

ნ ა უ მ ნ თ ა ს ტ ა ტ ი კ ა

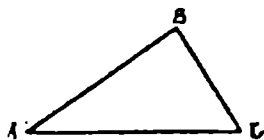
თარგმანი ინე. მ. დ. კუჭაიძის

პასუხისმგებელი რედაქტორი: შ. გაბრიჩიძე
ლიტრედაქტორი: შ. აფხაიძე
კორექტორი: ა. კალანდარაშვილი
გადაეცა წარმოებას 15/XI 1934 წ.
ხელმოწერილია დასაბეჭდათ 15/I 1935 წ.
ქ. ზ. 52X94 ზ. 6X10
მთავლიტის რწმ. № 3536
ტირაჟი 1.500 შეკვ. 609.

სახელგამის 1 სტამბა პლ. პრ. 91.

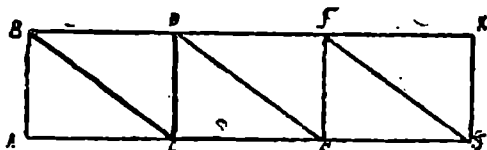
§ 1. წამყვანის შედგენა

ABC სამკუთხედის გვერდების თანაგვარად დალაგებული სამი ღერო (ნახ. 1), რომელთა ბოლოები წყვილწყვილად არიან შეერთებული კანქიკებით (სახსრებით) და, რომელიც ერთიმეორის მიმართ უხახუნოთ ბრუნავენ, უმარტივეს წამწეს ქმნიან; წამწეს A , B და C სახსრები კვანძებით იწოდებიან.



ნახ. 1.

სამკუთხოვან ABC წამწეს (ნახ. 2), DB და DC ღეროებით შეუერთებენ D კვანძს, ასევე ED და EC ღეროებით დაუმატებენ E კვანძს; FD და FE ღეროებით F კვანძს, GF და GE ღეროებით G კვანძს, და, დაბოლოს KF და KG ღეროებით K კვანძს,

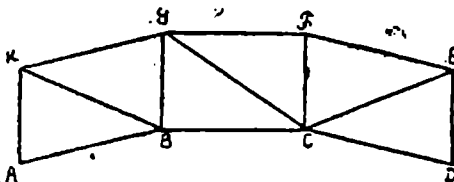


ნახ. 2.

რითაც რვაკუთხიან და ცამეტღეროიან $ABKG$ წამწეს შეადგენენ.

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია $AKED$ წამწე, რომლის A , B , C და D კვანძები მრულზე მდებარეობენ; ეს წამწე

შესდგება BGC სამკუთხოვანი წამწესა და დამატებულ კვანძებისაგან KB და KG ღეროების გაელებით იქმნება K კვანძი, AB და AK ღეროებით A კვანძი, FG და FC ღეროებით F კვანძი, FE და CE ღეროებით E კვანძი და, დაბოლოს, ED და CD ღეროებით D კვანძი.



ნახ. 3.

ზემოდმოყვანილი ხერხით შედგენილ წამწეებში მოთავსებულ ღეროთა r რიცხვი სავსებით განიზღვრება კვანძთა n რიცხვით, სახელდობრ: პირველი სამი კვანძისათვის სამი

ღეროა საჭირო, თითოეულ შემდეგ კვანძისათვის კი ორ-ორი ღერო, მაშასადამე:

(1)

$$r = 3 + (n - 3) \cdot 2 = 2n - 3$$

წამწეს ზემოდან შემომჟარგვლელი ღეროები ზედა სარტყელს ქმნიან, ქვედა კი — ქვედა სარტყელს; ამ სარტყლებს შორის მოთავსებულ ღეროებს წამწეს რიკულები ეწოდება; იგინი შვეულ ღეროებისაგან — ბრჯენებისაგან და ირიბა ღეროებისაგან შესდგებიან. ზედა და ქვედა სარტყლების კვანძები თანატოლ მანძილებით არიან ერთმანეთისაგან დაშორებული (სულ ერთია თარაზული იქნება სარტყელი, თუ მრუდხაზობრივი); ამ თანატოლ მანძილებს წამწეს პანელები ჰქვია.

§ 2. საყრდნობები.

მდგარობისათვის წამწე უძრავ სხეულზე ან მიწასთან უნდა იყოს მიმაგრებული; ამ სამაგრების როლს საყრდნობები ასრულებენ.

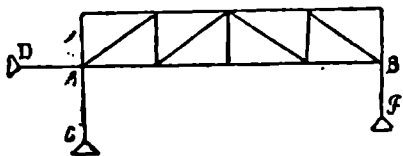
AB წამწე (ნახ. 4) მაგრდება *AC* ღეროთი. *AC* ღეროს *C* ბოლო მიწაზეა მიმაგრებული, *A* ბოლო კი წამწეზეა მიბჯენილი.

წამწეს *A* წერტილს არ შეუძლია მოძრაობა საყრდნობის *CA* ღეროს გასწვრივ, თუმცა შეუძლია ბრუნვა *C* ცენტრიან და *CA* რადიუსიან წრეხაზზე.

საყრდნობის მეორე *DA* ღეროს დამატებით, რომელიც *D* ბოლოთი მიწას ეყრდნობა და არ არის *CA* ღეროს პარალელური, ჩვენ უძრაობაში მოვიყვანთ *A* წერტილს, ე. ი. იგი არავეითარ გადაადგილებას არ შეასრულებს წამწეს სიბრტყეში.

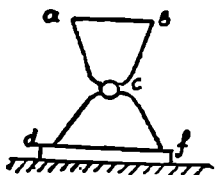
A წერტილის უძრაობის დროს *AB* წამწეს შეუძლია *A* წერტილის გარშემო ბრუნვა. წამწე უძრაობაში რომ მოვიყვანოთ, საყრდნობის მესამე *BF* ღერო უნდა დაუმატოთ განსახილველ სისტემას. *BF* ღერო *F* წერტილით მიწაზეა დაყრდნობილი, *B* წერტილით კი წამწეს ებჯინება.

საყრდნობის ორი არა პარალელური ღეროს სათანადო უძრავი საყრდნობი *C* სახსრიანი ბალანსირის სახითაა მოწყობილი (ნახ. 5); ბალანსირის ზედა ნაწილი წამწესთანაა შეერთებული, ქვედა კი მიწასთან.

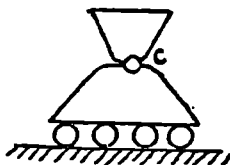


ნახ. 4.

მოძრავი ანუ მერყევი საყრდნობი, რომელიც მხოლოდ საყრდნობის ერთ ღეროს ეთანადება, C სახსრიანი ბალანსირის სახითაა მოწყობილი (ნახ. 6), რომლის ქვედა ნაწილი D საგორველებით სრიალებს.



ნახ. 5.



ნახ. 6.

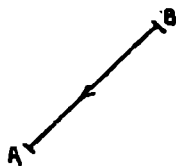
უძრავი საყრდნობი სქემატიურად ქვემოლ წახაზული სამკუთხედითაა წარმოდგენილი (ნახ. 7), მოძრავი კი საგორველებზე დამდგარ სამკუთხედით (ნახ. 8).



ნახ. 7.



ნახ. 8.



ნახ. 9.

§ 3. წამყვანის წონასწორობის პირობები.

ყოველი ძალა ხასიათდება: 1) ძალის ქმედების ხაზით; 2) ისრით აღნიშნული ძალის ქმედების მიმართულებით (ნახ. 9); 3) ძალის სიდიდით, რომელიც ტონებით ან კილოგრამებით იზომება და ძალთა მასშტაბში სწორი ხაზის სიგრძით გამოისახება; 4) ძალის მოღების წერტილით.

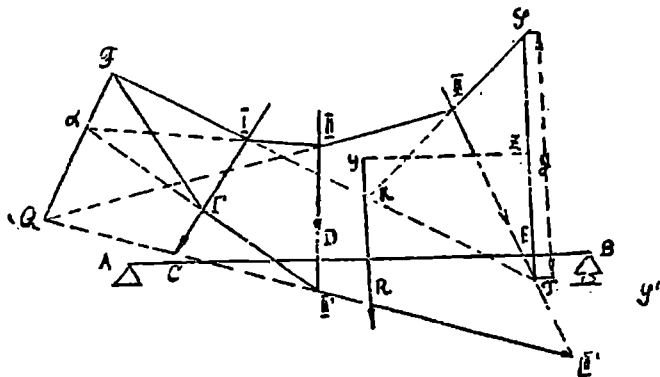
იგულისხმება, რომ წამყვანზე მოქმედი ძალები წამყვანს კვანძებზეა მოდებული და წამყვანს სიბრტყეშია განრიგებული. წამყვანს კვანძებზე მოდებული ძალები წამყვანს საყრდნობებში ისეთი სიდიდის უკუქმედებას წარმოშობენ, რომელნიც წონასწორობაში მოიყვანენ მოცემულ ძალებს; ამ საყრდნობთა უკუქმედებას რეაქციები ეწოდება; მათ აგრეთვე პასიურ გარეძალებს უწოდებენ, მაშინ როცა მოცემულ გარეძალებს — აქტიური ძალები ეწოდება. რეაქციებს ორი ხერხით განსაზღვრავენ: ანალიზურად და გრაფიკულად. ანალიზურად ჯანზღერისათვის სტატიკის ჯამი განტოლება უნდა გამოვიყენოთ:

$$\sum X=0, \sum Y=0 \text{ და } \sum M=0,$$

ე. ი. მოცემული ძალების ჰორიზონტალურ ღერძზე გეგმილთა ჯამი, შვეულ ღერძზე გეგმილთა ჯამი და ძალთა მომენტების ჯამი უნდა უდრიდეს ნულს. რეაქციების გრაფიკული ხერხით განსაზღვრისას უნდა გამოვიყენოთ თოკის მრავალკუთხედი.

§ 4. თოკის მრავალკუთხედი.

AB კოკის C , D და E წერტილებზე მოქმედობს ძალები: I, II და III (ნახ. 10).



ნახ. 10.

ძალთა მასშტაბით ვაგებთ ძალთა მრავალკუთხედს.

ამისათვის O წერტილიდან (ნახ. 11) გავატარებთ I ძალის პარალელურს და სიდიდით ტოლს $O-I$ ვექტორს, რომლის ბოლო წერტილი I წერტილში მოხვდება; ამ უკანასკნელიდან გადავზომავთ II ძალს ტოლ და პარალელურ $I-II$ ვექტორს, რომლის ბოლო II წერტილიდან გადავზომავთ III ძალს ტოლ და პარალელურ $II-III$ ვექტორს. ძალთა $O-I-II-III$ მრავალკუთხედი ჩაიკეტება $O-III$ ვექტორით, რომელიც O -დან III წერტილისაკენ მიემართება და გრაფიკულად I, II და III ძალთა ტოლქმედს გამოხატავს. III-დან O -საკენ მიმართული ვექტორი კი I, II და III ძალთა გამაწონასწორებელი უკუქმედი ძალა იქნება.

წევარჩევთ ნებისმიერ ω პოლუსს და გავატარებთ სხივებს:

$$\omega-I, \omega-II \text{ და } \omega-III;$$

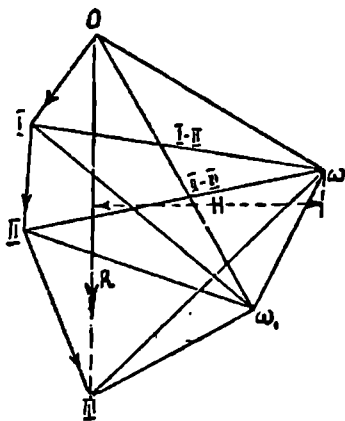
ამნაირად მივიღებთ:

$$\omega-O-I-II-III$$

ნაკვთს (ნახ. 11), რომელსაც ვარიანიონის მრავალკუთხედი ეწოდება.

ნახაზ 10-ზე: O — ω სხივის პარალელურად გავატარებთ F — I ხაზს (გვერდს), შემდეგ ω — I სხივის პარალელურად I — II ხაზს, II — ω სხივის პარალელურად II — III და, დაბოლოს, III — ω სხივის პარალელურად III — G , რითაც F — I — II — III — G თოკის მრავალკუთხედს მივიღებთ. I ძალის ბოლოზე და II ძალის დასაბამზე ვატარებული ω — I სხივი (კულმანის) მახედვით I — II სიმბოლოთი აღნიშნება; ω — II სხივი II — III აღნიშნით; ნაპირა ω — O და ω — III სხივებისათვის არავითარი განსაკუთრებული აღნიშვნები არ არის შემოღებული.

სხივების ასეთი წესით აღნიშვნა თავიდან აგვაშორებს სხივის პარალელურად თოკის მრავალკუთხედის შეუსაბამებელ გვერდის შეცდომით გავლების შესაძლებლობას.



ნახ. 11.

თოკის მრავალკუთხედზე პირველ F — I გვერდიდან უკანასკნელ III — G გვერდისაკენ რომ წავიდეთ, მაშინ ძალაზე მოთავსებულ თითოეულ წვეროსთან შეგვხვდება მომქცევი (წინმავეალი) და უკუმქცევი (მიმყოლი) გვერდები. ვარინიონის მრავალკუთხედში თითოეულ ძალას აქვს ძალის დასაბამზე და ბოლოზე გამავალი სხივები, სხვაგვარად ამ სხივებს საწყისი და ბოლო სხივები ეწოდება.

თოკის მრავალკუთხედის აგების წესი ასე გამოითქმება: თითოეულ მოცემულ ძალისათვის თოკის მრავალკუთხედის მომქცევი (წინმავეალი) გვერდი ვარინიონის მრავალკუთხედის საწყისი სხივის პარალელურია, უკუმქცევი (მიმყოლი) გვერდი კი ბოლო სხივის პარალელურია.

თოკის მრავალკუთხედს მრავალი თვისებები აქვს, რომელნიც ქვემოთ თეორემებით გამოითქმებიან:

თეორემა I. მოცემულ ძალთა მოდების წერტილი თოკის მრავალკუთხედის ნაპირა გვერდების გადაკვეთის წერტილით განიზღვრება.

უნდა დავამტკიცოთ, რომ O — III ძალის მოდების წერტილი (ნახ. 11) ნაპირა F — I და III — G გვერდთა გადაკვეთის (ნახ. 10) K წერტილში ხვდება.

ვარინიონის მრავალკუთხედიდან ჩანს, რომ ნებისმიერი ძალა, მაგალითად I—II ძალა, შეიძლება დაიშალოს მდგენელებად, რომელთა სიდიდე სათანადო სხივებით, მაგალითად I—ა და ა—II სხივებით განიზღვრება, და რომელთა მიმართულებაც მიჰყვება თოკის მრავალკუთხედის სათანადო გვერდებს (მაგალითად, I—II და II—III). ამნაირად ასეთი გეომეტრიული ტოლობები გვექნება (ნახ. 11):

$$0-I = (0-a+a-I) \text{ ტოლქმედი,}$$

$$I-II = (I-a+a-II) \text{ ტოლქმედი,}$$

$$II-III = (II-a+a-III) \text{ ტოლქმედი.}$$

ამ ტოლობათა შეკრებით და მათი 0 წერტილზე ტოლ და წინაუქმო ძალთა სახით დაყვანით (ასე, მაგალითად

$$a-I+I-a=0),$$

მივიღებთ:

$$\text{ტოლქმედი } (\overbrace{0-I} + \overbrace{I-II} + \overbrace{II-III}) = \text{ტოლქმედ } (\overbrace{0-a+a-III}).$$

0—ა და ა—III ძალთა მდებარეობა F—I და III—G გვერდებითაა მითითებული, მაშასადამე, ამ გვერდთა თანაკვეთა მოცემულ ძალთა 0—III ტოლქმედის მოღების წერტილს მოგვცემს.

თეორემა II. მოცემულ ძალთა სისტემაზე ვარინიონის ორ სამკუთხედის სათანადო ორი თოკის მრავალკუთხედი რომ ავავოთ, მაშინ ორთავე თოკის მრავალკუთხედების სათანადო გვერდთა თანაკვეთის წერტილები ვარინიონის მრავალკუთხედების პოლუსების მათემატიკური ხაზის პარალელურ ერთ სწორხაზზე მოთავსდებიან.

მოცემულ I, II და III ძალებზე ა და ა₁ პოლუსებიანი ვარინიონის ორი მრავალკუთხედი (ნახ. 11) და ორი F—I—II—III—G და F—I'—II'—III'—G' თოკის მრავალკუთხედი აგებული (ნახ. 10); სათანადო F—I და F—I' გვერდები F წერტილში იკვეთებიან, I—II და I'—II' გვერდები L წერტილში და II—III და II'—III' გვერდები Q წერტილში.

უნდა დავამტკიცოთ, რომ F—L და L—Q სწორხაზები (ნახ. 10) ა—ა' სწორხაზის (ნახ. 11) პარალელურნი არიან.

მოცემული ძალა I წონასწორდება I—ა და ა—0 სხივებით გაშლასხული (ნახ. 11) და I—II და F—I გვერდებზე მიმართული (ნახ. 10) ძალების ქმედებით; ასევე I წერტილში გადატანილი I ძალა F—I და

I — II გვერდებზე (ნახ. 10) მიმართულ $O - \omega'$ და $\omega' - I$ ძალებად (ნახ. 11) დაიშლება.

ერთიდაიგივე ძალის მდგენელები და გამაწონასწორებლები ურთიერთ უნდა წონასწორდებოდნენ, ე. ი.

$$[(I-\omega) + (\omega-0) + (0-\omega') + (\omega'-I)] \text{ ტოლქმედი} = 0,$$

მაშასადამე,

$$[(I-\omega) + (\omega-1)] \text{ ტოლქმედი} = [(\omega-0) + (0-\omega')]$$

ტოლქმედის ტოლი და შებრუნებულია, მაგრამ

$$[(I-\omega) + (\omega'-1)] \text{ ტოლქმედი} = \omega_1 - \omega$$

გვერდის პარალელურად გაივლის L წერტილზე; $(\omega-0)$ და $(0-\omega')$ ძალთა ტოლქმედი კი $\omega - \omega_1$ გვერდის პარალელურად გადის F წერტილზე და ემთხვევა პირველ ტოლქმედს $[(I-\omega) + (\omega'-1)]$; მაშასადამე, LF ხაზი $(\omega_1 - \omega)$ ხაზის პარალელურია. ასევე მტკიცდება, რომ LQ სწორხაზი $\parallel (\omega - \omega_1)$.

თეორემა III. მოცემული წერტილის მიმართ მოცემული ძალების სტატიკური მომენტი წარმოადგენს პოლუსიდან მოცემულ ძალთა ტოლქმედამდე დაშორების მანძილის ნამრავლს ტოლქმედის პარალელურ სწორი ხაზის იმ მონაკვეთზე (ორდინატაზე), რომელიც მოცემულ წერტილზე გადის და თოკის მრავალკუთხედის ნაკირა გვერდებითაა მოკვეთილი.

მოცემული I, II და III ძალების (ნახ. 10) სტატიკური მომენტი Z წერტილის მიმართ უდრის ამ ძალთა $O - III = R$ ტოლქმედის სტატიკურ მომენტს იგივე Z წერტილის მიმართ, ე. ი. R ძალის ZY მხარზე ნამრავლს წარმოადგენს [თავის მხრივ ZY მხარი Z წერტილიდან K წერტილზე გამავალ R ტოლქმედზე დაშვებულ პერპენდიკულიარს წარმოადგენს (ნახ. 10)].

HGT (ნახ. 10) და $OIII\omega$ (ნახ. 11) სამკუთხედების მსგავსებიდან (რომელთაც სათანადოთ თანაპარალელური გვერდები აქვთ), გამომდინარეობს, რომ

$$\frac{GT}{ZY} = \frac{OIII}{\omega X},$$

სადაც:

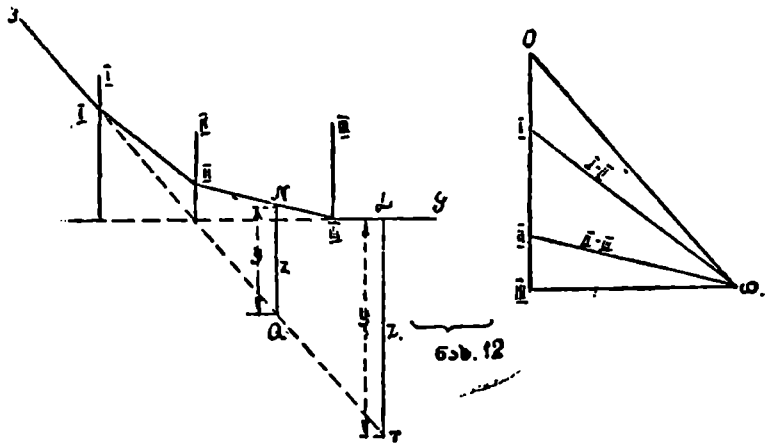
$$ZY \perp KR \text{ და } \omega X \perp OIII;$$

$$O III \cdot ZY = \omega X \cdot GT,$$

ანუ

$$R \cdot ZY = H \cdot y.$$

აქ H — ძალთა მასშტაბში იზომება, y კი ხაზობრივ მასშტაბში. განსაკუთრებით მარტივ სახეს მიიღებს პარალელური I, II და III ძალების (ნახ. 12) სტატიკურ მომენტის გამოსახულება. ძალთა მრავალკუთხედი



ნახ. 12.

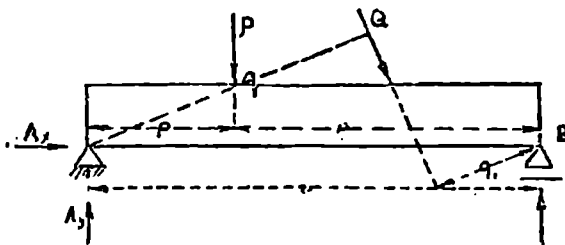
ვალკუთხედი $O-I-II-III$ სახეს მიიღებს, ვარიანონის მრავალკუთხედი $\omega-O-III$ (აქ ω პოლუსი $O III$ ხაზის პერპენდიკულარზეა აღებული) და თოკის მრავალკუთხედი $F-I-II-III-G$.

მოცემული ძალების სტატიკური მომენტი Z წერტილის მიმართ Hy სიდიდის ტოლია, სადაც H საპოლუსო ωIII მანძილია, y -ი კი LT ორდინატაა. მაშ, ძალთა მომენტი თოკის მრავალკუთხედის ნაპირა გვერდებსშორისი ორდინატებისა და საპოლუსო მანძილის ნამრავლის ტოლია.

მოცემულ ძალთა წონასწორობისათვის გრაფიკული წესებით საჭიროა, რომ: ა) ძალთა მრავალკუთხედი იყოს ჩაკეტილი და ბ) თოკის მრავალკუთხედი იყოს ჩაკეტილი. პირველი პირობა შემდეგ ანალიზურ პირობას ეთანადება: ძალთა წონასწორობის შემთხვევაში, ძალთა ტოლქმედი $R=0$. მეორე პირობისათვის კი ანალიზური მეორე პირობა უნდა გამოვიყენოთ: რომ ტოლქმედის მომენტი $=0$.

§ 5. საყრდნობთა წინალობანი.

ა. ანალიზური ხერხი. მოცემულია AB წამწე, რომელზედაც მოქმედობენ P და Q ძალები (ნახ. 13); საჭიროა განისაზღვროს საყრდნობთა წინალობანი ანუ რეაქციები.



ნახ. 13.

B წერტილში მხოლოდ შვეული რეაქცია წარმოიშობა, რომელსაც ჩვენ B ასოთი აღვნიშნავთ და ვივულისხმებთ, რომ იგი ზემოთაა მიმართული; B საყრდნობში პორიზონტალური რეაქცია არ წარმოიშობა, რადგან AB წამწეს B საყრდნობს პორიზონტალური მიმართულებით თავისუფლად შეუძლია (საგორველებზე) მოძრაობა.

A საყრდნობში რეაქცია ნებისმიერად მიემართება, მაგრამ მას ჩვენ A_x პორიზონტალურ და A_y შვეულ რეაქციებად დავშლით; ამ რეაქციათა ქმედების მიმართულებაზე ვვულისხმობთ, რომ რეაქციებს ნახაზზე მოყვანილი ისრების მიმართულება აქვთ.

ამნაირად სამი უცნობი A_x , A_y და B რეაქციები გვაქვს. მათი განსაზღვრისათვის სტატიკის სამი განტოლება გამოვიყენოთ:

$$\sum X=0, \sum Y=0 \text{ და } \sum M=0.$$

აღვებრული გამოანგარიშების სახერხულობისათვის სასურველია ერთუცნობიანი განტოლებების შიღება. ამისათვის, როცა გვსურს B რეაქციის გამოანგარიშება, მაშინ ორი A_x და A_y უცნობის თანაქვეთის A წერტილის ვპოულობთ და B ძალიდან დაწყებული შევადგინოთ $\sum M$; A_x და A_y რეაქციების მომენტები A წერტილის მიმართ ნულებია; რადგანაც ამ რეაქციების მომენტთა მხრები ნულებია. შევადგენთ მომენტთა განტოლებას, რის დროსაც საათის ისრის ბრუნვის მიმართულებას დადებითად ვთვლით, წინაუკმო მიმართულებას კი უარყოფითად:

$$\sum M_A = -B \cdot l + P \cdot p + Q \cdot q = 0 \quad (2),$$

სადაც: l , p და q წარმოადგენენ B , P და Q ძალთა მხრებს, ვ. ი. A წერტილიდან ძალთა მიმართულეებზე დაშვებული პერპენდიკულარებია. მე-(2)-რე განტოლებიდან განესაზღვრავთ B რეაქციის სიდიდეს:

$$B = \frac{P \cdot p + Q \cdot q}{l}$$

A_y რეაქციის განსაზღვრისათვის უნდა შევარჩიოთ ორი A_x და B უცნობით თანაკვეთის B წერტილი (რიტერის წერტილი), რომლის მიმართაც შევადგენთ ძალთა მომენტებს:

$$\sum M_B = A_y \cdot l - P \cdot p_1 - Q \cdot q_1 = 0,$$

საიდანაც განესაზღვრავთ A_y რეაქციის სიდიდეს:

$$A_y = \frac{P \cdot p_1 + Q \cdot q_1}{l}$$

A_x -ის განსაზღვრისათვის საჭირო A_y და B_y უცნობთა თანაკვეთის წერტილი (რიტერის წერტილი) უსასრულოდ იქნება დაკარგული (რადგან A_y და B_y რეაქციები ურთიერთ პარალელურებია); ამ შემთხვევაში $\sum M = 0$ მომენტთა განტოლების ნაცვლად, პროექციათა განტოლებას გამოიყენებენ, რის დროსაც პროექციათა ჯამს ორი დანარჩენი პარალელური უცნობის მიმართულებათა პერპენდიკულარულ მიმართულებებზე აიღებენ; ამ შემთხვევაში ეს მიმართულება X ღერძს ეთავსება:

$$(2'), \quad \sum X = A_x + Q \cos \alpha = 0$$

სადაც ძალის დადებით მიმართულებათ მიღებულია მიმართულება მარცხნიდან მარჯვნივ.

(2') განტოლებიდან განესაზღვრავთ A_x რეაქციის სიდიდეს:

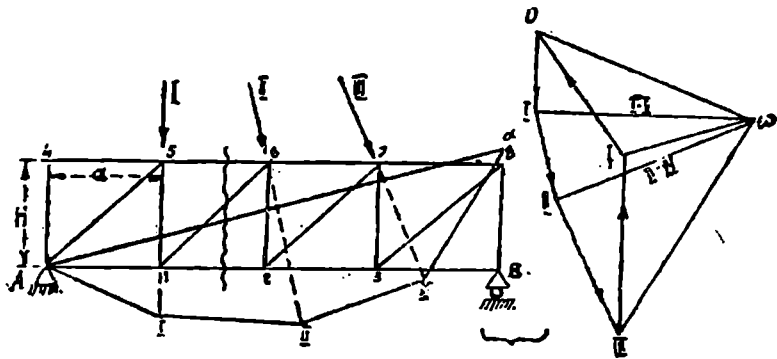
$$A_x = -Q \cdot \cos \alpha.$$

ბ. გ რ ა ფ ი კ უ ლ ი ხ ე რ ხ ი. მოცემულია AB წამწე, რომელზედაც მოქმედობენ აქტიური გარეძალები I, II და III (ნახ. 14). საჭიროა საყრდნობთა რეაქციების განსაზღვრა: B შეუღლი რეაქციის და ჯერ გაურკვეველი მიმართულების მქონე A რეაქციის.

ვაგებთ ძალთა 0—I—II—III მრავალკუთხედს და ვარიინონის მრავალკუთხედს α —0—III.

წამწეს წონასწორობისათვის რეაქციებმა უნდა გააწონასწორონ მომქმედი გარეძალები, რისთვისაც როგორც ძალთა მრავალკუთხედი, ისე თოკის მრავალკუთხედი ჩაკეტილი უნდა იყოს. თოკის მრავალკუთხედის წვეროები გარეძალებზე მდებარეობენ, რომელთაგანაც A

რეაქციის მიმართულება უცნობია, მაგრამ ცნობილია, რომ ეს რეაქცია გადის A წერტილზე; ამ წერტილით ვისარგებლებთ მასში თოკის მრავალკუთხედის წვეროს მოსათავსებლად. ამ A წვეროზე გავატარებთ Oa საწყისი სხივის პარალელურ I ძალის სათანადო გვერდს მისი I ძალასთან თანაკვეთამდე; მივიღებთ I წვეროს. შემდეგ § 4-ში მითითებული წესების მიხედვით ავაგებთ თოკის $A-I-II-III-d$ მრავალკუთხედს.

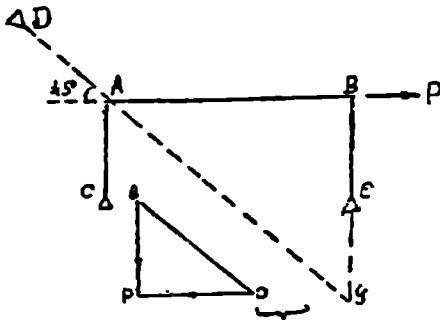


ნახ. 14.

რადგან ეს თოკის მრავალკუთხედი ჩაკეტილი უნდა იყოს, ამიტომ საწყის A და ბოლო d წვეროებზე გავატარებთ ჩამკეტავ Ad სწორხაზს.

ვარინიონის მრავალკუთხედში ჩამკეტავი Ad ხაზის პარალელურად გავატარებთ af სხივს, რომელიც B რეაქციას გამოჰყოფს A რეაქციისაგან. B რეაქციაზე ძევს d წვერო $III d$ და dA გვერდებით, მაშასადამე, ვარინიონის მრავალკუთხედში B რეაქცია მოთავსებულია ნათქვამი გვერდების პარალელურ $III a$ და af სხივებს შორის; ზეული $III f$ ხაზი სიდიდით და მიმართულებით გამოხატავს B რეაქციას. ძალთა მრავალკუთხედის ჩამკეტი fO გამოხატავს A რეაქციას; ამ A რეაქციის მომქცევი მხარი dA მონაკვეთით გამოიხატება, უკუ-მქცევი კი AI -ით; საწყისი სხივია fa , ბოლო სხივი კი Oa იქნება. ძალთა მრავალკუთხედში ამ რეაქციისათვის ისართა მიმართულება ეთანხმება I , II და III ძალთა ისრების მიმართულებას (იხ. ნახ. 14).

1. განესაზღვროთ სამი C , D და E საყრდნო ღეროებზე დაყრდნობილი AB ღეროს რეაქციები, როცა მასზე მოქმედობს P ძალა (ნახ. 15).



ნახ. 15.

პასუხი: E რეაქციას განესაზღვრავეთ $\sum M_A = 0$ განტოლებიდან, C რეაქციას $\sum M_C = 0$ განტოლებიდან და D რეაქციას $\sum X = 0$ განტოლებიდან.

გრაფიკულად P ძალა ერთ წერტილში სამ არათანამკვეთ E , C და D მიმართულებებით უნდა დაეშალოთ (კულმანის წესი), რისთვისაც ოთხ P , E , C და D ძალებს ორ $P-E$ და $C-D$ წვევილძალათ დაეშლით;

ამ წვევილძალთა თანაკვეთის B და A წერტილები (სახსრები) განსაზღვრავენ დამხმარე BA მიმართულებას.

P ძალის ორ E და BA გამაწონასწორებელ ძალად დაშლით მივიღებთ:

$$E = 0 \text{ და } BA = P.$$

დამხმარე BA ძალას ორ C და D მდგენელებად დაეშლით (ძალთა განსაკუთრებულ გეგმაში bP და cb მდგენელებად) და ვპოულობთ:

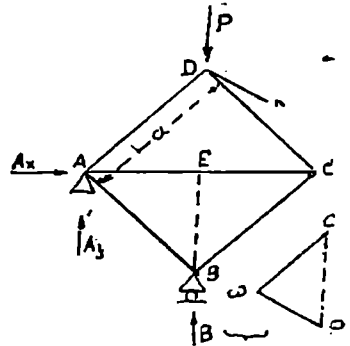
$$C = \frac{1}{2} P \text{ და } D = \frac{1}{2} P\sqrt{2}.$$

2. განსაზღვრეთ P ძალის ქმედებით $ABCD$ წამწეში წარმოშობილი რეაქციები (ნახ. 16).

პასუხი:

$$B = \uparrow P; \quad A_y = 0; \quad A_x = 0.$$

P ძალა გრაფიკულად ორ გამაწონასწორებელ ძალად უნდა დაეშალოთ, სახელდობრ: შეეულ B რეაქციათ და უცნობი მიმართულების A რეაქციათ.



ნახ. 16.

ავაგებთ თოკის მრავალკუთხედს, რომლის ერთი წვერო A რეაქციის A წერტილშია მოთავსებული, მეორე წვერო P ძალის D წერ-

ტილში ხედება; თოკის პრაველკუთხედის პირველი გვერდია AD . მაგრამ D წერტილი B რეაქციაზედაც ძევს, ასე რომ D წერტილი მესამე წვეროს წარმოადგენს, ამისგანაო თოკის პრაველკუთხედის ერთი გვერდი ნულად იქცევა და ნებისმიერი DK ხაზის სახით წარმოიდგინება; ჩამკეტი გვერდია DA . ვარიინონის პრაველკუთხედში ერთი სხივია AO ; მეორე $AP \parallel DK$ გამყოფი სხივი ისევ O არის და ძალთა პრაველკუთხედიდან ჩანს, რომ:

რეაქცია $A=O$ და რეაქცია $B=\uparrow P$.

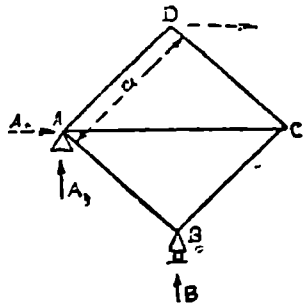
3. განსაზღვრეთ ჰორიზონტალური P ძალით $ABCD$ წამწეში წარმოშობილი რეაქციები (ნახ. 17).

პასუხი:

$$B = \uparrow P, A_y = \downarrow P; A_x = \leftarrow P.$$

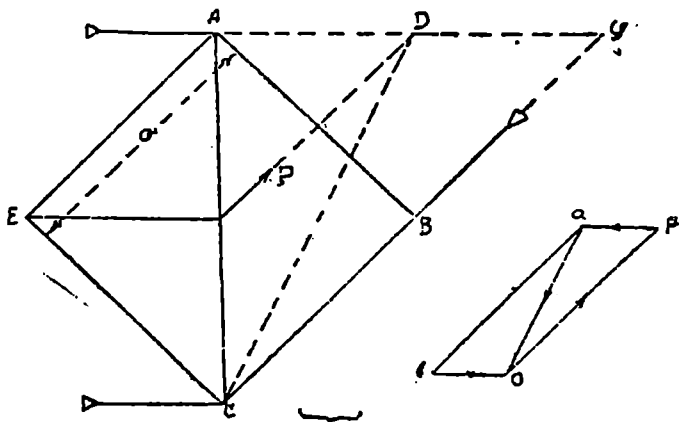
4. განსაზღვრეთ P ძალის ქმედებით $ABCE$ წამწეს რეაქციები, საყრდნობთა A , B და C ლერძებში (ნახ. 18).

პასუხი: A რეაქციას განესაზღვრავთ $\sum M_C = 0$ განტოლებიდან; B რეაქციას $\sum Y = 0$ განტოლებიდან და C რეაქციას კი $\sum M_G = 0$ განტოლებიდან;



ნახ. 17

$$A = \leftarrow P \frac{\sqrt{2}}{4}; B = \uparrow P; C = \rightarrow P \frac{\sqrt{2}}{4}.$$

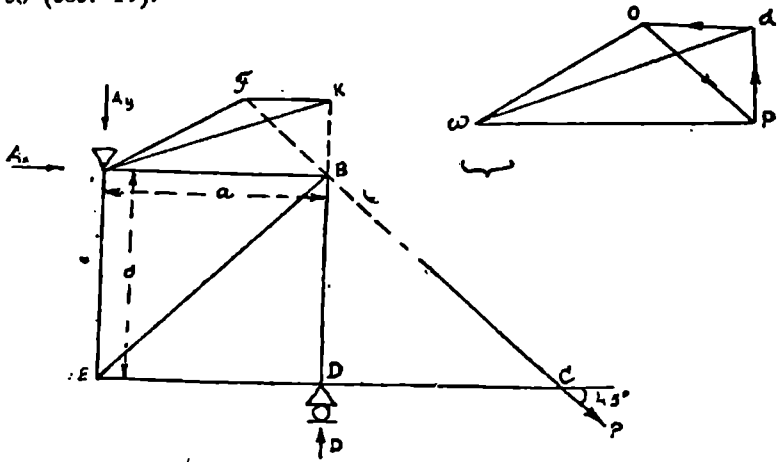


ნახ. 18.

P ძალა გრაფიკულად სამ A , B და C ძალათ უნდა დავშალოთ. P და A ძალთა თანაკვეთა D წერტილში ხვდება, B და C ძალთა თანაკვეთა კი C წერტილში; DC იქნება დამხმარე მიმართულება. ძალთა განსაკუთრებულ გეგმაზე P ძალას დავშლით Pa და aO გამაწონასწორებელ მდგენელებათ, შემდეგ aO ძალას დავშლით ab და bi მდგენელებათ. ძალთა მასშტაბში გავზომოთ ძალები:

$$A = Pa; \quad B = ab \quad \text{და} \quad C = bi.$$

5. განსაზღვრეთ P ძალით გამოწვეული რეაქციები $ABCDE$ წამშეში (ნახ. 19).



ნახ. 19.

პასუხი:

$$A_x = \leftarrow P \frac{\sqrt{2}}{2};$$

$$A_y = 0;$$

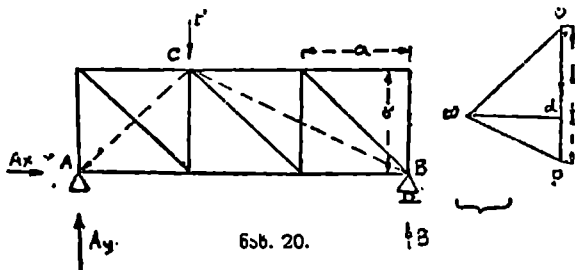
$$D = \uparrow P \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

გრაფიკულად დავსახავთ თოკის მრავალკუთხედის AF და FK გვერდებს და მივიღებთ AK ჩამკეტს. ამ გვერდების მიხედვით ვარიონონის მრავალკუთხედზე გვატარებთ Oa და Pa სხივებს, რითაც განვსაზღვრავთ a პოლუსს. გამყოფი ad სხივის გატარებით განვსაზღვრავთ რეაქციებს:

$$D = Pd \quad \text{და} \quad A = dO.$$

6. განსაზღვრეთ P ძალის ქმედებით ACB წამწეში წარმოშობილი რეაქციები (ნახ. 20).

პასუხი: $A_x=0$; $A_y=\uparrow \frac{2}{3}P$; $B=\uparrow \frac{1}{3}P$.

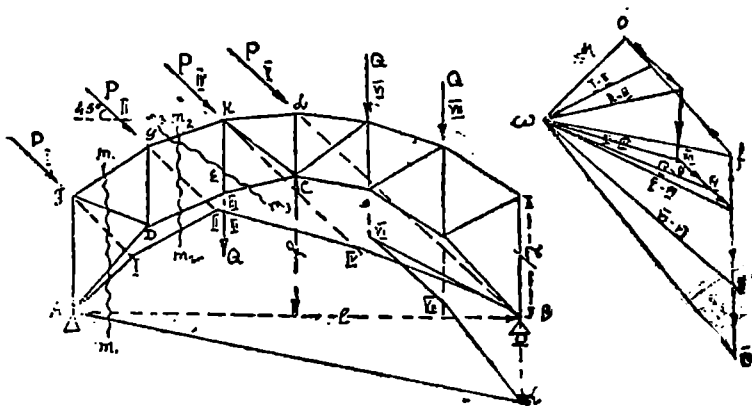


ნახ. 20.

გრაფიკულად დავსახავთ თოკის მრავალკუთხედის AC და CB ჯვერდებს და მივიღებთ BA ჩამკეტს. ვარინიონის მრავალკუთხედზე დავსახავთ Ow და Pw სხივებს, რითაც განვსაზღვრავთ w პოლუსს, გავატარებთ გამყოფ wd სხივს და განვსაზღვრავთ რეაქციებს:

$$B=Pd \text{ და } A=dO.$$

7. ACB წამწეს ქვედა სარტყლის A, D, E, C კვანძები და ზედა სარტყლის F, G, K და L კვანძები კონცენტრიული წრეების რკალზე დალაგებული; ამ წამწეზე მოქმედობს Q შვეული ძალები და ჰორიზონტთან 45° კუთხით მოქმედი P ძალები (ნახ. 21). განსაზღვრეთ ამ ძალებით წამწეში წარმოშობილი რეაქციები.



ნახ. 21.

პახუზი: გრაფიკული ხერხის გამოყენების დროს უძრავი A საყრდნობის მიერ წარმოშობილ გარეძალებს რომაული ციფრებით აღვნიშნავთ და გავატარებთ m_1, m_2, m_3 და ა. შ. კვეთებს; m_3 კვეთი იმაზე მიგვითითებს, რომ II ძალას E კვანძზე მოდებული Q ძალა მოჰყვება. ვაგებთ $0-I-II-III$. VII ძალთა მრავალკუთხედს და a პოლუსიან ვარიანიონის მრავალკუთხედს. თოკის მრავალკუთხედის პირველი გვერდი გაივლის A წერტილზე; ავაგებთ ამ $A-I-II-III-...-VII$ ძალთა მრავალკუთხედს, და, განესაზღვრავთ d წერტილსა და Ad ჩამკეტს. Ad ჩამკეტის პარალელურად ვარიანიონის მრავალკუთხედში გავატარებთ af გამყოფ სხივს, რომლითაც განიზღვრება რეაქციები:

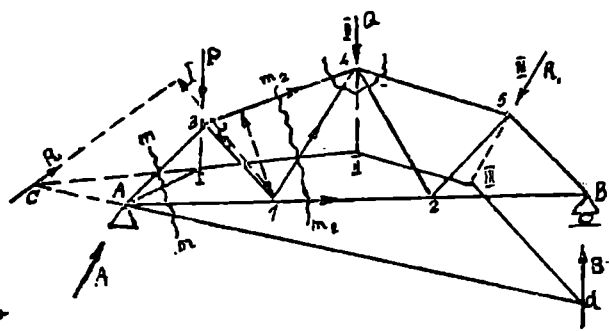
$$B = VII - f \quad \text{და} \quad A = f - 0.$$

§ 6. ძალდონეები წაშვას ღეროებში

წამწეს კვანძებზე მოდებული აქტიური გარეძალები გამოიწვევენ პასიურ გარეძალებს ანუ საყრდნობთა წინაღობებს (რეაქციებს), აგრედე წამწეს ღეროებში გამოიწვევენ ძალდონეებს და წოდებულ მომქმედ შიდაძალებს.

ამ ძალდონეების გამოსამკლავებლად წამწეზე აზრათ გაატარებენ კვეთებს.

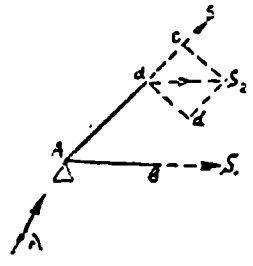
ეთქვათ, განსახილველად მოცემულია AB წამწე (ნახ. 22).



ნახ. 22.

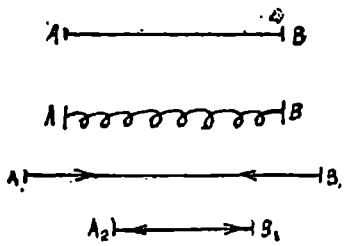
P, Q და R ძალთა გავლენით წარმოიშობა A და B რეაქციები და ძალდონეები ღეროებში. $A1$ და $A3$ ღეროებში ძალდონეთა გამოსაშკარავებლათ აზრათ გავატაროთ mm კვეთი და განვიხილოთ ამ კვეთის მარცხნივ მოთავსებული წამწეს aAb ნაწილი (ნახ. 23).

ამ ნაწილზე მოქმედობს A რეაქცია. aAB ნაწილის წონასწორობისათვის a და b წერტილებზე წამწეს მოკვეთილი მარჯვენა ნაწილის მოქმედების მაგივრობის გამწვევი S და S_1 ძალონეები უნდა მოვლიათ. ეს S და S_1 ძალონეები Aa და Ab ღეროების გასწვრივ უნდა მოქმედებდენ. ამის დასამტკიცებლად, ვიჯულისხმობთ, რომ ღეროში S_1 ძალონე ღეროს გასწვრივ კი არ მოქმედობს, არამედ ღეროს ღერძთან რაიმე დახრილი კუთხით. S_2 ძალონე ორ ac და ad სათანადო მდგენელებათ შეგვიძლია დავშალოთ; ad -ს სათანადო ძალონე Aa ღეროს ღერძის პერპენდიკულარულია; ეს ძალონე ღეროს A სახსრის გარს მოაბრუნებდა, რაიც ეწინააღმდეგება მოკვეთილი ნაწილის წონასწორობის შესაძლებლობას; ეს აზრთა წინააღმდეგობა იმას გვიჩვენებს, რომ შეუძლებელია იმის გულვება, თითქოს შეუძლებელია ძალონის ღერძთან თანათავსების შესაძლებლობა.



ნახ. 23.

შიდაძალთა (ძალონეთა) ზეგავლენით ღერო ან გაიქიმება (წაგრძელდება) ან იკუმშება (დამოკლდება). თვალთსაჩინოებისათვის AB ღერო დრეკადი AB ზმზარაკით შევცვალოთ (ნახ. 24). გ ისას



ნახ. 24.

ზამზარაკის A და B ბოლოები და B_1 მდებარეობაში გადაადგილდებიან და $A_1B_1 > AB$, მაშინ ზამზარაკი შეეცდება ძველ მდგომარეობის აღდგენას, რის გამო A_1 და B_1 კვანძებში შიგნით მიმართული ძალონეები წარმოიშვებიან (მიმზიდვის ძალონეები). ზამზარაკის დამოკლების დროს კი A_2 და B_2 კვანძებში წამზიდველი ძალონეები წარმოიშობა. ასეთთავე

მოვლენებს ვამჩნევთ წამწეს დრეკად ღეროების ზეგავლენაში მყოფ კვანძებშიაც. ამნაირად, ძალონეების შესახებ ასეთი წესები ჩამოყალიბება შეგვიძლია: კიბადი ძალონე კვანძი დრეკადი ღეროებისათვის, კუმშადი კი კვანძისაკენ მიისწრაფვება. ძალონეები და ძალები ერთმანეთს იმით ემსგავსებიან, რომ ძალონეები ისე, როგორც ძალები, კილოგრამებითა და კუბიტით იზომება და ქმედების ხაზით გარკვეული სწორი ხაზით იწინააღმდეგობა უწევს. ძალონეები ძალებისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან იმით, რომ ძალონეები

ლებს ქმედების გარკვეული მიმართულება (ისრით აღნიშნული მიმართულება) აქვთ, ძალღონეებს კი ქმედების ორი წინაუქმო მიმართულება აქვთ, რაიც იმ კვანძზეა დამოკიდებული, რომლის მიმართაც განვიხილავთ ძალღონეს: როცა ღეროს ერთი კვანძი აქვს, მაშინ მის ძალღონეს ერთი ისარი აქვს, იგივე ღეროს მეორე კვანძის დროს კი მის ძალღონეს წინაუქმო ისარი ექნება.

წამწეს კვანძთა რიცხვი n -ით აღვნიშნოთ. ჩვენ შეგვიძლია ამოვკრათ წამწეს თითოეული კვანძი, ე. ი. იგი წამწეს სხვა ნაწილები-საგან შეგვიძლია გამოვყოთ წრიული კვეთით; მაგალითად AB წამწეში (ნახ. 22) შეგვიძლია ამოვკრათ კვანძი 4, რომელზედაც მოქმედობენ Q ძალა და $4-3$, $4-1$, $4-2$ და $4-5$ ღეროთა ძალღონეები.

ამ ძალებისა და ძალღონეების წონასწორობის გამო გამოვიყენებთ სტატიკის განტოლებებს:

$$\sum X=0 \text{ და } \sum Y=0;$$

$\sum M=0$ განტოლება კი არ გამოიყენება, რადგან ყველა ძალეები და ძალღონეები გადიკვეთებიან ერთ წერტილში. მთელ წამწეში გვექნება ასეთი $2n$ განტოლება, რომლებშიაც შედის ღეროთა r ძალღონე და 3 რეაქცია; მაშ, ძალღონეთა განსაზღვრისათვის გვექნება $2n-3$ განტოლება. ამ რიცხვიდან შეგვიძლია განვსაზღვროთ მხოლოდ $2n-3$ ძალღონე, ამიტომ ღეროთა r რიცხვი უნდა უდრიდეს $2n-3$, ე. ი.

$$(3) \quad r = 2n - 3$$

როცა წამწეში ღეროთა რიცხვი აღემატება $(2n-3)$ -ს, მაშინ წამწეში ზედმეტი ღეროები გვექნება, რომელთა ძალღონეები არ განიზღვრება მხოლოდ სტატიკის განტოლებებით. ასეთი ზედმეტი ღეროებიანი წამწეები სტატიკურად ურკვევად წამწეებათ იწოდებიან. ამნაირად, წამწეს სტატიკურად რკვევადობის მაჩვენებელი იქნება მე-(3)-მე განტოლება, რომელიც კავშირს აბამს წამწეს ღეროთა რიცხვსა და წამწეს კვანძთა რიცხვს შორის.

§ 7. რიბარის წესი.

განვსაზღვროთ AB წამწეს (ნახ. 22) ზედა 3—4 სარტყლის ღეროში წარმოშობილი ძალღონე.

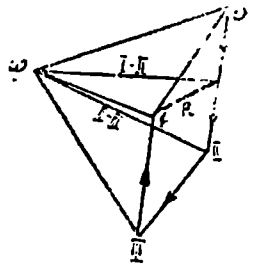
P , Q და K ძალები I, II და III ციფრებით აღვნიშნოთ. აუვაგოთ ძალთა მრავალკუთხედი

$$0-I-II-III,$$

ა პოლუსიანი ვარინიონის მრავალკუთხედი (ნახ. 25) და თოკის მრავალკუთხედი $A III III d$, რომელსაც აქვს Ad ჩამკეტი გვერდი (ნახ. 22). აქ გამყოფი სხივი განსაზღვრავს რეაქციებს:

$$B = III f \text{ და } A = fO.$$

გავატაროთ წამწვენი წარმოსახვითი m_2, m_2 კვეთი და განვიხილოთ წამწვეს მარცხენა ნაწილი; მასზე მოქმედობს A რეაქცია და I ძალა, რომლებისთვისაც R ტოლქმედი სიდიდით და მიმართულებით fI ხაზით განიზღვრება ძალთა მრავალკუთხედში (ნახ. 25); ამ ტოლქმედის მოდების წერტილი კი A და I ძალებზე აგებული თოკის მრავალკუთხედის ნაპირა



ნახ. 25.

$1-II$ და Ad გვერდების თანაკვეთის C წერტილში ხვდება. გარდა ამისა მოკვეთილ მარცხენა ნაწილზე მოქმედობენ 3-4, 1-4 და 1-2 ღეროების ძალონეები, რომელნიც კიმადათ იგულისხმებიან, მათი ისრები მოკვეთილი მარცხენა ნაწილის გარეთ მიემართებიან. 3-4 ღეროს S ძალონეს განსაზღვრისათვის უნდა შევარჩიოთ 1-4 და 1-2 ღეროს უცნობი ორი ძალონის თანაკვეთის წერტილი (რიტერის წერტილი). ეს წერტილი 1 კვანძში ხვდება. ამ კვანძის მიმართ შევადგინოთ მომენტთა განტოლება:

$$\sum M_1 = S \cdot h + R \cdot r = 0,$$

აქ h -ი 3-4 ღეროზე დაშვებული პერპენდიკულარია, r -ი კი C წერტილზე გატარებული R ტოლქმედის პერპენდიკულარია; ეს პერპენდიკულარები წამწვეს ნახაზის ხაზობრივ მასშტაბში იზომებიან.

