a=1,5d და b=2, d).	0,85
3. ნორმალური სიხუსტის და უხეში (შავი) ტანჯივებით	0,9

შენიშვნა: 1). 1 და 2 პუნქტებში მოცემული კოეფიციენტები ერთდროულად მიიღებინ მხედველობაში.  
2). 2 პუნქტსა და ნორმალურ ბიჯებს შორის a-ს და b-ს მნიშვნელობებისათვის  $\gamma_b$  -იღება ინტერპოლაციით.

§ 3. სვეტის გაანგარიშება

1. განივკვეთის ტიპის ამორჩევა

სვეტს, როგორც ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე ღეროს შეიძლება ქონდეს მთლიანკედლიანი ან განგმირკედლიანი განივკვეთი. განივკვეთის ტიპის ამორჩევისას მიღებული უნდა იქნას ყველაზე ეკონომიური ვარიანტი, ამასთან გათვალისწინებული უნდა იქნას დატვირთვები, სვეტის სიმაღლე, ექსპლოატაციის პირობები და სხვა.

განგმირკედლიანი განივკვეთები მიიღება, თუ სვეტზე მომქმედი მკუმშავი ძალა 2700 ÷ 6000 კნ-ს ფარგლებშია. უფრო მნიშვნელოვანი დატვირთვებისას მთლიანკედლიანი განივკვეთი აიღება. ნალუნი პროფილების შემთხვევებში (მაგალითად მცირე სიმაღლეებისა H < 6 მ და H = 400 ÷ 800 კნ), შესაძლებელია მთლიანკედლიანი განივკვეთები აღმოჩნდნენ უფრო ეკონომიურნი, განგმირკედლიანებთან შედარებით.

ქვემოთ განხილულია ორივე ტიპის სვეტის განივკვეთის შერჩევა.

§ 2. მთლიანკედლიანი სვეტები

განისაზღვრება სვეტზე მომქმედი სანგარიშო დატვირთვა

$$N = 2 \cdot Q_{\text{გაქს}}^b + G_{\text{სვ}} \quad (69)$$

სადაც  $Q_{\text{გაქს}}^b$  — მთავარი კოჭის რეაქცია (20)—ფორმულით; სვეტის საორიენტაციო საკუთარი წონა

$$G_{\text{სვ}} = 2 \cdot Q_{\text{გაქს}}^b \cdot H_{\text{სვ}} \cdot \gamma \cdot a \cdot \gamma_g / \varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c \quad (70)$$

სვეტის ფაქტიური სიმაღლე

$$H_{\text{სვ}} = H - h_{\text{ფ}} - h_{\text{მთკ}} + h_{\text{სი}} \quad (71)$$

აქ H — სართულშუა გადახურვის ზედა ნიშნული;

$h_{\text{ფ}}$  — ფენილის სიმაღლე;

$h_{\text{მთკ}}$  — მთავარი კოჭის სიმაღლე;

$h_{\text{სი}}$  — სვეტების სიმაღლის ნაწილი, რომელიც მოქცეულია იატაკის დონის ქვევით.

სვეტის განივკვეთის საჭირო ფართი პირველი მიახლოებით განისაზღვრება ფორმულით

$$A_{\text{საჭ}} = N / \varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c \quad (72)$$

$\varphi$  — გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი, აიღება ცხრილიდან ღეროს მოქნილობის მიხედვით, რომელიც საორიენტაციოდ ინიშნება:

თუ  $N \leq 2500$  კნ;  $H = 5 \div 6$  მ; მაშინ  $\lambda = 70 \div 100$ .

თუ  $N = 2500 \div 4000$  კნ;  $\lambda = 50 \div 70$ .

$A_{\text{საჭ}}$  -ს შესაბამისი განივკვეთის საჭირო ინერციის რადიუსი

$$i_{\text{საჭ}} = H_0 \lambda \quad (73)$$

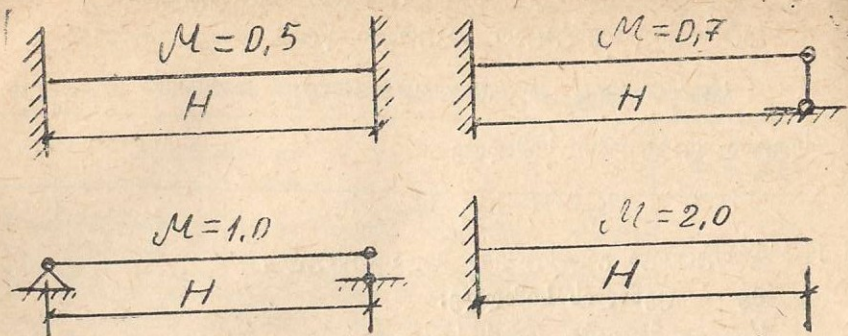
სადაც  $H_0 = \mu \cdot H_{\text{სვ}}$  — სვეტის სანგარიშო სიმაღლე, დამოკიდებული მისი ბოლოების ჩამავრების ხარისხზე;

$\mu$  — სანგარიშო სიმაღლეზე (სიგრძეზე) დაყვანის კოეფიციენტი, რომელიც აიღება ნახ. 13-ს მიხედვით განივკვეთის საჭირო გენერალური ზომები

$$h_{\text{საჭ}} = i_{\text{საჭ}} / \alpha_1; \quad h_{\text{საჭ}} = i_{\text{საჭ}} / \alpha_2 \quad (74)$$

$\alpha_1, \alpha_2$  — (აიღება ცხრ. № 9-დან) შესაბამისად h-ის b-ს კოეფიციენტები განივკვეთის ფორმის მიხედვით.

შეირჩევა სარტყლების სისქეები, სადაც უზრუნველყოფილი უნდა იყოს მათი ადგილობრივი მდგრადობა.



ნახ. 13. საანგარიშო სიგრძეზე დაყვანის კოეფიციენტები.

სარტყლებისა და კედლის სიგანეების ფარდობები მათ სისქეებთან არ უნდა აღემატებოდეს ამ ფარდობათა ზღვრულ მნიშვნელობებს (ცხრ. 27 და 29 [1]), რომლებიც დადგენილი არიან მთლიანად ღეროსა და მისი ელემენტების თანაბარსიმტკიცის პირობით.

ჩვეულებრივ პირველი მიახლოებით შეუძლებელია რაციონალური კვეთის შერჩევა, რომელიც განსაზღვრავდა  $A_{საჭ}$ ,  $b_{საჭ}$  და  $h_{საჭ}$  მისაღებ სიდიდეებს, რადგან ღეროს მოქნილობა— $\lambda$  საორიენტაციოდ იყო აღებული. კერძოდ: თუ  $\lambda$  — აღებულია დიდი, განივკვეთი მიიღება დიდი ფართის და მცირე განივკვეთის  $h$ ,  $b$ —ზომებით. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა  $h$ ,  $b$  სიდიდეების გაზრდა და განივკვეთის  $A_{საჭ}$  — ფართის შემცირება. თუ  $\lambda$  — აღებულია მცირე, ადგილი ექნება ზემოთაღნიშნულის საწინააღმდეგო შემთხვევას.

ამრიგად, საჭირო ხდება განივკვეთის ძირითადი კომპონენტების კორექტირება, რის შედეგად მიღებული  $A$ ,  $b$ ,  $h$ —სიდიდეებით II მიახლოებაში მოწმდება განივკვეთი.

განისაზღვრება:  
ინერციის რადიუსები „x—x“ და „y—y“ ღერძების მიმართ

$$i_x = \alpha_1 \cdot h; \quad i_y = \alpha_2 \cdot b \quad (75)$$

მინიმალური ინერციის რადიუსით, მაქსიმალური მოქნილობა და მისი შესაბამისი გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი

$$\lambda_{მ.კ.ს} = H_0 / i_{მინ}; \quad \varphi_{მინ} = f(\lambda_{მ.კ.ს}) \quad (76)$$

ა-ს სიხშირე ასეა მისი რადიუსი I I

$L_1$	0.50 R	0.70 R	1.00 R	2.00 R	0.44 R	0.44 R
$L_2$	0.20 b	0.44 b	0.66 b	0.66 b	0.44 b	0.44 b

ცხრ. 9. ინერციის რადიუსების მნიშვნელობები.

მოწმდება ძაბვა განივკვეთში

$$\sigma = N / \varphi_{მინ} \cdot A \cdot \gamma \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (77)$$

თუ საჭიროა, ხდება კიდევ ერთი კორექტირება.

განივკვეთის საბოლოოდ მიღების შემდეგ განისაზღვრება მისი უდიდესი მოქნილობა და შესაბამისი გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი:

$$\lambda'_x = H_{0x} / i_x; \quad \lambda'_y = H_{0y} / i_y \quad (78)$$

სადაც: ინერციის რადიუსები

$$i_x = \sqrt{J_x / A'}; \quad i_y = \sqrt{J_y / A'} \quad (79)$$

$\lambda'_x$  და  $\lambda'_y$  -ს მიხედვით აიღება  $\lambda_{მ.კ.ს}'$  — უდიდესი მოქნილობა.  $\lambda_{მ.კ.ს}'$  განსაზღვრავს  $\varphi_{მინ}'$  — მინიმალურ გრძივი ღუნვის კოეფიციენტს (ცხრ. 72 [1]).

საბოლოოდ რეალური განივკვეთი მოწმდება ფორმულით

$$N / \varphi_{მინ}' \cdot A' \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (80)$$

სადაც  $A'$  — საბოლოოდ მიღებული განივკვეთის ფართი;

$J_x$ ,  $J_y$  — ამ განივკვეთის ინერციის მომენტები შესაბამისად „x—x“ და „y—y“ ღერძების მიმართ.

სვეტის კედლის ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება

სვეტის კედლის საანგარიშო სიმაღლის— $h_0$ , მის სისქესთან— $t$  ფარდობები განისაზღვრებიან ნახ. ა-ს და ცხრ. ა-ს მიხედვით.

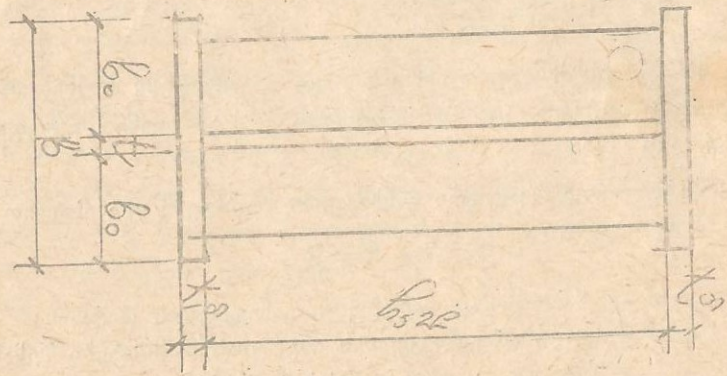
თაროს ხ<sub>0</sub>—ნაშვერის ფარდობა მის სისქესთან— $t_0$ , როცა პირობითი მოქნილობა  $\lambda = 0,8 \div 4,0$ , განისაზღვრება ფორმულით

$$b_0/t_0 \leq (0,26 + 0,1\lambda) \cdot \sqrt{E/R} \quad (80^a)$$

თუ სვეტის განივკვეთი შერჩეულია ზღვრული მოქნილობის მიხედვით ( $h_0/t_0$  და  $b_0/t_0$ ) — ფარდობების მაქსიმალური მნიშვნელობები მრავლებიან  $\sqrt{R \cdot \varphi/\sigma}$  სიდიდეზე. სადაც  $\sigma = N/A \leq 1,2$  და  $\lambda \leq 3,2 \sqrt{E/R}$  — (ორტესებრი განივკვეთებისათვის).

ცხრ. ა.  $h_0/t_0$ —ფარდობების ზღვრული სიდიდეები.

ლეროს განივკვეთი	$h_0/t_0$ —ზღვრული ფარდობების სიდიდეები	
	$\lambda > 0,8$	$\lambda \leq 0,8$
ორტესებრი	$h_0/t_0 \leq (0,26 + 0,1\lambda) \cdot \sqrt{E/R} \leq 2,9 \sqrt{E/R}$	$\sqrt{E/R}$
შველურებიანი კოლოფის მშვიდგარი	$h_0/t_0 \leq (0,85 + 0,19\lambda) \cdot \sqrt{E/R} \leq 1,6 \sqrt{E/R}$	$\sqrt{E/R}$

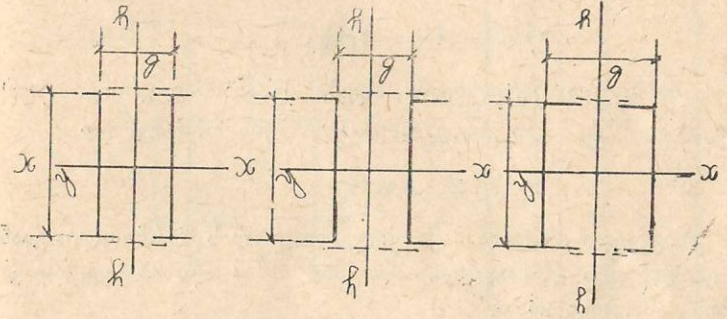


ნახ. ა. მთლიანკედლიანი სვეტის განივკვეთი.

თუ  $h_0/t_0 \leq 2,2 \sqrt{E/R}$ , განივი სიხისტის წიბოები ეწყობა  $2,5 \div 3,0$  მ მანძილზე, მაგრამ არანაკლები ორი წიბოსი ერთ გადასაზიდ ელემენტში.

### 3. განგმირკედლიანი სვეტები

განგმირკედლიანი სვეტების განივკვეთები შედგებიან 2 ან მეტი გაგლინული პროფილისაგან, რომლებიც ერთი—მეორეს უკავშირდებიან ფირფიტებისა ან რიკულების სხვა სისტემის საშუალებით (ნახ. 14) და რაც უზრუნველყოფს, როგორც სვეტის შტოების ერთობლივ მუშაობას, ისე ახდენს ზემოქმედებას სვეტისა თუ ცალკეული შტოების მდგრადობაზე.



ნახ. 14. განგმირკედლიანი სვეტების განივკვეთები.

განგმირკედლიანი სვეტის „y—y“ თავისუფალი ღერძის მიმართ მდგრადობაზე შემოწმებისას გამოიყენება  $\lambda_{ლავ}$  — დაყვანილი მოქნილობა, რომელიც რიკულების დეფორმატიულობის გამო აღემატება მოქნილობას ამავე ღერძის მიმართ —  $\lambda_y = H_0/i_y$ ;  $\lambda_{ლავ}$  — დამოკიდებულია სვეტის განივკვეთის  $b$ —სიგანეზე, რომელიც აიღება „x—x“ და „y—y“ ღერძის მიმართ განივკვეთის თანხარმდგრადობის მიხედვით, რაც გამოსახულია ფორმულით

$$\lambda_{ლავ} = \lambda_x \quad (81)$$

სვეტის „x—x“ ღერძის მიმართ მდგრადობის პირობიდან გაანგარიშდება განივკვეთის საჭირო ფართი ფორმულით

$$A_{ს.გ} = N/\varphi_x \cdot R_y \cdot \gamma_c \quad (82)$$

აქ:  $\varphi_x$  — გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი საორიენტაციოდ აიღება ღეროს მოქნილობის მიხედვით „x—x“ ღერძის მიმართ:

თუ  $N \leq 1500$  კნ,  $H=5 \div 7$  მ, მაშინ  $\lambda = 60 \div 90$ ;

თუ  $N = 2500 \div 3000$  კნ, მაშინ  $\lambda = 40 \div 60$ .

საჭირო ინერციის რადიუსი

$$i_{x \text{ საჭ}} = H_0 / \lambda \quad (83)$$

$A_{\text{საჭ}}$  და  $i_{x \text{ საჭ}}$  მიხედვით სორტამენტრიდან აიღება შესაბამისი ვაგლინული პროფილი (მაგ. ორტესებრი ან შველური).

