

R 45  
1

ინჟინერი ა. მ. ჯანგიძე

# მთელი ცნობარი

მუდმივი კვების სტატიურად რკვევად და  
ურკვევად კოჭების, მლუნავი მოგვებებისა  
და გადაგზრულ ქალების ეპიურებაზე და  
ზოგიერთ ჩარჩომებზე

საქ. სახ. ტექ. გამომცემლობა „ტექნიკა და ურომა“

თბილისი

1947

621(08)

ინჟინერი ა. მ. ჯანაშია

1K45

# მთავრი ცენტრის

მუდმივი კვების სტატიურად კვამვად და  
უკვამვად კოჭების მდუნავი მომენტებისა  
და გადაწყვეტილ ქალების ეკიურებაზე და  
ზოგიერთ ჩარჩოებზე



გვ 2019-1185

საქ. სახ. ტექ. გამომცემლობა „თბილისი და უკრმა“

თბილისი

1946



### მონათხრობი აღნიშვნები

უბრალო  $AB$  კოჭის  $A$  და  $B$ —მარცხენა და მარჯვენა საყრდენების რეაქციები.

$P$  მოქმედი ძალა.

$P$  ტვირთის  $a$  და  $b$  მანძილები,  $AB$  შალის  $A$  და  $B$  ბოლოებამდე.

$E$ —დრეკადობის კოეფიციენტი, დრეკადობის მოდული გაჭიმვის ან კუმშვის დროს.

$f$ —კოჭის ან ფერმის ჩაღუნვა, ხანდახან რკალის ან თაღის ისარი.

$F$ —ძელის განივი კვეთის ფართი.

$G$ —დრეკადობის კოეფიციენტი ძვრის დროს, ძვრის მოდული.

$\varphi$ —კვეთის ან კვანძების მობრუნების კუთხე.

$\mathcal{K}$ —სიხისტე განზოგადოებული გაგებით: ღუნვის დროს ეს არის  $EI$ , გაჭიმვის დროს  $EF$ , გრეხის დროს  $GI_p$ , ძვრის დროს  $GF$ .

$\mathcal{K}$ —გრძივი სიხისტე (погонная жесткость), რომელიც უდრის  $\frac{EF}{l}$ .

$I$ —ინერციის მომენტი.

$W$ —წინალობის მომენტი.

$M$ —მღუნავი მომენტი.

$n$ —ნორმალური ჭინვა, მჭიმავი ან კუმშავი.

$N$ —ნორმალური მდგენელი ძალდონე.

$k$ —სხვადასხვაგვარი კოეფიციენტები და ფარდობები.

$\Omega$ —მომენტთა ეპიურის ფართი ან გავლენის წირის ფართობი.

$S$ —განივი კვეთის სტატიური მომენტი ან ამ კვეთის ფართის ნაწილი, ან ძალდონე ფერმის ღეროში.

$l$ —მხები (ტანგენსურა) ჰინვა.

$\Theta$ —დრეკად სისტემათა შორის კუთხე.

$P = \frac{1 \cdot l}{EF}$  —ერთეული ძალის მოქმედებით გამოწვე-

ული წაგრძელება გაჭიმვის დროს.

$g$ —სიმძიმის ძალის აჩქარება.

$\frac{1}{EI}$  ან  $\frac{1}{I}$  — შებრუნებული სიხისტე.

$\lambda$ —ღეროს უდიდესი დრეკადობა.

$\frac{1}{EF}$  ან  $\frac{1}{F}$  —კვეთის ჰიმალობა.

$h$ —ჩარჩოს ღეროს სიმაღლე.

$\tau_n$  და  $\varepsilon$ —ჩარჩოს ნაწილების მობრუნების კუთხე.

$l, L$ —მალები ან ძელაკის სიგრძე.

$\sigma$ —საანგარიშო ჰინვა გაჭიმვაზე ან კუმშვაზე.

$R_s, R_d$ —დასაშვები ჰინვა გაჭიმვაზე ან კუმშვაზე.

### გ ა ზ ი მ ვ ა ა ნ კ უ მ ვ ვ ა დ რ ე კ ა დ ო ბ ი ს ზ ღ ვ რ ა ე ზ ი \*

დრეკადობა

სხეულების თვისებას, რომლებიც დატვირთვის მოშორების შემდეგ ლებულობენ თავიანთ პირვანდელ ფორმას—ეწოდება დრეკადობა.

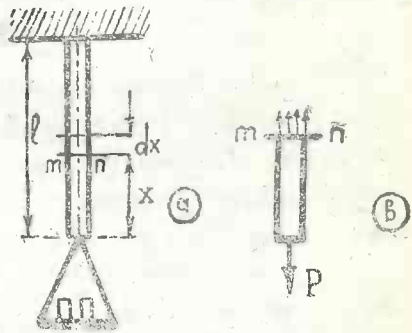
სხეული ითვლება სრულიად დრეკადად, თუ ის დატვირთვის მოშორების შემდეგ მთლიანად ლებულობს თავის პირვანდელ ფორმას, და არა სრულად დრეკადად თუ გარე ძალებით გამოწვეული დეფორ-

\*) იხ. პროფ. С. П. Тимошенко, Сопротивление Материалов, часть первая, 1934 г.

მაცია არ იკარგება მათი სრულიად მოშორების შემდეგ.

ცდები გვიჩვენებს, რომ ისეთი საამშენებლო მასალები, როგორცაა ფოლადი, ხე და ქვა, შეიძლება ჩაითვალოს სრულიად დრეკადად. ზოგიერთ ცნობილ ზღვრებში, რომლებიც დამოკიდებულია მასალების თვისებებზე.

თუ დავუშვებთ, რომ ნაგებობაზე მოქმედი გარე ძალები ცნობილია, მაშინ დამპროექტებლის ძირითად ამოცანას შეადგენს, ნაგებობის ნაწილებისათვის ისეთი ზომების დანიშვნა, რომ რაც შეიძლება მეტად მიუახლოვდეს სრულიად დრეკად სხეულის მდგომარეობას.



ნახ. ა.

მხოლოდ ასეთ პირობების დროს გვექნება ნაგებობის იმედიანი მუშაობის მუდმივობა და აღარ გვექნება ნარჩენი დეფორმაცია.

### ჰუკის კანონი (ნახ. ა).

უშუალო ცდით, პრიზმატულ ღეროების გაჭიმვის დროს გარკვეულია, რომ საამშენებლო მასალების უმრავლესობისათვის ცნობილ ზღვრებში ღეროს წაგრძელება პროპორციულია მჭიმავი ძალის. ეს უბრალო ხაზობრივი დამოკიდებულება ძალასა და წაგრძელებას შორის პირ-

ველად იქნა ფორმულირებული ინგლისელ სწავლულ რობერტ ჰუკის მიერ\*, 1678 წ.

ვლუბულობით აღნიშვნებს:  $P$ —ძალა, რომელიც იწვევს ღეროს გაქიმვას,  $F$ —ღეროს განივი კვეთის ფართი,  $\Delta l$ —ღეროს სრული წაგრძელება,  $E$ —მასალის დრეკადი მუდმივა—დრეკადობის მოდულად წოდებული.

ჰუკის კანონის თანახმად შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგი განტოლება:

$$\Delta l = \frac{Pl}{EF} \dots \dots \dots (1)$$

ღეროს წაგრძელება პროპორციულია მჭიმავი ძალის და ღეროს სიგრძისა და უკუპროპორციულია განივი კვეთის ფართის და დრეკადობის მოდულისა.

ჩვენ ღერძულ გაქიმვის შემთხვევაში, რომლის დროსაც ყველა ბოქოს ერთნაირი წაგრძელება აქვს, ძალთა განაწილება განივი კვეთის  $m$  ფართზე იქნება თანაბარი, თანახმად წონასწორობის პირობებისა ამ ძალთა ჯამი უნდა უდრიდეს  $P$ -ს. ავღნიშნოთ ძალთა განივი კვეთის ერთეულ ფართზე მოსული ძალა  $\sigma$ -თი, მივიღებთ:

$$\sigma = \frac{P}{F} \dots \dots \dots (2)$$

ერთეულ ფართისათვის განკუთვნილი ეს ძალა იწოდება ტინვად.

ძალა იზომება კილოგრამებში და ფართი—კვადრატულ სანტიმეტრებში, ასე, რომ ტინვა გამოისახება კილოგრამებში კვადრატულ სანტიმეტრზე (კგ/სმ<sup>2</sup>).

\*) Robert Hooke, De Potentia restitutiva, London, 1678:

ღეროს ერთეული სიგრძის წაგრძელება განისაზღვრება გამოთქმით:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \dots \dots \dots (3)$$

მას ეწოდება ფარდობითი წაგრძელება. (2) და (3) განტოლებების სარგებლობით შეგვიძლია ჰუკის კანონი შემდეგი სახით დავწეროთ:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \dots \dots \dots (4)$$

ფარდობითი წაგრძელება ადვილად გამოირკვევა, თუ ცნობილია მასალის ჭინვა და დრეკადობის მოდული. ფარდობითი წაგრძელება  $\varepsilon$  არის განყენებული რიცხვი, რომელიც ორი სიგრძის ფარდობას წარმოადგენს, ამიტომ მე-4 განტოლებიდან დავასკვნით, რომ დრეკადობის მოდული იზომება იმავე ერთეულებში, როგორც ჭინვა. ე. ი. კილოგრამებში კვადრატულ სანტიმეტრზე (კგ/სმ<sup>2</sup>).

(1) და (4) განტოლებით შეგვიძლია ვისარგებლოთ აგრეთვე კუმშვის შემთხვევაში (პრიზმატულ და ცილინდრულ ღეროების). მაშინ  $\Delta l$  — იქნება აღნიშნული სრული გრძივი დამოკლება,  $\varepsilon$  — ფარდობითი დამოკლება და  $\sigma$  — ჭინვა კუმშვის დროს. დრეკადობის მოდული კუმშვის დროს უმრავლეს საამშენებლო მასალისათვის იგივეა, რაც გაჭიმვისათვის.

შემდეგში ჭინვას გაჭიმვის დროს და დეფორმაციას აღნიშნავთ დადებითად და ჭინვას და დეფორმაციას კუმშვის დროს — უარყოფითად.

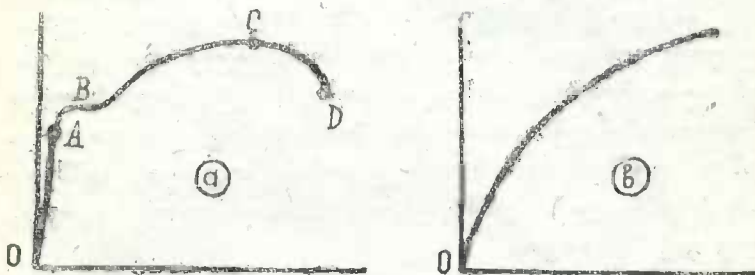


ტაბულა 1

მასალის მექანიკური მახასიათებლები

მ ა ს ა ლ ე ბ ი	დრეკადობის მოდული $E$ კგ/სმ <sup>2</sup>	$\sigma_T$ დეკადობის ზღვარი კგ/სმ <sup>2</sup>	$\sigma_B$ დროებითი წინალობა კგ/სმ <sup>2</sup>
სხმული ფოლადი 0,15%—0,25% ნახშირ- ბადით . . . . .	2100000	2100—2800	3850—4550
ნიკელური ფოლადი 3— —3,5% ნიკელით . . . . .	2000000	2800—3000	5450—7000
დურალუმინი . . . . .	700000	2450—3150	3780—4550
ცივად მჭიმავი სპილენძი .	1120000	—	2000—2500
მინა . . . . .	700000	—	250
ბეტონი კუმშვის დროს . .	280000	—	210
ფიკვი ბოქვების გასწვრივ	100000	—	560—1400

**გაჭიმვის დიაგრამა**



ნახ. ბ.

პროპორციულობა გაჭიმვის ძალასა და წაგრძელებას შორის შენარჩუნებულია მხოლოდ მჭიმავ კინების

ზღვრულ მნიშვნელობამდე, რომელსაც პროპორციულობის ზღვარი ეწოდება, დამოკიდებულია მასალის თვისებაზე.

ისეთ მასალისათვის, როგორც არის სხმული ფოლადი, ტვირთსა და წაგრძელებას შორის პროპორციულობა რჩება ფართო საზღვრებში და პროპორციულობის ზღვარი შეიძლება ჩაითვალოს ისეთი მაღალი, როგორც 1750 - 2100 კგ/სმ<sup>2</sup>.

ისეთ მასალისათვის, როგორც არის თუჯი ან რბილი სპილენძი, პროპორციულობის ზღვარი მეტად დაბალია, ასე რომ ჰუკის კანონიდან გადახრა შეიძლება ავლნიშნოთ არა დიდ ჭინვების დროს (გაჭიმვის შემთხვევაში). ნახ. ბ-ზე *a* წარმოადგენს სხმულ ფოლადის ტიპიურ გაჭიმვის დიაგრამას\*.

აქ წაგრძელება გადაზომილია, ჰორიზონტალურ ღერძზე და სათანადო ჭინვები მოცემული მრუდის *OABCD* ორდინატებით. *O*-დან *A*-მდე ჭინვა და დეფორმაცია პროპორციული არიან. *A*-ს შემდეგ ხდება შესამჩნევი გადახრა ჰუკის კანონიდან, რისთვისაც *A*-ში ჭინვა წარმოადგენს პროპორციულობის ზღვარს. ამ ზღვრის მაღლა დატვირთვის დროს წაგრძელება იზრდება შედარებით ჩქარა და დიაგრამა ლებულობს მრუდის სახეს. *B* წერტილში, ადგილი აქვს ღეროს უეცარ წაგრძელებას მჭიმავ ძალის შეუმჩნეველ გადიდების გარეშე. ეს მოვლენა ლითონის დენადობათ წოდებული გამოისახება დიაგრამაზე მრუდის თითქმის ჰორიზონტული უბნით. ჭინვა, რომელიც ეთანადება *B* წერტილს, იწოდება დენადობის ზღვრად.

შემდეგში ღეროს ჭინვის გაზრდით, ლითონს ხელახლა უბრუნდება თავისი პირვანდელი თვისება, და რო-

\*) იხ. Проф. С. П. Тимошенко. Сопротивление материалов, часть первая, 1934 г.

გორც ვხედავთ დიაგრამიდან, საჭირო მჭიმავი ძალა იზრდება წაგრძელებასთან ერთად და შემდეგში *C* წერტილამდე, სადაც ეს ძალა აღწევს თავის უდიდეს მნიშვნელობას. სათანადო ჭინვას ეწოდება მასალის დროებითი წინაღობა. *C* წერტილის შემდეგ ღეროს წაგრძელებას თანსდევს ძალის შემცირება და ბოლოს ხდება გაწყვეტა ტვირთის დროს, რომელიც ეთანადება დიაგრამის *D* წერტილს.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ ღეროს წაგრძელებას თანსდევს განივი ზომების შემცირება; მაგრამ დენადობის ზღვრის და დროებით წინაღობის განსაზღვრის დროს, როდესაც დამყარდება ჩვეულებრივობა, სარგებლობენ პირვანდელ განივი კვეთის ფართობით *F*. ნახ. ბ-ზე *b*. წარმოადგენს გაჭიმვის დიაგრამას თუჯისათვის. ამ მასალას აქვს ძალიან დაბალი პროპორციულობის ზღვარი და არა აქვს განსაზღვრული დენადობის ზღვარი. ასეთივე ანალოგიური დიაგრამის მიღება შეგვიძლია კუმშვისათვის.

### დასაშვები ჭინვა

გაჭიმვის დიაგრამა ძალიან სასარგებლოდ აშუქებს მექანიკურ თვისებებს. მასალის პროპორციულობის ზღვრის, დრეკადობის ზღვრის და დროებით წინაღობის ცოდნით ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ საინჟინერო საქმის თვითეულ კერძო ამოცანისათვის ჭინვის სიდიდე, რომელიც შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც უსაფრთხოების ჭინვა. ამ ჭინვას ჩვეულებრივად დასაშვებ ჭინვას უწოდებენ.

ფოლადისათვის დასაშვები ჭინვის სიდიდის შერჩევის დროს მხედველობაში უნდა მივიღოთ მასალის

სრული დრეკადობა პროპორციულობის ზღვრის ქვემოთ ჭინვების დროს და ამ ზღვრის ზემოდ დარჩენილი ნარჩენი დეფორმაცია.

კონსტრუქცია, რომ შევინარჩუნოთ დრეკად მდგომარეობაში და მოვსპოთ ნარჩენი დეფორმაციის შესაძლებლობა, ჩვეულებრივ, უნდა დაინიშნოს დასაშვები ჭინვა პროპორციულობის ზღვრის ქვემოთ.

აღვნიშნოთ  $R$ ,  $\sigma_T$  და  $\sigma_B$  სათანადო დასაშვები ჭინვა, დენადობის ზღვარი და დროებითი წინაღობა; დასაშვები ჭინვის სიდიდე შეგვიძლია გამოვსახოთ განტოლებებით:

$$R = \frac{\sigma_T}{n} \text{ ან } R = \frac{\sigma_B}{n_1} \dots \dots \dots (5)$$

სადაც  $n$  და  $n_1$ —ჩვეულებრივად უსაფრთხოების კოეფიციენტებად წოდებული კოეფიციენტებია (მდგრადობის მარაგი).

სხმულ ფოლადისათვის დენადობის ზღვარი დასაშვები ჭინვის დანიშვნის საფუძვლად არის მიღებული, რადგანაც ამ ზღვრის ზემოდ ჭინვების დროს შეიძლება მიღებულ იქნას მნიშვნელოვანი ნარჩენი დეფორმაცია, რომელიც დაუშვებელია საინჟინერო ნაგებობაში. უსაფრთხოების კოეფიციენტი  $n=2$  მოგვცემს საკმაო სიდიდეს დასაშვებ ჭინვისათვის იმ დაშვებით, რომ ნაგებობებზე მოქმედობენ მხოლოდ მუდმივი ტვირთები. უფროად მოდებულ ძალების ან დროებით ტვირთების მოდების შემთხვევაში, რაც ხშირად ხდება მანქანების ნაწილებში საჭიროა დიდი უსაფრთხოების კოეფიციენტი. მსხვრევადი მასალისათვის, როგორც არის თუჯი, ბეტონი, სხვა-

დასხვა ჯიშის ქვეები და ისეთ მასალისათვის როგორც არის ხე, დასაშვები ჭინვის დანიშვნის ბაზად დროებითი წინაღობაა მიღებული.

უსაფრთხოებას კოეფიციენტის სიდიდით დამოკიდებულია იმ სიზუსტეზე, რომლითაც გამორკვეულია გარე ძალები, რომლებიც მოქმედობენ ნაგებობაზე, აგრეთვე ხმარებულ მასალების ერთგვარობაზე.

---

## საამჟამინდელი მშენებლის ძირითადი ფორმულები

### 1. უშუალო გაჭიმვა

$$\boxed{(\sigma_1) = \frac{P}{F} \quad *}$$

სადაც

$(\sigma_1)$ —არის საანგარიშო ჰინვა გაჭიმვაზე

$F$ —ელემენტის განივი კვეთის ფართობი

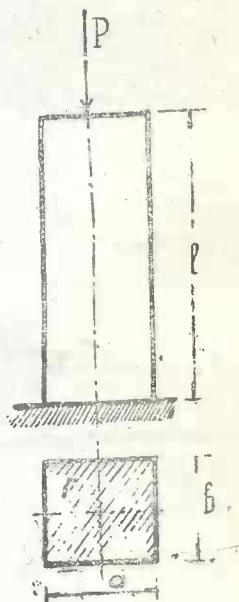
$P$ —მოქმედი ძალა.

### 2. უშუალო კუმშვა

$$\boxed{(\sigma_2) = \frac{P}{F}}$$

$(\sigma_2)$ —საანგარიშო ჰინვა კუმშვაზე. გრძივი ღუნვის დროს გვექნება

$$\boxed{(\sigma_2) \varphi = \frac{P}{F}}$$



ნახ. 1.

\*)  $(\sigma_1) = \frac{P}{F} \leq R_s$ , სადაც:

$R_s$ —არის დასაშვები ჰინვა გაჭიმვის დროს,

$R_k$ -თი—კი აღვნიშნავთ დასაშვებ ჰინვას კუმშვის დროს.

სადაც  $\varphi$  — არის დასაშვები ჭინვის შემამცირებელი კოეფიციენტი. გრძივი ლუნვის დროს გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\varphi = \frac{1}{1 + ck \cdot \frac{(P)^2}{(\rho)}} \dots \dots \dots (4)$$

$\epsilon$  — კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია მაქსიმალური შექანის თვისებებზე.

$k$  — კოეფიციენტი დამოკიდებულია ბოლოების ჩამაგრების სახეზე.

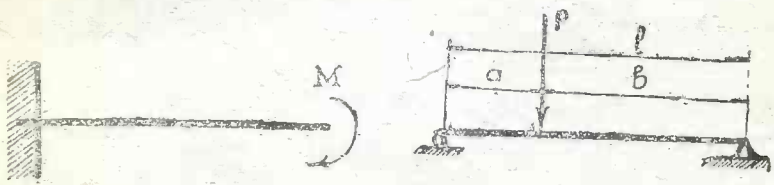
სახსროვან ჩამაგრების დროს . . . . .  $k = 1,00$

მთლიანი ჩამაგრების დროს . . . . .  $k = 0,25$

ნახევრად სახსროვან ჩამაგრების დროს . . . . .  $k = 0,50$

### 3. ჭინვები ლუნვის დროს

$$\sigma_{1-2} = \frac{M}{I} \cdot y \dots \dots \dots (5)$$



ნახ. 2.

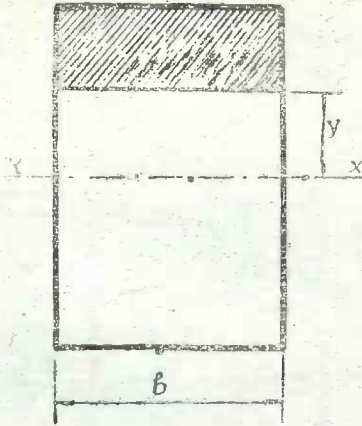
სადაც

$M$  — მღუნავი მომენტი,

$I$  — კვეთის ინერციის მომენტი,

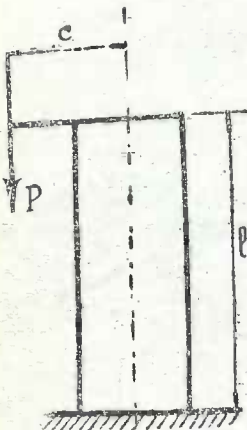
$y$  — მანძილი ბოჭკოების ნეიტრალურ ღერძიდან

(ნახ. 2 და ნახ. 3).



ნახ. 3.

4. ცენტრგარეშე კუმშვა ან გაჭიმვა



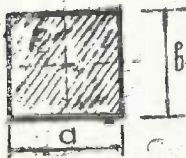
$$\sigma_2 = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W} \quad \dots (6)$$

სადაც:  $M = P \cdot c$ ;  $F = a \cdot b$ , და  $W$  — კვეთის წინალობის მომენტი.

გრძივი ღუნვის დროს:

$$\sigma_2 = \frac{N}{F \cdot \varphi} \pm \frac{M}{W} \quad \dots (7)$$

5. ამხლეჩი კინეები



ნახ. 4.

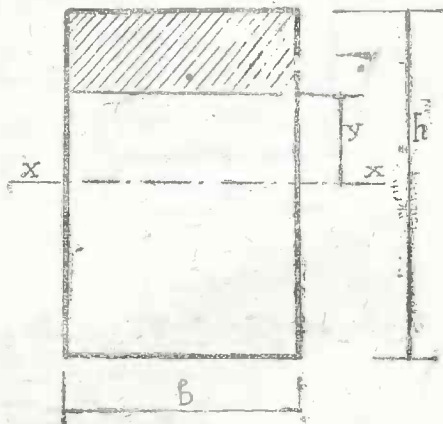
ამხლეჩი კინეები შვეულ და თარზულ სიბრტყეებში მოცემული წერტილისათვის თანატოლნი არიან.



კვეთისათვის  $y$ —მანძილზე

$$t = \frac{QS_y}{I_x \cdot b} \dots \dots \dots (8)$$

სადაც



ნახ. 5.

$t$ —არის ჭინვა ახლევანზე;

$S_y$ —კვეთის ნაწილის სტატიური მომენტი  $x-x$  ღერძის მიმართ, რომლისათვისაც ვარკვევთ ამხლევ ჭინვებს;

$I_x$ —მთელი კვეთის ინერციის მომენტი  $x-x$  ღერძის მიმართ;

$Q$ —განივი ძალა;

$b$ —ელემენტის სიგანე (ნახ. 5).

### 6. მთავარი ჭინვები.

მთავარი ჭინვები ნორმალური და ამხლევ ჭინვების ტოლქმედია მოცემულ წერტილში.

მთავარი ნორმალური ჰინვა:

$$\sigma_l = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + l^2} \quad \dots \dots \dots (9)$$

მთავარი ამხლეჩი ჰინვა:

$$l' = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + l^2} \quad \dots \dots \dots (10)$$

7. ღუნვის ექვსი პწკარი

1-ლი დატვირთვა  $P \dots \dots \dots (11)$

2-რე განივი ძალა  $Q = \int P dx \dots \dots \dots (12)$

3-ე მღუნავი მომენტი  $M = \iint P dx = \int Q dx \dots (13)$

4-ე ფიქტიური სამომენტო დატვირთვა  $P' = \frac{M}{EI}, (14)$

სადაც  $EI$ --არის კოჭის სიხისტე.

5. განივი ძალა ფიქტიურ სამომენტო დატვირთვი-საგან მოცემულს წერტილში არის დახრის კუთხე და:

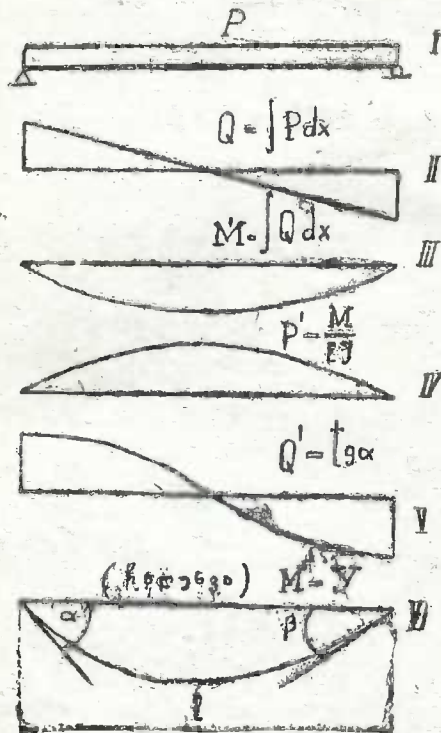
$$Q' = \int P' dx = \int \frac{M}{EI} dx = \alpha; \dots \dots \dots (15)$$

6. ფიქტიური სამომენტო დატვირთვისაგან მო-მენტი ჩაღუნვაა მოცემულ წერტილში:

$$M' = \iint P' dx = \int Q dx = \dots \dots \dots (16)$$

$Q'$  და  $M'$  ეპიურების აგება წარმოებს ჩვეულებრივი მეთოდით, როგორც  $M$  და  $Q$ -სათვის, მხოლოდ  $P$  დატვირთვის მაგიერ გვაქვს სამომენტო ფართობის და  $EI$  სიხისტის ფარდობა.

$M'$ -ს მრული არის კოჭის გაღუნული ღერძი.  
იხ. ნაკ. I-დან VI-მდე ნახ. 6-ზე.



ნახ. 6.

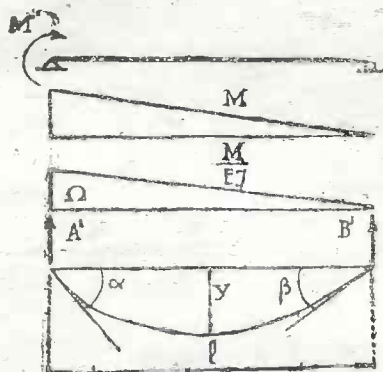
I, II, III, IV, V და VI.

## შავალითი 1

ვიპოვოთ მობრუნების კუთხე კოქის: ა) მე-7-ე ნახაზის დატვირთვის მიხედვით:  $\operatorname{tg} \alpha = A' =$  ეპიურის ფართობისაგან გამოწვეულ რეაქციას

$$M' = + \frac{M}{EI} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{2}{3} = + \frac{Ml}{3EI}$$

$$\operatorname{tg} \beta = B' = \frac{M}{EI} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{Ml}{6EI}$$



ნახ. 7.

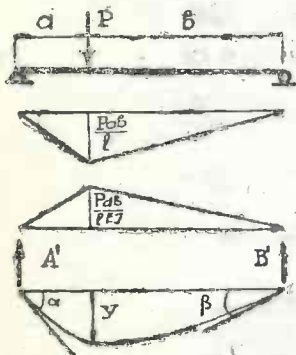
ბ) მე-8-ე ნახაზის მიხედვით, სამკუთხედის სიმძიმის ცენტრი:

$$c = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \quad (\text{იხ. ნახ. 9})$$

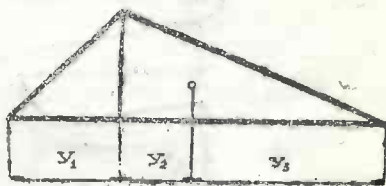
$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha = A' &= \frac{M_B}{l} = \frac{\Omega \cdot c}{l} = \frac{Pab}{lEI} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l+b+0}{3} \cdot \frac{1}{l} = \\ &= \frac{Pba(l+b)}{6EI} \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Pab(l+b)}{6EI}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{Pab(l+a)}{6EI}$$

მაგალითი 2  
საჭიროა კოჭის ჩამაგრების მომენტის პოვნა მე-10-ე ნახაზის მიხედვით.



ნახ. 8.



ნახ. 9.

