

გიორგი ნოზაძე, დავით ძიგვაშვილი

დატვირთული ბაგირის სტატიკური წონასწორული მდგომარეობის გაანგარიშება საწყის მონაცემთა მიმდევრობითი ვარიაციის გზით დრეკადი წაგრძელების გათვალისწინებით

ანოტაცია. სტატიაში განხილულია დაკიდებული ბაგირების სტატიკური წონასწორობის გაანგარიშების დისკრეტული მეთოდის რეალიზაციის ამოცანა თანამედროვე პროგრამირების ენაზე MS Visual Basic - ში. შემოთავაზებულია ბაგირის დატვირთვის დისკრეტული ზოგადი სქემა გრავიტაციულ ველში დაკიდებული ბაგირისათვის. ანალიზური მეთოდებისაგან განსხვავებით შესაძლებელია ნებისმიერი რაოდენობის და მიმართულების დატვირთვის ვექტორის რეალიზაცია, რომელიც მოქმედებს ბაგირზე. ამოცანის დასმა და ამოხსნა შესაძლებელია მოცემულ იქნას სამონტაჟო ბაგირის სიგრძის ან ბაგირის მაქსიმალური დასაშვები დაჭიმულობის სახით მოცემული საწყისი მონაცემების საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: დისკრეტული; ბაგირი; დაჭიმულობა; დატვირთვები.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის საბადოთა დამუშავებისა და სამთო გეოტექნიკის ლაბორატორიის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი თ. გობეჯიშვილი.

შესავალი

შენობა-ნაგებობები და მანქანა-მექანიზმები მათი ექსპლუატაციის დროს ყოველთვის იმყოფებიან გარკვეული გარე დატვირთვების პირობებში. აღნიშნული დატვირთვები მოქმედების ხანგრძლივობის მიხედვით შეიძლება დაიყოს ორ კატეგორიად: მუდმივი და დროებითი დატვირთვები. მათი მოქმედება განხილულ ობიექტებზე სხვადასხვანაირად ვლინდება და შესაბამისად მათ დასაპროექტებლად სხვადასხვა გაანგარიშების მეთოდიკას მოითხოვს. არსებობს საინჟინრო ნაგებობების სტატიკური და დინამიკური გაანგარიშების ანალიზური მეთოდები.

ბაგირი საკუთარი წონით გრავიტაციულ ველში ორ წერტილს შორის დაკიდებული საბაგირო სისტემა სტატიკურად ურკვევ სისტემას წარმოადგენს. ასეთი სისტემების გაანგარიშების ანალიზური მეთოდიკა გარკვეულ დაშვებებს ემყარება.

კიდულიბაგირის სტატიკური წონასწორობის გამოსათვლელი შემოთავაზებული დისკრეტული მეთოდი დაფუძნებულია დაკიდებული ბაგირის ტეხილით აპროექსიმირების შესაძლებლობაზე. დაკიდებული ბაგირის სტატიკური წონასწორობის მდგომარეობის მიღწევის ამოცანა შესაძლებელია გადაწყდეს დისკრეტულად წარმოდგენილი ბაგირის კვანძების თანმიმდევრული სტატიკური წონასწორული მდგომარეობების რეალიზაციის გზით, როდესაც ცნობილია დისკრეტულ კვანძებში მოქმედი გარე ძალების სიდიდე.

ძირითადი ნაწილი

ორ წერტილზე საკუთარი წონით დაკიდებული ბაგირის სტატიკური წონასწორობის მდგომარეობის ამოცანა ისმება შემდეგ პირობებით:

სივრცეში მოცემულია ბაგირის დაკიდების საწყისი და საბოლოო წერტილების კოორდინატები, გაუჭიმავი ბაგირის სიგრძე, l მ. ბაგირის წონა და დაკიდების ერთ-ერთ წერტილში ბაგირის დაჭიმულობის ძალის სიდიდე და მიმართულება.

საჭიროა ვიპოვოთ ბაგირის სტატიკური წონასწორობის მდგომარეობა, მისი დაკიდების კონტურის გეომეტრია, დაკიდების კონტურის წერტილებში ბაგირში მოქმედი ძალების სიდიდე და მიმართულება.

ცნობილ ანალიზურ მეთოდებში ძალის ან მისი მდგენელის მოცემა ბაგირის ერთერთ წერტილში აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. მისი მნიშვნელობა აიღება ბაგირის დაჭიმულობის ჰორიზონტალური მდგენელის ან ერთერთ დაკიდების წერტილზე დაჭიმულობის ძალის ვექტორის სახით.