შერჩეული განივკვეთის მიხედვით განისაზღვრება მისი მოქნილობა

$$\lambda_x = H_0 / i_x = H_0 / \sqrt{J_x / A} \quad (84)$$

$\lambda_x$  -ს მიხედვით ცხრილიდან აიღება შესაბამისი გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი —  $\varphi_x'$  და განივკვეთი მოწმდება ფორმულით

$$\sigma = N / \varphi_x' \cdot A \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (85)$$

თუ განივკვეთი არადამაკმაყოფილებლად არის შერჩეული, გაანგარიშება ვრძელდება. II მძიანლობაში, მთლიანკედლიან სვეტის გაანგარიშების ანალოგიურად.

(81)—მოთხოვნის შესაბამისად განისაზღვრება განივკვეთის საჭირო  $b$ —სიგანე.

$\lambda_{\text{დაყვ}}$  — აიღება ცხრ. № 10-ის მიხედვით.

ფირფიტოვანი სვეტებში შტოს მოქნილობა მიიღება  $\lambda_1 = \lambda_2 = (35 \div 40) \leq 45$ . (86  $\div$  91) ფორმულებით განისაზღვრება მოქნილობის დაყვანილი მნიშვნელობა. განისაზღვრება ღეროს მოქნილობა თავისუფალი ღერძის მიმართ

$$\lambda_y = \sqrt{\lambda_{\text{დაყვ}}^2 - \lambda_1^2} \quad (92)$$

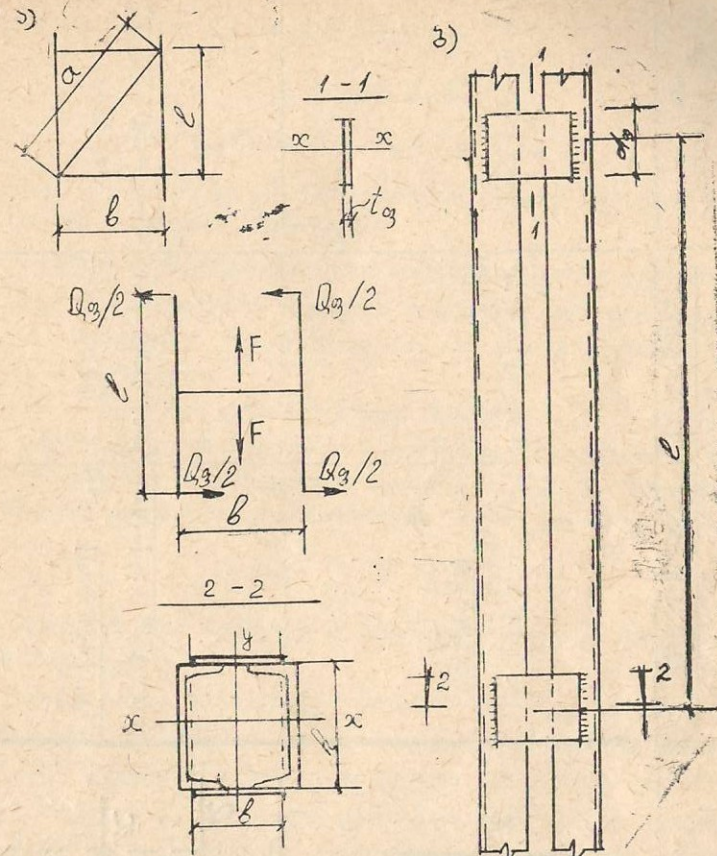
აუცილებელია დაცული იქნას პირობა  $\lambda_1 < \lambda_y$ , რათა არ ამოიწუროს შტოს მზიდუნარიანობა, მთლიანად სვეტში მდგრადობის დაკარგვამდე. განისაზღვრება ინერციის რადიუსი

$$i_y = L_y / \lambda_y \quad (93)$$

და შესაბამისად შტოებს შორის მანძილი

$$b = i_y \cdot \alpha_2 \quad (94)$$

აქ  $\alpha_2$ —აიღება ცხრ. № 9-დან.



ნახ. 15. ფირფიტოვანი სვეტის ფრაგმენტი.

აქ.  $\lambda$  — ღეროს უდიდესი მოქნილობა;

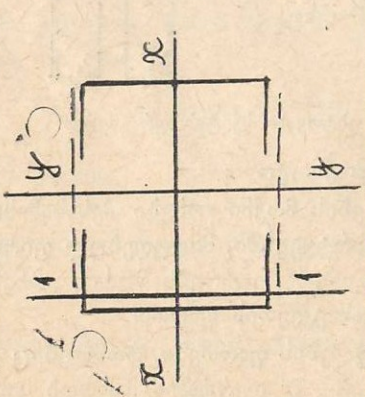
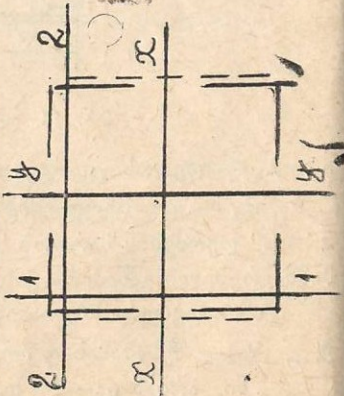
$\lambda_1, \lambda_2$  — ცალკეული შტოების მოქნილობები შესაბამისად „1—1“, „2—2“ ღერძების მართობ სიბრტყეებში, მიღებულ ფირფიტებსა ან მიმდებარელები განაპირა ჭანჭიკების ცენტრებს შორის უბნებზე;

$A$  — ღეროს მთლიანი განივკვეთის ფართი;

$A_{d1}, A_{d2}$  — შესაბამისად რიკულების ფართები, რომლებიც განლაგებული არიან „1—1“ და „2—2“ ღერძების მართობ სიბრტყეებში;

$\alpha_1, \alpha_2$  — კოეფიციენტები განისაზღვრებიან ფორმულით

ცხრილი 10.  $\lambda_{\text{დაყ}}$  -ლაყვანილი მოქნილობის საანგარიშო ფორმულები

განმარტვნილი ლეროების განივკვეთის დაყვანილი მოქნილობები $\lambda_{\text{დაყ}}$ ფორფიტოვანი სვეტებისათვის, როცა ( $J_s \cdot L / J \cdot b$ ) < 5		$\lambda_{\text{დაყ}} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{0,82 \cdot \lambda_1^2 (1+n)}{1+0,82 \lambda_1^2 (1+n)}} \rightarrow$ (86)	$\lambda_{\text{დაყ}} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}$ (88)	$\lambda_{\text{დაყ}} = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha_1 \cdot A / A_{d1}} \quad (90)$
რიკულოვანი სვეტებისათვის				

განმარტვნილი სვეტი

$$\alpha = 10 \cdot a^3 / b^2 \cdot L$$

a, b, L — ზომები, ნახ. № 15-ს მიხედვით

$$n = J_{b1} \cdot b / J_s \cdot L;$$

$$n_1 = J_{b1} \cdot b / J_{s1} \cdot L; \quad n_2 = J_{b2} \cdot b / J_{s2} \cdot L.$$

$J_{b1}, J_{b2}$  — „1—1“ და „2—2“ ლერძების მიმართ შტოების განივკვეთების ინერციის მომენტები;

$J_s$  — ერთი ფირფიტის ინერციის მომენტი საკუთარი ლერძის მიმართ;

$J_{s1}, J_{s2}$  — ფირფიტების ინერციის მომენტები, თუ ფირფიტა მოთავსებულია შესაბამისად „1—1“, „2—2“ ლერძების მართობ სიბრტყეში;

b — შტოების ლერძებს შორის მანძილი.

განგმირკედლიან სვეტებში (ირიბნებიანი რიკულებით) წინასწარ ინიშნება ირიბნების განივკვეთის ფართი —  $A_{d1}$  და მაგალთად (90) ფორმულით განისაზღვრება მოქნილობა თავისუფალი ლერძის მიმართ

$$\lambda_y = \sqrt{\lambda_{\text{დაყ}}^2 - \alpha_1 \cdot A / A_{d1}} \quad (95)$$

შემდეგ ზემოთ აღწერილის ანალოგიურად განისაზღვრებიან  $i^y$  და b სიდიდეები.

განივკვეთის საბოლოოდ მიღების შემდეგ საჭიროა სვეტის მდგრადობის შემოწმება „y—y“—თავისუფალი ლერძის მიმართ, რიკულებიან სვეტებში, საჭიროა ცალკეული შტოს მდგრადობაზე შემოწმება, რიკულების მეზობელი კვანძებით წარმოქმნილ უბანზე.

შეკუმშული შედგენილი ლეროების მაკავშირებელი ფირფიტებისა ან რიკულების გაანგარიშება სწარმოებს პირობით განივ ძალაზე, რომელიც ლეროს მთელ სიგრძეზე მუდმივი სიდიდის მქონედ არის მიღებული

$$Q_{\text{ნივ}} = 7,15 \cdot 10^{-6} \cdot A \cdot E \cdot \beta \cdot (2330 \cdot R_y / E - 1) \quad (96)$$

აქ  $\beta$  — მიიღება უმცირესი შემდეგი ორი სიდიდიდან

$$\varphi_{\text{ნივ}} / \psi \quad \text{და} \quad \alpha / \beta \cdot R_y \cdot \gamma_c \quad (97)$$

სადაც  $\varphi$  — კოეფიციენტი, რომელიც მაკავშირებელი ელემენტების სიბრტყეშია აღებული შედგენილი ლეროსათვის;

Φ<sub>აიბ</sub>. — გრძივი ღუნვის კოეფიციენტის უმცირესი მნიშვნელობა (მაკავშირებელი ელემენტების სიბრტყეში ან მის მართობულად):

$\sigma = N/A$  — ელემენტში მკუმშვის ძაბვა.

ნაწილდება მხოლოდ შემაერთებული ფირფიტების (რიკულების) არსებობისას თანაბრად იმ ფირფიტებს (რიკულებს) შორის, რომლებშიც განლაგებული არიან იმ ღეროს მართობ სიბრტყეებში, რომელი ღერძის მიმართაც ხდება მდგრადობის შემოწმება

შემაერთებული ფირფიტების განგარიშება ხდება, უირიბნო წამყვების განგარიშების მსგავსად.

ფირფიტაზე მოქმედი ვადამჭრი ძალა (ნახ. 15, გ)

$$F = Q_{ფ} \cdot C/B \quad (98)$$

$Q_{ფ}$  — ერთი წახნაგის ფირფიტაზე მოსული პირობითი განივი ძალა. მღუნავი მომენტი— $M_1$ , რომელიც ღუნავს ფირფიტას მის სიბრტყეში, გამოითვლება ფორმულით

$$M_1 = Q_{ფ} \cdot C/2 \quad (99)$$

ფირფიტის სიგანე  $d_{ფ} = (0,5 \div 0,75) b$ , ხოლო სისქე

$$t_{ფ} = (1/10 \div 1/25) d_{ფ}$$

ფირფიტები შტობზე ვადადება 20 ÷ 30 მმ-ით და მიედლეება შედლების ნაკერით, რომელშიც ნორმალური და მხები ძაბვები იანგარიშება ფორმულებით:

$$\sigma_{ნაკ} = M_1/W_{ნაკ}; \quad \tau_{ნაკ} = F/A_{ნაკ} \quad (100)$$

სადაც ნაკერის წინალობის მომენტი

$$W_{ნაკ} = 0,7 \cdot K_f \cdot d_{ფ}^2/6 \quad (101)$$

ნაკერის განივკვეთის ფართი

$$A_{ნაკ} = 0,7 \cdot K_f \cdot d_{ფ} \quad (102)$$

კუთხური ნაკერის სიმტკიცე მოწმდება ძაბვების ტოლქმედზე

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{ნაკ}^2 + \tau_{ნაკ}^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c \quad (103)$$

$R_{wf}$  — კუთხური ნაკერის სანგარიშო წინალობა ტრაზე, ნაკერის ლითონის მიხედვით.

ჯვარედინა ირიბნებიანი რიკულების განგარიშებისას, ვათვალისწინებული უნდა იქნას  $N_1$ —დამატებითი ძალა, რომელიც აღიძვრება თითოეულ ირიბანში სარტყლების კუმშვის გამო.

$$N_1 = \alpha \cdot N_{აგ} \cdot A_1/A_{აგ} \quad (104)$$

სადაც  $N_{აგ}$  — ძალა სვეტის შტოში;

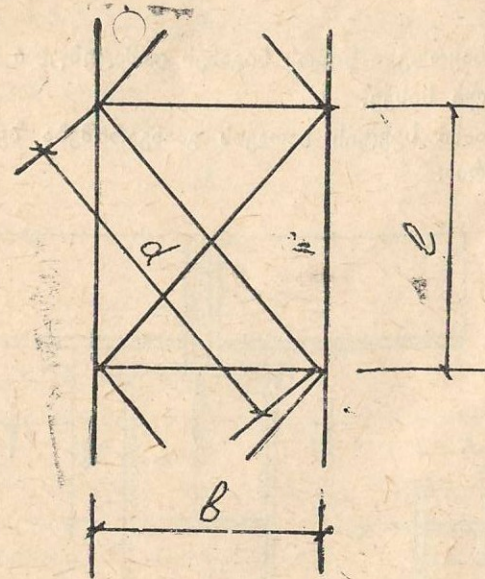
$A_{აგ}$  — ერთი შტოს განივკვეთის ფართი;

$A_1$  — ერთი ირბნის განივკვეთის ფართი;

$\alpha$  — კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$\alpha = a \cdot L^2 \cdot (a^3 + 2B^3) \quad (105)$$

$a$ ,  $b$  და  $L$  — სიდიდეები აიღები ნახ. 16-ის მიხედვით.



ნახ. 16. ჯვარედინი ირიბნებიანი სვეტის სქემის ფრაგმენტი.

4. ცენტრალურ კუმფავაჲ მომუშავე სვეტის სათავისა და ბაზის (კუსლის) ანგარიში

სვეტებზე კოჭების თავისუფალი დაყრდნობისას, კოჭი უშუალოდ იდგება სვეტზე, რაც ამარტივებს სამონტაჟო სამუშაოებს (ნახ. 17).

სათავის სიხისტის წიბოს სიმძლვე განისაზღვრება შედუღების ნაკერების საჭირო სიგრძის მიხედვით, რომელთა საშუალებითაც ხდება დატვირთვის გადაცემა

$$h_E = N/4 \cdot K_f \cdot \gamma_c \cdot (R_w \cdot \gamma_w \cdot \beta)_{\min} \quad (107)$$

$h$  — არ უნდა აღემატებოდეს 85.β.  $K_f$  — სიდიდეს.

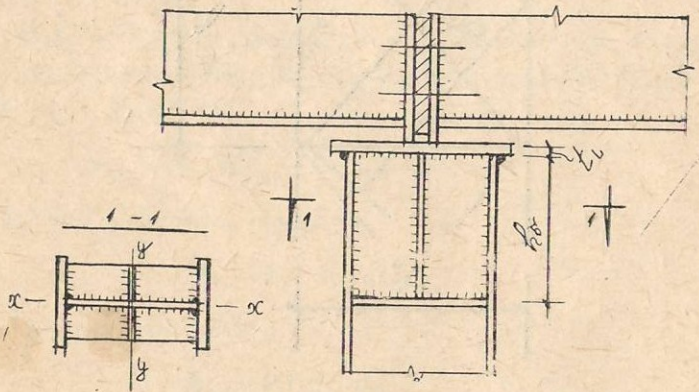
სიხისტის წიბოს სისქე თელვის პირობით აიღება ფორმულით

$$t_E = N/b_E \cdot R_p \cdot \gamma_c \quad (107^a)$$

აქ  $R_p$  — ლითონის გვერდითი ზედაპირის თელვაზე საანგარიშო წინაღობა;

$b_E$  — კოჭის საყრდენი წიბოს სიგანეს დამატებული სათავის ფილის გაორკეცებული სისქე.