1-ლი მაგალითიდან გვაქვს:

$$A'_1 = \frac{M_A l}{3EI}; \quad A'_2 = \frac{Pab(l+b)}{6EI}$$

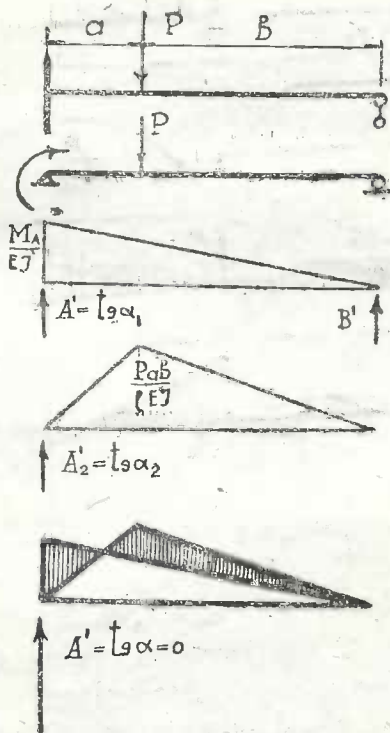
ვინაიდან კოჭი A საყრდენზე ჩამაგრებულია. მაშასადამე მობრუნების კუთხე ნულის ტოლია, ე. ი.

$$A' = A'_1 + A'_2 = \operatorname{tg} \alpha = 0;$$

$$\frac{M_A l}{3EI} + \frac{Pab(l+b)}{6EI} = 0;$$

$$M_A = -\frac{Pab(l+b) \cdot 3EI}{6EI \cdot l} = -\frac{Pab(l+b)}{2l}$$

ანალოგიური მსჯელობით შეიძლება გამოვკვეთა უკრი კოჭების და ჩარჩოების საყრდენი მომენტებისა, როდესაც დატვირთულია სიმეტრიული დატვირთვით და ადგილი არა აქვს კოლონების ცვლას.

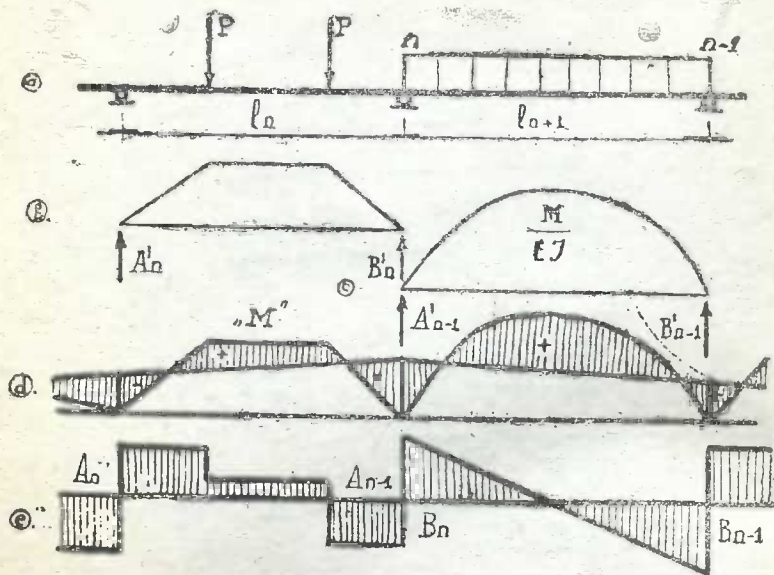


ნახ. 10.

8. უკრი კოჭებში

$$M_n l_n H_{n+1} l_{n+2} (l_n + l_{n+1}) M_n + l_{n+1} M_{n+1} = -6 EJ (B'_n + A'_{n+1}) \dots \dots \dots (17)$$

სადაც  $B'_n$  კოქის მარჯვენა რეაქციაა საყრდენის, ფიქტიური სამომენტო დატვირთვისაგან  $n$ -ური მალის, და  $A_{n+1}$  მარცხენა  $n+1$  მალის (იხ. ნახ. 11).



ნახ. 11.

მე-(17)-ე ფორმულაში  $n=1, 2, 3$  ა. შ. ჩასმით იმდენ განტოლებას ვღებულობთ, რამდენიც უცნობია; მათი ამოხსნით გამოვირკვევთ საყრდენ მომენტებს. ეპიურის ასაგებად გამოვითვლით  $Q$  (ნახ. 11 ე).

$$A_n = A'_n + \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n};$$

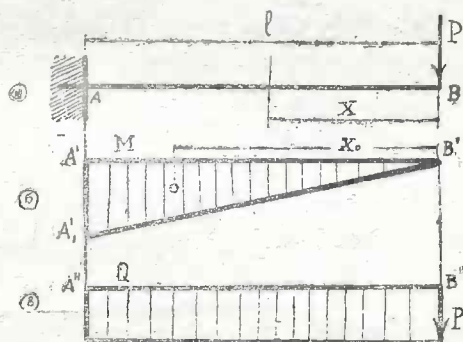
$$B_n = -B'_n + \frac{M_n - M_{n-1}}{l_n};$$

(18)

სადაც  $A^n$  და  $B^n$  — არის უბრალო კოჭის რეაქციები. ნაჩვენები მეთოდით ამოცანის გადაწყვეტა აუცილებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც მალეები ტოლნი არ არიან.

## II. სტატიკურად ჩვევადი მუდმივი კვეთის კოჭები

1. ერთი ბოლოთი დამაგრებული კოჭი შეყურსული ძალით



ნახ. 12.

წონასწორობის განტოლებების თანახმად ვწერთ:

$$\sum V = Q + P = 0; \quad |Q = P| \quad \dots \dots \dots (19)$$

სიმტკიცის პირობების თანახმად:  $M = \sigma \cdot W$ . მღუნავი მომენტი  $x$  — მანძილზე მყოფ კვეთის მიმართ  $M_x = P \cdot x$ ;

$$M_{max} = Pl \quad \dots \dots \dots (2)$$



ჩალუნვის ისარს გამოვარკვევთ ფორმულით:  $t = \frac{F_m \cdot X_0}{EJ}$ ,

$$F_m = \frac{P \cdot l \cdot l}{2} = \frac{pl^2}{2}; \quad x_0 = \frac{2}{3}l, \quad f = \frac{Pl^2}{2} \cdot \frac{2}{3}l \cdot \frac{1}{EJ} =$$

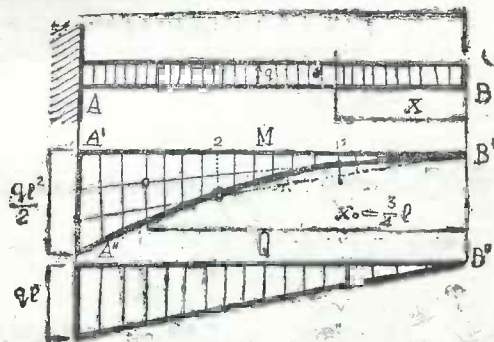
$$= \frac{Pe^3}{3EJ} Pl = \sigma W = \sigma \frac{J}{l} \text{ შეცვლით და მივიღებთ:}$$

$$f = \sigma \frac{J}{l} \cdot \frac{l^2}{3EJ} = \frac{\sigma l^2}{3lE}; \quad f = \frac{\sigma l^2}{3lE};$$

$$\boxed{f = \frac{Pl^3}{3EJ}} \dots \dots \dots (21)$$

$$\boxed{f = \frac{\sigma l^2}{3lE}} \dots \dots \dots (21')$$

2. ერთი ბოლოთი ჩამაგრებული კოჭი თანაბრად განრიგებული ტვირთით



ნახ. 13.

$$Q_x = q \cdot x; \quad \boxed{Q_{max} = ql}; \quad \dots \dots \dots (22)$$

$$M_x = q \cdot x \cdot \frac{x}{2} = \frac{qx^2}{2}; \quad \boxed{M_{max} = \frac{ql^2}{2};} \quad \dots (23)$$

ჩაღუნვის ისარი იქნება:

$$f = \frac{F_m \cdot x_0}{EJ};$$

ჩვენს შემთხვევისათვის  $F_m$ —იქნება მომენტის ფართი ამიტომ:

$$F_m = \frac{1}{3} l \cdot \frac{ql^2}{2} = \frac{ql^3}{6};$$

როგორც ჩვენთვის ცნობილია პარაბოლის ფართი აღნიშნულ სამკუთხედის გვერდებით იქნება:  $\frac{2}{3} l \cdot \frac{ql^2}{2} =$

$$= \frac{ql^3}{3}, \text{ სადაც პარაბოლის ფართი იქნება: } \frac{ql^3}{2} - \frac{ql^3}{3} = \frac{ql^3}{6};$$

როგორც თეორიულ მექანიკიდან ცნობილია  $F_m$ —წარმოადგენს ფართს სიმძიმის წერტილიდან  $B$  წერტილამდე (ჩვენს შემთხვევისათვის)  $x_0 = \frac{3}{4} l$ .

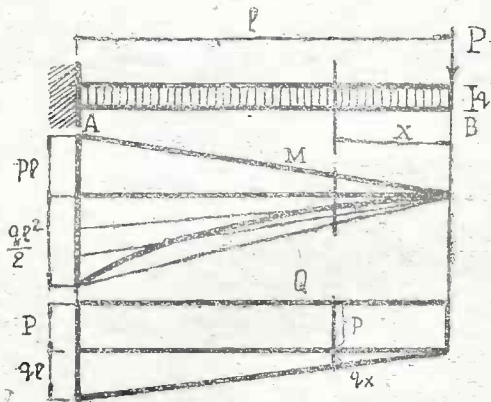
$$f = \frac{ql^3}{6} \cdot \frac{3}{4} l \cdot \frac{1}{EJ} = \frac{ql^4}{8 EJ};$$

$$\boxed{f = \frac{ql^4}{8 EJ}} \quad \dots \dots \dots (24)$$

რადგან  $M = \frac{ql^2}{2} = \sigma \cdot W = \frac{\sigma J}{e}$ , მივიღებთ

$$f = \frac{\sigma l^3}{4eE} \dots \dots \dots (24)$$

3. ერთი ბოლოთი ჩამაგრებული კოჭი თანაბრად განრიგებული ტვირთით, რომლის ბოლოზე მოდებულია შეყურსული ძალა.



ნახ. 14.

$$Q_x = P + q \cdot x; \quad Q_{max} = P + ql; \dots \dots \dots (25)$$

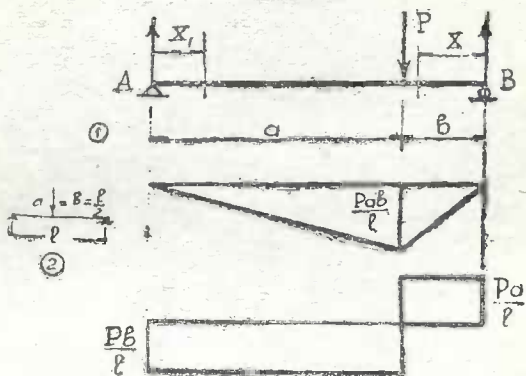
$$M_x = Px + qx \cdot \frac{qx}{2};$$

$$M_{max} = Pl + \frac{ql^2}{2}; \dots \dots \dots (26)$$

$$f = \frac{pl^3}{3EJ} + \frac{ql^4}{8EJ}; \dots \dots \dots (27)$$

## ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი

1. ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი, რომელზედაც მოქმედობს წყუქრსული ძალა.



ნახ. 15.

საყრდენი რეაქციების განსაზღვრა:

$$Pa - Bl = 0; \quad Pa = Bl;$$

$$Al - Pb = 0; \quad Pb = Al;$$

$$Bl = \frac{Pa}{P}$$

$$A = \frac{Pb}{l};$$

..... (28)

$$A + B = P; \quad B = P - \frac{Pb}{l};$$

$$M_x = Bx = \frac{Pa}{l} \cdot x;$$

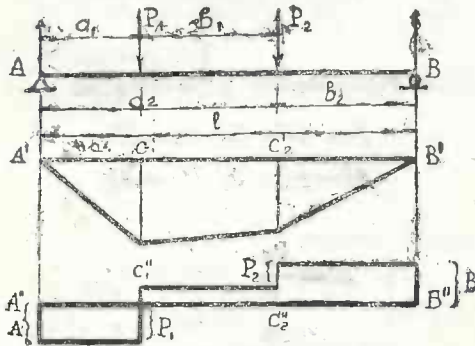
$$\boxed{M_{max} = \frac{Pab}{l}} \dots \dots \dots (29)$$

$$2. A=B=\frac{P}{2}, \quad \boxed{M_{max} = \frac{Pl}{4}} \dots \dots \dots (30)$$

$$f = \frac{Pl^3}{3EJ};$$

$$\boxed{f = \frac{1}{3} \cdot \frac{P}{2} \cdot \frac{l^3}{8EJ} = \frac{Pl^3}{48EJ}} \dots \dots \dots (31)$$

2. ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი ორი შეყურსული ძალით



ნახ. 16.

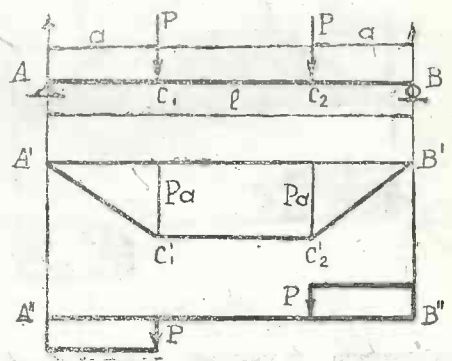
$$A = \frac{P_1 b_1}{l} + \frac{P_2 b_2}{l}; \quad B = \frac{P_1 a_1}{l} + \frac{P_2 a_2}{l};$$

$$M_a = M_b = 0; \quad M_c = Aa; \quad M_{c_2} = Bb_2; \quad M_x = B(b_2 + x) - P_2 x;$$

$$\begin{aligned}
M_{c_1} &= Bb_1 - P_2(a_2 - a_1) = \left( \frac{P_1 a_1}{l} + \frac{P_2 a_2}{l} \right) b_1 + \\
&+ P_2(a_2 - a_1) = \frac{P_1 a_1}{l} b_1 + \frac{P_2 a_2}{l} b_1 - P_2 a_2 + P_2 a_1 = \\
&= \frac{P_2 a_1}{l} b_1 + \frac{P_2 a_1}{l} b_1 - P_2 a_2 + P_2 a_1 = \frac{P_2 a_1 b_1}{l} + \\
&+ \frac{P_2}{l} (a_2 b_1 - a_2 l + a_1 l) = \frac{P_1 b_1}{l} a_1 + \frac{P_2}{l} [-a_2(l - b_1) + a_1 l] = \\
&= \frac{P_2 b_1}{l} a_1 + \frac{P_2 a_1}{l} (l - a_2) = \frac{P_1 b_1}{l} a_1 + \frac{P_2 a_1}{l} b_2 = \\
&= \left( \frac{P_1 b_1}{l} + \frac{P_2 b_2}{l} \right) a_1 = Aa_1,
\end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned}
M_{c_2} &= B \cdot b_2 \\
M_{c_1} &= A \cdot a_1
\end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (32)$$

3. ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი ორი სიმეტრიული შეყურსული ძალით



ფიგ. 17.

$$P_1 = P_2 = P:$$

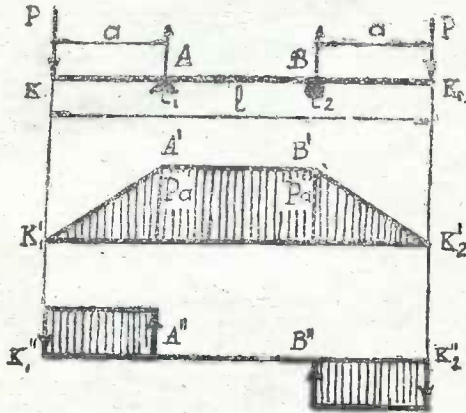
$$a_1 = b_2 = a;$$

$$A = B = P \quad \dots \dots \dots (33)$$

$$M_{c_1} = M_{c_2} = Pa_1 \quad \dots \dots \dots (34)$$

$c_1 - c_2$  უბანზე კოჭი განიცილის ღუნვისაგან თანაბარ ერთგვაროვან დეფორმაციას.

4. ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი ორი სიმეტრიული კონსოლით, რომელზედაც მოქმედობს ორი ურთიერთ ტოლი შეყურსული ძალა



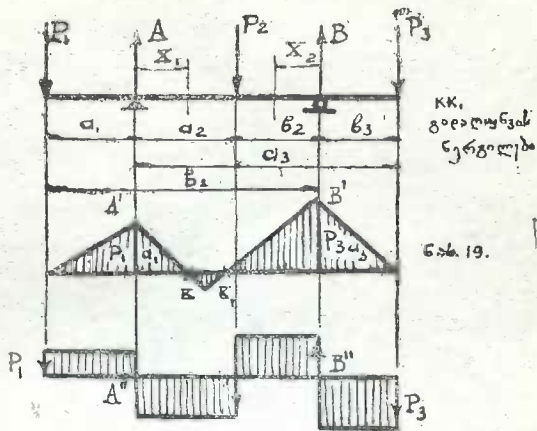
ნახ. 18,

კოჭის სიგრძე არავითარ გავლენას არ ახდენს მის სიმტკიცეზე

$$M = Pa;$$

$$Q = P;$$

5. ორ საყრდენზე მდებარე კონსოლიანი კოჭი, რომელზედაც მოქმედობს ძალები, როგორც ეს ნახაზზეა ნაჩვენები



ნახ. 19.

შევადგინოთ წონასწორობის განტოლება  $A$  წერტილის მიმართ; მივიღებთ:

$$P_2 a_2 - Bl + P_3 a_3 - P_1 a_1 = 0;$$

$$B = \frac{P_2 a_2}{l} + \frac{P_3 a_3}{l} - \frac{P_1 a_1}{l},$$

ანალოგიურად

$$A = \frac{P_2 b_2}{l} + \frac{P_1 b_1}{l} - \frac{P_3 b_3}{l};$$

$A$ -დან  $D$ -მდე:

$M_x = P_1(a_1 + x_1) + Ax_1$ ; როცა  $x=0$ ;  $M_{x_1} = -P_1 a_1$   
როცა

$$x_1 = a_2;$$



$$M_D = -P_1(a_1 + a_2) + Aa_2 \dots \dots \dots (35)$$

B და D-ე

$$M_D = -P_3(b_3 + b_2) + Bb_2 \dots \dots \dots (35)$$

გამოთქმა (35) და (35') ურთიერთ ტოლნი არიან, მაშასადამე:

$$M_D = \frac{P_2 a_2 b_2}{l} - \frac{P_1 a_1 b_2}{l} - \frac{P_3 b_3 a_2}{l} \dots \dots (35'')$$

გავარჩიოთ 3 შემთხვევა (35'') განტოლების მიხედვით.

1. შემთხვევა. ღუნვის მომენტი  $M_D > 0$  ეს ნიშნავს რომ (35'') განტოლების პირველი წევრი მეტია დანარჩენ ორი წევრის ჯამზე, მაშასადამე აქვს შებრუნებული მიმართულება კონსოლის მომენტებს. რის გამოც კონსოლებზე ზემო ბოჭკოები გაჭიმულია, ხოლო კოჭის მალის შუაზე ზემო ბოჭკოები შეკუმშული.

2. შემთხვევა  $M_D < 0$  | ორთავე შემთხვევაში კო-

3. შემთხვევა  $M_D < 0$  | ჯის მთელ სიგრძეზე ზემო ბოჭკოები გაჭიმულია, ე. ი.  $P_2$  ძალის მომენტი მცირეა  $P_1$  და  $P_3$  ძალების მომენტებზე. საშიში კვეთი იმყოფება ერთერთ ამ საყრდენზე.

როდესაც  $M_D > 0$ , მაშინ AD სიგრძეზე არის ორი  $K_1$  და  $K$  წერტილები, რომლებისთვისაც  $M_x = 0$ , ე. ი. რომლებიც არ განიცდიან ღუნვას და სადაც ღუნვა ერთი მიმართულებისა გადადის მეორე მიმართულებაში.

ეს  $K_1$  და  $K$  წერტილები იწოდებიან გადაღუნვის წერტილებად ან და ბუნებრივი სახსრების წერტილებად, ამ წერტილებისათვის:

$$M_{x_1} = Ax_1 - P_1(a_1 + x_1) = 0;$$

საიდანაც

$$x_1 = \frac{P_1 a_1}{A - P_1} \dots (\varphi_1)$$

$$M_{x_2} = Bx_2 - P_3(b_3 + x_2) = 0;$$

საიდანაც

$$x_2 = \frac{P_3 b_3}{B - P_3} \dots (\varphi_2)$$

გავარჩიოთ 4 შემთხვევა.

№ 1. ერთნაირი სიგრძის კონსოლები ერთნაირი ტვირთით დატვირთული:

$$a_1 = b_3 = a;$$

$$P_1 = P_3 = P;$$

$$M_A = M_B = -Pa;$$

$$M_D = \frac{P_2 a_2 b_2}{l} - \frac{P a b_2}{l} - \frac{P a a_2}{l} = \frac{P_2 a_2 b_2}{l} - \frac{P a}{l} (b_2 + a_2) = \frac{P_2 a_2 b_2}{l} - Pa.$$

კოჭი იქნება საუკეთესოდ გამოყენებული, როდესაც მისი მასალა ერთნაირად იქნება დაძაბული, როგორც საყრდენებზე ისე. მალის საშიშ კვეთში; ე. ი. როდესაც

$$M_A = M_B = M_D \text{ ან}$$

$$\frac{P_2 b_2 a_2}{l} - Pa = Pa; \quad 2Pa = \frac{P_2 a_2 b_2}{l};$$

აქედან

$$a = \frac{P_2}{P} \cdot \frac{a_2 b_2}{l};$$

№ 2. სამი შეყურსული თანასწორი ტვირთი. კონსოლები ტოლნი არიან;  $P_2$  მოდებულია მალის შუაში.

$$P_1 = P_2 = P_3 = P; \quad a_1 = b_3 = a; \quad a_2 = b_2 = \frac{l}{2};$$

ამ შემთხვევაში:

$$A = B = \frac{2}{2} P; \quad M_A = M_B = Pa;$$

$$M_D = \frac{Pl}{4} - Pa,$$

როცა

$$\frac{l}{2} = a,$$

მაშინ

$$M_D = \frac{Pl}{4} - \frac{Pl}{2} = -\frac{Pl}{4};$$

ეს იქნება მაშინ, როცა კოჭის შუა ნაწილი იქნება აღუნული კონსოლის ღუნვის მხარეზე. კოჭი რომ იყოს საუკეთესოდ გამოყენებული, ამისათვის საჭიროა:

$$M_D = M_B = M_A; \quad \text{ე. ი.}$$

$$\frac{Pl}{4} - Pa = Pa; \quad 2a = \frac{l}{4}; \quad a = \frac{l}{8}.$$

ამ გამოთქმის ( $\varphi_1$ ) და ( $\varphi_2$ ) ფორმულებში ჩასმით ვღებულობთ:

$$x_1 = x_2; \quad x_1 = x_2 = \frac{Pl}{8 \left( \frac{3}{2} P - P \right)} = \frac{l}{4};$$

№ 3.  $AB$  კოჭს აქვს მხოლოდ ერთი კონსოლი  $BE$ ;

$$P_1=0; \quad a_1=0;$$

მაშინ გვაქვს:

$$A = \frac{P_2 b_2}{l} - \frac{P_3 b_3}{l}; \quad B = \frac{P_2 a_2}{l} + \frac{P_2 (l - b_3)}{l};$$

$$M_A = 0; \quad M_B = -P_3 b_3; \quad M_D = \frac{P_2 a_2 b_2}{l} - \frac{P_3 a_2 b_3}{l};$$

კოჭის გამოყენების საუკეთესო შემთხვევა არის, როდესაც:

$$M_B = M_D; \text{ ან}$$

$$P_3 b_3 = \frac{P_2 a_2 b_2}{l} - \frac{P_3 a_2 b_3}{l}; \quad P_3 b_3 l + P_3 a_2 b_3 = P_2 a_2 b_2;$$

და საბოლოოდ

$$P_3 b_3 (l + a_2) = P_2 a_2 b_2;$$

№ 4. მოვდით  $P_2$  ძალა კოჭის მალის შუაში, მაშინ გვექნება შემდეგი გამოსახულება:

$$a_2 = b_2 = \frac{l}{2}; \quad P_2 = P_3 = P.$$

რეაქციების ფორმულაში ჩასმით ვღებულობთ:

$$A = \frac{P}{2} - \frac{P b_3}{l} = P \left( \frac{1}{2} - \frac{b_3}{l} \right); \quad M_B = -P b_3;$$

$$M_D = \frac{P l}{4} - \frac{P b_3}{2}$$

კოჭის გამოყენების საუკეთესო პირობები იქნება მაშინ, როდესაც:

$$M_B = M_D \text{ ან } Pb_3 = \frac{Pl}{4} = \frac{Pb_3}{2};$$

საიდანაც:

$$\frac{3}{2} b_3 = \frac{1}{4}; \quad 6b_3 = l; \quad b_3 = \frac{l}{6}.$$

ამ შემთხვევებში:

$$A = \frac{1}{3} P; \quad B = \frac{5}{3} P; \quad M_D = M_{max} = \frac{Pl}{6};$$

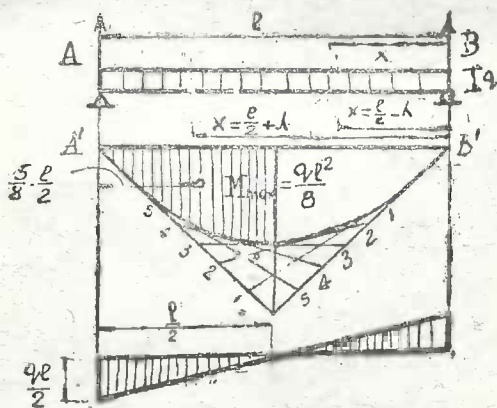
გადაღუნვის წერტილამდე მანძილი ტოლია:

$$x_0 = \frac{Pb_3}{B-P} = \frac{Pl}{6\left(\frac{5}{3}P - P\right)} = \frac{Pl}{4P} = \frac{l}{4};$$

ე. ი.

$$x_0 = \frac{l}{4}.$$

6. ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი თანაბრად განრიგებული ტვირთით



ნახ. 20.

q კვ ტვირთი კოქის ერთეულ სიგრძეზე.

$$A = B = \frac{ql}{2}; \quad M_x = Bx - qx \cdot \frac{x}{2} = \frac{ql}{2}x - \frac{qx^2}{2} = \\ = \frac{q}{2}x(l-x);$$

$$x=0; \quad x=l; \quad M_{x=0}=0; \quad M_{x=l}=l=0; \quad x=\frac{l}{2}; \quad M_x = \frac{ql^2}{8};$$

$$\boxed{M_{max} = \frac{ql^2}{8}} \dots \dots \dots (36)$$

$$x = \frac{l}{2} \pm \lambda.$$

$$M_x = \frac{q}{2} \left( \frac{l}{2} + \lambda \right) \left( \frac{l}{2} - \lambda \right) = \frac{q}{2} \left( \frac{l^2}{4} - \lambda^2 \right);$$

$$M_x = \frac{l}{2} + \lambda = \frac{q}{2} \left( \frac{l^2}{4} - \lambda^2 \right);$$

$$f = \frac{F_m \cdot x_0}{EJ}; \quad F_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} l \cdot \frac{ql^2}{8} = \frac{ql^3}{24};$$

$$x_0 = \frac{5}{8} \cdot \frac{l}{2} = \frac{5}{10}l;$$

$$f = \frac{\frac{ql^3}{24} \cdot \frac{5}{16}l}{EJ} = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EJ}; \quad \frac{ql^2}{8} = M = \frac{\sigma J}{e};$$

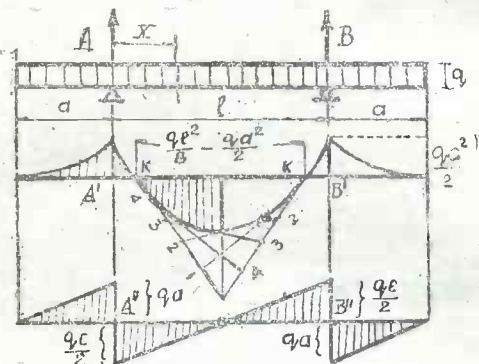
$$\boxed{f = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EJ}} \dots \dots \dots (37)$$

$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{\sigma l^2}{eE} \dots \dots \dots (37^1)$$

A და B საყრდენების კვეთის კუთხეების გამოსარკვევად ვსარგებლობთ ფორმულით:

$$\varphi = \frac{F_m}{EJ}; \quad F_m = \frac{ql^3}{24}; \quad \varphi = \frac{ql^3}{24 EJ};$$

7. ორი საყრდენზე მდებარე კონსოლებიანი კოჭი თანაბრად განრიგებული ტვირთით



ნახ. 21.

q—კვ. ტვირთი კოჭის ერთეულ სიგრძეზე.

$$A=B=q\left(\frac{l}{2}+a\right); \quad M_x = Ax - q(a+x) \cdot \frac{a+x}{2} =$$

$$= q\left(\frac{l}{2}+a\right)x - \frac{q(a+x)^2}{2} = \frac{qx}{2}(l-x) - \frac{qx^2}{2};$$

$$Mx = -\frac{qx}{2} (l-x) - \frac{qx^2}{2} \dots \dots \dots (\alpha)$$

როდესაც  $x=l$ ,  
მაშინ:

$$M_x = -\frac{qx^2}{2};$$

როცა

$$x = \frac{l}{2},$$

მაშინ:

$$Mx = \frac{ql^2}{8} - \frac{qx^2}{2}; \dots \dots \dots (\beta)$$

კოჭის სიმტკიცე იქნება კარგად გამოყენებული, როცა მლუნავი მომენტების აბსოლუტური მნიშვნელობანი, როგორც საყრდენებზე, ისე მალის შუაში ტოლებია, ამისათვის კი საჭიროა

$$\frac{M_l}{2} \text{ და } M_{x=0},$$

$x=l$

მაშინ განვსაზღვრავთ  $a$ -ს მნიშვნელობას  $(\alpha)$  და  $(\beta)$  განტოლებებიდან:

$$\frac{qa^2}{2} = \frac{ql^2}{8} - \frac{qa^2}{2}; \quad qa^2 = \frac{ql^2}{8};$$

$$a = \frac{l}{\sqrt{8}} = 0,35 l;$$



ეს არის  $a$ -ს მნიშვნელობა (კონსოლის), რომლის დროსაც როგორც საყრდენებზე, ისე მალის შუაში მლუნავი მომენტები ტოლებია:  $0,35 l$ -ზე მცირე  $a$ -ს მნიშვნელობა (ე. ი.  $a < 0,35 l$ ) როცა გვაქვს, მაშინ მალის მლუნავი მომენტები იქნება საყრდენების მომენტებზე მეტი.  $a > 0,335 l$  — მივიღებთ უდიდეს საყრდენობების მომენტებს. განვსაზღვროთ გადალუნვის  $K, K_1$  წერტილები.

$$\frac{qx}{2}(l-x) - \frac{qa^2}{2} = 0;$$

$$x^2 - lx + a^2 = 0$$

(კვად. განტ.).

$$x_1 = \frac{l}{2} + \sqrt{\frac{l^2}{4} - a^2}; \quad x_2 = \frac{l}{2} - \sqrt{\frac{l^2}{4} - a^2};$$

კერძო შემთხვევაში, როცა  $a^2 = \frac{l^2}{8}$ , ე. ი. როცა  $a = 0,35 l$  გვაქვს:

$$x_1 = 0,5 l + 0,35 l = 0,85 l; \quad x_2 = 0,5 l - 0,35 l = 0,15 l.$$

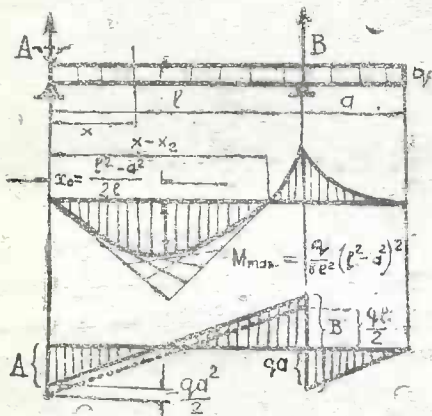
8. ერთკონსოლიან ორ საყრდენობზე მდებარე კოჭი თანაბრად განრიგებული ტვირთით (კერძო შემთხვევა)

$$Al - \frac{ql^2}{2} + \frac{qa^2}{2} = 0; \quad A = \frac{q}{2l}(l^2 - a^2); \dots (\gamma)$$

$$B = \frac{q}{2l}(l+a)^2. \dots (\gamma)$$

( $\gamma$ ) განტოლებიდან ჩანს: როდესაც  $l > a$ ;  $A$  — საყრდენის რეაქცია ნულზე მეტია; როცა  $l = a$ ;  $A = 0$ ;

როცა  $l < a$ ;  $A < 0$ . საყრდენი რეაქციის უარყოფითი სიდიდის დროს, კოჭი არ ახდენს დაწოლას. საყრდენზე, პირიქით მისგან ცდილობს აგლეჯას, ამისათვის. საჭიროა გავაკეთოთ ისეთი საყრდენი, როგორც პრაქტიკულად ნახვენებია ნახ. 23-ზე და ნახ. 22-ზე წყვეტილით.