ჯაჭვწირის შემთხვევაში იგი განსაზღვრულია ჯაჭვწირის პარამეტრით $c = \frac{H}{q}$,

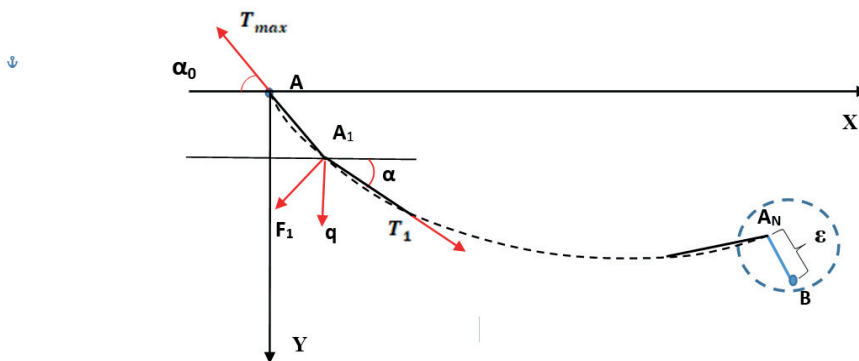
ხოლო პარაბოლის მეთოდის შემთხვევაში $p = \frac{H}{q} \cos \beta$, სადაც H - არის ბაგირის

დაჭიმულობის ძალის ჰორიზონტალური მდგენელი მოცემულ წერტილში.

ამდენად დამპროექტებელმა უნდა შეირჩიოს ბაგირი, რომელიც ხასიათდება გარკვეული გამგლეჯი ძალთ $T_{\text{გ.ა}}$, ლითონური განივი კვეთით - S , დრეკადობის

მოდულით - E და l მ. ბაგირის წონით - q .

ვინაიდან ცნობილია, რომ ორ წერტილს შორის დაკიდებულ ბაგირში დაჭიმულობის მაქსიმალური მნიშვნელობა გვაქვს მეტი ორდინატის მქონე წერტილისათვის, შესაძლებელია დისკრეტული ამოცანა დაისვას ბაგირის მეტი ორდინატის მქონე წერტილში დაჭიმულობის საწყისი მნიშვნელობის აღებით ზოგადობის შეუზღუდავად. ასეთ შემთხვევაში მიზანშეწონილია მაქსიმალურად იქნეს გამოყენებული შერჩეული ბაგირის მოცემული რესურსი, თუ საკონსტრუქტორო მოსაზრებით სხვა რამ არ არის გათვალისწინებული.



სურ. 1. დისკრეტული მეთოდის საანგარიშო სქემა წარმოდგენილი სქემის მიხედვით დისკრეტული მეთოდის რეალიზაცია განხორციელდება შემდეგი ალგორითმის მიხედვით

აღნიშნული მოსაზრებიდან გამომდინარე დისკრეტული მეთოდის საანგარიშო სქემის განსაზღვრისათვის მიზანშეწონილია ბაგირში არსებული გაჭიმვის მაქსიმალური

ძალა შევირჩიოთ მეტი ორდინატის მქონე წერტილისათვის შემდეგი ნორმატიული პირობიდან გამომდინარე.

$$T_{\max} = \frac{T_{\text{გამ}}}{n} \quad (1)$$

სადაც n არის ბაგირის მარაგის კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა საბაგირო გზების შემთხვევაში მოიცემა სათანადო სტანდარტით.