გამჭოლკედლიანი სვეტის სათავის გაანგარიშება ზემოთ მოყვანილის ანალოგიურია.



ნახ. 17. კოჭების თავისუფალი დაყრდნობა სვეტზე.

სვეტის ბაზის ტიპის დადგენის შემდეგ განისაზღვრება საყრდენი ფილის ზომები გეგმაში (ნახ. 18).

საყრდენი ფილის განივკვეთის საჭირო ფართი იანგარიშება გამოსახულებით

$$A_{ფ} = N/R_{საფ} \quad (108)$$

სადაც  $R_{საფ}$  — საძირკვლის მასალის (ბეტონის) საანგარიშო წინაღობა კუმფავაზე;

$$R_{საფ} = R_{ბეტ} \cdot \gamma \quad \text{და} \quad \gamma = \sqrt[3]{A_{საფ}/A_{ფ}} \leq 1,5 \quad (109)$$

$A_{საფ}$  — საძირკვლის ფართი ზედა დონეზე;

$R_{ბეტ}$  — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა ღერძულ კუმფავაზე.

ფილის ზომები გეგმაში განისაზღვრება  $A_{ფ}$  -ს ფარგლებში კონსტრუქციული მოსაზრებებით.

ბაზის კონსტრუქციის მიხედვით ფილა დაიყოფა ფირფიტებად, რომელთაგან: 1—კონტურით; 2 და 4—სამი წიბოთი; 3—ორი წიბოთი დაყრდნობილია.

ფირფიტების 1 სმ სიგანის ზოლზე მომქმედ მიქსიმალური მღუნავი მომენტები განისაზღვრებიან, აკად. ბ. გ. ვალიორკინის მიერ მიღებული ფორმულებით:

კონტურით დაყრდნობილ ფირფიტაში

$$M = \alpha \cdot q \cdot a^2 \quad (110)$$

სამი წიბოთი დაყრდნობილ ფირფიტაში

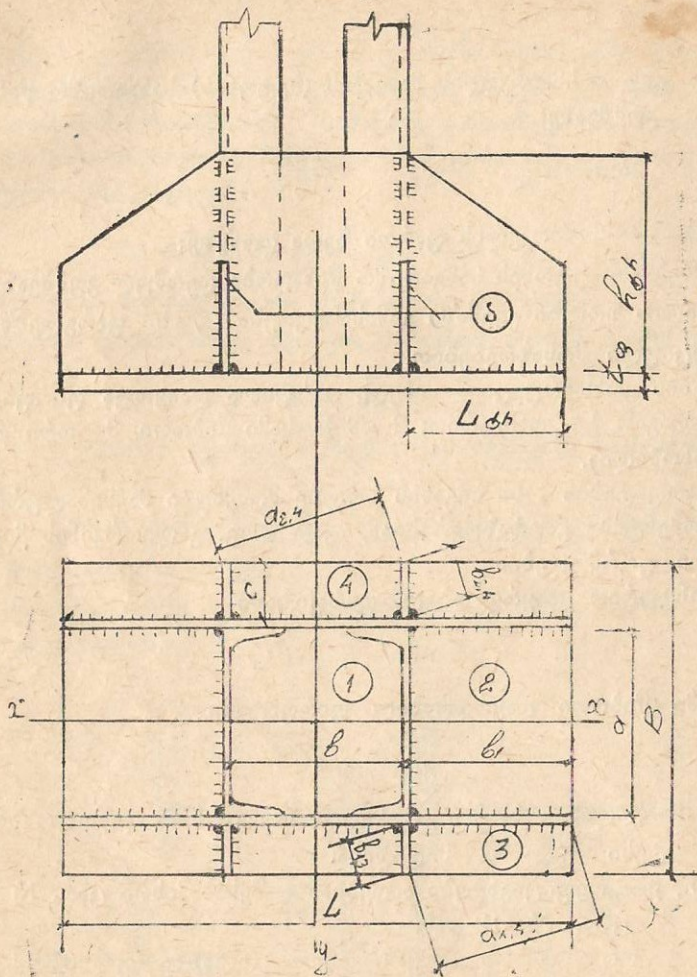
$$M = \beta \cdot q \cdot a^2 \quad (111)$$

სადაც  $h$  — ფილის 1 სმ<sup>2</sup>-ზე მომქმედ საანგარიშო დაწოლა, არაუმეტესი  $R_{საფ}$  — სიდიდისა;

$\alpha, \beta$  — კოეფიციენტები აიღებიან შესაბამისად ცხრ. № 11 და ცხრ. № 12-დან;

ორი წიბოთი დაყრდნობილი (ნახაზე მე-3 უბნისათვის) ფილისათვის გამოიყენება (111)—ფორმულა,  $d_{1,3}$  და  $b_{1,3}$  სიდიდეების გამოყენებით.

როდესაც ფარდობა  $b/a > 2$  მაქსიმალური მღუნავი მომენტი განგარიშდება ისე, როგორც კოჭურ ფილაში, ფორმულით (თუ ასეთი არის ფილაში,  $\alpha$ —სიხისტის წიბოების არ არსებობისას; მთლიანი ზოლი: სიგანით— $C$  და სიგრძით— $L$ )



ნა. 18. სვეტის ბაზა.

$$M = q \cdot L^2 / 3 \quad (112)$$

მღუნავი მომენტის სიდიდე კონსოლურ ფირფიტაში

$$M = q \cdot c^2 / 2 \quad (113)$$

(110) ÷ (113) ფორმულებიდან განისაზღვრება მაქსიმალური მღუნავი მომენტი, რის მიხედვითაც გაანგარიშდება საყრდენი ფილის 1 სმ სიგანის ზოლის კვეთის წინაღობის საჭირო მომენტი და ფილის საჭირო სისქე.

$$W_{ფი} = 1 \cdot t_{ფი}^2 / 6 = M_{მაკს.} / R_y \cdot \gamma_c \quad (114)$$

$$t_{ფი} \geq \sqrt{6 M_{მაკს.} / R_y \cdot \gamma_c} \quad (115)$$

ჩვეულებრივ მიიღება  $t_{ფი} = 20 \div 40$  მმ. ტრავერსის სიმაღლე განისაზღვრება ფორმულით

$$h_{ტრ} = N' / 4 \cdot K_f \cdot \gamma_c \cdot (R_w \cdot \gamma_w \cdot \beta)_{min} \quad (116)$$

სადაც

$$N' = N + N_{ს3} \quad (117)$$

$N_{ს3}$  — სვეტის საანგარიშო საკუთარი წონა; 4 — აღნიშნავს ტრავერსების სვეტის შტოებთან შედუღების ნაკერების რაოდენობას;

$K_f$  — არ უნდა აღემატებოდეს (1 ÷ 1,2) — ტრავერსის შტოს სისქეს, რომელიც კონსტრუქციული მოსაზრებებით აიღება 10 ÷ 16 მმ.

ტრავერსის სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს სიდიდეს — (85.  $K_f$  β)

სვეტის ტორსის მიღდება საყრდენ ფილასთან ხორციელდება კონსტრუქციული ნაკერებით  $K_f = 6$  მმ.

ტრავერსი განიხილება როგორც კონსოლური კოჭი და მოწმდება სიმტკიცეზე I—I კვეთში. მღუნავი მომენტი

$$M_{ტრ.} = q_{ტრ.} \cdot L_{ტრ.}^2 / 2 \quad (118)$$

ტრავერსის ერთ გრძივ სმ-ზე დაწოლა

$$q_{ტრ.} = R_{საბ.} \cdot 0,5 \cdot b \quad (119)$$

ტრავერსის წინაღობის მომენტი

$$W_{ტრ.} = 1,0 \cdot h_{ტრ.}^2 / 6 \quad (120)$$

მოწმდება ძაბვა ტრავერსში

$$\sigma = M_{\text{ტრ}} / W_{\text{ტრ}} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (121)$$

§ 4. კოჭოვანი უჯრედის გაანგარიშების მაგალითი

4.1. კოჭოვანში უჯრედის ბადის დაკვალვა

დასაპროექტებელია სამრეწველო შენობის კოჭოვანი უჯრედის კონსტრუქცია.

საპროექტო მონაცემები

- შენობის ზომები გეგმაში  $3L \times 3B$
- სვეტების გრძივი ბიჯი  $L = 12,0$  მ
- სვეტების განივი ბიჯი  $B = 6,0$  მ
- ფენილის ზედა ნიშნული  $h_{\text{ფენ.}} = 10,0$  მ
- გადახურვის სამშენებლო სიმაღლე  $h_{\text{საა}} = 1,5$  მ
- სასარგებლო დროებითი თანაბრადგანაწილებული ნორმატიული დატვირთვა  $P^{\text{ნ}} = 30,0$  კნ/მ<sup>2</sup>
- კონსტრუქციის მასალა ფოლადი — ВСт3пср—2
- შეერთების სახე შედუღებით  $\mathcal{M} - 42A$  ტიპის ელექტროდით
- საძირკვლის ბეტონის სიმტკიცე ბეტონი B 15 კლასის

ა) ფენილის შერჩევა

კოჭოვანი უჯრედის საპროექტო მონაცემების საფუძველზე, გახდენთ მის დაკვალვას გეგმაში (ნახ. 19).

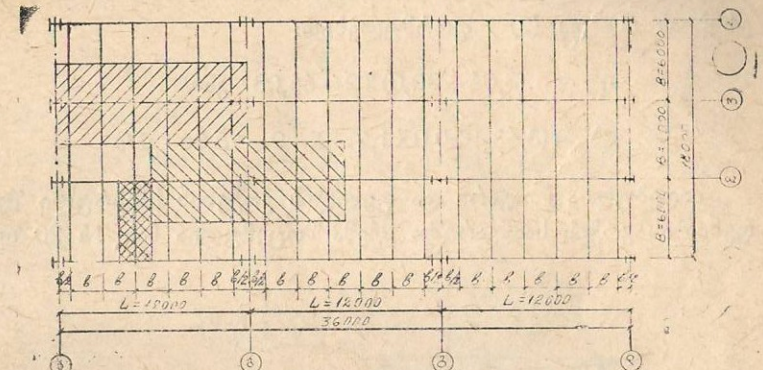
მთავარი კოჭები განლაგებული არიან შენობის გრძივად, ნორმალური ტიპის კოჭოვან უჯრედში.

მთავარი და ფენილის კოჭების შეუღლება ერთ დონეზე, სასარგებლოა. მთავარი კოჭის მალი  $L = I_{\text{მთ.კ.}} = 12000$  მმ, ფენილის კოჭის მალი  $B = I_{\text{ფ.კ.}} = 6000$  მმ-ია.

დაპროექტების მაგალითში გამოყენებულა ერთ-ერთი ტიპური ფენილის ტიპი.

სართულშუა გადახურვის 1 მ<sup>2</sup>-ზე მოსული ნორმატიული და საანგარიშო თანაბრადგანაწილებული დატვირთვები მოყვანილია ცხრ. № 13-ში.

ფენილი შედგება: ასფალტის დამცავი, და რკინაბეტონის ფილბითა და ფენილის კოჭებით განსახორციელებული—შვიდი ფენებისაგან.



ნახ. 19. კოჭოვანი უჯრედის დაკვალვა გეგმაში.

ცხრილი 13. გადახურვის 1 მ<sup>2</sup>-ზე მოსული მუდმივი დატვირთვები.

№ დატვირთვის სახე	ნორმატიული დატვირთვა კნ/მ <sup>2</sup>	გადატვირთვა კოეფ-ტი	საანგარიშო დატვირთვა კნ/მ <sup>2</sup>
1. ასფალტის ფენა $s_{\text{ა}} = 20 \text{ მმ}; \gamma_{\text{ა}} = 18 \text{ კნ/მ}^3$	$0,02 \times 18 = 0,36$	1,2	0,43
2. რკინაბეტონის ფილა $\delta_{\text{ფ.ბ.}} = 10 \text{ მმ}, \gamma_{\text{რ.ბ.}} = 25 \text{ კნ/მ}^3$	$0,1 \times 25 = 2,5$	1,1	2,8
3. ფენილის კოჭის საკუთარი წონა 1 № 30 $\rho_{\text{ფ.კ.}} = 0,36 \text{ კნ/მ}^2$	$g_{\text{ფ.კ.}} / b = 0,36 / 2 = 0,18$	1,05	0,2
ს უ ლ	$g_{\text{ს}} = 3,04$		$g_{\text{ს}} = 3,43$

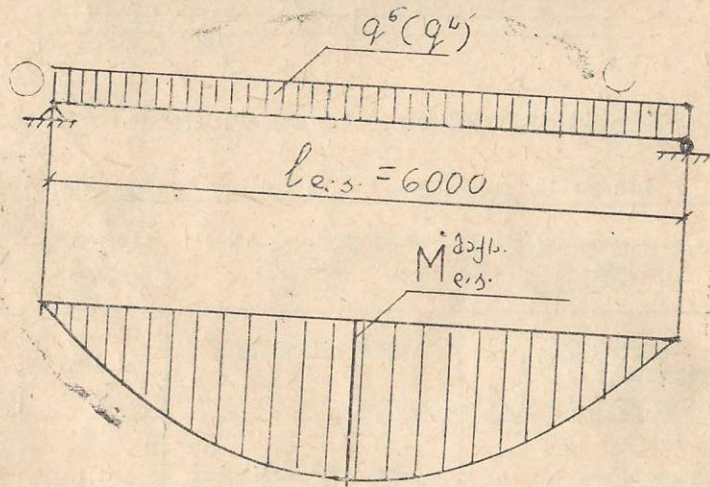
4.2 გაგლინული კოჭის (ფენილის და დამხმარე კოჭები) გაანგარიშება

ფენილის კოჭის 1 გრძ. მ-ზე მოსული თანხმარადგანაწილებული ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვის ინტენსივობები განისაზღვრებიან (1) და (2) ფორმულებით:

$$q^{\text{ფ}} = (3,04 + 30,0) \times 2 = 66,08 \text{ კნ/მ}$$

$$q^{\text{ს}} = (3,43 + 30,0 \times 1,2) \times 2 = 78,86 \text{ კნ/მ}$$

მიღებულია მთავარი და ფენილის კოჭების სახსრული შეერთება. ფენილის კოჭის საანგარიშო სქემა მოცემულია ნახ. № 20-ზე.



ნახ. 20. ფენილის კოჭის საანგარიშო სქემა და მღუნავ მომენტთა ეპიურა.