ნახ. 22.



ნახ. 23.

$$M_x = Ax - \frac{qx^2}{2} = \frac{q}{2l}(l^2 - a^2)x - \frac{qx^2}{2} \dots (5)$$

როცა  $x=0$ ;  $M_A=0$ .

გარდა ამისა მღუნავ მომენტს მალში (A და B-ს შორის) აქვს ერთი ნულოვანი მნიშვნელობა.

განესაზღვროთ მნიშვნელობა რომლის დროსაც  $M_x=0$

$$\frac{q}{2l}(l^2 - a^2)x - \frac{qx^2}{2} = 0; \quad x = x_2 = \frac{l^2 - a^2}{l},$$

შემდეგ, როდესაც  $x = \frac{l}{2}$  (ე. ი. ძალის შუაში)

მლუნავი მომენტი ტოლია

$$M_x = \frac{q}{2l} (l^2 - a^2) \frac{l}{2} - q \cdot \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2}{2} = \frac{ql^2}{8} - \frac{qa^2}{4};$$

$$\frac{M_l}{2} = \frac{ql^2}{8} - \frac{qa^2}{4} \dots (T_1)$$

საბოლოოდ, როცა  $x=l$ ;  $M_x = \frac{q}{2l}(l^2 - a^2)l -$

$$-\frac{ql^2}{2} = -\frac{qa^2}{2}; M_x = -\frac{qa^2}{2} \dots (T_2)$$

მლუნავი მომენტების ( $T_1$ ) და ( $T_2$ ) მნიშვნელობების გამორკვევის დროს ადვილად შევამჩნევთ, რომ საანგარიშო მლუნავ მომენტს მივიღებთ ან საყრდენზე ან  $A$  და  $B$  საყრდენებს შორის, ე. ი. მალში  $x_2$ —ინტერვალში, ე. ი. როცა

$$x_0 = \frac{l^2 - a^2}{2l};$$

$x_0$ -ის მნიშვნელობის (წ) ფორმულაში ჩასმით ვღებულობთ:

$$M_x = \frac{q}{2l} (l^2 - a^2) \frac{l^2 - a^2}{2l} = \frac{q}{2} \left(\frac{l^2 - a^2}{2l}\right)^2 =$$

$$= \frac{q}{4l^2} (l^2 - a^2)^2 - \frac{q}{8l^2} (l^2 - a^2)^2;$$

ან

$$M_{x_0} = \frac{q}{8l^2} (l^2 - a^2)^2 \dots (\psi)$$

ამ შემთხვევაში (ისე, როგორც ორი სიმეტრიულ კონსოლიან კოჭების დროს) კოჭის საუკეთესო მდგრა-

დობა იქნება, მაშინ როდესაც მღუნავი მომენტი  $B$  საყრდენზე და შუაში  $x_2$  ტოლებია, ე. ი.  $M_0 = M_{x_0}$ ;

$$\frac{q}{8l^2}(l-a^2)^2 = q \frac{a^2}{2}, \text{ საიდანაც}$$

$$a = l(\sqrt{2} - 1) = 0,4142l.$$

სიმეტრიულ დატვირთვის დროს  $M_{max}$  დაემთხვა გადამჭრელ ძალების ნულოვან წერტილს. ეს წესი ყველა დატვირთვისათვის საერთოა.

გავსინჯოთ ეს არასიმეტრიული დატვირთვის დროსაც:  $M_{max}$ —შეესაბამება  $x_1-x_2$  შუა ინტერვალს, რომლის დროსაც აზსციხსა  $M_{max}$ —ტოლია:

$$x_0 = \frac{l^2 - a^2}{2l}.$$

ამ შემთხვევაში გადამჭრელი ძალა იქნება:

$$Q_{x_0} = A - qx_0$$

$x_0$ —მნიშვნელობის ჩასმით ვღებულობთ:

$$Q_{x_0} = \frac{q}{2l}(l^2 - a^2) - q \frac{l^2 - a^2}{2l} = 0.$$

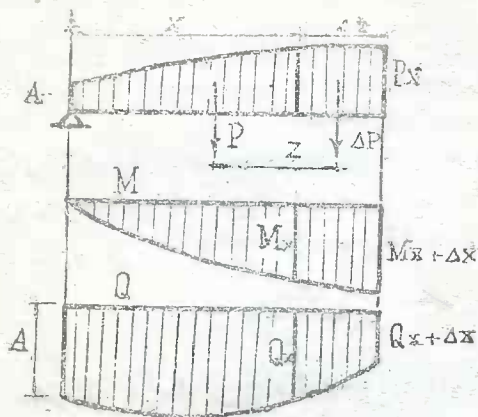
## 8. შვედლერის თეორემა

დავამტკიცოთ, რომ ნებისმიერი დატვირთვის დროს მაქსიმალური მღუნავი მომენტი მდებარეობს კოჭის ისეთ კვეთში, სადაც გადამჭრელი ძალა ნულის ტოლია. (იხ. ნახ. 24).

$x$ —მანძილზე:  $Q_x = A - Px$ ; მაშასადამე მცირე სიდიდით  $\Delta x$  გადიდების დროს გადამჭრელი ძალა დიდდება  $\Delta P$ -თი  $dx$ :

$$M_x = A \cdot x - Pz; \quad M_x + dM_x = A(x + dx) - P(z + dx) - \\ - dP \frac{dx}{2}$$

უსასრულო მცირე სიდიდის ნულათ ჩათვლის შემდეგ ვღებულობთ:



ნახ. 24.

$$M_x + dM_x = A(x + dx) - P(z + dx);$$

მაშასადამე:

$$dM_x = A dx - P dx = (A - P) dx;$$

მაგრამ

$$A - P = Q_x;$$

ჩასმით ვღებულობთ.

$$dM_x = Q_x \cdot dx.$$

ამოგხსნათ უბრალო წარმოებულის:

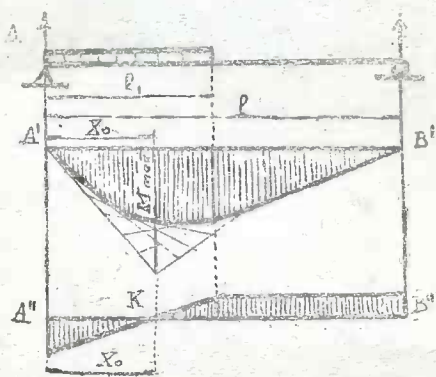
$$\frac{\Delta M_x}{\Delta x} = Q_x;$$

საიდანაც

$$\boxed{\frac{dM_x}{dx} = Q_x; \dots \dots \dots (38)}$$

გადამჭრელი ძალა წარმოადგენს მღუნავ მომენტის პირველ წარმოებულს  $x$  მანძილით.

9. კერძო შემთხვევა



ნახ. 25.

$$A = ql_1 \cdot \frac{\left(l - \frac{l_1}{2}\right)}{l} = \frac{ql_1}{2l}(2l - l_1); \quad B = \frac{ql_1^2}{2l};$$

$$M_x = Ax - \frac{qx^2}{2} \quad Q_x = A - qx;$$

$M_{max}$ -ის განსაზღვრისათვის პირველად გენესაზღვროთ გადამჭრელი  $Q_x$ -ძალის  $x_0$ -აბსცისსა, რისთვისაც გაუტოლებთ ნულს

$$A - qx_0 = 0; \quad x_0 = \frac{A}{q}$$

A-ს მნიშვნელობის ჩასმით მივიღებთ:

$$x_0 = \frac{l_1}{2l} (2l - l_1)$$

ამის შემდეგ:

$$M_{max} = Ax_0 - \frac{qx_0^2}{2} = qx_0^2 - \frac{qx_0^2}{2} = \frac{qx_0^2}{2},$$

$$M_{max} = \frac{q}{2} \cdot \frac{l_1^2}{4l^2} (2l - l_1)^2;$$

როცა

$$l_1 = \frac{l}{2};$$

მაშინ გვაქვს

$$A = \frac{3}{8}ql; \quad B = \frac{1}{8}ql; \quad x_0 = \frac{3}{8}l;$$

$$M_{max} = \frac{q}{2} \cdot \frac{l}{4 \cdot 4 \cdot l^2} \left( 2l - \frac{l}{2} \right)^2 = \frac{q}{32} \left( 4l^2 - \frac{4l^2}{2} + \frac{l^2}{4} \right);$$

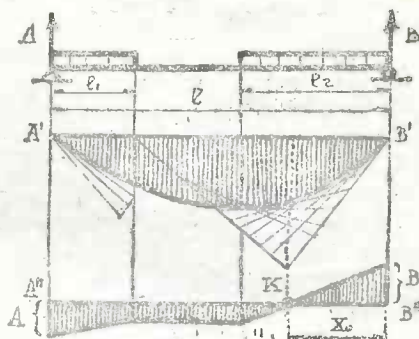
$$\boxed{M_{max} = \frac{9}{128} ql^2} \dots \dots \dots (39)$$

### 10. კერძო შემთხვევა

$l_2 > l_1$ , განვსაზღვროთ საყრდენი რეაქციები:

$$\Sigma M_A = -Bl + ql_2 \left( l - \frac{l_2}{2} \right) + ql_1 \cdot \frac{l_1}{2} = 0;$$

$$B = \frac{ql_2}{2} (2l - l_2) + \frac{ql_1^2}{2l}.$$



ნახ. 26

ნახ. 26.

$\Sigma V = 0$ ; აქედან გვაქვს:  $A = q(l - l_2) - B$  (იხ. ნახ. 26).  
გადამჭრელი ძალა არ უდრის ნულს  $l_2$ -უბანზე (იმიტომ, რომ  $l_2 \neq l_1$ );  $Q_x = B - qx$ ; განვსაზღვროთ  $x_0$ ;  $Q_x = 0$ ;  $B - qx_0 = 0$ ;

$$x_0 = \frac{B}{q};$$

$$x_0 = \frac{l_2}{2l} (2l - l_2) + \frac{l_1^2}{2l};$$

$$M_{max} = Bx_0 - \frac{qx_0^2}{2};$$

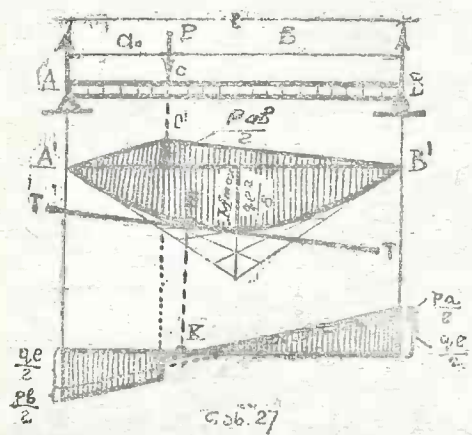
$$M_{max} = qx_0^2 - \frac{qx_0^2}{2} = \frac{qx_0^2}{2},$$

$x_0$ -ის ჩასმით ვღებულობთ საბოლოოდ



$$M_{max} = \frac{q}{2} \left[ \frac{l_2}{2l} (2l - l_2) + \frac{l_1}{2l} \right]^2 \dots \dots \dots (40)$$

11. ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი თანაბრად განრიგებული ტვირთით და შეყურსული ძალით მალში



ნახ. 27.

$$A = \frac{Pb}{l} + \frac{ql}{2} \dots \dots \dots (41)$$

$$B = \frac{Pa}{l} + \frac{ql}{2} \dots \dots \dots (42)$$

მლუნავი მომენტი = ორი მომენტის ჯამს;  $P$  — ტვირთის მომენტს + თანაბრად განრიგებულ ტვირთის მომენტი  $\frac{ql^2}{8}$ .

გადამკრელი ძალა:  $Q_{x_0} = A - P - qx_0$ ;  $A - P - qx_0 = 0$ ;

$$x_0 = \frac{A - P}{q}; \quad x_0 = \frac{P}{q} \left( \frac{b}{l} - 1 \right) + \frac{l}{2}.$$

ძღუნავი მომენტის ეპიურის მაქსიმალური ორდინატის გამოსარკვევად განისაზღვრება მხები  $T-T$  გავლებით  $C'B'$  სამკუთხედის გვერდის პარალელურად. მხების  $E$  წერტილში უნდა გაიაროს მაქსიმალური ძღუნავი მომენტის ორდინატმა  $M_{max}$ :

$$M_{max} = Ax_0 - P(x_0 - a) - \frac{qx_0^2}{2};$$

$$M_{max} = Px_0 + qx_0 - Px_0 + Pa - \frac{qx_0^2}{2};$$

$$\boxed{M_{max} = \frac{qx_0^2}{2} + Pa} \dots \dots \dots (43)$$

$x_0$  — კვეთისათვის:

$$Q_{x_0'} = B - qx_0' = 0; \quad x_0' = \frac{Pa}{lq} + \frac{l}{2};$$

$$\boxed{M_{max} = Bx_0' - \frac{(qx_0')^2}{2}} \dots \dots \dots (43')$$

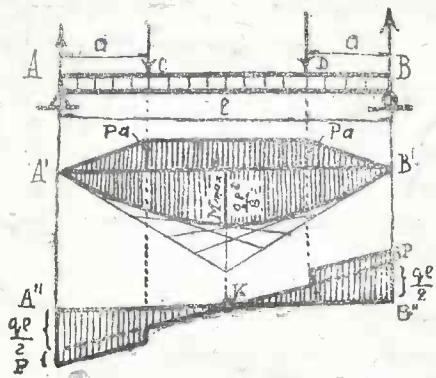
12. ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი ორი სიმეტრიული შეყურსული თანატოლი ძალით

$$P_1 = P_2 = P; \quad A = B = P + \frac{ql}{2};$$

$$Q_{x_0} = A - P - qx_0 = 0;$$

$$x_0 = \frac{A - P}{q} = P + \frac{\frac{ql}{2} - P}{2} = \frac{l}{2};$$

$$M_{x_0} = \frac{qx_0^2}{2} + Pa = \frac{q \left( \frac{l}{2} \right)^2}{2} + Pa;$$



ნახ. 28.

$$M_{max} = \frac{ql^2}{8} + Pa \quad \dots \dots (44)$$

13. სამკუთხოვანი დატვირთვა

$$\Sigma M_B = Al - \frac{ql}{2} \cdot \frac{l}{3} = 0; \quad A = \frac{ql^2}{6l} = \frac{ql}{6};$$

$$B = \frac{ql}{2} - A = \frac{ql}{3};$$

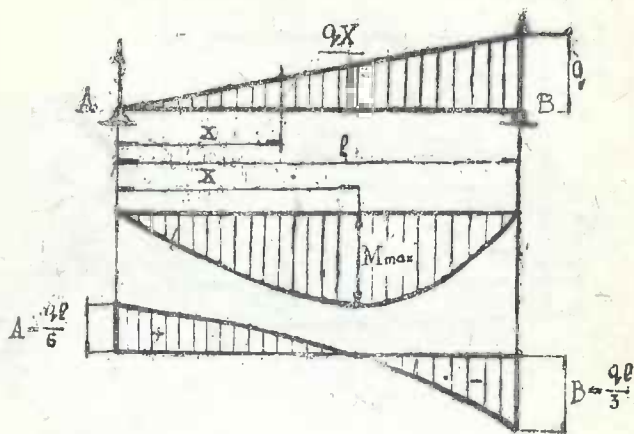
$$q_x = \frac{x}{l} \cdot q;$$

ამიტომ:

$$M_x = \frac{ql}{6} \cdot x - \frac{qx^2}{6l}.$$

$$Q_x = \frac{QM_x}{dx} = \frac{ql}{6} - \frac{qx^2}{3}; \quad \frac{ql}{6} - \frac{qx^2}{3} = 0;$$

$$x = \frac{l}{\sqrt{3}} = 0,577l;$$



ნახ. 29

$$M_{max} = \frac{1}{9\sqrt{3}} ql^2 = 0,064 ql^2;$$

საყრდენებზე მომენტები = 0.

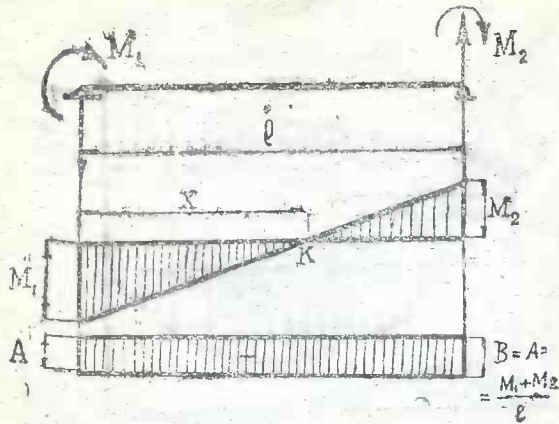
მღუნავი მომენტის ებიურა არის კუბური პარაბოლა და გადამჭრელი ძალისა კი კვადრატული პარაბოლა.

14. ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი საყრდენებზე მოდებული წყვილ ძალებით

$$A = B = \frac{M_1 + M_2}{l}; \quad M_x = M_1 - \frac{M_1 + M_2}{l} x = 0;$$

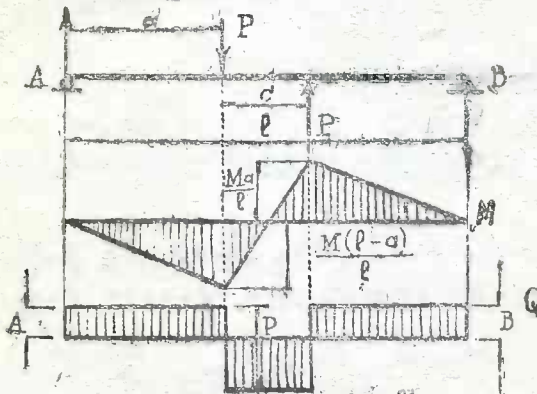
აქედან

$$x = \frac{M_1}{M_1 + M_2} \cdot l; \quad -A = B = \frac{M_1 + M_2}{l}$$



ნახ. 30.

15. ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი  $A$  საყრდენიდან  $a$  მანძილით მოდებული წყვილი ძალით

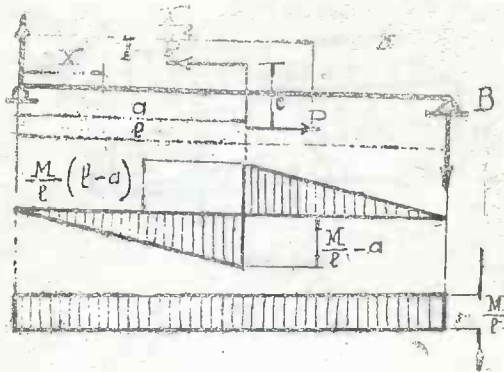


ნახ. 31.

ნახ. 31.

$$A = -B = \frac{Pc}{l} = \frac{M}{l}$$

16. შებენებელი შემთხვევა



ნახ 32.

$$M = Pc; \quad M_1 = Al = M;$$

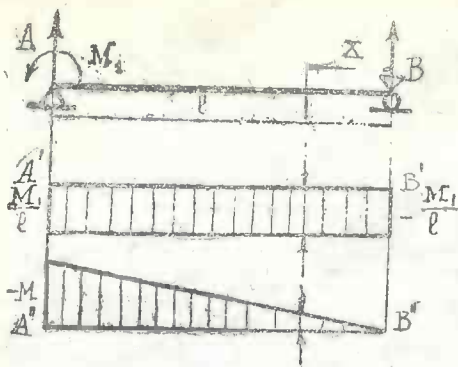
$$M_x^I = Ax_1 = \frac{M}{l} x_1; \quad x_1 = 0; \quad M_x^I = 0;$$

$$x_1 = a; \quad M_x^I = \frac{M}{l} a; \quad M_x^{II} = Ax_2 - M = \frac{M}{l} x_2 - M =$$

$$= -\frac{M}{l} (l - x_2); \quad x_2 = a; \quad M_x^I = -\frac{M}{l} (l - a);$$

$$x_2 = l; \quad M_x^{II} = 0.$$

17. *A* საყრდენზე მოდებულია  $(-M_1)$  წყვილი  
 ძალა



ნახ. 33.

$$A = +\frac{M_1}{l}; \quad B = -\frac{M_1}{l}; \quad Q_x = -\frac{M_1}{l};$$

$$M_x = Bx = -\frac{M_1}{l} \cdot x; \quad x=0; \quad M_x=0;$$

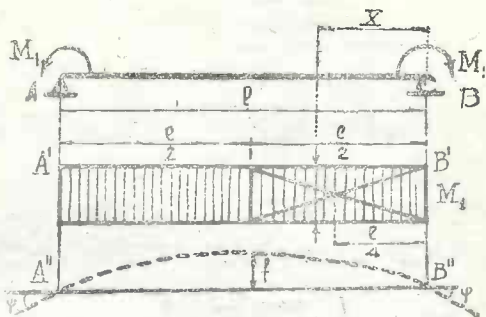
$$x=l; \quad M_A = -\frac{M_1 l}{l} = -M_1.$$

*A*—საყრდენზე საანგარიშო მლუნავი მომენტი იქნება

$$\boxed{M_{max} = -M_1} \dots \dots \dots (45)$$

*A* ან *B* საყრდენზე მლუნავი მომენტი აბსოლუტური სიდიდით ტოლია წყვილი ძალის მომენტისა სწორხაზოვანი დამოკიდებულების გამო. მომენტების ეპიურას აქვს სამკუთხოვანი სახე.

18. საყრდენებზე მოდებულია წყვილ  
 ძალები, რომელთა მომენტი აბსოლუტური  
 სიდიდით  $-M_1$  და  $+M_2$  ტოლია



ნახ. 34.

$$Al - M_1 + M_2 = 0; \quad A = 0; \quad -Bl + M_1 - M_2 = 0; \quad B = 0,$$

ე. ი. გადაშვრელი ძალა ნებისმიერ კვეთში ნულის ტოლია.  $M$ —მლუნავი მომენტი  $x$ -ის დროს იქნება  $M_x = M_1$ ; როგორც სჩანს  $M_x$  არ არის დამოკიდებული  $x$ —მანძილზე, მაშასადამე მთელ მალზე მლუნავ მომენტს სწორკუთხედის სახე აქვს. საანგარიშო მლუნავი მომენტი იქნება:

$$M_{max} = M_1;$$

$$f = \frac{F_m \cdot x_0}{EJ} = \frac{M_1 \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{4}}{EJ} = \frac{M_1 l^2}{8 EJ};$$

$$\varphi = \frac{F_m}{EJ} = \frac{M_1 l}{2EJ}.$$

ასეთი დატვირთვის მაგალითს წარმოადგენს ორი შეყურსული  $P$  ძალის მოქმედება ორ თანატოლ სიგრძის

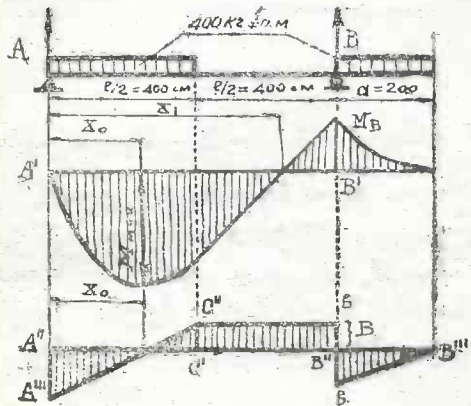


კონსოლებზე, ამ შემთხვევაში გვაქვს  $M_1 = Pa$ .  
 მაშასადამე:

$$f = \frac{Pl^2 a}{8 EJ} ; \dots \dots \dots (46)$$

$$\varphi = \frac{Pla}{2 EJ} \dots \dots \dots (47)$$

19. მაგალითი.  $q=400$  კგ/მ.  $R_b=1000$  კგ/სმ<sup>2</sup>  
 ავადგომი მლუნავი და გადამტრელი ძალების ეპიურები



ნახ. 35.

$$A = \frac{1600 \cdot 600}{800} - \frac{800 \cdot 100}{800} = 1200 - 100 = 1100 \text{ კგ,}$$

$$B = 400 \cdot 6 - 1100 = 1300 \text{ კგ; } Q_{x_0} = A - qx_0 = 0,$$

საიდანაც

$$x_0 = \frac{A}{q} = \frac{1100}{4} = 2.75 \text{ სმ.}$$

გვაქვს ორი საანგარიშო მომენტი:

$$M_{x_0} = Ax_0 - \frac{qx_0^2}{2} = \frac{qx_0^2}{2} = qx_0 \frac{x_0}{2} = \\ = 400 \cdot 2,75 \cdot \frac{2,75}{2} = 151\,250 \text{ კგ/სმ}$$

$$M_b = -\frac{qa^2}{2} = -qa \cdot \frac{a}{2} = 400 \cdot 2 \cdot \frac{200}{2} = \\ = -80\,000 \text{ კგ/სმ}$$

მაშასადამე,

$$M_{max} = 151\,250 \text{ კგ/სმ} = M_{x_0}; \quad W = \frac{M_{max}}{R_b} = \\ = \frac{151\,250}{1000} = 151,25 \text{ სმ}^3.$$

ეპოულობთ ცხრილებში უახლოეს წინალობის მომენტს (მაქსიმალურს)

$$W = 153,4 \text{ სმ}^3$$

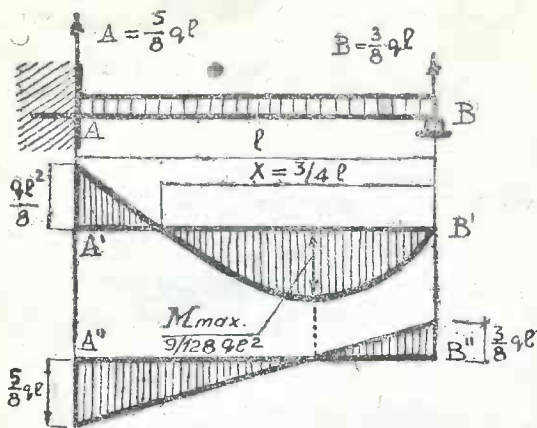
რომელსაც ეთანადება № 18 კოჭი.

### III. სტატიკურად ურკვევადი კოჭები

- ერთი ბოლოთი ჩამაგრებული და მეორე თავისუფლად მდებარე საყრდენზე (მოძრავი საყრდენი) თანაბრად დატვირთული კოჭი

ჩვენ აქ გვაქვს 3 უცნობ.  $A$  საყრდენზე და 1  $B$  საყრდენზე. წარმოვიდგინოთ ერთი წუთით, რომ არა.