მოყვანილ განტოლებიდან განვსაზღვრავთ S სიდიდეს:

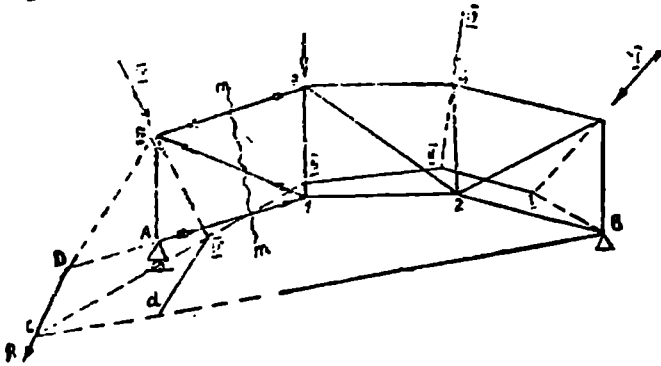
$$S = -R \cdot \frac{r}{h}.$$

აქ უარყოფითი ნიშანი იმაზე მიგვითითებს, რომ ჩვენ მიერ 3-4 ღეროში ნაგულვები გაკიშვა. არ არის სწორი, ამიტომ ნამდვილი ძალონე კუმშადათ უნდა ჩავთვალოთ.

ასევე განიზღვრება ძალონეები 1-4 და 1-2 ღეროებში, სადა-გიეროთ რიტერის სხვა წერტილებს მივიღებთ. მართლაც 1-4 ძალონის რიტერის წერტილი 3-4 და 1-2 ღეროთა თანაკვეთაში ხვდება, 1-2 ძალონისათვის კი რიტერის წერტილი კვანძ 4-ში თავსდება.

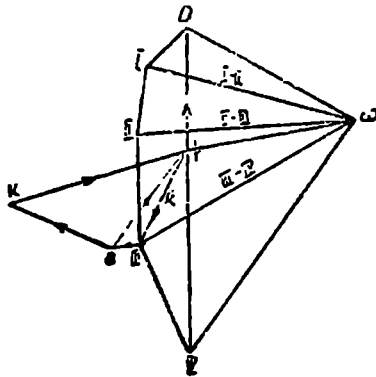
§ 8. კულმანის წესი.

ABE წამწე (ნახ. 26) ზედა სარტყლის კვანძებში უძრავ საყრდნობიდან დაწყებული თანამიმდევრობით დატვირთულია ძალებით I, II, III და IV.



ნახ. 26.

აევაგოთ ძალთა მრავალკუთხედი $O-I-II-III-IV$; ა პოლუსიანი (ნახ. 27) ვარიანიონის მრავალკუთხედი და *Bd* ჩამკეტ გვერდიანი $B-I-II-III-IV-d$ თოკის მრავალკუთხედი (ნახ. 26); *af* გამყოფი სხივი გამოჰყოფს რეაქციებს:



ნახ. 27.

$$A = IVf \text{ და } B = fO.$$

საჭიროა *mnop* კვეთით განკვეთილი ლეროების ძალდონეთა განსაზღვრა. წამწეს მარჯვენა $3B1$ ნაწილზე მოკმედობენ *B* რეაქცია და I, II და III ძალები, რომელთა *R* ტოლქმედი სიდიდით და მიმართულებით განიზღვრება ძალთა მრავალკუთხედის *f III* მონაკვეთით, ამ ტოლქმედის მოდების *C* წერტილი მოთავსებულია ნაპირა $IV-III$ და *Bd* გვერდთა გადაკვეთის ადგილში; იმავე წამწეს მარჯვენა ნაწილზე მოკმედობენ *E3*, *E1* და *A1* ლეროთა ძალდონეები.

22

ეს ძალღონეები განესაზღვროთ ისე, როგორც ერთ წერტილში 3 არათანამკვეთი ძალა, რომელნიც აწონასწორებენ R ძალას; მაშ, ძალას სამ E_3 , E_1 და A_1 მიმართულებით დავშლით (იხ. ამოცანა 1). ვპოულობთ R და A წყვილების D წერტილში თანაკვეთის ადგილს, E_3 და E_1 წყვილთა თანაკვეთის E წერტილს და გავატარებთ დამხმარე DE ხაზს. ძალთა გეგმაზე R ძალას დავშლით ორ გამაწონასწორებელ ძალათ:

$$IIIb \parallel Ar \text{ და } bf \parallel DE;$$

დამხმარე bf ძალას დავშლით მდგენელებათ:

$$bk \parallel E_1 \text{ და } kf \parallel E_3.$$

ამნაირად E_3 ღეროს ძალღონეს kf მონაკვეთის სახით მივიღებთ, იგი კვანძ 3-კენ არის მიმართული (ღერო შეკუმშულია), E_1 ღეროსათვის ძალღონეს bk მონაკვეთის სახით მივიღებთ, იგი 1 კვანძიდან მოემართება (ღერო გაჭიმვას განიცდის), A_1 ღეროსათვის ძალღონე $IIIb$ მონაკვეთის სახეს მიიღებს, იგი 1 კვანძიდან მოემართება (ღერო იჭიმება).

ძალღონეთა ისრებს ძალთა გეგმაზე კი არ დასახავენ, არამედ წამწეს ღეროებზე, და ამ ისრების და § 6-ში მოყვანილი წესის მიხედვით მსჯელობენ ძალღონეთა თვისებაზე (ე. ი. კუმშვას იწვევენ ისინი, თუ გაჭიმვას).

§ 9. ტიპარმანის წესი.

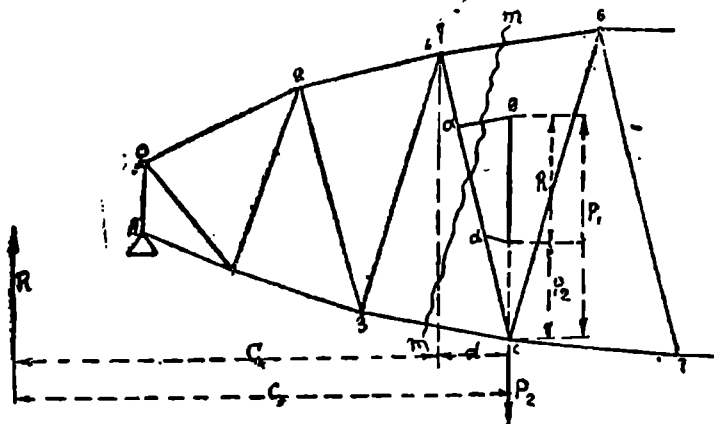
მოცემულ $A76$ წამწეში გატარებულია III კვეთი (ნახ. 28), ვარიონის და თოკის მრავალკუთხედებით განზღვრულია წამწეს მოკვეთილ მარცხენა ნაწილზე მომჭმედი გარეძალების ტოლკმედის მიმართულება, სიდიდე და მოდების წერტილი. უნდა განისაზღვროს ძალღონეები განკვეთილ 4-6, 4-5 და 3-5 ღეროებში. ამისათვის R ტოლკმედს შევცვლით ორი მდგენელით; ერთი მათგანია კვანძ 4-ზე მოდებული P_1 ძალა, მეორე კი კვანძ 5-ზე მოდებული P_2 ძალა; ნაგულისხმებია, რომ P_1 და P_2 ძალები R -ის პარალელურებია. რადგან ტოლკმედის მომენტი მდგენელ ძალთა მომენტების ჯამს წარმოადგენს, ამიტომ გვექნება (4 და 5 კვანძებიდან R ძალამდე დაშორების მანძილები სათანადოდ C_4 და C_5 -ით აღვნიშნოთ):

$$R \cdot C_4 = P_1 (C_5 - C_4); \quad R \cdot C_5 = P_1 (C_5 - C_4),$$

საიდანაც:

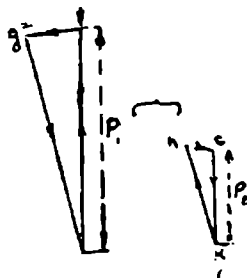
$$P_1 = \frac{R \cdot C_5}{C_5 - C_4}; \quad P_2 = \frac{R \cdot C_4}{C_5 - C_4}.$$

შემდეგ განესაზღვრავთ გამაწონასწორებელ ძალებს: P_1 ძალისათვის 4-6 და 4-5 მიმართულებებით (ნახ. 29), P_2 ძალისათვის კი



ნახ. 28.

3-5 და 4-5 მიმართულებებით; ამნაირად, R ძალა წონასწორდება fg და gc ძალებით და nl და kn ძალებით (ნახ. 29). fg ძალა 4-6 ღეროს ძალლონეს გამოსახავს, nl ძალლონეა 3-5 ღეროში და $gc-kn$ სხვაობა ძალლონეა 4-5 ირიბაში.



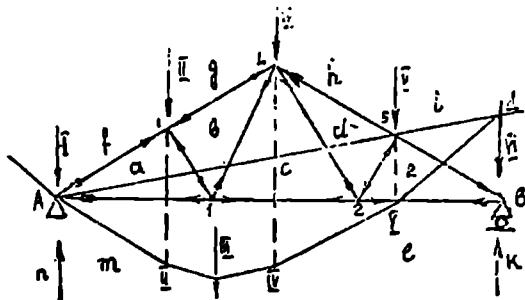
ნახ. 29.

P_1 და P_2 ძალების გამაწონასწორებელ ძალებად დაშლას თვით წამწეს ნახაზზე ვასრულებთ, რისთვისაც კვანძ 5-ზე R ძალის პარალელურ 5- b სწორხაზს გავატარებთ და მასზე ძალთა მასშტაბში გადაეზომავთ $5c=P_2$ და $5b=P_1$. $ab \parallel 46$ და $cd \parallel 35$ გავლებით მივიღებთ $badc$ ოთხკუთხედს, რომელშიაც ba გვერდი ზედა სარტყლის 4-6 ღეროს ძალლონეა, ad გვერდი 4-5 განივას ძალლონეა და dc გვერდი ქვედა სარტყლის 3-5 ღეროს ძალლონეა.

§ 10. კრემონის წესი.

მოცემულია AB წამწე (ნახ. 30), რომელიც შვეული შთაწერტული ტვირთებით არის დატვირთული A , 3, 4, 5, B და 1 კვანძებში. უძრავ საყრდნობიდან დაწყებული მომქმედი ძალები კვეთების თანა-

მიმდევრობით რომაული ციფრებით აღნიშნოთ (I, II, III, IV, V, VI); ვაგებთ ვარინიონის მრავალკუთხედს (ნახ. 31) და თოქის მრავალ-



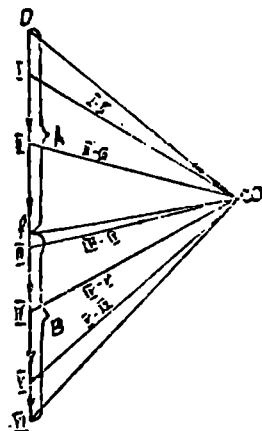
ნახ. 30.

კუთხედს, რითაც განესაზღვრავთ რეაქციებს და გამოვიკვლევთ ტოლკმედებს, რიტერის, კულმანის და ციმერმანის წესებით ძალლონეო-გამოთელის დროს.

კრემონის დიაგრამის აგების დროს (ეს დიაგრამა წამწეს ძალლონეების გამომსახველია), ბოის მიერ შემოღებული აღნიშვნებით ვსარგებლობთ. ამ წესის მიხედვით ასოებით ძალების და ლეროების ბოლოები კი არ აღინიშნებიან, არამედ მათი შემომფარგვლელი არეები; ასე, მაგალითად, a, b, c, d და

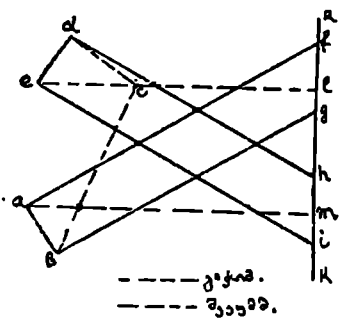
ასოებით წამწეს შიდა არეებს (სამკუთხედებს) აღნიშნავთ, f, g და i ასოებით კი ძალებით და ლეროებით შემოფარგვლელი არეები აღინიშნებიან; A რეაქციასა და I ძალას შორის მოთავსებული არე n ასოთი აღინიშნება, ხოლო B რეაქციასა და VI ძალას შორის მოთავსებული არე k ასოთი. ლეროები და ძალები მოსაზღვრე არეთა ასოების სახელწოდებას ატარებენ; მაგალითად, ბოის წესის მიხედვით $A3$ ლერო fa -თი აღინიშნება, II ძალა კი fg -თი.

კრემონას დიაგრამისათვის ჯერ გარე აქტიურ და პასიურ ძალთა მრავალკუთხედს ააგებენ, რის დროსაც უძრავი საყრდნობის რეაქციიდან დაიწყებენ და ძალებს იმ თანამიმდევრობით განარჩევენ.



ნახ. 31.

როგორც გვხვდება ჩვენ მათი მოდების წერტილები წამწეს გარსვლებსას, საათის ისრის მიმართულებით ბრუნვის დროს; სახელდობრ, ააგებენ (ნახ. 32) *mn* რეაქციას, *nf*, *fg*, *gh*, *hi*, *ik* ძალებს, *kl* რეაქციას და *lm* ძალას, ე. ი. წამწეს ნახაზზე ძალის არეების მაჩვენებელი ასოებით აღნიშნავენ ძალების ბოლოებს ძალთა მრავალკუთხედში.



ნახ. 32.

კრემონის დიაგრამაში ძალონების აგებას იწყებენ წამწეს იმ კვანძიდან, სადაც მხოლოდ ორი ღერო იყრის თავს, მაგალითად *A* კვანძიდან. ეს კვანძი ამოეპრათ წრიული კვეთით და წონასწორობაში მყოფი *mn* და *nf* ძალებისა

და ჯერ უცნობი *fa* და *am* ძალონებისაგან ავაგოთ ჩაკეტილი მრავალკუთხედი; ამ მრავალკუთხედის აგება კრემონის წესის მიხედვით საათის ისრის მიმართულებაზე დამოკიდებული თანრიგით სწარმოებს. ძალთა მრავალკუთხედზე (ნახ. 32) გადატანილია *mn* და *nf* ძალები *m* დასაბამით და *f* ბოლოთი; *f* ბოლოზე (I ძალიდან დაწყებული საათის ისრის მიმართულებაზე დამოკიდებული მიმდევრობით) გაატარებენ *fa* ღეროს პარალელურ სწორხაზს. *m* დასაბამზე კი *am* ღეროს პარალელურ სწორხაზს; ეს ხაზები *a* წერტილში იკვეთებიან, რომელიც საზღვრავს სათანადო ღეროების *fa* და *am* ძალონებს. ამ ძალონეთა ქმედების მიმართულება მიჰყვება ძალთა საერთო დენადობას, რასაც *A* კვანძისათვის ასეთნაირად აღვნიშნავთ: *fa* ძალონესათვის მარჯვნიდან მარცხნივ კვანძისაკენ მიმართული ისრით, *am* ძალონესათვის კი მარცხნიდან მარჯვნივ კვანძიდან მომართული ისრით, რაიც *fa*-თვის კუმშვას ნიშნავს, *am*-თვის კი გაქიმვას (იხ. § 6-ის წესი). კრემონის დიაგრამაზე ძალონებზე არ აღნიშნავენ ისრებს.

A კვანძიდან კვანძ 3-ზე გადავლენ, რომელზედაც მოქმედებენ: *fg* ძალა, უკვე ცნობილი *af* ძალონე და ჯერ უცნობი *gb* და *ba* ძალონეები. ამ ძალთა და ძალონეთა ჩაკეტილი მრავალკუთხედის ასაგებათ (ნახ. 32) გამოვიყენებთ *a* დასაბამიან და *g* ბოლოიან დიაგრამის *af* ძალონეს და *fg* ძალას; *g* ბოლოზე გავატარებთ *gb* ღეროს პარალელურ ხაზს, *a* დასაბამზე კი *ba* ღეროს პარალელურს; ეს ხაზები *b* წერტილში იკვეთებიან, რაიც საზღვრავს *gb* და *ba* ძალონეებს; ამ შემთხვევაში ორივე ძალონე კუმშალია.

კვანძ 3-დან გადაედვიართ I კვანძზე და მისთვის ვაგებთ *lmabel* ჩაკეტილ მრავალკუთხედს, რომელიც განსაზღვრავს *bc* და *cl* ძალ-
ლონეებს (ორთავე კიმალია).

დიაგრამაში მოსალოდნელი უსწორობის შესამციკრებლად წამწეს
მარჯვენა ნაწილის ანგარიშს *B* კვანძიდან ვიწყებთ და მისთვის *lklei*
ჩაკეტილ მრავალკუთხედს ავაგებთ, რითაც განვსაზღვრავთ *le* და *ei*
ძალლონეებს.

კვანძ 5-ის ავაგებთ *hiedh* მრავალკუთხედს, რომელიც განსაზღვ-
რავს *ed* და *dh* ძალლონეებს.

დაბოლოს, კვანძ 2-ის ავაგებთ *delcd* მრავალკუთხედს, რომელიც
განსაზღვრავს *ed* ძალლონეს იმ უსწორებითურთ, რომელიც არსე-
ბობს მასსა და სათანადო ლეროს შორის (წერტილი *dh*, *el* და *bc*
ჯაზების თანაკვეთაში უნდა ხედებოდეს).

დიაგრამაზე (ნახ. 32) ძალების მიმართულებანი ისრებითაა აღ-
ნიშნული, კუმშადი ძალლონეები მთლიანი ხაზებით და კიმალი ძალ-
ლონეები კი წყვეტილით.

კრემონას დიაგრამა შემდეგი თავისებურებებით ხასიათდება:

I.— დიაგრამის გვერდთა რიცხვი წამწეს გარეძალთა და ძალლო-
ნეთა რიცხვის ტოლია (ზედმეტი გვერდები არ მოიპოვება).

II — წამწეს თითოეულ ხაზს (ძალას ან ლეროს) ესაბამება დია-
გრამის პარალელური გვერდი.

III — წამწეს თითოეულ კვანძს ესაბამება დიაგრამის ჩაკეტილი
მრავალკუთხედი, რომლის გვერდები წამწეს ამ კვანძში თავმოყრილი
ძალებისა და ძალლონეების პარალელურებია.

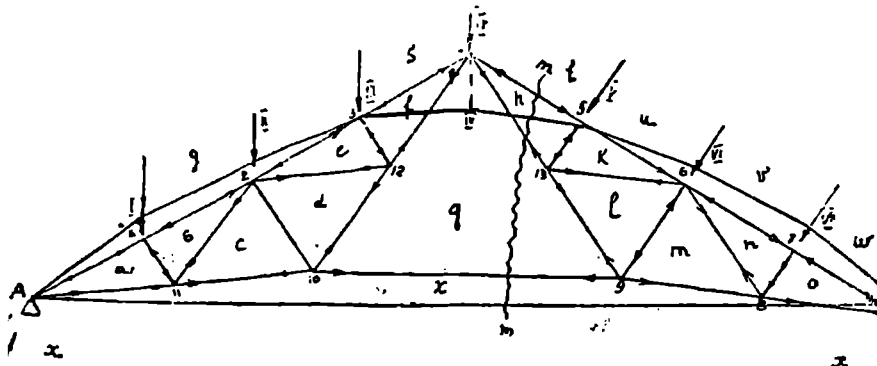
IV — დიაგრამის წვეროთა რიცხვი წამწეს არეთა რიცხვის ტო-
ლია (საუბარია შემოფარგლული და გარე უსაზღვრო არეების
რიცხვზე).

§ 11. კრემონის დიაგრამის აბაზის შუახაზისხაზიანი შემთხვევაში

პოლონსოს სისტემის მოცემულ *AB* წამწესათვის (ნახ. 33) $B = VII, f$
და $A = fs$ რეაქციათა განსაზღვრისათვის აგებულია ვარინიონის
 $a-0-IV-VII$ მრავალკუთხედი (ნახ. 34) და თოკის მრავალკუთხედი
 $A-I-II-III-IV-V-VI-VII-d$.

ბოოს აღნიშვნების მიხედვით ავაგებთ ძალთა მრავალკუთხედს
 $x \dot{p} q r s t u v w x$ (ნახ. 35) და ჩაკეტილ $x \dot{p} a x$ მრავალკუთხედს *A*
კვანძისათვის; ასევე I კვანძისათვის ავაგებთ $a \dot{p} q b a$ მრავალკუთხედს
და II კვანძისათვის $x a b c x$ მრავალკუთხედს; ამ აგების საშუალებით
განიზღვრება ძალლონეები: *pa*, *ax*, *qb*, *ba*, *bc* და *cx*. ამის შემდეგ
კრემონის დიაგრამის აგებას წინ ელობება დაბრკოლება, რადგან შემ-

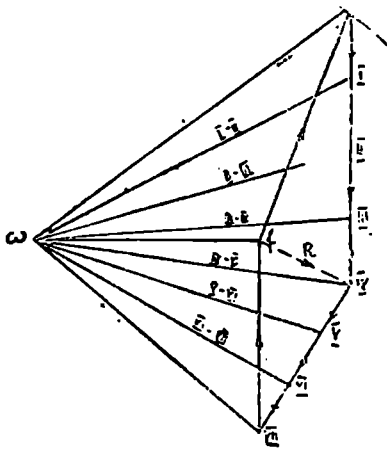
დღე 2 და 10 კვანძებში იკვეთება სამი უცნობი ძალონე, სახელ-
 ლობრ კვანძ 2-ში თავს იყრის re , ed და dc , კვანძ 10-ში კი cd , dg



ნახ. 33.

და gx ძალონეები. ასეთი დაბრკოლების თავიდან ასაცილებლად gx ძალონეს განსაზღვრავენ რიტერის წესით, რისთვისაც გაავლებენ

$mnop$ კვეთს და fIV მონაკვეთით მოკვეთილ მარცხენა ნაწილზე მჭიდვად გარეძალებისათვის განსაზღვრავენ R ტოლქმედს (ნახ. 34) და ამ R ტოლქმედის მოდების C წერტილს (ეს წერტილი წარმოადგენს თოკის მრავალკუთხედის Ad და $IV-V$ გვერდების თანაკვეთის გეომეტრიულ ადგილს).



ნახ. 34.

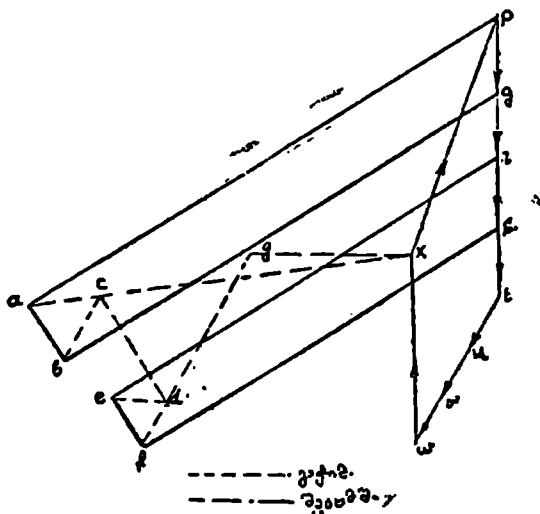
კვანძ 4-ის მიმართ შედგენილი ძალთა მომენტების განტოლებიდან განსაზღვრავენ gx ძალონეს:

$$gx = \frac{R \cdot r}{h}$$

სადაც: r — წარმოადგენს R ძალის მხარს, h — კი gx ძალონის მხარს

რია კვანძ 4-ის მიმართ. სათანადო მასშტაბით R , r და h -ის გაზომვის შემდეგ განსაზღვრავენ კიბად gx ძალონეს, რომელსაც კრემონას დიაგრამაში gx მონაკვეთის სახით ავაგებთ (ნახ. 35).

gx ძალლონის განსაზღვრის შემდეგ უკვე აღვიღად ავაგებთ კვანძ 10-ის $gxcdg$ ჩაკეტილ მრავალკუთხედს, კვანძ 2-ის $dcbqred$ -ს,



ნახ. 35.

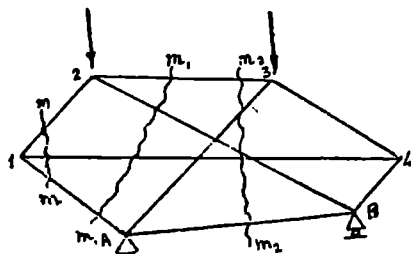
კვანძ 3-ის $ersfe$ -ს და კვანძ 12-ის $gdefg$ -ს, რითაც განესაზღვრავთ cd, dg, re, ed, sf, fe და fg ძალლონებს. ნახ. 35-ზე წარმოდგენილია კრემონას დიაგრამა წამწეს მარცხენა ნახევრისათვის; ასევე აიგება დიაგრამა მარჯვენა ნახევრისათვის.

§ 12. პენეპარზის წესი

მოცემულია 6 კვანძიანი და 9 ლეროიანი AB წამწე (ნახ. 36), როპელიც აკმაყოფილებს სტატიკურად რკვევადი სისტემის პირობას [იხ. § 6-ის (3) განტოლება]; ასეთი წამწე არ გამოიანგარიშება არც კრემონას წესით (რადგან არ მოიპოვება არც ერთი 2 ლეროიანი კვანძი) და არც რიტერის, კულმანის და ციმერმანის წესებით (რადგანაც სწორი mm კვეთი ჰკვეთავს ერთ წერტილში თავმოყრილ 3 ლეროს, ან m_1, m_2 კვეთი ჰკვეთავს 4 ლეროს, და, ან დაბოლოს m_3, m_4 კვეთი ჰკვეთავს 5 ლეროს). ასეთი წამწეს გამოანგარიშება შეიძლება პენეპარზის წესით.

AB წამწედან (ნახ. 36) გამოვრიცხავთ I—4 ლეროს, მას შევცვლით X და X ძალებით, გარდა ამისა დამატებით E ლეროს ჩავდგამთ 3 და B კვანძებს შორის; ამნაირად მიიღება სტატიკურად რკვე-

ვადი AB წამწე (ნახ. 37), რომელიც 2 და 3 კვანძებში I და II ძალებითა დატვირთული, I და 4 კვანძებში კი X და X ძალებით.



ნახ. 36.

ნებისმიერ i ლეროში მქმედი მთლიანი ძალონე T_i ასოთი აღვნიშნოთ; მოცემული I და II ძალების ქმედებით იმავე ლეროში წარმოშობილი ძალონე კი S_i -ით; იმავე ლეროში X ძალების მოდების ადგილზე მოდებულ და იგივე მიმართულების მქონე I ძალებით გამოწვეული ძალონე (მოკლეთ $I=X$ ძალით წარმოშობილი ძალონე) იყოს

γ_i ; მაშინ ამავე i ლეროში X ძალით გამოწვეული ძალონე იქნება $\gamma_i X$. ძალთა ქმედების დამოუკიდებლობის პრინციპის მიხედვით მივიღებთ ასეთ განტოლებას:

$$(4). \quad T_i = S_i + \gamma_i X$$

3 და B კვანძებს შორის მოთავსებულ E ლეროს მიმართ, თუ გამოვიყენებთ (4) განტოლებას, მივიღებთ:

$$T_E = S_E + \gamma_E \cdot X.$$

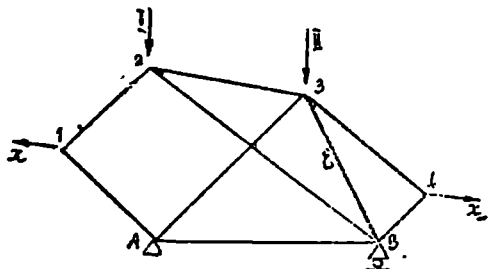
E ლერო, რომლითაც ჩვენ შევცვალეთ გამორიცხული I-4 ლერო, სინამდვილეში არ

არსებობს (იგი ფიქტიურია); მაშასადამე, ჩვენ I-4 ლეროს ხელახლად თუ აღვადგენთ წამწეში, მაშინ E ლერო ზედმეტი იქნება, ე. ი. მისი მოშორება მოსახერხებელია წონასწორობის პირობის დაურღვევლად; წამწეს შემადგენლობიდან ლეროს ასეთი გამორიცხვა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მისი T_E ძალონე ნულის ტოლია, სახელდობრ, როცა ძალაშია განტოლება:

$$T_E = S_E + \gamma_E \cdot X = 0,$$

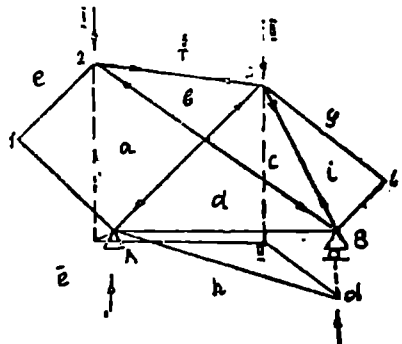
საიდანაც:

$$(5). \quad X = -\frac{S_E}{\gamma_E}$$



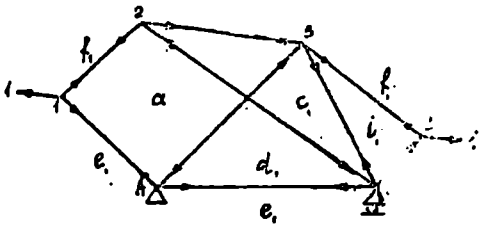
ნახ. 37.

თავდაპირველად, მოცემული I და II გარედაღების შემთხვევაში განვსაზღვრავთ AB წამწეს hc და gh რეაქციებს და ავაგებთ კრემონას დიაგრამას (ნახ. 40), საიდანაც განვსაზღვრავთ S_i ძალონებს; მაგალითად, ღერო 2-ის გვექნება ab (კუმშადი) ძალონე; E ღეროსათვის კი (იგი 3 და B კვანძებს შორისაა მოთავსებული) გვექნება ci (კიშადი) ძალონე.



ნახ. 38.

შემდეგ AB წამწესათვის (ნახ. 39), რომელიც I და 4 კვანძებში I ძალებითაა დატვირთული, განვსაზღვრავთ A და B რეაქციებს,

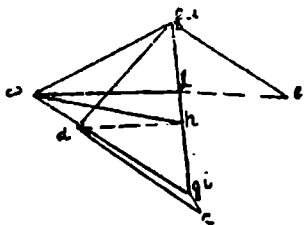


ნახ. 39.

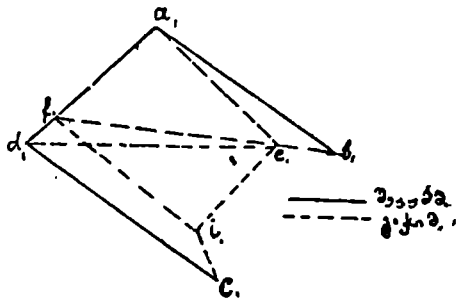
რომლებიც ნულის ტოლები გამოდგნენ, ვაგებთ კრემონას დიაგრამას (ნახ. 41), საიდანაც განვსაზღვრავთ S_i ძალონებს; მაგალითად, 2-B ღეროსათვის მივიღებთ $a_1 b_1$ (კუმშად) ძალონებს; E ღეროსათვის კი $c_1 i_1$

(კიშად) ძალონებს. ამ დიაგრამების მოცემულობების მიხედვით მივიღებთ:

$$X = - \frac{(+ci)}{(+c_1 \cdot i_1)}$$



ნახ. 40.



ნახ. 41.

(4) განტოლებისა და აგებული დიაგრამების (იხ. ნახ. 40 და 41) მიხედვით ადვილად განვსაზღვრავთ ქინვას წამწეს ნებისმიერ ღეროში; მაგალითად, T_{2-a} ძალლონე 2 და B კვანძებს შორის მოთავსებულ ღეროსათვის ასეთი სიდიდისა იქნება:

$$T_{2-B} = -ab + (-a_1b_1) \left[-\frac{(+ci)}{(+c_1i_1)} \right].$$

§ 13. წამწეს დატვირთვა

ა. საკუთარი წონის წნევა. წამწეს საკუთარი წონა ანგარიშდება: ან წამწეს მალის ერთი გრძივი მეტრის წონის g სიდიდით, ან წამწეს ერთი კვადრატული მეტრის მიერ გადაფარებული სივრცის k სიდიდით, და ან წამწეს გარეფარვის ფართობის ერთი კვადრატული მეტრის q სიდიდით; g , k და q სიდიდეები ასეთი ფორმულებით ანგარიშდებიან:

$$(6); \quad g = A + B \cdot l$$

$$(7); \quad k = C + D \cdot l$$

$$(8); \quad q = E$$

სადაც: g , k და q კილოგრამებშია აღებული, l (წამწეს მალი) მეტრებში და A , B , C , D და E მოცემული რიცხვებია (საცნობარო წიგნებით). ჰორიზონტზე წამწეს სიგრძე L -ით რომ აღვნიშნოთ, მოსაზღვრე წამწეებს შორის მანძილი კი d -თი, მაშინ წამწეს G წონა ასეთი ფორმულით განიზღვრება:

$$(8'); \quad G = g \cdot l = k \cdot L \cdot d = q \cdot F$$

ეს წონა თანაბრად განაწილდება ან წამწეს ზედა კვანძებზე, ან მის ყველა კვანძებზე, რის დროსაც დატვირთვა თითოეულ დატვირთულ კვანძზე შეეული შთაწერტული ძალით წარმოიღვინება.

ბ. ქარის წნევა. გულისხმობენ, რომ ქარის მიმართულება ჰორიზონტთან ქმნის 110° კუთხეს, ქარის წნევას კი ქარის მიმართულებისადმი პერპენდიკულარულ ფართობის 1 კვადრ. მეტრზე p კილოგრამის ტოლად იღებენ.

ვთქვათ $CB=1$ მეტრს (ნახ. 42); ქარის p წნევა განრიგდება $CB \times 1$ ფართობზე (სადაც 1 — ნახაზის სიბრტყისადმი პერპენდიკულარული ფართობის ზომია). იგივე p ძალა ჰორიზონტთან α კუთ-

ბით დახრილ BD სახურავის $BD \perp 1$ ფართობზე განრიგდება; BCD სამკუთხედიდან, რომელსაც აქვს $\angle CDB = 10^\circ + \alpha$, გვაქვს:

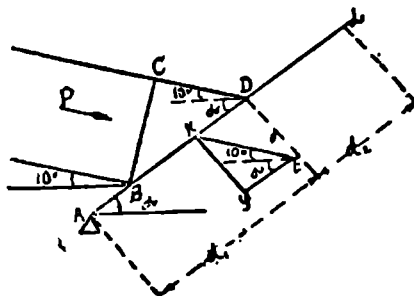
$$BD = \frac{CB}{\sin(10^\circ + \alpha)} = \frac{1}{\sin(10^\circ + \alpha)},$$

მაშინ სახურავის 1 კვად. მეტ. განრიგებული ქარის p_1 წნევა იქნება:

$$p_1 = p \cdot \frac{1}{\sin(10^\circ + \alpha)} = p \cdot \sin(10^\circ + \alpha) \quad (9).$$

KE ხაზით წარმოდგენილ p_1 ძალას დაეშლით: სახურავის ნორმალურ KG მდგენელად და სახურავის პარალელურად მიმართულ GE მდგენელად.

GE ძალა არაეითარ წნევას არ ახდენს სახურავზე (იგი დასრიალებს სახურავზე), სახურავზე მხოლოდ $KG = p_0$ ნორმალური მდგენელი ახდენს წნევას:



ნახ. 42.

$$p_0 = KG = KE \cdot \sin(10^\circ + \alpha) = p_1 \cdot \sin(10^\circ + \alpha).$$

მე-(9)-ე განტოლებიდან p_1 -ის მნიშვნელობას თუ ჩავსვამთ, ვიპოვით სახურავისაღმი $p_0 = KG$ ნორმალური ქარის წნევით 1 კვად. ფართობზე შქმედ დატვირთვის:

$$p_0 = p \cdot \sin^2(10^\circ + \alpha) \quad (10),$$

სადაც $p = 125 \div 250 \frac{kg}{m^2}$.

D კვანძიდან მოსაზღვრე A და L კვანძებამდე მანძილს d_1 და d_2 -ით თუ აღვნიშნავთ, წამწეებს შორის მანძილს კი d -თი, მაშინ D კვანძზე განრიგებული და სახურავისაღმი ნორმალური p_2 წნევა ასეთი ფორმულით განიზღვრება:

$$p_2 = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) \cdot d \cdot p \cdot \sin^2(10^\circ + \alpha) \quad (11).$$

გ. თოვლით გამოწვეული წნევა. სახურავზე თოვლის წნევა შეეუღადაა. ნაგულეები და მისი სიდიდე $q = 100 \frac{kg}{m^2}$ ტოლა-

დაა მიჩნეული სახურავის ჰორიზონტალურ პროექციაზე. მოსაზღვრე კვანძებიდან D კვანძამდე მანძილს S_1 და S_2 -ით თუ აღვნიშნავთ, წამწეებს შორის მანძილს კი d -თი, მაშინ კვანძზე თოვლის წნევით გამოწვეული შვეული q_1 ძალა, იქნება:

$$(12) \quad q_1 = \frac{1}{2}(S_1 + S_2) d \cdot q$$

§ 14. კონსოლიანი და ბაზაშორნასწორი კოხები და წამწეები.

კონსოლიანი ისეთ კოქს ეწოდება, რომელიც ეყრდნობა უძრავ და მოძრავ საყრდნობებზე, და, რომლის ნაწილები საყრდნობებს გადაცილებულია; ამ უკანასკნელებს კონსოლები ჰქვია. მაგალითად, A და C საყრდნობებზე დაყრდნობილი და BA და CD შვერილიანი AB კოქი (ნახ. 43) კონსოლიან კოქად ითვლება.

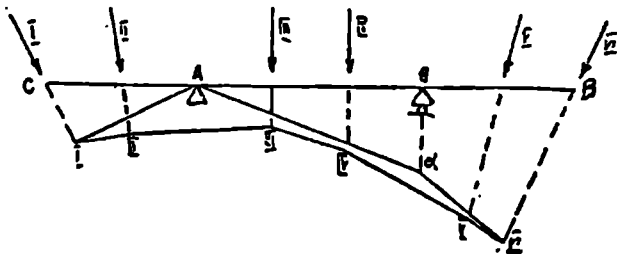


ნახ. 43.

კონსოლიანი კოქის რეაქციების განსაზღვრა ხდება ანალიზურად და გრაფიკულად იმ წესით, რომელიც წარმოდგენილი

და განმარტებული იყო § 5-ში.

კონსოლიან CD კოქზე (ნახ. 44) მოქმედობენ ძალები: I, II, III, IV, V და VI.



ნახ. 44.

უძრავი A და მოძრავი B საყრდნობების რეაქციების განსაზღვრისათვის ავაგებთ: ძალთა $0-I-II-III-IV-V-VI$ მრავალკუთხედს, ω პოლუსიან ვარიანონის მრავალკუთხედს და თოქის $A-I-II-III-IV-V-VI-d$ მრავალკუთხედს, რისთვისაც პირველ $A-I$ გვერდს გავატარებთ უძრავ A საყრდნობზე.

Ad ჩამკეტხთ ისაზღვრება გამყოფი აქ სხივის მიმართულება; თავის მხრივ ეს უკანასკნელი კი განსაზღვრავს რეაქციებს:

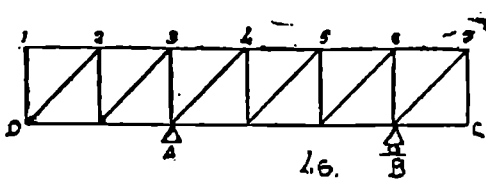
$$B=Vlf \text{ და } A=fo.$$

კონსოლიანი ისეთ წამწეს ეწოდება, რომელიც დაყრდნობილია ორ საყრდნობზე, რომლის იქეთაც გადადის წამწეს ნაწილები. მაგალითად, $DABC$ წამწე (ნახ. 46) DA და BC კონსოლებიანი წამწეა.

კონსოლიანი წამწეს რეაქციების განსაზღვრა ისე, როგორც კონსოლიანი კოქისა, სწარმოებს § 5-ში მოყვანილი წესების მიხედვით.

კონსოლიანი წამწეს ძალონების განსაზღვრა ისე, როგორც მარტივი წამწესი, სწარმოებს §§ 6 ÷ 12-ში მოყვანილი წესების მიხედვით.

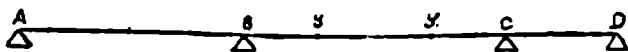
ორ AG და G_1D კონსოლიან კოქს ერთმანეთის მახლობლად



ნახ. 46.

დალაგებულად თუ ვიგულებთ (ნახ. 47), და შემდეგ შეერილების G და G_1 ბოლოებზე დაყარდნობთ მარტივ GG_1 კოქს, რომელიც გადაფარება კონსოლების ბოლოებს შორის

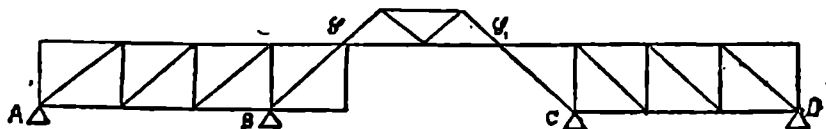
არსებულ სიცილიერეს, მაშინ გამაწონასწორებელ ანუ ჰერბერის სისტემის კოქს მივიღებთ.



ნახ. 47.

ასევე მივიღებთ გამაწონასწორებელ AD წამწეს (ნახ. 48), რომელიც ABG და G_1CD კონსოლებიანი და კონსოლების ბოლოებზე დაყარდნობილი GG_1 მარტივ წამწეებისაგან შესდგება. მარტივი კოქები და წამწეები კონსოლების ბოლოებთან ერთდებიან: ან G და G_1

სახსრებით, რის დროსაც კონსოლიან კოჭების ან წამწეების მხოლოდ ერთი საყრდნობია უძრავი, ყველა დანარჩენი კი მოძრავია, ან ერთ ბოლოზე ერთდგება სახსრით, მეორეზე კი მოძრავი საყრდნობით (საგორველებზე მოთავსებული ბალანსირით) და ამ შემთხვევაში თითოეული კონსოლიანი კოჭის ერთი საყრდნობი იქნება უძრავი, მეორე კი მოძრავია.



ნახ. 48.

გამაწონასწორებელი წამწეების რეაქციებისა და ძალონების განსაზღვრა კონსოლებს შორის გადაფარებული მარტივი წამწეების რეაქციებისა და ძალონების განსაზღვრიდან იწყება, შემდეგ კი მარტივი წამწეს რეაქციათა მიმართულების წინაუქმო ძალებს კონსოლების ბოლოებში მოთავსებულ ტვირთებთან გულისხმობენ და განსაზღვრავენ რეაქციებსა და ძალონებს კონსოლიან წამწეებში.

§ 15. სამსახსრიანი თაღები და წამწეები

მრუდათ (პარაბოლის ან რკალის სახით) მოხრილი პრიზმატიული ძელი, რომელიც ბოლოებით სახსრებზეა დაყრდნობილი (ნახ. 49) ორსახსრიან თაღად იწოდება.



ნახ. 49.

ასეთ თაღში უცნობი საყრდნობთა რეაქციების რიცხვი უდრის ოთხს, სახელდობრ, თითოეულ სახსრისათვის გვაქვს ორი უცნობი მდგენელი რეაქცია: შვეული და

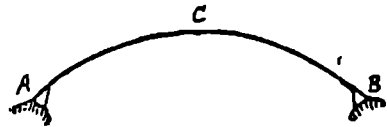
ჰორიზონტალური; მაშინ როცა ამ უცნობთა განზღვრისათვის ჩვენ სულ სტატიკის სამი განტოლება გვაქვს:

$$\sum X=0; \sum Y=0 \text{ და } \sum M=0.$$

მაშასადამე, ორსახსრიანი თაღი სტატიკურად ურკვევად ნაგებობას წარმოადგენს, სადაც სტატიკურად ურკვევად სიდიდეთა რიცხვი უდრის ერთს.

თაღში, რომლის საქუსლეები სახსრიანებია, თაღის ორად გამოყოფი ერთი სახსარი რომ ჩაურთოთ (ნახ. 50), მაშინ თაღის თითო-

ეულ ნაწილზე მქმედი ყველა გარეძალების მომენტი ამ მესამე სახსრის ღერძის მიმართ ნულის ტოლი უნდა იყოს, წინააღმდეგ შემთხვევაში თალი არ იქნებოდა წონასწორობაში, და იგი დაიწყებდა ბრუნვას სახსრის ახლოს. სხვანაირად რომ ვთქვათ თალის ერთ მხარედან მეორეზე გადაცემული ძალების ტოლქმედი იმ სახსარზე უნდა გადიოდეს, რომელიც თალს გაჰყოფს ორ ნაწილად.

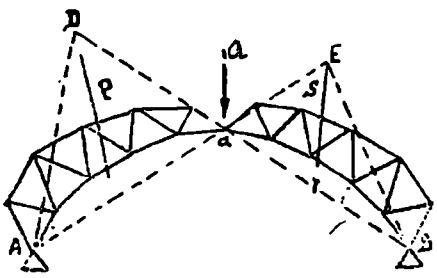


ნახ. 50.

მესამე სახსრის დართვა ნებას გვაძლევს ჩამოვყალიბოთ კიდევ ერთი განტოლება (სახელდობრ, თალის ერთ მხარეზე მქმედი ყველა ძალების მომენტთა განტოლება, ე. ი. ამ განტოლებაში უნდა შედიოდეს შუა სახსრის მიმართ აღებული და ნულის ტოლი მომენტთა ჯამი), რომელიც სტატიკის სამ განტოლებასთან ერთად ოთხ განტოლებას გვაძლევს ოთხი მდგენელი რეაქციის განზღვრისათვის; აქედან გამომდინარეობს, რომ სამსახსრიანი თალი სტატიკურად რკვევად ნაგებობას წარმოადგენს.

სამსახსრიანი თალის ნაწილები წამწეებით რომ შევცვალოთ, სამსახსრიან წამწეს მივიღებთ (ნახ. 51).

ა. სამსახსრიანი წამწეს რეაქციების გრაფიკული წესით განსაზღვრა. მოცემულია სამსახსრიანი ACB წამწე



ნახ. 51.

(ნახ. 51). წამწეს მარცხენა ნაწილის C კვანძის გარდა ყველა კვანძებზე მქმედი გარე აქტიური ძალები, თოკის მრავალკუთხედით განზღვრულ P ტოლქმედს გვაძლევენ; C კვანძზე მქმედი გარეძალები გვაძლევენ Q ტოლქმედს, ხოლო წამწეს მარჯვენა ნაწილზე მქმედი გარეაქტიური ძა-

ლები გვაძლევენ S ტოლქმედს.

P ძალა წამწეს მარჯვენა ნაწილს C სახსრის საშუალებით გადაეცემა, რითაც უკვე მარჯვენა ნაწილზე მქმედი ამ ძალის მდგენელი ვეღარ წარმოშობს მბრუნავ მომენტს; მაშასადამე, P ძალით B საყრდნობში წარმოშობილი რეაქცია სახსრის BC ხაზს მისდევს და P ძალას D წერტილში ჰკვეთს. ამ D წერტილზე გაღის A საყრდნობში P ძალით გამოწვეული რეაქცია. P ძალით გამოწვეული Bp და Ap

რეაქციები აწონასწორებენ ამ ძალას და OP_1 სამკუთხედიდან განიზღვრებიან (ნახ. 52), სადაც



ნახ. 52.

$$OP = P,$$

$$P_1 = B_P \text{ რეაქციას და}$$

$$_1O = A_P \text{ რეაქციას.}$$

Q გარეძალა BC მიმართულებით წარმოშობს B_Q რეაქციას, AC მიმართულებით კი A_Q რეაქციას; Q ძალის გამაწონასწორებელი ეს რეაქციები PQ_2 , სამკუთხედიდან განიზღვრებიან (ნახ. 52), სადაც

$$PQ = Q, Q_2 = B_Q \text{ და } _2P = A_Q.$$

ამავე წესით განიზღვრება S ძალით წარმოშობილი B_s და A_s რეაქციები; OS_2 სამკუთხედიდან მივიღებთ:

$$QS = S, S_2 = B_s \text{ და } _2Q = A_s.$$

Q_2 და P_1 -ის პარალელურად გავატარებთ $_2a$ სწორხაზს (ნახ. 52), ხოლო P_2 და Q_2 -ის პარალელურად $_1a$ სწორს; მაშინ მივიღებთ:

$$_2a = Q_2 + P_1$$

(როგორც პარალელური პარალელურებს შორის), ან

$$_2a = B_Q + B_P;$$

S_2 და $_2a$ ხაზების გეომეტრიულ შეკრებით მივიღებთ B საყრდნობში წარმოშობილი ყველა რეაქციების S_a ტოლქმედს. ასეთნაირადვე შეგვიძლია აეხსნათ, რომ aS წარმოადგენს A საყრდნობში წარმოშობილი ყველა რეაქციების ტოლქმედს.

Q ძალა წამწეს მარცხენა მხარეზე მქმედ ძალებს რომ მივაკუთვნოთ, მაშინ Oa მონაკვეთი (ნახ. 52) გამოხატავს წამწეს მარჯვენა ნაწილიდან მარცხენაზე ქმედებით გამოწვეულ რეაქციას C სახსარში; შებრუნებული aO მონაკვეთი გამოხატავს მარცხენა ნაწილიდან წამწეს მარჯვენა ნაწილზე ქმედებით გამოწვეულ რეაქციას C სახსარში.

ეს Oa და aO რეაქციები, როგორც წამწეს ორ ნაწილს შორის ურთიერთქმედების ძალები, მთელ სამსახსრიან წამწეს მიმართ ურთიერთ გამაწონასწორებელ შიდა ძალებს წარმოადგენენ.

ბ. სამსახსრიან წამწეს ღეროებში ძალდონეების განზღვრა, რეაქციების განზღვრის შემდეგ წამწეს მარცხენა და მარჯვენა ნაწილებისათვის ცალცალკე სწარმოებს იმ წესებით,

რომელიც იხმარება მარტივ წამწესათვის, სახელდობრ: ან კვანძების ამოკრის წესით (კრემონას დიაგრამა), ან კვეთთა მეთოდით (რიტე-რის და კულმანის წესები).

§ 16. კვეთის შიდაჩიხა

ა. გაკიმული ღეროები. გაკიმული ირიბას ძალღონე S -ით აღნიშნოთ, F -ით მისი კვეთი და R_Z -ით გაკიმვაზე დასაშვები უღი-ღესი ჰინვა; ამ სიდიდეებს შორის არსებული დამოკიდებულება შემ-დეგი ფორმულით წარმოიდგინება:

$$R_Z = \frac{S}{F} \quad (13).$$

რკინისათვის თუ მივიღებთ:

$$R_Z = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2},$$

განესაზღვრავთ საკირო კვეთის ფართობს:

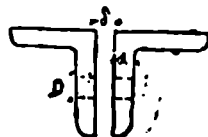
$$F = \frac{S}{R_Z}.$$

ღეროს კვეთი სიმეტრიულია და 2 კუთხოვანსაგან კეთდება, ამი-ტომ ერთი კუთხოვანას საკირო სამუშაო კვეთი netto F_1 ფართობი იქნება:

$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{S}{R_Z}.$$

კუთხოვანები ერთმანეთისაგან δ სისქის ლარტყათი არიან დაშო-რებულნი (რომელიც ერთ ღეროს ამაგრებს მეორეზე), რის დროსაც კუთხოვანებში გაყვანილია სამოქლონო ნახვრეტები (ნახ. 53); ეს ნახვრეტები ასუსტებენ კუთხოვანას და ამცი-რებენ მის ფართობს (ფართობი brutto) ნახვრე-ტების ფართობებით. მოქლონთა დიამეტრი აიღება: $D = 12 \div 24 \text{ მ/მ}$, ან მას გამოიანგარი-შებენ ფორმულით:

$$D = (1,75 \div 2,25) d,$$



ნახ. 53.

სადაც d კუთხოვანას თაროს სისქეა, რომელიც 3 მ/მ -ან 19 მ/მ -დე იცვლება; საშუალოთ შეგვიძლია მივიღოთ:

$$D = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm} \quad \text{და} \quad d = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm},$$

მაშასადამე, სამოქლონო ნახერეტის ფართობი საშუალოდ 2 cm^2 -ის ტოლია.