განისაზღვრება მაქსიმალური ძალები ფენილის კოჭში ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვებიდან: მღუნავი მომენტები

$$M_{\text{ფ.კ. მაქს}}^{\text{ფ}} = 66,08 \times 6^2 / 8 = 297,4 \text{ კნ.მ}$$

$$M_{\text{ფ.კ. მაქს}}^{\text{ს}} = 78,86 \times 6^2 / 3 = 354,9 \text{ კნ.მ}$$

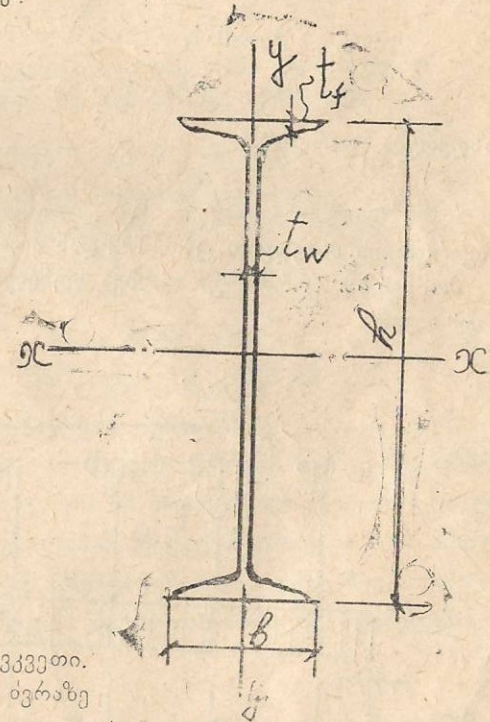
ვადამჭრი ძალა

$$Q_{\text{მაქს}} = 78,86 \times 6,0 / 2 = 236,6 \text{ კნ}$$

ფენილის კოჭის განივკვეთის საჭირო წინაღობის მომენტი (5)—ფორმულით

$$W_{\text{ნომინ}}^{\text{საჭ}} = 35490 / 1,1 \times 27,0 = 1174,0 \text{ სმ}^3$$

სორტამენტიდან (ГОСТ 8239—72) შეესაბამება I № 45 შემდეგი ძირითადი პარამეტრებით:  $b = 160 \text{ მმ}$ ;  $A_{\text{ფ.კ.}} = 84,7 \text{ სმ}^2$ ;  $\xi_{\text{ფ.კ.}} = 0,66 \text{ კნ/მ}$ ;  $W_x = 1231,0 \text{ სმ}^3$ ;  $J_x = 27696 \text{ სმ}^4$ ;  $t_w = 9,0 \text{ მმ}$ ;  $J_y = 807,0 \text{ სმ}^4$ ;  $t_s = 14,2 \text{ მმ}$   $S_x = 706,0 \text{ სმ}^3$ .



ფენილის კოჭის განივკვეთი. საანგარიშო წინაღობა ძვრავზე

$$R_s = 0,53 \cdot R_y = 0,53 \cdot 27,0 = 15,66 \text{ კნ/სმ}^2$$

გამოითვლება სიდიდე

$$0,5 \cdot R_s = 0,5 \cdot 15,66 = 7,83 \text{ კნ/სმ}^2$$

მხები ძაბვა საყრდენზე (10)—ფორმულით

$$\tau = 236,6 / 0,9 \cdot 42,2 = 6,23 \text{ კნ/სმ}^2$$

აქ

$$h \approx h_{\text{ფ.კ}} - 2t_f = 45 - 2 \cdot 1,4 = 42,2 \text{ სმ}$$

(7)—ფორმულის საფუძველზე, როცა

$$6,23 \text{ კნ/სმ}^2 < 6,83 \text{ კნ/სმ}^2$$

მაშინ  $C_1 = C$ .

მცირე მიახლოებით განისაზღვრება  $A_f$  და  $A_w$  ფენილის კოჭის თაროსა და კედლის ფართობი

$$A_f = b \cdot t_f = 16 \cdot 1,42 = 22,72 \text{ სმ}^2$$

$$A_w = A_{\text{ფ.კ}} - 2A_f = 84,7 - 2 \cdot 22,72 = 39,26 \text{ სმ}^2$$

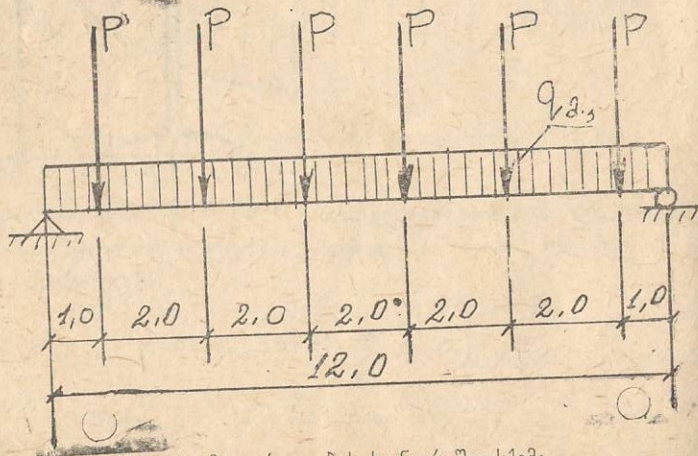
ისაზღვრება ფარდობა

$$22,72 / 39,26 = 0,57$$

ამ ფარდობის მიხედვით ცხრ. №2-დან აიღება კოეფიციენტი  $C = 1,11$ .  
მოწმდება: ნორმალური ძაბვა ფენილის კოჭის განივკვეთში (6) ფორმულით

$$\sigma = 35490 / 1,11 \cdot 1231 = 25,96 < 27 \text{ კნ/სმ}^2$$

$$(R - \sigma) \cdot 100 / R = (27 - 25,96) \cdot 100 / 27 = 3,85\% < 5\%$$



ნახ. 21. მთავარი კოჭის საანგარიშო სქემა.

ფენილის კოჭი მოწმდება სიხისტეზე (12)—ფორმულით

$$f / l_{\text{ფ.კ}} = 5 \cdot 0,66 \cdot 600^3 / 384 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 27696 = 0,0032 < 1 / 250 = 0,004$$

კოჭის სიხისტე უზრუნველყოფილია.

ფენილის კოჭის საერთო მდგრადობაზე შემოწმებისათვის (15)—  
ფორმულით ისაზღვრება  $\alpha$ —კოეფიციენტი

$$\alpha = 1,54 \cdot 54,7 \cdot 150^2 / 807 \cdot 45^2 = 1,16$$

ცხრ. 77-ის [1] თანახმად, როცა  $0,1 \leq \alpha \leq 40$ ,  $\Psi$  — კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით

$$\Psi = 2,25 + 0,07\alpha = 2,25 + 0,07 \cdot 1,16 = 2,33$$

$\Phi_1 = \Phi_{\Psi}$  — კოეფიციენტი განისაზღვრება (14)—ფორმულით

$$\Phi_1 = 2,33 \cdot 807 \cdot 45^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 / 27696 \cdot 15)^2 \cdot 27 = 6,11$$

$$\Phi_0 = 0,68 + 0,21 \cdot 6,11 = 1,96$$

საბოლოოდ მოწმდება ფენილის კოჭი საერთო მდგრადობაზე (13)—  
ფორმულით

$$35490 / 1,97 \cdot 947,52 \leq 27 \cdot 0,95$$

$$19,1 < 25,65 \text{ კნ/სმ}^2$$

სადაც  $W_c = 16 \cdot 1,4 (43 - 0,5 \cdot 1,4) = 947,52 \text{ სმ}^3$

კოჭის მდგრადობა უზრუნველყოფილია.

ესოდენ დიდი მარაგი გამოწვეულია იმით, რომ გაანგარიშებაში გათვალისწინებულია  $I_{\text{ფ}} = 150 \text{ სმ}$  სიგანის რყინაბეტონის ფილების ფენილის კოჭის ზედა სარტყელთან დადუღება, რაც ერთობ ამაღლებს კოჭის საერთო მდგრადობას (შემცირებულია კოჭის ზედა სარტყლის დაშავებებს შორის მანძილი, მღუნავი მომენტის მოქმედების შარბოთბ სიბრტყეში).

#### 4.3. მთავარი, შედგენილი შედუღებული, კოჭის გაანგარიშება

1. საანგარიშო სქემისა და დატვირთვების განსაზღვრა

მთავარი კოჭი წარმოადგენს ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე ღუნვად ელემენტს, რომელზეც ფაქტიურად მოქმედებს თანახ-

რადგანაწილებული დატვირთვა კოჭის საკუთარა წონისაგან და შე-  
ყურსული P—ძალები (ნახ 21.).

რადგან მთავარი კოჭის მალში მოქმედებს ექვსი P—ძალა (დამხმარე  
კოჭის გაორკეცებული რეაქცია—ან ფენილის კოჭისა), მათი ზემოქ-  
მედება შეიძლება შეიცვალოს თანაბრადგანაწილებული დატვირთვით.  
მთავარი კოჭის 1 გრძივ მეტრზე მოქმედებენ თანაბრადგანაწი-  
ლებული დატვირთვები:

ა) ნორმატიული

$$q_{წთ}^I = 1,015 \times (3,04 + 30) \times 6,0 = 201,2 \text{ კნ/მ}$$

ბ) საანგარიშო

$$q_{წთ}^II = 1,015 \times (3,43 + 30 \times 1,2) \times 6,0 = 242,2 \text{ კნ/მ}$$

აქ კოეფიციენტი 1,015 ითვალისწინებს მთავარი კოჭის საკუთარ  
წონას.

განისაზღვრება: ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვებით გა-  
მოწვეული მდუნავი მომენტებისა და განივი ძალის მაქსიმალური მნი-  
შვნელობები, (19) და (20) ფორმულებით

$$M_{მაქს.}^I = 201,2 \times 12^2/8 = 3621,6 \text{ კნ. მ}$$

$$M_{მაქს.}^{II} = 242,2 \times 12^2/8 = 4359,6 \text{ კნ. მ}$$

$$Q_{მაქს.}^I = 242,2 \times 12/2 = 1453,2 \text{ კნ}$$

2. განივკვეთის ზომების დადგენა.

კვეთის სიმაღლის განსაზღვრა

მთავარი კოჭის კვეთის სიმაღლე საორიენტაციოდ შეიძლება გა-  
ნისაზღვროს ემპირიული ფორმულით

$$h_{აბ.კ.} \approx 1/10 = 1200/10 = 120 \text{ სმ}$$

შვეული კედლის სისქე [(25), (25 ა) ფორმულებით]

$$t_w = 7 + 3 \times 1200/1000 = 11 \text{ მმ}$$

$$t_w^{ობ} = 1,2 \times 1453,2/120 \times 15,66 = 0,824 \text{ სმ} = 8,24 \text{ მმ}$$

აღებულია  $t_w = 11 \text{ მმ}$ .

მთავარი კოჭის განივკვეთის წინაღობის მომენტი გამოითვლება  
(22)—ფორმულით

$$W_{საჭ.} = 435960/27 \cdot 1,1 = 14678,8 \text{ მ}^3$$

(21)—ფორმულით განისაზღვრება განივკვეთის ოპტიმალური  
სიმაღლე

$$h_{აბ.ტ.} = 1,15 \cdot \sqrt{14678,8/1,1} = 132,8 \text{ სმ}$$

განივკვეთის მინიმალური სიმაღლე სიხისტის პირობის მიხედ-  
ვით, (23)—ფორმულით

$$h_{აბ.ს} = 5 \times 27 \times 1,1 \times 1200 \times 400 \times 201,2/2,1 \times 10^4 \times 242,2 \times 24 = 117,3 \text{ სმ}$$

$$აქ, 400 = \frac{h_j}{2}$$

აღებულია მთავარი კოჭის სიმაღლე  $h_j = 130,0 \text{ სმ}$ , რაც უზრუნველ-  
ყოფს საჭირო სიხისტეს და ახლოს არის  $h_{აბ.ტ.}$ -თან.

### 3. კოჭის კვეთის შერჩევა

განისაზღვრება:

კოჭის განივკვეთის საჭირო ინერციის მომენტი (26)—ფორმულით

$$J_{საჭ.} = 14678,8 \times 130/2 = 954122 \text{ სმ}^4$$

კოჭის განივკვეთის კედლის სიმაღლე

$$h_{კედ.} = h_j - 2t_w' = 130 - 2 \cdot 2,5 = 125 \text{ სმ}$$

აქ  $t_w' = 25 \text{ მმ}$  — კოჭის სარტყლის საორიენტაციო სისქეა.

კოჭის კედლის ინერციის მომენტი

$$J_{კედ.} = 1,1 \times 125^3/12 = 179036,5 \text{ სმ}^4$$

კოჭის სარტყლებზე მოსული ინერციის მომენტი

$$J_{სარტყ.} = 954122 - 179036,5 = 775085,5 \text{ სმ}^4$$

სარტყლის საჭირო სიგანე (29)—ფორმულით

$$J_{\text{საფ.}} = 2 \cdot (b_f \cdot t_f \cdot \frac{h_{\text{ეს}}^3}{2}) \Rightarrow b_f = \frac{4 \cdot J_{\text{საფ.}}}{2 \cdot t_f \cdot h_{\text{ეს}}^2} = \frac{2 \cdot J_{\text{საფ.}}}{t_f \cdot h_{\text{ეს}}^2}$$

$$b_f = 2 \times 775085,5 / 2,5 \times 127,5^2 = 38,0 \text{ სმ}$$

აღებულია  $b_f = 38,0$  სმ ფარდობებით:

$b_f/h_3 = 38,0/130 = 1/3,42$ ;  $b_f = (1/3 \div 1/4)h_3$ , — კოჭის საერთო მდგრადობის უზრუნველსაყოფად.

გსაზღვრავთ  $h_s/b$  და  $b_f/t_f$  ფარდობებს

$$h_s/b_f = 127,5/38 = 3,36; \quad 1 < 3,36 < 6.$$

$$b_f/t_f = 38/2,5 = 15,2; \quad 15 < 15,2 < 35.$$

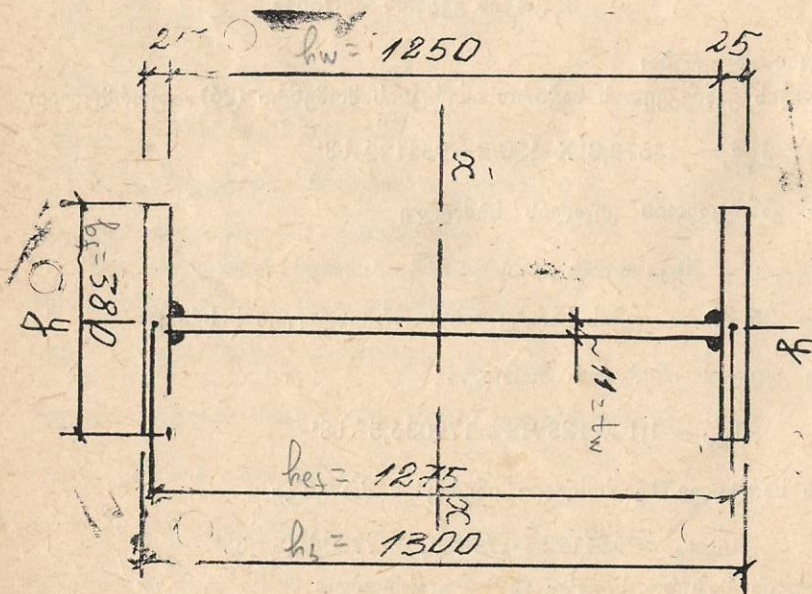
ცხრილი № 4-ს თანახმად კოჭის სარტყლის მდგრადობა უზრუნველყოფილია.

ქვემოთ მოყვანილია საჭირო სიდიდეების განგარიშება, შერჩეული მთავარი კოჭის განივკვეთის მიხედვით, რომელთა საშუალებითაც მოხდება ამ განივკვეთის სიმტკიცეზე შემოწმება.

კოჭის კედლის ინერციის მომენტი

$$J_{\text{კედ.}} = 179036,5 \text{ სმ}^4$$

კოჭის სარტყლების ინერციის მომენტი



ნახ. 22. მთავარი კოჭის განივკვეთი.

$$J_{\text{საფ.}} = 2 \times 38 \times 2,5 \times 127,5^2 / 2 = 772172 \text{ სმ}^4$$

კოჭის განივკვეთის ინერციის მომენტი

$$J_{\text{კოჭი}} = 179036,52 + 772172 = 951208,5 \text{ სმ}^4$$

კოჭის განივკვეთის წინაღობის მომენტი

$$W_3 = 2 \times 951208,5 / 130 = 14633,98 \text{ სმ}^3$$

საბოლოოდ მთავარი კოჭის განივკვეთი მოწმდება სიმტკიცეზე (32) ფორმულით

$$\sigma = 435960 / 1,03 \times 14633,8 = 28,39 \approx 27 \times 1,05 = 28,35 \text{ კნ/სმ}^2$$

აქ:  $\tau = 1453,2 / 1,1 \cdot 130 = 10,15 \text{ კნ/სმ}^2$

$$0,5R_s \leq \tau \leq 0,9R_s; \quad 0,8 \cdot 15,66 \leq 10,15 \leq 0,9 \cdot 15,66$$

$$7,83 < 10,15 < 14,1 \text{ კნ/სმ}^2$$

$$\beta = \sqrt{[1 - (11 : 15,66)^2] / [1 - 0,1 \cdot (11 : 15,66)^2]} = 0,88$$

$$C_1 = 1,05 \cdot \beta^2 = 1,05 \cdot 0,88 \cdot 1,161 = 1,03$$

სადაც  $A_f/A_{\text{კედ.}} = 3 \cdot 0,25 / 125 \cdot 1,1 = 0,69$  და

აქ ცხრ. № 2-დან  $C = 1,101$ .