გვაქვს  $B$  საყრდენი, მაშინ მიიღება კოჭი ერთი ბოლოთი ჩამაგრებული, რისთვისაც უკვე გვაქვს:



ნახ. 36.

$$f = \frac{q l^4}{8 E J}.$$

ამის შემდეგ კოჭის ბოლოზე მოვდით ძალა  $B$ —რეაქციის ტოლი, მაშინ მივიღებთ

$$f_1 = \frac{B l^3}{3 E J}.$$

რადგანაც აუცილებელია, რომ  $f = f_1$ , ამიტომ ვწერთ

$$\frac{q l^4}{8 E J} = \frac{B l^3}{3 E J},$$

საიდანაც ვღებულობთ, რომ

$$\boxed{B = \frac{3}{8} ql} \dots \dots \dots (48)$$

მაგრამ წინასწორობისათვის საჭიროა, რომ  $A+B=ql$ , აქედან

$$A = ql - B = ql - \frac{3}{8} ql;$$

$$\boxed{A = \frac{5}{8} ql} \dots \dots \dots (49)$$

განვსაზღვროთ მღუნავი მომენტი  $x$  კვეთის მიმართ, გვაქვს

$$\begin{aligned} M_x &= Bx - \frac{qx^2}{2}; \quad M_x = \frac{3}{8} qlx - \frac{qx^2}{2} = \\ &= \frac{qx}{2} \left( \frac{3}{4} l - x \right); \end{aligned}$$

საყრდენი  $M_A$  მომენტის მიღებისათვის  $x$  გაუტოლებთ  $l$ :

$$M_A = \frac{ql}{2} \left( \frac{3}{4} l - l \right) = \frac{ql}{2} \left( -\frac{1}{4} l \right);$$

$$\boxed{M_A = -\frac{ql^2}{8}} \dots \dots \dots (50)$$

მღუნავი მომენტის საერთო გამოსახვიდან

$$M_x = \frac{qx}{2} \left( \frac{3}{4} l - x \right),$$

ენახულობთ, რომ მომენტი ხდება ნულად ორ კვეთში:

1) როცა  $x=0$  (ე. ი.  $B$  საყრდენზე); 2) როცა  $\frac{3}{4}l-x=0$ ,  
 ან როდესაც  $x=\frac{3}{4}l$ .

ეს ნიშნავს, რომ  $D$ —კვეთში (კოჭის), რომელიც იმყოფება  $\frac{3}{4}l$  მანძილზე  $B$  საყრდენის ბოლოდან იქმნება ბუნებრივი სახსარი, რომელშიც მღუნავი მომენტი ნულის ტოლია (ბუნებრივი სახსარი ანუ გადაღუნვის წერტილი) შვედლერის თეორიის თანახმად  $M_{max}$  მდებარეობა ეთანადება გადამჭრელ ძალას  $Q_x=0$ .

$$Q_x = B - qx = \frac{3}{8} ql - qx;$$

როცა

$$Q_x = 0; \quad x' = \frac{3}{8} l.$$

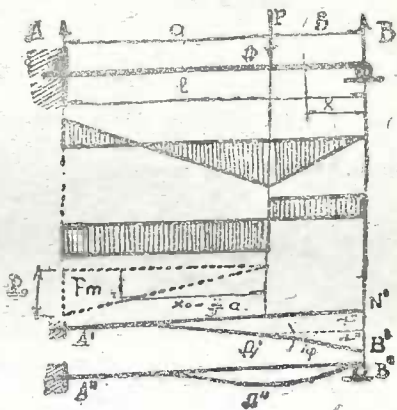
მაშასადამე, მაქსიმალური მღუნავი მომენტი იქნება  $\frac{3}{8}l$ -ზე საყრდენის ბოლოდან კვეთში და მისი, სიდიდეა

$$M_{max} = Bx' - \frac{qx^2}{2} = \frac{3}{8} ql \cdot \frac{3}{8} l - \frac{q}{2} \left(\frac{9}{64} l^2\right) = \frac{9}{128} ql^2,$$

$$\boxed{M_{max} = \frac{9}{128} ql^2} \dots \dots \dots (51)$$

ცხადია, რომ კოჭის მალის მღუნავი მომენტი აბსოლუტური სიდიდით ნაკლებია  $A$  საყრდენის მომენტზე. ამიტომ  $M_A$ -ს ვღებულობთ როგორც საანგარიშო მღუნავ მომენტს, ჩვენს ჩემთხვევისათვის.

2. ერთი ბოლოთი ჩამაგრებული და მეორე ბოლოთი მოძრავ საყრდენზე მდებარე კოჭზე მოქმედობს შეყურსული ძალა



ნახ. 37.

წარმოვიდგინოთ, რომ  $B$  საყრდენი მოშორებულია, მაშინ  $P$ —ძალის მოქმედებით კოჭი მიიღებს  $A$  ნაწილის გაღუნვის,  $DB$  ნაწილი არ მიიღებს გაღუნვას და დაიხრება ჰორიზონტთან  $\varphi$  კუთხით (იხ. ნახ. 37), რომელიც დაშორებულია ჰორიზონტიდან  $f$  სიღიძით და იშლება ნაწილად  $f_1$  და  $f_2$ ;  $f_1$ —არის ჩაღუნვის ისარი  $D$  წერტილში  $P$  ძალით გამოწვეული და უდრის:

$$f_1 = \frac{Pa^3}{3EJ}$$

როგორც ვთქვით  $D'B'$  რჩება სწორხაზოვანი, ამიტომ მეორე ნაწილს  $f'$  მიიღება  $A'B'N'$  სამკუთხედიდან და ტოლია

$$f'' = b \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

აქედან

$$f = f' + f'' = \frac{Pa^3}{3EJ} + b \operatorname{tg} \varphi;$$

მაგრამ ჩვენ ვიცით

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F_m}{EJ},$$

$F_m$  — არის სამკუთხედის ფართობი

$$F_m = P \cdot a \cdot \frac{a}{2} = \frac{Pa^2}{2};$$

მაშასადამე

$$f = \frac{Pa^3}{3EJ} + b \cdot \frac{Pa^2}{2EJ}$$

საიდანაც:

$$\boxed{f = \frac{Pa^3}{3EJ} \left( 1 + \frac{3b}{2a} \right)} \quad (52)$$

იმისათვის, რომ კოჭმა მიიღოს პირვანდელი სახე,  $B$  საყრდენს უნდა მოედოთ საყრდენის რეაქცია.

$B$  — საყრდენის რეაქციის გავლენით მივიღებთ  $B'B = f$ ,

$$f_1 = \frac{Bl^3}{3EJ};$$

$f_1$  და  $f$  ტოლობიდან ვანგარიშობთ:

$$\frac{Bl^3}{3EJ} = \frac{Pa^3}{3EJ} \left( 1 + \frac{3b}{2a} \right),$$

საიდანაც

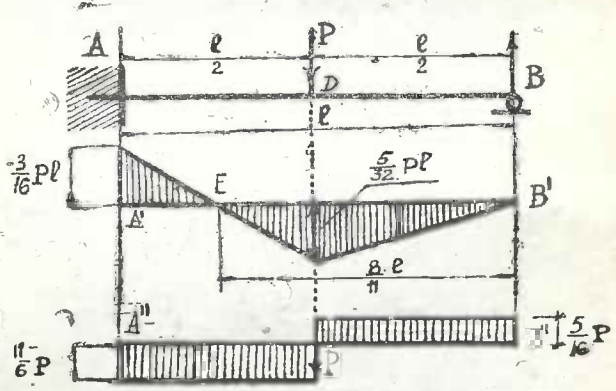
$$B = \frac{Pa^3}{l^3} \left( 1 + \frac{3b}{2a} \right) \dots \dots \dots (53)$$

ახლ განვსაზღვროთ მლუნავი მომენტი  $x$  კვეთის მიმართ  $M_x = Bx$  ეს მლუნავი მომენტი იცვლება  $M_B = 0$ -დან  $M_D = Bb$ .

$DA$ -უბანზე იქნება:  $M_x = B \cdot x - P(l-b)$ ; რომელიც როცა  $A$  საყრდენზე გარდაიქმნება მომენტად:

$$M_A = Bl - P(l-b) = Bl = Pa$$

3. წინამდებარე სახის კოჭზე მალის შუაზე მიდებულია შეყურსული ძალა



ნახ. 38.

$$a = b = \frac{l}{2};$$

$$B = \frac{Pl^3}{l^3 8} \left( 1 + \frac{3}{2} \right);$$



$$\boxed{B = \frac{5}{16}P} \dots \dots \dots (54)$$

ანალოგიურად

$$\boxed{A = \frac{11}{16}P} \dots \dots \dots (55)$$

უდიდესი მლუნავი მომენტი მალზე ცხადია წარმოიშვება  $D$ -წერტილში, ე. ი. ძალის მოქმედების წერტილში (იხ. ნახ. 38):

$$M_D = B \cdot b = \frac{5}{16}pb \text{ მაგრამ } b = \frac{l}{2}$$

ჩასმით მივიღებთ

$$\boxed{M_D = \frac{5}{32}Pl} \dots \dots \dots (56)$$

კოქის ჩამაგრების ადგილში წარმოშობილი მომენტი იქნება:

$$M_A = Bl - Pa = \frac{5}{16}Pl - \frac{1}{2}Pl \text{ ან}$$

$$\boxed{M_A = -\frac{3}{16}Pl} \dots \dots \dots (57)$$

განსახილველ შემთხვევისათვის  $M_A$  იქნება საანგარიშო მომენტი.

გამოვარკვიოთ  $E$  წერტილის მდებარეობა, რომელშიაც მლუნავი მომენტი ნულია, რის შედეგადაც იგი წარმოადგენს ბუნებრივ სამხარს ან გადაღუნვის წერტილს.

$M_x = Bx_1 - P\left(x - \frac{l}{2}\right)$  და როცა  $M_x = 0$  მივიღებთ:

$$Bx_1 - P\left(x_1 - \frac{l}{2}\right) = 0,$$

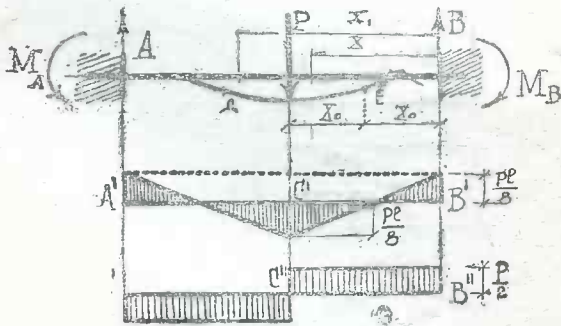
საიდანაც

$$\frac{5}{16}x_1 - x + \frac{l}{2} = 0; \quad x_1 = \frac{8}{11}l.$$

მაშასადამე, გადაღუნვის წერტილი  $B$  საყრდენიდან იქნება:

$$x_1 = \frac{8}{11}l \text{ მანძილზე.}$$

4. კოქის ორივე ბოლო ჩამაგრებულია და მასზე მოქმედობს შეყურსული ძალა მალის შუაში



ნახ. 39.

$$A = B = \frac{P}{2}; \quad Q_x = B = \frac{P}{2};$$

$$Q_x = B - P = \frac{P}{2} - P = -\frac{P}{2};$$

$A''C''$  უბანზე გადამჭრელი ძალა  $Q$  იქნება მოძრუნების კუთხე

$$\boxed{\varphi_1 = \frac{Pl^2}{16EJ}} \dots \dots \dots (58)$$

$$\varphi_2 = \frac{M_B l}{2EJ} = \frac{Pl^2}{16EJ},$$

საიდანაც

$$M_B - \frac{Pl}{8} = M_A; -M_B + \frac{P}{2} x_0 = 0.$$

$$x_0 = \frac{l}{4}; M_c = P \cdot \frac{l}{4} = \frac{Pl}{8};$$

$$\boxed{M_{max} = \frac{Pl}{8}} \dots \dots \dots (59)$$

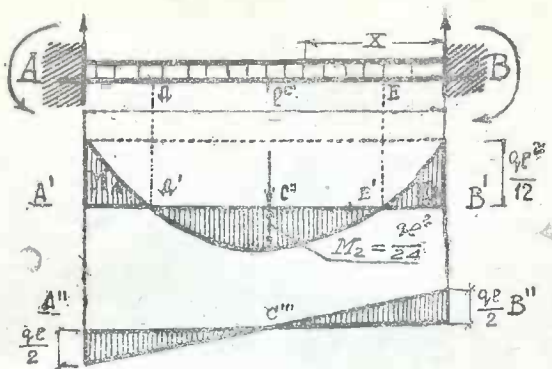
$$\boxed{f' = \frac{Pl^3}{48EJ}} \dots \dots \dots (60)$$

$$\boxed{f'' = \frac{M_B l}{8EJ} = \frac{Pl^3}{64EJ}} \dots \dots \dots (61)$$

$$f = f' + (-f'') = \frac{Pl^3}{48EJ} - \frac{Pl^3}{64EJ};$$

$$\boxed{f = \frac{Pl^3}{192EJ}} \dots \dots \dots (62)$$

5. ორივე ბოლოთი ჩამაგრებული კოჭი თანაბრად განრიგებული ტვირთით



ნახ. 40.

$$A = B = \frac{ql}{2}; \quad M_A = M_B;$$

$$Q_c = B - qx = \frac{ql}{2} - qx = q \left( \frac{l}{2} - x \right);$$

$$\varphi_1 = \frac{ql^3}{24EJ}; \quad \varphi_2 = \frac{M_B l}{2EJ};$$

$$\varphi_1 = \varphi_2,$$

$$\frac{M_B l}{2EJ} = \frac{ql^3}{24EJ}$$

საიდანაც

$$\boxed{M_B = \frac{ql^2}{12} = M_A} \dots \dots \dots (62)$$

$$M_x = -M_B + B \cdot x - \frac{qx^2}{2},$$

объ

$$M_x = -\frac{ql^2}{12} + \frac{ql}{2}x - \frac{q}{2}x^2;$$

$$\frac{qx^2}{2} - \frac{qlx}{2} + \frac{ql^2}{12} = 0;$$

$$x = \frac{l}{2} \pm \frac{l}{2\sqrt{3}}; \quad x_0 = \frac{l}{2\sqrt{3}};$$

$$M_0 = \frac{q(2x_0)^2}{8} = \frac{q \left( \frac{q}{2} \cdot \frac{l}{\sqrt{3}} \right)^2}{8} = \frac{ql^2}{8(\sqrt{3})^2} = \frac{ql^2}{24};$$

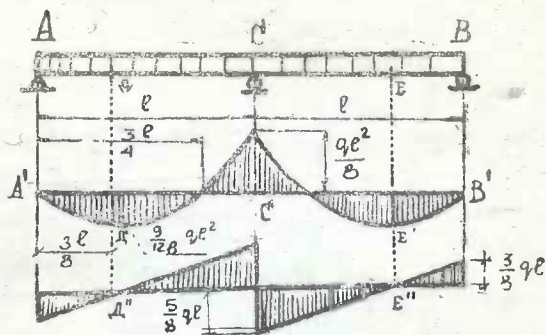
$$\boxed{M_0 = \frac{ql^2}{24}} \dots \dots \dots (63)$$

$$f_1 = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EJ}; \quad f_2 = \frac{M_B l^2}{8 EJ} = \frac{ql^4}{96 EJ};$$

$$f = f_1 + (-f_2) = \left( \frac{5}{384} - \frac{1}{96} \right) \frac{ql^4}{EJ};$$

$$\boxed{f = \frac{1}{384} \cdot \frac{ql^4}{EJ}} \dots \dots \dots (64)$$

6. სამ საყრდენზე მდებარე კოჭი თანაბრად განრიგებული ტვირთით



ნახ. 41.

$$A = B = \frac{3}{8} ql, \quad C = \frac{5}{8} ql \cdot 2 = \frac{5}{4} q;$$

$$M_x = Ax - \frac{qx^2}{2} = \frac{3}{8} qlx - \frac{qx^2}{2} = \frac{qx}{2} \left( \frac{3l}{4} - x \right);$$

$$\text{როცა } Mx = 0; \quad Ax - \frac{qx^2}{2} = 0; \quad \text{ე. ი. } x_1 = 0$$

ან

$$x_2 = \frac{3}{4} l;$$

$$M_c = \frac{ql}{2} \left( \frac{3}{4} l - l \right) = -\frac{ql^2}{8}.$$

მაშასადამე,

$$\boxed{M_c = -\frac{ql^2}{8}} \dots \dots \dots (65)$$

$$Q = A - qx_0 = \frac{3}{8}ql - qx = 0,$$

აქედან

$$x_0 = \frac{3}{8}l.$$

მაშასადამე,

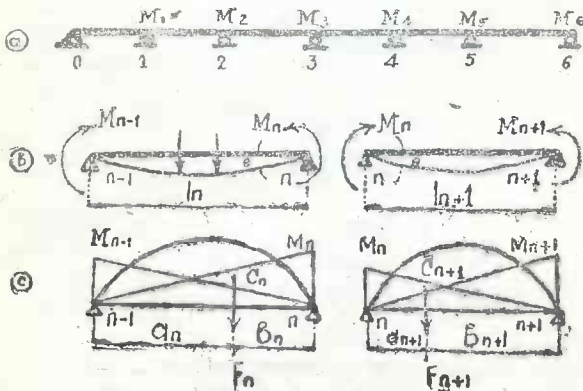
$$Mx_0 = Ax_0 - \frac{qx_0^2}{2} = \frac{3}{8}ql \cdot \frac{3}{8}l - \frac{q \cdot \frac{3}{8}l \cdot \frac{3}{8}l}{2};$$

$$Mx_0 = \frac{9}{128}ql^2 \dots \dots (66)$$

ანგარიში უნდა ვაწარმოოთ შემდეგი ფორმულით:

$$R_b W = \frac{ql^2}{8} \dots \dots \dots (67)$$

7. უჭრი კოჭები (მრავალ მალიანი).  
სამი მომენტის განტოლება



ნახ. 42.

სტატიურად ურკვევად სიდიდეთა რიცხვი ტოლია შუალედ საყრდენთა რიცხვისა. მაგალითად ნახ. 42 *a*-ზე ნაჩვენებია სტატიურად ურკვევად ელემენტთა რიცხვი, რომელიც უდრის ხუთს. მღუნავ მომენტთა განსაზღვრისათვის  $M_{n-1}$ ,  $M_n$ , და  $M_{n+1}$  მოვიხმართ დრეკადი წირის უწყვეტობის პირობას საყრდენებზე. ნებისმიერი  $n$  საყრდენისათვის ეს უწყვეტობის პირობა იქნება შესრულებული, თუ  $\theta = -\theta'$ .

დავუშვათ, რომ მობრუნების კუთხეები დადებითია, თუ ბრუნვას აქვს იგივე მიმართულება რაც სათანადო  $M_n$  მომენტს (ნახ. 42 *b*). მოცემულ დატვირთვის დროს კვეთის მობრუნების კუთხე  $n$  საყრდენზე იქნება

$$\frac{F_n a_n}{I_n E J_s};$$

გარდა ამ ტვირთისაგან გამოწვეული ჩაღუნვისა  $n$  მალი დაიწყებს ღუნვას  $M_{n-1}$  და  $M_n$  მომენტებით და ამ მომენტებით გამოწვეული განივი კვეთის მობრუნება იქნება

$$\frac{M_n l_n}{3 E J_s} + \frac{M_{n-1} l_n}{6 E J_s}$$

სრული მობრუნების კუთხე ამ შემთხვევაში იქნება:

$$\theta = \frac{M_n l_n}{3 E J_s} + \frac{M_{n-1} l_n}{6 E J_s} + \frac{F_n a_n}{I_n E J_s} \dots \dots (68)$$

ამნაირათვე  $n+1$  მობრუნებისათვის ვღებულობთ

$$\theta' = \frac{F_{n+1} b_{n+1}}{l_{n+1} E J_s} + \frac{M_n l_{n+1}}{3 E J_s} + \frac{M_{n+1} l_{n+1}}{6 E J_s};$$

$\theta = -\theta'$  თანახმად ვღებულობთ



$$M_{n-1}l_n + 2M_n(l_{n+1} + l_n) + M_{n+1}l_{n+1} = -\frac{6F_n a_n}{l_n} - \frac{6F_{n+1} b_{n+1}}{l_{n+1}} \quad (69)$$

ეს არის სამ მომენტთა განტოლება.

ეს განტოლება მოცემულია ბერტოს (Bertot) მიერ. საყრდენის მომენტთა გაგებით ადვილად განესაზღვრავთ უჭრი კოქის საყრდენთა რეაქციას.

გავარჩიოთ ორი მალი  $n$  და  $n+1$ . ამ რეაქციასთან დამატებით წარმოიშობა კიდევ  $M_{n-1}$ ,  $M_n$  და  $M_{n+1}$  მომენტებისაგან გამოწვეული რეაქცია.

ამნაირად ვლებულობთ დამატებით წნევას.  $n$  საყრდენზე იქნება:

$$\frac{M_{n-1} - M_n}{l_n} + \frac{-M_n + M_{n+1}}{l_{n+1}};$$

წინანდელი  $A'_n$  რეაქციის მიმატებით მივიღებთ სრულ რეაქციას:

$$A_n = A'_n + \frac{M_{n-1} - M_n}{l_n} + \frac{-M_n + M_{n+1}}{l_{n+1}} \quad (70)$$

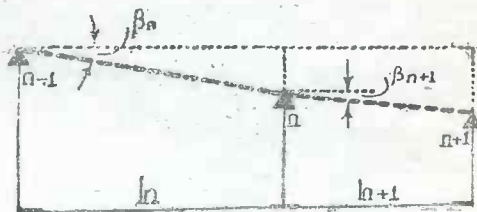
საერთო უწყვეტობის განტოლება შეიძლება ავრთვე გამოვიყენოთ იმ შემთხვევებისათვისაც, როცა სწორი განლაგებით საყრდენები ერთ დონეზეა.

$$\theta = \frac{M_n l_n}{3EJ_s} + \frac{M_{n-1} l_n}{l_n E J_s} + \frac{F_n a_n}{l_n E J_s} - \beta_n;$$

$n+1$  მალისათვის:

$$\theta' = \frac{F_{n+1} b_{n+1}}{l_{n+1} E J_z} + \frac{M_n l_{n+1}}{3 E J_z} + \frac{M_{n+1} l_{n+1}}{6 E J_z} + \beta_{n+1}$$

$$M_{n-1} l + 2M_n(l_n + l_{n+1}) + M_{n+1} l_{n+1} = - \frac{6F_n a_n}{l_n} - \frac{6F_{n+1} b_{n+1}}{l_{n+1}} - 6E J_z (\beta_{n-1} - \beta_n) \quad (71)$$



ნახ. 43.

თუ  $h_{n+1}$  და  $h_{n-1}$  ავლიშნავთ  $n+1$  და  $n-1$  საყრდენთა ნიშნულებს რაიმე ჰორიზონტული ხაზის მიმართ, მაშინ გვექნება:

$$\beta_n = \frac{h_{n-1} - h_n}{l_n}; \quad \beta_{n+1} = \frac{h_n - h_{n+1}}{l_{n+1}} \quad \dots \quad (72)$$

ამ გამოსახვის (71) განტოლებაში ჩასმით სრულიად ადვილად მოენახავთ საყრდენ მომენტებს; რომელიც წარმოიშვენ საყრდენების არა ერთ ღონეზე მდებარეობით.

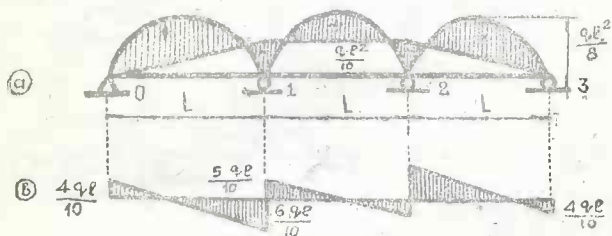
ზემოთ ნაჩვენებია, რომ უკუი კოჭის სიხისტე ღუნვაზე რჩება მუდმივი მის სიგრძეზე. აღნიშნული მეთოდი შეგვიძლია გამოვიყენოთ იმ შემთხვევისათვისაც კი როდეს

საც საქმე გვაქვს ცვალებადი კვეთის უჭრ კოჭებთან, მლუნავი მომენტთა ეპიურების უბრალო სახეცვლის გზით.

საყრდენი მლუნავი მომენტთა განსაზღვრისათვის (უჭრი კოჭებზეა ლაპარაკი) იხმარება აგრეთვე გრაფიული მეთოდი.

ეს მეთოდი დამუშავებულია პირველყოვლისა მორის მიერ (O. Mohr).

8. თანაბრად განრიგებული დატვირთვა მრავალ მალიან კოჭის მალეებზე



ნახ. 44.

უბრალო კოჭის თანაბრად განრიგებული დატვირთვის დროს მაქსიმალური მლუნავი მომენტის ეპიურის ორდინატი

$$\frac{ql_n^2}{8};$$

პარალელური სეგმენტის ფართობი

$$F_n = \frac{2}{3} l_n \frac{ql_n^2}{8} = \frac{ql_n^3}{12}.$$

სიმძიმის ცენტრი იმყოფება მალის შუაში და, ამიტომ

$$a_n = b_n = \frac{l_n}{2};$$

სამ მომენტთა განტოლებაში ჩასმით ვღებულობთ:

$$M_{n-1}l_n + 2M_n(l_n + l_{n+1}) + M_{n+1}l_{n+1} =$$

$$\frac{ql_0^3}{4} = \frac{ql_{n+1}^3}{4}$$

ამ განტოლების გამოყენებით ჩვენი შემთხვევის პირველი და მეორე მაგალითებისათვის, შევამჩნევთ, რომ  $O$  საყრდენზე მდუნავი მომენტი ნულის ტოლია. მივიღებთ:

$$\boxed{4 M_1 l + M_2 l = \frac{ql^3}{2}} \dots \dots \dots (73)$$

სიმეტრიის გამო

$$M_1 = M_2;$$

მაშინ მე-(73)-ე განტოლებიდან გვაქვს  $O$  საყრდენის რეაქცია

$$A_0 = \frac{ql}{2} - \frac{ql^2}{10} \cdot \frac{1}{l} = \frac{4}{10}ql; \quad M_1 = -\frac{ql^2}{10}$$

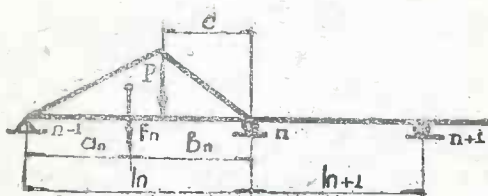
1 საყრდენის რეაქცია

$$A_1 = ql + \frac{ql^2}{10} \cdot \frac{1}{l} = \frac{11}{10}ql.$$

ცხადია უდიდესი მომენტი იქნება  $4/10$   $l$ -ის მანძილზე კოჭის ბოლოებიდან, სადაც გადამჭრელი ძალა ნულია. აბსოლუტური სიდიდით უდიდესი მღუნავი მომენტი შუა მალეების საყრდენი მომენტია.

### 9. მაგალითი

შევადგინოთ გამოთქმა სამ მომენტთა განტოლების მარჯვენა ნაწილისათვის, როდესაც  $n$  მალზეა შეყურ-



ნახ. 45.

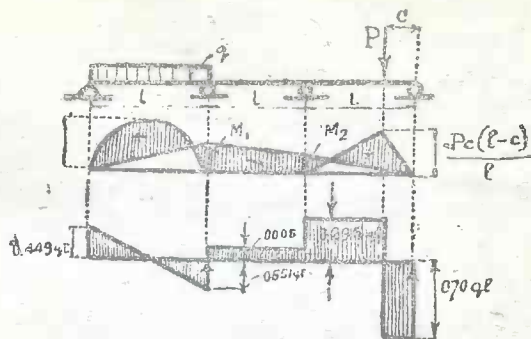
სული ტვირთი და მალი  $n+1$  არაფრით არ არის დატვირთული.

$$F_n = \frac{Pc(l_n - c)}{2}; \quad a_n = l_n - b_n = l_n - \frac{l_n + c}{3}.$$

სამ მომენტთა განტოლებაში ჩასმით ვღებულობთ:

$$\begin{aligned} M_{n-1} l_n + 2 M_n (l_n + l_{n+1}) + M_{n+1} l_{n+1} &= \\ &= \frac{Pc(l_n - c)(2l_n - c)}{l_n} \end{aligned}$$

10. მაგალითი  
მარჯვენა მალის ფიქტიური დატვირთვა ამ შემ-



ნახ. 46.

თხვევაში ტოლია  $F_1 = \frac{ql^3}{12}$ ; მეორე მალისათვის  $F_2 = 0$ ;  
მესამესათვის

$$F_3 = \frac{P_0(l-c)}{2}; \quad a_2 = \frac{2l-c}{3}; \quad b_3 = \frac{l+c}{3}.$$

მღუნავი მომენტების  $M_1$  და  $M_2$  განსაზღვრისათვის  
ვწერთ სამ მომენტთა განტოლებას

$$4M_1l + M_2l = -\frac{ql^3}{4}; \quad M_1l + 4M_2l = \frac{Pc(l^2 - c^2)}{l};$$

საიდანაც:

$$M_1 = -\frac{49}{960}ql^2 \text{ და } M_2 = \frac{44}{960}ql^2.$$

გადამკრელ ძალთა ეპიურა რომ ავაგოთ მოძებნი-  
ლი უნდა იქნას საყრდენთა რეაქციები (ცალკეულ მალე-  
ბისა).

0 და 1 საყრდენზე წნევა ტოლი იქნება:

$$-\frac{ql}{2} + \frac{M_1}{l} = 0,419 ql; \quad \frac{ql}{2} - \frac{M_1}{l} = 0,551 ql.$$

1 და 2 საყრდენებზე წნევა იქნება

$$\frac{-M_2 + M_2}{l} = 0,005 ql; \quad \frac{-M_2 + M_1}{l} = 0,005 ql.$$

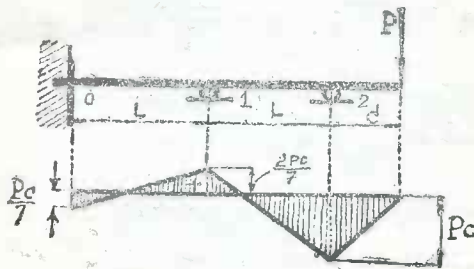
2 და 3, საყრდენებზე (მესამე მალი) წნევა იქნება:

$$\frac{P_c}{l} - \frac{M_2}{l} = 0,296 ql \text{ და}$$

$$\frac{P(l-c)}{l} + \frac{M_2}{l} = 0,704 ql.$$

### 11. მაგალითი

აეგოთ მღუნავ მომენტთა ეპიურა როგორც ნაჩვენებია 47 ნახაზზე.



ნახ. 47.