ამნაირად კუთხოვანას სრული F , ფართობი (ფართობი brutto) ტოლი უნდა იყოს:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{S}{R_Z} + 2 \text{ cm}^2$$

კუთხოვანთა ტაბულაში (იხ. სორტამენტები) ვპოულობთ უახლოეს უდიდეს ფართობს და შემდეგ ჩავატარებთ შემოწმებას.

მაგალითი: $S = 25 \text{ ton} = 25.000 \text{ kg}$, $R_Z = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$.

კვეთის ფართობი ტოლი უნდა იყოს:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{25000}{1000} + 2 = 14,5 \text{ cm}^2.$$

სორტამენტის მიხედვით უახლოესი მეტი ფართობია: $16,94 \text{ cm}^2$ და იგი ეკუთვნის კუთხოვანას: $65 \times 100 \times 11 \text{ mm}$. ვამოწმებთ: ასეთი კუთხოვანას netto ფართობია: $16,94 - 2 \cdot 1,1 = 14,74 \text{ cm}^2$, ორი კუთხოვანასი კი იქნება: $29,48 \text{ cm}^2$, რაიც განსაზღვრავს გაქიშვებზე დასაშვებ ჰინებას:

$$\frac{25000}{29,48} = 848 \text{ kg/cm}^2 < 1000 \text{ kg/cm}^2 \text{ -ზე ნაკლებია } 15\% \text{-ით.}$$

ბ. შეკუმშული ღეროები. ღუნვაზე დასაშვები R_d ჰინვა-დამოკიდებულია ღეროს სიგრძეზე და ფორმაზე და ასე განიზღვრება:

$$R_d = \varphi R_Z,$$

სადაც R უდიდესი დასაშვები ჰინვაა, $R_Z = 1000 \text{ kg/cm}^2$, ხოლო φ დასაშვები ჰინვის შემცირების კოეფიციენტი, რომელიც განიზღვრება ან შეარტ-რენკინის ფორმულით:

$$(15) \quad \varphi = \frac{1}{1 + 0,00008 \cdot \frac{F \cdot l^3}{J}}$$

ან ფორმულებით:

$$(16) \quad \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 1 - \frac{l}{228r}, \text{ როცა } \frac{l}{r} < 110; \\ \varphi = \frac{6281}{\left(\frac{l}{r}\right)^2}, \text{ როცა } \frac{l}{r} > 110, \end{array} \right.$$

სადაც F —ღეროს კვეთის ფართობია,
 J —კვეთის ინერციის მომენტია,
 l —ღეროს სიგრძეა,

$$r \sqrt{\frac{J}{F}} \text{—ღეროს კვეთის ინერციის რადიუსია.}$$

(15) განტოლებაში J -ის უმცირესი მნიშვნელობა აიღება, და.
 (16) განტოლებაში r -ის უმცირესი მნიშვნელობით კმაყოფილდებიან —
 შეკუმშული ღეროს კვეთის ფართობი, მკუმშავ S ძალაღონებზე
 დამოკიდებით, შემდეგი განტოლებით განიზღვრება:

$$F = \frac{S}{\varphi R_Z} \quad (17).$$

ამ განტოლებაში მოცემული უნდა იყოს φ მნიშვნელობა და გამანგარიშებას ასრულებენ თანდათანობითი შერჩევის საშუალებით. ვთქვათ, რომ

$$S = 30 \text{ ton} = 30000 \text{ kg}; \quad l = 3 \text{ mt.}$$

პირველი გულგება

$$\varphi = 0,7.$$

ღეროს ორ კუთხოვანასაგან შემდგარათ თუ ვიგულისხმებთ, რომ მელნიც ერთმანეთისაგან $b = 10^m/m$ -ით არიან დაშორებულნი, მივიღებთ საჭირო ფართობს:

$$F_1 = 21,4 \text{ cm}^2.$$

სორტამენტით შევარჩევთ უახლოეს დიდ კუთხოვანას $65 \times 130 \times 12^m/m$. რომლისათვისაც ტაბულიდან ამოვწერთ:

$$F = 21,96 \text{ cm}^2; \quad x_0 = 15,4 \text{ mm}; \quad J_0 = 47,9 \text{ mm};$$

$$J_b = 377 \text{ cm}^4; \quad J_a = 4,4 \text{ cm}^4,$$

სადაც x_0 და y_0 კუთხოვანას სიმძიმის ცენტრის კოორდინატებია. თაროების მიმართ; J_b და J_a ერთი კუთხოვანას ცენტრალური ინერციის მომენტებია aa და bb ღერძების მიმართ (ნახ. 54).

ვანგარიშობთ ორი კუთხოვანას ინერციის მომენტებს ცენტრალურ XX (ანუ bb) და YY ღერძების მიმართ:

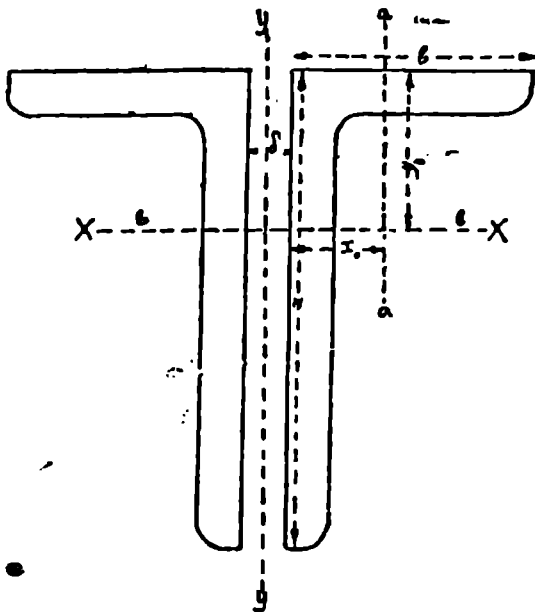
$$J_x = 2.377 = 75 \text{ cm}^4;$$

$$J_y = [64,6 + 21,96 (1,54 + 0,5)^2] 2 = 311,54 \text{ cm}^4.$$

ავიღებთ უმცირესს: $J = 311,54 \text{ cm}^4$.

ვანგარიშობთ:

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{311,54}{2.21,96}} = 2,663 \text{ cm.}$$



ნახ. 54-55.

როცა $l = 3 \text{ mt} = 300 \text{ cm}$, მაშინ:

$$\frac{l}{r} = 112,6$$

და (15) განტოლების მიხედვით მივიღებთ:

$$\varphi = \frac{1}{1 + 0,00008 \cdot \frac{2 \cdot 21,96 \cdot 300^2}{311,54}} = 0,49600,5;$$

(16) განტოლების მიხედვით:

$$\varphi = \frac{6281}{\left(\frac{300}{2,663}\right)^2} = 0,49500,5.$$

მეორე გულევა: $\varphi=0,5$:

$$F = \frac{30000}{0,5 \cdot 100} = 60 \text{ cm}^2; \quad F_1 = 30 \text{ cm}^2$$

და შევარჩევთ კუთხოვანას:

$$\begin{aligned} & 80 \times 160 \times 14^m/m; \\ F &= 31,64 \text{ cm}^2; \quad x_0 = 18,7 \text{ mm}; \quad y_0 = 58,7 \text{ mm}; \\ J_b &= 829 \text{ cm}^4; \quad J_a = 141 \text{ cm}^4; \\ J_z &= 2 \cdot 829 = 1658 \text{ cm}^4; \\ J_y &= [141 + 31,64 (1,87 + 0,5)^2] 2 = 637,4 \text{ cm}^4. \end{aligned}$$

(15) განტოლების მიხედვით:

$$\varphi = \frac{1}{1 + 0,00008 \cdot \frac{2 \cdot 31,64 \cdot 300^2}{637,4}} = 0,714.$$

შესაშე გულევა:

$$0,7; \quad 0,5; \quad 0,71 \text{ წკრივიდან შევარჩევთ} \\ \varphi = 0,63.$$

მაშინ:

$$\begin{aligned} F &= \frac{30000}{0,63 \cdot 1000} = 47,6 \text{ cm}^2; \\ F_1 &= 23,8 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

შევარჩევთ კუთხოვანას:

$$\begin{aligned} & 80 \times 160 \times 12^m/m; \quad F = 27,36 \text{ cm}^2; \\ x_0 &= 17,9 \text{ mm}; \quad y_0 = 57,9 \text{ mm}; \quad J_b = 725 \text{ cm}^4; \quad J_a = 125 \text{ mm}^4. \\ J_z &= 1450 \text{ cm}^4; \\ J_y &= [125 + 27,36 (1,79 + 0,5)^2] 2 = 536,8 \text{ cm}^4. \\ \varphi &= \frac{1}{1 + 0,00008 \cdot \frac{2 \cdot 27,36 \cdot 300^2}{536,8}} = 0,58, \end{aligned}$$

რადიკ 0,63-დან განსხვავდება 7%-ით.

შემოწმება:

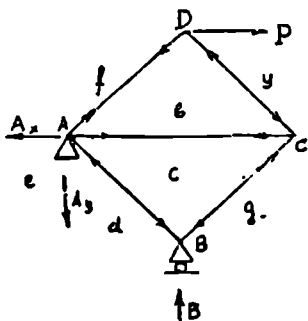
$$R_d = \frac{30000}{2 \cdot 27,36} = 548 < 0,58 \cdot 1000 \text{ kg/cm}^2 \text{-ზე } 5\% \text{-ით.}$$

კუმშვის შემთხვევაში კვეთის შერჩევისას მოქლონებით გამოწვეული დასუსტება ანგარიშში არ მიიღება, რადგან კუმშვის შესაძლო ძალა გადაეცემა მოქლონის ტანს.

ა მ რ ც ა ნ ე ბ ი

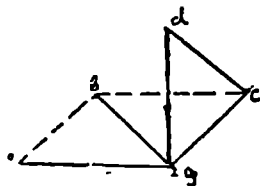
8. $ABCD$ წამწესათვის ააგეთ კრემონას დიაგრამა (ნახ. 56), თუ მოცემულია ჰორიზონტალური P ძალა.

შახ. რეაქციის განსაზღვრის შემდეგ (იხ. ამოცანა 3), ავაგებთ დიაგრამას (ნახ. 57); ვიწყებთ D დიაგრამიდან; $lfbcd$ დიაგრამის კუთხეებია 90° , ან 45° და ძირითადი მონაკვეთებია:



ნახ. 56.

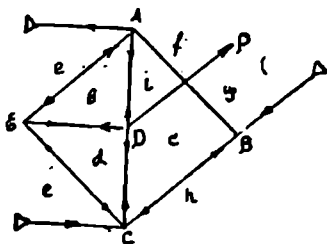
$$de = ef = P.$$



ნახ. 57.

ძალლონეთა სიდიდე განიზღვრება ან მასშტაბით, ან ტრიგონომეტრიულად:

$$bg = P \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad cg = cd = fb = P \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad bc = P.$$



ნახ. 58.

9. ააგეთ კრემონას დიაგრამა $ABCD$ წამწესათვის (ნახ. 58), რომელიც დატვირთულია D კვანძზე მოდებული და EA და CB ღეროების პარალელური P ძალით.

შახ. რეაქციის განსაზღვრის შემდეგ (იხ. ამოცანა 4), ავაგებთ $fghef$ ძალთა მრავალკუთხედს (ბოას აღნიშვნების გამოყენებით) (ნახ. 59).

P ძალის ქმედების ხაზს იქამდე ვაგრძელებთ, რომ იგი განშორდეს წამწეს მოხაზულობას, ასე რომ P ძალას ექნება ორი აღნიშვნა: გარე არეებზე fg და შიდა

არეგებზე ic ; ძალთა მრავალკუთხედში P ძალა გარე არეგებზეა აღნიშნული (წამწეს ფარგს გარეთ უნდა მივლით).

P ძალის და B რეაქციის ტოლობის გამო ძალთა მრავალკუთხედში f და h წერტილები თანხვდებიან. მონაკვეთები:

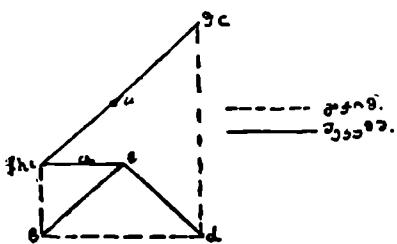
$$fg = P \text{ და } fe = P \frac{\sqrt{2}}{4}.$$

ღიაგრამის აგება C კვანძიდან იწყება; ღიაგრამაში თანხვდებიან c და g წერტილები და i და f წერტილები. ღიაგრამაში ძალლონეთა სიდიდე ძალთა მასშტაბით განიზღვრება, მაგრამ ამ შემთხვევაში, კუთხეთა უბრალო მნიშვნელობის გამო (90° და 45°) ძალლონეები ანალიზურად განიზღვრებიან. ტრიგონომეტრიულად გამოვიანგარიშებთ:

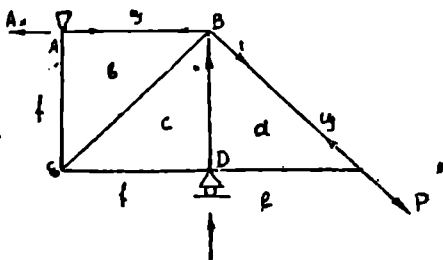
$$ib = ic = P \frac{\sqrt{2}}{4}; \quad be = \frac{1}{2}P = ed.$$

bd და cd სიდიდეებს გამოვიანგარიშებთ ანალიზური გეომეტრიის შემდეგი თეორემის მიხედვით, რომელიც გვეუბნება, რომ: ჩაკეტილი მრავალკუთხედის გვერდთა გვეგმილების ჯამი ნებისმიერ მიმართულებაზე უდრის ნულს. $cdbi$ ჩაკეტილ ოთხკუთხედში fg (იგივე ic) და bi გვერდები ცნობილია; cd გვერდს განვსაზღვრავთ მეორე bd უცნობისადმი პერპენდიკულარულ მიმართულებაზე გვეგმილთა ჯამის განტოლებიდან, bd გვერდს კი cd მიმართულებისადმი პერპენდიკულარულ bd მიმართულებაზე გვეგმილთა ჯამის განტოლებიდან. მივიღებთ:

$$cd = \frac{3}{4}P\sqrt{2}; \quad bd = \frac{1}{2}P\sqrt{2}.$$



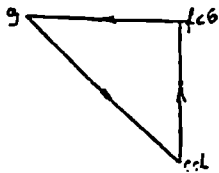
ნახ. 59.



ნახ. 60.

10. $ABCDE$ წამწესათვის ააგეთ P ძალით გამოწვეული ძალლონეთა ღიაგრამა (ნახ. 60).

პასუხი: კრემონას დიაგრამა gf სამკუთხედით გამოისახება (ნახ. 61), რისათანა f წერტილთან თანხედებიან c და b წერტილები, l წერტილთან კი d წერტილი.

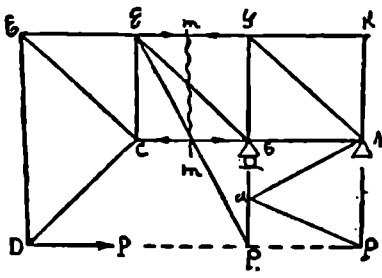


ნახ. 61.

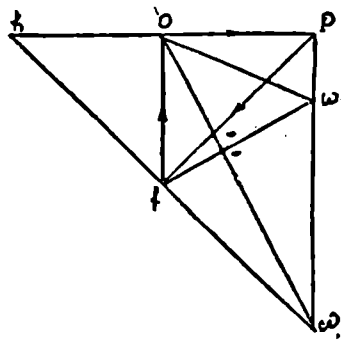
11. D კვანძში P ძალით დატვირთულ $ABCDEF GK$ წამწესათვის (ნახ. 62), კულმანის წესის მიხედვით განსაზღვრეთ ძალდონეები m ხაზით განკვეთილ ღეროებში.

პასუხი: A და B რეაქციების განზღვრისათვის შევარჩევთ თოკის მრავალკუთხედის AP და Pd გვერდებს (ნახ. 62) და OP მონაკვეთის ბოლოებზე (რომელიც მასშტაბში P

ძალას გამოისახავს) გავატარებთ AP და Pd გვერდების პარალელურ Pw და wo სხივებს (ნახ. 63); განვსაზღვრავთ w პოლუსებს და dA ჩამკეტის პარალელურად გავატარებთ გამყოფ wf სხივს.



ნახ. 62.



ნახ. 63.

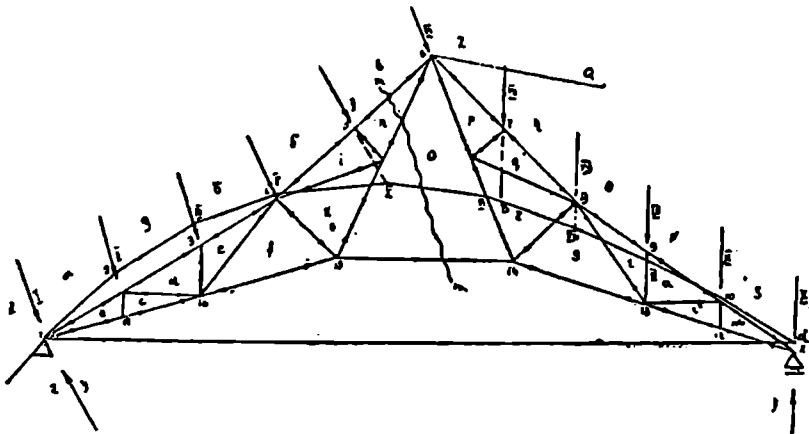
w პოლუსიან ვარინიონის მრავალკუთხედში (ნახ. 63) განიზღვრება რეაქციები:

$$B = fo \text{ და } A = Pf.$$

m კვეთის მარცხნივ წამწეზე მხოლოდ ერთი გარე P ძალა მოქმედობს, რომელიც უნდა გავაწონასწოროთ FG , FB და CB ღეროებში მქმედი ძალდონეებით. P ძალის CB ღეროს ძალდონესთან თანაკვეთის წერტილი უსასრულებელია და f კვანძზე გამავალი დამხმარე მიმართულება, P ძალის პარალელური იქნება. P ძალის გამაწონასწორებელ ძალდონეებათ დაშლისას (ერთი ძალდონე მისდევს CB ღეროს, მეორე კი დამხმარე FG ღეროს მიმართულებებს) შევარჩევთ თოკის მრავალკუთხედის BP_1 და P_1F გვერდებს (ნახ. 62); w_1 პო-

ლუსის მდებარეობის გამოსარკვევად ვაგებთ Pa_1 და Oa_1 სხივებს (ნახ. 63); a_1f გამყოფი სხივი, რომელიც FB ჩამკეტის პარალელურია, Pf_1 მონაკვეთით განსაზღვრავს CB ღერძში მქმედ ძალლონეს; იგი განსაზღვრავს აგრედვე დამხმარე ძალას FG მიმართულებით $f_1()$ მონაკვეთის საშუალებით. დამხმარე ძალის მდგენელები f_1O მონაკვეთით განსაზღვრავს FG ღეროს ძალლონეს და ნულოვანი მონაკვეთით PB ღეროს ძალლონეს.

12. საკუთარი წონის ზეგავლენაში მყოფ [რომელიც განიზღვრება (7) განტოლებით: $k=50+2l$] 1-6-11 წამწესათვის განსაზღვრეთ რეაქცია (ნახ. 64) და ააგეთ კრემონას დიაგრამა; გარდა საკუთარი.



ნახ. 64.

წონისა წამწეზე მარცხნიდან მოქმედობს ქარის წნევა, რომელიც სახურავისადმი ნორმალზეა მიმართული და (11) განტოლებით განიზღვრება:

$$p_1 = \frac{1}{2}(d_1 + d_2)d \cdot 180 \cdot \sin^2(10 + \alpha);$$

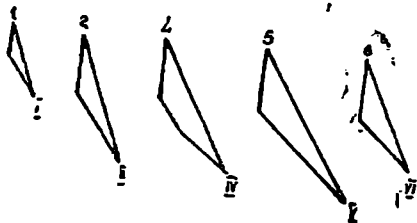
1 და 4 კვანძებს შორის სახურავის დახრილობაა 2:3, ხოლო 4 და 6 კვანძებს შორის კი 1:1; 15-14 ღეროს ამალღება საყრდნობის 1-11 ხაზზე უდრის

$$h = 0,12l$$

(l წამწეს მალის სიგრძეა); არტახის სიგრძეა
 $a = 0,1l$;

4-15 ღეროს მიმართულება მალს კვეთს შუა ადგილას და პორიზონტთან ადგენს 45° კუთხეს.

მახუზი: მოცემული l მალისა და მოსაზღვრე წამწეებს შორის d მანძილის მიხედვით (8) განტოლებით განვსაზღვრავთ წამწეს G წონას, რომელსაც განვარიგებთ ზედა კვანძებს შორის, რის დროსაც 1 და 11 საყრდნობო კვანძებს გადაეცემთ დანარჩენ ზედა კვანძთა დატვირთვის ნახევარს (თითოეულს). სახურავის მოცემული დახრილობების მიხედვით განვსაზღვრავთ სახურავის ჰორიზონტთან დახრილობის α კუთხეებს და

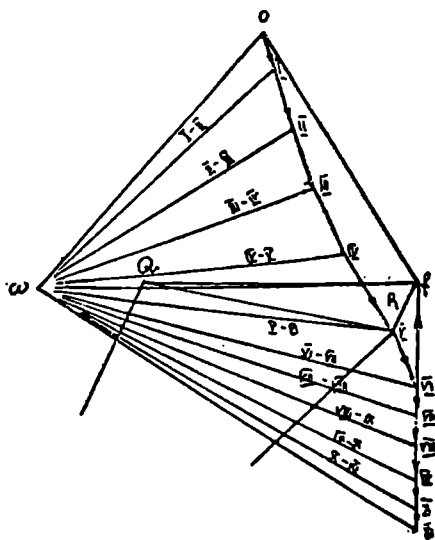


ნახ. 65.

(11) განტოლების მიხედვით ეპოულობთ ერთ კვანძზე განრიგებულ და სახურავის ნორმალზე მიმართულ ქარის წნევას. თითოეულ კვანძისათვის ვკრებთ წამწეს წონას და ქარის წნევას (ნახ. 65) და განვ-

საზღვრავთ სრულ დატვირ-

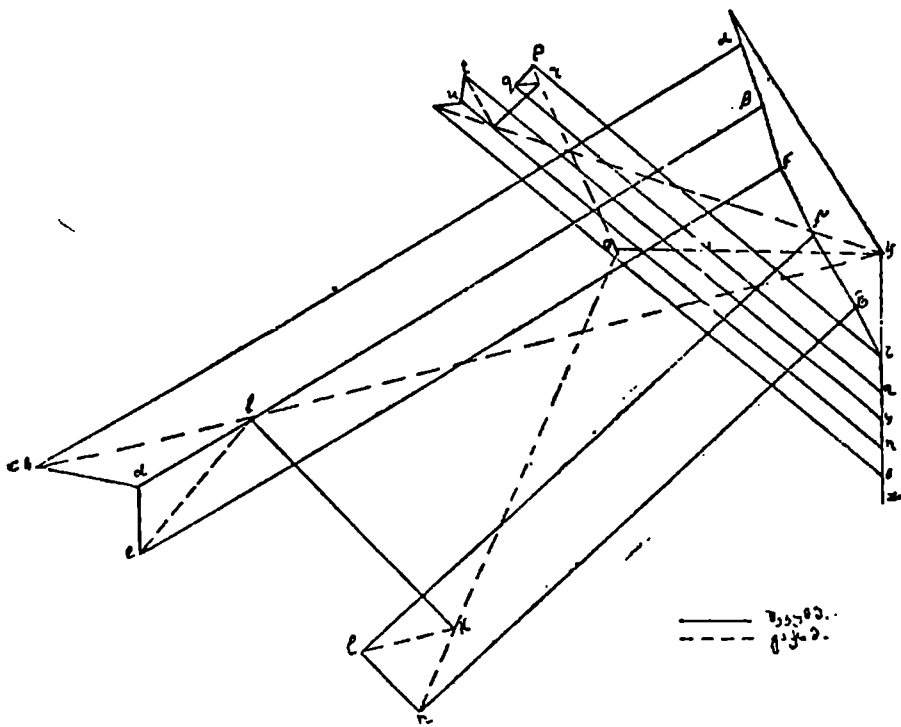
თვის თითოეულ კვანძზე. ავაგებთ ძალთა $O-I-II-III-IV-V-VI-VII-VIII-IX-X-XI$ მრავალკუთხედს (ნახ. 66) და α პოლუსიანი ვარიანიონის მრავალკუთხედით ავაგებთ $I-II-III-IV-V-VI-VII-VIII-IX-X-XI-d_1$ თოკის მრავალკუთხედს, $1-d$ ჩამკეტს (ნახ. 64) და გამყოფ af_1 სხივს, რომელიც განსაზღვრავს $XI f_1$ და $f_1 O$ რეაქციებს. ძალთა $\gamma \zeta \alpha \beta \gamma \delta \epsilon \zeta \eta \theta \pi \rho \chi \psi$ მრავალკუთხედის აგებით (ნახ. 67) 1 კვანძიდან დაწყებული ვაგებთ დიაგრამას: 17, 2, 3, 16 კვანძებზე გადასვლით. 15 და 4 კვანძებში ძალღონეთა განზღვრის სირთულეს ვამარტივებთ და ამოგხსნით კულმანის წესით Oy ძალღონის აგების საშუალებით, რისთვისაც წამწეს ვაკვეთავთ $\mu \mu$ კვეთით; წამწეს მარცხენა ნაწილზე მქმედი ძალების ტოლქმედია (ნახ. 66)



ნახ. 66.

$$R = f_1 V,$$

რომლის მოდების წერტილი ხედება $1d_1$ და YVI გვერდების თანაკვეთის წერტილში (ნახ. 64); ვპოულობთ დამხმარე მიმართულებას bQ და Q_1V -ის bQ -ს პარალელურად გავლებს საშუალებით (ნახ. 66), განვსაზღვრავთ Q_1f_1 მონაკვეთს (ნახ. 66), რომელიც გამოხატავს Oy ძალდონეს (ნახ. 64). წამწეს მარჯვენა ნახევრისათვის დიაგრამის აგებას 11 კვანძიდან ვიწყებთ, და, შემდეგ გადავდივართ 12,10 და ა. შ. კვანძებზე.



ნახ. 67.

13. 10-1-5-9-15 წამწესათვის ააგეთ კრემონას დიაგრამა და განსაზღვრეთ რეაქციები (ნახ. 68), თუ მასზე მოქმედობს (7) განტოლებით განსაზღვრული $k=50+2 \cdot l$ საკუთარი წონა (l —წამწეს მალა) და ქარი მარცხნიდან, რომელიც სახურავის ნორმალზეა მიმართული და რომლის წნევა განიზღვრება (11) განტოლებით:

$$p_1 = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) d \cdot 180 \cdot \sin^2(10 + \alpha);$$

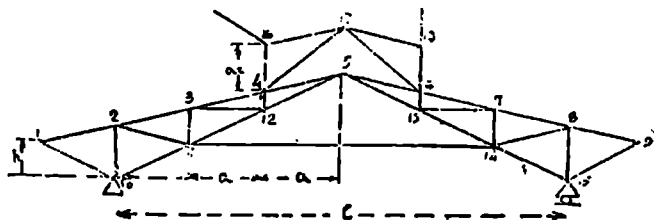
სახურავის დახრილობა 1 და 4 კვანძსა და 16 და 17 კვანძს შორის არის 1:4; 10 და 15 საყრდნობთა პორიზონტისაგან 1 კვანძის h_1 ამალღებაა

$$h_1 = 0,08 l;$$

16 კვანძის 4 კვანძთან h_2 ამალღებაა:

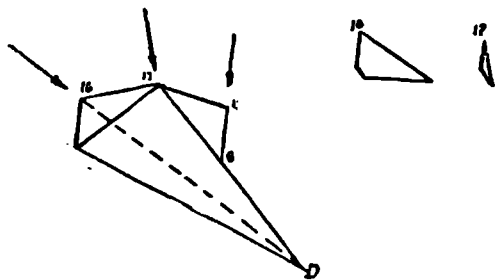
$$h_2 = 0,1 l;$$

პანელის სიგრძეა $a = \frac{1}{6} l$.



ნახ. 68.

პახუზი: 4 და 6 კვანძებს შორისი მალისა და მოსაზღვრე წამწეებს შორისი d მანძილის მიხედვით (18) განტოლებით განვსაზღვრავთ ზედნადგამის G წონას, რომელსაც თანაბრად განვარიგებთ სამ ზედა კვანძებს შორის (16, 17 და 18 კვანძებს შორის) (ნახ. 69).

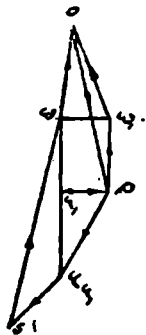


ნახ. 69-70.

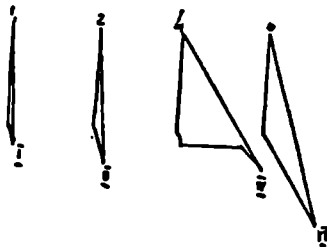
ზედნადგამის სახურავის მოცემულ $\angle \alpha$ დახრილობით და (11) განტოლებით ვპოულობთ 16 და 17 კვანძებზე განრიგებულ და სახურავისადმი ნორმალურ ქარის წნევას. 16 და 17 კვანძებისათვის ვკრიბავთ ზედნადგამის წონას და ქარის წნევას (ნახ. 70), და ვპოუ-

ლობთ ზედნადგამის 4 და 6 საყრდნობთა რეაქციებს, რისთვისაც 16 კვანძზე ვაგებთ OP ტვირთის მრავალკუთხედს (ნახ. 71), 17 კვანძი-

ათვის PQ -ს და 18 კვანძისათვის QS -ს, შემდეგ ამ ტვირთებს რეაქციებთან ვშლით: მათი შეკრებით სრული რეაქცია 4 კვანძისათვის წარმოიდგინება $აO$ მონაკვეთით, 6 კვანძის სრული რეაქცია კი $აA$ მონაკვეთით. ამ რეაქციების წინაუქმო ძალებს წამწეს 4 და 6 კვანძების დატვირთვით ვგულისხმობთ. უზედნადგამო წმწაე ნახ. 73-ზეა წარმოდგენილი; წონის, ქარის და ზედნადგამის რეაქციების შეკრებვა ნახ. 72-ზეა წარმო-

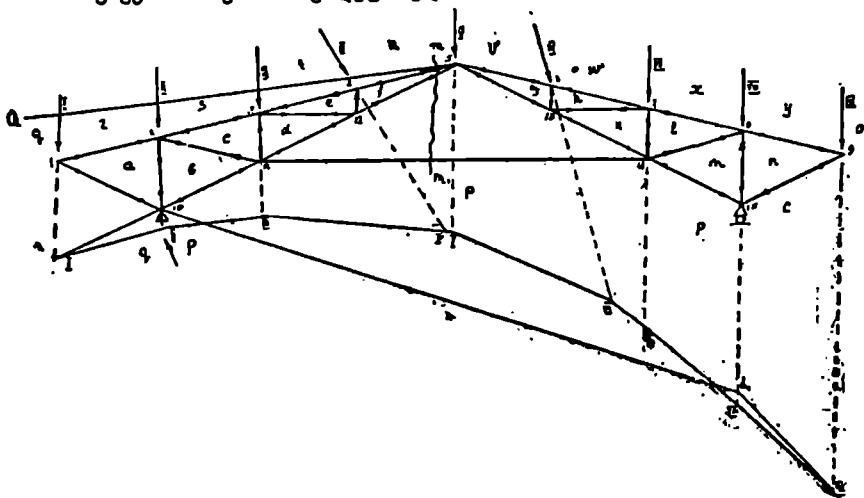


ნახ. 71.

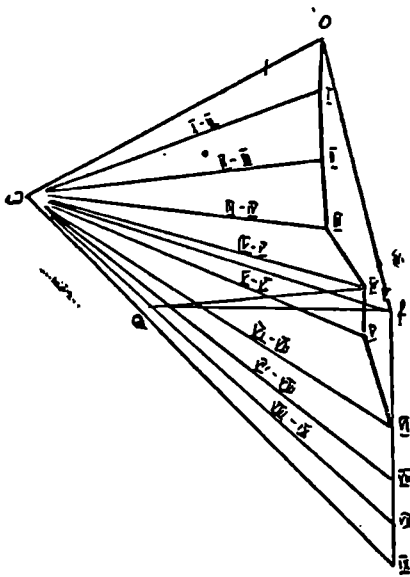


ნახ. 72.

გენილი; 1—10 წახანაგზე ქარის წნევას უყურადღებოთ ვტოვებთ. ვაგებთ ძალთა $O-I-II-III-IV-V-VI-VII-VIII-IX$ მრავალკუთხედს (ნახ. 74) და ვარინიონის მრავალკუთხედის მიხედვით $ა-ს$ საშუალებით ვაგებთ თოკის მრავალკუთხედს $10-I-II-III-IV-V-VI-VII-VIII-IX-d_1$,



ნახ. 73.



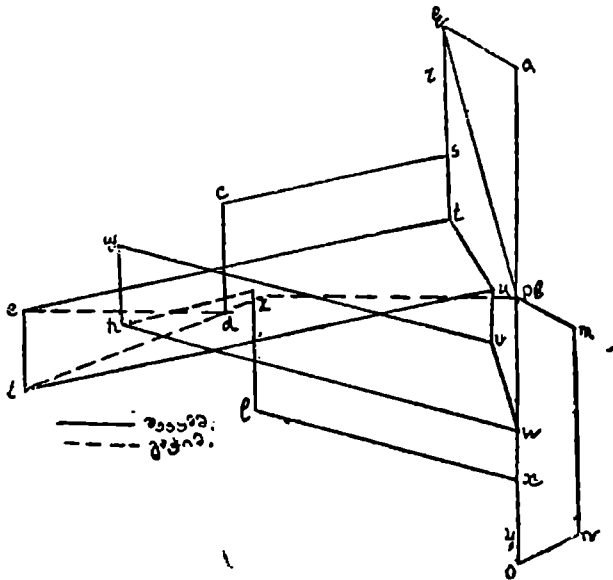
ნახ. 74.

ჩამკეტს $10d_1$ (ნახ. 73) და გამყოფ af_1 სხივს, რომელიც განსაზღვრავს IXf_1 და f_1O რეაქციებს.

ძალთა $pqrstuvwxyp$ მრავალკუთხედის აგების შემდეგ (ნახ. 75) 1 კვანძიდან დაწყებული ვაგებთ დიაგრამას, შემდეგ 10 და 2 კვანძებზე გადასვლის საშუალებით.

11 და 3 კვანძებში ძალღონეთა განზღვრის სიძნელეს გადავკრით კულმანის წესით zp ძალღონეს აგებით, რისთვისაც წამწეს გავკვეთავთ m_1m_1 კვეთით: წამწეს მარცხენა მხარეზე მომქმედი ძალების ტოლქმედი იქნება (ნახ. 74)

$$R = f_1 IV,$$

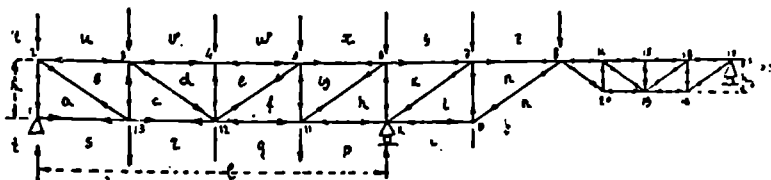


ნახ 75

რომლის მოდების წერტილი ხედება $10d_1$ და IV V გვერდების თანაკვეთის წერტილში (ნახ. 73); ვპოულობთ დამხმარე $5Q$ მიმართულებას და გავატარებთ $Q_{IV} \parallel 5Q$ (ნახ. 74), რითაც განესაზღვრავთ ρ ძალის (ნახ. 73) გამომსახველ $Q_1 f_1$ მონაკვეთს (ნახ. 74).

წამწეს მარჯვენა ნახევრის დიაგრამის აგებას ვიწყებთ 9 კვანძიდან, რის შემდეგაც გადავდივართ 15,18 და ა. შ. კვანძებზე.

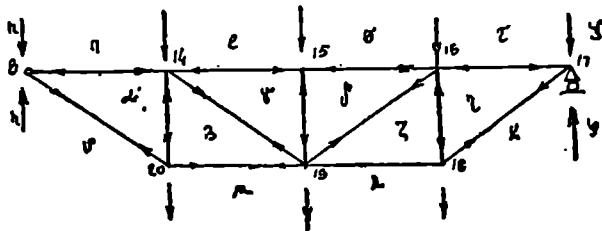
14. აავთ კრემონას დიაგრამა 1-2-8-17 კოქისათვის (ნახ. 76 და 76 bis), რომელიც წონასწორდება (6) განტოლებით განზღვრული



ნახ. 76.

[$g = 200 + 3 \cdot l$ კილოგრამი წამწეს 1 გრძივ მეტრზე] საკუთარი წონით (l — წამწესის მალა) და თანაბრად განრიგებული ტვირთით (400 kg წამწეს 1 სიგრძივ მეტრზე); კონსოლიანი წამწეს 1-8 სიმაღლეა

$$h_1 = \frac{1}{6} l,$$



ნახ. 76 bis.

მარტივი 8-17 წამწეს სიმაღლეა

$$h_2 = \frac{1}{6} l_1,$$

სადაც მარტივი წამწეს l_1 მალი $= \frac{1}{2} l$.

პასუხი: მარტივი წამწეს G_1 წონას განესაზღვრავთ ფორმულით:

$$G_1 = (200 + 3 \cdot l_1) l_1,$$

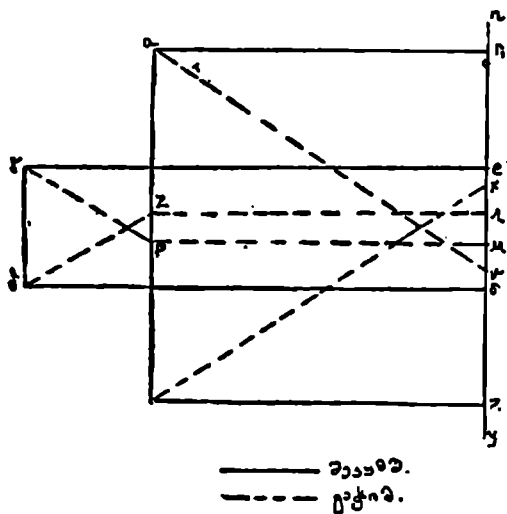
რომელსაც თანაბრად განვარიგებთ ყველა კვანძებზე; შემდეგ განვსაზღვრავთ თანაბარ დატვირთვისას

$$Q_1 = 400 \cdot l_1,$$

რომელსაც განვარიგებთ ზედა კვანძებზე (თანაბრად კვანძებზე 14, 15 და 16, და, ნახევარი ზომით კვანძებზე 8 და 17), ამის შემდეგ ანალიზურად გამოვივლით 8 და 17 საყრდნობთა R_1 რეაქციებს:

$$R_1 = \uparrow \frac{1}{2}(G_1 + Q_1),$$

და მარტივ წამწესათვის ვაგებთ დიაგრამას (ნახ. 77).



ნახ. 77.

კონსოლიან კოჭისათვის

$$k = \frac{1}{13} [200 + 3 \cdot 7] \cdot \frac{6}{4} \cdot l$$

ფორმულით ვპოულობთ ერთ კვანძზე განრიგებულ საკუთარი წონის R ნაწილს და განვსაზღვრავთ თითოეულ 3 და 7 კვანძებზე წილხვედრილ თანაბარი ტვირთის q ნაწილს ფორმულით

$$q = 400 \cdot \frac{6}{4} \cdot l \cdot \frac{1}{6};$$

კვანძზე თანაბარი დატვირთვაა $\frac{1}{2}q$, ხოლო 8 კვანძზე მოღებულია ძალა

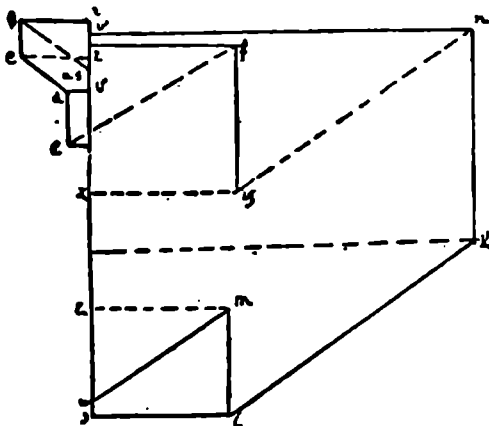
$$\frac{1}{2}q + \downarrow R_1.$$

r რეაქცია ანალიზურად განიზღვრება ფორმულებით:

$$r_1 = 4k + 1,5q - 0,5R_1;$$

$$r_{10} = 9k + 4,5q + 1,5R_1.$$

1. ეკონსოლიანი კოქის დიაგრამა ნახ. 78-ზე წარმოდგენილი.



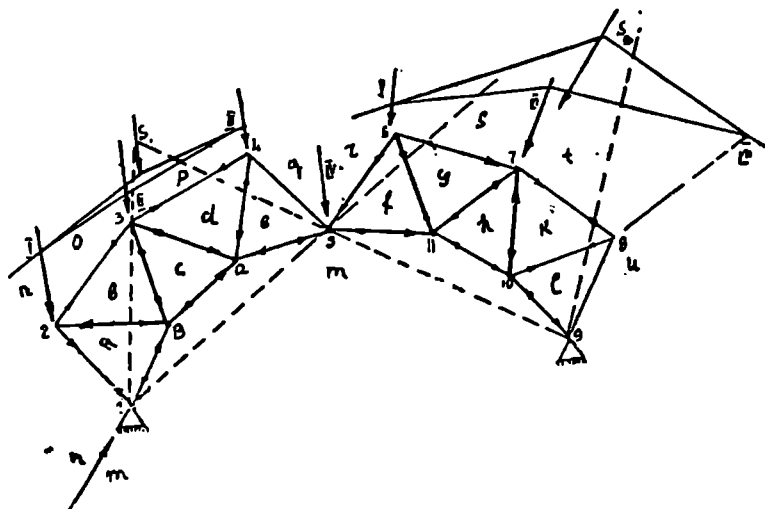
ნახ. 78.

15. სამსახსრიან 1-5-9 წამწესათვის (ნახ. 79) განსაზღვრეთ რეაქციები და ააგეთ კრემონას დიაგრამა, თუ მასზე მოქმედობს საკუთარი წონა (რომელიც (7) განტოლებით განიზღვრება: $k = 50 + 2 \cdot l$; ეს ტვირთი განრიგებულია წამწეს მიერ გადახურული არეს ჰორიზონტალური პროექციის 1 mt-ზე, l -ით წამწეს მალა აღნიშნული) და ქარი მარჯენიდან, რომელიც სახურავის მართივაზეა მიმართული, და რომლის წნევაც (11) განტოლებით განიზღვრება:

$$p_2 = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) d \cdot 180 \cdot \sin^2(10 + \alpha);$$

კვანძები 1-13-12-5-11-10-9 მოთავსებული არიან f_1 აღმართიან წრეხაზზე, რისათანა მოსაზღვრე კვანძებს შორის თანატოლი მანძილებია დარჩენილი; 2-3-4-6-7-8 კვანძები ძირა სარტყლის

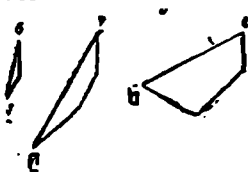
კონცენტრიულ წრებაზე არიან განრიგებულნი; სარტყელთა წრება-
 ზებს შორისი მანძილი ქვედა სარტყლის მეზობელ კვანძებს შორისი
 მანძილის ტოლია.



ნახ. 79.

პასუხი: მოცემული l მალისა და წამწეთა შორისი d მანძილის
 მიხედვით განვსაზღვრავთ წამწეს წონას და მას თანაბრად განვარ-
 გებთ 2, 3, 4, 5, 6, 7 და 8 კვანძებს შორის (ე. ი. შვიდ კვანძს
 შორის).

სახურავის დახრილობისა (რომელიც ნახაზით განიზღვრება) და
 წამწეებს შორისი d მანძილის მიხედვით, ვპოულობთ ერთ კვანძზე



ნახ. 80.

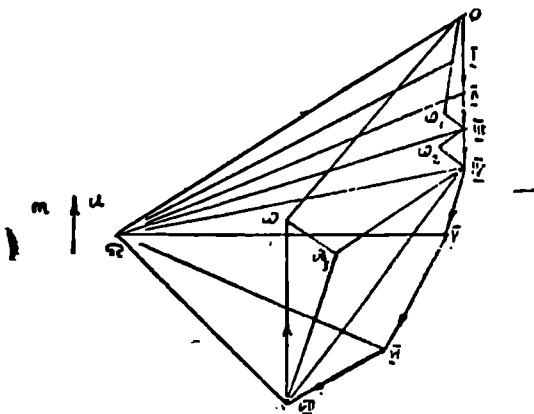
განრიგებულ და სახურავის მართივანე მი-
 მართულ ქარის წნევის სიდიდეს. თითოე-
 ულ კვანძისათვის ვკრიბავთ წამწეს წონას
 და ქარის წნევას (ნახ. 80). ვაგებთ ძალთა
 მრავალკუთხედს 0—I—II—III—IV—V—
 —VI—VII (ნახ. 81), რის დროსაც ქარის
 წნევას 9 კვანძზე სრულიად უყურადღებოთ
 ვტოვებთ. Ω პოლუსიანი ვარიანიონის მრავალკუთხედის მიხედვით
 ვაგებთ თოკის მრავალკუთხედებს (ნახ. 79) I—II—III—IV და V—
 —VI—VII, რომელთა საშუალებითაც ვპოულობთ 0—III და IV—VII
 ტოლქმედების მოდების S_1 და S_2 წერტილებს (ნახ. 81); სახსარ 5-ში
 56

შიდა რეაქცია (კვანძ 5-ის დატვირთვის მარჯვენა საყრდნობს თუ გადავცემთ) აIII მონაკვეთით განიზღვრება.

ამის შემდეგ ვაგებთ დიაგრამებს წამწეს მარცხენა (ნახ. 82) და მარჯვენა (ნახ. 83) ნაწილებისათვის.

16. განსაზღვრეთ ძალონები 1 — 6 — 7 — 8 — 13 წამწეს ლეროებში (ნახ. 84), თუ მასზე მოქმედობს საკუთარი წონა [რომელიც განიზღვრება (8) განტოლებით:

$$q = 20 \text{ კილოგრამი}$$

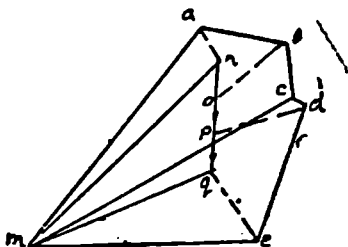


ნახ. 81.

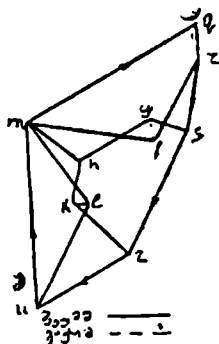
წამწეს გარე მოხაზულობის ფართობის m^2 -ზე) და სახურავისაღნი მართიეულად მიმართული ქარის წნევა მარცხნივ [წნევის სიდიდე განიზღვრება (11) განტოლებით:

$$p_1 = \frac{1}{2} (d_1 + d_2) d \cdot 180 \cdot \sin^2 (10 + \alpha),$$

სადაც: l ქანობზე მანძილია საყრდნობებს შორის; $h_2 = 0,2 l$; $h_3 = 0,4 l$; $F = 0,2 l$; $l_1 = 0,8 l$.



ნახ. 82.

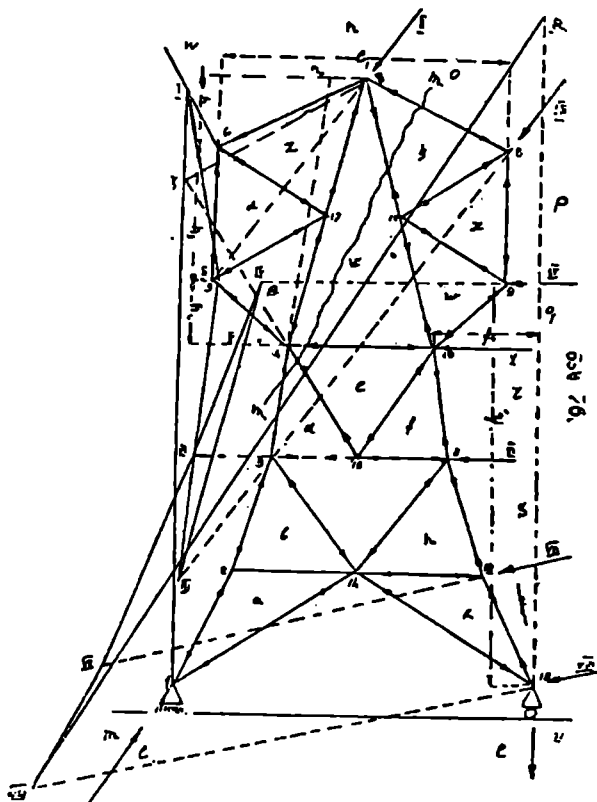


ნახ. 83.

მახუზი: მოცემული l განზომილების მიხედვით განვსაზღვრავეთ წამწეს გარე მოხაზულობის ψ ფართობს და წამწეს წონას, განტოლებით:

$$G = q \psi,$$

რისათანა წამწეს G წონას თანაბრად განვარიგებთ შვიდ კვანძს შო-
 რის: 7, 8, 9, 10, 11, 12 და 13.

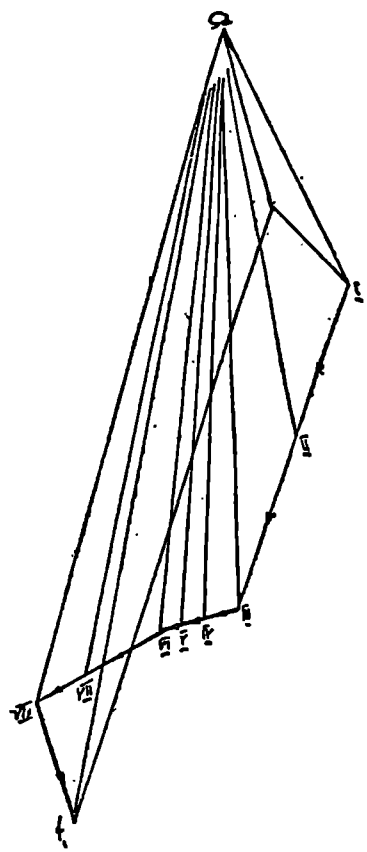


ნახ. 84.

წამწეს წახნაგის დახრილობისა და წამწეთაშორისი d მანძილის შიხედვით (11) განტოლებით ეპოულობთ ერთ კვანძზე წილხვედრილ და სახურავისადმი მართიველად მიმართულ ქარის წნევას. თითოეულ კვანძზე წილხვედრილ დატვირთვის განსაზღვრით (ნახ. 86): ვაგებთ ძალთა მრავალკუთხედს $O I II III IV V VI VII VIII$ (ნახ. 85) და Ω პოლუსიანი ვარიანონის მრავალკუთხედის მიხედვით ვაგებთ თოკის მრავალკუთხედს $I II III IV V VI VII VIII d_1$, ჩამკეტ $VIII d_1$ ხაზს (ნახ. 84) და Ωf_1 გამყოფ სხივს (ნახ. 85), რომელიც განსაზღვრავს $VIII - f_1$ და $f_1 - O$ რეაქციებს.

ძალთა $lmnopqrstul$ მრავალკუთხედის (ნახ. 87) აგების შემდეგ 4 კვანძიდან დაწყებული ვაგებთ დიაგრამას, 13, 2, 12, 14, 3, 11, 15 კვანძებზე გადასვლით.

10 და 4 კვანძებისათვის დიაგრამის აგების დაბრკოლებას გადავლახავთ რიტერის წესის გამოყენებით, რისთვისაც ვავატარებთ m_1m_1



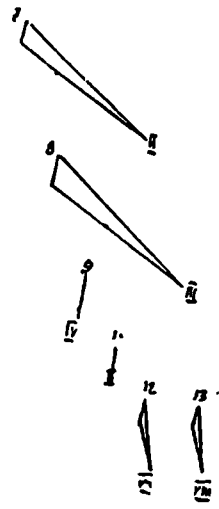
ნახ. 85.

კვეთს, რომელიც გადაკვეთს oy , ys , se , ed და dm ღეროებს; ed და dm ღეროთა ძალონეები უკვე ცნობილია.