#### 4. მთავარი კოჭის სიხისტეზე შემოწმება

მოწმდება მთავარი კოჭის განივკვეთი სიხისტეზე, მასალის მზიდუნარიანობის მთლიანად გამოყენებისას, ფორმულით

$$f/l = 5 \times 27,1,1 \times 1200 \times 201,2/24 \times 2,1 \times 10^4 \times 130 \times 242,2 = 0,0022 < |f/l| = 0,0025$$

#### 5. მთავარი კოჭის განივკვეთის ცვლილება, ძაბვებზე შემოწმება და სარტყლის შედუღების ნაკერის ანგარიში

განივკვეთის ცვლილება ხდება სარტყლის სიგანის შემცირებით (34)—პირობებიდან გამომდინარე ვიღებთ

$$b_{1,1} = 180 \text{ მმ}$$

განისაზღვრება შემცირებული კვეთის:  
ინერციის მომენტი

$$J_1 = 179036,5 + 2 \times 18 \times 2,5 \times (127,5:2)^2 = 544802,1 \text{ სმ}^4$$

წინაღობის მომენტი

$$W_1 = 2 \times 544802,1 / 130 = 8381,6 \text{ სმ}^3$$

მლუნავი მომენტი შემცირებული განივკვეთის ამტანუნარიანობის მიხედვით

$$M_1 = 8381,6 \times 27 \times 1,1 = 246933,5 \text{ კნ. სმ}$$

მლუნავი მომენტი კოჭის საყრდენიდან  $x$ —მანძილზე

$$M_{1(x)} = 242,2 \times (12,0 - x) / 2 = 1453,2x - 121,1 x^2$$

დაცული უნდა იქნას პირობა

$$M_{1(x)} = M_1$$

$$1453,2 x - 121,1 x^2 = 246933,5$$

$$121,1 x^2 - 1453,2 x + 246933,5 = 0$$

$$x^2 - 12x + 20,6 = 0$$

$$x_{1,2} = 6,0 \pm \sqrt{6,0^2 - 20,6 \times 1,0} = 6,0 \pm 3,9$$

$$x_1 = 9,9 \text{ მ}; \quad x_2 = 2,1 \text{ მ.}$$

თეორიულად კვეთის ცვლილება უნდა მოხდეს კოჭის საყრდენიდან  $x = 210,0$  სმ მანძილზე.

კვეთის ცვლილების ადგილის პოვნა შესაძლებელია გრაფიკულად. აიგება კოჭის მლუნავ მომენტთა ეპიურა და მასზე გადაიზომება შემცირებული განივკვეთის მომენტი ამტანუნარიანობის მიხედვით— $M_1$  (ნახ. 23)

$$M_{1(x)} = 1453,2x - 121,1x^2$$

როცა

$$x = 2,0 \text{ მ}$$

$$M_{x=2} = 2422,0 \text{ კნ.მ}$$

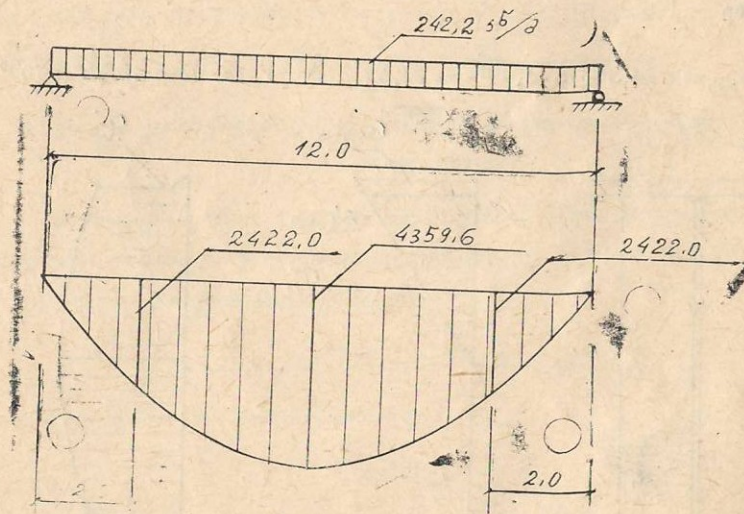
$$x = 4,0 \text{ მ}$$

$$M_{x=4} = 3874,4 \text{ კნ. მ}$$

$$x = 6,0 \text{ მ}$$

$$M_{x=6} = 4359,6 \text{ კნ. მ}$$

კოჭის სიგრძეზე კვეთის ცვლილების ფაქტური წერტილი მოიძებნება მისი სარტყლის სიგანის ორივე კიდის  $i = 1:5$  ქანობით ჩამოჭრებით სარტყლის თეორიული წყვეტი წერტილებიდან კოჭის საყრდენების მიმართულებით (ნახ. 24).



ნახ. 23. მთავარი კოჭის კვეთის ცვლის ადგილების განსაზღვრა.

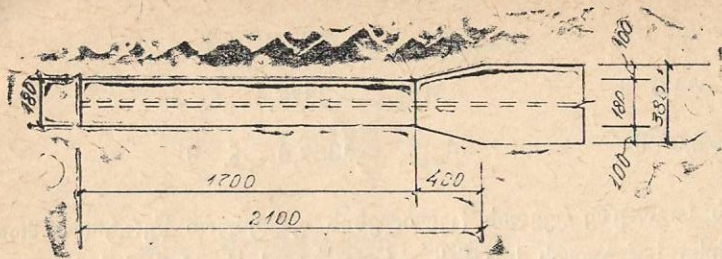
$$d = (b_1 - b_{11}) \cdot 0,5 \cdot 5,0 = (340 - 180) \cdot 0,5 \cdot 5 = 400 \text{ მმ}$$

$$x_{\text{კოჭ}} = x - b = 210 - 400 = 1700 \text{ მმ}$$

მოწმდება შემცირებული განივკვეთით: ა) მსებ ძაბვებზე (ნახ. 25)

$$\tau_{\text{მაკს}} = 1453,2 \cdot 5017,2 / 544802,1 \cdot 1,1 = 12,2 < 15,66 \text{ კნ/სმ}^2$$

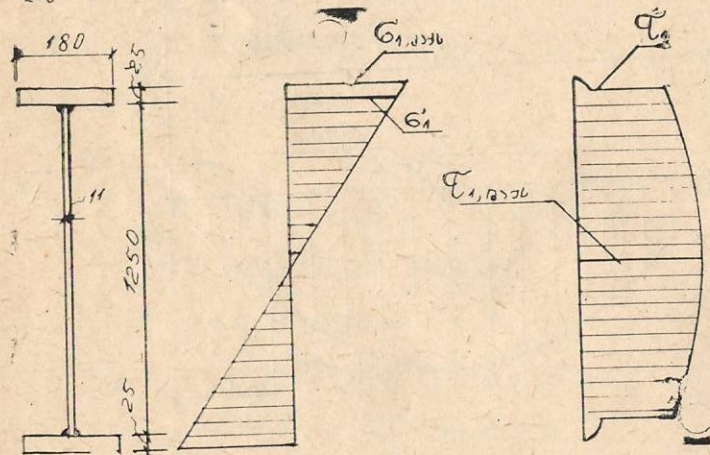
$$S_1 = 1,1 \cdot 125^2 / 8 + 18 \cdot 2,5 \cdot 127,5 / 2 = 5017,2 \text{ სმ}^3$$



ნახ. 24. მთავარი კოჭის კვეთის ცვლა.

დაყვანილ დაბევებზე სარტყლისა და კედლის შედუღების ნაკერის ღრუნიზე

$$\sigma_{დაყ} = \sqrt{24,3^2 + 3 \cdot 4,99^2} = 27,6 \text{ კვ/სმ}^2 < 1,15 \cdot 27 = 31,05 \text{ კვ/სმ}^2$$



ნახ. 25. მთავარი კოჭის შემცირებული განივი კვეთი. დაბევბის ეპიურები.

სადაც

$$\sigma_1 = 212040,0 \cdot 125 / 8381,6 \cdot 130 = 24,3 \text{ კვ/სმ}^2$$

$$\tau_1 = 1044,5 \cdot 2868,8 / 544802,1 \cdot 1,1 = 4,99 \text{ კვ/სმ}^2$$

აქ

$$M_1 = 1453,2 \cdot 1,7 - 242,2 \cdot 1,7^2 / 2 = 2120,4 \text{ კვ.მ}$$

60

$$Q_1 = 1453,2 - 242,2 \cdot 1,7 = 1041,5 \text{ კვ}$$

$$S_{1,1} = 18,0 \cdot 2,5 \cdot 127,5 / 2 = 2868,8 \text{ სმ}^2$$

ამრიგად, მთავარი კოჭის სიმტკიცეზე შემოწმების ყველა პირობა დაკმაყოფილებულია. კოჭის სარტყლის კედელთან შედუღების ნაკერის სიმაღლე ძერის პირობიდან

$$h_{საყ} = 5,49 / 2 \cdot 0,8 \cdot 18,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 0,17 \text{ სმ}$$

$$\text{აქ: } T = \tau_1 \cdot t_w = 4,99 \cdot 1,1 = 5,49 \text{ კვ/სმ}$$

$\beta = 0,8$  (ცხრ. 34 [1], როცა  $h_{საყ}^I = 9 \div 12$  მმ; შედუღების მავთულის დიამეტრი  $d = 1,4 \div 2$  მმ,  $\gamma_{wf} = 1$ ,  $R_{wf} = 18 \text{ კვ/სმ}^2$ ,  $\gamma_c = 1,1$ . კონსტრუქციულად ვიღებთ  $h_{საყ} = 6$  მმ.

### 6. კოჭის ელემენტების ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება კოჭის კედელი

განიხილება კოჭის კედლის მდგრადობის უზრუნველყოფა განივი ძირითადი სიხისტის წიბოებში კედლის მთელ სიმაღლეზე (ნახ. 26). რადგან პირობითი მოქნილობა

$$\bar{\lambda}_w = 125 / 1,1 \cdot \sqrt{27 / 2100} = 4,08 > 3,2$$

სიხისტის წიბოებს შორის მანძილი

$$\alpha \leq 2h_{კედ}$$

$$\alpha = 2000 < 2h_{კედ} = 2500 \text{ მმ}$$

სიხისტის წიბოს სიგანე

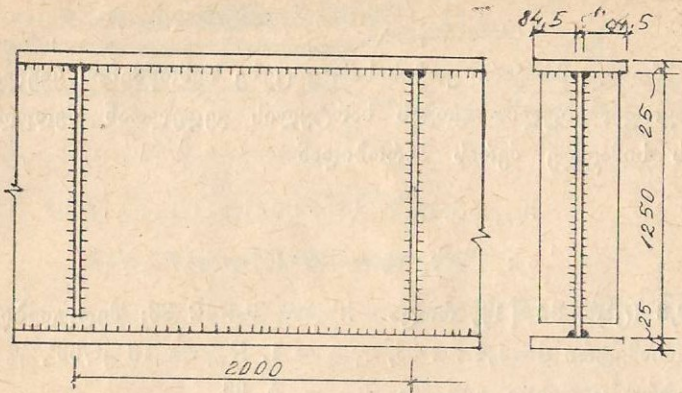
$$b_{ს.ს.} = 1250 / 30 + 40 = 74,7 \text{ მმ}$$

ვიღებთ  $t_{ს.ს.} = 75$  მმ.

სიხისტის წიბოს სისქე

$$t_{ს.ს.} = 2,75 \cdot \sqrt{27 / 2100} = 5,4 \text{ მმ}$$

ვიღებთ  $t_{ს.ს.} = 6$  მმ.



ნახ. 26. შემცირებული განივკვეთი, კოჭის ფრაგმენტი.

მთავარი კოჭის კედლის ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება ხდება საყრდენიდან მე-2 ფირფიტის ფარგლებში, სადაც ხდება კოჭის კვეთის ცვლილება; ე. ი. განიხილება შემცირებული განივკვეთი, საყრდენიდან I შეყურსული ძალის ქვეშ,  $x=1$  მ მანძილზე.

ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება სწარმოებს დამხმარე სახელმძღვანელოს § 2-ში მოყვანილი ფორმულების საფუძველზე, რადგან  $\sigma_{\text{და}} = 0$  (რეალურად ფენილის კოჭების რეაქციები გადაეცემა მთავარ კოჭს შეყურსული  $P$ —ძალების სახით სიხისტის წიბოების მეშვეობით).

კედლის ადგილობრივი მდგრადობის უზრუნველსაყოფად დაცული უნდა იყოს (41)—პირობა

$$\sqrt{(\sigma_1/\sigma_{1,კრ})^2 + \tau/\tau_{კრ}} \leq \gamma_c$$

ვსაზღვრავთ  $x=1,0$  მ მანძილზე საყრდენიდან მღუნავი მომენტისა და განივი ძალის მნიშვნელობებს:

$$M_2 = 1453,2 \times 242,2 \times x^2/2 = 1453,2 \times 1,0 - 242,2 \times 1,0^2/2 = 1332,1 \text{ კნ. მ}$$

$$Q_2 = 1453,2 - 242,2 \times 1,0 = 1211,0 \text{ კნ}$$

(37) და (38) ფორმულებით განისაზღვრებიან: ნორმალური ძაბვა

$$\sigma_2 = 133210 \times 125/8381,6 \times 130 = 15,21 \text{ კნ/სმ}^2$$

მხები ძაბვა

$$\tau_1 = 1211,0/125 \times 1,1 = 6,91 \text{ კნ/სმ}^2$$

ფარდობა

$$a/h_{\text{კვ}} = 200/125 = 1,6 > 0,8$$

ამ შემთხვევაში ძაბვები განისაზღვრებიან § 6. ქვებუნქტ 6.1-ის შესაბამისად: ნორმალური კრიტიკული ძაბვა (42)—ფორმულით

$$\sigma_{კრ} = 32,13 \times 27/4,08^2 = 52,11 \text{ კნ/სმ}^2$$

სიდიდე  $\delta$  — (44) ფორმულით

$$\delta = 0,8 \times 18 \times 2,5^3/125 \times 1,1^3 = 1,35$$

$C_{კრ} = 32,13$  აღებულია ცხრ. № 5-დან ინტერპოლაციით. კრიტიკული მხები ძაბვა

$$\tau_{კრ} = 10,3(1 + 0,76/1,6^2) \times 15,66/4,08^2 = 12,56 \text{ კნ/სმ}^2$$

სადაც  $\mu = 200/125 = 1,6$ ;  $d = 125$  სმ (კოჭის კედლის სიმაღლე—ფირფიტის უმცირესი გვერდი).

$$\bar{\lambda}_{ef} = (125/11) \cdot \sqrt{27/21000} = 4,03$$

ზემოთგამოთვლილი ძაბვების მნიშვნელობები შეტანილია (41)—ფორმულაში

$$\sqrt{(15,21 : 52,11)^2 + (6,91 : 12,56)^2} = 0,62 < 1,0$$

(41)—პირობა დაკმაყოფილებულია, ე. ი. უზრუნველყოფილია კოჭის კედლის ადგილობრივი მდგრადობა.