საანგარიშო სქემა შეგვიძლია განვიხილოთ შემდეგ ნახაზის მიხედვით

1. გაუჭიმავი ბაგირის L_0 სიგრძის დაყოფა N ნაწილად;
2. ბაგირის დაკიდების მეტი ორდინატის წერტილში საწყისი პირობა მოიცემა ბაგირის დაჭიმულობის ძალის სიდიდის და მიმართულების სახით (T_{\max}, α_0);
3. ბაგირის $L_1 = L_0/N$ სიგრძის მონაკვეთის გადადება ხდება საწყისი პირობის შესაბამისი ძალის ვექტორის მიმართულებით;
4. დაჭიმულობის ძალით შესაძლებელია ჰუკის კანონით და ბაგირის ფიზიკური მონაცემებით განისაზღვროს ბაგირის აღებული მონაკვეთის შესაბამისი დრეკადი წაგრძელება;
5. შემდგომ ეტაპზე ზუსტდება წრფივად დეფორმირებული მონაკვეთის გამაწონასწორებელი უცნობი ძალის მოდების გეომეტრიული ადგილი დრეკადი წაგრძელების შესაბამისად.
6. ახალ A_1 კვანძში ხორციელდება qL_1 ვერტიკალურად მოქმედი საკუთარი წონის ძალის და საწყისი პირობით განსაზღვრული სხვა დამატებითი F_1 ძალის ვექტორის მოდება, ასეთის არსებობის შემთხვევაში;
7. A_1 კვანძში სრულდება ბაგირის მოცემული მონაკვეთის წონასწორობის პირობა ოთხი შესაძლო ვექტორის ვექტორული ჯამის 0 - თან ტოლობით, საიდანაც განისაზღვრება მოღებულ ახალ კვანძში უცნობი გამაწონასწორებელი ძალა T_1 .

აღნიშნული პროცედურები {1-7} მეორდება ციკლურად ყოველი ახალი გადადებული ტეხილი მონაკვეთისათვის, რომლის გადადებაც მოხდება ახალი გამაწონასწორებელი ნაპოვნი ძალის მიმართულებით.

ციკლური პროცესი შესრულდება N მონაკვეთისათვის, რის შედეგადაც N -ური კვანძის A_N გეომეტრიული ადგილი მიიღება სივრცეში.

ცახადია, A_N - ის კოორდინატები არ დაემთხვევა B სამიზნე წერტილის კოორდინატებს.

ალგორითმის დასკვნით ეტაპზე საწყისი მონაცემების (T_{\max}, α_0) ვარირების გზით ხდება სპეციალური ალგორითმით $|A_N - B|$ მანძილის მინიმიზაცია სასურველი ε სიზუსტით.

წარმოდგენილი ალგორითმის პროგრამული რეალიზაცია მოხდა Visual Basic – ის გარემოში. შედგა პროგრამის მონაცემების შეტანის თანამედროვე დიალოგური ინტერფეისი, რომელიც წარმოდგენილია სურათზე 2.

დიალოგურ ინტერფეისში გათვალისწინებულია შემდეგი მოდულები :

- ბაგირის დაკიდების წერტილების კოორდინატების შეტანა;
- გაანგარიშების დისკრეტიზაციის და უზრუნველყოფილი სიზუსტის შერჩევა;
- ბაგირის ფიზიკური პარამეტრების შეტანა;

- ბაგირის მონაკვეთზე განვითარებული განაწილებული დატვირთვების შეტანა;
- ბაგირის შემადგენელ წერტილზე განვითარებული დატვირთვების შეტანა;
- ბაგირის საანგარიშო ძალოვანი პარამეტრების გამოტანა;
- ნაანგარიშები ბაგირის გეომეტრიის გამოტანა.

მოცემული ინტერფეისი წარმოადგენს „მეგობრულ“ ინსტრუმენტს, რომელიც დამპროექტებელს აძლევს ამოცანის ამა თუ იმ დასმის პირობებში სათანადო რჩევებს და უხეში შეცდომებისაგან დაზღვევის საშუალებას.

დიალოგური ინტერფეისის მაგალითი წარმოდგენილია სურათზე 3.

The screenshot shows a complex dialog box with several sections:

- ბაგირის გეომეტრია (Bag Geometry):** Includes fields for '2-dan 2', 'საყრდენის X კოორდინატი' (5), 'საყრდენის Y კოორდინატი' (50), and 'წაშლა' (Delete) button.
- ბაგირის მონაცემები (Bag Parameters):** Includes 'კვანძი ბაგირზე' (0.1), 'კვანძი X ღერძზე' (0.001), 'ბაგირის გამწვანეტი ძალა' (600000), 'ბაგირის მარაგის კოეფიციენტი' (4), '1 მ. სიგრძის ბაგირის წონა' (40), 'ბაგირის დრეკადობის მოდული' (200000000000), and 'ბაგირის განიკვეთის ფართობი' (0.00093).
- შუალედური დატვირთვა (Intermediate Loading):** Includes 'ძალა' (Force), 'კუთხე' (Angle), 'X კოორდინატები', 'დასაწყისი ბოლო', and 'წაშლა' (Delete) button.
- წერტილოვანი დატვირთვა (Point Loading):** Includes '1-დან 1', 'ძალა' (80000), 'კუთხე' (-85), 'X კოორდინატი' (1), and 'წაშლა' (Delete) button.
- მეტი პარამეტრები:** Includes 'მაქსიმალური ძალის შეზღუდვა' (0.1), 'მოკლე ამოხსნა' (გრძელი ამოხსნა), and 'ბაგირის სიგრძის შეძლუდვა'.
- ბოლო ნაწილი:** Includes 'დამახსოვრება' (Save), 'გამოსვლა' (Exit), and 'გასროლა' (Clear) buttons.