განვიხილავთ კვეთის ქვემოთა წამწეს ნაწილს და შევადგენთ განტოლებას:

$$\sum M_1 = 0,$$

რომელშიაც შევლენ m n ძალა,



ნახ. 86.

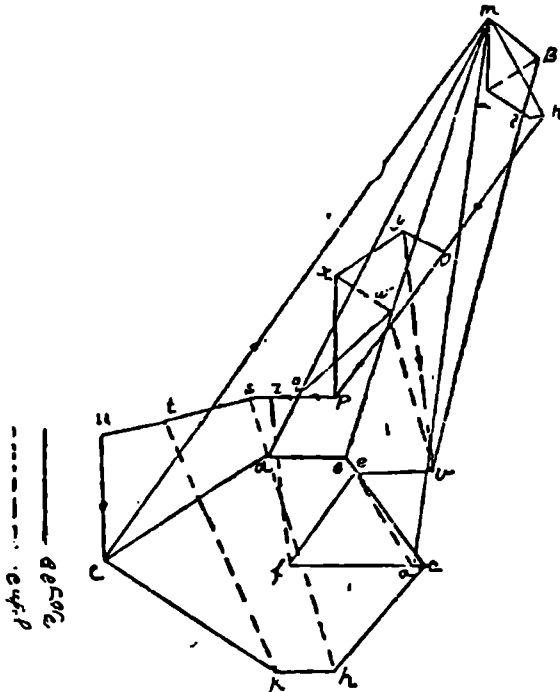
ცნობილი ed და dm ძალონეები, უცნობი sv ძალონე და მხრები: 7-6, μ - ξ , μ - η და 7-15:

$$-sv \cdot (7-15) - mn \cdot (7-6) + ed \cdot (\mu-\xi) - dm \cdot (\mu-\eta) = 0,$$

საიდანაც:

$$v_1 = -\frac{mn(7-6)}{(7-15)} + \frac{ed(\mu-5)}{(7-15)} - \frac{dm(\mu-7)}{(7-15)}.$$

ეს ძალღონეს პოვნით და მისი დიაგრამაზე აღსახვით (ნახ. 87), ვაგრძელებთ დიაგრამის აგებას 4 კვანძიდან 10, 5, 3, 6 და ა. შ. კვანძებზე გადასვლით.



ნახ. 87.

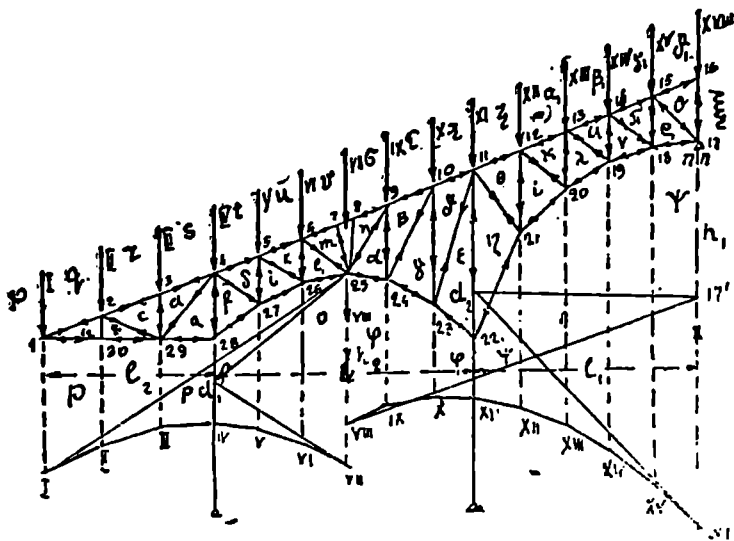
17. (1-16-17-22-25-28) წამწესათვის განსაზღვრეთ რეაქციები და ააგეთ ძალღონეთა დიაგრამა (ნახ. 88), თუ წამწე განიცდის საკუთარი წონის [რომელიც განიზღვრება (7) განტოლებით:

$$k = 50 + 2 \cdot l \text{ კილოგრამს}$$

წამწეს მიერ გადახურული არეს გეგმილის mx^2 -ზე] და თოვლის წნევას, რომელიც განიზღვრება (12) განტოლებით:

$$q_1 = \frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2) \cdot d \cdot 100 \text{ kg.};$$

$l_1=0,85 l$; $l_2=0,65 l$; $h_1=0,85 l$; $h_2=0,3 l$; სახურავის დახრილობაა $1:2,5$; ქვედა სარტყლის კვანძები პარაბოლაზე მდებარეობენ.



ნახ. 88.

მახუხი: მოცემული წამწე გაწონასწორებულ წამწეთ იგულისხმება, რომელიც 17—22—25 კონსოლიან და მეორე 25—28 კონსოლიანი წამწეებისაგან შესდგება [უკანასკნელი წამწეს საყრდნობები 25 სახსარში და 28 კვანძშია (მერყევი საყრდნობი) მოთავსებული].

მოცემული l მალისა და მეზობელ წამწეებს შორისი d მანძილის მიხედვით განესაზღვრავთ წამწეს საკუთარ წონას (რომელსაც მხოლოდ ზედა კვანძებზე განვიჩინებთ) და თოვლის წნევის სიდიდეს (რომელიც წილად ხედება კვანძებს).

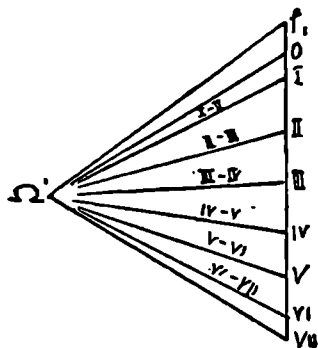
1—28—25 წამწესათვის ვაგებთ ძალთა მრავალკუთხედს (ნახ. 89)
 $O-I-II-III-IV-V-VI-VII,$

მ' პოლუსიანი ვარინიონის მრავალკუთხედს და თოკის მრავალკუთხედს (ნახ. 88)

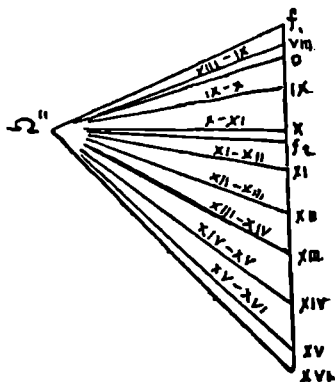
$25-I-II-III-IV-V-VI-VII-d_1,$

რომელსაც აქვს d_1-25 ჩამკეტი და მ' f_1 გამყოფი სხივი; ეს უკანასკნელი განსაზღვრავს 28 საყრდნობის რეაქციას $VII f_1$ მონაკვეთით, 25 საყრდნობის რეაქციას კი fO მონაკვეთით.

25-22-17 წამწესათვის ავადებთ Of_1 ძალების მრავალკუთხედს VIII-IX-X-XI-XII-XIII-XIV-XV-XVI (ნახ. 90), თოკის მრავალკუთხედს $1\mu'$ VIII IX X XI XII XIII XIV XV XVI d_2 (ნახ. 88), რომელსაც აქვს $1\mu'$ - d_2 ჩამკეტი და $\Omega''f_2$ გამყოფი სხივი; ეს უკანასკნელი განსაზღვრავს რეაქციების სიდიდეს: 22. საყრდნობისათვის $XVI f_2$ მონაკვეთით და 17 საყრდნობისათვის $f_1 O$ მონაკვეთით.

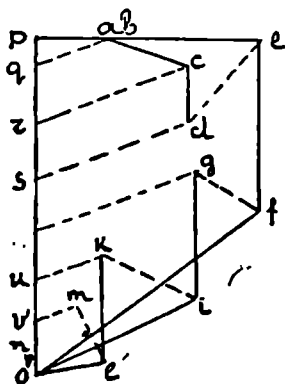


ნახ. 89.



ნახ. 90.

1-28-25 წამწეს დიაგრამა ნახ. 91-ზეა წარმოდგენილი, 25-22-17 წამწესათვის კი ნახაზ 92-ზე.



— შაუაშ.
 - - - - - ცაქიო.

ნახ. 91.

18. განსაზღვრეთ 1-6-10-13-14 წამწეს საყრდნობთა რეაქციები (ნახ. 93), თუ მასზე მოქმედობს საკუთარი წონა. [რომელიც განიზღვრება (6) განტოლებით: $g = 400 + 3 \cdot l$ კილოგრამი წამწეს 1 გრძივ მეტრზე] და თანაბარი ტვირთი. (400 kg წამწეს ერთ გრძივ მეტრზე); $l_1 = 0,6$ l; $l_2 = 0,2$ l; $h = 0,3$ l; $h_2 = 0,12$ l.

მახუხი: პირველი შეხედვით ამ სტატიკურად ურკვევად ამოცანას 2 წესით ამოვხსნით.

პირველი წესის მიხედვით წამწეს გავკვეთავთ $m_1 m_1$ კვეთით და $\Sigma M_{10} = 0$

განტოლებიდან წამწეს მარჯვენა ნაწილისათვის ვპოულობთ 6-
 ლეროში მქმედ S_{6-7} — ძალდონეს:

$$S_{6-7} = 3 \cdot q \text{ (გაქიმვა),}$$

სადაც q — დატვირთვაა თითოეულ კვანძ-
 ზე 2-დან 9-დე (1 და 10 კვანძებზე მოქ-
 მელობს $\frac{1}{2}q$), როცა საკუთარი წონა
 განრიგებულია ზედა კვანძებზე.

$$\Sigma M_{14} = 0$$

განტოლებიდან მარცხენა ნაწილისათვის
 ვპოულობთ 1 საყრდნობისათვის R_1 რეაქ-
 ციას:

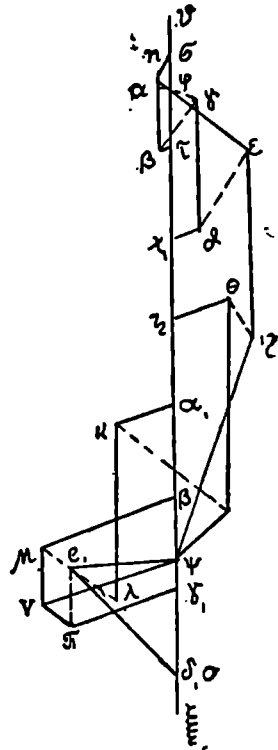
$$R_1 = 1,6 \cdot q.$$

$$\Sigma J = 0$$

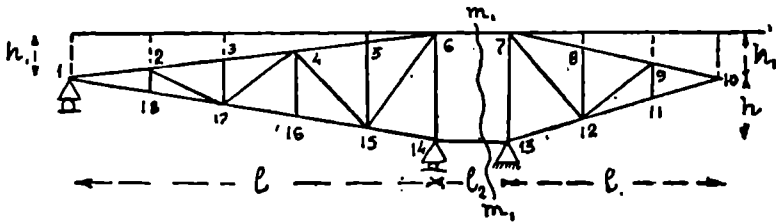
განტოლებიდან მარჯვენა ნაწილისათვის
 ვპოულობთ:

$$K_{13} = 3,5q;$$

შეორე წესის (გენებერგის) მიხედვით K_{14}
 რეაქციას შევცვლით X ძალით და ჩაურ-
 თობთ 6—13 ლეროს. ჩართულ ლერო-
 იანი წამწესათვის (ნახ. 94) მოცემული
 დატვირთვის მიხედვით (ნახ. 96) ვაგებთ
 ძალდონეთა დიაგრამას, და 6—13 ლე-
 როში lm მონაკვეთით განვსაზღვრავთ
 ძალდონეს, რომელიც (ე. ი. lm მონაკვეთი) მასშტაბში—6,5 t on ტო-



ნახ. 92.



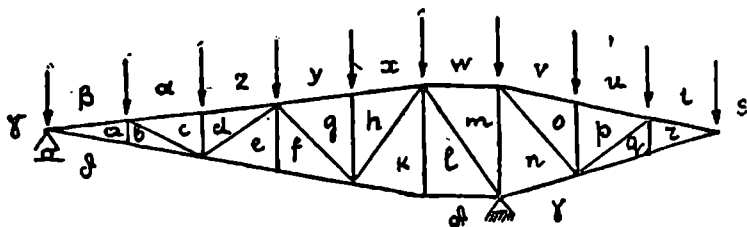
ნახ. 93.

ლია (კუმშვა). იმავე ჩადგმულ ლეროიან წამწესათვის (ნახ. 95) ქვემო-
 დან ზემოდ მქმედ 1 ton ტოლ შვეულ ძალისათვის, რომელიც მოდე-

ბულია 14 კვანძზე, ვაგებთ დიაგრამის ნაწილს (ნახ. 97 მეტი მას-
შტაბისაა, ვიღრე ნახ. 96); 6—13 ლეროში განესაზღვრავთ ძალლო-
ნეს l, γ_1 მონაკვეთით, რომელიც მასშტაბში +1 ton ტოლია. (5) გან-
ტოლების მიხედვით ვპოულობთ:

$$X = \frac{-6,5}{+1,0} = -6,5$$

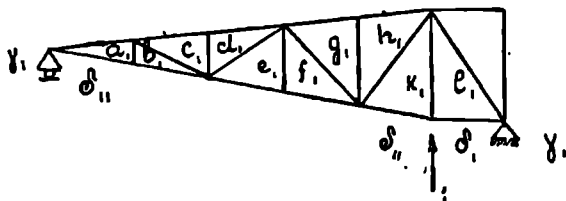
(1 და 2 ამოხსნებს შორის განსხვავება 4% — არის).



ნახ. 94.

§ 17. მარტივ კოჭისათვის შვეული V ძალის (ძალთა ჯამის) და
მღუნავი M მომენტის გავლენის ხაზი

ა) V -ს გავლენის ხაზი. AB კოჭის m წერტილის შვეული
გადამკრელი ძალა (ნახ. 98) m წერტილზე გამავალი კვეთის ერთ-
მხრივ მოთავსებული გარე შვეული (აქტიური და პასიური) ძალების
ჯამს ეწოდება, რისათანა კვეთის მარცხნივ მოთავსებული და ზემოდ
მიმართული ძალები დადებითად ითვლებიან, კვეთის მარჯვნივ მო-
თავსებული და ზემოდ მიმართული ძალები კი უარყოფითად.



ნახ. 95.

m წერტილის მარჯვნივ B საყრდნობიდან x მანძილის დაშორებით
კოჭზე მოვდოთ ერთეულის ტოლი ძალა. მაშინ არქიმედის წესის თა-
ნახმად A საყრდნობში წარმოშობილი რეაქცია უდრის

$$\frac{1 \cdot x}{l}$$

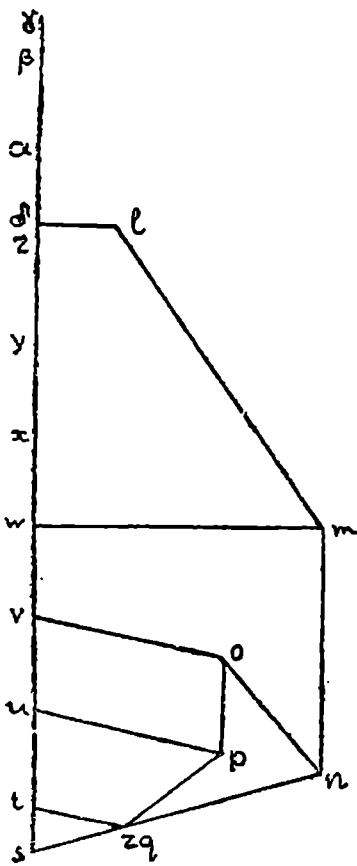
და, m წერტილისათვის შეეული გადამკრელი V ძალა იქნება:

$$V = \frac{1 \cdot x}{l} \quad (18)$$

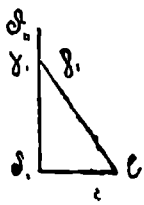
ამ V ფუნქციასა და დამოუკიდებელ x ცვლადს შორის კავშირი პირველი ხარისხის განტოლებით წარმოიდგინება და გრაფიკულად სწორი ხაზით წარმოიდგინება, x -ის მნიშვნელობის აბსცისთა ღერძზე გადაზომვით (დეკარტის მიხედვით) და V -ს ორდინატებზე. ამ სწორ-ხაზის ორი წერტილი

$$(x=0, V=0) \text{ და } (x=l, V=1)$$

კოორდინატებით განიზღვრება, თვითონ სწორხაზი კი, რომელიც $B_1 A_1$ აბსცისთა ღერძისა და B_1 კოორდინატთა დასაბამის დროს გამოხატავს კავშირს x და V შორის, წყვეტილი $B_1 A_{II}$ ხაზით წარმოიდგინება. ზემოდ ნათქვამის თანახმად ფუნქციის დადებით მნიშვნელობებს ქვემოდ გადაეზომავეთ, უარყოფითს კი ზემოდ. „ერთეულ“ ძალას შეუძლია ძრაობა მხოლოდ B და m -ს შორის, რადგან m -ის მარცხნივ „1“ ძალის გადასვლისას V -ის ახალი ფორმულა ყალიბდება.



ნახ. 96.



ნახ. 97.

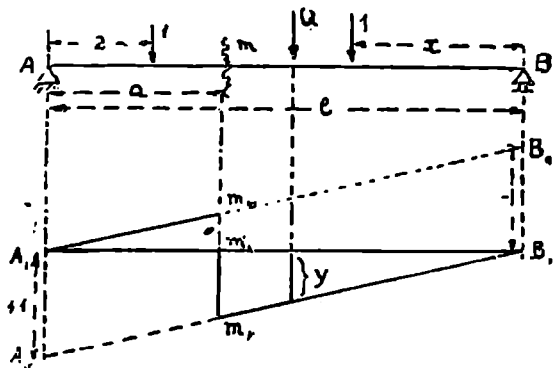
ამიტომ V -ს მნიშვნელობისათვის შეგვიძლია ვისარგებლოთ მხოლოდ სწორი ხაზის იმ ნაწილით, რომელიც მოთავსებულია B -დან m -დე.

m წერტილის მარცხნივ „1 ძალის“ მოდებით, A წერტილიდან Z მანძილზე, ამ საყრდნობის Om რეაქცია ტოლი იქნება

$$\frac{1 \cdot (l-Z)}{l}$$

და m წერტილისათვის V ძალა იქნება:

$$(19) \quad V = \frac{1(l-z)}{l} - 1 = -\frac{1 \cdot z}{l}$$



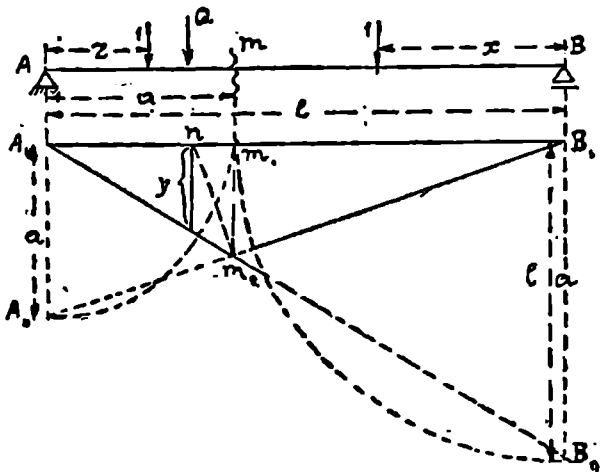
ნახ. 98.

V და z -ს შორის დამოკიდებულების გამომსახავი (19) განტოლება $A_1 B_{II}$ სწორხაზის ($z=0, V=0$) და ($z=L, V=-1$) კოორდინატებით გამოისახება, დადებითი და უარყოფითი მნიშვნელობებზე ზემოდნათქვამი წესის დაცვით, რის დროსაც V მნიშვნელობებისათვის ჩვენ შეგვიძლია ვისარგებლოთ სწორის A_1 -დან m_{II} -დე ნაწილით. $A_1 m_{III}$ $m_{II} B_I$ ტეხილი ხაზი, რომელიც შესდგება პარალელურ დახრილს $A_1 m_{III}$ და $m_{II} B_I$ სწორხაზებისაგან (მას $m_{III} m_{II}$ კვეთში აქვს შეეული შეერილი), იწოდება შეეული გადამკრელი V ძალის გავლენის ხაზით m წერტილისათვის.

გავლენის ხაზის აგებიდან გამომდინარეობს მისი განხილვა: შეეული გადამკრელი ძალის გავლენის ხაზი (ანუ ინფლუენტის ხაზი) ისეთი ხაზია, რომლის ორდინატები, გადამრავლებული ერთეულის ტოლ ძალაზე, გვაძლევს ამ გადამკრელ ძალის სიდიდეს.

V -ს გავლენის ხაზის ორდინატები განყენებული რიცხვებით იზომებოან.

ბ) AB კოქის m კვეთის მიმართ მლუნავი მომენტი (ნახ. 99), m წერტილზე გამავალი კვეთის ერთმხრივ მოქმედი ყველა გარეძალე-ბის მომენტების ჯამს წარმოადგენს თვითონ კვეთის სიმძიმის ცენტრის მიმართ; კვეთის მარცხნივ მოდებული ძალების მომენტები, საათის ისრის მიმართულების მოქმედებისას დადებითად ითვლებიან



ნახ. 99.

(ნიშანთა პირდაპირი წესი), ხოლო კვეთის მარჯვნივ საათის ისრის მიმართულებით მოქმედი მომენტები უარყოფითებია (წინაუქმო წესი). ძალის მომენტი კი ძალის მხარზე ნამრავლს ეწოდება.

B საყრდნობიდან x მანძილის დაშორებით m წერტილის მარჯვნივ კოჭზე მოვდოთ ერთეულის ტოლი ძალა. ამ შემთხვევაში A საყრდნობის რეაქცია ტოლი იქნება $\frac{1 \cdot x}{l}$, და m წერტილისათვის მლუნავი მომენტი:

$$M = \frac{1 \cdot x}{l} \cdot a \quad (20)$$

(20) განტოლება $A_{II} B_I$ სწორხაზის ($x=0, M=0$) და ($x=l, M=a$) კოორდინატებით გამოისახება, რომლის m, B_I ნაწილის საშუალებით გამოითვლება M სიდიდეები (დადებითი და უარყოფითი მნიშვნელობების მიმართულებათა წესის დაცვით).

A საყრდნობებიდან χ მანძილის დაშორებით (m წერტილის მარცხნივ) ერთეულის ტოლი ძალის მოქმედებისას, B საყრდნობის რეაქცია ტოლი იქნება $\frac{1 \cdot \chi}{l}$, და, m წერტილის მარჯვნივ მქმედ ძალე-ბის მომენტთა ჯამის განხილვით, m წერტილის მიმართ მღუნავი M მომენტი იქნება:

$$(21) \quad M = \frac{1 \cdot \chi}{l} (l - a)$$

(21) განტოლება $A_1 B_{11}$ სწორიხაზის ($\chi = 0$, $M = 0$) და $[\chi = l$, $M = (l - a)]$ კოორდინატებით გამოისახება, რომლის $m_2 B_1$ ნაწილით განიზღვრება M სიდიდეები.

დავამტკიცოთ, რომ $A_1 B_{11}$ და $B_1 A_{11}$ თანაკვეთის m_2 წერტილი ძვეს m წერტილის სათანადო m_1 წერტილზე გამავალ შვეულზე (AB კოჭი ჰორიზონტალურია). დასამტკიცებლათ m_2 წერტილიდან $A_1 B_1$ -ზე დაუშვათ პერპენდიკულარი და ვიგულისხმოთ, რომ მისი n ფუძე არ უთავსდება m_1 წერტილს.

$m_2 n$ და $A_{11} A_1$ სწორხაზთა პარალელობის გამო გვაქვს:

$$(22) \quad \frac{m_2 n}{a} = \frac{l - A_1 n}{l}$$

$m_2 n$ და $B_1 B_{11}$ სწორთა პარალელობის გამო გვაქვს:

$$(23) \quad \frac{m_2 n}{l - a} = \frac{A_1 n}{l}$$

(23) განტოლების (22) განტოლებაზე გაყოფით მივიღებთ:

$$\frac{a}{l - a} = \frac{A_1 n}{l - A_1 n},$$

საიდანაც ვპოულობთ:

$$A_1 n (l - a) = a (l - A_1 n)$$

ანუ

$$A_1 n = a,$$

რაც ნიშნავს, რომ $A_1 n = A_1 m_1$, ე. ი. n და m_1 წერტილები თანხედებიან, რისი დამტკიცებაც გვსურდა.

$A_1 m_2 B_1$ ტეხილი ხაზი m წერტილისათვის მღუნავი M მომენტის გავლენის ხაზათ იწოდება; მის ასაგებათ გვაქვს წესი: მარცხენა A_1 საყრდნობზე გავლებულ შვეულზე, A_1 საყრდნობიდან დაწყებული გაღიზომება a მანძილი, რომელიც სიდიდით უდრის მოცემულ m წერტილიდან იგივე მარცხენა A_1 საყრდნობამდე დაშორების მანძილს; მოზომილი მანძილის ბოლოს ვაერთებთ მარჯვენა B_1 საყრდნობთან, და გავლებულ დახრილ სწორხაზზე დაისახება m_2 წერტილი,

რომელიც წარმოადგენს m წერტილზე გატარებულ შვეულის თანაკვეთის ადგილს; ეს m , წერტილი ერთდება B , საყრდნობთან. M -ის გავლენის ხაზის აგების წესიდან გამომდინარეობს თვით მისი განსაზღვრა: მლუნაფი მომენტის გავლენის ხაზი ისეთი ხაზია, რომლის ორდინატების ნამრავლი ერთეულ ძალაზე გვაძლევს ამ მლუნაფი მომენტის სიდიდეს. M -ის გავლენის ხაზის ორდინატები ხაზობრივი (გრძივი) ერთეულებით იზომება.

C. გავლენის ხაზის მნიშვნელობა. გავლენის ხაზი ვამოსახავს (V ან M) ფუნქციის ცვლილების კანონს კოკის ალებულ წერტილისათვის, როცა კოკზე მოძრაობს ტვირთი. ნებისმიერი Q ტვირთის (V ან M) ფუნქციის გამოსაანგარიშებლად გავლენის ხაზი რომ გამოვიყენოთ, ამისათვის ამ ტვირთის სათანადო ორდინატა უნდა გავამრავლოთ Q ტვირთის სიდიდებზე. მაგალითად, Q ტვირთის ქმედებისას AB კოკის (ნახ. 98) m წერტილის გადამქრელი შვეული V ძალა უდრის y ორდინატის (ე. ი. Q ძალის მოდების წერტილზე გამავალ ძირითად შვეულ ხაზსა და გავლენის ხაზს შორის მანძილს) ნამრავლს Q სიდიდებზე (ძალთა ქმედების დამოუკიდებლობის პრინციპის მიხედვით), ე. ი.

$$V_m = y \cdot Q \tag{24}$$

რამოდენიმე Q ძალისათვის შვეული განივი ძალა (ძალა ქმედების დამოუკიდებლობის პრინციპის მიხედვით) იქნება:

$$V_m = \sum y \cdot Q \tag{25}$$

Q ძალის ქმედებით AB კოკის m წერტილის მიმართ მლუნაფი მომენტი (ნახ. 99) უდრის გავლენის ხაზის y ორდინატის ნამრავლს Q ძალაზე, ე. ი.

$$M_m = y \cdot Q \tag{26}$$

რამოდენიმე ძალისათვის მლუნაფი მომენტი იქნება:

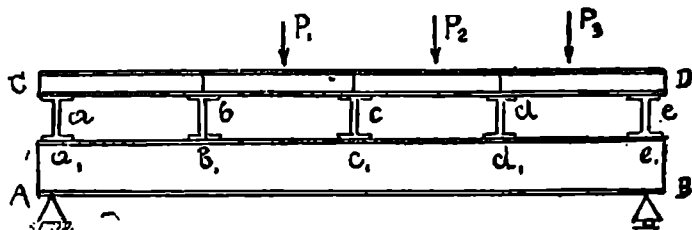
$$M_m = \sum y \cdot Q \tag{27}$$

§ 18. კვანძოთი ვალაცევა

ნაგებობებში ძალები უშუალოთ კოკებს გადაეცემიან, მაგრამ ზოგჯერ ძალები მცირე ზომის კოკებზე მოქმედობენ, რომელნიც განივ კოკებს ეყრდნობიან, ეს უკანასკნელნი თავის მხრივ მთავარ კოკს ეყრდნობიან კვანძოვან წერტილებში; მოსაზღვრე კვანძებს შორის

რის მანძილს პანელი ეწოდება. ძალთა ქმედების ასეთ გადაცემას კოჭზე, მცირე კოჭებისა და განივებით; კვანძითი გადაცემის სახელწოდებას ატარებენ.

AB კოჭზე (ნახ. 100) ეყრდნობიან a, b, c, d და e განივები, რომლებიც ამაგრებენ CD მცირე ზომის კოჭებს; ამ უკანასკნელებზე



ნახ. 100.

მოქმედობენ P_1, P_2, P_3 ძალები. ამ ძალების AB კოჭზე ქმედება მხოლოდ a_1, b_1, c_1, d_1 და e_1 კვანძებით გადაეცემა. დაუშვათ, რომ ნაპირა a_1 და e_1 კვანძები ერთ A და B საყრდნობებიან ხაზზე მდებარეობენ. P_1, P_2, P_3 ძალები დაიშლებიან ისეთ მდგენელებათ, რომელთა ქმედება უშუალოთ კვანძებით გადაეცემა კოჭს. მდგენელთა მომენტი ტოლქმედის მომენტის ტოლია; ამიტომ საყრდნობის მიმართ გარეძალთა მომენტების საშუალებით განზღვრულ საყრდნობთა რეაქციები, უშუალო და კვანძითი გადაცემისას ერთნაირ მნიშვნელობას მიიღებენ. იგივე მიზეზის გამო ერთხრივი გარეძალების მომენტი რაიმე კვანძის მიმართ ერთნაირ მნიშვნელობას იღებს, როგორც უშუალო, ისე კვანძითი გადაცემის დროს. ამნაირად, კვანძებთან თანხდენილ ყველა კვეთისათვის, უშუალო და კვანძითი გადაცემის შემთხვევაში მომენტების მნიშვნელობები ერთნაირი არიან.

თეორემა IV. ერთი პანელის ზღვრებში მოსაზღვრე კვანძებს შორის (V ან M) ფუნქციის გავლენის ხაზი სწორი ხაზით გამოისახება.

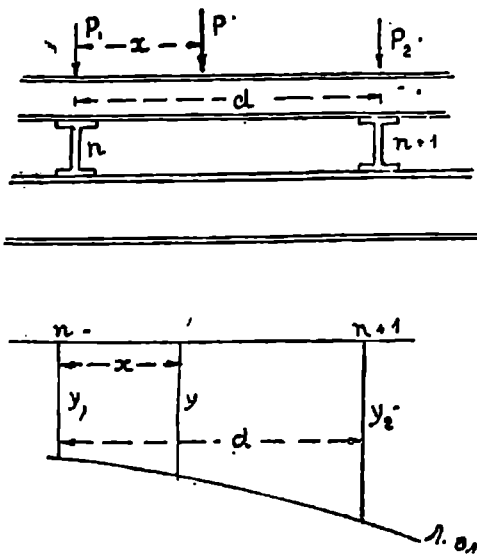
ვთქვათ P ტვირთი სძევს n და $n+1$ კვანძებს შორის (ნახ. 101), x მანძილის დაშორებით n კვანძიდან და პანელის სიგრძეა d .

P ძალა n და $n+1$ კვანძებზე მოდებულ ორ P_1 და P_2 მდგენელებად დაიშლება. P_1 და P_2 მდგენელები არქიმედის კანონით განიზღვრება:

$$(28) \quad P_1 = P \frac{d-x}{d}; \quad P_2 = P \frac{x}{d}$$

P ძალის კოქზე ქმედება P_1 და P_2 ძალების ერთდროული ქმედების ტოლია; ძალის ქმედებას კი გავლენის ხაზის y_1 , y და y_2 ორდინატებით განვსაზღვრავთ. ვპოულობთ:

$$Py = P_1 y_1 + P_2 y_2.$$



ნახ. 101.

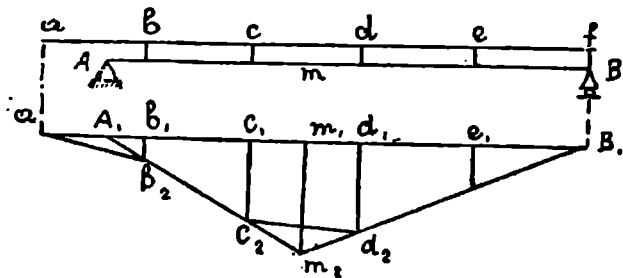
ამ განტოლებაში (28) განტოლებებიდან P_1 და P_2 გამოსახულებათა ჩასმით და საერთო P მამრავლის შეკვეციით, მივიღებთ:

$$y = y_1 \frac{d-x}{d} + y_2 \frac{x}{d} \quad (29)$$

აქ y_1 და y_2 გარკვეული მნიშვნელობები აქვთ კვანძურ წერტილებთან დაკავშირებული, რაც არ არის დამოკიდებული ტვირთის გადაცემაზე: x დამოკიდებული ცვლადია, y კი ფუნქციაა, რომლის x -თან დამოკიდებულება I რიგის (29) განტოლებით გამოისახება, და სწორი ხაზით წარმოიდგინება.

დამტკიცებული თეორემის მიხედვით, როცა გვაქვს გავლენის ხაზი უშუალო გადაცემის დროს, შეიძლება გავლენის ხაზის აგება კვანძითი გადაცემისათვის, მოსაზღვრე კვანძებს შორის ტეხილი უბნების განსწორებით, რის დროსაც კვანძური წერტილების ორდინატები წინანდელნი რჩებიან.

შავალითი. AB კოქის (ნახ. 102) c და d კვანძებს შორის მოთავსებულ m წერტილისათვის უშუალო გადაცემისათვის აგებულია მლუნავი მომენტის A_1, m, B_1 გავლენის ხაზი; კვანძითი გადაცემისათვის



ნახ. 102.

გავლენის ხაზის მისაღებათ c და d კვანძებსა, და, a და b კვანძებს შორისი გავლენის ხაზის ტეხილი უბნები უნდა გასწორდეს; კვანძური გადაცემისათვის m წერტილის მიმართ მომენტის გავლენის ხაზს $a_1, b_1, c_1, m, d_1, e_1$ ტეხილის სახით მივიღებთ.

§ 19. თანაბარი დატვირთვა

გავლენის ხაზით სარგებლობენ (V ან M) ფუნქციის მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის, როცა კოქზე მოქმედობს თანაბარი დატვირთვა.

თეორემა V. თანაბარი დატვირთვის ქმედება გამოისახება გავლენის ხაზის სათანადო ფართობის ნამრავლით კოქის სიგრძის ერთეულზე განრიგებულ P დატვირთვის სიდიდეზე.

AB კოქზე (ნახ. 103) c და D წერტილებს შორის მოქმედობს თანაბარი დატვირთვა: p კილოგრამი კოქის ერთ სიგრძითი მეტრზე.

m წერტილისათვის აგებულია მომენტის გავლენის A_1, m, B_1 ხაზი. თანაბარ დატვირთვიდან გამოვყოთ ელემენტის dx განფენილობაზე ელემენტარული დატვირთვა; ეს $p \cdot dx$ დატვირთვა შთაწერტულ ტვირთათ შეგვიძლია ვიგულოთ, რომლის ქმედებითაც მლუნავი მომენტი m წერტილში $y \cdot p \cdot dx$ -ით გამოისახება.

სრული დატვირთვის M_m^{CD} მომენტი CD განფენილობაზე შემდეგი ინტეგრალით განიზღვრება:

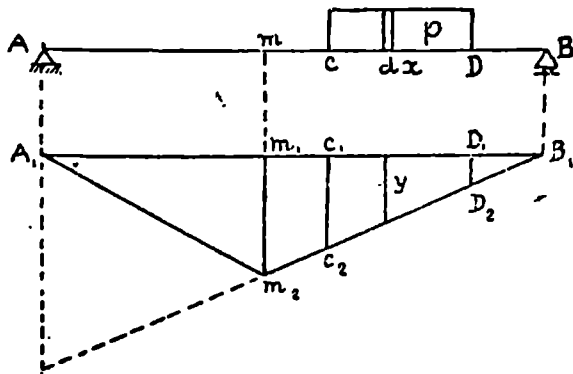
$$(30) \quad M_m^{CD} = \int_C^D y p dx = p \int_C^D y dx$$

მაგრამ $\int_C^D y dx$ გამოსახავს C და D წერტილებზე გამავალ შვეულ ხაზებს შორის მოთავსებულ ფართობს, ე. ი.

$$\int_C^D y dx = \square C_1 C_2 D_2 D_1.$$

(30) განტოლებაში ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$M_m^{CD} = p \cdot \square C_1 C_2 D_2 D_1.$$



ნახ. 103.

§ 20. გაწონასწორებული კოჭის გადაჭრული V ძალის და მღუ-
ნავი M მოკენების გავლენის ხაზი

ა) V -ს გავლენის ხაზი. გაწონასწორებული $AGBCKD$ კო-
ჭი (ნახ. 104) შესდგება დაკიდებულ AG და KD კოჭებისა და კონ-
სოლიანი GK კოჭისაგან.

ბ) B და C საყრდნობებს შორის მოთავსებულ m წერტილისათვის
აგებულია V -ს გავლენის ხაზი, სახელდობრ, $B_1 m_1 m_2 C_1$ ხაზი, ისე რო-
გორც მარტივ BC კოჭისათვის (§ 17-ის მიხედვით). GB კონსოლის
ქვეშ გავლენის ხაზის ასაგებათ B საყრდნობიდან x მანძილის დაშო-
რებით კონსოლზე მოვდით „1“-ის ტოლი ტვირთი; ეს ტვირთი B
და C საყრდნობებში წარმოშობს R რეაქციებს, რომელნიც განიზღუ-
რებიან $\Sigma M_B = 0$ და $\Sigma M_C = 0$ განტოლებებით, სახელდობრ:

$$R_b = \uparrow \frac{\widehat{BC} + x}{\widehat{BC}}$$

და

$$R_c = \downarrow \frac{u}{BC};$$

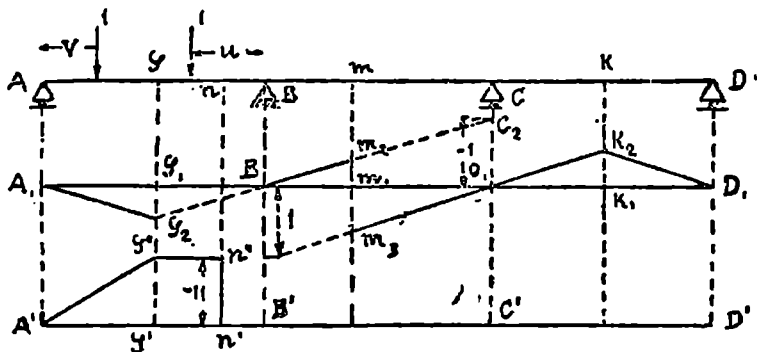
სადაც

$$(31) \quad V_m = \frac{\widehat{BC} + u}{\widehat{BC}} - 1 = \frac{u}{BC}$$

სწორხაზობრივი (31) განტოლება

$$[u=0, V_m=0] \text{ და } [u=GB, V_m = \frac{GB}{BC}]$$

კოორდინატებით განზღვრული B_1G_2 სწორი ხაზით გამოისახება.



ნახ. 104.

$$V_m = \frac{GB}{BC} = G_1 G_2 = \frac{G_1 B_1}{B_1 C_1}$$

განტოლებიდან მივიღებთ პროპორციას

$$\frac{G_1 G_2}{G_1 B_1} = \frac{1}{B_1 C_1} = \frac{C_2 C_1}{B_1 C_1},$$

რომლის მიხედვითაც დავასკვნით $\Delta G_1 G_2 B_1$ და $\Delta B_1 C_1 C_2$ მსგავსე-
ბაზე, რომელიც გამოააშკარავებს $\angle G_1 B_1 G_2$ და $\angle C_2 B_1 C_1$ კუთხეთა
ტოლობას, რაიც თავის მხრივ ამტკიცებს, რომ $G_1 B_1$ და $B_1 C_1$ მონა-
კვეთები ერთ სწორხაზზე მდებარეობენ. AG კოქის ქვეშ გავლენის
ხაზის ასაგებათ, A საყრდნობიდან v მანძილის დაშორებით კოჭზე
შოვდით „ერთეულის“ ტოლი ტვირთი. ეს ტვირთი G სახსარში წარ-
მოშობს: $\uparrow \frac{V}{AG}$ ტოლ რეაქციას, რომელიც შებრუნებული მიმართუ-

ლებით $GBCK$ კოჭზე შეადგენს დატვირთვის G სახსარში. ეს $\downarrow \frac{V}{AG}$
დატვირთვათა თვის მხრივ B სახსარში წარმოშობს რეაქციას:

$$R_B = \uparrow \frac{V}{AG} \cdot \frac{GB + BC}{BC},$$

რის დროსაც:

$$V_m = \frac{V}{AG} \cdot \frac{GB + BC}{BC} - \frac{V}{AG} \quad (32)$$

სწორხაზობრივი (32) განტოლება A_1G_2 სწორი ხაზით გამოისახება, რომელიც განიზღვრება კოორდინატებით

$$[V=0, V_m=0] \text{ და } [V=AG, V_m=\frac{GB}{BC}].$$

ასეთივე წესით შეგვიძლია ავაგოთ V_m -ის გავლენის ხაზი მარჯვენა კონსოლსა და კოჭს ქვემოთ, რითიც მივიღებთ V_m -ის სრულ გავლენის ხაზს, სახელდობრ $A_1G_2m_1m_2k_2D_1$.

V_m -ის გავლენის ხაზის განხილვით, ეპოულობთ, რომ AG ბადროს (ე. ი. ღეროს ან უცვლელ სხეულს) ეთანადება A_1G_2 სწორხაზი, Gm_1 ბადროს — G_2m_2 სწორხაზი, m_1k_2 ბადროს — m_2k_2 სწორხაზი და k_2D_1 ბადროს — k_2D_1 სწორხაზი. ეს ამოხსნა გამოისახება თეორემით:

თეორემა VI. თითოეული ბადროს ზღვრებში გავლენის ხაზი სწორი ხაზით გამოისახება.

2) იგივე $AGBCKD$ კოჭის კონსოლის n წერტილისათვის (ნახ. 104) ავაგოთ V_n -ის გავლენის ხაზი. B და C წერტილებს შორის „ერთეულის“ ტოლი ტვირთი რომ მოვათავსოთ, B და C საყრდნობებში მხოლოდ რეაქციები წარმოიშობა n წერტილზე გამავალი კვეთის მარცხნივ; მაშასადამე, ტვირთის ასეთ მდებარეობის დროს

$$V_n = 0.$$

ასეთივე მსჯელობით ეპოულობთ, რომ ერთეული ტვირთის ყოველგვარ მდებარეობისათვის n წერტილის მარჯვნივ, n და D წერტილებს შორის, $V_n=0$, ასე რომ n და kD ბადროებს შორის გავლენის $n'A'$ ხაზი თანხვედბა აბსცისთა ღერძის ძირითად ხაზთან.

კონსოლის n და G წერტილებს შორის ერთეული ტვირთის მდებარეობისას ვადამკურელი ძალა $V_n=-1$ და გავლენის ხაზი Gn ბადროს ქვემოთ პორიზონტალური $n''G''$ სწორი ხაზით გამოისახება ღერძიდან „ერთეული I“ მანძილის დაშორებით. დაბოლოს, AG კოჭზე

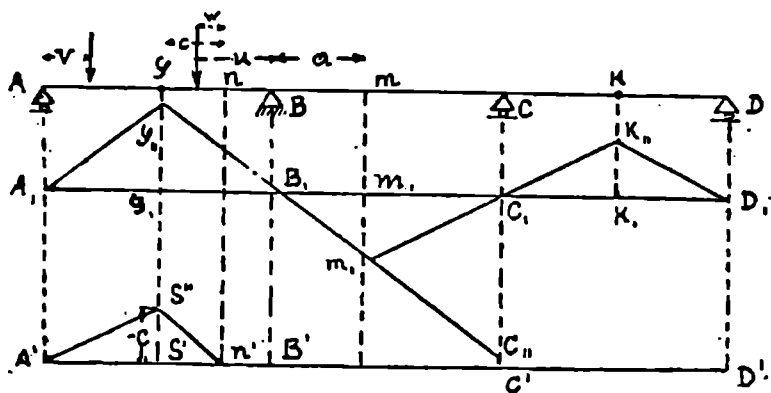
A საყრდნობიდან v მანძილის დაშორებით ერთეული ტვირთის მდებარეობისას, G სახსარში წარმოიშობა $\frac{1 \cdot v}{AG}$ სიდიდის ტოლი რეაქცია, რომლის სიდიდეს შებრუნებული მიმართულებით GK კონსოლიანი კოქის G ბოლოს დატვირთვას წარმოადგენს. ამ დროს

$$V_n = -\frac{1 \cdot v}{AG};$$

v და V_n -ს შორის დამოკიდებულება ($V=0, V_n=0$) და ($V=AG, V_n=-1$) კოორდინატებიანი $G''A$ სწორი ხაზით გამოისახება. ამნაირად, V_n -ის გავლენის ხაზი $AG''n''n'D'$ ტიპილი ხაზით წარმოიდგენება.

ამ ხაზის სახეობა ეთანხმება თეორემა VI-ს.

ბ) M -ის გავლენის ხაზი. გაწონასწორებული $AGB=CKD$ კოქი (ნახ. 105) შესდგება AG და KD დაკიდებულ კოქებისა და GK კონსოლიანი კოქისაგან.



ნახ. 105.

1) B და C საყრდნობებს შორის მოთავსებულ m წერტილისათვის აგებულია M -ის Bm_1O_1 გავლენის ხაზი, მარტივი BC კოქის თანაგვარად (§ 17-ის წესების თანახმად); კონსოლის ქვემოთ გავლენის ხაზის ასაგებათ B საყრდნობიდან n მანძილის დაშორებით კონსოლზე მოვითავსებთ ერთეულ ტვირთს; ეს ტვირთი B საყრდნობში წარმოშობს $\Sigma M_C=0$ განტოლებით განზღვრულ რეაქციას:

$$R_B = \uparrow \frac{BC+u}{BC}.$$

ამ დროს:

$$\left. \begin{aligned} M_m &= \frac{\widehat{BC} + u}{\widehat{BC}} a - 1 \cdot (a + u) \\ M_m &= \frac{\widehat{BC} - a}{BC} \cdot u \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

დამოუკიდებელი ცვლადიანი და M_m ფუნქციის მქონე ხაზობრივი (33) განტოლება [$u=0, M_m=0$] და

$$[u=GB, M_m = \frac{(\widehat{BC}-a) \cdot \widehat{GB}}{\widehat{BC}}]$$

კოორდინატებიანი B, G_{II} სწორი ხაზით გამოისახება.

$$M_m = -G, G_{II} = -\frac{(\widehat{BC}-a) \cdot \widehat{GB}}{\widehat{BC}}$$

განტოლებიდან გვაქვს პროპორცია:

$$\frac{G, G_{II}}{GB} = \frac{\widehat{BC}-a}{BC}$$

ანუ

$$\frac{G, G_{II}}{G, B_1} = \frac{C, C_{II}}{B, C_1},$$

რომლის მიხედვითაც დავასკვნით, რომ $\Delta G_{II} G_1 B_1$ ო $\Delta B, C, G_1$, ეს მსგავსება კი ააშკარავებს კუთხეთა ტოლობას:

$$\angle G_{II} B, G_1 = \angle C, B, C_{II}$$

რაც თავის მხრივ ადასტურებს, რომ G_{II}, B და B, C_{II} , მონაკვეთები მდებარეობენ ერთ სწორხაზზე.

AG კოქის ქვემოდ გავლენის ხაზის აგების მიზნით, A საყრდნობიდან V მანძილის დაშორებით კოქზე მოვათავსებთ ერთეულ ტვირთს.

ეს ტვირთი G სახსარში გამოიწვევს $\uparrow \frac{V}{AG}$ სიდიდის ტოლ რეაქციას, რომელიც შებრუნებული მიმართულებით $GBCK$ კონსოლიანი კოქის G სახსარში დატვირთვის გამოსახავს. ეს $\downarrow \frac{V}{AG}$ დატვირთვა B საყრდნობში წარმოშობს რეაქციას:

$$R_B = \uparrow \frac{V}{AG} \cdot \frac{\widehat{GB} + \widehat{BC}}{\widehat{BC}};$$

რის დროსაც:

$$M_m = \frac{V}{AG} \cdot \frac{\widehat{GB} + \widehat{BC}}{\widehat{BC}} \cdot a - \frac{V}{AG} (a + GB)$$

ანუ

$$(34) \quad M_m = -\frac{V}{AG} \cdot \frac{\widehat{BC} - a}{\widehat{BC}} \cdot GB$$

(34) განტოლება $A, G,$ სწორი ხაზით გამოისახება, რომელიც განიზღვრება კოორდინატებით ($V=0, M_m=0$) და $[v=AG,$

$$M_m = -\frac{BC - a}{BC} \cdot GB = -G, G_{II}].$$

ასეთივე მსჯელობით მივიღებთ M_m -ის გავლენის ხაზს მარჯვენა კონსოლსა და დაკიდებულ კოქს ქვეშ და ამნაირად ავაგებთ M_m -ის სრულ გავლენის ხაზს $A, G_{II}, m, K, D,$ ამ გავლენის ხაზის სახეობა უთანხმდება თეორემა VI-ს.

2) იგივე $AGBCKD$ კოქის კონსოლის „წერტილისათვის“ (ნახ. 105), G სახსრიდან c მანძილის დაშორებით, ავაგებთ M_n -ის გავლენის ხაზს. n და D წერტილებს შორის ერთეული ტვირთის მოთავსების დროს კვეთის მარცხნივ არავითარი გარე ძალა არ იარსებებს (რომელიც კი ვადიოდეს n წერტილზე); მაშასადამე, ტვირთის ასეთ მდებარეობის დროს $M_n=0$ და nK და KD ბადროებს ქვემოთ გავლენის ხაზი შეუთავსდება აბსცისთა ღერძის ძირითად ხაზს. „წერტილიდან w მანძილის დაშორებით (n და G წერტილებს შორის) კონსოლზე ერთეული ტვირთის მდებარეობისას, მომენტი:

$$M_n = -1 \cdot w,$$

ეს განტოლება $n'G$ სწორი ხაზით გამოისახება, რომელიც $[v=0, M_n=0]$ და $[w=c, M_n=0]$ კოორდინატებით განიზღვრება.

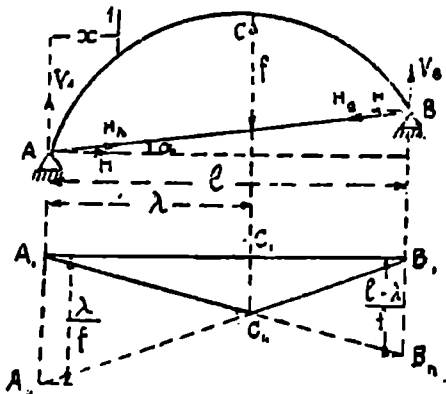
დაბოლოს, A საყრდნობიდან v -მანძილის დაშორებით AG კოქზე, ერთეული ტვირთის მოთავსების დროს $GBCK$ კოქის G სახსარში წარმოიშობა დატვირთვა $\downarrow \frac{V}{AG}$ და მომენტი $M_n = -\frac{V}{AG}C$, რაიც გამოისახება $A'G''$ სწორი ხაზით, რომლის კოორდინატებია:

$$[v=0, M_n=0] \text{ და } [v=AG, M_n=-c].$$

ამნაირად M_n -ის გავლენის ხაზი წარმოიდგინება $A'G''n'D'$ ტიხილი ხაზით, რაიც სავსებით ეთანხმება თეორემა VI-ს.

§ 21. საშსახსრიანი თაღის ვაშლენის ხაზი

განვიხილოთ სამსახსრიანი AOB თაღი (ნახ. 106), რომლის A და B საყრდნოები სხვადასხვა სიმაღლეზე მდებარეობენ, ისე რომ AB საყრდნობო ხაზი ჰორიზონტთან ქმნის α კუთხეს; საყრდნოებზე გამავალ შვეულ ხაზებს შორისი ჰორიზონტალური მანძილი, რომელსაც თაღის პირი ეწოდება, l — ასოთი აღვნიშნოთ; შუა c საყრდნოზე გამავალი შვეულის ნაწილი, ამ სახსარსა და სასაყრდნობო ხაზს შორის, რომელიც თაღის ამალეებათ იწოდება, f ასოთი აღვნიშნოთ; ჰორიზონტზე c სახსრიდან A საყრდნო-



ნახ. 106.