ამ შემთხვევისათვის სამ მომენტთა განტოლება მიიღებს სახეს

$M_0 l + 4 M_1 l + M_2 l = 0$ ; აქ  $M_2 = -P_c$ , იმ დროს როდესაც 0 საყრდენისათვის გვაქვს:

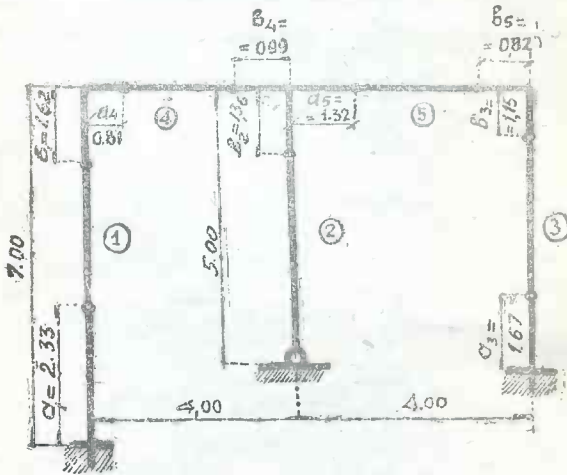
$$\frac{M_0 l}{3 EJ_c} + \frac{M_1 l}{6 EJ_c} = 0.$$

ამ განტოლებებიდან ვღებულობთ

$$M_0 = -\frac{1}{7} P_c; \quad M_1 = +\frac{2}{7} P_c; \quad M_2 = -P_c$$

და ამის შემდეგ ვაგებთ მღუნავ მომენტთა ეპიურას.

#### IV. ჩარჩოვში ჩარჩოვის ანგარიში ფოკუსების მეთოდით



(ნახ. 48.

1. ფოკუსების განსაზღვრა

$$a_1 = \frac{l}{3} = \frac{7}{3} = 2,33; \quad a_2 = 0; \quad a_3 = \frac{l}{3} = \frac{5}{3} = 1,67.$$

$$\beta_1 = \frac{l}{6 EJ} = \frac{7}{6 EJ} = \frac{0,86}{EJ} \quad \frac{7}{6} = 1,1667 \approx 1,17$$

$$\beta_2 = \frac{5}{6 EJ}; \quad \beta_3 = \frac{0,84}{EJ};$$



$$\beta_4 = \frac{4}{6 EJ} = \frac{0,67}{EJ}; \quad \beta_5 = \frac{0,67}{EJ};$$

$$a = \frac{l}{3 + \frac{\varepsilon}{\beta}} \dots \dots \dots (74)$$

$$\tau_{n+1} = \beta_n \left( 2 - \frac{a_n}{l_n - a_n} \right) \dots \dots \dots (75)$$

აქ  $\tau$  — აღვნიშნავთ ღეროს მობრუნების კუთხეს.

$$\tau_{4-1} = \frac{0,86}{EJ} \left( 2 - \frac{2,33}{4,67} \right) = \frac{1,30}{EJ};$$

$$a_4 = \frac{4}{3 + \frac{1,30}{0,67}} = 0,81;$$

$$\tau_{5-2} = \frac{0,84}{EJ} (2 - 0) = \frac{1,68}{EJ};$$

$$\tau_{5-4} = \frac{0,67}{EJ} \left( 2 - \frac{0,81}{3,19} \right) = \frac{1,17}{EJ};$$

$$a_5 = \frac{4}{3 + \frac{0,69}{0,67}} = 1,32; \quad \tau_{3-5} = \frac{0,67}{EJ} \left( 2 - \frac{1,32}{2,68} \right) = \frac{1,12}{EJ};$$

$$b_3 = \frac{5}{3 + \frac{1,12}{0,84}} = 1,15; \quad \tau_{5-3} = \frac{0,84}{EJ} \left( 2 - \frac{1,67}{3,34} \right) = \frac{1,26}{EJ};$$

$$b_5 = \frac{4}{3 + \frac{1,26}{0,67}} = 0,82$$

$$b_4 = \frac{l_4}{3 + \frac{\tau_{4-2,5}}{\beta_4}}$$

$$\tau_{4-2,5} = \frac{\tau_{4,2} \cdot \tau_{4,5}}{\tau_{4,2} + \tau_{4,5}}; \quad \tau_{4,2} = \frac{0,84}{EJ} (2-0) = \frac{1,68}{EJ};$$

$$\tau_{4,5} = \frac{0,67}{EJ} \left( 2 - \frac{0,82}{3,18} \right) = \frac{1,17}{EJ};$$

$$\tau_{4-2,5} = \frac{\frac{1,68}{EJ} \cdot \frac{1,17}{EJ}}{\frac{1,68}{EJ} + \frac{1,17}{EJ}} = \frac{0,69}{EJ};$$

$$b_4 = \frac{4}{3 + \frac{0,69}{0,61}} = 0,99; \quad b_2 = \frac{l_2}{3 + \frac{\tau_{2-4,5}}{\beta_2}}$$

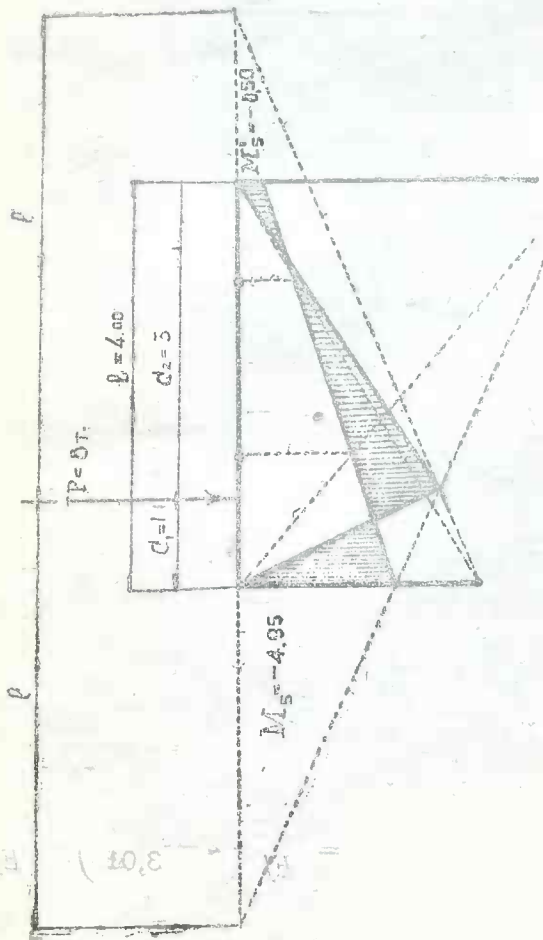
$$\tau_{2-4,5} = \frac{\tau_{2-4} \cdot \tau_{2-5}}{\tau_{2-4} + \tau_{2-5}}; \quad \tau_{2-4} = \frac{0,67}{EJ} \left( 2 - \frac{0,81}{3,19} \right) = \frac{1,17}{EJ};$$

$$\tau_{2-4,5} = \frac{\frac{1,17}{EJ} \cdot \frac{1,17}{EJ}}{\frac{1,17}{EJ} + \frac{1,17}{EJ}} = \frac{0,58}{EJ}; \quad b_2 = \frac{5}{3 + \frac{0,58}{0,84}} = 1,36;$$

$$b_1 = \frac{l}{3 + \frac{\tau_{1-4}}{\beta_1}}; \quad \tau_{1-4} = \frac{0,67}{EJ} \left( 2 - \frac{0,99}{3,01} \right) = \frac{1,12}{EJ};$$

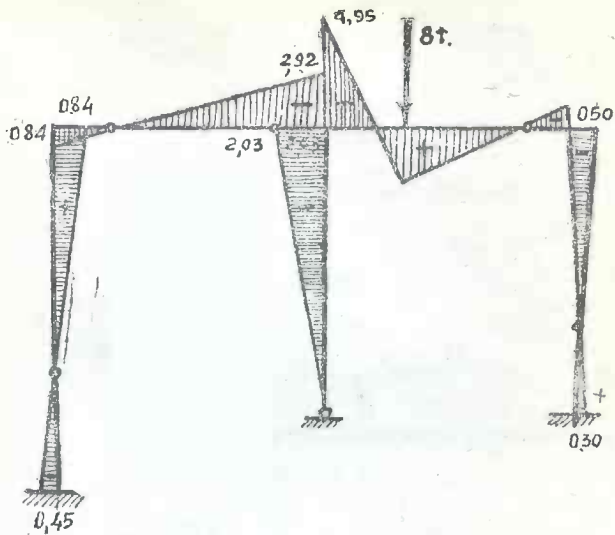
$$b_1 = \frac{7}{3} = \frac{1,12}{0,86} = 1,62$$

2. მუხნავ მომენტთა ეპიურის აგება და-  
ტვირთული მარისათვის ფოკუსების  
მეთოდით.

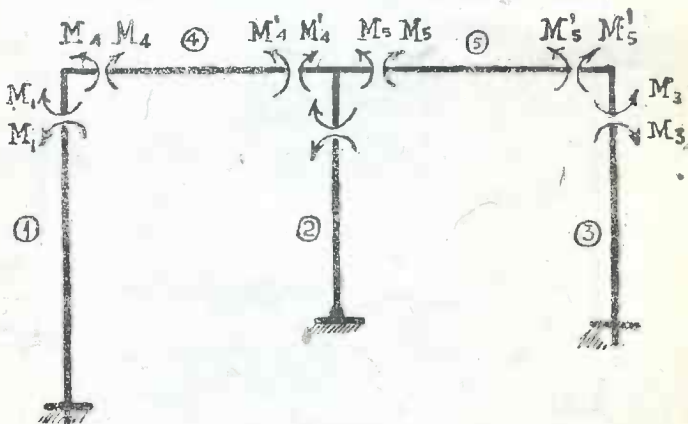


ნახ. 49.

3. მღუნავ მომენტთა ეპიურა



ნახ. 50.



ნახ. 51.

$$M_5 = M'_4 + M_2;$$

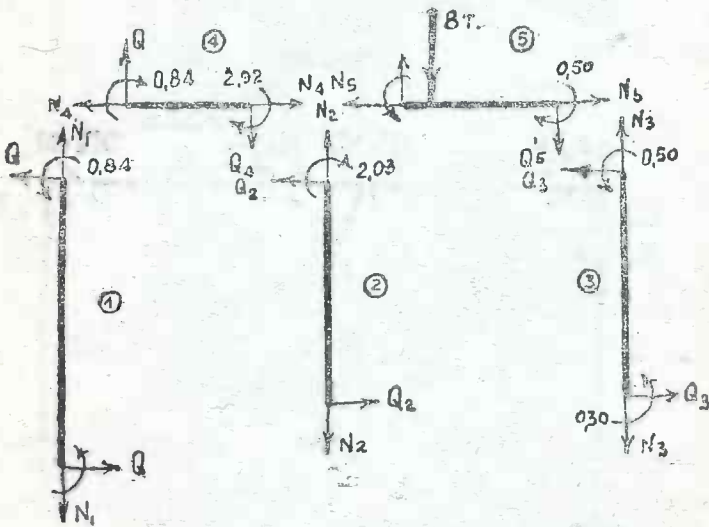
$$M'_4 = \frac{\tau_{5-4} \cdot 2}{\tau_{5-4}} M_5 \dots \dots \dots (ფ)$$

$$M_2 = \frac{\tau_{5-4} \cdot 2}{\tau_{5-2}} M_5 \dots \dots \dots (ფ')$$

$$M'_4 = -\frac{0,69}{1,17} 4,95 = -2,92$$

$$M_2 = -\frac{0,69}{1,68} 4,95 = -2,03$$

4. გრძივი და განივი ძალების განსაზღვრა.



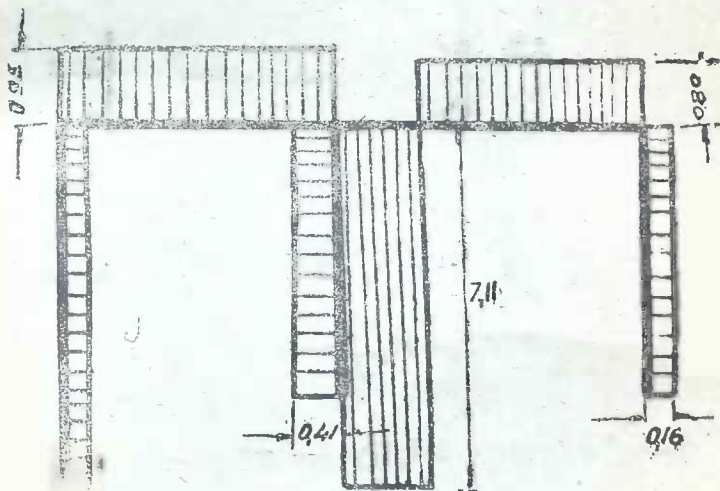
სახ. 52.

$$Q_1 = -\frac{0,84+0,45}{7} = -0,18 \text{ m}; Q_2 = \frac{2,03}{5} = 0,41 \text{ m.}$$

$$Q_3 = -\frac{0,50+0,30}{5} = -0,16 \text{ m}; Q_4 = -\frac{0,84+2,92}{4} = -0,94 \text{ m.}$$

$$Q_5 = \frac{8,3+4,95-0,50}{4} = 7,11 \text{ m. } Q'_5 = 7,11 - 8 = -0,89 \text{ m.}$$

5. გადამჭრელ ძალთა ეპიურა



ნახ. 53.

გრძივი ძალები.

$$N_1 = -Q_4 = 0,94 \text{ T (რატ. გაჭიმ.)}$$

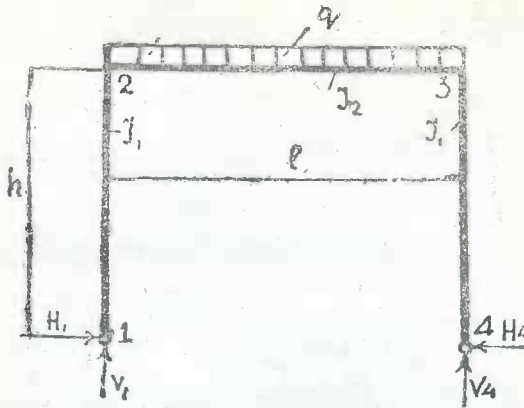
$$N_2 = Q_4 - Q'_5 = 0,94 - 7,11 = -8,05 \text{ T. (შეკუმ.)}$$

$$N_3 = Q'_5 = -0,89 \text{ T. (შეკუმ.)}$$

$$N_4 = -Q_1 = 0,18 \text{ T. (გაჭიმ.)}$$

$$N_5 = Q_3 = -0,16 \text{ T. (შეკუმ.)}$$

5. ორ სახსრიანი ჩარჩო სწორხაზოვანი რიგელობით



ნ.ბ. 54.

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{2}; \quad V_1 = V_4 = \frac{ql}{2}; \quad H_1 = H_4 = \frac{ql^2}{4h(2k+3)}$$

$$M_{2-3} = M_{3-2} = -\frac{ql^2}{4(2k+2)};$$

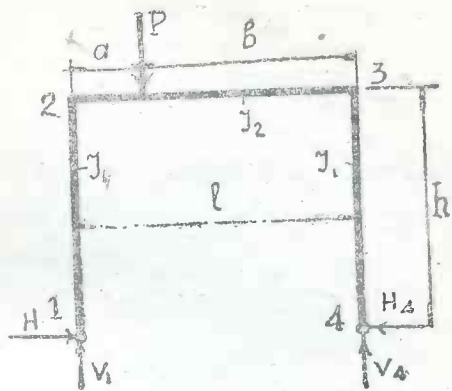
უდიდესი მღუზავი მომენტები  $\frac{l}{2}$  დროს იქნება:

$$\boxed{+M_{max} = + \frac{2k+1}{2k+3} \cdot \frac{ql^2}{8}} \quad \dots \quad (76)$$

$$V_1 = \frac{Pb}{l}; \quad V_4 = \frac{Pa}{l}; \quad H_1 = H_4 = \frac{3}{2} \cdot \frac{Pab}{hl(2k+3)};$$

$$M_{2-3} = M_{3-2} = -\frac{3}{2} \cdot \frac{Pab}{(2k+3)l};$$

$$M_{max} = + \frac{4k+3}{2k+3} \cdot \frac{Pab}{l} \dots \dots (77)$$

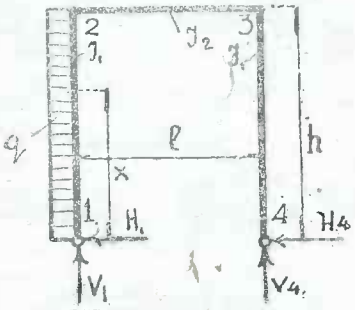


55b. 55.

6m30

$$a = b; V_1 = V_4 = \frac{P}{2};$$

$$H_1 = H_4 = \frac{3}{8} \frac{Pl}{h(2k+5)}; M_{2-3} = M_{3-2} = \frac{3}{8} \cdot \frac{Pl}{2k+3}$$



55b. 56.



$$-V_1 = V_4 = \frac{qh^2}{2l}; \quad H_1 = \frac{11k+18}{2k+3} \cdot \frac{qh}{8}; \quad H_4 = qh - H_1$$

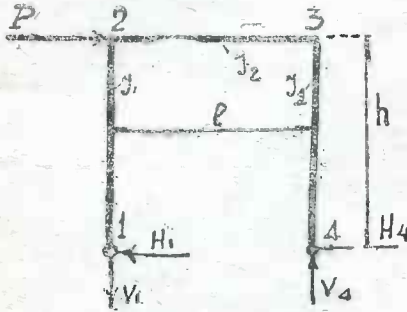
$$M_{2-3} = +\frac{3}{8} qh^2 \cdot \frac{k+2}{2k+3};$$

$$M_{3-2} = -\frac{qh^2}{8} \cdot \frac{5k+6}{2k+3};$$

უდიდესი მღუნავი მომენტი ღერო 1—2-ში იმყოფება  $x$ —მანძილზე 1-ლი შარნირიდან (სახსრიდან)

$$x = \frac{h}{8} \cdot \frac{11k+18}{2k+3},$$

$$M_{max} = \frac{qh^2}{128} \left( \frac{11k+18}{2k+3} \right)^2 \dots \dots \dots (78)$$

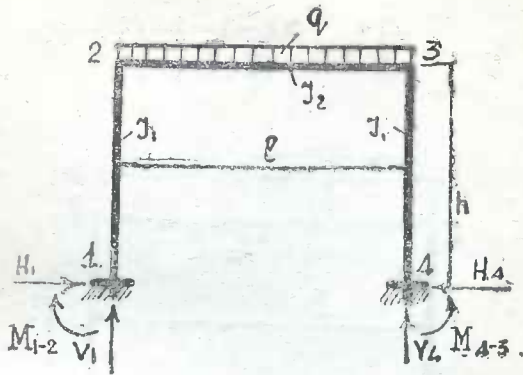


ნახ. 57.

$$-V_1 = V_4 = \frac{Ph}{l}; \quad H_1 = H_4 = \frac{P}{2}$$

$$M_{2-3} = -M_{3-2} = \frac{P}{2} \cdot h;$$

6. ერთ მალიანი ჩარჩო ჩამაგრებული ქუს-  
ლებით და ჰორიზონტული რიგელით



ნახ. 58.

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}; \quad V_1 = V_4 = \frac{ql}{2};$$

$$H_1 = H_4 = \frac{ql^2}{4h(2+k)}; \quad M_{1-2} = M_{4-3} = + \frac{ql^2}{12(2+k)};$$

$$M_{2-3} = M_{3-2} = - \frac{ql^2}{6(2+k)};$$

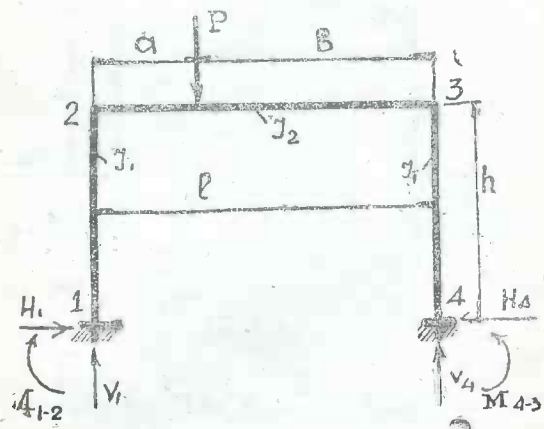
უდიდესი მღუნავი მომენტი არის მაღის შუაში და უდ-  
რის

$$M_{max} = \frac{ql^2}{24} \cdot \frac{2+3k}{2+k} \dots \dots \dots (79)$$

$$\delta = \frac{a}{l}; \quad V_1 = \frac{Pb}{l} \cdot \frac{1+\delta+2\delta^2+6k}{1+6k};$$

$$V_4 = \frac{Pa}{l} \cdot \frac{3\delta - 2\delta^2 + 6k}{1+6k}; \quad H_1 = H_4 = \frac{3Pab}{2hl(2+k)}$$

$$M_{1-2} = \frac{Pab}{2l} \cdot \frac{5k - 1 - 2\delta(2+k)}{(2+k)(1+6k)};$$



ნახ. 59.

$$M_{4-3} = \frac{Pab}{2l} \cdot \frac{3+7k-2\delta(2+k)}{2l(2+k)(1+6k)};$$

$$M_{2-3} = M_{1-2} - H_1 h; \quad M_{3-2} = M_{4-3} - H_4 \cdot h;$$

მღუნავი მომენტები  $P$  ტყირთის ქვეშ;

$$M_p = M_{1-2} - Hh + V_1 a$$

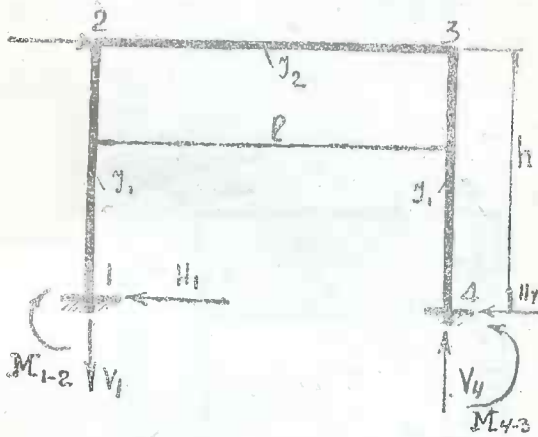
როცა

$$a=b=\frac{l}{2}; \quad V_1 = V_4 = \frac{P}{2}; \quad H_1 = H_4 = \frac{3Pl}{8h(2+k)},$$

$$M_{1-2} = M_{4-3} = -\frac{Pl}{4(2+k)} = -2H\frac{h}{3};$$

$$M_{2-3} = M_{3-2} = -\frac{Pl}{4(2+k)} = -2H \frac{h}{3};$$

$$M_p = \frac{Pl}{4} + M_{4-3} = \frac{Pl}{4} \cdot \frac{1+k}{2+k};$$



656. 60.

$$-V_1 = V_4 = \frac{qh^2k}{k(1+6k)}; \quad H_4 = \frac{qh}{8} \cdot \frac{3+2k}{2+k};$$

$$H_1 = qh - H_4;$$

$$M_{1-2} = -\frac{qh^2}{24} \left( 12 \cdot \frac{9+5k}{2+k} - \frac{12k}{1+6k} \right);$$

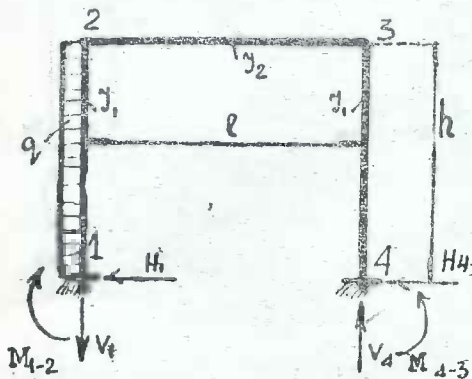
$$M_{4-3} = +\frac{qh^2}{24} \left( \frac{9+5k}{2+k} - \frac{12k}{1+6k} \right);$$

$$M_{2-3} = M_{4-3} - H_4 h.$$

$$-V_1 = V_4 = \frac{3Phk}{l(1+6k)} = V;$$

$$H_1 = H_4 = \frac{P}{2};$$

$$M_{1-2} = -\frac{Ph}{2} \cdot \frac{1+3k}{1+6k};$$



53b. 60'.

$$M_{4-3} = +\frac{Ph}{2} \cdot \frac{1+3k}{1+6k}$$

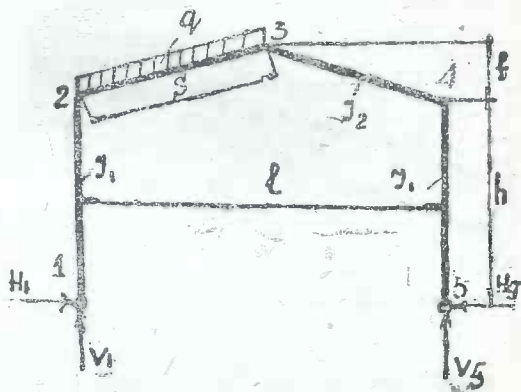
$$M_{2-3} = +\frac{Ph}{2} \cdot \frac{3k}{1+6k} = +V \frac{l}{2}$$

$$M_{3-2} = -\frac{Ph}{2} \cdot \frac{3k}{1+6k} = -V \frac{l}{2}$$

7. ორსახსრიანი ჩარჩო ზემოდ ტეხილი რიგელით

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

I. შვეული თანაბრად განრიგებული დატვირთვა ნახევარ რგოლზე



ნახ. 61.

$$V_1 = \frac{3ql}{8}; \quad V_5 = \frac{ql}{8};$$

$$H_1 = H_5 = \frac{ql^2}{64} \cdot \frac{8h + 5f}{h^2(3+k) + f(3h+f)}$$

$$M_{2-3} = M_{4-3} = -Hh; \quad M_{3-2} = M_{3-4} = V_5 \cdot l/2 - H(h+f)$$

დატვირთვა მთელ რიგელზე

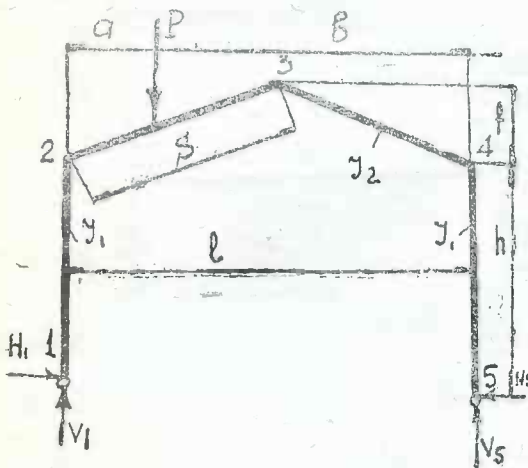
$$V_1 = V_5 = \frac{ql}{2}$$

$$H_1 = H_5 = \frac{ql^2}{32} \cdot \frac{8h + 5f}{h^2(3+k) + f(3h+f)};$$

$$M_{2-3} = M_{4-3} = -Hh;$$

$$M_{3-2} = M_{3-4} = \frac{ql^2}{8} - H(h+f)$$

II. შებენიანი ტვირთის რიგგეგმა



ნახ. 62.

$$V_1 = \frac{Pb}{l}; \quad V_5 = \frac{Pa}{l};$$

$$H_1 = H_5 = \frac{Pa}{4l^2} \cdot \frac{6blh + f(3l^2 - 4a^2)}{h^2(3+k) + f(3h+f)};$$

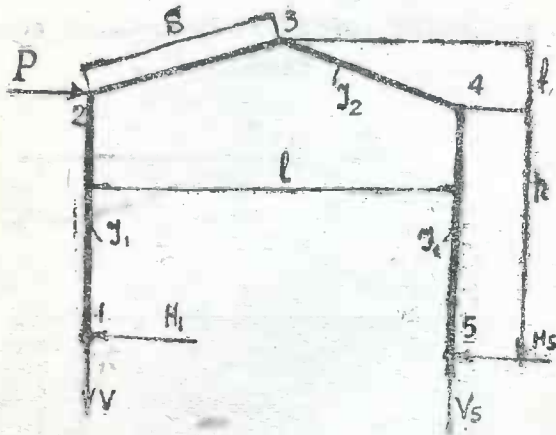
$$M_{2-3} = M_{4-3} = -Hh;$$





$$M_{3-2} = M_{3-4} = \frac{qh^2}{4} - H_5(h+f).$$

IV. გვერდითი შეფუბსული დატვირთვა № 2 კანაქში



ნახ. 64.

$$-V_1 = V_5 = \frac{Ph}{l};$$

$$H_5 = \frac{Ph}{4} \cdot \frac{2hk + 3(2h+f)}{h^2(3+k) + f(3h+f)};$$

$$H_1 = P - H_5; \quad M_{2-3} = H_1 h; \quad M_{4-3} = -H_5 h;$$

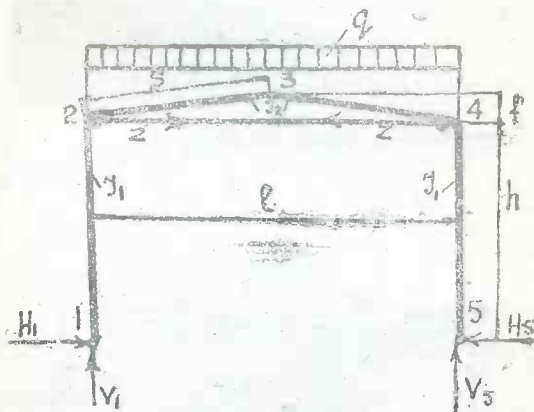
$$M_{3-2} = M_{3-4} = \frac{Ph}{2} - H_5(h+f);$$

8. ორსახსროვანი ჩარჩო ტეხილი რიგელით და საჭერით, რომელიც მოთავსებულია კვანძებში 2 და 4

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s};$$

$$m = \frac{EJ_2}{E_s F_s};$$

$$Z = \frac{1}{1 + \frac{3ml}{2f2s}}$$



ნახ. 65.