### § 7. შეფასენილი კოჭის კონსტრუქციის დაპროექტება

7. ა. სამონტაჟო პირაპირები მაღალი სიმტკიცის ქანჭიკებზე

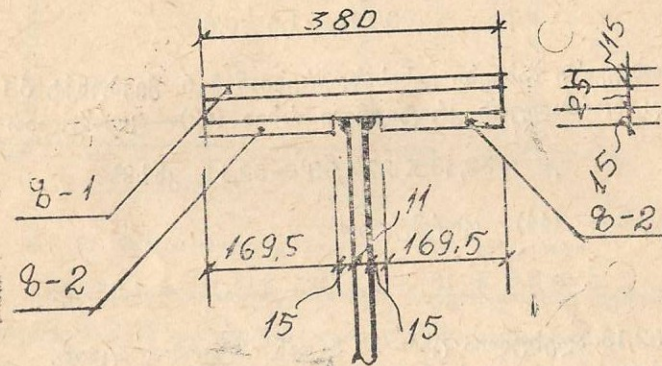
კოჭის სარტყლების პირაპირები დაცული უნდა იქნას პირობა — ფ (51)

$$n \geq 1, 18 \cdot A_{\text{ნეტო}}^b \cdot R_y / Q_{bh} \cdot \gamma_c$$

(52)—ფურმულით

$$Q_{bh} = 2 \times 108,5 \times 0,9 \times 2,43 \times 0,58 / 1,02 = 250,27 \text{ კნ}$$

სადაც „2“—ხახუნის ზედაპირების რიცხვია (ნახ. 27).



ნახ. 27. მთავარი კოჭის ზედა სარტყლის პირაპირი.

$$R_{bh} = 0,7 \cdot R_{\text{BIII}} = 0,7 \cdot 155 = 108,5 \text{ კნ/სმ}^2$$

$R_{\text{BIII}} = 155 \text{ კნ/სმ}^2$ —„30 X 3 MΦ“ მარკის ფოლადისაგან დამზადებული  $d=20$  მმ დიამეტრის ჭანჭიკის უმცირესი დროებითი წინაღობაა გაგლეჯაზე

$$\gamma_b = 0,9; \quad A_{\text{ნეტო}}^b = 2,43 \text{ სმ}^2; \quad \mu = 0,58$$

რადგან სარტყლების საჭანჭიკე ხვრეტებით შესუსტებული განივკვეთის ფართი საორიენტაციოდ მიიღება

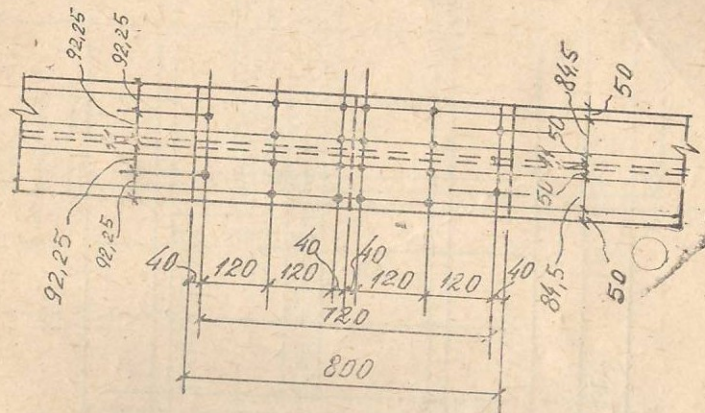
$$A_{\text{ნეტო}}^b \geq 0,85 \cdot A^b$$

(51)—პირობაში უნდა ჩაისვას  $A^b$  —სიდიდე,  $A_{\text{ნეტო}}^b$  -ს ნაცვლად და ჭანჭიკების რიცხვი პირაპირის ცალ მხარეს იქნება

$$n \geq 38 \cdot 2,5 \cdot 27 / 1,0 \cdot 250,27 = 10,2 \text{ ც}$$

აღებულია  $n=10$  ც.

ზ—1 და ზ—2 ფურცლების განივკვეთების ზომებია შესაბამისად (380 X 15) და (169,5 X 15) მმ, ხოლო მათი სიგრძე აიღება ნახ. 28-ს მიხედვით  $I_b = 800$  მმ.



ნახ. 28. ზედა სარტყლის პირაპირი (ზედხელი).

კოჭის კედლის პირაპირში, კედელზე მოსული მღუნავი მომენტი განისაზღვრება ფორმულით

$$M_{კედ} = 435960 \times 179036, 5 / 951208,5 = 82056,4 \text{ კნ. სმ}$$

რადგან პირაპირი კეთდება კოჭის შუაში, განივი ძალა ნულის ტოლია და ძალვა, რომელიც მოქმედებს ყველაზე დაძაბულ ჭანჭიკში განისაზღვრება ნახ. 29-ზე მოცემული ზომების შესაბამისად (მიღებულია  $d_3 = 20$  მმ, ნახევარზედზე განლაგებულია 14 ჭანჭიკი 2 ვერტიკალურ სვეტში). მაქსიმალურად დაცილებულ რიგებს შორის მანძილი  $h_{0,max} = 1080$  მმ; კოეფიციენტი

$$\alpha = 82056,4 / 2 \times 108 \times 250,27 = 1,52$$

ცხრ. 7.8 [I]-ის მიხედვით, როცა  $\alpha = 1,55$  და  $K = 7,0$

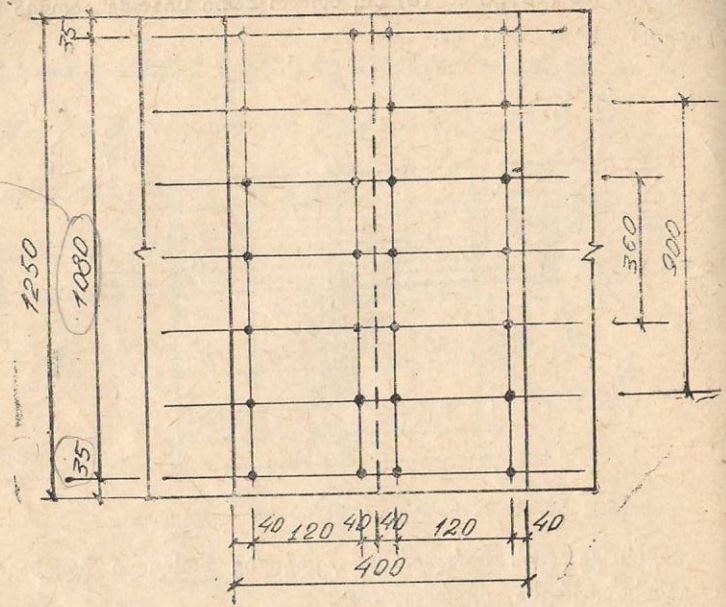
$$\Sigma h_i^2 = 108^2 + 90^2 + 36^2 = 21060 \text{ სმ}^2$$

$$\alpha = 1,55 > 1,52$$

$$N_{\text{max}} = M_{კედ} \cdot h_{0,max} / m \cdot \Sigma h_i^2 = 82056,4 \cdot 108 / 2 \cdot 21060 =$$

$$210,4 \text{ კნ} < Q_{bh} = 250,27 \text{ კნ}$$

1080/70 # 1250



ნახ. 29. მთავარი კოჭის კედლის პირაპირი.

7. ბ. კოჭის საყრდენი ნაწილის განგარიშება

მთავარი კოჭიდან დატვირთვები სვეტს გადაეცემა ტორსის ფურცლის საშუალებით, რომლის განივკვეთის ფართი იანგარიშება ფორმულით (ნახ. 30)

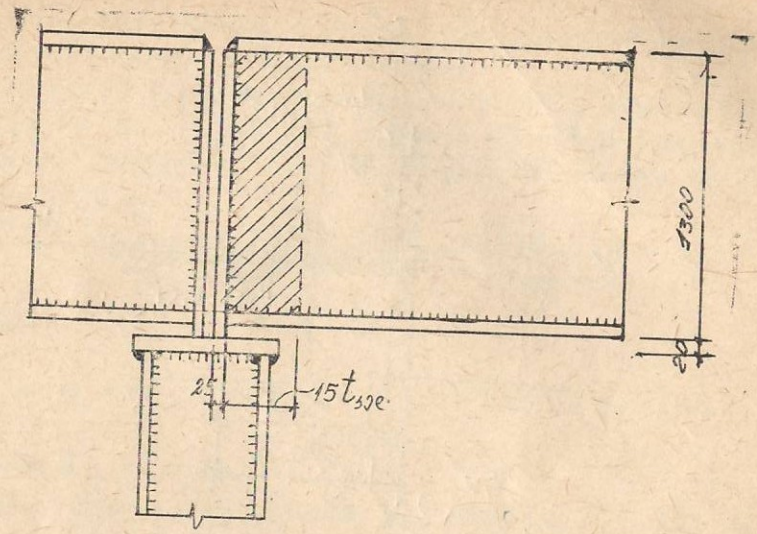
$$A = 1453,2/33,6 \times 1,0 = 43,25 \text{ სმ}^2$$

ტორსის ფურცლის სიგანეს ვიღებთ კოჭის სატყლის სიგანის ტოლს  $h_{ტ.ფ.} = h_{სარტ.} = 180 \text{ მმ}$ . ვსაზღვრავთ ტორსის ფურცლის საჭირო სისქეს

$$t_{ტ.ფ.} = 43,25/18,0 = 2,42 \text{ სმ}$$

აღებულია  $t_{ტ.ფ.} = 2,5 \text{ სმ}$ .

საჭიროა კოჭის პირობითი საყრდენი დგარის მდგრადობაზე შემოწმება „y—y“ და „x—x“ ღერძების მიმართ. პირობითი საყრდენი



ნახ. 30. მთავარი კოჭის დაყრდნობა სვეტზე.

დგარის განივკვეთი შედგება: ტორსის ფურცლის და  $15t_w = 165 \text{ მმ}$  სიგანეზე, კოჭის შვეული კედლის განივკვეთების ჯამისაგან (ნახ. 31). დგარის ინერციის მომენტი „y—y“ ღერძის მიმართ

$$J_y = 2,5 \cdot 18^3/12 + 16,5 \cdot 1,1^3/12 = 1216,83 \text{ სმ}^4$$

განისაზღვრება „x—x“ ღერძის მდებარეობა კოეფიციენტი

$$\beta = t_{კოე} \cdot h_{კ.დ.გ.} / t_s \cdot h_s = 1,1 \cdot 19/2,5 \cdot 18 = 0,464$$

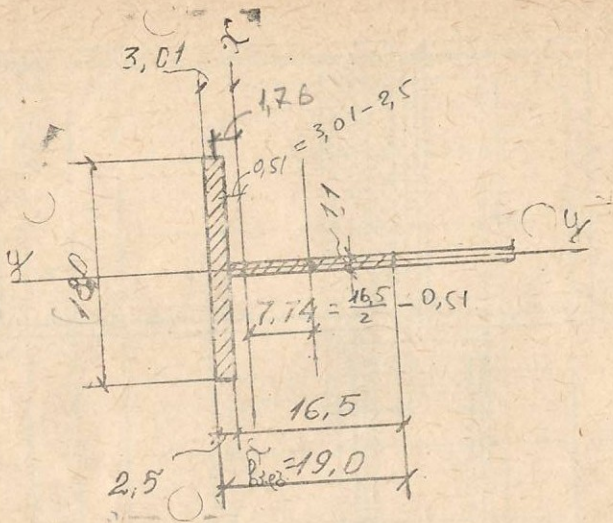
„x—x“ ღერძის დაცილება ტორსის ფურცლის კიდიდან

$$z = h_{კ.დ.გ.} \cdot \beta/2 \cdot (1 + \beta) = 19 \cdot 0,464/2 \cdot (1 + 0,464) = 3,01 \text{ სმ}$$

პირობითი დგარის ინერციის მომენტი „x—x“ ღერძის მიმართ

$$J_x = 18 \cdot 2,5^3/12 + 18 \cdot 2,5 \cdot 1,76^2 + 16,5 \cdot 1,1^3/12 + 16,5 \cdot 1,1 \cdot 7,74^2 = 1251,98 \text{ სმ}^4$$

პირობითი დგარის განივკვეთის ფართი



ნახ. 31. პირობითი დგაოი.

$$A_{\text{კ.გა}} = 18 \cdot 2,5 + 16,5 \cdot 1,1 = 63,15 \text{ სმ}^2$$

ინერციის რადიუსები „x-x“ და „y-y“ ღერძების მიმართ

$$i_x = \sqrt{1251,98/3,15} = 4,45 \text{ სმ};$$

$$i_y = \sqrt{1216,83/3,15} = 4,39 \text{ სმ};$$

მოქნილობები

$$\lambda_y = 125/4,39 = 28,5;$$

$$\lambda_x = 125/4,45 = 28,09$$

მაქსიმალურ მოქნილობას  $\lambda_{\text{max}} = \lambda_y = 28,5$ , შეესაბამება გრძივი ღუნვის კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობა (დანართი 7 [1])  $\varphi = 0,929$

მოწმდება ძაბვა პირობითი დგარის განივკვეთში

$$\sigma = 1453,2/0,929 \cdot 63,15 = 24,77 < R_{\text{v}} \cdot \gamma_c = 27, \text{ კე/სმ}^2$$

ამრიგად დგარის მდგრადობა უზრუნველყოფილია.

განისაზღვრება ტორსის ფურცლის კოჭის კედელთან მიღუღების კათეტი. გამოითვლება  $(\beta \cdot R_{\text{w}})_{\text{min}}$  —სიდიდე.

ცხრილი 5.1 [1]-ის მიხედვით  $R_{\text{waf}} = 21,5 \text{ კნ/სმ}^2$ ; დანართი 4[1]-ის მიხედვით  $R_{\text{wz}} = 16,5 \text{ კნ/სმ}^2$ . შეერთება სწარმოებს ნახევრადავტომატური შედუღებით  $C_b = 0,8 \Gamma 2$  მავთულით. ცხრილი 5,4 [1]-დან  $\beta_f = 0,9$ ;  $\beta_z = 1,05$

$$\beta_z \cdot R_{\text{waf}} = 0,9 \cdot 21,5 = 19,3 \text{ კნ/სმ}^2 \geq \beta_z R_{\text{wz}} = 1,05 \cdot 16,5 = 17,32 \text{ კნ/სმ}^2$$

ამრიგად

$$K_{\text{ნაკ.}} = 1/\beta_z \cdot \sqrt{Q_{\text{ბ.კვ}}^b / 2 \cdot 85 \cdot R_{\text{wz}}} = 1/1,05 \cdot \sqrt{1453,2/2 \cdot 85 \cdot 16,5} = 0,685 \text{ სმ}$$

აღებულია  $K_{\text{ნაკ.}} = 7 \text{ მმ}$ .

ნაკერის მუშა სიგრძე  $l_{\text{ნაკ.}} = 85\beta_z \cdot K_{\text{ნაკ.}} = 85 \cdot 1,05 \cdot 0,7 = 62,5 \text{ სმ}$ .

კონსტრუქციული მოსაზრებებით ტორსის ფურცელი ღუღდება კოჭის კედელთან, მთელ სიმაღლეზე, უწყვეტი ნაკერით.

### 7. გ. მთავარი და ფენილის კოჭების შეუღლების გაანგარიშება.

შეუღლება ხდება ერთ დონეზე ნახ. 32-ს მიხედვით. ინიშნება ჭანჭიკის დიამეტრი  $d_{\text{ჭ}} = 20 \text{ მმ}$  და განისაზღვრება ერთი ჭანჭიკის ამტანარიანობა:

ჭრის პირობიდან

$$N_{\text{ჭრ}} = R_{\text{ბს}} \cdot \gamma_b \cdot A \cdot n_s = 15 \cdot 0,9 \cdot 3,14 \cdot 1,0 = 42,4 \text{ კნ}$$

სადაც  $R_{\text{ბს}} = 15 \text{ კნ/სმ}^2$  ცხრ. 58 [+], და  $\gamma_b = 0,9$  ცხრ. 35 [1]-დან;

$n_s = 1$  ჭანჭიკების ჭრაათ რიცხვია.