ბამდე მანძილი λ -თი აღვნიშნოთ. როცა $\alpha > 0$ და $\lambda \geq \frac{1}{2}l$ თაღს არასიმეტრიული ეწოდება.

A საყრდნობიდან ჰორიზონტზე x მანძილის დაშორებით თაღზე მოდებული ერთეულის ტოლი შვეული ძალა წარმოშობს რეაქციებს, რომლის მდგენელები მარცხენა A საყრდნობისათვის სასაყრდნობო AB ხაზის მიმართულებით იქნება H_A , შვეული კი V_A , მარჯვენა B საყრდნობისათვის კი AB მიმართულებით H_B და შვეულზე V_B .

სტატიკის $\Sigma X = 0$ განტოლების მიხედვით დავასკვნით, რომ

$$H_A \cdot \cos \alpha + H_B \cdot \cos \alpha = 0,$$

ანუ

$$H_A = -H_B,$$

ე. ი. სასაყრდნობო AB ხაზზე მიმართული საყრდნობთა რეაქციების მდგენელები ტოლნი და წინააღმონია. ამ ძალთა ჰორიზონტალურ H მდგენელს თაღის დაწნევა ეწოდება:

$$H = H_A \cos \alpha = -H_B \cos \alpha \quad (35)$$

$\Sigma M_B = 0$ განტოლებიდან ვპოულობთ V_A სიდიდეს:

$$V_A = 1 \cdot \frac{l-x}{l} \quad (36)$$

$\Sigma M_A = 0$ განტოლებიდან ვპოულობთ V_B სიდიდეს:

$$(37) \quad V_B = 1 \cdot \frac{x}{l}$$

(36) და (37) განტოლებები გეჩვენებენ, რომ საყრდნობი ხაზის გასწვრივ მიმართული სხვა მდგენელების დროს რეაქციათა შეეული მდგენელები განიზღვრებიან ისე, როგორც ორ საყრდნობზე მდებარე კოქის შემთხვევაში, როცა კოქის მალი უდრის თალის პირს.

ა. თალის H დაწნევის გავლენის ხაზი. გავატაროთ კვეთი თალის C სახსარში (ნახ. 106); როცა ერთეული სიდიდის შეეული ძალა სძევს C სახსრის მარცხნივ, და, გულგებით, რომ H_A მდგენელი მარცხნიდან მარჯვნივ მოქმედობს, მაშინ

$$M_C = V_A \cdot \lambda + H_A \cdot f \cdot \cos \alpha - 1(\lambda - x) = 0$$

განტოლებაში H_A და V_A სიდიდეთა ჩასმით (35) და (36) განტოლებებიდან ვიპოვიოთ, რომ

$$(38) \quad H = \frac{x(l - \lambda)}{f \cdot l}$$

(38) განტოლება ($x=0, H=0$) და $[x=\lambda, H = \frac{\lambda(l - \lambda)}{f \cdot l}]$ კოორდინატებიანი A, C , სწორი ხაზით წარმოიდგინება; აქ x -ი ცვალება-დობს მხოლოდ 0-დან λ -დე, რადგან C სახსრის მარჯვნივ ტვირთის გადასვლისას H_A -ს ფორმულა სხვაგვარი იქნება.

ვთქვათ ეხლა, რომ ერთეული ტვირთი მოდებულა C სახსრის მარჯვნივ; მაშინ

$$M_C = V \cdot \lambda - H_A \cdot f \cdot \cos \alpha = 0$$

განტოლებიდან ვპოულობთ:

$$(39) \quad H = \frac{(l - x)\lambda}{f \cdot l}$$

ეს (39) განტოლება გამოისახება C, B , სწორი ხაზით, რომლის კოორდინატებია ($x=\lambda,$

$$H = \frac{\lambda(l - \lambda)}{f \cdot l} \text{) და } (x=l, H=0).$$

ორდინატა $\frac{\lambda(l - \lambda)}{f \cdot l}$ შეიძლება აგებულ იქნას, როგორც ოთხ-

ჯეროვნად პროპორციული განყენებულ $\frac{\lambda}{l}$ სიდიდესა და ხაზობრივ

($l-\lambda$) და l სიდიდეებს შორის; ამისათვის შეეულის A წერტილიდან განყენებულ ერთეულთა მასშტაბით გადაზომავენ $\frac{\lambda}{f}$ სიდიდეს, და, მოზომილი ხაზის A'' ბოლოს უერთებენ B , წერტილს; გავლებულ $A''B$, ხაზსა და ძირითად AB , ხაზს შორის მოთავსებული შვეულის C_1C_2 მონაკვეთი გამოხატავს ორდინატას $\frac{\lambda(l-\lambda)}{f \cdot l}$. იგივე ორდინატას სხვაგვარათაც ავაგებთ, თუ მას განვიხილავთ, როგორც ოთხჯერად პროპორციულს $\frac{l-\lambda}{f}$ და λ და l სიდიდეებს შორის, რისთვისაც მოვზომავთ $B_1B_2 = \frac{l-\lambda}{l}$ და გაეატარებთ B_2A_1 , სწორხაზს, რომელიც განსაზღვრავს მონაკვეთს

$$C_1C_2 = \frac{l-\lambda}{f} \cdot \frac{\lambda}{l}.$$

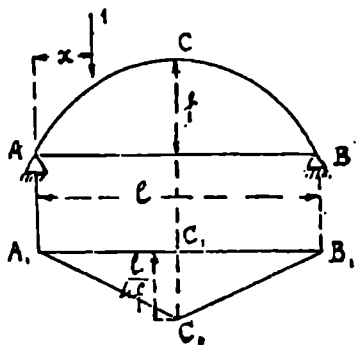
ამნიარად H დაწნევის გავლენის ხაზი გამოისახება $A_1C_1B_1$ ხაზით, რომლის უდიდესი ორდინატა მესამე სახსრის ქვეშ ხვდება და $\frac{\lambda(l-\lambda)}{f \cdot l}$ სიდიდის ტოლია.

სიმეტრიულ სამსახსრიან თალისათვის (ნახ. 107) H დაწნევის გავლენის ხაზს თალის შუა-

ში აქვს უდიდესი ორდინატა $\frac{1}{4} \cdot \frac{l}{f}$.

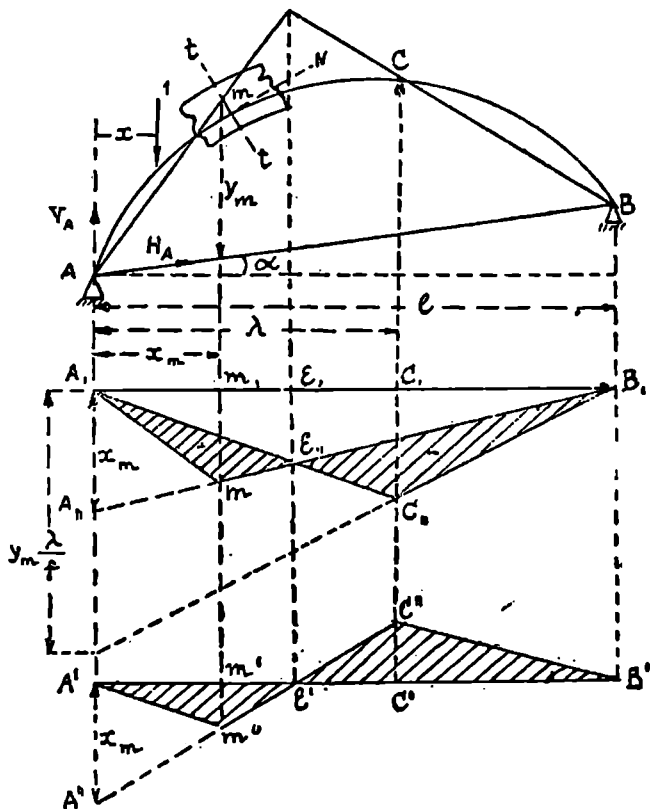
ბ. მღუნავი M_m მომენტის გავლენის ხაზი თალის კვეთის m წერტილში. მოცემულია ACB სამსახსრიანი თალი (ნახ. 108) l პირით და f ამალღებით (ე. ი. შვეულზე c სახსრის დაშორებით საყრდნობის AB ხაზიდან).

თალის შუა, სიმრუდის მოცემულ წერტილზე გატარებულია NN მხები და მისდამი ნორმალური ll კვეთი; ამ კვეთში თალის სისქის ზღვრებში მოცემულია m წერტილი. საჭიროა ll კვეთის მარცხნივ თალზე შქმედი ყველა გარეძალღების M_m მღუნავი მომენტისათვის (რომელიც m წერტილის მიმართაა აღებული) გავლენის ხაზის აგება, თუ მოცემულია x_m აბსცისა (პორიზონტზე m -დან A საყრდნობზე გამავალ შვეულამდე) და m წერტილის γ_m დაშორება შვეულზე სასყრდნობო AB ხაზამდე.



ნახ. 107.

ეტვირთავთ თაღს ერთეული ძალით, (ჰორიზონტზე) x მანძილის დაშორებით A საყრდნობიდან, რის დროსაც A საყრდნობში წარმოიშობიან რეაქციის შვეული V_A მდგენელი და მდგენელი H_A საყრდნობის ხაზის მიმართულებით; უკანასკნელი მდგენელი განსაზღვრავს თავის ჰორიზონტალურ მდგენელს, დაწნევას $H = H_A \cdot \cos \alpha$.



ნახ. 108.

ამნიარად H კვეთის მარცხნივ თაღზე მოქმედობს შვეული ძალები: V_A , H_A და 1. მათი მლუნავი მომენტი იქნება:

$$(40) \quad M_m = x_m V_A - y_m \cos \alpha \cdot H_A - 1 \cdot (x_m - x)$$

ამ განტოლებაში V_A -ს მნიშვნელობას თუ ჩავსვამთ (36) განტოლებიდან $H_A \cos \alpha$ -ს ნაცვლად მის ტოლ H სიდიდეს (35) განტოლებიდან, მივიღებთ:

$$M_m = x_m \cdot \frac{1 \cdot (l-x)}{l} - \gamma_m H - 1 (x_m - x),$$

რაც ალგებრული გარდაქმნების შემდეგ ასეთ სახეს მიიღებს:

$$M_m = \frac{1 \cdot x (l-x_m)}{l} - \gamma_m H \quad (41)$$

(41) განტოლების მეორე ნაწილის პირველი წევრის შედარებით § 17-ის (21) განტოლების მეორე ნაწილთან, ვპოულობთ, რომ იგი გამოისახავს l მალნიანი მარტივი კოქის მომენტს m წერტილის მიმართ და გამოისახება მარტივი კოქის გავლენის ხაზით, რაც აიგება § 17-ის წესების მიხედვით; ამნაირად (41) განტოლების მეორე ნაწილის პირველი წევრი გამოისახება $A_1 m_1 B_1$ ხაზით.

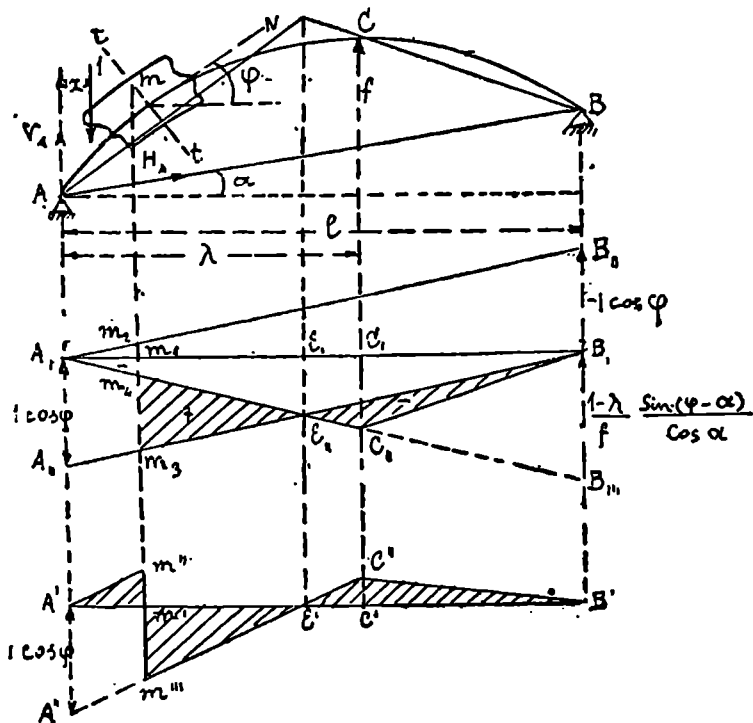
რაც შეეხება (41) განტოლების მეორე ნაწილის მეორე წევრს, იგი გამოისახება H -ის გავლენის ხაზით, რომელიც აიგება § 21-ის წესების მიხედვით; მან მხოლოდ ის ცვლილება განიცადა, რომ მისი თითოეული ორდინატა მრავლდება γ_m -ზე; ეს გამრავლება სრულდება A_1 -ზე გავლებულ შვეულზე $\frac{\lambda}{f}$ -ის ნაცვლად $\gamma_m \frac{\lambda}{f}$ გადაზომვით; ამნაირად მიიღება $A_1 C_{II} B_1$ ხაზი.

(41) განტოლების თანახმად $A_1 C_{II} B_1$ ხაზის დამთხვევით $A_1 m_1 B_1$ ხაზზე, ჩვენ მივიღებთ მათ ორდინატთა სხვაობებს, რომელნიც გამოისახებიან $A_1 E_{II} m_{II}$ ნაკვეთის დადებითი ორდინატებით და $E_{II} C_{II} B_1$ ნაკვეთის უარყოფითი ორდინატებით.

$A_1 E_{II} C_{II} B_1 E_{II} m_{II} A_1$ გავლენის ხაზით სარგებლობა ერთგვარ უხერხულობას ქმნის, რადგან აქ არ მოგვეპოვება ძირითადი პორიზონტალური სწორი ხაზი, — ამიტომ ამ გავლენის ხაზს სცვლიან $A_1 m_1 C_1 B_1 A_1$ ხაზით. ამ უკანასკნელი გავლენის ხაზის აგებისათვის სარგებლობენ ნულოვანი E წერტილით, რომელიც სძევს $A_1 m_1 E$ და $E C_1 B_1$ სწორხაზთა თანაკვეთის E წერტილზე გამავალ შვეულზე. ტვირთი E წერტილში რომ მოვათავსოთ, მაშინ მის დაშლას შევძლებთ ორ მდგენელად EB და EA მიმართულებებით; პირველი მდგენელი რეაქციით წონასწორდება, მეორე კი გაივლის m წერტილზე და მოგვეცემს ნულოვან მომენტს; მაშასადამე, E და E_{II} წერტილები ერთ შვეულზე მდებარეობენ და პირველის საშუალებით მოვძებნით ამ უკანასკნელ E_{II} წერტილს.

ამნიარად, Am და CB სწორხაზებით თანაკვეთაში E წერტილის პოვნის შემდეგ, E წერტილზე გაატარებენ შვეულ ხაზს და $A'B'$ ძირითად სწორხაზზე დასახავენ E' წერტილს; შემდეგ შვეულის A' წერტილიდან მოზომავენ x_m -ის ტოლ $A'A''$ მონაკვეთს და გაატარებენ $A''E'$ სწორხაზს C -ზე გამავალი შვეულის C' წერტილში თანაკვეთამდე; C'' წერტილს B' წერტილთან შეაერთებენ სწორი ხაზით და მიიღებენ $A''m''C''B'$ გავლენის ხაზს M_m მომენტისათვის.

გ. განივი Q_m ძალის გავლენის ხაზი. It კვეთის m წერტილზე მოდებული განივი ძალა წარმოადგენს (ნახ. 109) ამ It კვეთზე ყველა ერთმხრივ (კვეთიდან) მდებარე გარეძალთა გეგმილების ჯამს.



ნახ. 109.

It კვეთის მარცხნივ მოდებულია ძალები: V_A , H_A და 1; ამ ძალების It კვეთზე გეგმილები შეადგენენ Q_m ძალას:

$$(42) \quad Q_m = V_A \cdot \cos \varphi - H_A \cdot \sin (\varphi - \alpha) - 1 \cdot \cos \varphi$$

ამ განტოლებაში V_A ნაცვლად მის მნიშვნელობას თუ ჩავსვათ-
(36) განტოლებიდან და H_A ნაცვლად მის მნიშვნელობას (35) გან-
ტოლებიდან, მივიღებთ:

$$Q_m = \frac{1 \cdot (l-x)}{l} \cdot \cos\varphi - H \cdot \frac{\sin(\varphi-\alpha)}{\cos\alpha} - 1 \cdot \cos\varphi,$$

რაც გარდაქმნის შემდეგ ვეძღვეს:

$$Q_m = \frac{1 \cdot x}{l} \cos\varphi - H \frac{\sin(\varphi-\alpha)}{\cos\alpha} \quad (43)$$

(43) განტოლების მეორე ნაწილის პირველ წევრს თუ შევადარებთ § 17-ის (19) განტოლების მეორე ნაწილს, ვიპოვიოთ, რომ ეს წევრი გამოსახავს მარტივი კოკის გადამჭრელ ძალის სიდიდეს m წერტილში, გამრავლებულს $\cos\varphi$ -ზე, ამიტომ მისი გამოსახვა შეიძლება V_m გადამჭრელ ძალის გავლენის ხაზით, რომელიც ცვლილებას განიცდის ორდინატას გამრავლებით $\cos\varphi$ -ზე, რასაც ვაღწევთ საყრდნობებზე გავლებულ შეეულებზე ერთეული ძალის ნაცვლად $1 \cdot \cos\varphi$ გადაზომვით; ასეთი ცვლილი გავლენის ხაზი წარმოდგენილია $A_1 m_1 m_2 B_1$ ხაზით (ნახ. 109).

(43) განტოლების მეორე ნაწილის მეორე წევრი § 21-ის წესების მიხედვით აგებული H -ის გავლენის ხაზით წარმოიდგინება და, შეცვლილია მხოლოდ იმით, რომ მისი თითოეული ორდინატა მრავლდება $\frac{\sin(\varphi-\alpha)}{\cos\alpha}$ -ზე; ეს გამრავლება სრულდება B_1 -ზე გატარებულ შეეულებზე $\frac{l-\lambda}{f}$ სიდიდის ნაცვლად $\frac{l-\lambda}{f} \cdot \frac{\sin(\varphi-\alpha)}{\cos\alpha}$ სიდიდის გადაზომვით, რითაც მიიღება A, C, B , გავლენის ხაზი.

(43) განტოლების თანახმად, A, C, B , გავლენის ხაზს $A_1 m_1 m_2 B_1$ -ს თუ დავადებთ, მივიღებთ მათ ორდინატთა სხვაობებს, რომელნიც $A_1 m_1 m_2$ და E, C, B , ნაკეთების უარყოფითი ორდინატებით და $m_1 m_2 E_2$ ნაკეთის დადებითი ორდინატებით გამოისახებიან.

ორდინატთა წაკითხვისას უხერხულია $A_1 m_1 m_2 E, C, B$, გავლენის ხაზის შეცვლა მეორეთი, რომლის აგება დამყარებულია ნულოვანი E , წერტილის გამოყენებაზე. ვპოულობთ E წერტილს, რომელიც წარმოადგენს თალის შუა ხაზის NN მხების პარალელური AE სწორი ხაზის და CB სწორის თანაკვეთის ადგილს; E წერტილზე მოდებული ძალა დაიშლება მდგენელებათ EB და EA მიმართულებებში; პირველი მდგენელი გაწონასწორდება რეაქციით, მეორე კი H კვეთს პერპენდიკულარულათ გაივლის და არ მოგვცემს გადამჭრელ ძალას;

მაშასადამე, E და $E_{||}$ წერტილები ერთ შევეულზე მდებარეობენ. ამ-
 ნაირად AE და EB სწორხაზთა თანაკვეთის E წერტილის მოძებნის
 შემდეგ გაატარებენ შევეულს E წერტილზე და დასახავენ E' წერ-
 ტილს ძირითად $A'B'$ სწორხაზზე. A' წერტილზე გავლებულ შევეულზე
 მოზომავენ $A'A''=1 \cdot \cos \varphi$ სიგრძეს (განყენებულ სიდიდეთა მასშტა-
 ბით) და A'' წერტილზე გაატარებენ $A''E'$ სწორხაზს c წერტილზე
 გამავალ შევეულის C' წერტილში თანაკვეთამდე; C' წერტილს აერ-
 თებენ B' წერტილთან. m წერტილზე გავლებულ შევეულზე პოულო-
 ბენ m''' და m' წერტილებს და $m_1 m_2$ -ის ტოლ $m' m''$ მოზომავენ;
 m'' წერტილს აერთებენ A' წერტილთან და Q_m -ის გავლენის ხაზს
 $A'm''m'''C'B'$ ტეხილის სახით მიიღებენ.

§ 22. მარტივი წამყვან ღეროთა ძალლონების ვაგლენის ხაზი

მოცემულია AB წამწე (ნახ. 110). საჭიროა გავლენის ხაზის აგება
 ზედა სარტყლის $IV-V$ ღეროს ძალლონესათვის, ქვედა სარტყლის
 $4-5$ ღეროს ძალლონესათვის და $IV-5$ ირიბას ძალლონესათვის;
 სვლა ზემოდანაა.

ა. ზედა სარტყლის ($IV-V$) ღეროს Q° ძალლონეს
 გავლენის ხაზი. Q° ძალლონეს აღმოსაჩენად გავატაროთ $\#$ კვე-
 თი, შევეული ერთეულის ტოლი ძალა მოვათავსოთ განკვეთილი პანე-
 ლის მარჯვნივ, მარჯვენა საყრდნობიდან χ მანძილის დაშორებით.

წამწეს მარცხენა ნაწილის განხილვით 5 წერტილისათვის ვწერთ
 განტოლებას:

$$\Sigma M = 0,$$

რის დროსაც უცნობ ძალლონეს $\#$ კვეთის გარეთ მივმართავთ (ე. ი.
 მარჯვნივ, რაიც გაჭიმვას გულისხმობს):

$$(44) \quad \Sigma M_s = Q^\circ \cdot h + A \cdot 4 \cdot a = 0$$

სადაც

$$A = \uparrow \frac{\chi}{l}.$$

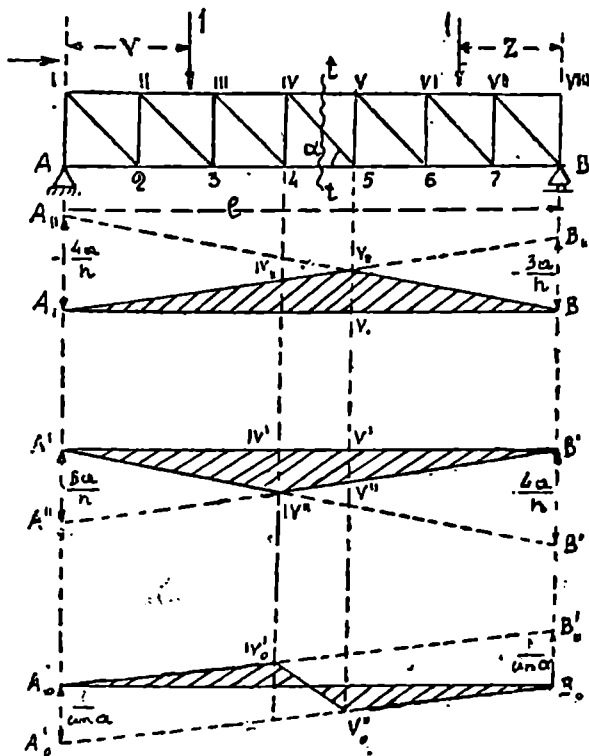
(44) განტოლებიდან მივიღებთ:

$$(45) \quad Q^\circ = -\frac{\chi}{l} \cdot \frac{4a}{h}$$

ეს (45) განტოლება გამოისახება $A_{II}B$, სწორი ხაზით, რომლის კოორდინატებია

$$[x=0, Q^0=0] \text{ და } [x=l, Q^0=-\frac{4a}{l}];$$

გავლენის ხაზისათვის ამ სწორის მხოლოდ $V_{II}B$, ნაწილს შევარჩევთ.



ნახ. 110.

განკვეთილი პანელის მარცხნივ ერთეული ტვირთის მდებარეობის დროს, v მანძილის სიშორეზე მარცხენა საყრდნობიდან, წამწეს მარჯვენა ნაწილის განხილვით ვწერთ $\Sigma M=0$ განტოლებას წერტილ 5-ის:

$$M_5 = -Q^0 \cdot h - B \cdot 3a = 0 \quad (46)$$

საიდანაც $B = \frac{v}{l}$ განზღვრის შემდეგ მივიღებთ:

$$Q^0 = -\frac{v}{l} \cdot \frac{3a}{h} \quad (47)$$

ეს (47) განტოლება გამოისახება

$$(v=0, Q^{\circ}=0) \text{ და } (v=1, Q^{\circ}=-\frac{3a}{h})$$

კოორდინატებიანი A, B ,, სწორი ხაზით; გავლენის ხაზისათვის სწორი ხაზის A, IV_{II} ნაწილს ავიღებთ.

§ 18-ის თეორემა IV მიხედვით IV—V პანელის ზღვრებში გავლენის ხაზი A, IV ,, სწორი ხაზის გაგრძელების $IV_{II} V$ ნაწილით გამოისახება.

ამაირად, Q° -ს გავლენის ხაზი გამოისახება A, V ,, B , ხაზით.

Q° -ს გავლენის ხაზს § 17-ის წესების მიხედვით აგებულ M_s -ის გავლენის ხაზს თუ შევადარებთ, ვიპოვიტ, რომ ფორმით ისინი მსგავსნი არიან, განსხვავდებიან ნიშნით და ორდინატთა სიდიდით, სახელდობრ: M_s -ის გავლენის ხაზის აგებისას A -ზე გავლებულ შვეულზე ქვემოდ გადიზომება ხაზობრივი სიდიდე $4a$, ხოლო Q° -ის გავლენის ხაზისათვის A_1 -ზე გავლებულ შვეულზე ზემოდ გადიზომება განყენებული სიდიდე $\frac{4a}{h}$ (§ 17-ის წესების დაცვით, ორდინატთა გადაზომვის შესახებ).

ბ. ქვედა სარტყლის 4—5 ლეროს U ძალდონეები (ნახ. 110). π კვეთის გავლებით და ერთეული ტვირთის მოთავსებით განკვეთილი პანელის მარჯვნივ, მარჯვენა საყრდნობიდან z მანძილის დაშორებით, წამწეს მარცხენა ნაწილისათვის ვწერთ $\Sigma M=0$ განტოლებას IV წერტილის მიმართ:

$$(48) \quad \Sigma M_{IV} = -U \cdot h + A \cdot 3a = 0$$

სიდანაც, $A = \uparrow \frac{z}{l}$ მნიშვნელობის დროს, მივიღებთ:

$$(49) \quad U = \frac{z}{l} \cdot \frac{3a}{h}$$

(49) განტოლება გამოისახება $A'' B'$ სწორხაზით, რომლის კოორდინატებია

$$(\chi=0, U=0) \text{ და } (\chi=1, U=\frac{3a}{h});$$

ამ სწორხაზის $V'' B'$ ნაწილი შედის U გავლენის ხაზის შემადგენლობაში. განკვეთილი პანელის მარცხნივ და მარცხენა საყრდნობიდან V — მანძილის დაშორებით ერთეული ტვირთის მოთავსების დროს, $\Sigma M=0$ განტოლების მიხედვით IV წერტილისათვის მივიღებთ:

$$(50) \quad \Sigma M_{IV} = U \cdot h - B \cdot 4a = 0$$

საიდანაც, $B = \uparrow \frac{v}{l}$ მნიშვნელობისათვის მივიღებთ:

$$U = \frac{v}{h} \cdot \frac{4a}{h} \quad (51)$$

(51) განტოლება გამოისახება $A'B''$ სწორი ხაზით, რომლის კოორდინატებია

$$(v=0, U=0) \text{ და } (v=l, U=\frac{4a}{l});$$

U -ს გავლენის ხაზისათვის ავიღებთ $A'IV''$ ნაწილს. თეორემა IV-ის ძალით გავატარებთ გავლენის ხაზის $IV''V''$ ნაწილს და საბოლოოდ გავლენის ხაზი წარმოიდგინება $A'IV''B'$ ნაკვეთით.

U -ს გავლენის ხაზი ფორმით ემსგავსება M_{IV} -ის გავლენის ხაზს და მისგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ U -ს გავლენის ხაზის აგებისას A' -ზე გავლებულ შეუღლებულ გადიზომება $\frac{3a}{h}$, ხოლო M_{IV} -ის გავლენის ხაზის აგებისას გადიზომება $3a$.

გ. IV—5 ირიბანას D ძალდონის გავლენის ხაზი (ნახ. 110). $\#$ კვეთის გავლებით და მარჯვენა საყრდნობიდან Z მანძილის დაშორებით (წამწეს იმ ნაწილზე, რომელიც მოთავსებულია კვეთის მარჯვნივ) ერთეული ტვირთის მოდების შემდეგ ვადგენთ $\Sigma Y=0$ განტოლებას, ვიხილავთ წამწეს მარცხენა ნაწილს:

$$\Sigma Y = D \cdot \sin \alpha - A = 0 \quad (52)$$

საიდანაც, $A = \uparrow \frac{Z}{l}$ მნიშვნელობის დროს, მივიღებთ:

$$D = \frac{Z}{l} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \quad (53)$$

(53) განტოლება გამოისახება A'_0B_0 სწორხაზით, რომლის კოორდინატებია:

$$(z=0, D=0) \text{ და } (z=l, D=\frac{1}{\sin \alpha});$$

ამ სწორხაზის V''_0B_0 ნაწილი შედის D -ს გავლენის ხაზის შემადგენლობაში. ერთეული ტვირთი განკვეთილი პანელის მარცხნივ მოვლათ v მანძილის დაშორებით მარცხენა საყრდნობიდან, დავწეროთ $\Sigma Y=0$ განტოლება, რისთვისაც განვიხილოთ წამწეს მარჯვენა ნაწილი,

$$\Sigma Y = D \sin \alpha + B = 0 \quad (54)$$

საიდანაც, $B = \uparrow \frac{v}{l}$ მნიშვნელობის დროს, მივიღებთ:

$$D = \frac{-v}{l} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \quad (55)$$

(55) განტოლება გამოისახება $A_0B'_0$ სწორი ხაზით, რომლის კოორდინატებია:

$$(v=0, D=0) \text{ და } (v=l, D=-\frac{1}{\sin \alpha});$$

ამ სწორი ხაზის $A_0IV'_0$ ნაწილი შედის D -ს გავლენის ხაზის შემადგენლობაში. თეორემა IV-ის მიხედვით გავატარებთ გავლენის ხაზის $IV'_0-V''_0$ ნაწილს და ამნაირად D -ს გავლენის ხაზი წარმოიდგინება $A_0IV'_0V''_0B_0$ ტეხილი ხაზით.

D -ს გავლენის ხაზი ფორმით ემსგავსება IV—V პანელის V -ს გავლენის ხაზს, რომელიც აგებული იყო §§ 17 და 18-ის წესების მიხედვით, მისგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ D -ს გავლენის ხაზის აგებისას A -ზე გატარებულ შვეულზე გადიხომება $\frac{1}{\sin \alpha}$ სიდიდე, ხოლო V_{IV-V} გავლენის ხაზის აგებისას გადიხომება „1“.

§ 23. გაწონასწორებული წაფვის ღებობის კალღონეთა გაგღენის ხაზი

განვიხილოთ გაწონასწორებული $ABCD$ წამწე (ნახ. 111), რომელიც წესდგება ABC კონსოლიანი წამწესაგან და CD დაკიდებულ კოჭისაგან; სგლა ზემოდან სწარმოებს.

ა. A და B საყრდნობებს შორის მოთავსებული ზედა სარტყლის II—III ღეროს Q° ძალღონეს გავლენის ხაზი. ამ გავლენის ხაზის ნაწილს § 22-ის მიხედვით ვაგებთ, როგორც მარტივი წამწეს A, III, B , გავლენის ხაზს, შემდეგ კი თეორემა VI-ის მიხედვით გავავლებთ III, B , სწორხაზს, ვაგრძელებთ მას C -ზე გამავალი შვეულის C , წერტილამდე და ამ წერტილს სწორი ხაზით უერთებთ D , წერტილს. ამნაირად მივიღებთ Q_{II-III} ძალღონის A, III, B, C, D , გავლენის ხაზს. აქ თეორემა VI ანაღოგითაა გამოყენებული; მაგრამ იგივე შედეგს მივიღებდით ზემოდ მოყვანილი მეთოდი რომ გამოგვეყენებინა, რისთვისაც ერთეული ტვირთი უნდა მოგვეთავსებინა კონსოლზე და დაკიდებულ კოჭზე; Q° -ის სიდიდეს განვსაზღვრავდით $\Sigma M_3 = 0$ განტოლებიდან.

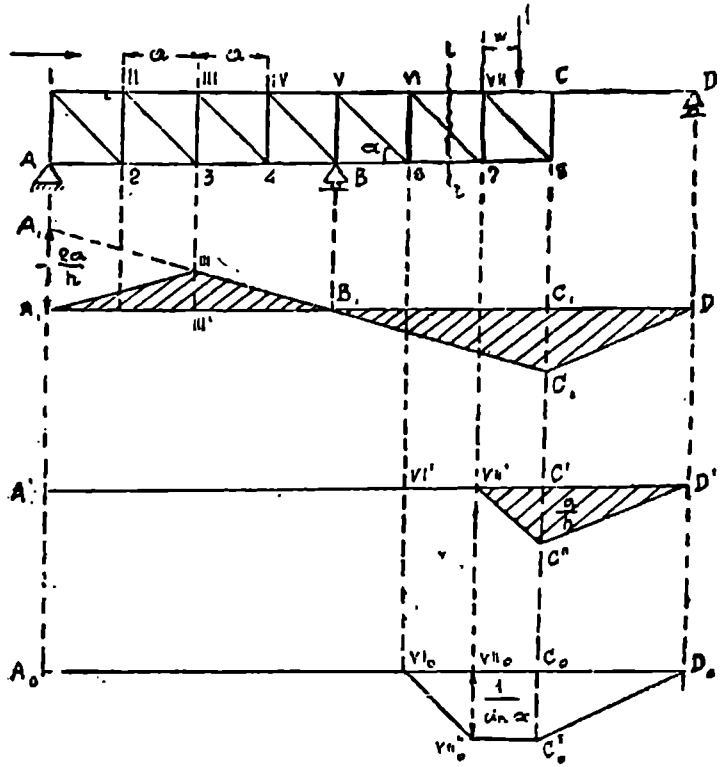
ბ. კონსოლის ზედასარტყლის VI—VII ღეროს Q° ძალღონის განსაზღვრა (ნახ. 111). VI—VII პანელში გავატაროთ $\#$ კვეთი. როცა ერთეული ტვირთი ძეგს განკვეთილი პანელის მარცხნივ, მაშინ $\#$ კვეთის მარჯვნივ არაერთარი ვარეძალა არ წარმოიშობა, და ამიტომ წამწეს მარჯვენა მოკვეთილი ნაწილის წონასწორობის პირობებიდან, სახელღობრ $\Sigma M_7 = 0$ განტოლებიდან გამომღინარეობს, რომ ძალღონე $Q^\circ = 0$; ამიტომ AVI ბადროს ქვემოღ Q°

ძალონის გველენის ხაზი A'VI' სწორით წარმოიდგინება. VII კვანძის მარჯვნივ კონსოლზე ერთეული ტვირთის მოთავსების დროს, ამ კვანძიდან w მანძილის დაშორებით, II მარჯვნივ მდებარე წამწეს ნაწილისათვის მივიღებთ:

$$\sum M_7 = -Q^0 \cdot h + 1 \cdot w = 0 \quad (56)$$

საიდანაც განესაზღვრავთ Q^0 -ს:

$$Q^0 = \frac{1 \cdot w}{h} \quad (57)$$



ნახ. 111.

(57) განტოლება წარმოიდგინება VII''C'' სწორი ხაზით, რომლის კოორდინატებია:

$$(w=0, Q^0=0) \text{ და } (w=a, Q^0=\frac{a}{h});$$

VII''C'' სწორხაზი წარმოადგენს Q^0 ძალონის გველენის ხაზის ნაწილს.

თეორემა IV-ის მიხედვით Q° -ის გავლენის ხაზი განკვეთილი პანელის ზღვრებში წარმოიდგინება VI'VII' ხაზით, და თეორემა VI ძალით CD ბადროს ქვეშ Q° -ის გავლენის ხაზი წარმოიდგინება $C'D'$ სწორი ხაზით.

ამნაირად, Q° VI—VII ძალლონის გავლენის ხაზი წარმოიდგინება $A'VII'C'D'$ ხაზით.

გ. VI—7 ირიბას D ძალლონის გავლენის ხაზი. $\#$ კვეთის მარცხნივ ერთეული ტვირთის მოთავსების შემთხვევაში, წამწეს მარჯვენა მოკვეთილ ნაწილში არავითარი გარეძალები არ იმოქმედებს, ამიტომ D ძალლონე ნულის ტოლი ვახდება და D -ს გავლენის ხაზი $A-6$ ბადროს ქვემო A_0V_1 ხაზით წარმოიდგინება. ერთეულის ტოლ ტვირთს $\#$ კვეთის მარჯვნივ თუ მოვითავსებთ, VII კვანძიდან $ა$ მანძილის დაშორებით, და განვიხილავთ $\#$ კვეთის მარჯვნივ მოთავსებულ წამწეს ნაწილს, მივიღებთ:

$$(58) \quad \Sigma Y = D \cdot \sin \alpha - 1 = 0$$

საიდანაც განვსაზღვრავთ D -ს:

$$(59) \quad D = \frac{1}{\sin \alpha}$$

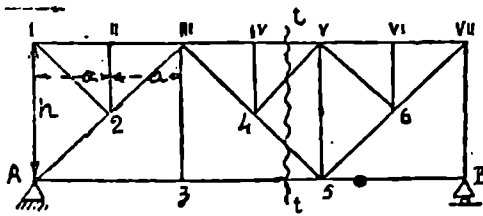
(59) განტოლება გამოიხატება $VII_0' C_0'$ სწორი ხაზით, რომელიც ძირითადი ხაზის პარალელურია და მისგან $\frac{1}{\sin \alpha}$ მანძილითაა დაშორებული; $VII_0'' C_0''$ სწორხაზი D -ს გავლენის ხაზის ნაწილს წარმოადგენს. თეორემა IV-ის მიხედვით D -ს გავლენის ხაზი განკვეთილი პანელის ზღვრებში გამოისახება $V_1_0 VII_0''$ სწორი ხაზით, თეორემა VI-ის მიხედვით კი CD ბადროს ზღვრებში D -ს გავლენის ხაზი $C_0'' D_0$ სწორი ხაზით გამოისახება.

ამნაირად, VI—7 განივას D ძალლონის გავლენის ხაზი გამოისახება $A_0 V_1_0 VII_0'' C_0'' D_0$ ხაზით.

§ 24. რთული წაფვის ლეკოების ძალლონეთა გამაღმენის ხაზი

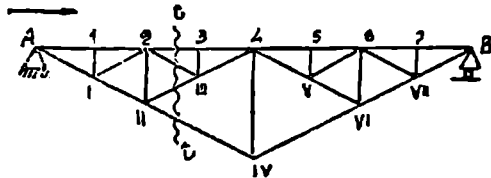
პრაქტიკაში გვხვდება წამწეები, რომლებშიაც ძალლონეთა განსაზღვრისას, ზოგიერთ ღეროში გავლებულია კვეთი, რომელიც წამწეს ორ ნაწილად ყოფს, იგი ერთდროულად გაივლის სამ ღეროზე. მაგალითად $A-3-5-8$ წამწეში (ნახ. 112) 4—V ღეროს ძალლონეს განსაზღვრისას $\#$ კვეთი ოთხ ღეროს გაკვეთავს. $A4B$ წამწეში (ნახ. 113) 2—III ღეროს ძალლონის განსაზღვრისას $\#$ კვეთი ოთხ ღეროს ხედება. ასევე $A3B$ წამწეს (ნახ. 114) II—III ღეროს ძალლონის განსაზღვრისათვის გავლებული $\#$ კვეთი გადაკვეთს ოთხ ღეროს.

ისეთი წამწეები, რომლებშიაც რომელიმე ღეროს ძალღონის განსაზღვრისას შეუძლებელია ისეთი კვეთის გავლება, რომელიც წამწეს



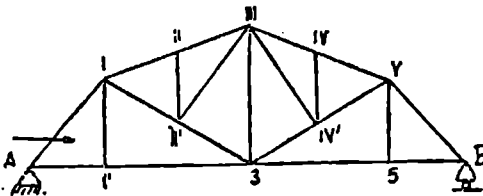
ნახ. 112.

გაპყოფდეს ორ ნაწილად და ერთდროულად მის მიერ გაკვეთილი ღეროთა რიცხვი სამს აღემატება, რთულ წამწეებათ იწოდებიან.



ნახ. 113.

ასეთ წამწეებში ძალღონეთა განსაზღვრისათვის არ კმარა მხოლოდ სტატიკის კანონები; რთული წამწეების ზუსტი გამოთვლისათვის



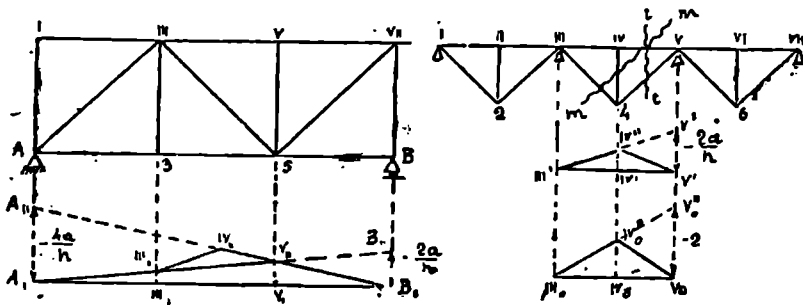
ნახ. 114.

საკუროა ისეთი პირობების განხილვა, რომელთაც თან დაჰყვებიან წამწეთა დრეკადი ცვლილებანი.

რთული წამწეების დაახლოებითი ანგარიში, რთული წამწეს სათანადო მარტივ წამწეებათ დაშლაზეა დამყარებული.

ა. რთული $AIVB$ წამწეს ზედა სარტყლის $IV-V$ ღეროს Q° ძალლონის გავლენის ხაზი (ნახ. 112). რთულ $AIVB$ წამწეს დაშლით მარტივ $A35B$ წამწეთ (ნახ. 115) და ერთი ტიპის $12III$; $III4V$; $V6VII$ წამწეებათ.

რთულ წამწეს $IV-V$ ღეროს (ნახ. 112) ძალლონე შესდგება: მარტივი წამწეების $III-V$ ღეროსი და $IV-V$ ღეროს ძალლონეთა ჯამისაგან (ნახ. 115). § 22-ის წესების მიხედვით ავაგებთ $Q^{\circ} III-V$



ნახ. 115.

ძალლონის A, V, B , გავლენის ხაზს და $Q^{\circ} IV-V$ ძალლონის $III' VII' V'$ გავლენის ხაზს. ეკრიბავთ ამ გავლენის ხაზთა ორდინატებს: III' წერტილი თანხვდება III'' წერტილთან, V' წერტილი V'' წერტილთან და $IV' IV''$ ორდინატა გადიზომება IV კვანძიდან (რომელიც ძევს III, V'' სწორხაზზე) შეეუღლებ, რითაც განიზღვრება IV'' წერტილი (V'', B სწორი ხაზის განუწინილობაზე). საბოლოოთ მივიღებთ $Q^{\circ} IV-V$ ძალლონის A, III, IV, B , გავლენის ხაზს.

ბ. რთული წამწეს $IV-4$ დგარის (სეეტის) D ძალლონის გავლენის ხაზი (ნახ. 112). რთული წამწეს $IV-4$ დგარის D_{IV-4} ძალლონე შესდგება მარტივი $III4V$ წამწეს მხოლოდ ერთ D_{IV-4} ძალლონისაგან (ნახ. 115). მარტივ $III4V$ წამწეში m კვეთის გავლებით და III საყრდნობიდან V მანძილის სიშორეზე ერთეული ტვირთის მოთავსებით, წამწეს მარჯვენა მოკვეთილ ნაწილისათვის ვაღვებთ $\Sigma M_{III} = 0$ განტოლებას:

$$(60) \quad \Sigma M_{III} = -D \cdot a - \frac{v}{2a} \cdot 2a = 0$$

საიდანაც:

$$(61) \quad D = -\frac{v}{2a} \cdot \frac{2a}{a}$$

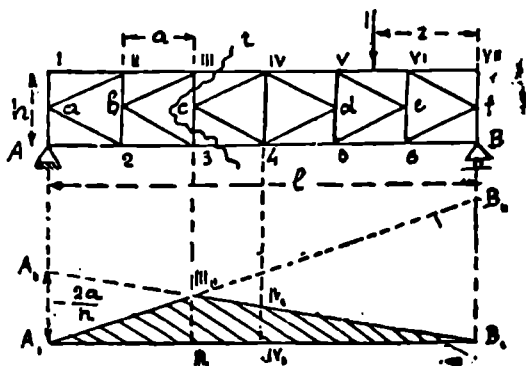
(61) განტოლება გამოისახება $III_0 V_0''$ სწორი ხაზით, რომლის კოორდინატებია

$$(v=0, D=0) \text{ და } (v=2a, D-2);$$

ამ სწორის $III_0 IV_0''$ ნაწილი წარმოადგენს D_{IV-4} ძალდონის გავლენის ხაზს. $IV_0'' V_0$ სწორი ხაზი თეორემა IV-ის მიხედვით შეადგენს D_{IV-4} ძალდონის გავლენის ხაზს განკვეთილი პანელის ზღვრებში.

ამნაირად, $III_0 IV_0'' V_0$ ხაზი გამოსახავს D_{IV-4} ძალდონის გავლენის ხაზს.

გ. ნახევარ ირიბიანი $A4B$ წამწე (ნახ. 116), რომელიც მიეკუთვნება რთულ წამწეებს, სტატიკის განტოლებების მიხედვით გამოითვლება მარტივ წამწეებად დაშლის გარეშე.



ნახ. 116.

ზედა სარტყლის III-IV ღეროში Q^{III-IV} ძალდონის გავლენის ხაზის ასაგებათ გავატაროთ II კვეთი, რომელიც გადაკვეთს III-IV პანელის ზედა და ქვედა სარტყლებს და III C და III C3 სეცტებს.

მარჯვენა საყრდნობიდან z მაძილის სიშორეზე მოვათავსოთ ერთეული ტვირთი და განვიხილოთ წამწეის მარცხენა მოკვეთილი ნაწილი; 3 კვანძის მიმართ ვაღებთ $\Sigma M_3 = 0$ განტოლებას:

$$\Sigma M_3 = Q^o h + \frac{z}{l} \cdot 2a = 0 \quad (62)$$

საიდანაც გვაქვს:

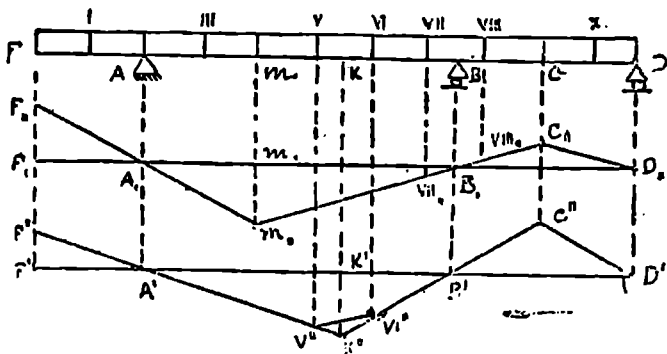
$$Q^o = -\frac{z}{l} \cdot \frac{2a}{h} \quad (63)$$

(63) განტოლება გამოისახება B, A_{II} სწორი ხაზით, რომლის კოორდინატებია

$$(\alpha=0, Q^0=0) \text{ და } (\alpha=l, Q^0=-\frac{2a}{h});$$

ამ სწორის $IV_{II}B$ ნაწილი შედის საძიებელი გავლენის ხაზის შემადგენლობაში. შემდეგ § 22-ის წესების მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ ვიპოვიტ გავლენის ხაზს, რომელიც დამოკიდებული იქნება ერთეული ტვირთის მარცხენა საყრდნობიდან გადაადგილების V მანძილზე, სახელდობრ, ვიპოვიტ A, III_{II} ხაზს და თეორემა IV-ის მიხედვით $III_{II}IV_{II}$ ხაზს; საბოლოოთ Q^0_{III-IV} ძალდონის გავლენის ხაზს ავაგებთ $A, III_{II}B$, ხაზის სახით.

ამოცანა 19. $FABCD$ კოქის m და k წერტილების მიმართ აღებულ მომენტისათვის ააგეთ გავლენის ხაზი უშუალო და კვანძითი გადაცემის შემთხვევაში (ნახ. 117).



ნახ. 117.

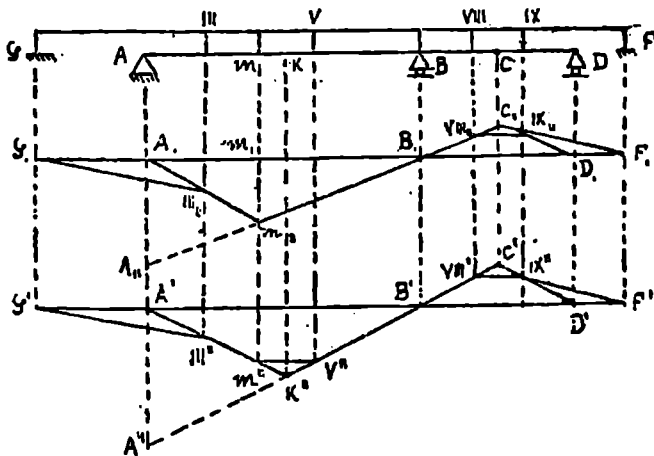
მახუხი: ორთავე გადაცემისათვის m -ის მიმართ მომენტის გავლენის ხაზი იქნება F_m, m, C_{II}, D_{II} .

k -ს მიმართ მომენტის გავლენის ხაზი უშუალო გადაცემის დროს $F_{II}k''C''D'$ ხაზის სახეს მიიღებს, კვანძითი გადაცემის დროს კი იქნება $F''V''VI''C''D'$.

ამოცანა 20. $ABCD$ კოქის m და k წერტილებისათვის (ნახ. 118) ააგეთ უშუალო და კვანძითი გადაცემის მომენტისათვის გავლენის ხაზი.

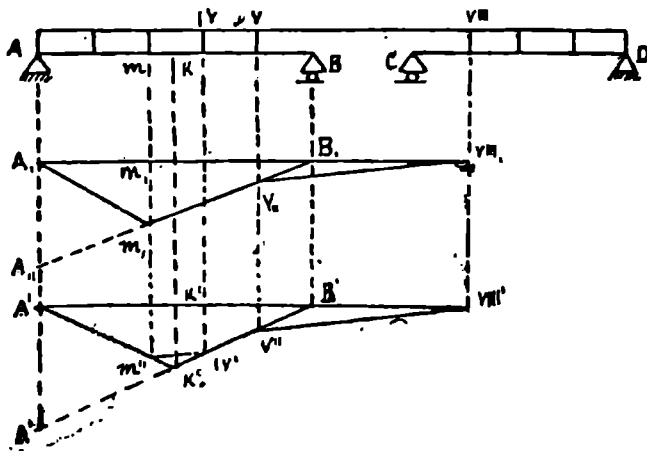
მახუხი: უშუალო გადაცემისათვის m -ის მიმართ აღებული მომენტის გავლენის ხაზი იქნება A, m, C_{II}, D_{II} , კვანძითი გადაცემის დროს კი $G, III, VIII, IX, F_{II}$.

k -ს გველენის ხაზი უშუალო გადაცემის დროს არის $A'k''C''D'$ და კვანძითი გადაცემის დროს არის $G'III''m''V''VIII''IX''F'$.



ნახ. 118.