სურ. 2. დიალოგური ინტერფეისის ვიზუალ ბეისიკში

The screenshot shows the same dialog box as in Figure 2, but with an error message displayed in a red box at the top right:

შეავსეთ შუალედური ძალის ყველა მონაცემი მოდ. ;სტრიქ. - 2; 328

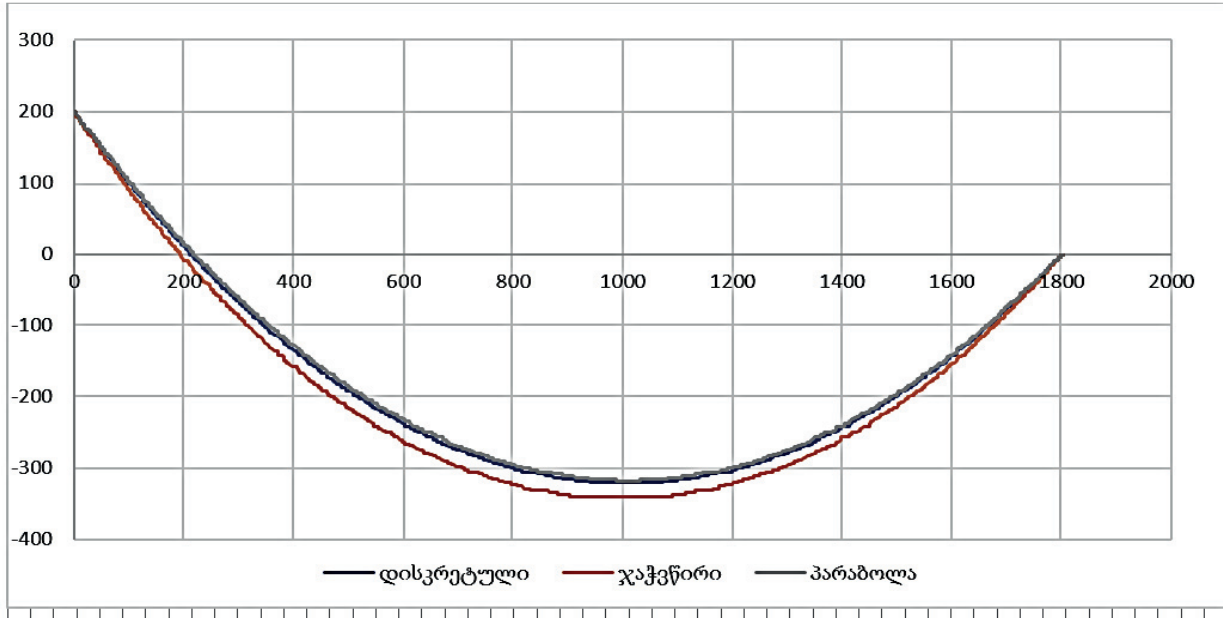
The error message indicates that not all intermediate force data has been entered. The interface shows the same fields as in Figure 2, but with some fields highlighted in red, indicating they are the source of the error.

სურ. 3. „მეგობრული“ ინტერფეისის მაგალითი მონაკვეთზე განაწილებული დატვირთვის ამოცანის საწყის მონაცემების ფორმირების დროს

შემოთავაზებული ინტერფეისის გამოყენებით დამპროექტებელს ეძლევა შესაძლებლობა საბაგირო სისტემა გაითვალოს ორი ძირითადი საპროექტო შეზღუდვიდან გამომდინარე:

- მაქსიმალური ძალის შეზღუდვა; - ბაგირის სამონტაჟო სიგრძის შეზღუდვა.