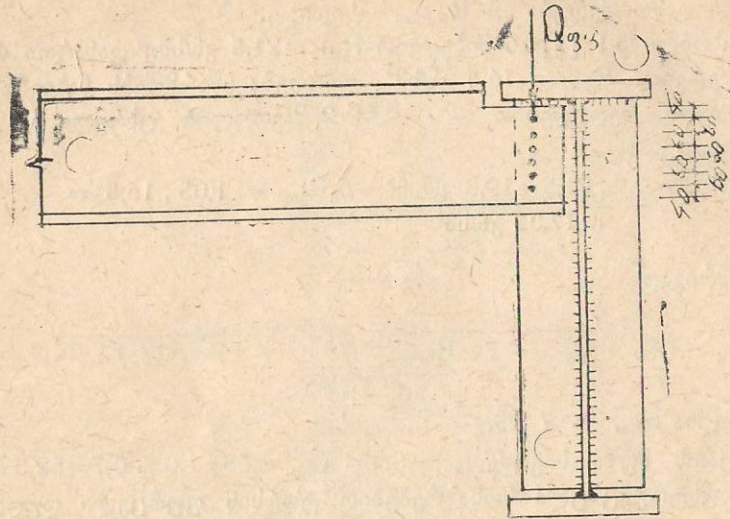
ჭანჭიკის განივკვეთის ფართი

$$A = \pi \cdot d^2/4 = 3,14 \cdot 2,0^2/4 = 3,14 \text{ სმ}^2$$

თელვის პირობიდან

$$N_{\text{თ}} = R_{\text{ბპ}} \cdot \gamma_t \cdot d \cdot \Sigma t = 37,0 \cdot 0,9 \cdot 2,0 \cdot 0,6 = 39,96 \text{ კნ}$$

აქ:  $R_{\text{ბპ}} = 37 \text{ კნ/სმ}^2$  ცხრ. 59 [1],  $\gamma_t = 0,9$ ,  $d = 2,0 \text{ სმ}$ ,  $\Sigma t = 0,6 \text{ სმ}$



ნახ. 32. მთავარი და ფენილის კოჭების შეუღლება.

საბოლოოდ აიღება მინიმალური ძალა  $N_{min} = N_0$ . ფენილის კოჭის რეაქციის მისაღებად საჭირო ჭანჭიკების რაოდენობა

$$n_{ჭ} \geq 236.6/1,0 \cdot 39,96 = 5,92 \text{ ც}$$

აღებულია  $n_{ჭ} = 6$  ც ჭანჭიკი.

#### 4.4. სვეტის განგარიშება

სართულშუა გადახურვის ზედა ნიშნულით  $h_{ფ} = 10,0$  მ, განისაზღვრება სვეტის ფაქტიური სიმაღლე

$$H_{სვ} = h_{ფ} - \delta_{ა.ტ} - \delta_{ფენ.} - h_{ა.კ.} + (20) \div 3 \text{ ს.ს. მმ}$$

სადაც

$$\delta_{ა.ტ.} = 0,02 \text{ მ} - \text{ასფალტის ფენის სისქე};$$

$$\delta_{ფენ.} = 0,10 \text{ მ} - \text{რკინაბეტონის ფილის სისქე};$$

$$h_{ა.კ.} = 1,30 \text{ მ} - \text{მთავარი კოჭის სიმაღლე.}$$

$$H_{სვ} = 10,0 - 0,02 - 0,1 - 1,3 + 0,22 = 8,8 \text{ მ}$$

სვეტის საანგარიშო სიმაღლე

$$H_0 = \mu \cdot H_{სვ} = 0,7 \cdot 8,8 = 6,16 \text{ მ}$$

სვეტის საორიენტაციო საკუთარი წონა განისაზღვრება (70) — ფორმულით

$$G_{სვ} = 2 \cdot 1453,8 \cdot 880 \cdot 78,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3 \cdot 1,1/0,724 \cdot 27 = 14,69$$

სადაც

$$Q_{აკვ.} = 1453,2 \text{ კნ}; \quad \varphi = 0,724 \quad (\lambda = 70);$$

$$\gamma = 78,5 \cdot 10^{-6} \text{ კნ/სმ}^3 - \text{ფოლადის მოცულობითი წონა};$$

$$\alpha = 1,3 - \text{წონის მახასიათებელი კოეფიციენტი};$$

$\gamma_g = 1,05$  — საიმედობის კოეფიციენტი დატვირთვის მიხედვით.  
(69) — ფორმულით განისაზღვრება სვეტზე მომქმედი დატვირთვა

$$N_{სვ} = 2 \cdot 1453,2 + 14,69 = 2921,14 \text{ კნ}$$

ა. მოლიანკედლიანი სვეტის განივკვეთის შერჩევა.

სვეტის განივკვეთის საჭირო ფართი

$$A_{საჭ} = 2921,14/0,724 \cdot 27 = 149,4 \text{ სმ}^2$$

განივკვეთის საჭირო ინერციის რადიუსი

$$i_{საჭ} = 616/70 = 8,8 \text{ სმ}$$

განივკვეთის საჭირო სიგანე

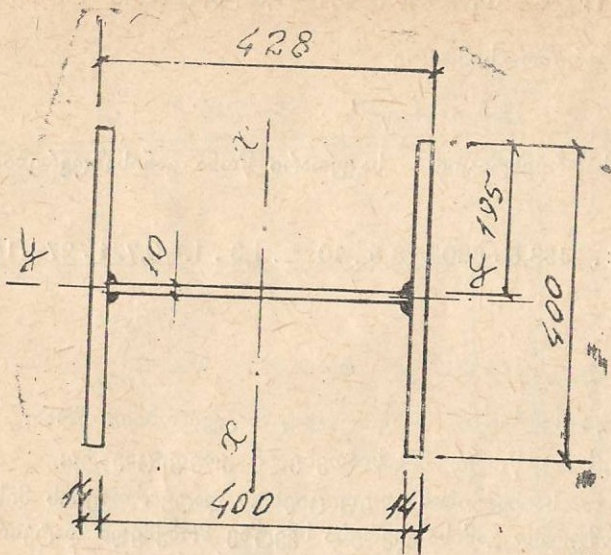
$$b_{საჭ} = 8,8/0,24 = 36,6 \text{ სმ}; \text{ აღებულია } b = 40,0 \text{ სმ.}$$

(0,24 — აღებულია ცხრ. № 9-დან).

ინიშნება განივკვეთი ნახ. 33-ზე მოცემული ზომებით განივკვეთის ინერციის მომენტი „y—y“ ღერძის მიმართ

$$J_y = 2 \cdot 1,4 \cdot 40^3/12 + 40,0 \cdot 1,0^3/12 = 14936,66 \text{ სმ}^4$$

ელემენტის განივკვეთის ფართი



ნახ. 33. მთლიანკედლიანი სვეტის განივი კვეთი.

$$A = 2 \cdot 1,4 \cdot 40 + 1,0 \cdot 400 = 152,0 \text{ სმ}^2$$

ინერციის რადიუსი და მოქნილობა „y-y“ ღერძის მიმართ

$$i_y = \sqrt{14936,6/152,0} = 9,9 \text{ სმ}, \quad \lambda_y = 616/9,9 = 62,0$$

გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი აიღება ცხრ. 72[1]-დან, წრფივი ინტერპოლაციით  $\varphi_y = 0,736$ .

მოწმდება ძაბვა განივი კვეთში

$$\sigma = 2919,8/0,736 \cdot 152,0 = 26,1 < 27,0 \text{ კნ/სმ}^2$$

განივი კვეთი შერჩეულია დამაკმაყოფილებლად.

მოწმდება სვეტის კედლის ადგილობრივი მდგრადობა. პირობითი მოქნილობა

$$\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{R/E} = 62 \cdot \sqrt{27/21000} = 2,23$$

ფარდობა კედლის საანგარიშო სიმაღლისა მის სისქესთან

$$h_0/t = 40,0/1,0 = 40,0$$

ზელა ფარდობის ნორმებით განსაზღვრული სიდიდე

$$|h_0/t| = (0,36 + 0,8\bar{\lambda}) \cdot \sqrt{E/R} = (0,36 + 0,8 \cdot 2,23) \cdot \sqrt{21000/27} = 164,64$$

$$40 < 164,64 \quad 59,8$$

აგრეთვე დამაკმაყოფილებულია ნორმებით გათვალისწინებული მეორე მოთხოვნაც

$$h_0/t = 40 \leq 2,9 \cdot \sqrt{E/R}$$

$$40 < 227,4$$

ამდენად სვეტის კედლის მდგრადობა უზრუნველყოფილია.

მოწმდება სვეტის თარო ადგილობრივი მდგრადობაზე (ნახ. 33)

$$b_0 = 19,5; \quad b_0/t = 19,5/1,4 \approx 14$$

$b_0/t$  — ფარდობის უდიდესი მნიშვნელობა ნორმების მიხედვით

$$|b_0/t| = (0,36 + 0,1\bar{\lambda}) \cdot \sqrt{E/R} = (0,36 + 0,1 \cdot 2,23) \cdot \sqrt{21000/27} = 45,4$$

$19,4 < 45,4$  და სვეტის თაროს ადგილობრივი მდგრადობა უზრუნველყოფილია.

ბ. განგმირკედლიანი სვეტის განივი კვეთის შერჩევა.

ქვემოთ განხილულია ფირფიტოვანი სვეტის გაანგარიშება. განივი კვეთის საჭირო ფართი,  $A_{საჭ} = 135,8 \text{ სმ}^2$ , აღებულია ა. ბუნქტიდან, რის მიხედვითაც სორტამენტიდან აიღება 2 [№ 40/ГОСТ—8240—72]. მონაცემები

$$A_{საჭ} = 61,5 \text{ სმ}^2;$$

$$G_{საჭ} = 0,483 \text{ კნ/მ};$$

$$J_x = 15220,0 \text{ სმ}^4;$$

$$i_x = 15,8 \text{ სმ};$$

$$J_y = 760,0 \text{ სმ}^4;$$

$$i_y = 3,5 \text{ სმ};$$

$$z_0 = 3,05 \text{ სმ};$$

$$b = 11,5 \text{ სმ};$$

$$t_{საჭ} = 0,8 \text{ სმ}.$$

სვეტის განივი კვეთი მოცემულია ნახ. 34-ზე.

ღერძის მოქნილობა „x-x“ ღერძის მიმართ

$$\lambda_x = 616,0/15,8 = 40,0$$

შესაბამისი გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი  $\varphi_x = 0,883$  (ცხრ. 72 [1])  
 მოწმდება ძაბვა განივკვეთში

$$\sigma = 2919,8 / 0,883 \cdot 2 \cdot 61,5 = 26,9 < 27 \text{ კნ/სმ}^2$$

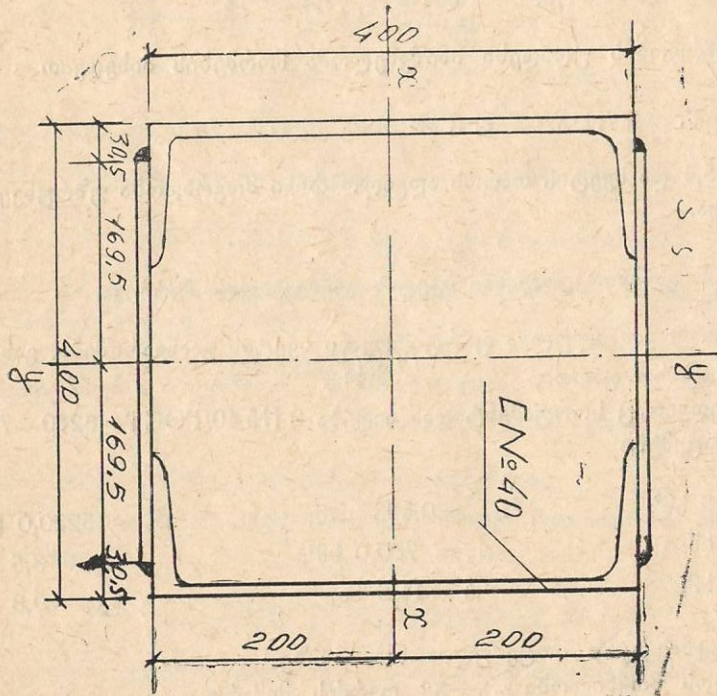
გაანგარიშება თავისუფალი ღერძის მიმართ

სვეტის შტოებს შორის მანძილი განისაზღვრება ღეროს თანაბარ-  
 მდგრადობის პირობით ორ სიბრტყეში

$$\lambda_{\text{დაყ}} = \lambda_{\text{ფკყ}}$$

ინიშნება შტოს მოქნილობა  $\lambda_{\text{ფკ}} = 30$  და განისაზღვრება საჭირო  
 მოქნილობის სიდიდე თავისუფალი ღერძის მიმართ

$$\lambda_y = \sqrt{\lambda_x^2 - \lambda_1^2} = \sqrt{40^2 - 30^2} = 26,5$$



ნახ. 34. ფორფიტოვანი სვეტის განივკვეთი.

შესაბამისი ინერციის რადიუსი

$$i_y = 616,0 / 26,5 = 23,2 \text{ სმ}$$

შტოებს შორის საჭირო მანძილი

$$b = i_y / \alpha_2 = 23,2 / 0,44 = 52,7 \text{ სმ}$$

საორიენტაციოდ აიღება  $b = 40,0$  სმ.

ინერციის მომენტი „y—y“ ღერძის მიმართ

$$J_y = 2(760,0 + 61,5 \cdot 16,95^2) = 36858,2 \text{ სმ}^4$$

$$i_{y, \text{ფკ}} = 3,51 \text{ მ}$$

შტოს საანგარიშო სიგრძე

$$l_{\text{ფკ}} = \lambda_{\text{ფკ}} \cdot i_{y, \text{ფკ}} = 30 \cdot 3,51 = 105,3 \text{ სმ}$$

ინერციის რადიუსი „y—y“ ღერძის მიმართ

$$i_y = \sqrt{36868,2 / 2 \cdot 61,5} = 17,3 \text{ სმ}$$

ღეროს მოქნილობა

$$\lambda_y = 616,0 / 17,3 = 35,6$$

დაყვანილი მოქნილობა

$$\lambda_{\text{დაყ}} = \sqrt{35,6^2 + 30^2} = 46,5$$

შესაბამისი გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი აიღება ცხრ. 72-დან [1].

ინტერპოლაციით  $\varphi_{\text{დაყ}} = 0,853$ .