ამოცანა 21. მოცემულია AB კოჭი და კვანძებშორისი $V-VIII$ კოჭი, რომელიც ეყრდნობა CD კოჭს (ნახ. 119). m და n წერტილი-

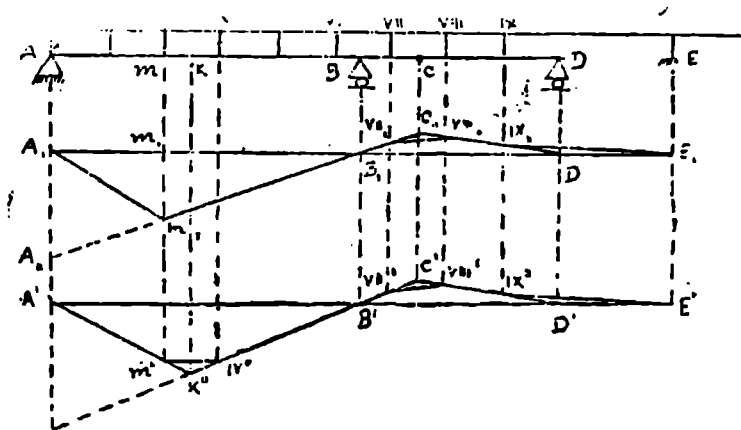


ნახ. 119.

ლების მიმართ აღებულ მომენტისათვის უნდა მოიძებნოს გავლენის ხაზი უშუალო და კვანძითი გადაცემის შემთხვევაში.

აზოხსნა. უშუალო გადაცემის დროს m -ის გავლენის ხაზი იქნება $A_1m_1B_1$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $A_1m_1V_1V_1VIII_1$; უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზი იქნება $A'k'B'$ და კვანძითი გადაცემისათვის $A'1m'1V'1V'1VIII'1$.

ამოცანა 22. კონსოლიან ABC კოქისათვის, დაკიდებულ CD კოქისა და კვანძთშორისი IXE კოქისათვის (ნახ. 120) ააგეთ გავლენის ხაზი უშუალო და კვანძითი გადაცემის მომენტისათვის m და k წერტილების მიმართ.



ნახ. 120.

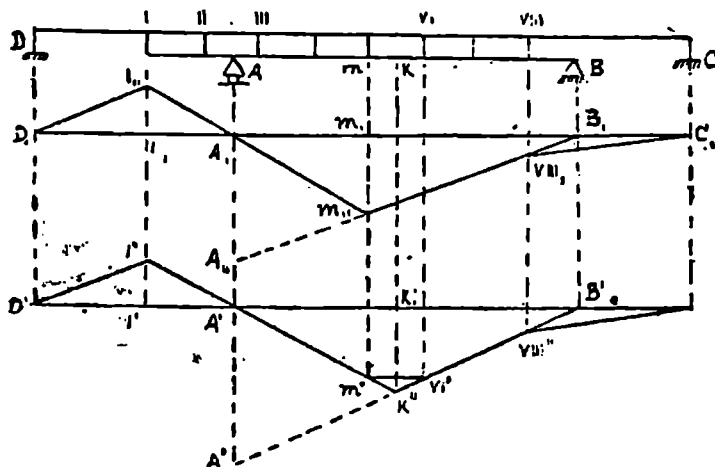
აზოხსნა. უშუალო გადაცემის დროს m -ის გავლენის ხაზი იქნება $A_1m_1C_1D_1$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $A_1m_1VII_1VIII_1IX_1E_1$; უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზია $A'k'1C'D'1$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $A'1m'1IV'1VII'1VIII'1IX'1E'1$.

ამოცანა 23. კვანძთშორისი DI და $VIII C$ კოქებიანი კონსოლიანი IAB კოქისათვის (ნახ. 121) უშუალო და კვანძითი გადაცემისას იპოვეთ k და m წერტილების მიმართ აღებული მომენტის გავლენის ხაზი.

აზოხსნა: უშუალო გადაცემისას m -ის გავლენის ხაზი იქნება $I_1m_1B_1$, და კვანძითი გადაცემისას $D_1I_1m_1VIII_1C_1$.

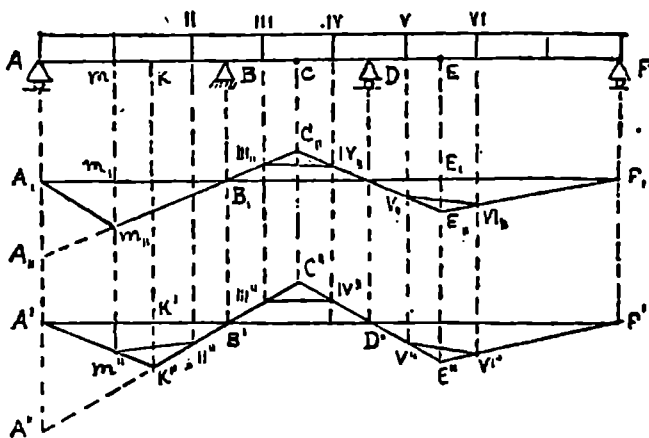
უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზია $I'k'1B'1$ და კვანძითი გადაცემისას კი $D'1I'1m'1VI'1VIII'1C'1$.

ამოცანა 24. გაწონასწორებულ $ABCDEF$ კოქისათვის (ნახ. 122) ააგეთ m და k წერტილების მიმართ აღებულ მომენტებისათვის გავლენის ხაზი, უშუალო და კვანძითი გადაცემის შემთხვევაში.



ნახ. 121.

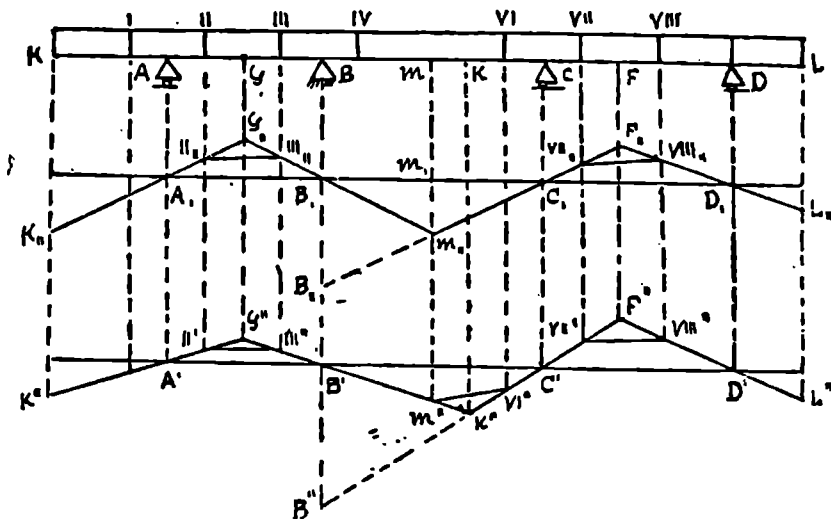
ამოხსნა: უშუალო გადაცემის დროს m -ის გავლენის ხაზი იქნება $A, m_{II}, C_{II}, E_{II}, F_{II}$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $A, m_{III}, III_{II}, IV_{II}, V_{II}, VI_{II}, F_{II}$.



ნახ. 122.

უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზი იქნება $A'k''C''E''F''$,
კვანძითი გადაცემის დროს კი $A''m''III''IV''V''VI''F''$.

ამოცანა 25. გაწონასწორებულ $KAGBCFDL$ კოქისათვის უშუალო
და კვანძითი გადაცემის დროს ააგეთ m და k წერტილების მიმართ
აღებული მომენტის გავლენის ხაზი (ნახ. 123).



ნახ. 123.

ამოხსნა: უშუალო გადაცემის დროს m -ის გავლენის ხაზია
 $K''G''m''F''L''$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $K''III''m''VII''VIII''L''$.

უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზი იქნება $K''G''k''P''L''$,
კვანძითი გადაცემის დროს კი $K''III''m''VI''VII''VIII''L''$.

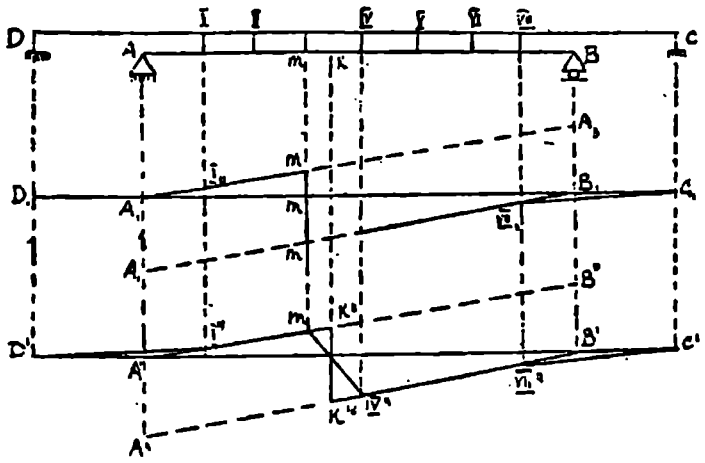
ამოცანა 26. დაკიდებულ DI და $VII C$ კოქებიანი AB კოქისა-
თვის ააგეთ m და k წერტილების მიმართ შვეული გადამპრელი ძა-
ლის გავლენის ხაზი (ნახ. 124).

ამოხსნა: უშუალო გადაცემის დროს m -ის გავლენის ხაზი იქნება
 $A''m''m''B''$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $D''I''m''III''VII''C''$.

უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზი იქნება $A''k''k''B''$,
კვანძითი გადაცემის დროს კი $D''I''m''IV''VII''C''$.

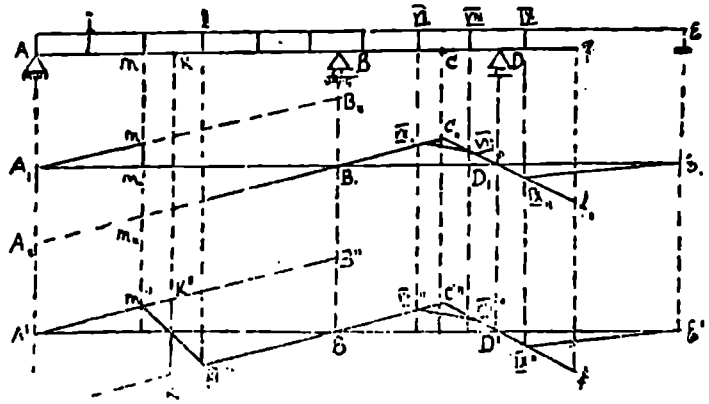
ამოცანა 27. გაწონასწორებულ $ABCDF$ კოქისათვის (ნახ. 125)
უშუალო და კვანძითი გადაცემის დროს ააგეთ m და k წერტილე-
ბისათვის გადამპრელი ძალის გავლენის ხაზი.

ამოხსნა: უშუალო გადაცემის დროს m -ის გავლენის ხაზია $A, m, m, C, F,$ კვანძითი გადაცემის დროს კი $A, m, m, VII, VIII, IX, E,$



ნახ. 124.

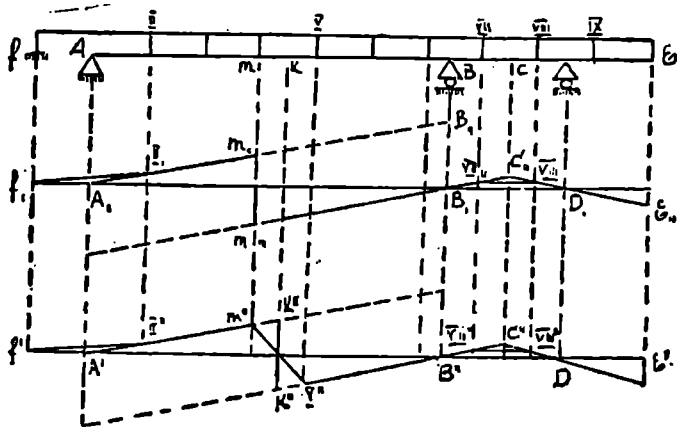
უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზია $A' k'' k''' C' F',$ კვანძითი გადაცემის დროს კი $A' m'' III'' VII'' VIII'' IX'' E'.$



ნახ. 125.

ამოცანა 28. გაწონასწორებულ $ABCDE$ კოქისათვის (ნახ. 126) ააგეთ უშუალო და კვანძითი გადაცემისათვის ძალის გავლენის ხაზი m და k წერტილების მიმართ.

პასუხი: m -ის გავლენის ხაზი უშუალო გადაცემის დროს არის $A_1 m_1 m_1 C_1 E_1$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $F_1 II_1 m_1 m_1 VII_1 VIII_1 E_1$. უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზია $A' k' k' C' E'$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $F' II' m' V' VII' VIII' E'$.



ნახ. 126.

ამოცანა 29. კვანძოშორისი დაკიდებული VI—VIII კოქიანი კონსოლიანი ABE კოქისათვის (ნახ. 127) ააგეთ გადამპრელი ძალის გავლენის ხაზი m და k წერტილების მიმართ, უშუალო და კვანძითი გადაცემის შემთხვევაში.

პასუხი: უშუალო გადაცემის დროს m -ის გავლენის ხაზია $A_1 m_1 m_1 E_1$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $A_1 m_1 m_1 E_1 VIII_1$.

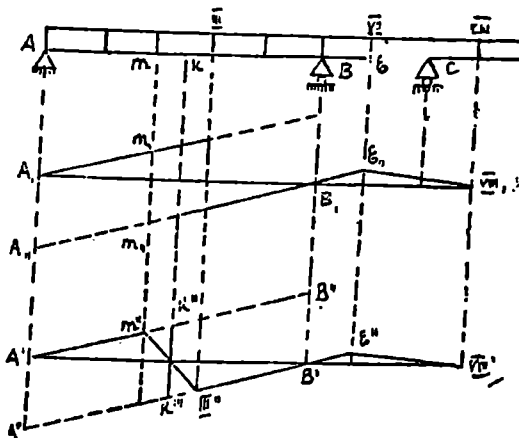
უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზია $A' k' k' E'$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $A' m' m' E' VIII'$.

ამოცანა 30. გაწონასწორებულ $ABCDEFG$ კოქისათვის (ნახ. 128) უშუალო და კვანძითი გადაცემის შემთხვევაში ააგეთ გადამპრელი ძალის გავლენის ხაზი m და k წერტილების მიმართ.

პასუხი: უშუალო გადაცემის დროს m -ის გავლენის ხაზია $A_1 m_1 m_1 C_1 E_1 G_1$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $A_1 m_1 m_1 IV_1 V_1 VI_1 G_1$.

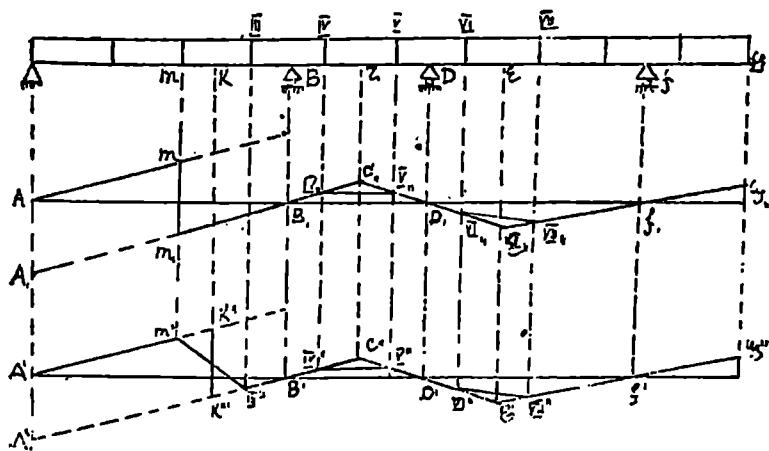
უშუალო გადაცემის დროს k -ს გავლენის ხაზია $A' k' k' C' E' G'$, კვანძითი გადაცემის დროს კი $A' m' III' IV' V' VI' VII' G'$.

ამოცანა 31. აავტე პარაბოლური AB წამწეს II_3 ირიბანას ძალ-
 ლონის გავლენის ხაზი (ნახ. 129); II_3 ირიბანას რიტერის წერტილი



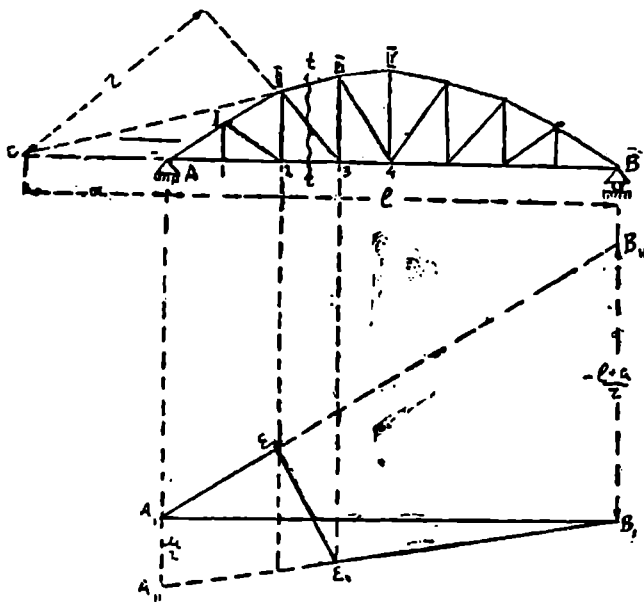
ნახ. 127.

C წერტილშია, რომელიც ირიბასაგან r მართობითაა დაშორებული,
 A საყრდნობიდან კი a მანძილით; წამწეს მალაია l .



ნახ. 128.

პახუხი: II 3 ირიბანას D ძალღონის გავლენის ხაზია $A, 2, 3, B, 2$
 A, B, r -ის კოორდინატებია $(z=0, D=0)$ და $(z=l, D=\frac{a}{r})$; ხო-
 ლო A, B, r -ის კოორდინატებია $(v=0, D=0)$ და $(v=l, D=\frac{l+a}{r})$.



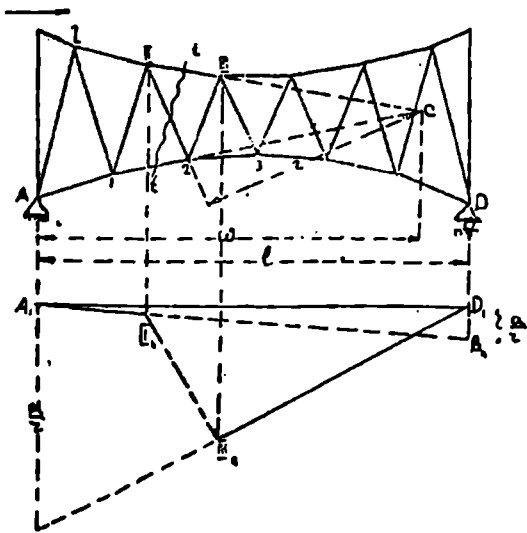
ნახ. 129.

ამოცანა 32. ააგეთ პარაბოლური AB წამწეს (ნახ. 130) II 2 ირი-
 ბანას ძალღონის გავლენის ხაზი; II 2 ირიბანას რიტერის წერტილი
 ხვდება C წერტილში; C წერტილი ირიბადან r პერპენდიკულარითაა
 დაშორებული, A საყრდნობიდან (ჰორიზონტზე) კი a მანძილით;
 l წამწეს მალაია.

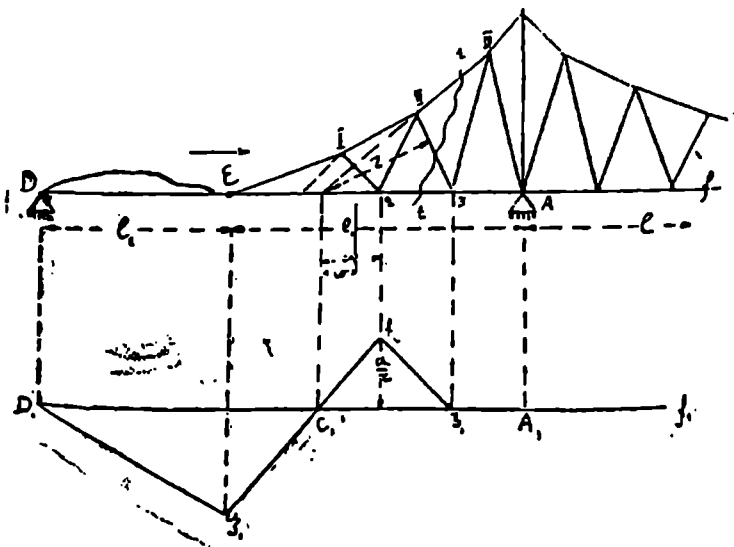
პახუხი: II 2 ირიბანას D ძალღონის გავლენის ხაზია A, II, III, B ;
 A, B, r -ის კოორდინატებია $(z=0, D=0)$ და $(z=l, D=\frac{a}{r})$;
 A, B, l, r -ის კოორდინატებია $(v=0, D=0)$ და $(v=l, D=\frac{l-a}{r})$.

ამოცანა 33. ააგეთ გაწონასწორებული DGA წამწეს ca II 3 ირი-
 ბანას ძალღონის გავლენის ხაზი (ნახ. 131); II 3 ირიბანას რიტერის

წერტილი C წერტილში ხვდება, რომელიც ირიბანადან r პერპენდიკულარითაა დაშორებული, კვანძ 2-დან K (პორიზონტზე) n მანძილით.



ნახ. 130.

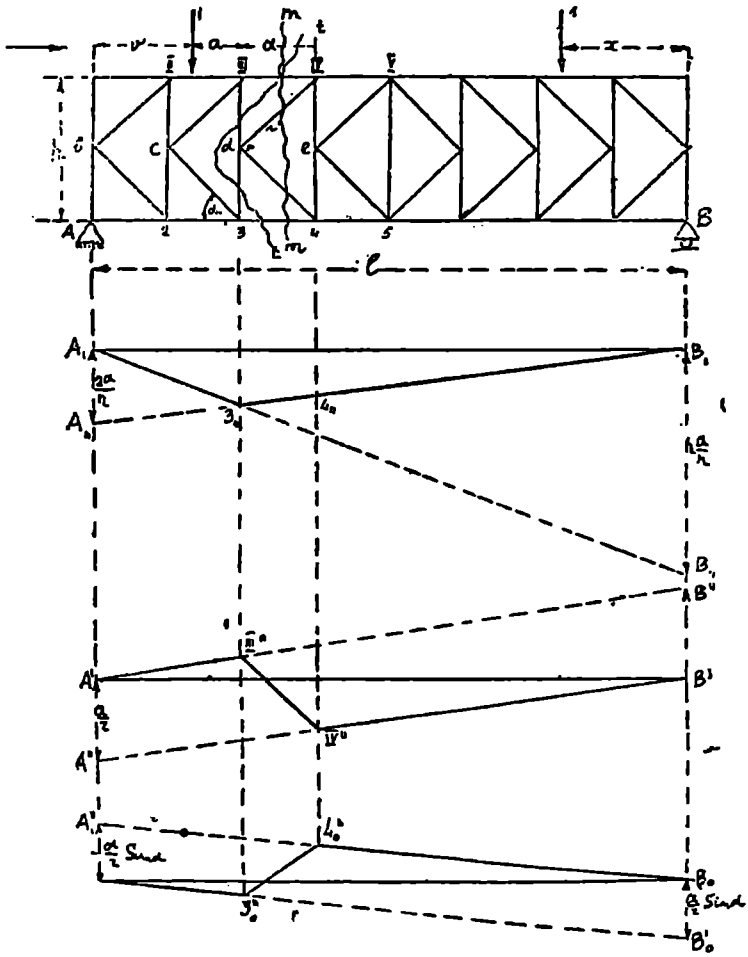


ნახ. 131.

პახუხი: II 3 ირიბანას D ძალონის გავლენის ხაზი იქნება $D_1, G_{II}, 2_{II}, 3_I, A_I, F_I$, რომლიდანაც $C_I, 2_{II}$ გამოსახავს $D = -\frac{1 \cdot w}{r}$ განტოლებას; მას აქვს კოორდინატები

$$(w=0, D=0) \text{ და } (w=a, D=-\frac{a}{r});$$

C_I, G_{II} და G_{II}, D_1 სწორხაზები თეორემა VI-ის მიხედვით არიან გატარებულნი, $2_{II}, 3_I$ სწორი კი თეორემა IV-ის მიხედვით.



ნახ. 132.

ამოცანა 34. ააგეთ ნახევრად ირიბიანი $A5B$ წამწეს ქვედა სარტყლის 3—4 ღეროს ძალღონის გავლენის ხაზი (ნახ. 132). სვლა ზემოდან სწარმოებს.

პახუხი: 3—4 ღეროს U_{3-4} ძალღონის გავლენის ხაზი იქნება $A_3 B_1$, რის დროსაც U_{3-4} ძალღონე განიზღვრება განტოლებით:

$$U_{3-4} = \frac{\lambda}{l} \cdot \frac{2a}{h} = \frac{v}{l} \cdot \frac{6a}{h} \quad (64)$$

ამოცანა 35. ააგეთ ნახევრადირიბიანი $A5B$ წამწეს $d-4$ ირიბას ძალღონის გავლენის ხაზი (ნახ. 136).

პახუხი: $d-4$ ირიბას D ძალღონის გავლენის ხაზი იქნება $A'III''IV''B'$, ძალღონე D განიზღვრება $\Sigma M_{IV} = 0$ განტოლებიდან, რის დროსაც მხედველობაში უნდა მივიღოთ (64) განტოლება.

ამოცანა 36. ააგეთ ნახევრად ირიბიანი $A5B$ წამწეს ქვედა $l-4$ სვეტის ძალღონის გავლენის ხაზი (ნახ. 132).

პახუხი: სვეტის V_{e-4} ძალღონე 4 კვანძის (რომელიც წრიული კვეთითაა ამოჭრილი) წონასწორობის პირობიდან განიზღვრება; $\Sigma Y = 0$ განტოლებიდან განესაზღვრავთ

$$V_{e-4} = -D \cdot \sin \alpha,$$

რაიც გამოისახება $A_0 3_0'' 4_0'' B_0$ ხაზით.

§ 25. თოქის მრავალკუთხედის საზუბაღვით ურთიერთ დაკავშირებული შთაწერაბული ტვირთების სისტემის მღუნამ მომენტთა უდიდესი მნიშვნელობების განსაზღვრა

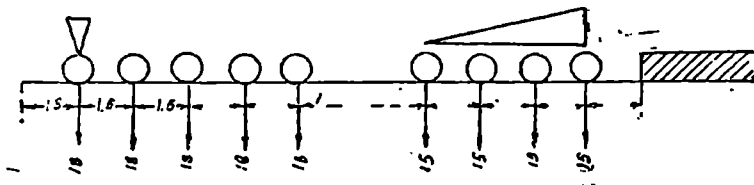
რკინისგზის ხიდებისათვის სხვადასხვა დროს სხვადასხვა ნორმები იყო ჩამოყალიბებული ორთქლმავლისა და ვაგონებისაგან შემდგარი მატარებლის სახით.

ნახ. 133-ზე მოყვანილია მატარებლის სქემები 1884—1926 წლების წესდებათა მიხედვით. მატარებელი შესდგა ორ ერთმხრივ ან სხვადასხვა მხრივ მიმართულ ორთქლმავლისაგან; ვაგონები ან ორთქლმავლის ორთავე მხარეს არიან მოთავსებულნი, ან ერთ მხარეს.

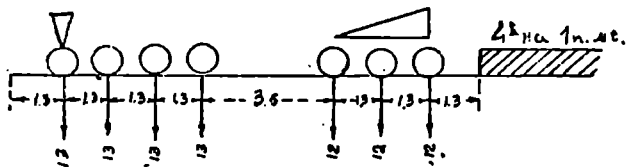
სავლელი ნაწილის და წამწეს მოკლე ნაწილების ანგარიშისათვის ჩამოყალიბებულია ცალკე ტვირთის სიდიდე, როგორც ეს ცალკე ღერძთა დატვირთვის ტაბულაშია მოყვანილი.

მატარებლის დატვირთვის სქემა 1884—1926 წ. წესდებაების მიხედვით.

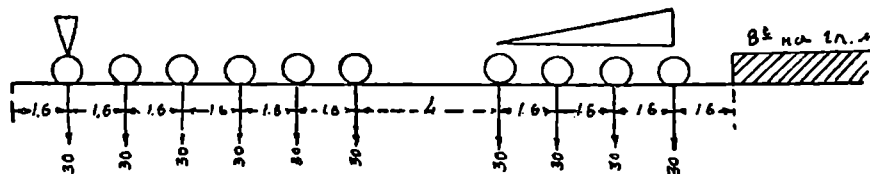
1921 թվականի ճանաչման նախագիծ III



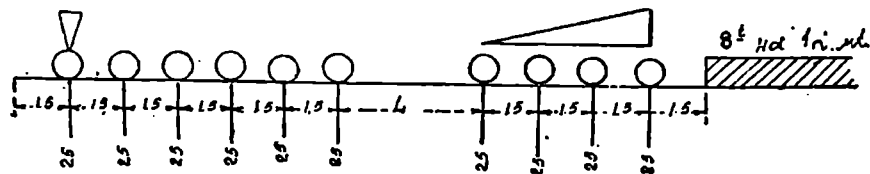
1921 թվականի ճանաչման նախագիծ IV



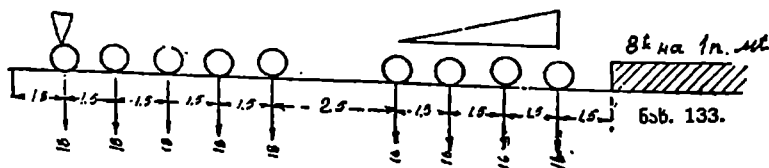
1926 թվականի ճանաչման նախագիծ V

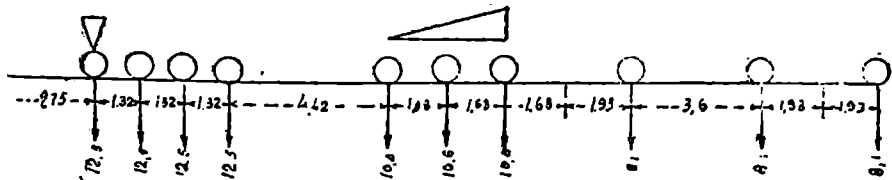


1926 թվականի ճանաչման նախագիծ H

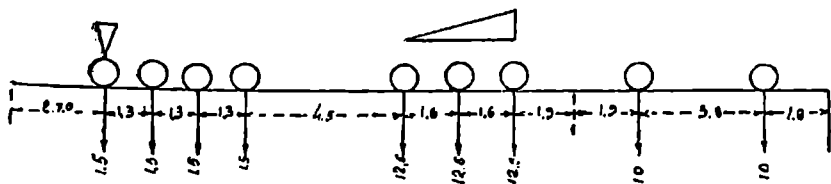


1926 թվականի ճանաչման նախագիծ O

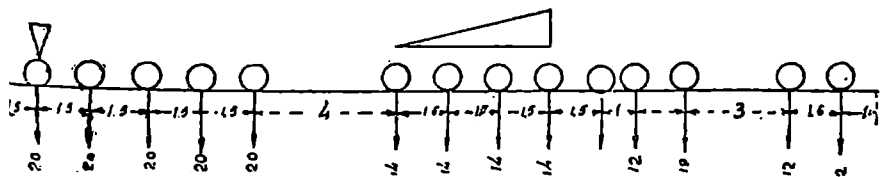




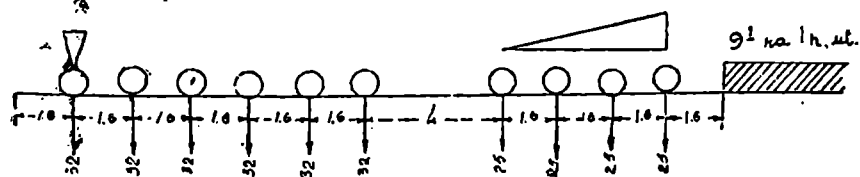
1896 წლის დადგენილების სკეტი.



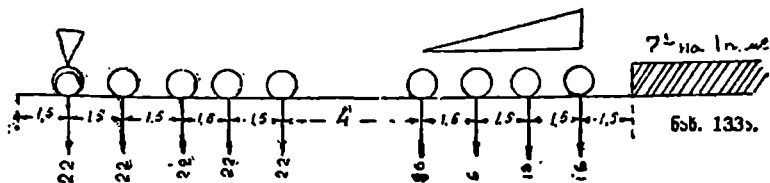
1907 წლის დადგენილების სკეტი.



1921 წლის დადგენილების სკეტი I



1921 წლის დადგენილების სკეტი II



ნახ. 133ა-ზე მოყვანილია უკანასკნელი წლების დატვირთვის ნორმა რკინისგზის ხიდისათვის. ჩამოყალიბებულია სქემა H_x (ნახ. 133ა), რის დროსაც ყველა საექსპლოატაციო მაგისტრალზე k კოეფიციენტის მნიშვნელობა (რომელიც განსაზღვრავს დატვირთვის სიდიდეს) 7-ის ტოლადაა მიღებული (სქემა H_7).

ცალკე ღერძებზე დატვირთვათა ტაბულა.

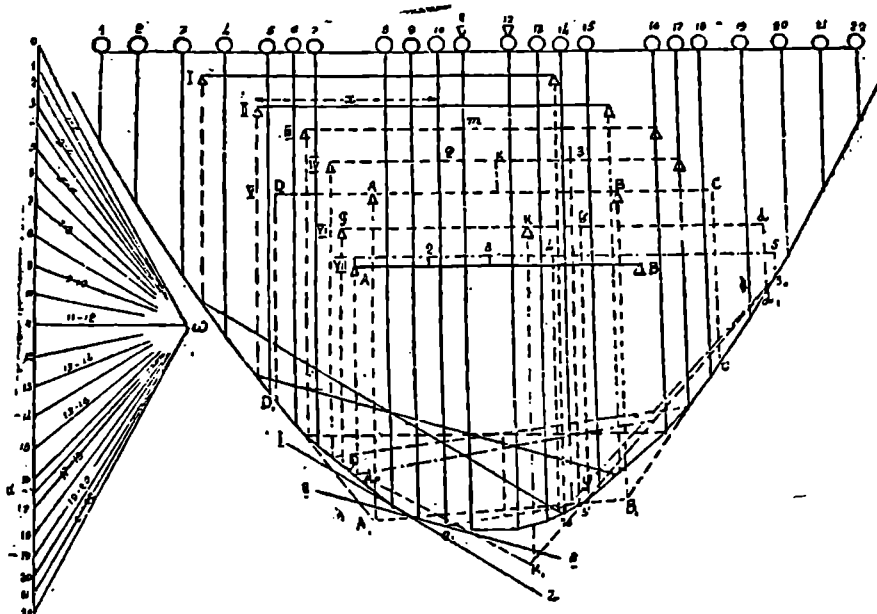
დადგ ⁻ წელი	ტვირთი	დადგმის წელი	ტვირთი
1884	15 ton	IV 1921	16 ton
1896	20 ton		
1907	20 ton	V 192	35 ton
I 1921	35 ton	H 1926	30 ton
II 1921	25 ton		
III 1921	20 ton	O 1926	25 ton.

სქემის მიხედვით მოცემული ტვირთების (მატარებლის) ქმედებით გამოწვეული უდიდესი მომენტის მნიშვნელობის მისაღებათ მატარებელი უნდა მოგვეთავსებინა კოჭზე, უნდა აგვეგო ვარინიონის და თოკის მრავალკუთხედები და თეორემა III-ის მიხედვით უნდა განგვესაზღვრა მომენტის მნიშვნელობა, როგორც ორდინატის ნამრავლი საპოლუსო მანძილზე; მატარებლის ერთ მდებარეობისათვის მომენტის მნიშვნელობის განსაზღვრის შემდეგ, მატარებელს გადაადგილებენ კოჭზე და ხელახლა აგებენ ვარინიონის და თოკის მრავალკუთხედებს, რომ განისაზღვროს მომენტი ტვირთის მატარებლის ახალ მდებარეობისათვის. მაგრამ რადგან ვარინიონის და თოკის მრავალკუთხედების აგება ერთგვარ სიძნელეს წარმოადგენს, ამიტომ სხვანაირად იქცევიან, სახელდობრ, ააგებენ კოჭზე გრძელ მატარებლისათვის თოკის მრავალკუთხედს, და მატარებლის გასწვრივ ამოძრავებენ კოჭს, რისათხა კოჭის თითოეულ მდებარეობისათვის განსაზღვრავენ მომენტის უდიდეს მნიშვნელობას.

A. მარტივ კოჭზე უშუალო გადაცემის დროს მატარებლის მომენტის უდიდესისაგან უდიდესი მნიშვნელობის (max. maximorum M) განსაზღვრა.

მატარებელს წინაუქმოს (პირისპირ) მიმართულ ორ ორთქლმავალისაგან შეადგენენ; ორთავე მხარეს ვაგონთა ერთიდაიგივე რიცხვია მოთავსებული.

მატარებლის სიგრძე 2-ჯერ აღემატება კოქის სიგრძეს. შთაწერტული ტვირთები (ორთქლმავლების და ვაგონების ღერძები) მარცხნიდან რიგით არიან აღნიშნულნი (ნახ. 134).



ნახ. 134.

აიგება ძალთა გეგმა და ვარინიონის მრავალკუთხედი პოლუსით ძალთა გეგმის შუა ნაწილის პირდაპირ, რომლის საპოლუსო მანძილი შთაწერტულ ტვირთების ჯამის დაახლოვებით $\frac{1}{4}$ -ის ტოლია; იგი მხოლოდ ტონათა მარტივი რიცხვით განიზომება (მაგალითად 50, 60, 100 და ა. შ.). შემდეგ ააგებენ თოქის მრავალკუთხედს ისე, რომ მეტი არე დარჩეს მრავალკუთხედსა და იმ სწორხაზს შორის, რომელზედაც ნაჩვენებია მატარებლის ღერძების დანუსხული ადგილები. აიღებენ კოქის I მდებარეობას ისე, რომ მისი მარცხენა ბოლო მოხდეს ტვირთი I-ის მახლობლად; კოქის საყრდნობებზე გაატარებენ შვეულებს, და დასახავენ ამ შვეულების თანაკვეთის წერტილებს

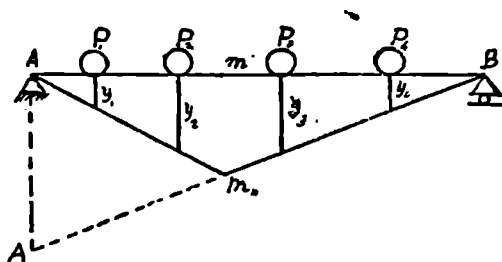
თოკის პრაველკუთხედთან; ამ წერტილებს აერთებენ ჩამკეტი სწორი ხაზით. ჩამკეტის პარალელურად გაატარებენ მხებ ხაზს და ხაზობრივი მასშტაბით გაზომავენ ორდინატას (შეეულის ნაწილს) შეხების წერტილსა და ჩამკეტს შორის; ამ ორდინატას ნამრავლი საპოლუსო მანძილზე, რომელიც ძალთა მასშტაბითაა გაზომილი, თეორემა III-ის მიხედვით განსაზღვრავს უდიდეს მომენტს კოქის მიჩნეულ მდებარეობისათვის; შეხების წერტილზე გატარებული მხები გამოარკვევს უდიდეს მომენტიან კოქის წერტილს. კოქს მარჯვნივ თუ გადავაადგილებთ, ამით განვსაზღვრავთ უდიდეს მომენტს მის მეორე მდებარეობისათვის.

ამნაირად განისაზღვრება უდიდესთაგან უდიდესი მომენტიანი (max. max. M) კოქის მდებარეობა, შეირჩევა ასეთ მომენტის მქონე კოქის წერტილი და ამ წერტილის დაშორება კოქის ბოლოდან.

B. თეორემა VII. ურთიერთ უცვლელად შეერთებული ტვირთების (მატარებლის) მომენტის უდიდესი მნიშვნელობა კოქის მოცემულ წერტილისათვის მხოლოდ მაშინ მიიღება, როცა ერთ-ერთი ტვირთი მოცემულ წერტილზეა მოთავსებული.

AB კოქის (ნახ. 135) m წერტილის გავლენის ხაზი A_1m, B ტენილი ხაზით წარმოიდგინება; P_1, P_2, P_3 და P_4 ტვირთთა ქმედებით გამოწვეული M მომენტის მნიშვნელობა გამოისახება ფორმულით:

$$(65) \quad M_m = P_1 \gamma_1 + P_2 \gamma_2 + P_3 \gamma_3 + P_4 \gamma_4$$



ნახ. 135.

ეთქვას, ნახ. 135-ზე ნაჩვენებია ტვირთთა (მატარებლის) მდებარეობა, როცა არცერთი ტვირთი არ თავსდება m წერტილზე და, მაშასადამე, M_m -ის გავლენის ხაზის უდიდეს ორდინატაზე საშიში მდებარეობაა, რომელიც გვაძლევს max. M_m .

გადავადგილოთ მატარებელი მარჯვნივ ისეთ უსასრულო Δx მანძილზე, რომ არც ერთი ტვირთი არ აშორდეს თავისი გავლენის ხაზის სწორხაზობრივ უბანს; ამ გადაადგილების დროს ორდინატა y_i ტვირთქვეშ მიიღებს რაღაც Δy_i ნაზრდს. იგივე Δx სიდიდით მატარებლის მარცხნივ გადაადგილებისას იგივე y_i ორდინატა — Δy_i ნაზრდს იღებს, რომელიც უწინდელისაგან მხოლოდ ნიშნით განსხვავდება. ამას მნიშვნელობა აქვს მატარებლის ყველა ტვირთებისათვის, ამიტომ მატარებლის მარჯვნივ ან მარცხნივ Δx მანძილზე გადაადგილებისას მლუნავი M_m მომენტი აბსოლუტური სიდიდით ერთნაირს და ნიშნით შებრუნებულ ნაზრდებს მიიღებს; მაშასადამე, M_m მომენტი მცირდება მატარებლის ერთ მხრივ მოძრაობის დროს და, იზრდება მატარებლის მეორე მხრივ მოძრაობის შემთხვევაში.

აქედან გამომდინარეობს, რომ ჩვენი გულვება მატარებლის იმ მდებარეობის შესახებ, რომელიც გვაძლევს $\max M_m$, არ არის სწორი. მაშასადამე, $\max M_m$ მხოლოდ მაშინ მიიღება, როცა ერთერთი ტვირთი მოთავსებულია M -ის გავლენის ხაზის უდიდეს ორდინატაზე, ან მოცემულ წერტილზე.

დამტკიცებული თეორემა VII მივივითითებს $\max M_m$ -ის მოძებნის საგულისხმიეროდ ნიშანდობლივ თვისებაზე, რითაც მნიშვნელოვნად მცირდება მატარებლის საცდელ მდებარეობათა რიცხვი კოქის მოცემულ წერტილში მომენტის უდიდესი მნიშვნელობის მოძებნისათვის.

C. მოცემული მატარებლის ან უშუალო გადაცემის შემთხვევაში მარტივი კოქის მოცემული წერტილის მიმართ უდიდესი მომენტის განსაზღვრა.

კოქს მატარებლის ქვემოდ ისეთნაირად ვათავსებთ, რომ ერთერთი ტვირთი მოხვდეს m წერტილზე; მაგალითად კოქის III მდებარეობა, როცა m წერტილზე დგას ტვირთი 11.

კოქის საყრდნობებზე გავატაროთ შვეული ხაზები და მათი თანაკვეთა თოკის მრავალკუთხედთან ჩამკვეთით შევავროთო. მოცემულ m წერტილზე გავატარებთ შვეულ ხაზს და ამ შვეულის მონაკვეთს ჩამკვეტსა და თოკის მრავალკუთხედს შორის (ორდინატას) ვამრავლებთ საპოლუსო მანძილზე; მიღებული ნამრავლი მოგვცემს M_m -ის სიდიდეს კოქის აღებულ მდებარეობისათვის. ასეთნაირადვე განსაზღვრავთ M_m -ს კოქის სხვა მდებარეობებისათვის, რისათანა m წერტილი ერთერთი ტვირთის ქვეშ უნდა მოხვდეს; მიღებულ M -იდან უდიდესი იქნება საძიებელი მომენტი.

D. კვანძითი გადაცემის შემთხვევაში მოცემული მატარებლის უდიდესი მომენტის განსაზღვრა მარტივი კოქის მოცემული წერტილის მიმართ. კოქის 2 და 3

კვანძებს შორის მოცემულია κ წერტილი (ნახ. 134, კოქის IV მდებარეობა).

უდიდესი M_2 მნიშვნელობის მისაღებათ კოქს ისეთნაირათ განვარიგებთ, რომ κ წერტილის ერთერთი მოსაზღვრე კვანძთაგანი მოხედეს ტვირთქვეშ, რადგან თეორემა IV-ის მიხედვით M_2 -ს გავლენის ხაზის უდიდესი ორდინატა ერთერთი ამ კვანძთაგანის ქვემოლ უნდა ხედებოდეს.

მოსაზღვრე 2 და 3 კვანძებზე გავყავს შვეული ხაზები და მათი თანაკვეთის წერტილებს თოკის მრავალკუთხედთან ვაერთებთ სწორი ხაზით (ამ ხაზს თეორემა IV-ის მიხედვით მასწორებელ სწორის სახელწოდებას ვაძლევთ). შემდეგ უკვე ცნობილი ხერხით ვაგებთ ჩამკეტს კოქის IV მდებარეობისათვის. ჩამკეტსა და მასწორებელს შორის κ წერტილზე გამავალი შვეულის ნაწილი (საპოლუსო მანძილზე გამრავლებული ორდინატა) კოქის IV მდებარეობისათვის განსაზღვრავს M_2 -ს მნიშვნელობას. ასევე განსაზღვრავთ M_2 -ს ტვირთის ქვეშ 2 და 3 კვანძიანი კოქის მოთავსებისას; M_2 -ს ნაპოვნ მნიშვნელობათაგან უდიდესი საძიებელი იქნება.

E. ჩამკეტის აგების წესები. თეორემა III-ის მიხედვით მომენტის მნიშვნელობა განიზღვრება საპოლუსო მანძილის ნამრავლით ორდინატზე, რომელიც შვეულის ნაწილს წარმოადგენს თოკის მრავალკუთხედსა (ან მასწორებელსა) და ჩამკეტ სწორ ხაზს შორის. ჩამკეტი სწორი ხაზი კი აერთებს რეაქტივებზე (საყრდნობო შვეულებზე) მდებარე ჩაკეტილი თოკის მრავალკუთხედის წვეროებს. ჩამკეტის აგება დამოკიდებულია კოქის სახეობაზე (იქნება იგი: მარტივი, კონსოლიანი, თუ გაწონასწორებული).

ჩამკეტის აგება განიზღვრება ქვემოლ მოყვანილი წესების მიხედვით.

წესი I. მარტივი კოქის ჩამკეტი აიგება საყრდნობო შვეულების და თოკის მრავალკუთხედის თანაკვეთის წერტილთა მავრთებელი სწორი ხაზის სახით (ნახ. 138, კოქის I, II, III და IV მდებარეობანი).

კონსოლიან კოქისათვის ჩამკეტი სხვანაირად აიგება (იგი განსხვავებულია მარტივი კოქის ჩამკეტის აგებისაგან); აქ ჩამკეტი აერთებს რეაქტივთა (საყრდნობო შვეულთა) თანაკვეთის წერტილებს (კონსოლიანი კოქის ბოლოების სათანადო) თოკის მრავალკუთხედის განაპირა გვერდებთან,

6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 და 18 ტვირთებით დატვირთული $DABC$ კონსოლიანი კოქის (ნახ. 134, მდებარეობა V) თოკის მრავალკუთხედის განაპირა გვერდებია 5—6 და 18—19; 5—6 გვერდის A — საყრდნობზე გავლებულ შვეულთან თანაკვეთის

A , წერტილი და 18—19 გვერდის B — საყრდნობზე გავლებული შეეულთან თანაკვეთის B , წერტილი ერთდებიან A, B , ჩამკეტი; აქედან გამოძინარეობს:

წეხი II. კონსოლიანი კოქის ჩამკეტი სწორი ხაზის სახით აიგება; ეს სწორი ხაზი აერთებს თოკის მრავალკუთხედის ნაპირა გვერდების (რომელნიც ეთანადებიან კონსოლიანი კოქის ბოლოებს) და საყრდნობთა შეეულ ხაზების თანაკვეთის წერტილებს.

განვიხილოთ GL შეერილიანი FKG კონსოლიანი კოქი (ნახ. 134, მდებარეობა VI).

შეერილა GL კოქი შთაწერტული 15, 16, 17, 18 და 19 ძალე-ბითაა დატვირთული, რომელნიც ძალთა გეგმაში 14 წერტილიდან 19 წერტილამდე მოიზომებიან. $G'L'$ ჩამკეტი ამ გამყოფი სხივის პარალელურია, რომელიც გამოყოფს ძალთა 14— d ნაწილს (ეს ძალები GL კოქის G საყრდნობში რეაქციას ქნებან). კონსოლიან FKG კოქზე მოქმედებენ 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ძალები და ძალა, რომელიც G საყრდნობის რეაქციის შებრუნებული სიდიდის ტოლია [(ძალთა გეგმაში) იგი ტოლია 14— d სიდიდისა].

ეს 14— d ძალა, რომელიც კონსოლიანი კოქის G ბოლოზეა მოდებული, ამ კოქისათვის ნაპირა ძალა იქნება; იგივე კოქის თოკის მრავალკუთხედის ნაპირა გვერდი იქნება $G'L'$, იგი 14— d ძალის სასრულო d სხივის პარალელურია; ამნაირად, კონსოლიანი კოქის თოკის მრავალკუთხედის ნაპირა გვერდი $G'L'$ სწორი იქნება, რომელიც ამავე დროს შეერილა კოქის ჩამკეტის როლს ასრულებს. ნაპირა $G'L'$ გვერდი განეაგრძოთ k საყრდნობზე გამავალ შეეული ხაზის K' წერტილში თანაკვეთამდე, რომელზედაც ვადის კონსოლიანი კოქის ჩამკეტი; აქედან გამოძინარეობს:

წეხი III. გაწონასწორებული კოქის კონსოლიანი ნაწილის ჩამკეტი აიგება სწორი ხაზის სახით, რომელიც აერთებს F' წერტილს (F წერტილზე გამავალი შეეულის თანაკვეთას თოკის მრავალკუთხედთან) k' წერტილთან (რომელიც წარმოადგენს k წერტილზე გამავალი შეეულის თანაკვეთას შეერილიანი კოქის ჩამკეტის გაგრძელებასთან).

განვიხილოთ მარტივი კოქი, რომელიც შესდგება A , 2, 3 და 4 კვანძებისაგან და კვანძბზორისი კონსოლიანი 4—5 კოქისაგან (ნახ. 134, მდებარეობა VII). 4—5 კოქი 14, 15, 16, 17, 18 და 19 ტვირთებითაა დატვირთული, რომელნიც კვანძ 4-ში წარმოშობენ რეაქციას; ძალთა გეგმაში ამ რეაქციას განვსაზღვრავთ 4₀—5₀ ჩამკეტის პარალელური გამყოფი სხივით; ამ რეაქციის ტოლი და წინაუკმო ძალა AB კოქისათვის შეადგენს ნაპირა ტვირთს, რომლის ნაპირა

გვერდი 4₀—5₀ სწორის სახით წარმოიდგინება. ამნაირად კვანძითი გადაცემის დროს AB კოქის თოკის მრავალკუთხედი იქნება 7—8—9—10—11—12—13—4—5 და ჩამკეტის ბოლოები (წვეროები) იქნება A_0 და B_0 წერტილები, რომელნიც წარმოადგენენ საყრდნობო შვეულთა თანაკვეთას ეხლახან დასახტლებული თოკის მრავალკუთხედის ნაპირა გვერდებთან 7—8 და 4—5; აქედან გამომდინარეობს:

წესი IV. კვანძთშორისი კონსოლიანი კოქის მქონე მარტივი კოქის ჩამკეტის აგებისას კვანძითი გადაცემისას, ჩამკეტის ერთი ბოლო თავსდება საყრდნობო შვეულის და თოკის მრავალკუთხედის თანაკვეთის წერტილში, მეორე ბოლო კი მეორე საყრდნობო შვეულის და კვანძთშორისი კონსოლიანი კოქის ჩამკეტის თანაკვეთის წერტილში.

დაბოლოს, დაგვჩა განსახილველი შვერილ კონსოლიანი CDE კოქიანი კონსოლიანი ABC კოქი (ნახ. 135, მდებარეობა 1).