1. თანაბრად განრიგებული დატვირთვა მთელ რიგელზე

იხ. ნახ. 65.

$$V_1 = V_5 = \frac{ql}{2};$$

$$H_1 = H_5 = \frac{ql^2}{16} \cdot \frac{h(16 - 15Z) + 10(1 - Z)f}{h^2(4k + 12 - 9Z) + 4f(3h + f)(1 - Z)}$$

ძალეა საჭერში

7. ა. მ. ჯანგიძე

$$Z = Z_0 - ZaH;$$

$$Z_0 = \frac{5ql^2}{32f} Z;$$

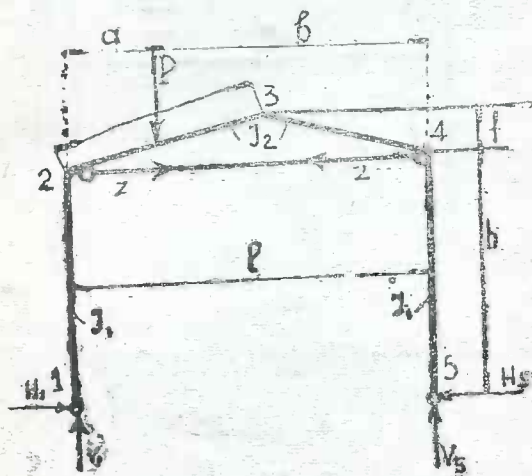
$$Za = \left( \frac{3h}{2f} + 1 \right) Z;$$

საჭერის უსასრულო სიხისტის დროს  $Z = 1$

$$H_1 = H_5 = \frac{ql^2}{16h(4k+3)};$$

$$Z = \frac{ql^2(10hk+6h-f)}{16fh(4k+3)}.$$

II. შეყურსული ტვირთი როგელზე



ნახ. 66.

$$V_1 = \frac{Pb}{l}; \quad V_5 = Pa; \quad \alpha = \frac{a}{l};$$

$$H_1 = H_3 = \frac{Pa}{2}$$

$$\frac{3h[4(1-\alpha) - Z(3-4\alpha^2)] + 2f(3-4\alpha^2)(1-Z)}{h^2(4k+12-9\alpha) + 4f(3h+f)(1-Z)}$$

ძალვა სპერში

$$Z = \frac{P}{2} \cdot Z_0 - Z_0 \cdot f;$$

$$Z_0 = \frac{a(3-4\alpha^2)}{2f} \cdot Z;$$

$$Za = \left( \frac{3h}{2f} + 1 \right) Z;$$

როდესაც

$$Z = 1$$

შაშინ

$$H_1 = H_3 = \frac{P}{2} \cdot \frac{3a(2\alpha-1)^2}{h(4k+3)};$$

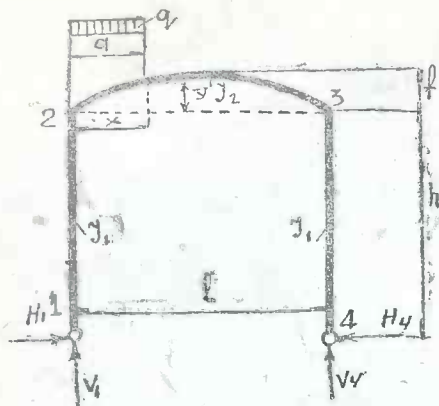
$$Z_0 = \frac{a(3-4\alpha^2)}{2f}$$

$$Za = \left( \frac{3h}{2f} + 1 \right) Z$$

9. ორსახსროვანი ჩარჩო პარაბოლური რიგელებით

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}; \quad y = \frac{Hf}{l^2} x(l-x);$$

I. ცალმხრივი თანაბრად განრიგებული დატვირთვა რიგელის ნაწილზე.



ნახ. 67.

$$V_1 = \frac{qa \left( l - \frac{a}{2} \right)}{l};$$

$$V_4 = \frac{qa^2}{2l};$$

$$H_1 = H_4 = \frac{qa^2}{4l^3}.$$

$$\frac{5hl^2(3l-2a) + 10fl(l^2 - a^2) + 4fa^3}{5h^2(2k+3) + 4f(5h+2f)}$$

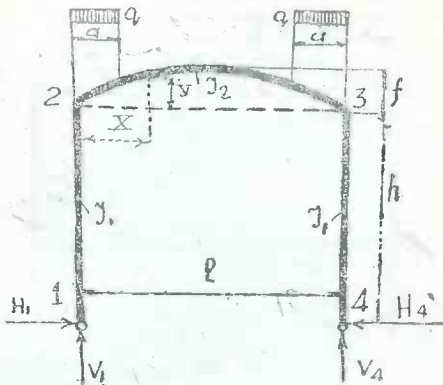
$$M_{2-3} = M_{3-2} = Hh$$

მლუნავი მომენტი „ა“ მანძილის საზღვრებში:

$$M_x = -H(h+y) + M_0$$

მლუნავი მომენტი 2—3 კოჭის ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე.

II. სიმეტრიული დატვირთვა (თანაბრად განაწილებული) რიგელის ნაწილზე.



ნახ. 68.

$$V_1 = V_4 = qa; \quad H_1 = H_4;$$

$$H_1 = H_4 = \frac{qa^2}{2l^3}$$

$$\frac{5hl^2(3l-2a) + 10fl(l^2-a^2) + 4fa^3}{5h^2(2k+3) + 3f(5h+2f)};$$

$$M_{2-3} = M_{3-2} = -Hh;$$

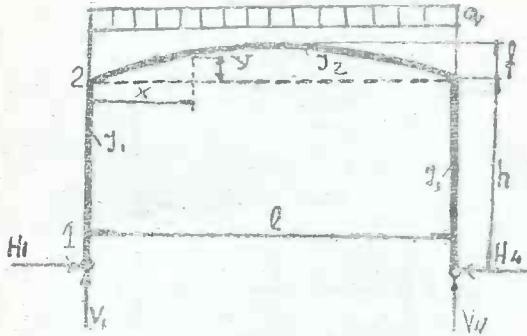
$$M_x = M_0 - H(h+y)$$

III. თანაბრად განრიგებული დატვირთვა მთელ რიგელზე.

$$V_1 = V_4 = \frac{ql}{2};$$

$$H_1 = H_3;$$

$$H_1 = H_3 = \frac{ql^2}{4} \cdot \frac{5h+4f}{5h^2(2k+3)+4f(5h+2f)}$$



ნახ. 69.

$$M_{2-3} = M_{3-2} = -Hh;$$

$$M_{max} = + \frac{ql^2}{8} - (h+f)$$

IV. შეყურსული ტვირთი რიგელზე

$$V_1 = \frac{pb}{l};$$

$$V_4 = \frac{pa}{l};$$

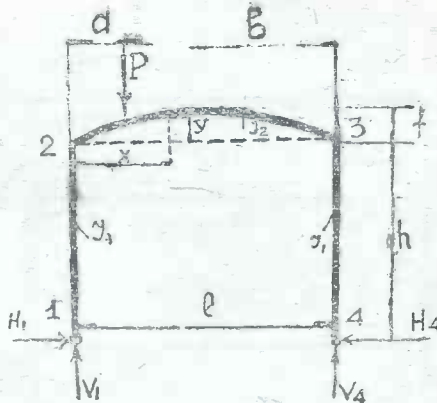
$$H_1 = H_4 = \frac{5Pab}{2l^3} \cdot \frac{3hl^2 + 2f(ab+l^2)}{5h^2(2k+3) + 4f(5h+2f)}$$

$$M_{2-3} = M_{3-2} = -Hh;$$

$$M_x = M_0 - H(h+y)$$

სადაც:

$M_0$ —მლუნავი მომენტი 2—3 კოქისათვის თავისუფლად  
 ორ საყრდენზე მდებარე როცა



ნახ. 70.

$$a = b = \frac{l}{2};$$

$$H_1 = H_4 = \frac{5Pl}{16} \cdot \frac{6h + 5f}{5h^2(2k + 3) + 4f(5h + 2f)};$$

10. ორ სახსროვანი ზარჩო პარაბოლურ  
 რიგელით და საჭერით კვანძებში

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l};$$

თანაბრად განრიგებული დატვირთვა მთელ რიგელზე

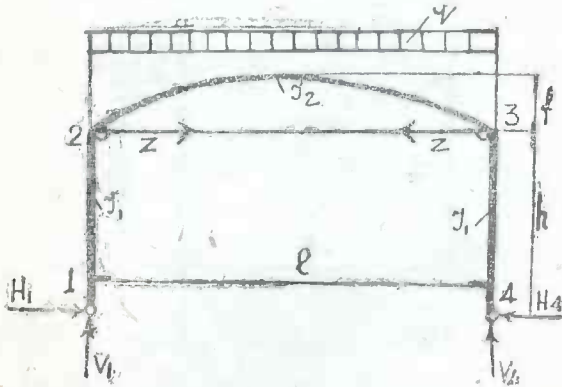
იხ. ნახ. 71.



$$V_1 = V_4 = \frac{ql}{2};$$

ძალვა საჭერში

$$Z = \frac{ql^2}{8f} \cdot \frac{1}{1+\mu};$$



ნახ. 71.

$$\mu = \frac{EJ_2}{f^2 E_s F_s} \cdot \frac{15}{2(2\beta - 5\alpha h)};$$

$$\alpha = \frac{5h + 4f}{5h^2(2k + 3) + 4f(5h + 2f)};$$

$$\beta = 1 - 2f\alpha$$

$$H_1 = H_4 = \frac{ql^2}{4} \cdot \alpha \cdot \frac{1}{1+\chi}; \quad Z = \frac{1}{\mu};$$

როდესაც:

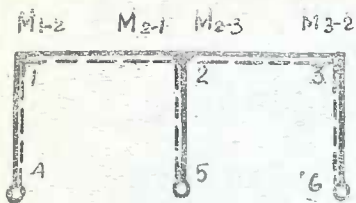
$$\Sigma Z = \infty; \quad \mu = 0; \quad Z = \infty; \quad Z = \frac{ql^2}{8f};$$

$$H = 0.$$

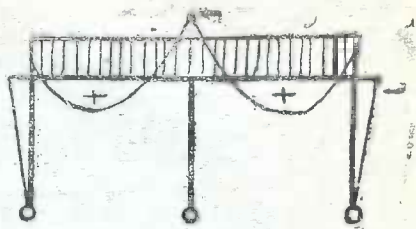
11. ცხრილიანი ჩანაწომებისათვის

$K = \frac{J_3}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$	0,38	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0	1,25	1,5	
5ახ. № 73	$M_{1-2} =$	0,0579	0,0544	0,0500	0,0463	0,0417	0,0357	0,0313	0,0278
	$M_{2-1} =$	0961	0978	1000	1019	1042	1071	1094	1111
5ახ. № 74	$M_{1-2} =$	0603	0570	0528	0492	0447	0387	0341	0306
	$M_{2-1} =$	0794	0787	0778	0770	0759	0744	0732	0722
	$M_{2-3} =$	0167	0191	0222	0249	0288	0327	0362	0389
	$M_{2-2} =$	0024	0026	0028	0029	0030	0030	0029	0028
5ახ. № 75	$M_{1-2} =$	1111	1093	1096	1050	1027	0997	0975	0958
	$M_{2-1} =$	1103	1081	1056	1033	1004	0967	0939	0917
	$M_{2-3} =$	1294	1299	1306	1311	1317	1324	1329	1333
	$M_{2-2} =$	1483	1527	1669	1606	1652	1711	1757	1792
5ახ. № 76	$M_{1-3} = -M_{2-3} =$	2707	2738	2778	2813	2857	2917	2963	3000
	$M_{2-1} = -M_{2-3} =$	2293	2262	2222	2183	2143	2085	2037	2000

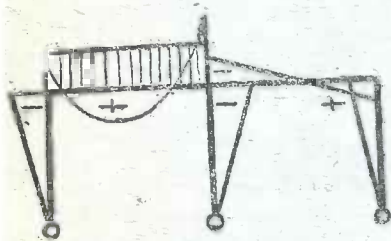
$K = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$		2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	баған- жама
		5-б. № 73	$M_{1-2} =$ $M_{2-1} =$	0,0227 1136	0,0192 1154	0,0166 1167	0,0147 1176	0,0132 1184	
5-б. № 74	$M_{1-2} =$ $M_{2-1} =$ $M_{2-3} =$ $M_{3-2} =$	0252 0707 0429 0026	0215 0696 0458 0023	0188 0688 0479 0021	0167 0681 0495 0019	0149 0675 0509 0017	0124 0667 0528 0015	0106 0662 0542 0014	- K - K - K + K
5-б. № 75	$M_{1-2} =$ $M_{2-1} =$ $M_{2-3} =$ $M_{3-2} =$	0934 0884 1338 1844	0918 0861 1341 1880	0906 0844 1344 1906	0897 0831 1345 1927	0891 0820 1346 1943	0880 0805 1348 1967	0872 0793 1349 1984	+ wh <sup>2</sup> - wh <sup>3</sup> + wh <sup>3</sup> - wh <sup>0</sup>
5-б. № 76	$M_{1-2} = M_{3-2} =$ $M_{2-1} = M_{2-3} =$	3056 1944	3095 1905	3125 1875	3148 1852	3167 1833	3194 1806	3214 1786	+ Wh - Wh



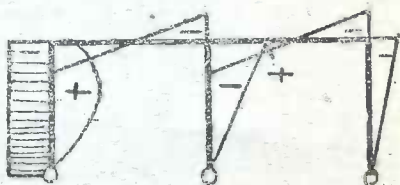
6sb. 72.



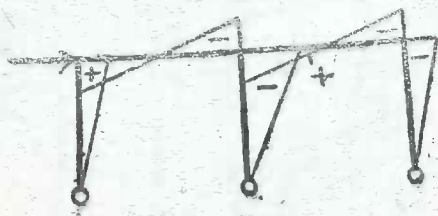
6sb. 73.



6sb. 74.



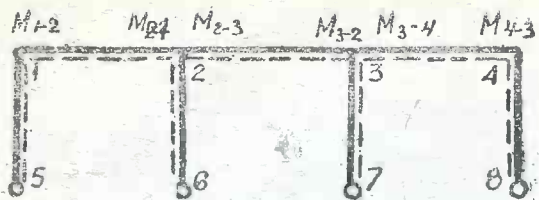
6sb. 75.



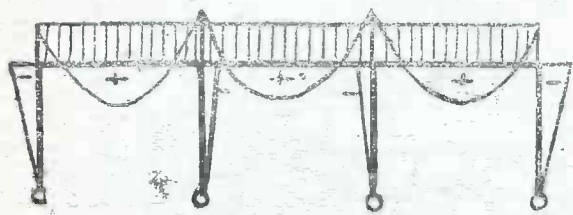
6sb. 76.

$K = \frac{J_2}{f_1} \cdot \frac{h}{l}$		0,33	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0	1,25	1,5
65б. № 78	$M_{1-1} =$	0,0591	0,0557	0,0517	0,0492	0,0438	0,0338	0,0338	0,0303
	$M_{2-1} =$	0,9229	0,938	0,949	0,956	0,965	0,975	0,981	0,985
	$M_{2-3} =$	0,851	0,856	0,862	0,868	0,877	0,890	0,900	0,909
65б. № 79	$M_{1-2} =$	0,669	0,640	0,603	0,570	0,526	0,466	0,418	0,379
	$M_{2-1} =$	0,721	0,707	0,690	0,675	0,658	0,636	0,619	0,606
	$M_{2-3} =$	0,130	0,149	0,172	0,193	0,219	0,254	0,281	0,303
65б. № 80	$M_{1-2} =$	0,078	0,083	0,086	0,088	0,088	0,085	0,080	0,076
	$M_{2-1} =$	0,208	0,231	0,259	0,281	0,307	0,339	0,362	0,379
	$M_{2-3} =$	0,721	0,707	0,690	0,675	0,658	0,636	0,619	0,606
65б. № 81	$M_{2-1} =$	0,986	1,002	1,021	1,036	1,053	1,074	1,089	1,099
	$M_{2-3} =$	0,913	0,927	0,943	0,957	0,976	1,001	1,020	1,036
	$M_{1-2} =$	0,683	0,663	0,638	0,617	0,589	0,554	0,526	0,505
65б. № 82	$M_{2-1} =$	0,761	0,754	0,747	0,741	0,734	0,727	0,723	0,719
	$M_{2-3} =$	0,815	0,814	0,811	0,813	0,814	0,816	0,813	0,821
	$M_{3-2} =$	0,789	0,780	0,773	0,761	0,748	0,732	0,718	0,707
65б. № 83	$M_{3-2} =$	0,905	0,912	0,919	0,925	0,932	0,939	0,943	0,947
	$M_{4-3} =$	1,047	1,077	1,112	1,143	1,181	1,232	1,270	1,301
	$M_{1-2} = -M_{4-3} =$	1,921	1,957	2,000	2,038	2,083	2,143	2,188	2,222
65б. № 83	$M_{2-1} = -M_{5-4} =$	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667
	$M_{2-3} = -M_{8-2} =$	1,412	1,377	1,333	1,296	1,250	1,190	1,146	1,111

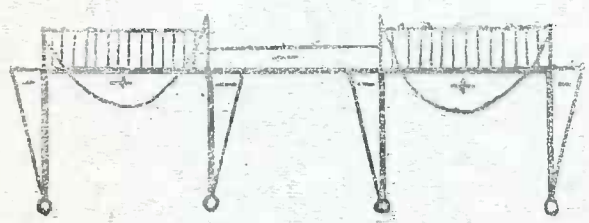
$K = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$		2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	
5сб. № 78	$M_{1-3} =$	0,0252	0,0215	0,0188	0,0167	0,0150	0,0125	0,0107	—
	$M_{2-1} =$	0,990	0,993	0,995	0,996	0,996	0,997	0,998	—
	$M_{3-3} =$	0,923	0,933	0,941	0,947	0,952	0,959	0,965	— K
5сб. № 79	$M_{1-3} =$	0,319	0,275	0,242	0,216	0,195	0,168	0,140	— K
	$M_{2-1} =$	0,587	0,574	0,565	0,557	0,551	0,542	0,536	— K
	$M_{3-3} =$	0,336	0,359	0,376	0,390	0,401	0,417	0,429	— K
5сб. № 80	$M_{1-2} =$	0,067	0,060	0,054	0,049	0,045	0,038	0,033	+ K
	$M_{2-1} =$	0,403	0,419	0,430	0,439	0,445	0,455	0,462	— K
	$M_{3-3} =$	0,587	0,574	0,565	0,557	0,551	0,542	0,536	— K
5сб. № 81	$M_{2-1} =$	1,114	1,123	1,130	1,135	1,138	1,143	1,147	— K
	$M_{3-3} =$	1,058	1,075	1,086	1,095	1,103	1,113	1,121	— K
5сб. № 82	$M_{1-2} =$	0,473	0,449	0,433	0,419	0,409	0,398	0,381	+ wh <sup>3</sup>
	$M_{2-1} =$	0,716	0,713	0,712	0,711	0,711	0,710	0,709	— wh <sup>2</sup>
	$M_{3-3} =$	0,825	0,828	0,831	0,833	0,835	0,838	0,840	+ wh <sup>3</sup>
	$M_{2-2} =$	0,691	0,678	0,669	0,663	0,657	0,648	0,642	— wh <sup>3</sup>
	$M_{3-4} =$	0,950	0,953	0,954	0,955	0,955	0,956	0,956	+ wh <sup>3</sup>
	$M_{3-3} =$	1,345	1,377	1,401	1,419	1,433	1,455	1,471	— wh <sup>3</sup>
5сб. № 83	$M_{1-3} =$	2,273	2,308	2,338	2,353	2,368	2,391	2,407	+ Wh
	$M_{2-1} =$	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	— Wh
	$M_{3-3} =$	1,061	1,026	1,000	0,989	0,965	0,942	0,926	+ Wh



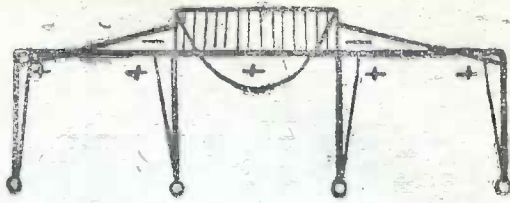
536. 77.



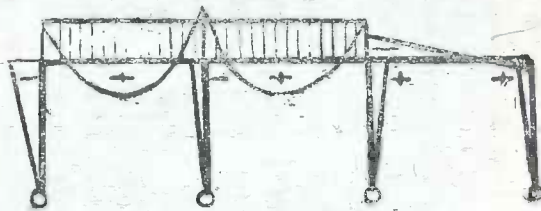
536. 78.



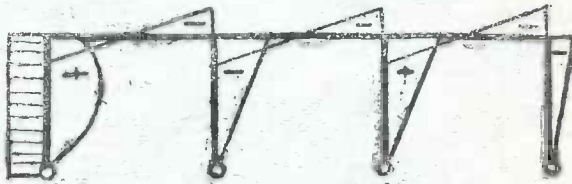
536. 79.



656. 80.



656. 81.

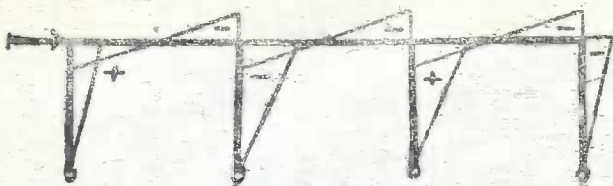


82.

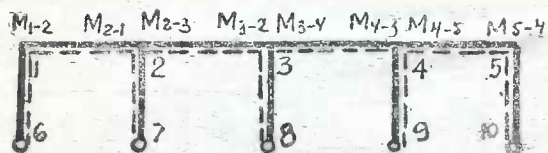


$K = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$		0,33	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0	1,25	1,5
53b. № 85	$M_{1-3} =$	0,0589	0,0536	0,0515	0,0479	0,0435	0,0377	0,0332	0,0298
	$M_{2-1} =$	0,933	0,943	0,956	0,963	0,978	0,993	1,004	1,012
	$M_{2-3} =$	0,864	0,872	0,883	0,892	0,906	0,925	0,940	0,952
	$M_{3-2} =$	0,818	0,814	0,809	0,804	0,797	0,788	0,780	0,774
53b. № 86	$M_{1-2} =$	0,637	0,606	0,567	0,532	0,488	0,427	0,380	0,343
	$M_{3-1} =$	0,749	0,736	0,724	0,708	0,692	0,670	0,654	0,642
	$M_{2-3} =$	0,109	0,129	0,154	0,176	0,205	0,245	0,276	0,302
	$M_{3-2} =$	0,147	0,163	0,183	0,199	0,218	0,242	0,258	0,271
	$M_{3-4} =$	0,671	0,651	0,626	0,605	0,579	0,546	0,522	0,503
	$M_{4-3} =$	0,754	0,743	0,729	0,716	0,701	0,680	0,664	0,650
	$M_{4-5} =$	0,184	0,207	0,235	0,253	0,286	0,323	0,350	0,370
	$M_{5-4} =$	0,048	0,050	0,052	0,053	0,053	0,051	0,048	0,045
53b. № 87	$M_{2-1} =$	0,954	0,970	0,989	1,006	1,026	1,052	1,071	1,086
	$M_{2-3} =$	0,952	0,967	0,989	1,003	1,023	1,043	1,067	1,083
53b. № 88		0,933	0,943	0,956	0,966	0,978	0,993	1,004	1,012

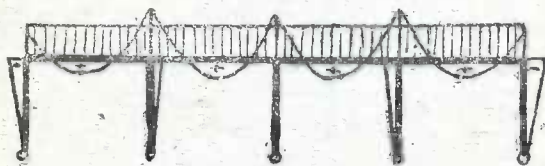
$K = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	საბრა- ვობა
	$M_{1-2} =$ $M_{2-1} =$ $M_{2-3} =$ $M_{3-2} =$	0,0246 1023 0972 0764	0,0210 1031 0985 0757	0,0181 0037 0996 0752	0,0163 1041 1004 0748	0,0146 1044 1011 0745	0,0121 1049 1021 0740	0,0103 1052 1028 0736
5 აბ. № 85 $M_{1-2} =$ $M_{2-1} =$ $M_{2-3} =$ $M_{3-2} =$ $M_{3-3} =$ $M_{3-4} =$ $M_{4-5} =$ $M_{4-6} =$ $M_{4-5} =$ $M_{5-4} =$	0286 0623 0340 0288 0476 0632 0400 0040	0245 0610 0368 0299 0458 0618 0421 0035	0214 0600 0389 0308 0445 0607 0437 0031	0191 0593 0405 0314 0434 0599 0448 0028	0171 0537 0418 0319 0426 0593 0457 0026	0143 0578 0437 0326 0414 0583 0471 0022	0123 0572 0451 0331 0406 0576 0480 0019	- K - K - K - K - K - K - K + K
5 აბ. № 87 $M_{2-1} =$ $M_{3-3} =$	1108 1104	1123 1120	1134 1131	1142 1140	1149 1146	1158 1156	1165 1164	- K - K
5 აბ. № 88 $M_{2-1} =$ $M_{3-3} =$	1023	1031	1037	1041	1044	1049	1052	- K



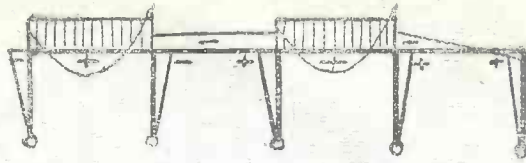
б.б. 83.



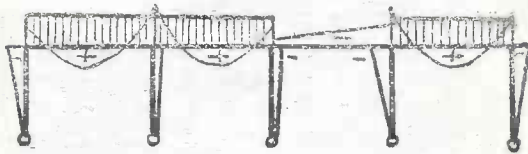
б.б. 84.



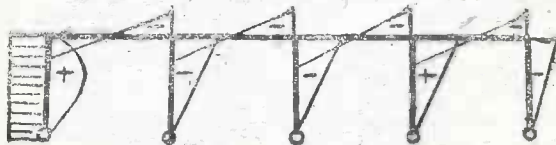
б.б. 86.



6sb. 86.



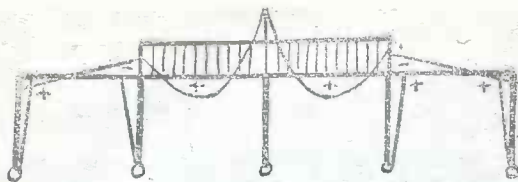
6sb. 87.



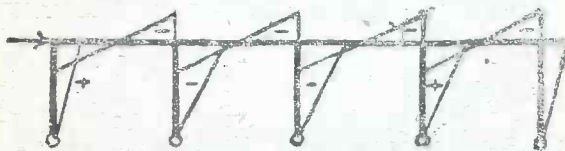
6sb. 88.

$\frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$	0,33	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0	1,25	1,5
$M_{1-3} =$	0442	0417	0386	0360	0326	0283	0249	0 23
$M_{2-1} =$	0551	0543	0533	0525	0516	0505	0497	0491
$M_{2-3} =$	0648	0654	0662	0669	0679	0693	0705	0714
$M_{3-3} =$	0636	0639	0643	0647	0652	0659	0665	0670
$M_{3-4} =$	0614	0611	0607	0603	0598	0591	0585	0580
$M_{4-3} =$	0602	0596	0588	0581	0571	0557	0545	0536
$M_{4-5} =$	0699	0707	0717	0725	0734	0745	0753	0759
$M_{5-4} =$	0808	0833	0864	0890	0924	0967	1001	1027
5.сб. № 89								
$M_{1-2} = M_{3-4} =$	1480	1511	1549	1581	1622	1674	1713	1744
$M_{2-1} = M_{4-5} =$	1280	1282	1283	1284	1284	1283	1281	1279
$M_{3-3} = M_{4-3} =$	1107	1087	1062	1041	1014	0978	0951	0930
$M_{3-2} = M_{3-4} =$	1133	1121	1106	1095	1081	1065	1054	1047
5.сб. № 90								

$K = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l}{l}$	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	
$M_{1-3} =$	0185	0157	0137	0122	0109	0091	0078	+ $wh^2$
$M_{2-3} =$	0482	0477	0473	0469	0467	0463	0461	- $wh^2$
$M_{2-8} =$	0729	0739	0747	0753	0753	0766	0771	+ $wh^2$
$M_{3-2} =$	0677	0682	0686	0689	0692	0695	0698	- $wh^2$
$M_{3-4} =$	0573	0568	0564	0561	0558	0555	0552	+ $wh^2$
$M_{4-3} =$	0521	0511	0503	0497	0492	0484	0479	- $wh^2$
$M_{4+8} =$	0767	0733	0777	0781	0783	0787	0789	+ $wh^2$
53b. № 89 $M_{5-4} =$	1065	1093	1113	1128	1141	1159	1172	- $wh^2$
$M_{1-2} =$	1789	1821	1844	1862	1876	1898	1913	+ $Wl^2$
$M_{3-1} =$	1276	1273	1270	1269	1267	1264	1263	- $Wl^2$
$M_{2-5} =$	0899	0877	0861	0848	0838	0823	0813	+ $Wl^2$
53b. № 90 $M_{3-5} =$	1036	1029	1025	1021	1019	1015	1013	- $Wl^2$



536. 89.



536. 90.

12. გზათა სახალხო კომისარიატის მიერ მიღებული ზოგიერთი პირობები გაჭიმვაზე და კუმშვაზე 1938 წ.

გაჭიმვა

ელემენტების შემოწმება გაჭიმვაზე სწარმოებს netto ფართობით. ელემენტების გაანგარიშება გაჭიმვაზე სწარმოებს netto კვეთის მუშა ფართით, უდიდესი შესუსტებული კვეთის მხედველობაში მიღებით, ჩანაჭრების შეთავსების ან სხვა რომელიმე შესუსტებების (რომლებ-  
თა შორის მანძილი არ აღემატება ჩანაჭრის ან ხვრეტის დიამეტრის ათჯერადოვან სიღრმეს), წარმოდგენის დროს.

შეიძლება მხედველობაში მიღებულ იქნას ხის წინა-  
ლობა, ირიბ ახლეჩვაზე შემოწმების დროს, ორ მეზობელ შესუსტებათა შორის.

ფერმის გაჭიმულ სარტყელში, რომელიც შესდგება რამოდენიმე ელემენტისაგან, თითოეული ელემენტი გაიანგარიშება ყველაზე უფრო შესუსტებული კვეთით. ძალღონეთა განაწილება ელემენტთა შორის სწარმოებს მათ კვეთის (Brutto) ბრუტო, ფართობის პროპორ-  
ციულად.

არა სიმეტრიული შესუსტების დროს კვეთის საან-  
გარიშო რხევა (Каленание) არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 ბრუტო (Brutto) კვეთისას, და 0,6 კვეთისა სიმეტ-  
რიულ შესუსტების დროს.