ძაბვა სვეტის განივკვეთში

$$\sigma = 2919,8 / 0,853 \cdot 2 \cdot 61,5 = 27,8 \approx 27,0 \text{ კნ/სმ}^2$$

გადაძაბვა განივკვეთში ტოლია

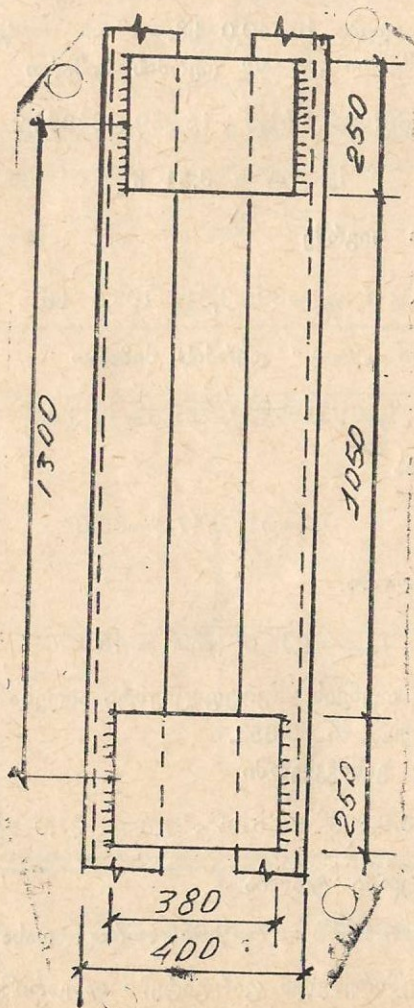
$$(27,8 - 27,0) \cdot 100\% : 27 = 2,96\%, \text{ რაც დასაშვებია.}$$

შტოების მაკავშირებელი ფორფიტები ინგარიშება პირობით გა-  
 ნივ ძალაზე (96)—ფორმულით

$$Q_{პირ} = 7.15 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 61,5 \cdot 21000 \cdot 0,966(2330 \cdot 27/21000 - 1) = 35,65 \text{ კნ}$$

სადაც

$$\varphi_{ინფ}/\varphi = 0,853/0,883 = 0,966 \quad (\alpha)$$



ნახ. 35. ფირფიტების განლაგების სქემა.

$$N/A = 2919,8/2 \cdot 61,5 = 23,7 \text{ კნ/სმ}^2$$

$$\sigma/\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c = 23,7/0,883 \cdot 27 \cdot 1,0 = 0,994 \quad (\beta) \quad ?$$

$\beta = 0,966$  — (ა) და (ბ) ფორმულებით ნაანგარიშებ სიდიდეებს შორის უმცირესი.

ინიშნება ფირფიტის ზომები (ნახ. 35) ფირფიტის სიგანე]

$$b_{ფ} = 0,75 \cdot b = 0,75 \cdot 400 = 300 \text{ მმ}$$

ფირფიტის სისქე  $b_{ფ} = (1/10 + 1/25) (d_{ფ} = 10 \text{ მმ}; \text{ფირფიტის სიგრძე } d_{ფ} = 250 \text{ მმ. ფირფიტაზე მომჭმედი გადასჭრი ძალა$

$$F = 0,5 \cdot 35,65 \cdot 130/30 = 77,24 \text{ კნ}$$

ფირფიტა დულდება შტოსთან ნაკერიით  $K_f = 10 \text{ მმ. ნაკერის წინაღობის მომენტი}$

$$W_{ნაკ} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 25^2/6 = 72,9 \text{ სმ}^3$$

ნაკერის ფართი

$$A_{ნაკ} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 25 = 17,5 \text{ სმ}^2$$

მღუნავი მომენტი ფირფიტის შტოსთან შეერთებაში

$$M_1 = 0,5 \cdot 35,65 \cdot 130/2 = 1158,73 \text{ კნ. სმ}$$

ნორმალური და მხები ძაბვები შედუღების ნაკერში

$$\sigma_{ნაკ} = 1158,73/72,9 = 15,9 \text{ კნ/სმ}^2$$

$$\tau_{ნაკ} = \frac{77,24}{72,9/17,5} = 4,13 \text{ კნ/სმ}^2$$

მოწმდება შედუღების ნაკერის სიმტკიცე მაწონასწორებელ ძაბვაზე

$$\sigma = \sqrt{15,9^2 + 4,13^2} = 16,43 < 16,5 \text{ კნ/სმ}^2$$

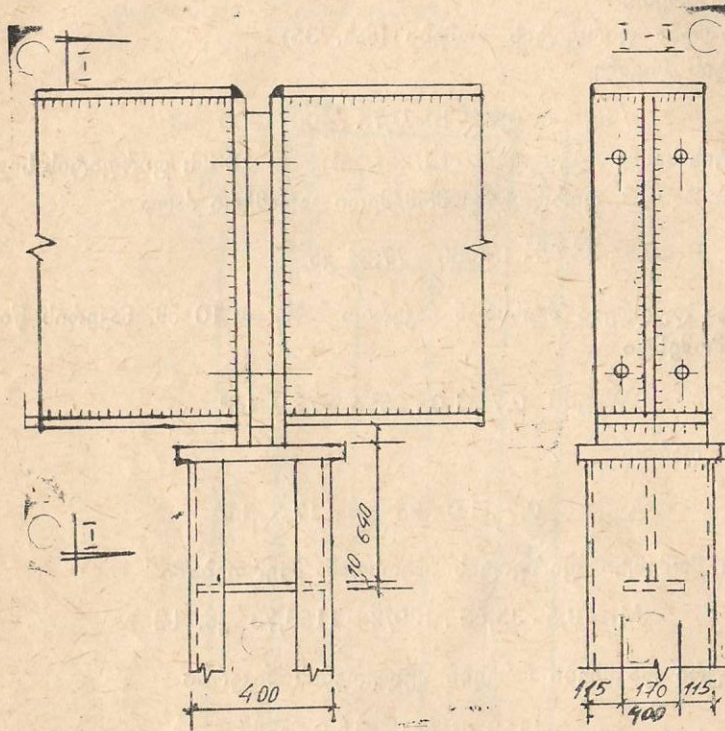
გ. ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე ფირფიტოვანი სვეტის სათავისა და ბაზის განანგარიშება.

განისზღვრება სათავის სიხისტის წიბოს სიმაღლე, შედუღების ნაკერის მიხედვით, რომელთა საშუალებითა ცხდება კოჭებთან დატ-

ვირთვის გადაცემა სვეტზე (106)—ფორმულის მიხედვით (ნახ. 36).

$$h_E = 2 \cdot 1453,2/4 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 16,5 = 62,91 \text{ სმ.}$$

ვიღებთ  $h_E = 64 \text{ სმ.}$



ნახ. 36. მთავარი კოჭების დაყრდნობა სვეტზე.

სიხისტის წიბოს სისქე აიღება თელვის პირობით (101)—ფორმულა-  
ლით

$$t_E = 2 \cdot 1453,2/38,4 \cdot 33,6 = 2,23 \text{ სმ}$$

აღებულია  $t_E = 2,2 \text{ სმ}$ ; სადაც  $h_E = 40 - 2 \cdot 0,8 = 38,4 \text{ სმ.}$

დიაფრაგმა აღებულია კონსტრუქციულად: დიაფრაგმის სისქე  $t_D = 2 \text{ სმ}$ , დიაფრაგმის სიგანე  $b_D = 17 \text{ სმ}$ , ხოლო სიგრძე  $l_D = l_E = 38,4 \text{ სმ.}$

განისაზღვრება ცენტრალურ კუმშვაზე მომუშავე სვეტის ბაზის შემადგენელი კონსტრუქციული ელემენტების ზომები.

საყრდენი ფილის საჭირო ფართი განისაზღვრება, საძირკვლის მასალის, ბეტონის, კუმშვის პირობიდან

$$A_{\text{ფ}} = N_{\text{სვ}}/R_{\text{ბეტ}} \cdot \gamma = 2919,8/0,45 \cdot 1,2 = 5898,6 \text{ სმ}^2$$

$\gamma = 1,2 \div 1,5$ ; აღებულია საორიენტაციოდ  $\gamma = 1,2$ .

საყრდენი ფილის სიგანე (ნახ. 37)

$$B_{\text{ფ}} = b_{\text{სვ}} + 2t_{\text{გრ}} + 2C = 40,0 + 2 \cdot 1,0 + 2 \cdot 10,0 = 62,0 \text{ სმ}$$

საყრდენი ფილის სიგრძე

$$L_{\text{ფ}} = 5898,6/62,0 = 95,0 \text{ სმ}$$

აღებულია  $B \times L = 62,0 \times 100,0$  ზომების ფილა.  
ტრაფერსის კონსოლური ნაწილის სიგრძე

$$L_{\text{გრ}} = (100,0 - 40,0) : 2 = 30,0 \text{ სმ}$$

კოეფიციენტი

$$\gamma = \sqrt[3]{A_{\text{საძ}}/A_{\text{ფ}}} = \sqrt[3]{0,2 \cdot 120/0,2 \cdot 100} = 1,17$$

ძაბვა ბაზის ფილის ქვეშ

$$\sigma_{\text{საძ}} = 2919,8/62 \cdot 100 = 0,47 \text{ კნ/სმ}^2 < R_{\text{საძ}} \cdot \gamma = 0,45 \cdot 1,17 = 0,523 \text{ კნ/სმ}^2$$

საყრდენი ფილის სისქის დასადგენად იანგარიშება მლუნავი მომენტები ფილის სხვადასხვა უბნებზე:

1. ოთხივე წახნავით ხისტად ჩამაგრებულ ფილაში, სადაც

$$b/a = 40,0/40,0 = 1 \quad \text{ცხრ. 11-დან} \quad \alpha = 0,048$$

$$M_1 = \alpha \cdot R_{\text{საძ}} \cdot a^2 = 0,048 \cdot 0,45 \cdot 40,0^2 = 34,56 \text{ კნ. სმ}$$

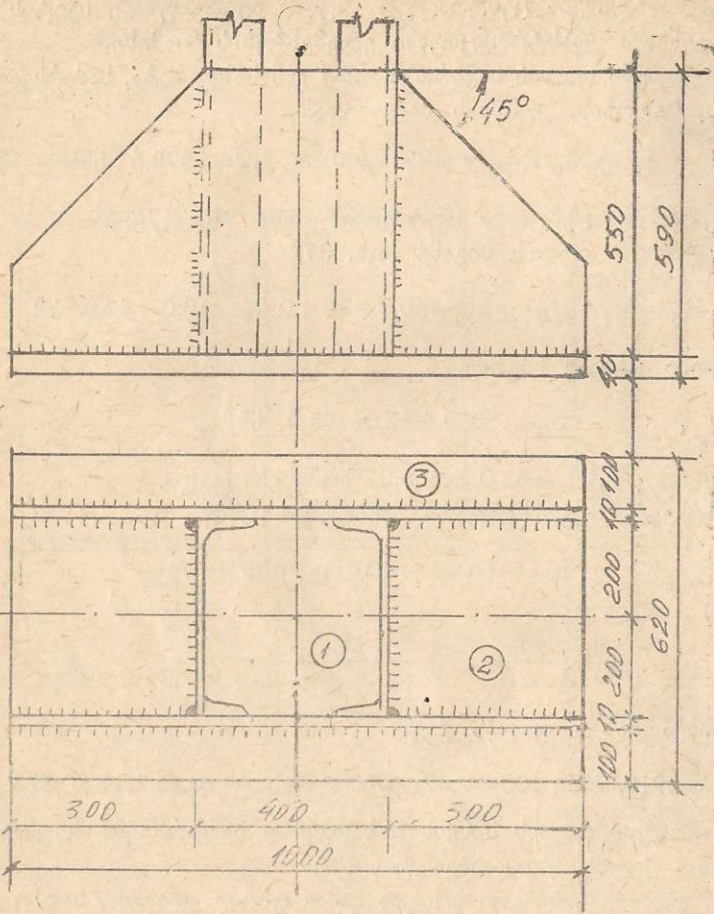
2. სამი წახნავით ხისტად ჩამაგრებულ ფილაში, სადაც

$$b_1/a_1 = 30,0/40,0 = 0,75 \quad \text{ცხრ. 12-დან} \quad \beta = 0,093$$

$$M_2 = \beta \cdot R_{\text{საძ}} \cdot a_1^2 = 0,093 \cdot 0,45 \cdot 40^2 = 66,98 \text{ კნ. სმ}$$

3. ფილის კონსოლურ უბანზე

$$M_3 = 0,45 \cdot 1^2/2 = 22,5 \text{ კნ. სმ}$$



ნახ. 37. სვეტის ბაზა

3. ფილის კონსოლურ უბანზე

$$M_g = 0,45 \cdot 10^2 / 2 = 22,5 \text{ კნ. სმ}$$

საყრდენი ფილის სისქე მიიღება მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მიხედვით

$$t_g = \sqrt{6M/R_f} = \sqrt{6 \cdot 65,98 / 27} = 3,86 \text{ სმ}$$

აიღება  $t_g = 4,0 \text{ სმ}$ .

(116)—ფორმულათ მიიღება ტრავერსის სიმაღლე

$$h_{ტრ.} = 2919,8 / 4 \cdot 0,7 \cdot 16,5 \cdot 1,2 = 52,2 < 71,4 \text{ სმ}$$

აქ  $K_f = 12 \text{ მმ}$ —შედულების კუთხური ნაკერის კაოეტა;

$$K_f \cdot 85 \cdot \beta = 1,2 \cdot 85 \cdot 0,7 = 71,4 \text{ სმ}$$

ტრავერსი განიხილება როგორც კონსოლური კოჭა და მოწმდება სიმტკიცე I—I კვეთში.

მღუნავი მომენტი

$$M_{ტრ.} = 13,95 \cdot 30^2 / 2 = 6277,5 \text{ კნ. სმ}$$

სადაც ტრავერსის 1 გრძივ სმ-ზე დაწოლა

$$q_{ტრ.} = 0,45 \cdot (20,0 + 1,0 + 10,0) = 13,95 \text{ კნ/სმ}$$

ტრავერსის წინაღობის მომენტი

$$W_{ტრ.} = 1,0 \cdot 55^3 / 6 = 704,17 \text{ სმ}^3$$

მოწმდება ძაბვა ტრავერსში

$$\sigma = 6277,5 / 704,17 = 8,92 < 27 \text{ კნ/სმ}^2$$

ტრავერსის ფილასთან და სვეტის ტორსის ფილასთან შეერთება ხდება კონსტრუქციულად  $K_f = 6 \text{ მმ}$ —შედულების ნაკერიით. განივი ძალა ტრავერსში

$$Q_{ტრ.} = q_{ტრ.} \cdot L_{ტრ.} / 2 = 13,95 \cdot 100 / 2 = 697,5 \text{ კნ}$$

მხები ძაბვა ტრავერსში

$$\tau = Q_{ტრ.} / t_{ტრ.} \cdot h_{ტრ.} = 697,5 / 55,0 \cdot 1,0 = 12,68 \text{ კნ/სმ}^2 < 15,66 \text{ კნ/სმ}^2$$

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Металлические конструкции. Под общей ред. проф. Беленя Е. И. Москва. Стройиздат. 1985 г.
2. СН и П П-23-81. Стальные конструкции. Нормы проектирования. Москва. Стройиздат. 1982 г.

ს. 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31

$$\lambda < 10 \frac{M}{C} = l \max(l)$$

შესავალი

შესავალი	3
§ 1. კოჭოვანი უჯრედის ბადის დაკვალვა	8
§ 2. საანგარიშო ნაწილი	8
2. ა. ფენილის შერჩევა	8
2. ბ. გაგლინული კოჭის განგარიშება (ფენილისა და დახმარე კოჭები	13
2. გ. მთავარი (შედუღებული შედგენილი კოჭის) განგარიშება	25
2. დ. შედგენილი კოჭის კონსტრუქციის დაპროექტება	32
§ 3. სვეტის განგარიშება	48
§ 4. კოჭოვანი უჯრედის განგარიშების მაგალითი	82
გამოყენებული ლიტერატურა	

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო სასწავლო-მეცნიერო ინსტიტუტი

ტ. შ. კ., დოც. რ. ი. ბიძინაშვილი

ლითონის კოჭოვანი უჯრედის გაანგარიშება და დაპროექტება

დამხმარე სახელმძღვანელო

სამეცნიერო რედაქტორი: ლითონის კონსტრუქციების № 67

კათედრის გამგე, ტ. შ. კ., დოც. ი. დ. მშენიერაძე

ფასი სახელწიგნო

შუკ. 86

ტ. 1000

ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ИНСТИТУТ

к. т. н. доц. БИДЗИНАШВИЛИ Р.И.

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛОЧНОЙ  
КЛЕТКИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Цена договорная

საქართველოს აგარული უნივერსიტეტის სტამბა

თბილისი, დიღომი 380031