მე-II-რე წესის მიხედვით ვაგრძელებთ თოკის მრავალკუთხედის ნაპირა 20—21 გვერდს, რომელიც გაივლის DE კონსოლის E —ბოლოს ქვემოდ, D საყრდნობზე გამავალი შვეულის D_1 წერტილში თანაკვეთამდე. C_1D_1 სწორი შვერილა CDE კოქის ჩამკეტს წარმოადგენს; იგივე C_1D_1 სწორი მე-III-მე წესის მიხედვით ABC კონსოლიანი კოქის თოკის მრავალკუთხედის ნაპირა გვერდს წარმოადგენს; ამ C_1D_1 სწორს ვაგრძელებთ B საყრდნობზე გამავალი შვეულის B_1 წერტილში თანაკვეთამდე; B_1 წერტილი ჩამკეტს ეკუთვნის. ჩამკეტის მეორე A_1 წერტილი I წესის მიხედვით მიიღება; აქედან გამომდინარეობს:

წესი V. შვერილა კონსოლიანი კოქის მქონე გაწონასწორებული კოქის ჩამკეტის ასაგებათ თოკის მრავალკუთხედის უკანასკნელ გვერდს აგრძელებენ შვერილა კოქის კონსოლის ქვემოდ შვერილა კოქის საყრდნობზე გამავალი შვეულის გადაკვეთამდე; ამ თანაკვეთის წერტილს სწორი ხაზით აერთებენ სახსარზე გამავალი შვეულის თოკის მრავალკუთხედთან — თანაკვეთის წერტილთან; ასეთნაირად გატარებულ სწორ ხაზს აგრძელებენ კონსოლიანი კოქის მარჯვენა საყრდნობის ქვემოდ გავლებულ შვეულის თანაკვეთამდე, რითაც ერთერთ შვეროს მიიღებენ ჩამკეტ ხაზზე. ჩამკეტის მეორე შვერო განიზღვრება მარცხენა საყრდნობზე გატარებული შვეულისა და თოკის მრავალკუთხედის თანაკვეთის წერტილით.

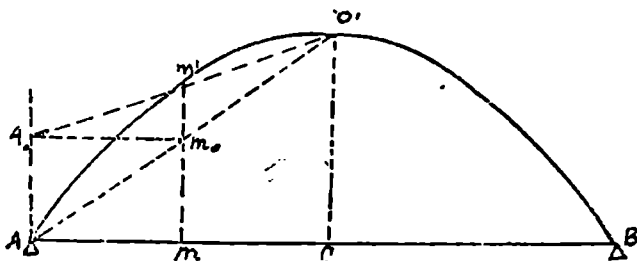
F. საკუთარი წონის გავლენით მარტივი კოქის მღუნავი მომენტის განსაზღვრა. ასეთ განზღვრას გრაფიკულად ასრულებენ, საკუთარი წონის თანაბარი დატვირთვის დაყოფით მცირე ტოლ უბნებათ და თითოეულ უბანში თანაბარი დატვირ-

თვის შთაწერტული ტვირთით შეცვლის საშუალებით; ასეთ ტვირთებისათვის აგებული თოკის მრავალკუთხედი წარმოადგენს მომენტთა ეპიურას, რომელშიაც საპოლუსო მანძილზე გამრავლებული ორდინატა, სათანადო წერტილის მიმართ მომენტის მნიშვნელობას გვაძლევს. საკუთარი წონის მიხედვით მომენტთა ეპიურის მეორე ხერხით აგებისას ანგარიშობენ ამ ეპიურის უდიდეს ორდინატას, მალის შუაში, ფორმულით:

$$y_c = \frac{q \cdot l^2}{8} \quad (66)$$

სადაც: q — კოკის ერთი გრძივი მეტრის წონა, l — კოკის მალა.

კოკის l მალის შუადან მოზომავენ CC_1 მონაკვეთს, რომელიც ტონა — მეტრია მასშტაბში, y_c -ს გამოთვლილი მნიშვნელობის ტოლია და ააგებენ $Amm'C'B$ პარაბოლას (ნახ. 136) (პარაბოლას სწორი ხაზე-



ნახ. 136.

ბის საშუალებით ააგებენ: mm_0 შვეულის და $C'A$ ხაზის თანაკვეთის m_0 წერტილზე გაატარებენ m_0A_0 პორიზონტალს და A_0 აერთებენ C' წერტილთან; m' წერტილი პარაბოლასე თავსდება).

ამ პარაბოლის mm' ორდინატა (გაზომილი ტონა-მეტრებში) განსაზღვრავს საკუთარი წონით გამოწვეულ მღუნავ მომენტის სიდიდეს მარტივი კოკის m წერტილში.

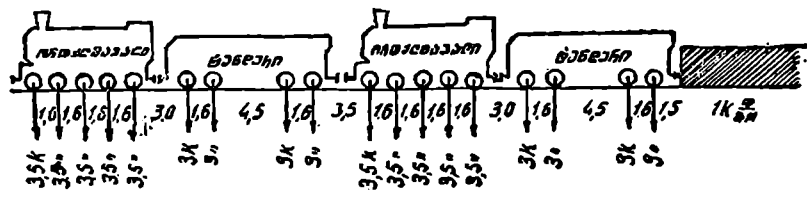
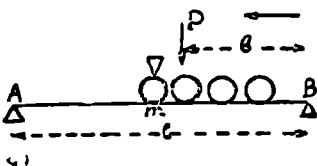
გ. მარტივ კოკზე უშუალო გადაცემისას კოკის საკუთარი წონის და მოცემული მატარებლის უდიდესთაგან უდიდესი მომენტის (max. max. M) განსაზღვრა. ასეთი განსაზღვრა § 25-ში ნაჩვენები ხერხით სრულდება, რისათანა მატარებლის ძალთა გეგმას უნდა დაერთოს საკუთარი წონის ძალები. ამისათვის თითოეულ მანძილს მოსაზღვრე ღერძებს შორის ამრავლებენ კოკის ერთი გრძივი მეტრის q წონაზე და მიღებულ ძალას (შთაწერტული ძალის სახით) ღერძებს შორის შუა მანძილზე მოსდ-

ბენ. მიღებული ძალთა გეგმა ორჯერ მეტ ტვირთებს შეიცავს, ვიდრე მხოლოდ მატარებლის შემთხვევაში გვექონდა; ასეთი გეგმის სათანადოთ აგებენ თოკის მრავალკუთხედს, რომელშიაც განსაზღვრავენ უდიდეს ორდინატას; იგი საპოლუსო მანძილზე გამრავლებით გვაძლევს $\max. \max. M$.

თოკის მრავალკუთხედის ასეთი აგებისას დაბრკოლება გეხვდება მეტი რიცხვი ტვირთებისაგან 1, და ტვირთთა სიდიდეებში დიდ სხვაობისაგან (დაბრკოლება გველობება მასშტაბის შერჩევაში). ასეთნაირად მიღებული $\max. \max. M$ მქონე კოქის მდებარეობა ოდნავად განსხვავდება მხოლოდ მატარებლის მოქმედებით გამოწვეული $\max. \max. M$ მქონე კოქის მდებარეობისაგან. ამიტომ $\max. \max. M$ მხოლოდ მატარებლის ქნედების მიხედვით განსაზღვრავენ და მას უმატებენ მომენტის სიდიდეს (რომელიც § 25-ის მიხედვითაა გამოთვლილი) საკუთარი წონისაგან იმ წერტილში, სადაც მიიღება მატარებლის $\max. \max. M$.

§ 26. ვინაჲსი დიაგრაფის საშუალებით მარტივი კოქის m კანაქისათვის უმაჲლი ზაღამჯრელი ძალის (V_m) უდიდესი მნიშვნელობის განსაზღვრა

გადამკრელი ძალის გავლენის ხაზის ფორმის გამოყენებით (იხ. § 17) შეგვიძლია წინასწარ განვეკრიტოთ, რომ AB კოქის (ნახ. 137) m წერტილში V_m გადამკრელი ძალის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებათ კოქის მარჯვენა ნაწილი უნდა დაეტვირთოთ კვანძიდან, რისათანა თავში უნდა დაეაყენოთ ორი ორთქლმავალი მილებით წინ (ძრაობა მარჯვნიდან მარცხნივ).



ნახ. 137.

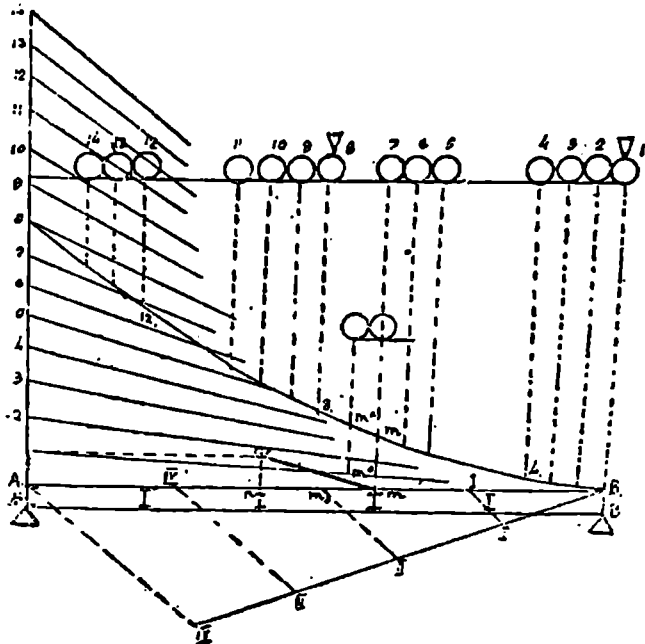
ამ დროს $V_m = A = R$ რეაქციას A საყრდნობში, რომელიც განიზღვრება განტოლებიდან:

$$(67) \quad \Sigma M_B = A \cdot l - \Sigma P \cdot b = 0$$

საიდანაც:

$$A = V_m = \frac{1}{l} \sum P \cdot b \quad (68)$$

სტატიკური $\sum P b$ მომენტი თეორემა III-ის მიხედვით განიზღვრება თოკის მრავალკუთხედის ორდინატის ნამრავლით საპოლუსო მანძილზე; თუ l კი საპოლუსო მანძილს გაუტოლებთ კოქის l მალს, მაშინ $\sum P b$ განიზღვრება ორდინატით. ძალთა მრავალკუთხედს აგებენ A საყრდნობზე გატარებულ შვეულზე, რისთვისაც მატარებელს ძრავის საწინააღმდეგო მიმართულებით მოაბრუნებენ და ორთქლმავლის წინა ღერძს ათავსებენ B საყრდნობზე (ნახ. 138).



ნახ. 138.

საპოლუსო მანძილს გაუტოლებენ AB კოქის მალს, პოლუსს ათავსებენ ჰორიზონტალზე, რომლიდანაც მოზომავენ ტვირთებს 1, 2, 3 და ა. შ.; მიიღება ვარიანიონის მრავალკუთხედი:

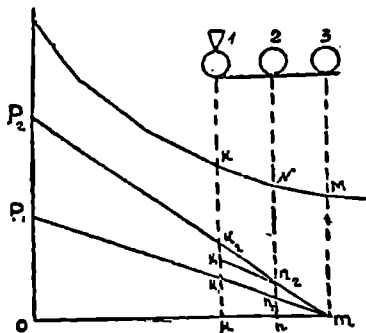
$$A, -1-2-3 \quad 13-14-B,$$

შემდეგ ააგებენ თოკის მრავალკუთხედს 12-8-III-4-B, რომლის ორდინატები განსაზღვრავენ V სიდიდეს.

უშუალო გადაცემის დროს

$$V_m = III m_1.$$

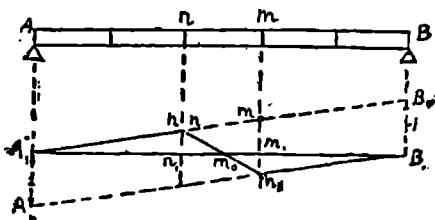
კვანძითი გადაცემის დროს (კვანძებია 1, III, II და IV) V_m -ის მნიშვნელობა, 1 ტვირთის m წერტილზე მოთავსების დროს გაიზომება $III m_1$, ორდინატით, 2 ტვირთის m წერტილზე მოთავსების დროს V_m



ნახ. 139.

განიზომება 1 ტვირთქვეშა $m'm''$ ორდინატით, რისათანა $III m_0 = A_1 1$ (ნახ. 138); 3 ტვირთის m წერტილზე მოთავსების დროს, V_m სიდიდეს (ნახ. 139) გაიზომება 1 ტვირთქვეშა $k_0 k_1$ ორდინატით, რისათანა $OP_1 =$ პირველი ტვირთის სიდიდეს, $P_1 P_2 =$ მეორე ტვირთის სიდიდეს და $k_0 k_2 \parallel k_1 m_1$. ტვირთები შეგვიძლია გადავაადგილოთ m წერტილის იქეთ m_0 წერტილამდე, რომელიც კვანძითი გადაცემის დროს

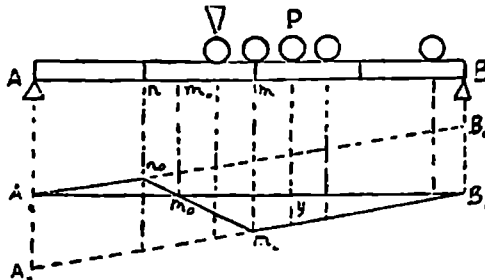
წარმოადგენს V -ს გავლენის ხაზის დადებითი ორდინატების განთიშვის ადგილს უარყოფით ორდინატებიდან. ასეთი განთიშვის m_0 წერტილები ასეთნაირად შეგვიძლია ავაგოთ: B, წერტილზე გამავალ (ნახ. 138) B, -IV, სწორზე II-1 ტოლ მონაკვეთებს დასახავენ (II-კოკის პანელთა რიცხვია); უკანასკნელ IV წერტილს სწორით შეაერთებენ A, წერტილთან და დანაყოფთა დანარჩენ წერტილებზე IV A, -ის პარალელურ ხაზებს გაატარებენ; გავლებული სწორხაზები კოკზე დასახავენ m_0 განთიშვის წერტილებს. იგივე წერტილები მიიღება V -ს გავლენის ხაზში თითოეულ პანელისათვის კვანძითი გადაცემისას (ნახ. 140).



ნახ. 140.

§ 27. ზავლანის ხაზის საშუალებით ფუნქციის უდიდესი მნიშვნელობის განსაზღვრა

A. მატარებლიდან კოქის მოცემულ წერტილში წარმოშობილი უდიდესი განივი ძალის განსაზღვრა. მარტივი კოქის (ნახ. 141) m წერტილის მიმართ გადამქრელი V_m ძალის გავლენის ხაზი კვანძითი გადაცემის შემთხვევაში დადე-



ნახ. 141.

ბითი და უარყოფითი ორდინატებიანი A, m, B , ტეხილი ხაზით გამოისახება. ცალკე განსაზღვრავენ დადებით მნიშვნელობათა $\max. V_m$ და უარყოფით მნიშვნელობათა $\max. V_m$.

V_m -ის უდიდესი დადებითი მნიშვნელობის მისაღებათ მატარებლით დატვირთავენ მხოლოდ კოქის m_0B ნაწილს, რომელიც ეთანადება V_m -ის გავლენის ხაზის დადებით ორდინატებს, რის დროსაც ერთერთ ტვირთს, თეორემა VII-ის მიხედვით, m წერტილზე ათავსებენ. ტვირთის ქვეშ ორდინატების განსაზღვრით, მატარებლის ჯერ ერთ და შემდეგ სხვა მდებარეობებისათვის გამოითვლიან

$$V_m = \Sigma Py;$$

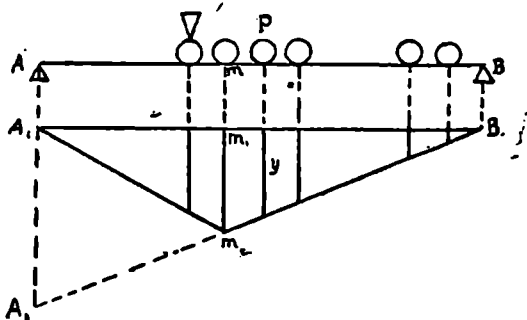
და ჰპოულობენ V_m -ის უდიდეს მნიშვნელობას. ამ შემთხვევაში მატარებელს ორ ორთქლმავლისაგან ადგენენ, მიღებით ერთმხრივ, და ვაგონებს ათავსებენ ორთქლმავლების ერთმხრივ.

B. მატარებლის ქმედებით კოქის მოცემულ წერტილში წარმოშობილი მომენტის უდიდესი მნიშვნელობის განსაზღვრა.

მარტივი AB კოქის m წერტილის მიმართ (ნახ. 142) მომენტის გავლენის ხაზი დადებითი ორდინატებიანი A, m, B , ტეხილი ხაზით გამოისახება.

M_m -ის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებათ კოქს მთლიანად მატარებლით დატვირთავენ, რისათანა (თეორემა VII-ის მიხედვით) ერთტვირთს ათავსებენ m წერტილის ზემოდ. თითოეული ქვეშ ორდინატების განზღვრის შემდეგ ტვირთის ჯერ ერთ და შემდეგ სხვა მდებარეობისათვის გამოიანგარიშებენ

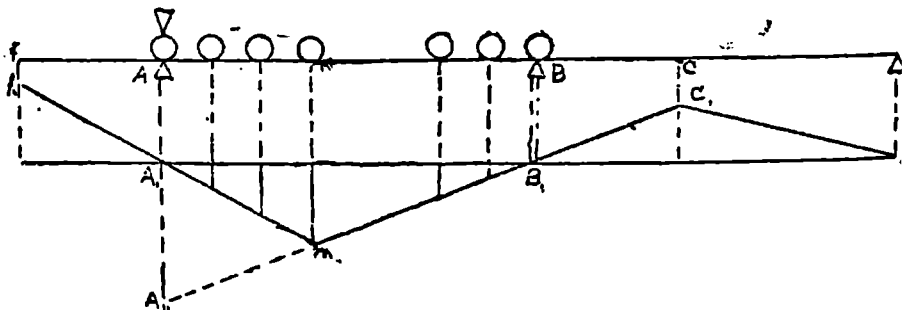
$$M_m = \Sigma Py,$$



ნახ. 142.

და M_m -ის ნაპოვნ მნიშვნელობებიდან უდიდესს აიღებენ. ამ შემთხვევაში მატარებელს ადგენენ სხვადასხვა მხრივ მიმართულ მილებიან ორთქლმავლებით, რომლის ორმხრივ მობმულია ვაგონები.

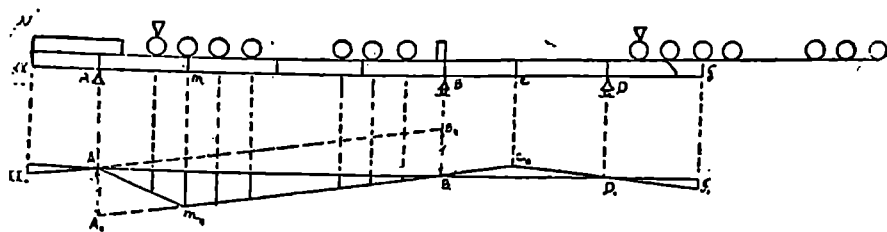
აზოცანა 37. გავლენის ხაზის მიხედვით განსაზღვრეთ M -ის უდიდესი დადებითი მნიშვნელობა გაწონასწორებული $FABCD$ კოქსის m წერტილის მიმართ (ნახ. 143), რომელიც წარმოიშობა მატარებლის ქმედებით, იხ. სქემა IV (ნახ. 133); $FA=BC=4$ mt; $AB=10$ mt $CD=6$ mt.



ნახ. 143.

ძახუხი: M_m -ის უდიდესი დადებითი მნიშვნელობა მიიღება ორთქლ-მავალის მე-4 ღერძის m წერტილზე მოთავსების დროს.

ამოცანა 38. გავლენის ხაზის მიხედვით განსაზღვრეთ გაწონასწორებული $KABCD$ კოქის m კვანძის მიმართ V -ს უდიდესი დადებითი მნიშვნელობა (ნახ. 144), მატარებლის კვანძითი გადაცემისას, იხ. სქემა IV (ნახ. 133); $KA=3$ mt; $AB=14$ mt; $BC=3$ mt; $CD=4$ mt; $DF=4$ mt.



ნახ. 144.

ძახუხი: V_m -ის უდიდესი დადებითი მნიშვნელობა მიიღება ორთქლ-მავალის მე-2 ღერძის m წერტილზე მოთავსებისას [ამ დროს ვაგონები ორთქლმავალის წინაა (K საყრდნობის მიმართ), ტენდერი კი უკანაა B საყრდნობამდე] და მეორე ორთქლმავალის მე-3 ღერძის F ბოლოზე მოთავსების შემთხვევაში (მეორე ორთქლმავალი ნაწილობრივ გადაშორდება კოქს, იგი ბურჯზეა).

§ 28. ლეროთა ცვლილი სისხამა

წამწეზე (ერთმანეთთან სახხრებით შეერთებულ ლეროთა სისტემაზე) გარეძალთა ქმედების გამო, ლეროებში წარმოიშობა დეფორმაციების შემქნელი ძალონეები (რომელნიც წააგრძელებენ, ან დაამოკლებენ ლეროებს). ეს Δl დეფორმაციები განიზღვრებიან ჰუკის ფორმულით:

$$\Delta l = \frac{S \cdot l}{E \cdot F} \quad (69)$$

სადაც: S — ძალონეა, l — ლეროს სიგრძეა, E — დრეკადობის მოდულია და F ლეროს კვეთის ფართობია. F ფართობს ისეთნაირად შეარჩევნ, რომ $\frac{S}{F}$ ჰქნეა არ აღემატოს დასაშვებ ჰინვას; რკინისათვის უდიდესი დასაშვები ჰინვა არ უნდა იყოს მეტი $1000 \frac{kg}{cm^2}$ -ზე,

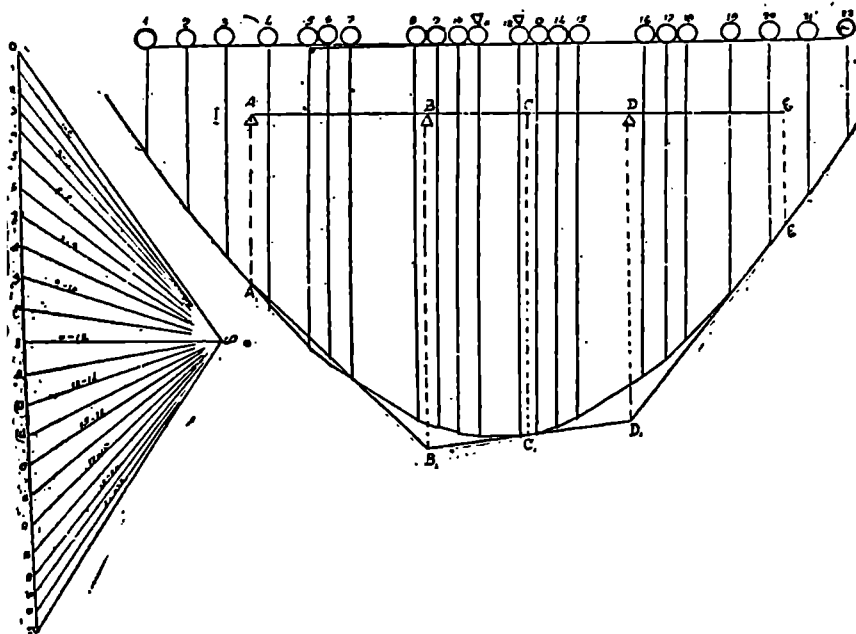
როცა $E=2000000 \text{ kg/cm}^2$. ასეთ მოცემულობების დროს დეფორმაცია ტოლია

$$\frac{l \cdot 1000}{2000000} = \frac{1}{2000} l.$$

თავისი სიმცირის გამო ასეთი დეფორმაციები ძნელად შესამჩნევია; შეუმჩნეველი ხდება კვანძთა გადაადგილებაც. ღეროთა სისტემები, რომლებშიაც ძალბრუნთა ქმედებით მხოლოდ დრეკადი ცვლილებები (დეფორმაციები) წარმოიშობა [კვანძთა საბოლოო მნიშვნელოვან ძრავებს კი არ ექნება ადგილი] უცვლელ სისტემებათ იწოდებიან.

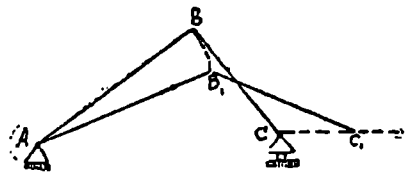
ნაგებობისათვის მხოლოდ უცვლელი ღეროვანი სისტემები გამოიყენება. თუმცა ისეთი ღეროვანი სისტემებიც არსებობს, რომლებშიაც გარეძალთა მოქმედებით გარდა დეფორმაციებისა კიდევ კვანძთა შესამჩნევი სასრულო ძრავებიც წარმოიშობიან; ასეთ სისტემებს ცვლილი ღეროვანი სისტემები ანუ მექანიზმები ეწოდება.

ცვლილ სისტემის მაგალითს წარმოადგენს B სახსრით შეერთებული ორი AB და BC ღეროსაგან შემდგარი სისტემა (ნახ. 145),



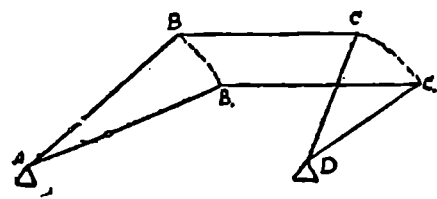
ნახ. 145.

რისათანა AB ღერო ეყრდნობა უძრავ A სახსარს, BC ღერო კი მოძრავ C სახსარს, რომელიც ჰორიზონტალზე სრიალებს; ასეთი სისტემა გარეძალთა ქმედებით მნიშვნელოვნად ამოძრავდება და ახალ AB_1C_1 მდებარეობას დაიჭერს.



ნახ 145ა.

მეორე მაგალითს წარმოადგენს სამღეროიანი AB , BC და CD სისტემა (ნახ. 146), რომელნიც B და C სახსრებით

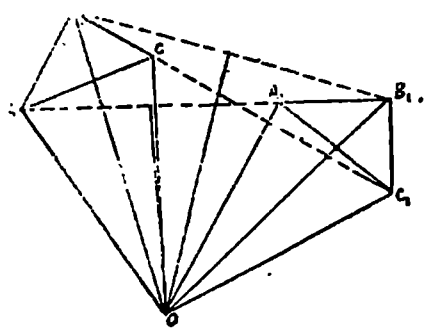


ნახ. 146.

არიან შეერთებულნი და უძრავ A და D სახსრებზე ეყრდნობიან. თეორემა VIII (შალის თეორემა). ერთ მდებარეობიდან მეორეში ბადროს (ბრტყელი ნაკეთის) გადაადგილება შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ბრუნვა გარკვეულ უძრავ წერტილის გარშემო.

ABC ბადრო (ნახ. 147) AB, C , მდებარეობაში გადაადგილდა. A წერტილის ძრავობა A , წერტილისაკენ შეიძლება წრებაზე შესრულდეს, რომლის ცენტრი AA , სწორის შუადან აღმართულ პერპენდიკულარის ნებისმიერ წერტილში ძევს; ასევე B წერტილის ძრავობა B , წერტილისაკენ შეიძლება შესრულდეს წრებაზე, რომლის ცენტრი BB , სწორის შუადან აღმართულ პერპენდიკულარის ნებისმიერ წერტილში თავსდება.

A წერტილის A_1 -საკენ და B წერტილის B_1 წერტილისაკენ ერთდროულ გადაადგილების შემთხვევაში ძრავობა სრულდება წრებაზე, რომლის ცენტრი ზემოდანთქვამ პერპენდიკულართა თანაკეთის O წერტილში ხვდება.



ნახ. 147.

დავამტკიცოთ, რომ მესამე C წერტილიც იგივე O ცენტრის გარს ბრუნვისას გადაადგილდება C , მდებარეობაში. AO და A_1O

დავამტკიცოთ, რომ მესამე C წერტილიც იგივე O ცენტრის გარს ბრუნვისას გადაადგილდება C , მდებარეობაში. AO და A_1O

დავამტკიცოთ, რომ მესამე C წერტილიც იგივე O ცენტრის გარს ბრუნვისას გადაადგილდება C , მდებარეობაში. AO და A_1O

სწორხაზები ტოლებია, როგორც თავის პერპენდიკულარიდან თანაბრად დაშორებული დახრილი ხაზები; იმავე მიზეზით $BO = B_1O$.

ABO და A_1B_1O სამკუთხედები ტოლებია, რადგან მათი ყველა სათანადო გვერდები ტოლებია; მაშასადამე,

$$(70) \quad \angle ABO = \angle A_1B_1O$$

ABC და $A_1B_1C_1$ სამკუთხედების ტოლობიდან (ეს ერთიდაიგივე სამკუთხედია სხვადასხვა მდებარეობაში) გამომდინარეობს, რომ

$$(71) \quad \angle ABC = \angle A_1B_1C_1,$$

(71) განტოლებიდან (70) განტოლების გამოკლების შემდეგ მივიღებთ:

$$(72) \quad \angle OBC = \angle O_1B_1C_1,$$

OBC და $O_1B_1C_1$ სამკუთხედების შედარებით ვრწმუნდებით, რომ ორი გვერდისა და მათ შორის მდებარე კუთხის თანატოლობის გამო ისინი ტოლნი არიან; მაშასადამე, $OC = O_1C_1$, ე. ი. C წერტილი გადაადგილდება C_1 -ში, რის დროსაც ბრუნავს O ცენტრის გარშემო. ასევე შეგვიძლია დავამტკიცოთ, რომ ABC ბადროს ყოველი სხვა წერტილი გადავა თავის ახალ მდებარეობაში $A_1B_1C_1$, ბადროზე O ცენტრის გარშემო ბრუნვით, რითაც მტკიცდება შალის თეორემა.

§ 29. ალმსახეილი წერტილები

ეთქვათ, ABC ბადრო (ნახ. 148) მისგან უსასრულოთ მცირე მანძილით დაშორებულ ახალ მდებარეობაში გადაადგილდა. შალის თეორემის მიხედვით A , B და C წერტილები O ცენტრიან უსასრულოთ მცირე AA_1 , BB_1 და CC_1 , რკალებზე გადაადგილდებიან; ეს რკალები, როგორც წრეხაზის ელემენტები, მეორე რიგის უსასრულოთ მცირეთა მიახლოებით, შეგ ხაზებთან თანხვედნილ სწორხაზებათ შეგვიძლია ვიგულოთ (ისინი AO , BO და CO რადიუსების პერპენდიკულარული უნდა იყვნენ).

ალბუღ მომენტში თანაბრად მოძრაობის სიჩქარე დროის ერთეულში გავლილი მანძილია; დროის ერთეულად შეგვიძლია მივიღოთ დროის უსასრულოთ მცირე პერიოდი, და, მაშინ A , B და C წერტილთა სიჩქარეები იმავე დროს AA_1 , BB_1 და CC_1 , გადაადგილებანი იქნება. ეს გადაადგილებანი, როგორც ერთიდაიგივე დროის შუალედში აღწერილი რკალები, AO , BO და CO რადიუსების პროპორციულები იქნებიან. AA_1 , BB_1 და CC_1 , გადაადგილებანი (ან სიჩქარეები) საათის ისრის მიმართულებით სწორი კუთხით მივებრუნოთ;

მაშინ ამ გადაადგილებათა ბოლოები (რომელნიც სათანადო მასშტაბით არიან მოზომილი, იმისათვის რომ გადაადგილებანი აღისახონ სასრულო მონაკვეთებით), სათანადო რადიუსების A_0 , B_0 და C_0 წერტილებზე განრიგდებიან, რისათანა $AA_0=AA$; $BB_0=BB$, და $CC_0=CC$.

A_0 , B_0 და C_0 წერტილებს აღმსახველი წერტილები ეწოდება.

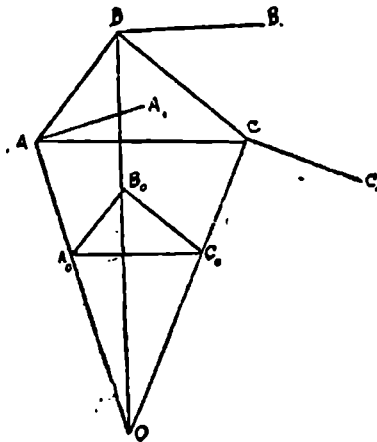
გადაადგილებების და რადიუსების ზემოდაღნიშნული პროპორციულობის გამო $A_0B_0C_0$ სამკუთხედი ABC სამკუთხედის მსგავსი იქნება (რასაც ის თეორემა ადასტურებს, რომ პარალელური სწორხაზებით კუთხის გვერდები პროპორციულ მონაკვეთებათ იკვეთებიან). აქედან ერთ ბადროში აღმსახველი წერტილების მოძებნისათვის შემდეგი წესი გამოიმდინარეობს:

წესი I ერთ ბადროსათვის. როცა ბადროს ორ წერტილისათვის ცნობილია აღმსახველი წერტილები, მაშინ ბადროს მესამე წერტილისათვის აღმსახველი წერტილის მიღებისათვის ცნობილ აღმსახველ წერტილებზე უნდა გავატაროთ სწორი ხიზები, რომელნიც ბადროზე გატარებულ სწორხაზებს ეთანაბრებიან; ამ სწორთა თანაკვეთის წერტილი მოგვცემს ბადროს მესამე აღმსახველ წერტილს.

პირველ წესიდან გამოიმდინარეობს, რომ ბადროს რაიმე C წერტილის უცნობი აღმსახველი წერტილი ძვეს სწორზე, რომელიც ბადროს მეორე B წერტილის აღმსახველზე გადის და ამავე დროს ბადროს სათანადო BC სწორის პარალელურია.

განვიხილოთ C სახსრის შეერთებული ორი AC და CB ღერო, რომელთა A და B ბოლოებს აქვთ ცნობილი მყისა სიჩქარეები (გადაადგილებანი) (ნახ. 149).

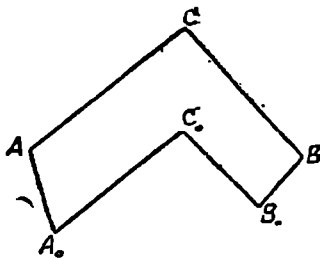
ცნობილი სიჩქარეების მიხედვით შეგვიძლია განვსაზღვროთ აღმსახველი A_0 და B_0 წერტილები. I წესის ზემოაღნიშნული შედეგის მიხედვით C წერტილის აღმსახველი წერტილი (რომელიც იგივე ბადროს ეკუთვნის, რომელშიაც თავსდება A წერტილი), AC -ს პარალელ-



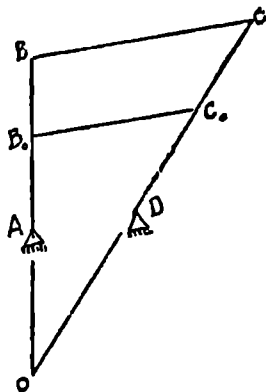
ნახ. 148.

ლურ A_0C_0 სწორზე ძევს; იგივე მოსაზრებებით C წერტილის (რომელიც იმავე ბადროს ეკუთვნის, რომელშიაც ძევს B წერტილი) აღმსახველი წერტილი BC -ს პარალელურ B_0C_0 სწორზე ძევს. მაშასადამე, C წერტილის აღმსახველი წერტილი ძევს A_0C_0 და B_0C_0 სწორთა თანაკვეთის წერტილში. აქედან გამომდინარეობს:

წეხი II ორ ღეროსათვის. სახსრით შეერთებულ ორი ღეროს სისტემაში, როცა ღეროთა ბოლო წერტილების აღმსახველი წერტილი მოცემულია, სახსრის აღმსახველი წერტილი მოცემული ღეროების პარალელურ და მოცემულ აღმსახველ წერტილებზე გაშვებულ სწორხაზთა თანაკვეთის წერტილშია მოთავსებული.



ნახ. 149.



ნახ. 150.

განვიხილოთ უძრავ A და B სახსრებზე დაყრდნობილი ორი AB და DC ღეროები, რომელნიც მესამე BC ღეროსთან სახსრით არიან შეერთებულნი (ნახ. 150).

ვთქვათ, მოცემულია აღმსახველი B_0 წერტილი; ვიპოვოთ აღმსახველი C_0 წერტილი. AB ღეროს B წერტილს შეუძლია მოძრაობა AB ღეროს მართივანზე; AB ღეროს B წერტილი, რომელიც ძრავს AB -ს ნორმალზე, ბრუნავს BA სწორზე ან მის გაგრძელებაზე მდებარე წერტილის გარშემო.

DC ღეროს C წერტილს შეუძლია ძრავა CD -ს მართივანზე; CD ღეროს C წერტილი, რომელიც ძრავს CD ღეროს მართივანზე, ბრუნავს CD ღეროს წერტილის გარშემო. მაშასადამე, BC ღეროს ბრუნვის ცენტრი AB და DC ღეროთა თანაკვეთის O წერტილში ხვდება. B და C წერტილთა მუისა სიჩქარეები ან გადაადგილებანი, OB და OC რადიუსების პროპორციულებია, ე. ი. $BB_0 : CC_0 = OB : OD$; მაშასადამე, B_0C_0 პარალელურია BC ხაზის (რაც მტკიცდება იმ

თეორემით, რომ კუთხის გვერდები პარალელური ხაზების მიერ პროპორციულ მონაკვეთებათ იყოფიან). აქედან სამ ლეროსათვის გამოძინარეობს:

წესი III. ორ ლეროიან სისტემაში, როცა ლეროები ბრუნავენ თავისი უძრავი ბოლოების გარშემო, მეორე ბოლოებით კი სახსრებით უერთდებიან მესამე ლეროს, ერთი სახსრის მოცემული აღმსახველი წერტილის შემთხვევაში მეორე სახსრის აღმსახველი წერტილი ძევს მესამე ლეროს პარალელურსა და მოცემულ აღმსახველ წერტილზე გამავალ სწორი ხაზის ლეროსთან თანაკვეთის წერტილში.

ზემო მოყვანილი წესების საშუალებით განიზღვრება ცვლილი სისტემის სახსართა აღმსახველი წერტილები. ცვლილი სისტემის აღმსახველი წერტილების ერთობლიობა, აღმსახველი წერტილების ნაკვით ანუ სურათად იწოდება; ასეთი სურათი გამოსახავს ცვლილი სისტემის (მექანიზმის) ძრაობას.

§ 30. მარტივ წაფვავში ძალდონეთა განსაზღვრა კინემატიკური წესით

A. კინემატიკური წესი დამყარებულია¹⁾ შესაძლო გადაადგილებათა პრინციპზე, რომელიც წარმოადგენს გარეძალთა შესაძლო მუშაობის და წამწეს დეფორმაციის შესაძლო მუშაობის ტოლობას:

$$\sum P dp = \sum S dL \quad (73)$$

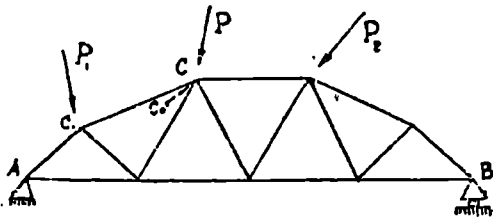
სხვანაირად რომ ვთქვათ გარეძალთა შესაძლო მუშაობა შიდა ძალთა შესაძლო მუშაობის ტოლია.

შესაძლო გადაადგილებათა განზარტებისათვის განვიხილოთ ACB წამწე (ნახ. 151), რომელზედაც მოქმედობს ლეროებში ძალდონეების აღმძვრელი P, P_1, P_2 გარეძალები; CC' ლეროში წარმოშობილი ძალდონე S -ით აღვნიშნოთ და იგი კიმადათ ვიგულვოთ (კვანძიდან მოქმედათ). წამწეს დეფორმაციის გამო C კვანძი ახალ C_0 მდებარეობას მიიღებს, რის დროსაც იგი გადაადგილდება $CC_0 = dl$ მანძილით. C კვანძი წრიული კვეთით გამოვყუთ; კვანძის წონასწორობისათვის აუცილებელია, რომ კვანძზე მქმედი ძალების და ძალდონეების გეგმილთა ჯამი ნულის ტოლი იყოს. CC_0 მიმართულებაზე ავილოთ გეგმილთა ჯამი, C_0CP კუთხე აღვნიშნოთ α -თი, C_0CS კუთხე კი β -თი (ნახ. 152), მაშინ მივიღებთ:

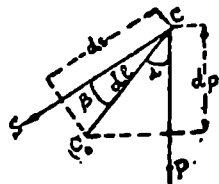
$$P \cos \alpha + S \cos \beta + \sum S_i \cos \beta_i = 0 \quad (74)$$

¹⁾ შესაძლო გადაადგილებათა პრინციპი გაშუქებულია თეორიულ მექანიკაში.

აქ S_i -ით ივულისხმება C კვანძში თავმოყრილი დანარჩენი ღეროების ძალონეები, გარდა CC' ღეროში მქმედი S ძალონისა.



ნახ. 151.



ნახ. 152.

(74) განტოლების მარცხენა ნაწილი გავამრავლოთ dl გადაადგილებაზე და ამ გადაადგილების გეგმილები P ძალის მიმართულებაზე dp -თი აღვნიშნოთ, S მიმართულებაზე კი ds -ით. მაშინ (74) განტოლება ასეთ სახეს მიიღებს:

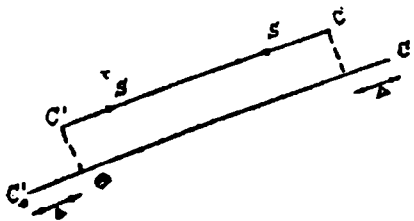
$$(75) \quad P \cdot dp + S ds + \sum S_i ds_i = 0$$

$S \cdot ds$ წევრის მნიშვნელობის გამოსარკვევად განვიხილოთ CC' ღეროს მდებარეობა გარეძალების მოღებამდე და მისი $C_0 C'_0$ მდებარეობა გამჭიმველი S ძალონების წარმოშობის შემდეგ (ნახ. 153);

ღეროს გასწვრივ C ბოლოს გადაადგილება Δ -თი აღვნიშნოთ, C' ბოლოს გადაადგილება კი Δ' -ით; ამ დროს

$$\Delta + \Delta' = ds$$

და იგი ღეროს წაგრძელებას წარმოადგენს. ახალი აღნიშვნის მიხედვით $S \cdot ds$ მუშაობა $S\Delta$ -თი გამოისახება და (75) განტოლება



ნახ. 153.

კი ასეთ სახეს მიიღებს:

$$(76) \quad P \cdot dp - S \cdot \Delta - \sum S_i \Delta_i = 0$$

(76) განტოლებას ყველა კვანძებზე თუ გავაერთიანებთ, ავჯამებთ ამ განტოლებებს, რასათანა $\sum S_i \Delta_i$ წევრიდან გამოვყოფთ განსაკუთრებულ წევრს, რომელიც ეთანადება CC' ღეროს C' კვანძს და S ძალონეს, მივიღებთ:

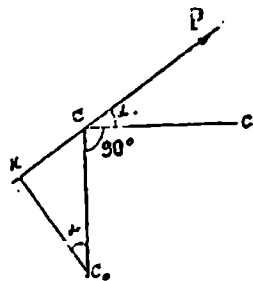
$$\sum P \cdot dp - S \cdot \Delta - S\Delta - \sum S_i \Delta_i = 0,$$

$$\Sigma P \cdot dp = S dL + \Sigma S_i dL_i \quad (77)$$

ეს (77) განტოლება მსგავსია (73) განტოლებისა.

თეორემა IX. ცვლილი სისტემის კვანძზე მოდებული ძალის ელემენტარული მუშაობა შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, როგორც კვანძის აღმსახველი წერტილის მიმართ აღებული ძალის მომენტი.

განვიხილოთ C კვანძზე (ნახ. 154) მკმედი P ძალა; ვთქვათ, ცვლილი სისტემის C კვანძის უსასრულოდ მცირე გადაადგილება (მყისა სიჩქარე) არის CC_0 , იგი α კუთხითაა დახრილი P ძალის მიმართულებასთან. CC_0 სიჩქარის 90° კუთხით მობრუნების შემდეგ მივიღებთ C_0 აღმსახველ წერტილს, რისათანა $CC_0 = CC_0$.



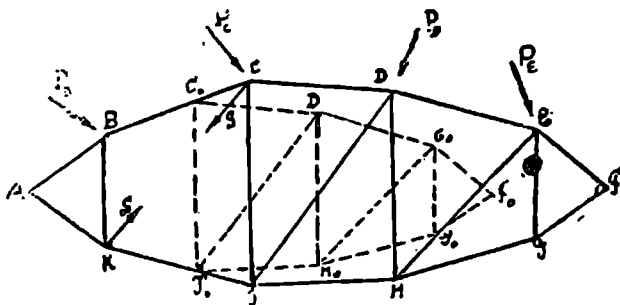
ნახ. 154.

P ძალის ელემენტარული $P dp$ მუშაობა იქნება:

$$P \cdot dp = P \cdot \widehat{C_0 K}$$

რისი დამტკიცებაც გვსურდა.

B. აღმსახველი წერტილებით წამწეს ღეროში ძალლონის განსაზღვრა კინემატიკური წესით.



ნახ. 155.

$ABCDEF$ წამწეში (ნახ. 155) საჭიროა P ძალის ქმედებით S ძალლონის განსაზღვრა KC ღეროში. ამისათვის უკუვაგდებთ KC ღეროს და K და C კვანძებზე მოვდებთ S ძალებს, რომელნიც KC ღეროში

წარმოშობილ უცნობ ძალღონეს წარმოადგენს. ვამაგრებთ წამწეს ABK ნაწილს, დანარჩენი ნაწილი წარმოადგენს ცვლად სისტემას, რომლის კვანძებსაც შეუძლიათ მიიღონ სასრულო შესამჩნევი გადაადგილება. ავიღებთ C კვანძის გადაადგილებას (მყისა სიჩქარეს) წრის რკალზე, რომელიც BC რადიუსით უძრავ B წერტილიდანაა აღწერილი, და ავაგებთ აღმსახველ C_0 წერტილს. მე-III-მე წესის მიხედვით ეპოულობთ C_0 აღმსახველ წერტილს, მე-II-რე წესის მიხედვით D_0 , H_0 , E_0 , G_0 და F_0 აღმსახველ წერტილებს.

გამოვიყენებთ შესაძლო გადაადგილებათა პრინციპისათვის შედგენილ (73) განტოლებას, რისათანა S ძალას გარეძილებს მივაკუთნებთ, გამოვიყენებთ მე-IX თეორემას და აღმსახველი წერტილების მიმართ ძალთა მხრებს λ ასოთი აღვნიშნავთ (ქვემოდ ძალის ნიშნაკს უკეთებთ); უძრავ A , B და K კვანძებზე მოდებული ძალები, მუშაობის განტოლებაში არ შევლენ, გვექნება:

$$(79) \quad S \cdot \lambda_S + P_C \cdot \lambda_P + P_D \cdot \lambda_P + P_E \cdot \lambda_P = \Sigma T \cdot dL$$

სადაც T ძალღონეა და dL დეფორმაციაა წამწეში დარჩენილი ღეროებისა. (79) განტოლების მეორე ნაწილში AB , AK და KB ღეროთა ძალღონეების მუშაობა არ შედის, რადგან A , B და K კვანძები უძრავია.

მოდრავი ღეროების ძალღონეთა მუშაობა თეორემა IX-ის მიხედვით შეგვიძლია გამოვსახოთ ამ ძალღონეთა მომენტებით სათანადო აღმსახველ წერტილების მიმართ, ე. ი. $T_i \lambda_i$ -ით.

(79) განტოლების მეორე ნაწილში T_i ძალღონეები წყვილწყვილად შედის, რაიც T_i ძალღონიანი ღეროს ბოლოებს ეთანადება, რისათანა თითოეული წყვილის λ_i მხარი ერთნაირი იქნება, აღმსახველი წერტილების ნაკეთის გვერდების და წანწეს სათანადო გვერდების პარალელობისა გამო, მაგრამ ამ წყვილთა ძალღონეების მომენტთა ნიშნები წინაუკმონი იქნება; ამნაირად (79) განტოლების მეორე ნაწილი ნულად იქცევა და ასეთ განტოლებას მივიღებთ:

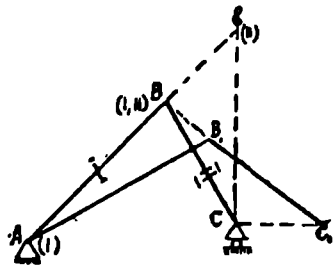
$$(80) \quad S \cdot \lambda_S + P_C \cdot \lambda_P + P_D \cdot \lambda_P + P_E \cdot \lambda_P = 0$$

რომლიდანაც განიზღვრება S ძალღონე.

§ 31. პოლუსები

ცვალებად სისტემებში დაისახება ბადროთა ბრუნვის ცენტრები; მაგალითად, ABC სისტემაში (ნახ. 156), რომელიც ორ ბადროსაგან შესდგება $I=AB$ და $II=BC$ გვაქვს ბრუნვის ცენტრები: A ცენტრი, რომლის გარშემო ბრუნავს I ბადრო და B ცენტრი, რომლის გარშემო

სწარმოებს ერთი ბადროს მეორეს მიმართ ბრუნვა. ამ ბრუნვის ცენტრებს პოლუსები ეწოდება. ის პოლუსი, რომლის გარშემო ბრუნავს მხოლოდ ერთი ბადრო, აბსოლუტურად იწოდება და იგი აღინიშნება ბადროს ნიშნაკით ფრჩხილებში; მაგალითად, ბრუნვის A ცენტრი I ბადროს აბსოლუტური პოლუსია $= (I)$. ხშირად აბსოლუტური პოლუსები უძრავია, მათ მიწაზე ამაგრებენ (თუმცა არც ისე ხშირათ). ის პოლუსი, რომლის გარშემო ბრუნავს ერთი ბადრო მეორის მიმართ ფარდობითათ იწოდება



ნახ. 156.

და ფრჩხილებში მოთავსებული ორი ბადროს ნიშნაკით აღინიშნება; მაგალითათ, B პოლუსი ფარდობითია (I, II) .

განესაზღვროთ $BC=II$ ღეროს პოლუსი. I ბადროს B წერტილი AB -ს ნორმალზე გადაადგილდება; იგივე B წერტილი, რომელიც ეკუთვნის II ბადროსაც, AB -ს ნორმალზე გადაადგილდება, მაშასადამე იგი AB სწორზე მდებარე ცენტრის გარშემო ბრუნავს. C წერტილი გადაადგილდება პორიზონტალურ CC , სწორზე, ეს უსასრულოთ მცირე გადაადგილება CC -ს CE ნორმალზე მდებარე C ცენტრიანი წრის რკალის ელემენტად შეგვიძლია ვიგულოთ. II ბადროს ბრუნვის ცენტრი AB და CE წერტილთა თანაკვეთის E წერტილში უნდა მოთავსდეს.

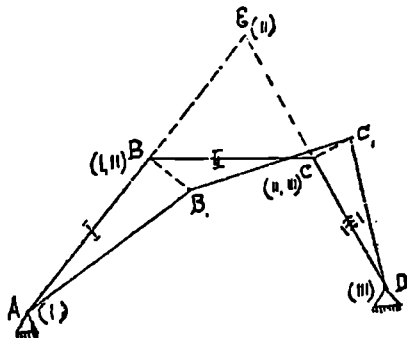
E წერტილში მოთავსებული პოლუსი II ბადროს ეკუთვნის, მაშასადამე, ეს აბსოლუტური [II] პოლუსია; მაგრამ იგი მიწაზე არ არის მიმაგრებული, არამედ მიწის მიმართ უძრავ პორიზონტალურ ხაზის ნორმალზე ძევს.

(I), (I, II) და (II) პოლუსების განხილვით, ჩვენ ვაშწინებთ, რომ ისინი ერთ სწორზე მდებარეობენ, რაიც საბუთდება ქვემოთ თეორემით:

თეორემა X (არონჰოლდის თეორემა). მექანიზმის მდგენელი ორი ბადროს, ორი აბსოლუტური და ერთი ფარდობითი პოლუსები ერთ სწორზე მდებარეობენ.

იგივე თეორემა დასტურდება სამ ბადროიანი $ABCD$ მექანიზმისათვისაც (ნახ. 157). აქ A წერტილი აბსოლუტური (I) პოლუსია, D წერტილი აბსოლუტური (III) პოლუსია, B და C წერტილები ფარდობითი (I, II) და (II, III) პოლუსებია.