შესრულდა შესადარებელი გათვლები და შედეგები შედარდა ჯაჭვწირის და პარაბოლის ანალიზური მეთოდებით მიღებულ შედეგებს, როდესაც ბაგირი განხილულია საკუთარი განაწილებული წონის ზემოქმედების ქვეშ (იხ. სურ. 4)



სურ. 4. ანალიზური და დისკრეტული მეთოდით დათვლილი ბაგირის დაკიდების მრუდები

სურ. 5. ბაგირის გაანგარიშების მოდული მონაკვეთზე განაწილებული დატვირთვის დროს

საბაგრო სისტემის გათვლის შედეგად მიიღება შემდეგი სიდიდეები:

სამონტაჟო ბაგირის სიგრძე;

გაჭიმული ბაგირის სიგრძე;

ბაგირის თითოეულ კვანძში განვითარებული დაჭიმულობის ძალა.

ბაგირის 1-ლ დაკიდების წერტილზე დაჭიმულობის ძალა და კუთხე;

ბაგირის 2-ე დაკიდების წერტილზე დაჭიმულობის ძალა და კუთხე;

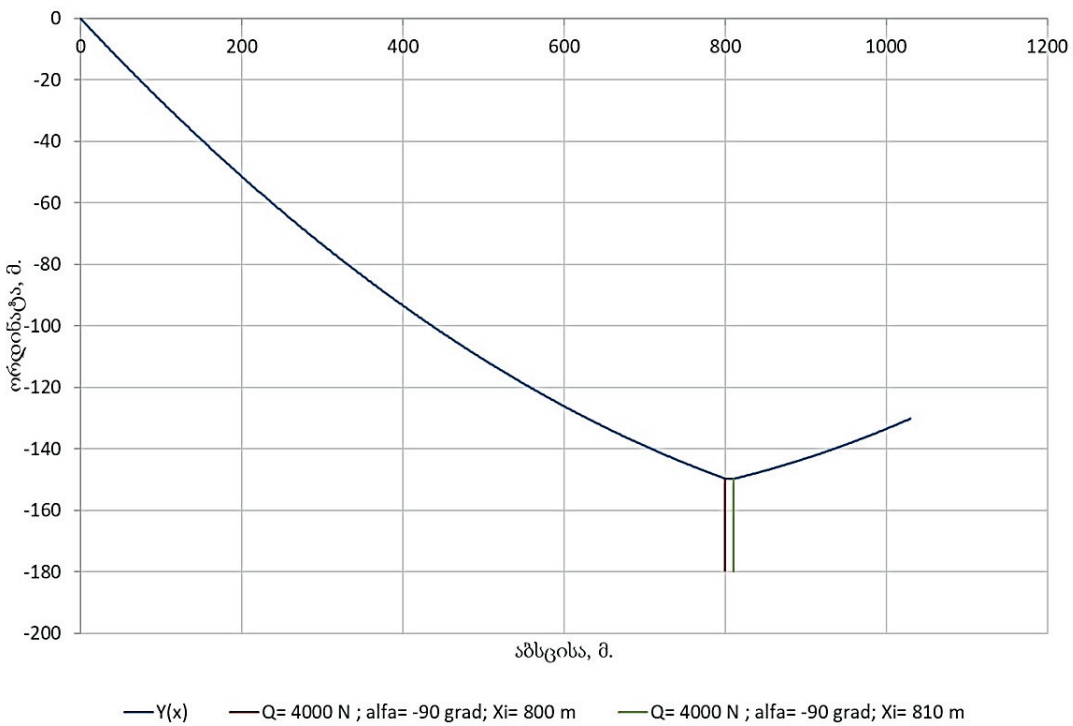
მაქსიმალური ჩაკიდების სიდიდე და კოორდინატები;

ბაგირის დაკიდების მინიმუმის წერტილი და კოორდინატები.

მიღებული შედეგები საკმარისია, რომ მივიღოთ საბაგრო სისტემის გეომეტრიის და ძალების განაწილების სრული დახასიათება.

ქვემოთ მაგალითისათვის, მოცემულია დაკიდებული ბაგირის გეომეტრია 10 მ. შუალედში განაწილებული დატვირთვის შემთხვევაში.

(იხ. სურ. 6).