კუმშვა

შეკუმშული ელემენტების შემოწმება ხდება ცენ-  
ტრალურ კუმშვაზე და კუმშვაზე გრძივი ლუნვის დროს გრძივ ლუნვაზე შემოწმება სწარმოებს მთელი კვეთის ბრუტო ფართით თუ კვეთის შესუსტება არ აღემატება



25%-ს და ფართით  $\frac{4}{3}$  თუ კვეთის შესუსტება 25%-ზე მეტია.

დასაშვები ჭინვის შესამცირებელი კოეფიციენტი გრძივი ღუნვის დროს, მთლიან კვეთთან ელემენტების, განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

როდესაც

$$\lambda \leq 75$$

$$\varphi = 1 - 0,8 \left( \frac{\lambda}{100} \right)^2 \dots \dots \dots (1)$$

როდესაც

$$\lambda > 75$$

$$\varphi = \frac{3100}{\lambda^2} \dots \dots \dots (2)$$

სადაც

$$\lambda = \frac{l_0}{r}$$

ღეროს უდიდესი დრეკადობა.

$l_0$  — ღეროს საანგარიშო სიგრძე.

$r$  — მასი სათანადო ღეროს განივი ბრუტტო კვეთის ინერციის რადიუსი.

შედგენილ განივკვეთთან ელემენტების გრძივ ღუნვაზე შემოწმების დროს  $\varphi$  განისაზღვრება:

a) ღერძისათვის, რომელიც გადის ელემენტების ყველა შემადგენელ ღეროების განივი კვეთის სიმძიმის ცენტრზე.

b) ღეროსათვის, რომელიც არ გადის ელემენტების შემადგენელ ღეროების განივი კვეთის სიმძიმის ცენტრზე, დაყვანილი დრეკადობით  $\lambda$  გაანგარიშებული ფორმულით.

$$\lambda = \sqrt{(\mu_0 \lambda_0)^2 - \lambda_1^2}$$

სადაც:

$\lambda_0$  და  $\lambda_1$

არის მთელი ღეროს დრეკადობა და მისი ცალკეული შტოსი პარალელური ღერძების მიმართ, რომლებიც გადიან მთელი კვეთის და შტოს სიმძიმის ცენტრზე.

დრეკადობანი  $\lambda_0$  და  $\lambda_1$  განისაზღვრებიან ღეროს საანგარიშო  $l_0$  სიგრძით და  $l_1$ —დამაკავშირებელ ღეროებს შორის მანძილით როგორც მთლიან ღეროებისათვის.

შტოს საანგარიშო სიგრძის დროს

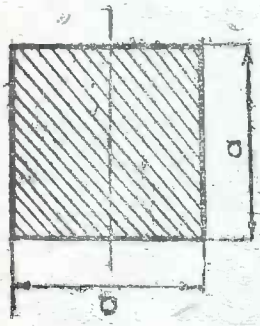
$$l_1 \leq 7 h_1$$

( $h_1$ —შტოს სისქე) შეგვიძლია მივიღოთ

$$\lambda_1 = 0$$

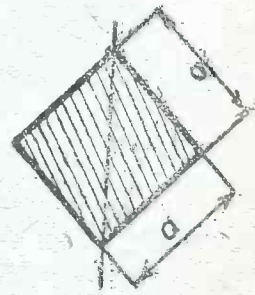
უმაღლეს ფიგურათა ინერციის და წინალობის მომენტების ცხრილები

ქ ბ ე თ ი      ინერციის მომენტი  $J$  სმ<sup>4</sup>      წინალობის მომენტი  $W$  სმ<sup>3</sup>



$$J = \frac{a^4}{12}$$

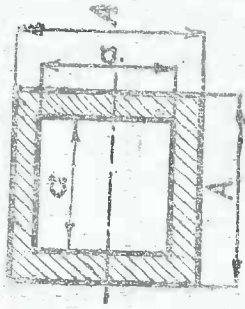
$$W = \frac{a^3}{6}$$



$$J = \frac{a^4}{12}$$

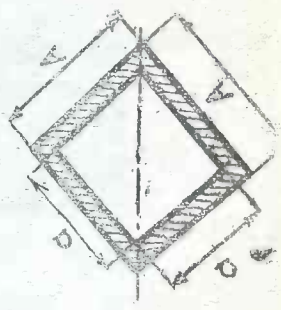
$$W = \frac{a^3}{6\sqrt{2}}$$

კ მ მ თ ი  
 იმპულსის მომენტი  $J$  სმ<sup>4</sup>  
 წინაღობის მომენტი  $W$  სმ<sup>3</sup>



$$J = \frac{A^4 - a^4}{12}$$

$$W = \frac{A^3 - a^3}{6A}$$



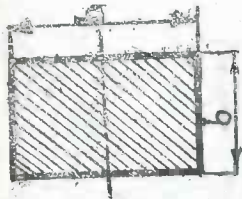
$$J = \frac{A^4 - a^4}{12}$$

$$W = \frac{A^3 - a^3}{6\sqrt{2} \cdot A}$$

3 8 0 0 0

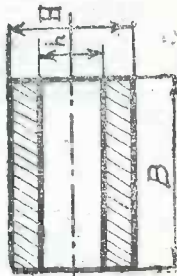
նկերչոս սրոցո

Մոտոտոս սրոցո



$$J = \frac{bh^3}{3}$$

$$W = \frac{bh^2}{6}$$



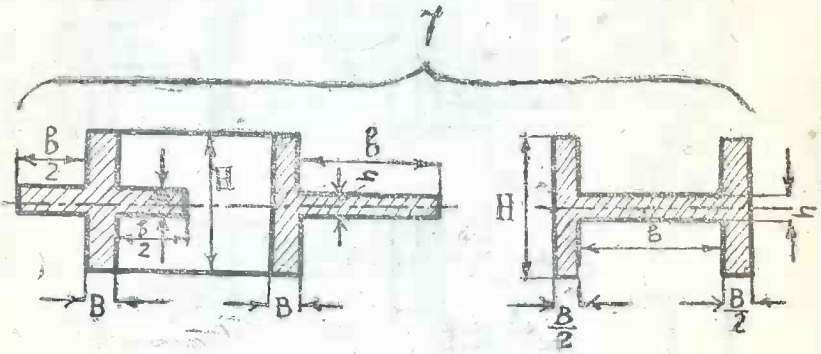
$$J = \frac{B(H^3 - h^3)}{12}$$

$$W = \frac{B(H^2 + h^2)}{6H}$$

სტრუქტურული მონაცემები

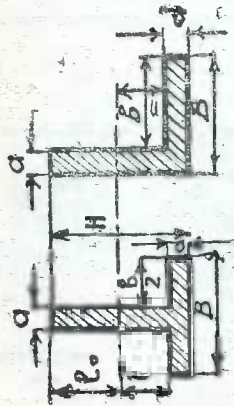
სტრუქტურული მონაცემები

სტრუქტურული მონაცემები



$$W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$$

$$J = \frac{BH^4 - bh^4}{12}$$



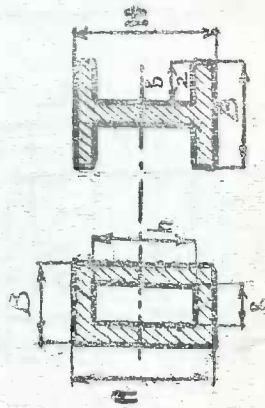
$$J = \frac{1}{3} (Bl - bh^3 + al_0^3)$$

$$l = \frac{1}{2} \frac{aH^2 + bd^2}{aH + bd}$$

$$l_0 = H - l$$

$$W_0 = \frac{J}{l_0}$$

$$W = \frac{J}{l}$$



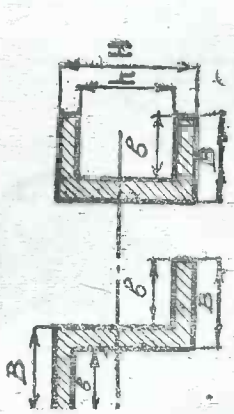
$$W = \frac{BH^2 - bh^3}{12}$$

$$W = \frac{BH^2 - bh^3}{6H}$$

წინაღობის მომენტი  
 $W$   
 სმ<sup>3</sup>

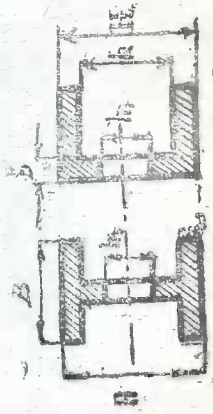
ინერციის მომენტი  
 $J$   
 სმ<sup>4</sup>

კ ბ მ თ 0



$$W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$$

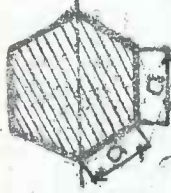
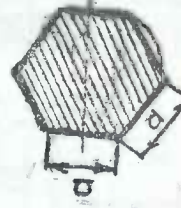
$$J = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$$

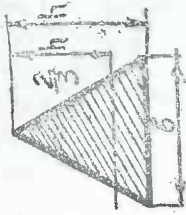



$$W = \frac{B(H^3 - h^3) + b(h^3 - h_1^3)}{6H}$$

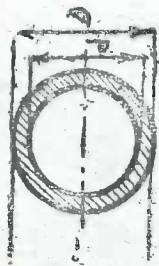
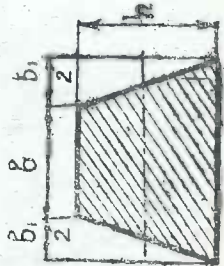
$$J = \frac{B(H^3 - h^3) + b(h^3 - h_1^3)}{12}$$



<p>ბ გ მ თ ი</p>	<p>იხევიის მომენტი <math>J</math> სმ<sup>4</sup></p>	<p>წიხალობის მომენტი <math>W</math> სმ<sup>3</sup></p>
	$J = \frac{5\sqrt{3}}{16} a^4 = 0,5413 a^4$	$W = \frac{5}{8} a^3$
	$J = \frac{5\sqrt{3}}{16} a^4 = 0,5413 a^4$	$W = 0,5413 a^3$

<p>კ მ მ თ ი</p>	<p>ინერციის მომენტი <math>J</math> სმ<sup>4</sup></p>	<p>წინაღობის მომენტი <math>W</math> სმ<sup>3</sup></p>
	$J = \frac{bh^3}{36}$	$W = \frac{bh^2}{24}$
	$J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi R^4}{4} = 0,0491 d^4 = 0,7854 R^4$	$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi R^3}{4} = 0,0982 d^3 = 0,7854 R^3$

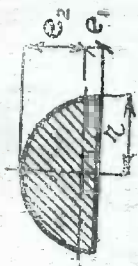
დ ბ მ თ ი

	ინერციის მომენტი სმ <sup>4</sup>	წიბლობის მომენტი სმ <sup>3</sup>
	$J = \frac{(D^4 - d^4) \pi}{64}$	$W = \frac{(D^4 - d^4) \pi}{32 D}$
	$J = \frac{6 b^2 + 6 b b_1 + b_{12}}{36 (2 b + b_1)} \cdot h^3$	$W = \frac{6 b^2 + 6 b b_1 + b_1^2}{12 (3 b + 2 b_1)} \cdot h^2$

ბ ბ ბ ბ

იგეოციის მომენტები  
 $J$   
 სმ<sup>4</sup>

წინაღობის მომენტები  
 $W$   
 სმ<sup>3</sup>

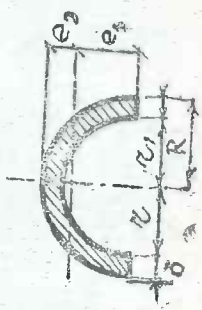


$$J = r^4 \left( \frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi} \right) \quad 0,1098 r^4$$

$$W_1 = 0,2587 r^3$$

$$W_2 = 0,1908 r^3$$

$$e_1 = 4244 r$$



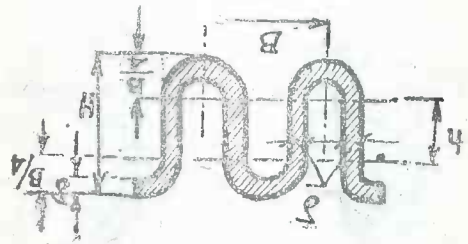
$$J = 0,1098 (R^4 - r^4) - \frac{0,283 R^2 r^2 (R - r)}{R + r}$$

$$J \sim 0,3 \delta r_1^3$$

$$e_1 = \frac{4}{3\pi} \frac{R^2 + Rr + r^2}{R + r}$$

$$e_2 = R - e_1$$

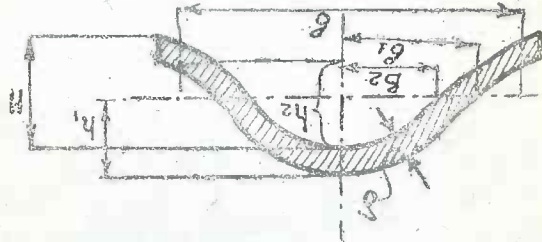
ს ს მ ც	ინერციის მომენტი J სმ <sup>4</sup>	წინაღობის მომენტი W სმ <sup>3</sup>
---------	---------------------------------------	--



$$J = \frac{\delta}{4} \left( \frac{\pi B^3}{16} + B^2 h + \frac{\pi 8 h^2}{2} + \frac{2}{3} h^3 \right);$$

სადაც  $h = H - \frac{1}{2} B$

$$W = \frac{2J}{H + \delta}$$



$$J = \frac{64}{105} (b_1 h_1^3 - b_2 h_2^3);$$

სიღრმე

$$h_1 = \frac{1}{2} (H + \delta);$$

$$b_1 = \frac{1}{4} (8 + 2,6 \delta)$$

$$h_2 = \frac{1}{2} (H - \delta);$$

$$b_2 = \frac{1}{4} (B - 2,6 \delta)$$

$$W = \frac{2J}{H + \delta}$$

1. დასაშვები ჭიწვის შესაფერავებელი კოეფიციენტები  $\varphi$  გარკივი ღუნვის დროს 1939 წ.

ნორმების მიხედვით

ძირითადი ჭიწვის შესამჯობებელი კოეფიციენტი  $\varphi$  გარკივი ღუნვის დროს ცენტრალურ შეკუმშულ დეროლებსათვის

სტანდარტი	$Cm.5 u$ 4,3, 2 u 1	$Cm.5 u$ cнк	თუჯი	მოქნი- ლობა λ	მოქნი- ლობა λ	$Cm.5 u$ 4,3, 2,1	$Cm.5 u$ cнк	თუჯი	მოქნი- ლობა λ
0	1.00	1.00	1.00	0	110	0.52	0.85	—	110
10	0.99	0.97	0.97	10	120	0.45	0.80	—	120
20	0.96	0.95	0.91	20	130	0.40	0.26	—	130
30	0.94	0.91	0.81	30	140	0.36	0.23	—	140
40	0.92	0.87	0.69	40	150	0.32	0.21	—	150
50	0.89	0.83	0.57	50	160	0.29	0.19	—	160
60	0.86	0.79	0.44	60	170	0.26	0.17	—	170
70	0.81	0.72	0.34	70	180	0.23	0.15	—	180
80	0.75	0.65	0.26	80	190	0.21	0.14	—	190
90	0.69	0.55	0.20	90	200	0.19	0.13	—	200
100	0.60	0.43	0.16	100				—	

2. დასაშვები ზინების უმრავლესობის კოეფიციენტები ფ პიკივი ლუნის დროს 1934 წ.  
 ნორმების მიხედვით *მ. პ. დ. 2 \**

$\frac{e}{r}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.000	0.989	0.989	0.998	0.997	0.996	0.995	0.994	0.993	0.992
10	0.990	0.989	0.987	0.986	0.984	0.982	0.980	0.978	0.975	0.973
20	0.970	0.968	0.965	0.962	0.959	0.955	0.951	0.948	0.944	0.940
30	0.935	0.932	0.928	0.924	0.920	0.916	0.911	0.907	0.902	0.898
40	0.893	0.888	0.884	0.879	0.874	0.870	0.866	0.861	0.856	0.851
50	0.846	0.842	0.837	0.833	0.828	0.823	0.818	0.813	0.808	0.803
60	0.798	0.792	0.786	0.780	0.775	0.769	0.763	0.758	0.752	0.747
70	0.741	0.735	0.729	0.724	0.718	0.712	0.706	0.700	0.695	0.689
80	0.683	0.677	0.671	0.666	0.660	0.654	0.648	0.642	0.637	0.631
90	0.625	0.619	0.614	0.608	0.602	0.596	0.591	0.585	0.579	0.574
100	0.568	0.562	0.557	0.551	0.545	0.539	0.534	0.528	0.522	0.517
110	0.511	0.505	0.500	0.494	0.488	0.482	0.477	0.471	0.465	0.460
120	0.454	0.448	0.442	0.437	0.432	0.427	0.422	0.417	0.412	0.407
130	0.402	0.397	0.392	0.387	0.382	0.377	0.372	0.367	0.362	0.357
140	0.353	0.349	0.345	0.341	0.337	0.333	0.329	0.325	0.322	0.319
150	0.316	0.313	0.310	0.307	0.304	0.301	0.298	0.295	0.292	0.290
160	0.287	0.284	0.281	0.279	0.276	0.274	0.271	0.268	0.266	0.263
170	0.261	0.258	0.256	0.253	0.251	0.243	0.246	0.243	0.241	0.238
180	0.236	0.234	0.232	0.229	0.227	0.225	0.223	0.221	0.218	0.216
190	0.214	0.212	0.210	0.207	0.205	0.203	0.200	0.198	0.196	0.193
200	0.191									

\*) მოგვყავს შედარებისათვის.



3. დასაშვები ტონის უმაღლესი კოეფიციენტი  $\eta$ , გაცივულ და შეკვრულ  
 დერეფანის ანბარის დროს სტ. 3

$\eta$	0	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,5	3,00	3,5	4,0	5,0	10,0	20,0
20	0,96	0,87	0,76	0,64	0,55	0,48	0,42	0,39	0,35	0,32	0,28	0,24	0,22	0,19	0,16	0,09	0,047
30	0,94	0,85	0,75	0,63	0,54	0,47	0,41	0,38	0,35	0,32	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16	0,089	0,047
40	0,92	0,83	0,73	0,61	0,52	0,46	0,41	0,37	0,34	0,31	0,27	0,23	0,21	0,19	0,16	0,088	0,047
50	0,89	0,80	0,70	0,58	0,50	0,44	0,40	0,36	0,33	0,30	0,26	0,23	0,20	0,19	0,15	0,088	0,046
60	0,86	0,77	0,67	0,56	0,48	0,43	0,38	0,35	0,32	0,29	0,25	0,22	0,20	0,18	0,15	0,087	0,046
70	0,81	0,72	0,63	0,53	0,46	0,41	0,36	0,33	0,30	0,28	0,24	0,22	0,19	0,18	0,15	0,086	0,045
80	0,75	0,67	0,58	0,49	0,43	0,38	0,35	0,32	0,29	0,27	0,23	0,21	0,19	0,17	0,14	0,085	0,045
90	0,69	0,61	0,53	0,46	0,40	0,36	0,33	0,30	0,28	0,26	0,22	0,20	0,18	0,17	0,14	0,083	0,045
100	0,60	0,54	0,48	0,42	0,37	0,34	0,31	0,28	0,26	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,081	0,045
110	0,52	0,48	0,44	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	0,13	0,079	0,044
120	0,45	0,42	0,39	0,36	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13	0,078	0,044
130	0,40	0,38	0,35	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,12	0,076	0,043
140	0,36	0,34	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,15	0,12	0,074	0,043
150	0,32	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,073	0,042
160	0,29	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,071	0,041
170	0,26	0,25	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,069	0,040
180	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,065	0,039
190	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,063	0,038
200	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,096	0,063	0,038

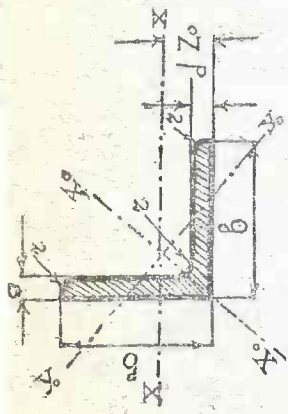
4. დასაუშვანი პინვის შესამოწმებელი №1 კოეფიციენტი გაჭიმულ და შეკუმშულ ლკორების ანგარიშის ღირს. ფორმლი CNK

$m$ $\lambda$	0	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00	10,00	20,00
20	0,95	0,89	0,76	0,64	0,55	0,49	0,44	0,39	0,35	0,32	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17	0,09	0,05
30	0,91	0,85	0,74	0,62	0,53	0,47	0,42	0,37	0,34	0,31	0,27	0,24	0,21	0,20	0,16	0,09	0,04
40	0,87	0,81	0,71	0,59	0,51	0,44	0,40	0,36	0,33	0,30	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,08	0,04
50	0,83	0,77	0,67	0,56	0,49	0,43	0,38	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,15	0,08	0,04
60	0,79	0,73	0,63	0,53	0,46	0,41	0,37	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,08	0,04
70	0,72	0,67	0,59	0,49	0,43	0,38	0,35	0,32	0,29	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,15	0,08	0,04
80	0,65	0,59	0,52	0,45	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18	0,17	0,14	0,08	0,04
90	0,55	0,51	0,46	0,40	0,36	0,32	0,30	0,27	0,25	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,08	0,04
100	0,43	0,41	0,39	0,36	0,32	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22	0,19	0,18	0,16	0,15	0,13	0,08	0,04
110	0,35	0,34	0,33	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,21	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12	0,08	0,04
120	0,30	0,30	0,29	0,28	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13	0,12	0,07	0,04
130	0,26	0,26	0,25	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,07	0,04
140	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,07	0,04
150	0,21	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,07	0,04
160	0,19	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,06	0,04
170	0,17	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,06	0,04
180	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,06	0,04
190	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,06	0,04
200	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,05	0,03

ულმეტიესი ხარისხის გაზლინული ფორმალეობის  
სოკრამენტი გაზლინული ფორმალეობის თანაბარ  
გვერდიანი კოტუსრა

პირობითი აღნიშვნები:

$b$  — თაროს სიგანე  $J$  — ინერციის მომენტი  
 $d$  — თაროს სისქე  $r$  — ინერციის რადიუსი

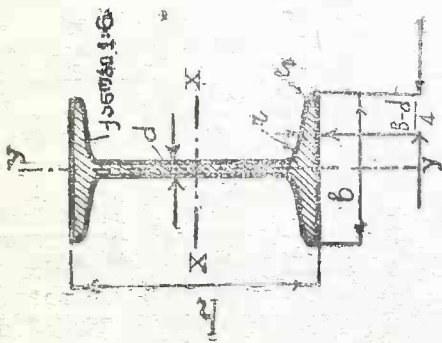


პირველი რიგი	მეორე რიგი	ზომები მმ		მეტრი	$x-x$ ღერძი		$x_0-x_0$ ღერძი		$y_0-y_0$ ღერძი		$x_1-x_1$ ღერძი			
		$b$	$d$		$R$	$r$	$J_{max}$	$J_{min}$	$J_{max}$	$J_{min}$		$J_{max}$	$J_{min}$	
2	0,89	20	3,5	4	1,2	1,13	0,40	0,60	0,63	0,75	0,17	0,39	0,81	0,60
	1,15					1,46	0,49	0,58	0,78	0,73	0,21	0,38	1,09	0,64
2,5	1,12	25	3,5	3	1,2	1,43	0,80	0,75	1,28	0,95	0,32	0,47	1,56	0,73
	1,46					1,86	1,02	0,74	1,63	0,94	0,41	0,47	2,12	0,77
3	1,78	30	4,5	4	1,5	2,27	1,82	0,90	2,90	1,13	0,75	0,58	3,62	0,89
	2,18					2,78	2,20	0,89	3,47	1,12	0,93	0,58	4,58	0,93
3,5	2,10	35	4,5	4	1,5	2,67	3,02	1,06	4,77	1,34	1,27	0,69	5,74	1,01
	2,57					3,28	3,61	1,05	5,71	1,32	1,51	0,68	7,23	1,05
4	2,42	40	5,0	4	1,7	3,08	4,60	1,22	7,26	1,53	1,93	0,79	8,53	1,13
	2,97					3,79	5,54	1,21	8,75	1,52	2,34	0,78	10,7	1,17
4,5	3,52	45	5,0	4	1,7	4,48	6,41	1,20	10,1	1,50	2,70	0,78	13,0	1,21
	2,73					3,48	6,60	1,38	10,5	1,74	2,68	0,88	12,1	1,26
	3,37					4,29	8,00	1,37	12,7	1,72	3,26	0,87	15,3	1,30
	3,99					5,08	9,29	1,35	14,8	1,71	3,78	0,86	18,4	1,34

5	3,77	50	5	5,5	4,80	11,2	1,53	17,8	1,92	4,61	0,98	20,9	1,42	
	4,47		6	1,8	5,69	13,1	1,52	20,7	1,91	5,39	0,97	25,2	1,46	
6	4,57	60	5	6,6	5,82	19,9	1,85	31,4	2,32	8,29	1,19	35,9	1,66	
	5,42		6	2,2	6,91	23,3	1,84	36,8	2,31	9,76	1,19	43,3	1,70	
	7,09		8		9,03	29,6	1,81	46,8	2,28	12,4	1,17	58,2	1,78	
6.5	5,93	65	6	8,0	7,55	29,8	1,98	47,2	2,50	12,3	1,28	54,8	1,82	
	7,75		8	2,7	9,87	35,1	1,96	60,3	2,48	15,8	1,27	73,7	1,90	
	9,51		10		12,1	45,4	1,94	72	2,44	18,8	1,25	92,9	1,98	
7.5	6,89	75	6	9,0	9,78	46,7	2,31	73,3	2,89	20,1	1,51	83,9	2,06	
	9,03		8	3,0	11,5	60,1	2,28	94,9	2,87	25,3	1,48	113	2,14	
	11,1		10		14,1	72,2	2,26	114	2,84	30,3	1,47	142	2,22	
	13,1		12		16,7	83,3	2,24	132	2,81	34,9	1,45	172	2,30	
8	9,66	80	8	9,0	12,3	73,3	2,44	116	3,07	30,3	1,57	137	2,27	
	11,9		10	3,0	15,1	88,4	2,42	140	3,05	36,5	1,56	172	2,35	
9	11,00	90	8		14,0	106	2,76	168	3,46	43,6	1,77	194	2,51	
	13,5		10		17,2	123	2,74	204	3,44	53,1	1,71	244	2,59	
	16,0		12	11	3,7	20,4	149	2,71	237	3,41	61,7	1,75	294	2,67
	18,4		14			23,4	169	2,69	267	3,38	71,9	1,75	345	2,74
10	12,3	100	8		15,6	147	3,07	233	3,87	61,0	1,98	265	2,75	
	15,1		10		19,2	179	3,05	284	3,85	74,9	1,97	333	2,83	
	17,9		12	12	4,0	22,8	209	3,03	331	3,81	87,6	1,96	402	2,91
	20,6		14			26,3	237	3,01	375	3,78	99,1	1,95	472	2,99
23,3	16			29,7	265	2,99	416	3,75	113	1,05	542	3,06		

12	18,3	10	23,3	316	3,68	503	4,64	130	2,36	575	3,33
	21,7	12	27,6	371	3,66	590	4,62	153	2,35	693	3,41
	25,1	14	31,9	423	3,64	671	4,59	174	2,34	811	3,49
	28,4	16	36,1	474	3,62	749	4,56	199	2,34	931	3,56
13	19,8	10	25,3	406	4,01	646	5,05	166	2,56	730	3,58
	23,6	12	30,0	477	3,99	759	5,03	196	2,55	880	3,66
	27,3	14	34,7	545	3,96	866	5,00	223	2,54	1030	3,77
	30,9	16	39,3	608	3,93	967	4,96	249	2,52	1182	3,82
15	27,4	12	34,9	745	4,62	1186	5,83	305	2,95	1347	4,15
	31,7	14	40,4	857	4,60	1358	5,80	356	2,97	1577	4,22
	36,0	16	45,8	961	4,58	1522	5,77	399	2,95	1808	4,30
	40,1	18	51,1	1060	4,56	1679	5,73	440	2,94	2041	4,38
44,3	20	56,4	1154	4,52	1880	5,70	478	2,91	2275	4,46	
18	38,3	14	48,8	1515	5,57	2405	7,03	625	3,58	2721	4,97
	43,5	16	55,4	1704	5,55	2715	7,00	703	3,56	3117	5,05
20	48,7	16	62,0	2355	6,17	3755	7,79	954	3,93	4264	5,55
	54,4	18	69,3	2619	6,15	4165	7,77	1074	3,93	4808	5,62
	60,1	20	76,5	2868	6,13	4560	7,74	1175	3,92	4355	5,70
	71,3	24	90,8	3349	6,07	5313	7,66	1384	3,90	6456	5,85

ბაზალინული ფორმული ორთქლისაგან კოეფიციენტი



პირობითი აღნიშვნები:

*h* — კოჭის სიმაღლე

*J* — ინერციის მომენტი

*b* — თაროს სიგანე

*W* — წინაღობის მომენტი

*d* — კეღლის სისქე

*r* — ინერციის რადიუსი

*r* — თაროს საშუალო სისქე  $r_1$  — ნახევარ კვეთის სტატიური მომენტი

პირობითი აღნიშვნები	ზომები მმ										ღერძებისათვის					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$J$	11,2	14,0	16,9	20,5	24,1	27,6	31,1	34,6	38,1	41,6	45,1	48,6	52,1	55,6	59,1	62,6
$W$	14,0	16,9	19,8	22,7	25,6	28,5	31,4	34,3	37,2	40,1	43,0	45,9	48,8	51,7	54,6	57,5
$r$	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
$r_1$	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
$d$	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
$b$	68	74	80	88	94	100	106	112	118	124	130	136	142	148	154	160
$h$	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
$h + d$	104,5	125,0	145,5	166,0	186,5	207,0	227,5	248,0	268,5	289,0	309,5	330,0	350,5	371,0	391,5	412,0
$J$	245	486	727	968	1209	1450	1691	1932	2173	2414	2655	2896	3137	3378	3619	3860
$W$	49	72,7	96,4	120,1	143,8	167,5	191,2	214,9	238,6	262,3	286,0	309,7	333,4	357,1	380,8	404,5
$r$	4,14	4,95	5,76	6,57	7,38	8,19	9,00	9,81	10,62	11,43	12,24	13,05	13,86	14,67	15,48	16,29
$r_1$	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
$d$	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
$b$	68	74	80	88	94	100	106	112	118	124	130	136	142	148	154	160
$h$	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
$h + d$	104,5	125,0	145,5	166,0	186,5	207,0	227,5	248,0	268,5	289,0	309,5	330,0	350,5	371,0	391,5	412,0
$J$	245	486	727	968	1209	1450	1691	1932	2173	2414	2655	2896	3137	3378	3619	3860
$W$	49	72,7	96,4	120,1	143,8	167,5	191,2	214,9	238,6	262,3	286,0	309,7	333,4	357,1	380,8	404,5
$r$	4,14	4,95	5,76	6,57	7,38	8,19	9,00	9,81	10,62	11,43	12,24	13,05	13,86	14,67	15,48	16,29
$r_1$	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
$d$	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
$b$	68	74	80	88	94	100	106	112	118	124	130	136	142	148	154	160
$h$	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
$h + d$	104,5	125,0	145,5	166,0	186,5	207,0	227,5	248,0	268,5	289,0	309,5	330,0	350,5	371,0	391,5	412,0
$J$	245	486	727	968	1209	1450	1691	1932	2173	2414	2655	2896	3137	3378	3619	3860
$W$	49	72,7	96,4	120,1	143,8	167,5	191,2	214,9	238,6	262,3	286,0	309,7	333,4	357,1	380,8	404,5
$r$	4,14	4,95	5,76	6,57	7,38	8,19	9,00	9,81	10,62	11,43	12,24	13,05	13,86	14,67	15,48	16,29
$r_1$	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	a	27,9	200	100	7,0	11,4	9,0	4,5	35,5	2370	237	8,15	17,2	158	31,5	2,12
	b	31,1	200	102	9,0	11,4	9,0	4,5	39,5	2500	250	7,96	16,9	169	33,1	2,00
22	a	33,0	220	110	7,5	12,3	9,5	4,8	42,0	3400	309	8,99	18,9	225	40,9	2,37
	b	36,4	220	112	9,5	12,3	9,5	4,8	46,4	3570	325	8,78	18,7	239	42,7	2,27
24	a	37,4	240	116	8,0	13,0	10,0	5,0	47,7	4570	381	9,77	20,7	280	48,4	2,42
	b	41,2	240	118	10,0	13,0	10,0	5,0	52,6	4800	400	9,57	20,4	297	50,4	2,38
27	a	42,8	270	122	8,5	13,7	10,5	5,3	54,6	6550	485	10,9	23,3	345	56,6	2,57
	b	47,1	270	124	10,5	13,7	10,5	5,3	60,0	6870	509	10,7	22,9	366	58,9	2,47
30	a	48,0	300	126	9,00	14,4	11,0	5,5	61,2	8950	597	12,1	25,7	400	63,5	2,55
	b	52,7	300	128	11,0	14,4	11,0	5,5	67,2	9400	627	11,8	25,4	422	65,9	2,50
	c	57,4	300	130	13,0	14,4	11,0	5,5	73,2	9850	657	11,6	25,0	445	68,5	2,46
33	a	53,4	330	130	9,5	15,0	11,5	5,8	68,1	11900	721	13,2	28,3	460	70,7	2,60
	b	58,6	330	132	11,5	15,0	11,5	5,8	74,7	12500	751	12,9	27,9	484	73,4	2,55
	c	63,8	330	134	13,5	15,0	11,5	5,8	81,3	13100	794	12,7	27,5	510	76,1	2,51
36	a	59,9	360	136	10,0	15,8	12,0	6,0	76,3	15760	875	14,4	30,7	552	81,2	2,69
	b	65,6	360	138	12,0	15,8	12,0	6,0	83,5	16530	919	14,1	30,3	582	84,3	2,64
	c	71,2	360	140	14,0	15,8	12,0	6,0	90,7	17310	962	13,8	29,9	612	87,4	2,60
40	a	67,6	400	142	10,5	16,5	12,5	6,3	86,1	21720	1090	15,9	34,1	660	93,2	2,77
	b	73,8	400	144	12,5	16,5	12,5	6,3	94,1	22780	1140	15,6	33,6	692	96,2	2,71
	c	80,1	400	146	14,5	16,5	12,5	6,3	102	23850	1190	15,2	33,2	727	99,6	2,65



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
45	a	80,4	450	150	11,5	18	13,5	6,8	102	32240	1430	17,7	33,6	855	114	2,89
	b	87,4	450	152	13,5	18	13,5	6,8	111	33760	1500	17,4	38	894	118	2,84
	c	94,5	450	154	15,5	18	13,5	6,8	120	35280	1570	17,1	37,6	938	122	2,79
50	a	93,6	500	158	12	20	14	7,0	119	46470	1860	19,7	42,8	1120	142	3,07
	b	101	500	160	14	20	14	7,0	129	48560	1940	19,4	42,4	1170	146	3,01
	c	109	500	162	16	20	14	7,0	139	50640	2080	19,0	41,8	1220	151	2,96
55	a	105	550	166	12,5	21	14,5	7,3	134	62870	2290	21,6	46,9	1370	164	3,19
	b	114	550	168	14,5	21	14,5	7,3	145	65640	2390	21,2	46,4	1420	170	3,14
	c	123	550	170	16,5	21	14,5	7,3	156	68410	2490	20,9	45,8	1480	175	3,08
60	a	118	600	176	13	22	15	7,5	151	83860	2800	23,5	51,8	1700	193	3,36
	b	128	600	178	15	22	15	7,5	163	87460	2920	23,2	50,7	1770	199	3,30
	c	137	600	180	17	22	15	7,5	175	91060	3040	22,8	50,2	1840	205	3,24





8	8,04	80	43	5,0	8,0	4,00	10,24	25,30	-101,3	3,15	5,79	16,6	1,27	37,4	1,43
10	10,0	100	48	5,3	8,5	4,25	12,74	39,7	-198,3	3,95	7,80	25,6	1,41	54,9	1,52
12	12,06	120	53	5,5	9,0	4,5	15,36	57,7	-346,3	4,75	10,17	37,4	1,56	77,7	1,62
14	14,53	140	58	6,0	9,5	4,75	18,51	80,5	-563,7	5,52	13,01	58,2	1,70	107,1	1,71
<i>b</i>	16,73	140	60	8,0	9,5	4,75	21,31	87,1	609,4	5,35	14,12	61,1	1,69	120,6	1,67
16	17,23	160	63	6,5	10,0	5,0	21,95	108,3	866,2	6,28	16,30	73,3	1,83	144,1	1,80
<i>b</i>	19,74	160	65	8,5	10,0	5,0	25,15	116,8	934,5	6,10	17,55	83,4	1,82	160,8	1,75
18	20,17	180	68	7,0	10,5	5,25	23,69	141,4	1272,7	7,04	20,03	98,6	1,96	189,7	1,88
<i>b</i>	22,99	180	70	9,0	10,5	5,25	29,29	152,2	1369,9	6,84	21,32	101,0	1,95	210,1	1,84
20	23,33	200	73	7,5	11,0	5,5	29,72	180,4	1804,0	7,79	24,31	129,6	2,09	245,2	1,97
<i>b</i>	26,47	200	75	9,5	11,0	5,5	33,72	193,7	1937,3	7,58	25,99	144,8	2,07	269,8	1,93
22	26,54	220	17	8,0	11,5	5,75	33,81	223,4	2457,9	8,53	28,49	161,5	2,19	300,9	2,03
<i>b</i>	29,99	220	19	10,0	11,5	5,75	38,31	239,6	2635,4	8,31	30,32	179,2	2,17	329,7	1,99
24	26,02	240	78	6,5	12,0	6,0	33,13	250,8	3069,4	9,54	29,9	170,8	2,27	326,8	2,10
<i>b</i>	29,78	240	80	8,5	12,0	6,0	37,93	270,0	3240,4	9,24	32,38	192,3	2,25	353,1	2,06
<i>c</i>	33,54	240	82	10,5	12,0	6,0	42,73	289,2	3470,8	9,01	34,35	212,3	2,23	385,9	2,02
27	29,87	270	82	7,0	12,5	6,25	38,05	318,6	4300,5	10,62	35,00	211,6	2,36	385,9	2,14
<i>b</i>	34,11	270	84	9,0	12,5	6,25	43,45	342,9	4628,6	10,32	37,60	237,2	2,34	446,1	2,09
<i>c</i>	38,35	270	86	11,0	12,5	6,25	48,85	367,2	4956,7	10,07	39,65	260,1	2,31	464,2	2,04
30	34,45	300	85	7,5	13,5	6,75	43,89	403,2	6047,9	11,72	41,10	259,5	2,43	466,5	2,17
<i>b</i>	39,16	300	87	9,5	13,5	6,75	49,89	433,2	6497,9	11,41	44,03	289,2	2,41	515,2	2,13
<i>c</i>	43,87	300	89	11,5	13,5	6,75	55,89	463,2	6947,9	11,15	46,38	315,8	2,38	559,7	2,09
33	35,70	330	88	8,0	14,0	7,0	49,3	489,5	8076,8	12,80	46,65	307,5	2,50	547,6	2,21
<i>b</i>	43,88	330	90	10,0	14,0	7,0	55,90	525,8	8675,7	12,46	49,32	338,4	2,46	593,2	2,14
<i>c</i>	49,06	330	92	12,0	14,0	7,0	62,50	562,1	9274,7	12,18	51,81	367,9	2,43	643,2	2,10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>a</i>	147,80	360	96	9,0	16,0	16,0	8,0	60,89	659,7	11874,2	13,97	63,54	455,0	2,73	813,4	2,44	
<i>b</i>	153,45	360	98	11,0	16,0	16,0	8,0	68,09	702,9	12651,8	13,63	66,85	496,7	2,70	880,4	2,37	
<i>c</i>	159,10	360	100	13,0	16,0	16,0	8,0	75,29	746,1	13429,4	13,36	70,02	536,4	2,67	947,9	2,34	
<i>a</i>	58,91	400	100	10,5	18,0	18,0	9,0	75,05	878,2	17577,9	15,30	78,83	592,0	2,81	1057,7	2,49	
<i>b</i>	65,19	400	102	12,5	18,0	18,0	9,0	83,05	932,2	18644,5	14,98	82,52	640,0	2,78	1185,6	2,44	
<i>c</i>	71,47	400	104	14,5	18,0	18,0	9,0	91,05	985,6	19711,2	14,71	86,19	687,8	2,75	1220,7	2,42	

გაგლინული ფოლადი  
 ფურცლოვანი ფოლადი  
 უნივერსალური რკინა

**განსაზღვრა**

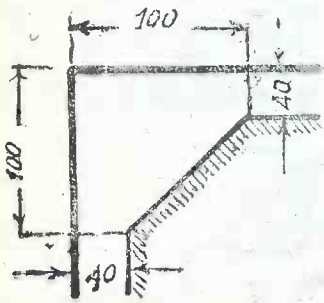
უნივერსალურ რკინად იწოდება, სწორკუთხოვანი კვეთის რკინა, სიგანით არა ნაკლებ 200 მმ, უნივერსალურ დაზგაზე გაგლინული

სისქე	სიგანე ყოველ 10 მმ	სისქე	სიგანე ყოველ 10 მმ
4	200—380	18	200—780
5	200—380	20	200—780
6	200—400	22	200—780
7	200—600	25	200—780
8	200—780	28	200—780
10	200—780	30	200—780
12	200—780	32	200—780
14	200—780	36	200—450
16	200—780		

გაგლინული ფოლადი  
სქელი ფურცლოვანი ფოლადი

**სისქის გაზომვა**

ფურცლების სისქის გაზომვა უნდა სწარმოებდეს არა უმცირეს კუთხეებიდან 100 მმ და 40 მმ. ნაპირებიდან, როგორც აღნიშნულია ესკიზზე.



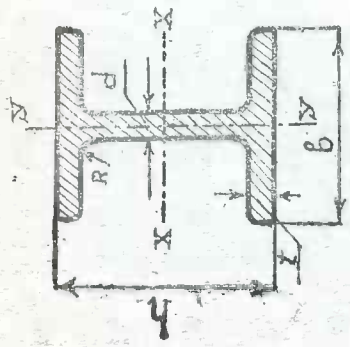
**წონის გამოთვლა**

თეორიული წონის გამოთვლის დროს, ხვედრითი წონა ფოლადის იღება 7,85

**სისქეები და გადახრები სისქეში**

სისქე მმ-ში	ერთი და იგივე ფურცლის უმცირეს და უდიდეს სისქეს შორის დასაშვები განსხვავება, ფურცლის სიგრძის და ფართის დამოუკიდებლად. ფურცლის სიგრძის დროს მმ-ში										დასაშვები გადახრა ფურცლების სისქეში.					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	სისქე-ში მმ	სიგრძი-სათვის მ	ფართისათვის მ <sup>2</sup>	
1500-მდე	1500	1700	2000	2300	2600	2800	3000	3300	3600	3800	3650					
4.5-დან 6-მდე	1.1	1.4	1.8	ფურცლების მიღება უნდა იყოს ისეთი როგორც მიიღება გაგლინისაგან თუ არა აქვს განსაკუთრებული შეთანხმება										-0.3	6	9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6-7 და მდ.	1.1	1.3	1.7	2.1						-0.3	7	10
8-დან 10-მდე	1.0	1.2	1.6	2.0	2.4					-0.3	8	12
11 " 15 "	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	2.7				-0.5	9	14
16 " 20 "	0.8	1.0	1.4	1.7	2.1	2.6	3.1			-0.5	10	16
21 " 25 "	0.8	0.9	1.3	1.6	2.0	2.5	2.8	3.1		-0.5	10	18
26 " 30 "	0.8	0.9	1.3	1.6	2.0	2.5	2.8	3.1		-0.5	10	18
31 " 35 "	1.0	1.2	1.6	1.8	2.2	2.6	2.9	3.2		-0.6	10	20
36 " 40 "	1.3	1.5	1.9	2.1	2.4	2.8	3.0	3.3		-0.7	10	20
41 " 42 "	1.6	1.8	2.2	2.4	2.6	3.0	3.1	3.3		-0.8	10	20



ახალი პროფილების სორტამენტი  
 გაღლინული ფოლადი  
 განიერთაროიანი ორტესებრი კოჭი

$J_x$  — ინერციის მომენტი  
 $W_x$  — წინაღობის მომენტი  
 $r_x$  — ინერციის მომენტი

პროფ. №	წონის I კგ	ზომები მმ-ში					ფართობი $F$	ღერძებისათვის					
		მედიანი		გარე		$x-x$			$y-y$				
		$h$	$b$	$d$	$t$	$J_x$ სმ <sup>4</sup>		$W_x$ სმ <sup>3</sup>	$r_x$ სმ	$J_y$ სმ <sup>4</sup>	$W_y$ სმ <sup>3</sup>	$r_y$ სმ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
20 1	52,9	200	200	8	13	67,37	5007	500,69	8,62	1734	173,4	5,07	
22 1	62,5	220	220	8,5	14	79,60	7162	651,07	9,49	2486	226,0	5,59	
24 1	70,9	240	240	9	14,5	90,39	9753	812,75	10,39	3342	278,5	6,08	
24 2	80,8	244	241	10	16,5	102,96	11383	928,93	10,49	3851	319,6	6,13	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
27	1	88,2	270	270	10	16	112,39	15369	1188,46	11,69	5,251	389,0	6,83
	2	99,3	274	271	11	18	126,51	17613	1285,62	11,80	5,973	440,8	6,87
30	1	107,4	300	300	11	17,5	136,77	23115	1541,03	13,00	7,878	525,2	7,59
	2	119,7	304	301	12	19,5	152,45	26187	1722,81	13,11	8,867	589,2	7,63
33	1	109,9	330	300	11	17,5	140,07	28556	1730,64	14,28	7,878	525,2	7,50
	2	122,5	334	301	12	19,5	156,05	32299	1934,08	14,39	8,867	589,2	7,54
36	1	121,5	360	311	11,5	18,5	154,78	37429	2079,40	15,55	9,189	592,9	7,70
	2	134,6	364	310	12,5	20,5	171,48	42054	2310,64	15,66	10,283	661,2	7,74
40	1	134,5	400	320	12	19,5	171,37	51208	2554,03	17,29	10,655	665,9	7,88
	2	148,3	404	321	13	21,5	188,92	56858	2814,76	17,35	11,859	738,9	7,92
45	1	139,2	450	320	12	19,5	177,37	66122	2988,77	19,31	10,655	665,9	7,75
	2	153,4	454	321	13	21,5	195,42	73717	3247,44	19,42	11,860	738,9	7,79
50	1	151,4	500	330	12,5	20	192,92	87957	3518,28	21,35	11,987	726,4	7,88
	2	166,3	504	331	13,5	22	211,88	97697	3876,88	21,47	13,307	804,0	7,92
55	1	166,9	550	340	13	21	212,62	116504	4236,52	23,41	13,766	809,7	8,04
	2	182,5	554	341	14	23	232,51	128739	4647,62	23,53	15,212	894,0	8,09
60	1	188,0	600	350	14	22,5	239,53	154547	5151,56	25,40	16,090	919,5	8,19
	2	204,4	604	351	15	24,5	260,38	169653	5617,64	25,53	17,673	1007,0	8,24



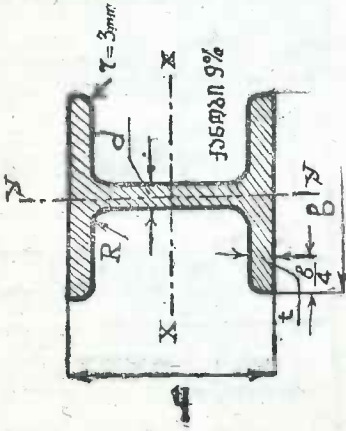
გაგლინული ფოლადი

განიერ თაროიანი ირტესებრი კოჭი, გაგლინული ზონი კოჭურ დაზვებზე

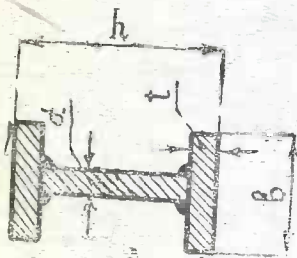
$$d_{min} = 0,005 h + 0,025 k + 2 \frac{b}{h} mm$$

$$t_{min} = 1,6 d_{min}; R = t_{min}$$

J—ინერციის მომენტი; r—ინერციის რადიუსი.  
W—წინაღობის მომენტი



შპ	დასაბუთების კლასი	ზომები მმ-ში				ჩ სპ	ჩ სპ	ჩ სპ	ჩ სპ	x-x ღერძი		y-y ღერძი				
		h	b	d	t					R	J <sub>x</sub> სმ <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> სმ <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> სმ	J <sub>y</sub> სმ <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> სმ <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> სმ
16	45,0	160	160	9	14	14	57,4	2580	322	6,70	831	104	3,81			
18	50,8	180	180	9	14	14	64,7	3750	417	7,62	1170	130	4,25			
20	61,6	200	200	10	15	15	78,48	5567	556,7	8,42	1702	170,2	4,66			



გაგლინული ფოლადი  
 შეღებულნი განუროლოანი ორტესები კოჭი  
 პირობითი აღნიშვნები

$J$  — ინერციის მომენტი  
 $W$  — წინაღობის მომენტი  
 $r$  — ინერციის რადიუსი

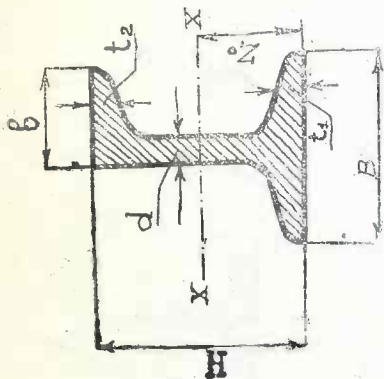
შ. რ. ს. ა. ს. მ. ა. რ.	ზომები მმ-ში										x—x			y—y		
	ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	ა	ბ	გ	ა	ბ	გ	ა	ბ	გ
1	18	180	180	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	22.2	200	200	5	6	28,32	199	1793	7,96	64,8	553	4,54	18	20	22	24
3	26.2	220	220	5	7	32,40	255	2550	8,76	80,00	800	4,90	26	28	30	32
4	32.2	240	240	5	8	41,60	348	3853	9,25	111,	1242	5,46	34	36	38	40
5	40.8	270	270	6	8	51,84	477	5734	10,60	154	1845	5,96	42	44	46	48
6	45.7	300	300	7	8	58,66	613	8251	11,90	144	2625	6,70	50	52	54	56
7	52.6	350	350	8	10	79,60	932	13901	13,20	300	4501	7,50	60	62	64	66
8	69.4	400	400	10	10	88,40	1160	20349	15,15	322	4968	7,50	70	72	74	76
9	81.0	400	400	10	10	102,0	1443	28915	16,83	341	5464	7,30	80	82	84	86

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
45	85.9	450	330	10	10	109.0	1718	38575	18.80	374	6175	7.53
50	109.0	500	340	12	12	138.52	2390	59688	20.80	463	7868	7.55
55	115.5	550	350	12	12	147.12	2740	75340	22.60	490	8581	7.64
60	120.0	600	350	12	12	153.12	3065	91727	24.40	490	8581	7.50
70	95.9	700	230	10	14	122.80	2120	74132	24.60	248	2843	4.82
80	120.0	800	250	12	12	153.12	3500	159686	28.50	251	3136	4.52
90	144.2	900	280	12	14	183.04	4930	222187	35.00	367	5134	5.30
100	180.1	1000	300	14	16	231.52	6770	338224	38.20	432	7226	5.40
110	213.5	1100	320	16	16	272.12	8750	450000	42.00	550	8770	5.66
120	225.0	1200	340	16	18	285.00	9270	510000	42.00	695	11,880	6.44

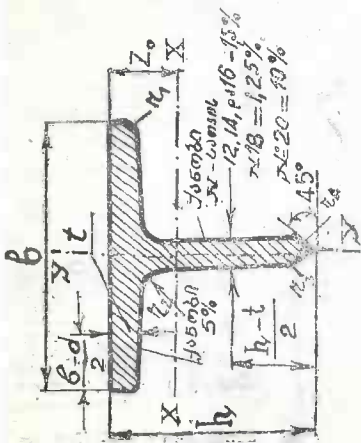
გავლილი ფოლადი  
ტაკროშეკლერი

პირობითი აღნიშვნები

$J$ —ინერციის მომენტი  
 $W$ —წინაღობის მომენტი  
 $r$ —ინერციის რადიუსი



პროფ. №	სტრუქტურული მონაცემები		კვეთის ზომები მმ-ში				სტრუქტურული მონაცემები	ლერეებისათვის			სტრუქტურული მონაცემები	
	სტრუქტურული მონაცემები	სტრუქტურული მონაცემები	H	B	b	d		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	$x-x$		$J_x$ სმ <sup>4</sup>
1	25,36	200	120	63,5	6,0	9,0	18,0	32,31	2174,3	215,0	8,2	9,89
2	28,52	220	120	63,8	6,5	9,8	19,6	36,33	2906,6	261,5	8,9	10,88
3	31,63	240	120	64,00	7,0	10,5	21,0	40,29	3764,4	310,5	9,7	11,88
4	35,66	270	120	64,3	7,5	11,3	22,6	45,43	5271,0	386,9	10,8	13,38
5	39,72	300	120	64,5	8,0	12,0	24,0	50,60	7103,5	469,7	11,8	14,88



გაგლინული ფოლადი.

ტავრები

პირობითი აღნიშვნები

$J$ —ინერციის მომენტი

$W$ —წინაღობის მომენტი.

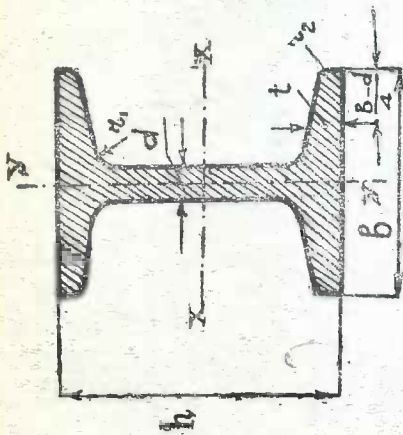
$r$ —ინერციის რადიუსი.

პროფილი №	ზომები მთლიანტრებში							H სასაღებო	ღერძი x-x			ღერძი y-y			ღ სმ/საყვედ
	h	B	b	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>		J <sub>x</sub> სმ <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> სმ <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> სმ	J <sub>y</sub> სმ <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> სმ <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> სმ	
10	15,85	100	130	8	4	8	3	20,19	145	18,4	2,58	170	25,2	2,9	2,13
12	22,25	120	155	9	4	9	3	29,35	287	30,2	3,18	344	45,1	3,49	2,49
14	30,29	140	185	10	4	10	3	38,59	516	46,0	3,65	683	74,1	4,20	2,79
16	38,92	160	210	11	4	11	3	49,53	857	66,7	4,13	1141	108,6	4,79	3,16
18	45,10	180	210	12	4	12	3	57,45	1320	92,5	4,79	1298	123,6	4,75	3,74
20	51,56	200	210	13	4	13	3	65,68	1969	126,0	5,47	1455	138,5	4,69	4,36

გავლილი ფალადი  
თხელკედლიანი ორტესები კოქი

პირობითი აღნიშვნები

$J$  — ინერციის მომენტი  
 $W$  — წინაღობის მომენტი  
 $r$  — ინერციის რადიუსი

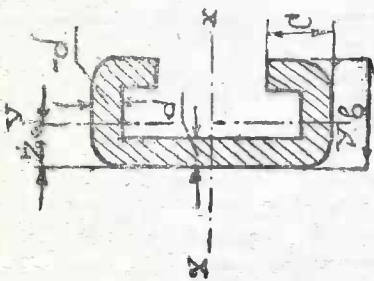


პროფილ №	I გრძივი მართკმ	ზომები მილიმეტრებში				ფაქტიური $F$ სპ	x-x ღერძები			y-y ღერძი			
		h	b	d	l		$r_1$	$r_2$	$J_x$ სმ <sup>4</sup>	$W_x$ სმ <sup>3</sup>	$r_x$ სმ	$J_y$ სმ <sup>4</sup>	$W_y$ სმ <sup>3</sup>
18	6,5	180	52	3,2	5,0	6	3	10,92	60,0	7,07	10	3,96	0,96
20	9,9	200	56	3,5	5,2	7	4	12,68	76,7	7,78	13	47,5	1,81
22	14,10	220	75	4,5	5,5	8	4	17,97	119,3	8,56	32	13,3	1,33
24	17,80	240	90	5,0	6,0	9	4	22,69	167,0	9,43	60	22,4	1,63

გაგლინული ფოლადი-  
ლითონის კონსტრუქციებისათვის  
დატვირთული შეველერები

პირობითი აღნიშვნები

$J$ —ინერციის მომენტი  
 $W$ —წინაღობის მომენტი  
 $r$ —ინერციის რადიუსი



პროფილ. №	I კლ. მტ.	ზომები მმ-ში					მკვობის $F$ სმ	x-x დგობი			y-y დგობი			სტრუქტურული კლასი		
		H		c		d		$J_x$ სმ <sup>4</sup>		$W_x$ სმ <sup>3</sup>	$r_x$ სმ	$J_y$ სმ <sup>4</sup>			$W_y$ სმ <sup>3</sup>	$r_y$ სმ
		3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13		14	
80	2,86					3,64	36,9	9,22	3,18	8,52	3,88	1,53	1,48			
	3,20	80	40	15	2,25	4,07	41,00	10,26	3,17	9,58	3,72	1,52	1,48			
	3,53				2,50	4,50	45,00	11,25	3,16	10,22	4,06	1,51	1,48			
	4,19				3,00	5,34	52,70	13,18	3,14	11,18	4,68	1,49	1,48			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100	3,17 3,55 3,92 4,66	100	40	15	2,00 2,25 2,50 3,00	4,04 4,52 5,00 5,94	62,20 69,20 76,10 89,4	12,44 13,85 15,22 17,89	3,92 3,91 3,90 3,88	9,20 10,14 11,05 12,76	3,46 3,81 4,16 4,81	1,51 1,50 1,49 1,47	1,34 1,34 1,34 1,34
120	3,40 3,90 4,32 5,13	120	40	15	2,00 2,25 2,50 3,00	4,44 4,97 5,50 6,54	95,6 106,5 117,2 138,0	15,93 17,75 19,54 23,00	4,64 4,63 4,62 4,59	9,76 10,76 11,70 13,54	3,52 3,89 4,25 4,90	1,48 1,47 1,46 1,44	1,23 1,23 1,23 1,24
140	3,80 4,26 4,71 5,60	140	40	15	2,00 2,25 2,50 3,00	4,84 5,42 6,00 7,14	137,9 153,7 169,3 199,7	19,69 21,96 24,19 28,52	5,34 5,32 5,31 5,29	10,23 11,28 12,29 14,19	3,57 3,94 4,30 4,97	1,45 1,44 1,43 1,41	1,14 1,14 1,14 1,14
160	4,11 4,61 5,10 6,08	160	40	15	2,00 2,25 2,50 3,00	5,24 5,87 6,50 7,74	189,8 211,8 233,4 275,6	23,72 26,47 29,18 34,45	6,02 6,00 5,99 5,97	10,63 11,72 12,77 14,75	3,61 3,98 4,35 5,03	1,42 1,41 1,40 1,38	1,06 1,06 1,06 1,07
180	4,43 4,96 5,50 6,55	180	40	15	2,00 2,25 2,50 3,00	5,64 6,32 7,00 8,34	255,2 281,6 310,5 367,0	28,02 31,29 34,50 40,78	6,69 6,67 6,66 6,63	10,98 12,09 13,18 15,22	3,65 4,02 4,39 5,08	1,40 1,38 1,37 1,35	0,99 0,99 0,99 1,00
200	5,32 5,89 7,02	200	40	15	2,25 2,50 3,00	6,77 7,50 8,94	36,4 40,8 47,5	36,4 40,2 47,5	7,33 7,32 7,29	12,5 13,6 15,7	4,06 4,43 5,13	1,86 1,34 1,32	0,93 0,94 0,94



ფაშა 20 836.

---

Инж. А. М. ДЖАНГИДЗЕ

**КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК  
ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ**

(на груз. языке)

---

Гос. Техиздат ГССР „Техника да შრომა“  
Тбилиси 1947