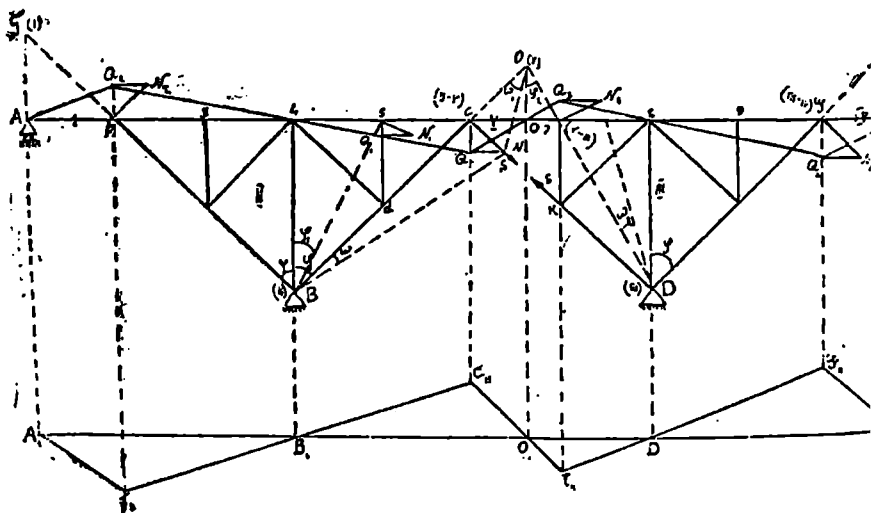
I ბადროს B წერტილი AB -ს ნორმალზე გადაადგილდება; იგივე B წერტილი, რომელიც II ბადროსაც ეკუთვნის გადაადგილდება AB სწორზე მდებარე ცენტრიან წრის რკალზე.



ნახ. 157.

II ბადროს C წერტილი CD სწორზე მდებარე ცენტრიან წრის რკალზე გადაადგილდება; მაშასადამე, II ბადროს პოლუსი AB და DC სწორთა თანაკვეთის E წერტილში ძევს. სამ ბადროიან მექანიზმის (I), (I, II) და (II) პოლუსები ერთ AE სწორზე მდებარეობენ, ისე როგორც (II), (II, III) და (III) პოლუსები მდებარეობენ ED სწორ ხაზზე.

A. პოლუსების საშუალებით გავლენის ხაზის კინემატიკური აგება. განვიხილოთ მრავალმალიანი $AFBCDGE$ წამწე (ნახ. 158) (რომელიც შესდგება ოთხ AF , FBC , CDG და GF ბადროებისაგან); ეს წამწე შესდგება FB და DG კონსოლებიან სამახსრიან BCD წამწესაგან და დაკიდებულ (შვერილა) AF და GE კოქე-



ნახ. 158.

ბისაგან. ასეთი წამწე უცვლელ სისტემას (ნაშენს) წარმოადგენს. საჭიროა S ძალდონის განსაზღვრა CK ღეროში. S ძალდონის განსაზღვრის მიზნით მოვაშორათ CK ღერო და იგი C და K კვანძებზე (მოშორებულ ღეროს ბოლოებზე) მოდებული S ძალდონეებით შევცვალოთ; ეს ძალდონეები მივმართოთ იგივე CK მოშორებული ღეროს ღერძის გასწვრივ. ამდროს CDG ბადრო (III) შემციირდება $CK7$ სამკუთხედით, მაგრამ წარმოიშობა ახალი V ბადრო, რომელიც შესდგება $C7$ ღეროსაგან. ხუთ ბადროსაგან შემდგარი სისტემა ცვალებადია. განესაზღვროთ ამ სისტემის პოლუსები. B და D წერტილები II და III ბადროს აბსოლუტური პოლუსები იქნება, ე. ი. მიღებული აღნიშვნების მიხედვით (II) და (III). წერტილები F , C , 7 და G ფარდობითი პოლუსებია: (I—II), (II—V), (V—III) და (III—IV). A წერტილის გადაადგილების თვისების მიხედვით და თეორემა X-ის მიხედვით I ბადროს აბსოლუტური პოლუსი T წერტილში ხვდება; ასეთივე მოსაზრებებით IV ბადროს აბსოლუტური პოლუსი ძვეს U წერტილში. თეორემა X-ს თუ გამოვიყენებთ II და V ბადროებისათვის, დავასკვნით, რომ იგივე (V) პოლუსი ძვეს $D7$ სწორზე; მაშასადამე, V ბადროს აბსოლუტური პოლუსი ნათქვამი სწორხაზების თანაკვეთის O წერტილში ხვდება.

ცვალებადი სისტემის ძრაობას აღმსახველი წერტილების საშუალებით განსაზღვრის ნაცვლად, პოლუსებით განესაზღვრავთ.

ცვალებად $ABCDE$ (ნახ. 158) მოვდოთ ერთეული ტვირთი C წერტილში და ვიგულისხმოთ, რომ ამ ტვირთის და უცნობი S წყვილი ძალის მოქმედებით C წერტილმა მიიღო უსასრულოთ მცირე $CN=ds$ გადაადგილება B ცენტრიან წრის რკალზე (C წერტილი ეკუთვნის II ბადროს). მიღებულ ds სიდიდეს დადებითათ ვთვლით; სიდიდე $ds = \widehat{BC} \cdot \omega$, სადაც $\angle \omega$ მუდმივად ითვლება. განსახილველ სისტემის მიმართ გამოვიყენოთ შესაძლო გადაადგილებათა პრინციპი:

$$\sum P \cdot dp + S \cdot ds_1 + S \cdot ds_2 = \sum T \cdot dL \quad (73)$$

ამ განტოლებაში $P = 1$ (სხვა გარეძალები, გარდა S ძალისა, რომელიც კი შედიან ცალკე წევრებში არ მოგვეპოვება); $dp = CQ = \sphericalangle CQN$ სამკუთხედიდან, სადაც $\angle CNQ = \angle CB4 = \varphi$ გვერდთა ურთიერთ პერპენდიკულარობის გამო $\sphericalangle = CN \cdot \sin \varphi = ds \cdot \sin \varphi = BC \cdot \omega \cdot \sin \varphi = \widehat{4C} \cdot \omega$, ე. ი.

$$dp = \widehat{4C} \cdot \omega \quad (81)$$

(73) განტოლებაში შემავალი ds_1 სიდიდე წარმოადგენს S ძალის მოღებვის C წერტილის გადაადგილებას ამავე ძალის მიმართულებაზე; ნახ. 159-ის მიხედვით ეს სიდიდე CNW სამკუთხედიდან

$$ds_1 = ds \cdot \cos(90^\circ - 2\varphi),$$

ანუ

$$(82) \quad ds_1 = ds \cdot \sin 2\varphi = \widehat{BC} \cdot \omega \cdot \sin 2\varphi$$

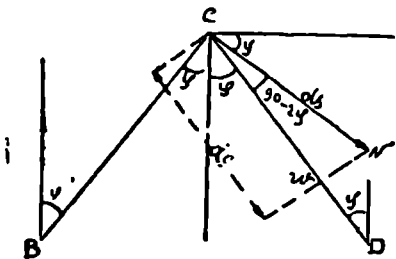
როცა არსებობს ტოლობა:

$$\widehat{B4} = \widehat{4C} = \widehat{D8} = C8,$$

მაშინ

$$\angle \varphi = 45^\circ \quad \text{და} \quad ds_1 = ds.$$

(73) განტოლებაში შემავალი S_2 სიდიდე წარმოადგენს S ძალის მოღებვის K წერტილის გადაადგილების სიდიდეს თვით ამ ძალის



ნახ. 159.

გასწვრივ; ბადროს II-ის ბრუნვის დროს B წერტილის ირგვლივ $\angle \alpha$ კუთხით, ბადრო V თავის აბსოლუტური O პოლუსის გარშემო მობრუნდება კუთხით $\angle \alpha_1 = \angle CON$, ხოლო III ბადრო D პოლუსის გარშემო ბრუნვის დროს მობრუნდება კუთხით $\angle \alpha_2 = \angle DN_2$, ბადრო III-ის ბრუნვისას KD ღეროც მიიღებს ბრუნვითი ძრაობას (III) პოლუსის

გარშემო და ამ ღეროს K ბოლო გადაადგილდება D ცენტრიდან და KD რადიუსიან წრის რკალზე; ამ ბრუნვის დროს KD ღერო არ წაგრძელდება და K ბოლო არ გადაადგილდება KD ღეროზე, იგი არც KC ღეროზე გადაადგილდება, რომელიც KD ღეროს გაგრძელებას წარმოადგენს, სხვანაირად რომ ვთქვათ CK ღერო თავისი K ბოლოთი არავითარ დეფორმაციას (წაგრძელებას ან დამოკლებას) არ განიცდის, მაშასადამე

$$(83) \quad ds_2 = 0$$

უწინდელი მოსაზრებების მსგავსად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მოცემული ცვალებადი სისტემის ყოველი ღერო უდეფორმაციო რჩება. მაგალითად, II ბადროს $4L$ ღერო, ამ ბადროს B პოლუსის გარშემო ბრუნვის დროს, თავისი 4 და L ბოლოების მყისა B ცენტრის

მიმართ გადაადგილებისას ახალ მდებარეობას მიიღებს, რისათანა თეორემა VIII-ის მიხედვით ინარჩუნებს სიგრძეს, ე. ი. ამ ლეროსათვის $dL=0$.

ამნაირად (73) განტოლების მეორე ნაწილში შემავლი dL დეფორმაციები

$$dL = 0 \quad (84)$$

(81), (82), (83) და (84) განტოლებებიდან dp , ds_1 , ds_2 და dL მნიშვნელობების ჩასმით (73) განტოლებაში მივიღებთ. (როცა $\varphi=45^\circ$)

$$1 \cdot \widehat{4C} \cdot \omega + S \cdot \widehat{BC} \cdot \omega = 0,$$

საიდანაც

$$S = -\frac{\widehat{4C}}{\widehat{BC}} \quad (85)$$

შეეცვალოთ ერთეული ტვირთის მოდების წერტილი და იგი 5 წერტილზე მოვდოთ; ვიგულისხმობთ, რომ ამ ტვირთის და უცნობი S წყვილ ძალის გავლენით II ბაღრო იგივე მოცემული $\omega = \frac{ds}{BC}$ კუბით მობრუნდება, როგორც ერთეული ტვირთის C წერტილზე მოდების შემთხვევაში. ამ დროს $dp_3 = \widehat{5Q}$, განიზღვრება $5N, Q$, სამკუთხედიდან, სადაც $\angle 5N, Q = \angle 4B5 = \varphi$, სახელდობრ:

$$dp_3 = \widehat{5N} \cdot \sin \varphi = \widehat{5B} \cdot \omega \cdot \sin \varphi,$$

ანუ

$$dp_3 = \widehat{4-5} \cdot \omega \quad (86)$$

ds_1 , ds_2 და dL სიდიდეები იგივეა, რაიც გვექონდა ერთეული ტვირთის C წერტილზე მოდებისას.

(73) განტოლებაში dp_3 , ds_1 , ds_2 და dL მნიშვნელობების ჩასმის შემდეგ, მივიღებთ:

$$1 \cdot \widehat{4-5} \cdot \omega + S \cdot \widehat{BC} \cdot \omega = 0,$$

საიდანაც

$$S = \frac{\widehat{4-5}}{\widehat{BC}} \quad (87)$$

როცა ერთეული ტვირთი 4 კვანძზეა მოდებული, მაშინ ეს კვანძი პორიზონტალზე უსასრულოდ მცირე გადაადგილებას შესძლებს და ამ გადაადგილების შედეგად dp_4 მდგენელი იქნება

$$dp_4 = 0 \quad (88)$$

(73) განტოლებაში ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$(89) \quad S = 0$$

როცა ერთეული ტვირთი მოდებულია F კვანძზე და იგულისხმება, რომ ამ ტვირთის და უცნობი S წყვილძალის გავლენით II ბადრო მობრუნდება ზემოდ აღნიშნულ $\omega = \frac{ds}{BC}$ კუთხით, მაშინ $FN_2 Q_2$ სამკუთხედიდან განესაზღვრავთ dp_F , სახელდობრ;

$$dp_F = FQ_2 = FN_2 \cdot \sin \varphi = \widehat{FB} \cdot \omega \cdot \sin \varphi = \widehat{F4} \cdot \omega,$$

მაგრამ მას ერთეული ტვირთის თანაგვარი მიმართულება არ ექნება; მაშ:

$$(90) \quad dp_F = \widehat{F4} \cdot \omega$$

ამ შემთხვევაშია ds_1 , ds_2 და dL სიდიდეები განიზღვრებიან (82), (83) და (84) განტოლებებიდან, და (73) განტოლებაში ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$-1 \cdot \widehat{F4} \cdot \omega + S \cdot \widehat{BC} \cdot \omega = 0,$$

საიდანაც:

$$(91) \quad S = \frac{\widehat{F4}}{\widehat{BC}}$$

S სიდიდის გამოსახულებებს (85), (87), (89) და (91) განტოლებებიდან ერთმანეთს თუ შევადარებთ ვიპოვით, რომ ეს სიდიდე N ცვალებადია, იგი დამოკიდებულია ერთეული ტვირთის მოდების წერტილიდან 4 კვანძამდე დაშორების მანძილზე (ეს მანძილებია $\widehat{4-C}$, $\widehat{4-5}$, 0 და $\widehat{4-F}$); ეს ცვალებადი მანძილი x ასოთი აღვნიშნოთ; 4 კვანძის მარჯვნივ გადაზომილი x დადებითათ თუ ვიგულებთ, მარცხნივ კი უარყოფითად, მაშინ N სიდიდესა და დამოუკიდებელ x ცვლადს შორის ასეთ დამოკიდებულებას მივიღებთ:

$$(92) \quad S = -\frac{x}{BC}$$

(92) განტოლება (ძირითად A, B , სწორის შემთხვევაში) F, B, C , სწორით გამოისახება, რომლის კოორდინატებია

$$(x=0, S=0) \text{ და } (x=4C, S=-\frac{4C}{BC}).$$

ეხლა განვსაზღვროთ S სიდიდე, როცა ერთეული ტვირთი გადაადგილდება V ბადროზე.

როცა ერთეული ტვირთი მოდებულია C კვანძზე, მაშინ ეს კვანძი გადაადგილდება სიდიდით $ds = CN$, რომელიც (გადაადგილება) განსაზღვრავს CO რადიუსის O პოლუსის გარშემო მობრუნების $\omega = \frac{ds}{\widehat{CO}}$ კუთხეს, რისათანა

$$ds = CN = \widehat{CO} \cdot \omega_1 \quad (93)$$

CN გადაადგილების შეეული dp მდგენელი იქნება:

$$dp = CQ = CN \cdot \sin \varphi = \widehat{CO} \cdot \omega_1 \cdot \sin \varphi = \widehat{CO}' \cdot \omega_1,$$

(COO' სამკუთხედიდან ვპოულობთ $\widehat{CO}' = \widehat{CO} \cdot \sin \varphi$), ე. ი.

$$dp_C = \widehat{CO}' \cdot \omega_1 \quad (94)$$

(73) განტოლებაში ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$S = -\frac{CO'}{CO} \quad (95)$$

როცა ერთეული ტვირთი 7 კვანძზეა მოდებული და ნავარაუდევია, რომ ამ ტვირთის და უცნობი S წყვილის ქმედებით III ბადრო მობრუნდება ზემოდაღნიშნული $\angle \omega_1$ კუთხით, $7N_3 Q_3$ სამკუთხედიდან განვსაზღვრავთ dp_7 , სახელდობრ:

$$dp_7 = 7N_3 \cdot \sin \varphi_2 = \widehat{O7} \cdot \omega_1 \cdot \sin \varphi_2 = \widehat{O7}' \cdot \omega_1,$$

მაგრამ მას არ ექნება ერთეული ტვირთის მიმართულება, ე. ი.

$$dp_7 = \widehat{O7}' \cdot \omega_1 \quad (98)$$

(97), (93), (83) და (84) განტოლებებიდან dp_7 , ds_1 , ds_2 და dL სიდიდეების (73) განტოლებაში ჩასმით, მივიღებთ:

$$-1 \cdot \widehat{O7}' \cdot \omega_1 + S \cdot \widehat{CO} \cdot \omega_1 = 0,$$

საიდანაც მივიღებთ:

$$S = \frac{\widehat{O7}'}{\widehat{CO}} \quad (99)$$

(95), (97) და (99) განტოლებებიდან S -ის გამოსახულებებს ერთმანეთს თუ შევადარებთ ვიპოვი, რომ ეს სიდიდე დამოკიდებულია

ერთეული ტვირთის მოდების წერტილიდან O' წერტილამდე დაშორების მანძილზე; ეს ცვალებადი მანძილი x_1 -ით აღვნიშნოთ, O' წერტილის მარჯვნივ x_1 დადებითად ვიგულოთ, მარცხნივ კი უარყოფითად, და მივიღებთ:

$$(100) \quad S = \frac{x_1}{CO}$$

(100) განტოლება $C'O_17_2$ სწორი ხაზით გამოისახება, რომლის კოორდინატებია

$$(x_1=0, S=0) \text{ და } (x_1=O'7, S=\frac{O'7}{CO}).$$

შემდეგ განვსაზღვრავთ S სიდიდეს ერთეული ტვირთის ძრავის დროს 7 -დან G კვანძამდე (III ბადროზე).

როცა ერთეული ტვირთი მოდებულია 7 კვანძზე, მაშინ 7 კვანძი გადაადგილდება სიდიდით

$$\cdot \quad 7N_3 = \widehat{O7} \cdot \omega_1 = \widehat{O7} \cdot \frac{ds}{CO},$$

ეს გადაადგილება განსაზღვრავს $7D$ რადიუსის D პოლუსის გარშემო ბრუნვის $\angle \omega_2$ კუთხის სიდიდეს, სახელობრ:

$$(101) \quad \omega_2 = \frac{7N_3}{7D} = \frac{ds}{CO} \cdot \frac{O7}{7D}$$

$7N_3$ გადაადგილების შვეული dp_7 მდგენელი იქნება:

$$dp_7 = 7N_3 \cdot \sin \varphi_2 = 7D \cdot \sin \varphi_2 \cdot \omega_2 = \widehat{7-8} \cdot \omega_2,$$

თუმცა მას ერთეული ტვირთის შებრუნებულ მიმართულება ექნება; ρ ი.

$$(102) \quad dp_7 = \widehat{7-8} \cdot \omega_2$$

(102), (101), (83) და (84) განტოლებებში ან (73) განტოლებაში dp_7 , $ds_1=ds$, ds_2 და dL სიდიდეთა გადანაცვლების შემდეგ მივიღებთ

$$-1 \cdot \widehat{7-8} \cdot \omega_2 + S \cdot \frac{\widehat{CD} \cdot \widehat{7D}}{O7} \cdot \omega_2 = 0,$$

საიდანაც:

$$(103) \quad S = \frac{\widehat{7-8} \cdot \widehat{O7}}{\widehat{CO} \cdot \widehat{7D}}$$

როცა ერთეული ტვირთი მოდებულია 8 კვანძზე, ისე როგორც O წერტილზე და 4 კვანძზე,

$$dp_8 = 0 \quad (104)$$

და (73) განტოლებაში ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$S = 0 \quad (105)$$

როცა ერთეული ტვირთი მოდებულია G სახსარზე:

$$dp_G = GQ_4 = GN_4 \cdot \sin \varphi = DG \cdot \omega_2 \cdot \sin \varphi = \widehat{8G} \cdot \omega_2,$$

ე. ი.

$$dp_G = \widehat{8G} \cdot \omega_2 \quad (106)$$

(73) განტოლებაში ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$1 \cdot \widehat{8G} \cdot \omega_2 + S \frac{\widehat{\omega} \cdot \widehat{7D}}{\widehat{O7}} \cdot \omega_2 = 0,$$

საიდანაც:

$$S = - \frac{\widehat{8G} \cdot \widehat{O7}}{\widehat{CO} \cdot \widehat{7D}} \quad (107)$$

(103), (105) და (107) განტოლებებიდან S -ის მნიშვნელობათა შედარებით ვპოულობთ, რომ ეს სიდიდე დამოკიდებულია ერთეული ძალის მოდების წერტილიდან B წერტილამდე დაშორების მანძილზე; ეს ცვალებადი სიდიდე x_2 -ით აღვნიშნოთ, იგი მარჯვნივ დადებითად ვიგულისვით, მარცხნივ კი უარყოფითად, მაშინ მივიღებთ განტოლებას:

$$S = \frac{x_2 \cdot \widehat{O7}}{\widehat{CO} \cdot \widehat{7D}} \quad (108)$$

(108) განტოლება $7,, D, G,,$ სწორი ხაზით გამოისახება, რომლის კოორდინატებია:

$$(x_2=0, S=0) \text{ და } (x_2=\widehat{87}, S=\frac{\widehat{87} \cdot \widehat{O7}}{\widehat{CO} \cdot \widehat{7D}}).$$

უწინდელის თანაგვარი მოსაზრებებით აიგება I და IV ბადროებზე ერთეული ტვირთის ძრავის სათანადო $A, F,,$ და $G,, E,$ სწორხაზები.

ამნაირად, მივიღეთ CK ლეროში მქმედი S ძალღონის გავლენის ხაზი $A, F, C, 7, G, E$, ტეხილი ხაზის სახით.

ასეთი გავლენის ხაზის განხილვით ვაყალიბებთ შემდეგ ამონახსნებს:

1) § 20-ის თეორემა VI. ბადროს ზღვრებში გავლენის ხაზი სწორით გამოისახება.

2) გავლენის ხაზსა და პოლუსს შორის კავშირის გამომსახველი წესი. აბსოლუტური პოლუსის ქვემოლ (უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ, აბსოლუტურ პოლუსზე გამავალ შვეულზე) ძევს გავლენის ხაზის ნულოვანი წერტილი (ე. ი. O ორდინატის წერტილი), ფარდობით პოლუსს ქვემოლ კი გარდატეხის წერტილი (ე. ი. ის წერტილი, სადაც გავლენის ხაზი ერთ სწორიდან მეორეზე გადადის).

B . სამ სახსრიანი ACB წამწეს $II-3$ ირიბანას ძალღონის გავლენის ხაზის აგება პოლუსების საშუალებით (ნახ. 160).

მოვაშორეთ $II-3$ ირიბანა; მივიღეთ სამი ბადრო:

$$I = A I I 2,$$

$$II = 3 I I C$$

$$\text{და } III = C B;$$

II , III და $2-3$ ლეროები ბმებათა გვაქვს მიღებული I და II ბადროებს შორის წარმოსახვითი სახსრით i წერტილში.

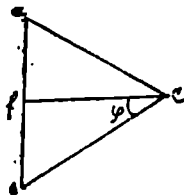
ვპოულობთ პოლუსებს: (I) წერტილ A -ში, (III) წერტილ B -ში, (I , II) წერტილ i -ში, (II , III) წერტილ C -ში. I და II ბადროების მიმართ თეორემა X თუ გამოვიყენებთ დავასკვნით, რომ: III ბადროს აბსოლუტური პოლუსი ძევს Ai სწორხაზზე; იგივე თეორემას II და III ბადროთა მიმართ თუ გამოვიყენებთ დავასკვნით, რომ იგივე აბსოლუტური პოლუსი ძევს BC სწორზე; მაშასადამე (III) მდებარეობს Ai და BC სწორთა თანაკვეთის E წერტილში.

გავლენის ხაზში ავიღებთ i, i_1 , ორდინატას და გავატარებთ A, i_1, E, i_1, C_1 , და C_1, B , სწორხაზებს. თეორემა VI მიხედვით A, i_1 , სწორი გავლენის ხაზში უნდა შედიოდეს მხოლოდ A, II_1 , ნაწილით, რაიც I ბადროს ეთანადება; იგივე თეორემის მიხედვით E, i_1, C_1 , სწორი გავლენის ხაზის შემადგენლობაში უნდა შევიდეს III, C_1 , ნაწილით, რაიც II ბადროს ეთანადება.

თეორემა IV -ის მიხედვით $II-III$ პანელის ზღვრებში გავლენის ხაზი $II III$ სწორით გამოისახება. ამნაირად, მივიღეთ ნებისმიერი i, i_1 , ორდინატის გავლენის ხაზი.

ნობში და r -ი არის i წერტილიდან AC სწორზე დაშვებული პერპენდიკულარი.

R_A სიდიდეს განესაზღვრავთ ძალთა abc სამკუთხედიდან (ნახ. 161), რომელიც ერთეული ab ტვირთის $bc = R_A$ და ca მდგენელებად დაშლისათვისაა აგებული ($bc \parallel AC$ და $ab \parallel CB$); bcf სამკუთხედიდან გვაქვს:



ნახ. 161.

$$R_A = \frac{1}{2 \cdot \sin \varphi}.$$

ჩასმის შემდეგ (109) განტოლებიდან ამოვხსნით:

$$D_c = \frac{r}{2 \cdot d \cdot \sin \varphi}.$$

D_c სიდიდის მიხედვით ვპოულობთ ორდინატის სიდიდეს

$$C, C_{II} = \frac{r}{2d \cdot \sin \varphi}.$$

C, C_{II} ნაპოვნი მნიშვნელობის მიხედვით ვადგენთ გავლენის ხაზის მასშტაბს. ზოგჯერ განყენებულ ერთეულებისათვის სახერხულია ცალკე მასშტაბის შერჩევა და ამ უკანასკნელში ნაპოვნი C, C_{II} სიდიდის გადაზომვა, შემდეგ კი ნულოვანი წერტილის და გარდატეხვის წერტილების მიხედვით გავლენის ხაზის აგება.

ამოცანა 39. ააგეთ მრავალბადროიანი $ABCDE$ წამწეს ზედა სარტყლის VC ღეროს ძალლონის გავლის ხაზი; სიმაღლე $IVB = 2a$.

პახუხი: 5 C ღერო შეადგენს III ბადროს; C წერტილში ძევს (III—IV) და (III). რადგან VC ღერო ძევს წამწეს მარცხენა ნახევარში, ამიტომ აიღებენ მარცხენა ნახევრის G_{II}, G_1 ორდინატაა, და ააგებენ საწინაო გავლენის ხაზს $A, G_{II}, B, V_{II}, C, E_1$.

წამწეს მარცხენა მხარის განხილვით $\sum M_B = 0$ განტოლებიდან განსაზღვრავენ V, V_{II} ორდინატს. უცნობი S ძალლონე განიზღვრება

$$S \cdot 2a + 1 \cdot a = 0$$

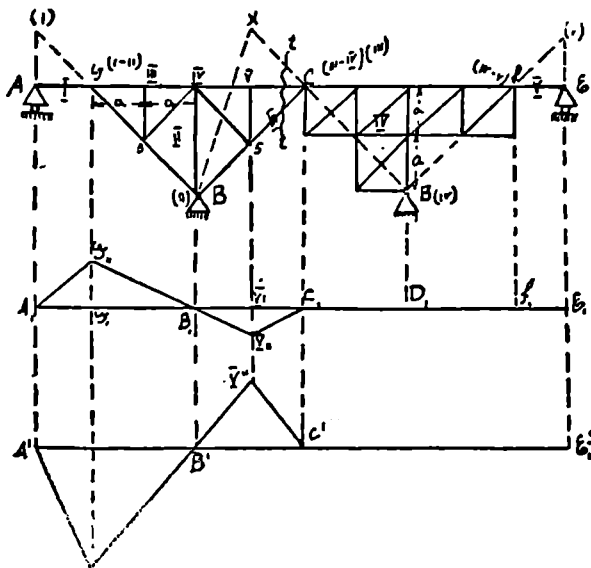
განტოლებიდან, საიდანაც

$$S = -\frac{1}{2} = V, V_{II}.$$

შეარჩევენ განყენებულ სიდიდეთა მასშტაბს და ააგებენ საბოლოო გავლენის ხაზს $A' G'' V'' C' E'$.

ამოცანა 40. ააგეთ $ABCDE$ წამწეს BD ბრჯენში ძალლონის გავლენის ხაზი (ნახ. 163); სიმაღლე $D VIII = 2a$.

ძახუხი: საწინაო გავლენის ხაზია $A_1 G_1 C_1 F_1 E_1$; ორდინატა $C_1 C_1$ განიზღვრება $\Sigma M_x = 0$ განტოლებიდან; $C_1 C_1 = -1/2$. საბოლოო გავლენის ხაზია $A' G'' C'' F'' E_1$.



ნახ. 162.

ამოცანა 41. ააგეთ $ABCDE$ წამწეს TK ბრჯენის ძალლონისათვის გავლენის ხაზი (ნახ. 164); სიმაღლე $D VIII = 2a$.

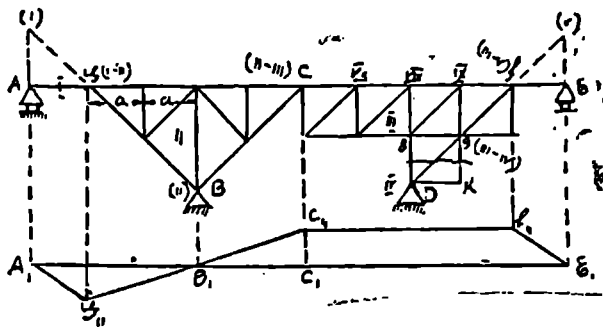
ძახუხი: საწინაო გავლენის ხაზია $A_1 G_1 C_1 F_1 E_1$; ორდინატა $C_1 C_1 = -1/2$; საბოლოო გავლენის ხაზია $A' G'' C'' F'' E_1$.

ამოცანა 42. ააგეთ $ABCDE$ წამწეს ბრჯენის ძალლონისათვის გავლენის ხაზი (ნახ. 165); სიმაღლე $D VII = 2a$.

ძახუხი: პოლუსი (III) უსასრულებელია. საწინაო გავლენის ხაზია $A_1 G_1 C_1 F_1 E_1$.

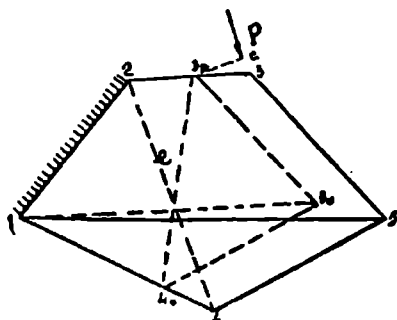
§ 32. იცვლება თუ არა სისტემა

პირველ პარაგრაფში მოყვანილია სამკუთხედიდან შემდგარი წამწე; წამწეები მიიღება სტატიკურად რკვევადი და უცვლელი. მაგრამ სამკუთხედის ნაცვლად შეიძლება რაიმე სხვა ნაკვთიდან წამწეს შექმნა.



ნახ. 165.

მაგალითად, მოცემულია ძირითადი უსწორო ოთხკუთხედი 1—2—3—4 (ნახ. 166); მას თანდართული აქვს წერტილი 5 ლეროებით 5—4 და 5—3. მივიღეთ 5 კვანძიანი და 6 გვერდიანი ნაკვთი; § 6-ის (3) განტოლების მიხედვით სტატიკურად რკვევადობისათვის უნდა ქონდეს $2n-3$ ლერო. ამიტომ დაუმატებთ 1—5 ლეროს და იმდენ ლეროიან წამწეს მივიღებთ, რამდენიც აკმაყოფილებს (3) განტოლებას; საჭიროა გამოირკვეს შედგენილი 1—2—3—4—5 წამწე წარმოადგენს თუ არა უცვლელ სისტემას (ნახ. 166). წამწეს ცვლადობის შესახებ დასმულ საკითხს აღმსახველი წერტილების საშუალებით გამოვარკვევთ. ამისათვის უკუვადებთ 1—5 ლეროს და მის ნაცვლად 1 და 5 კვანძებზე აკლილი ლეროს მიმართულებით მოვადებთ N ძალებს. ვამაგრებთ 1—2 ლეროს და 3 წერტილისათვის შევარჩევთ მყისა 3—3₀ სიჩქარეს. მოცემული აღმსახველი 3₀ წერტილის მიხედვით განესაზღვრავთ (§ 29—წესის დახმარებით) აღმსახველ 4₀ და 5₀ წერ-



ნახ. 166.

მოვარკვევთ. ამისათვის უკუვადებთ 1—5 ლეროს და მის ნაცვლად 1 და 5 კვანძებზე აკლილი ლეროს მიმართულებით მოვადებთ N ძალებს. ვამაგრებთ 1—2 ლეროს და 3 წერტილისათვის შევარჩევთ მყისა 3—3₀ სიჩქარეს. მოცემული აღმსახველი 3₀ წერტილის მიხედვით განესაზღვრავთ (§ 29—წესის დახმარებით) აღმსახველ 4₀ და 5₀ წერ-

ტილებს; აღმსახველი 1₀ და 2₀ წერტილები 1 და 2 წერტილებთან თანხვედრებია. მოცემულ წამწესათვის § 30-ის (80) განტოლებას გამოვიყენებთ, აღმსახველ 5₀ წერტილის მიმართ S ძალლონის მხარს 5_{0a}-თი აღვნიშნავთ, 3₀ აღმსახველის წერტილის მიმართ P ძალის მხარს კი 3_{0C}-თი;

$$(110) \quad P \cdot \widehat{3_0C} + S \cdot \widehat{5_0a} = 0$$

წამწეს კვანძებზე რამოდენიმე გარეძალა რომ ყოფილიყო მოდებული, მაშინ (110) განტოლების პირველ ნაწილში გვექნებოდა წვერი $EP_i \lambda_i$, სადაც λ_i წარმოადგენს ძალის მომენტს აღმსახველი წერტილის მიმართ. (110) განტოლებიდან ვპოულობთ

$$(111) \quad S = - \frac{P \cdot \widehat{3_0C}}{\widehat{5_0a}}$$

აქ შესაძლებელია ორი შემთხვევა: პირველი, როცა მხარი $\widehat{5_0a}$ ნულის ტოლია და 1—5₀ მიმართულებით თანხვედრა (პარალელურია) 1—5 ლეროსთან; ამ შემთხვევაში $S = \infty$ და ეს კი გვიჩვენებს, რომ არ მოგვეპოვება წამწეს წონასწორობაში მომყვანი ძალლონე, ე. ი. წამწე ცვლად სისტემას წარმოადგენს.

მეორე შემთხვევა, როცა მხარი $\widehat{5_0a}$ არ უდრის ნულს და გვერდი 1—5₀ არ არის პარალელური ლეროს 1—5; ამ შემთხვევაში S ძალლონეს აქვს გარკვეული მნიშვნელობა, რაიც იმის მაჩვენებელია, რომ არსებობს წამწეს წონასწორობაში მომყვანი ძალლონე, ე. ი. წამწე უცვლელ სისტემას წარმოადგენს.

აქედან გამომდინარეობს: წამწეს ცვლადობის საკითხის ამომხსნელი წესი. აღმსახველ წერტილთა სურათში ყველა გვერდები წამწეს სათანადო ლეროების პარალელური თუ აღმოჩნდა, მაშინ წამწე ცვლად სისტემას (მექანიზმს) წარმოადგენს; თუ კი აღმსახველ წერტილთა სურათში ერთი გვერდი არ არის პარალელური წამწეს სათანადო ლეროსი, დანარჩენი გვერდები კი ლეროთა პარალელურებია, მაშინ ასეთი წამწე უცვლელ სისტემას (ნაშენს) წარმოადგენს.

A. წამწეს ცვლადობის საკითხი ამოიხსნება ჰენე-ბერგის წესითაც. მოცემულ წამწეს (ნახ. 166) აშორებენ 1—5 ლეროს და მის ნაცვლად შემოაქვთ e ასოთი აღნიშნული 2—4 ლერო; 1—5 ლეროს გასწვრივ 1 და 5 კვანძებზე მოსდებენ X ძალებს. § 12-ის (4) განტოლების მიხედვით ვაღვენთ განტოლებას:

$$(112) \quad T_e = S_e + \gamma_e X$$

სადაც T_e სრული ძალღონეა დამატებით e ღეროში, S_e გარეძალთაგან წარმოშობილი ძალღონეა იგივე ღეროში, X არის ძალღონე მოშორებულ 1—5 ღეროში; e ღერო მოშორებული უნდა იქმნეს. რისი დაშვებაც შეიძლება, როცა სრული T_e ძალღონე უდრის ნულს,

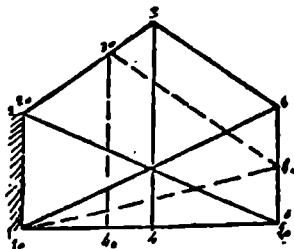
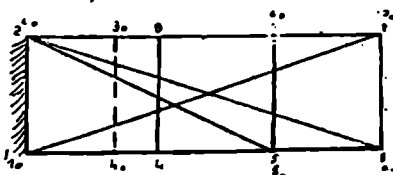
$$S_e + \gamma_e X = 0$$

განტოლებიდან განვსაზღვრავთ X -ს:

$$X = -\frac{S_e}{\gamma_e}$$

1—5 ღეროს გასწვრივ 1 და 5 კვანძებზე მოვდებთ წინაუკმო მიმართულების ერთეულ ძალებს და კვანძთა ამოჭრის წესით განვსაზღვრავთ γ_e ძალღონეს. დავიწყეთ 1 კვანძიდან და განვსაზღვროთ 1—2 ღეროს ძალღონე; გადავიდეთ 2 კვანძზე და 1—2 ღეროს ცნობილი ძალღონის მიხედვით ვიპოვოთ e და 2—3 ღეროების ძალღონეები. იმ შემთხვევაში, როცა γ_e არ უდრის ნულს, X უსასრულოდ დიდ მნიშვნელობას იღებს, რაიც იმაზე მიგვითითებს, რომ მოცემული წამწე ცვლადი სისტემაა. აქედან გამომდინარეობს ჰენებერგის ხერხით წამწეს ცვლადობის საკითხის გადამწყვეტი წესი: როცა დამატებით ღეროში, $x=0$ დროს, ძალღონე ნულია, მაშინ წამწე ცვალეზადია; თუ კი იგივე ძალღონე არ უდრის ნულს, მაშინ წამწე უცვლელია.

ამოცანა 43. განსაზღვრეთ ცვალეზადია თუ არა 1—2—7—8 სისტემა (ნახ. 167).

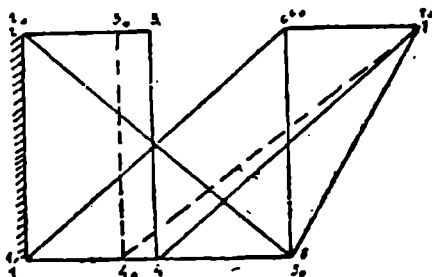


ნახ. 168.

პასუხი: ცვალეზადია. ამავრებენ 1—2 ღეროს; აკლიან 2—8 ღეროს; აიღებენ 3—3₀ სიჩქარეს, განსაზღვრავენ აღმსახველ წერტილებს 4₀, 5₀, 6₀, 7₀, 8₀; 2₀—8₀ || 2—8.

ამოცანა 44. განსაზღვრეთ ცვალეზადია თუ არა სისტემა 1—2—3—6—5 (ნახ. 168).

პასუხი: უცვლელია. ამაგრებენ 1-2 ღეროს, აკლიან 1-6 ღეროს; დასახევენ აღმსახველ 3₀ წერტილს, განსაზღვრავენ 4₀, 5₀ და 6₀ და პოულობენ 1₀-6₀ || 1-6.



ნახ. 169.

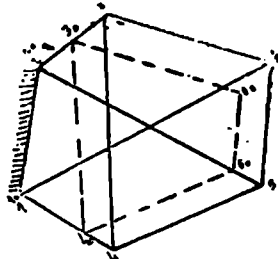
სისტემა 5-6-3-4 (ნახ. 170).

პასუხი: უცვლელია. ამაგრებენ 1-2, აკლიან 2-3; უძრავია 5, 6 და 7 კვანძები; შეარჩევენ 8₀, განსაზღვრავენ 9₀, 4₀ და 3₀ და პოულობენ 2₀-3₀ არ არის || 2-3.

ამოცანა 47. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 1-3-5 (ნახ. 171).

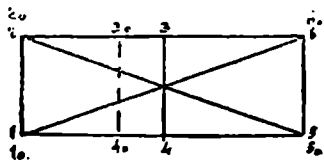
პასუხი: უცვლელია. ამაგრებენ 1-2; აკლიან 1-6; შეარჩევენ 3₀, პოულობენ 4₀, 5₀ და 6₀ და 1₀-6₀ არ არის || 1-6.

ამოცანა 48. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 1-2-6-5 (ნახ. 172).



ნახ. 171.

პასუხი: ცვალებადია.

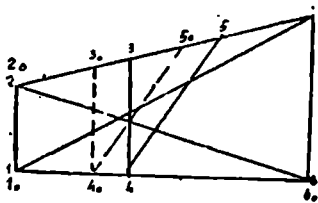


ნახ. 172.

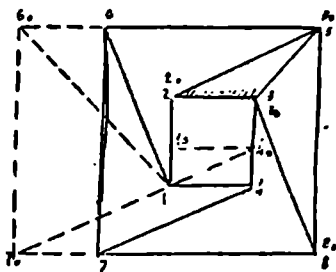
ამოცანა 49. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 1—2—
—6—7 (ნახ. 173).

პასუხი: ცვალებადია.

ამოცანა 50. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 6—5—
—8—7 (ნახ. 174).



ნახ. 173.



ნახ. 174.

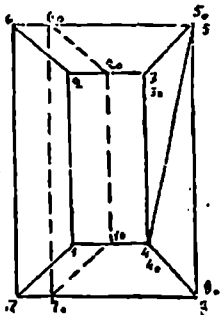
პასუხი: უცვლელია. ამაგრებენ 2—3, უძრავი კვანძებია 5 და 8; აცლიან 1—6; არჩევენ 1_0 , პოულობენ 4_0 , 7_0 და 6_0 და 1_0-6_0 არ არის || 1—6.

ამოცანა 51. განსაზღვრეთ, ცვალებადია თუ არა სისტემა 7—6—
—5—8 (ნახ. 175).

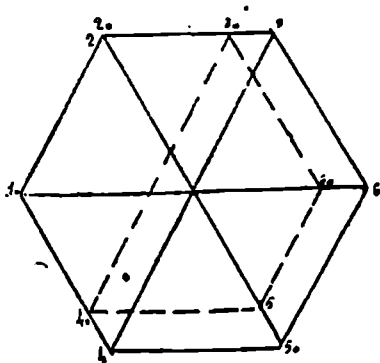
პასუხი: ცვალებადია.

ამოცანა 52. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 1—3—5
(ნახ. 176).

პასუხი: ცვალებადია.



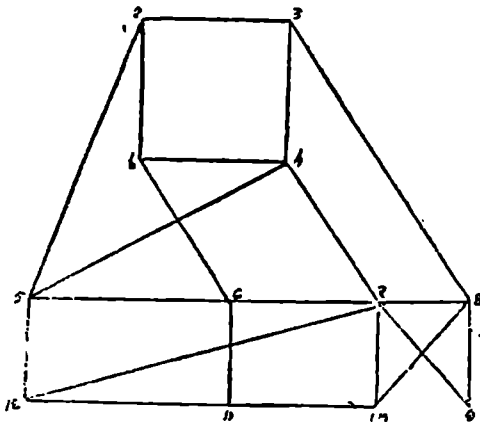
ნახ. 175.



ნახ. 176.

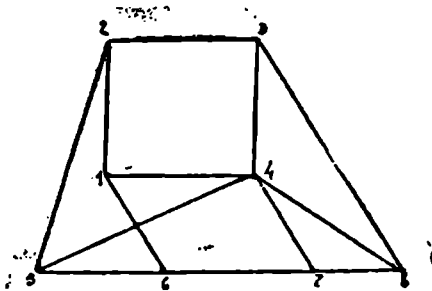
ამოცანა 53. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 2—3—8—9—12 (ნახ. 177).

პახუხი: უცვლელია. ამაგრებენ 2—3; აკლიან 3—8; არჩევენ 1_0 , პოულობენ 4_0 , 5_0 , 6_0 , 7_0 , 12_0 , 11_0 , 10_0 , 9_0 , 8_0 და 3_0 — 8_0 არ არის



ნახ. 177.

|| 3—8. ჰენებერგის მიხედვით აშორებენ 1—2, ჩადგამენ 11—7; კვანძ 1-ის $\Sigma J=0$ განტოლებით განზღვრიან 1—6 ღეროს ძალღონეს; 6 კვანძისათვის $\Sigma J=0$ განტოლებით განზღვრიან 6—11 ღეროს ძალღონეს და 11 კვანძისათვის $\Sigma J=0$ განტოლებით განზღვრიან 11—7 ღეროს ძალღონეს $\gamma_6 \cong 0$.

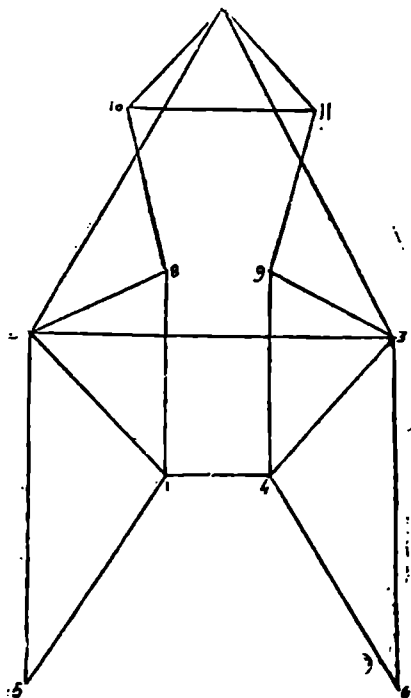


ნახ. 178.

ამოცანა 54. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 2—3—8—5 (ნახ. 178).

პასუხი: უცვლელია.

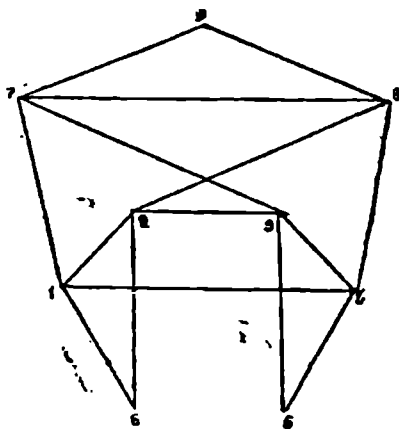
ამოცანა 55. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 5-2-7-3-6 (ნახ. 179).



ნახ. 179

პასუხი: უცვლელია. ამგვრებენ 1-2; 5 და 8 უძრავი წერტილებია; აკლიან 10-11; არჩევენ 10₀, პოულობენ 7₀, 3₀, 4₀, 9₀, 11₀ და 10₀-11₀, არ არის || 10-11.

ამოცანა 56. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 6-7-9-8-5 (ნახ. 180).



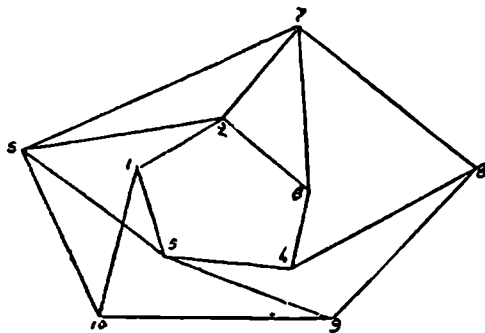
ნახ. 180.

პასუხი: უცვლელია. ამგვრებენ 1-2; 6 უძრავი წერტილია; აკლიან 2-3; არჩევენ 7₀, პოულობენ 8₀, 9₀, 4₀, 3₀, 5₀ და 2₀-3₀, არ არის || 2-3.

ამოცანა 57. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 6-7-8-9-10 (ნახ. 181).

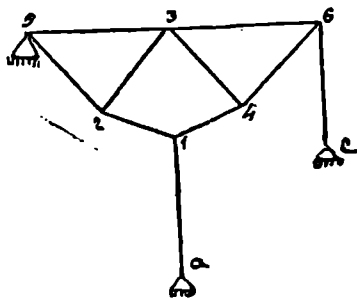
პასუხი: უცვლელია. ამგვრებენ 1-2; აკლიან 1-10; არჩევენ 7₀, პოულობენ 6₀, 5₀, 3₀, 4₀, 8₀, 9₀ და 10₀ და 1₀-10₀, არ არის || 1-10.

ამოცანა 58. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 1—5—6. მოცემულ (ნახ. 182) წამწეში ღეროთა რიცხვი = 8 და საყრდნობთა ღეროების რიცხვი = 4, რისათანა 8—4 უდრის კვანძთა ორმაგ რიცხვს, ე. ი. სტატიკის განტოლებათა რიცხვი საკმარისია ღეროებში ძალონების გამოსათვლელად.



ნახ. 181.

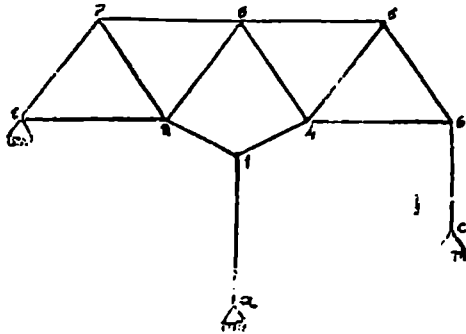
პახუხი: უცვლელია. ამგვრებენ 5 და a წერტილებს, აცლიან $6-c$ ღეროს; არჩევენ 3_0 , განსაზღვრავენ 2_0 , 1_0 , 6_0 და 6_0-c არ არის $\parallel 6-c$. ჰენბერგის მიხედვით აცლიან $1-a$ და ჩაუერთებენ



ნახ. 182.

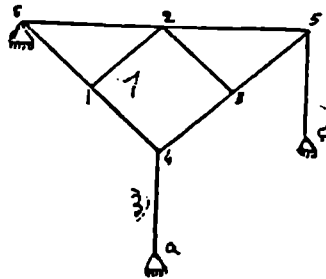
1—3; განზღვრიან 5—2, 2—3, 3—4 ღეროთა ძალონებს და $\sum J=0$ განტოლებით 3 კვანძისათვის პოულობენ 1—3 ღეროს ძალონებს, რომელიც $\cong 0$.

ამოცანა 59. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 8-7-5-6 (ნახ. 183).



ნახ. 183.

პასუხი: უცვლელია. ამაგრებენ 8 და 9 წერტილებს; აცლიან 6-9 ღეროს; არჩევენ 2₀, განზღვრიან 7₀, 3₀, 1₀, 4₀, 5₀, 6₀ და 6₀-9 არ არის || 6-9.



ნახ. 184.

ამოცანა 60. განსაზღვრეთ ცვალებადია თუ არა სისტემა 6-5-4 (ნახ. 184).

პასუხი: ცვალებადია.



1.	წამწეების შედგენა	3
შ 2.	საყრდნობები	4
შ 3.	წამწეების წონასწორობის პირობები .	5
შ 4.	თოკის მრავალკუთხედი . .	6
შ 5.	საყრდნობთა წინალობანი	11
	ა მ ო ც ა ნ ე ბ ი	14
შ 6.	ძალღონეები წამწეს ლერობში	18
შ 7.	რიტერის წესი .	20
შ 8.	კულმანის წესი . .	22
შ 9.	ციმერმანის წესი .	23
შ 10.	კრემონას წესი	24
შ 11.	კრემონას დიაგრამის აგების შემაფერხებელი შემთხვევები	27
შ 12.	ჰენებერგის წესი	29
შ 13.	წამწეს დატვირთვა	32
შ 14.	კონსოლიანი და გამაწონასწორებელი კოჭები და წამწეები . . .	34
შ 15.	სამსახსრიანი თალები და წამწეები	36
შ 16.	კვეთის შერჩევა	39
	ა მ ო ც ა ნ ე ბ ი	44
შ 17.	მარტივ კოჭისათვის შევული V ძალის (ძალთა ჯამის) და მღუნავი M მომენტის გავლენის ხაზი	64
შ 18.	კვანძითი გადაცემა .	69
შ 19.	თანბარი დატვირთვა	72
შ 20.	გაწონასწორებული კოჭის გადამკრელი V ძალის და მღუნავი M მომენტის გავლენის ხაზი	73
შ 21.	სამსახსრიანი თალის გავლენის ხაზი	79
შ 22.	მარტივი წამწეს ლეროთა ძალღონეების გავლენის ხაზი	86
შ 23.	გაწონასწორებულ წამწეს ლეროების ძალღონეთა გავლენის ხაზი .	90
შ 24.	რთული წამწეს ლეროების ძალღონეთა გავლენის ხაზი	92
შ 25.	თოკის მრავალკუთხედის საშუალებით ურთიერთ დაკავშირებული შთაწერტული ტვირთების სისტემის მღუნავ მომენტთა უდიდესი მნიშვნელობის განსაზღვრა	107
შ 26.	ვინკლერის დიაგრამის საშუალებით მარტივი კოჭის n კვანძისათვის შევული გადამკრელი ძალის (V_n) უდიდესი მნიშვნელობის განსაზღვრა . .	118
შ 27.	გავლენის ბაზის საშუალებით ფუნქციის უდიდესი მნიშვნელობის განსაზღვრა	121
შ 28.	ლეროთა ცვლილი სისტემა	123
შ 29.	აღმსაჭველი წერტილები	126
შ 30.	მარტივ წამწეებში ძალღონეთა განსაზღვრა კინემატიკური წესით .	129
შ 31.	პოლუსეზნ	132
შ 32.	იჯლება ხაზის სისტემა	147