სურ. 6. დაკიდებული ბაგირის გეომეტრია მონაკვეთზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვის დროს

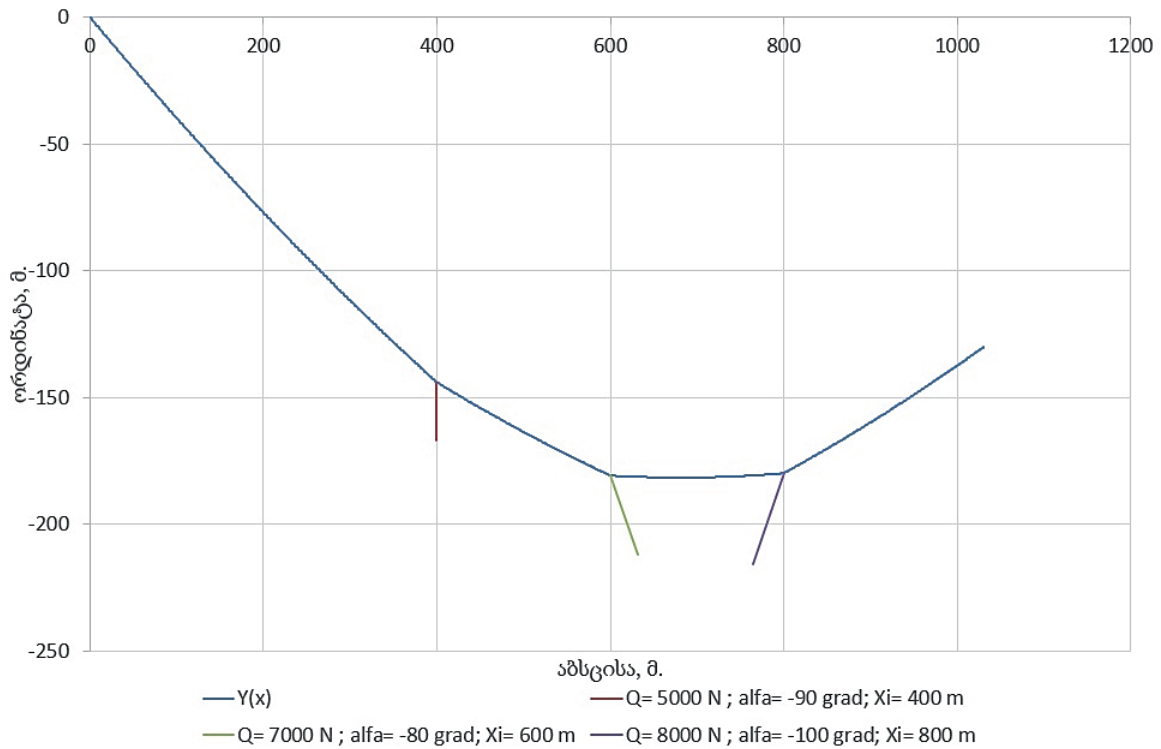
ბაგირის გაანგარიშება შეყურსული დატვირთვის დროს

ანალოგიურად, დიალოგური რეჟიმი დაკიდებულ ბაგირის შეყურსული დატვირთვის შემთხვევა იანგარიშება შემდეგი საწყისი მონაცემების შეტანით:

შეყურსული წერტილის აბსცისის შეტანა.

შეყურსული კვანძებში განვითარებული დატვირთვის სიდიდის და მიმართულების შეტანა; აღსანიშნავია, რომ მოდულში გათვალისწინებულია რამდენიმე შეყურსული დატვირთვის მონაცემების შეტანა და ანგარიში.

გათვლის მაგალითი რამდენიმე შეყურსული დატვირთვის დროს ნაჩვენებია ქვემოთ წარმოდგენილ სურათზე 7.



სურ. 7. დაკიდებული ბაგირის გეომეტრია რამდენიმე სხვადასხვანაირად ორიენტირებული შეყურსული დატვირთვის დროს

დასკვნები

დამუშავდა გრაფიტაციის ველში დაკიდებული ბაგირის ძალოვანი საანგარიშო პროგრამა, რომლის გამოყენებითაც შესაძლებელია შეყურსული და მონაკვეთზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვის ქვეშ მყოფი საბაგირო სისტემის სტატიკური წონასწორული მდგომარეობის გაანგარიშება დრეკადი წაგრძელების გათვალისწინებით.

პროგრამა დიალოგური რეჟიმში უზრუნველყოფს გრაფიტაციულ ველში მყოფი ბაგირის საანგარიშო ამოცანის კორექტულად დასმას და გადაჭრას.

ნაანგარიშები ბაგირის გეომეტრია აღიწერება დისკრეტულად განაწილებულ კვანძებში გამავალი ტეხილის საშუალებით. დისკრეტიზაციის ხარისხი შეზღუდულია გამომთვლელი აპარატურის რიცხვების თანრიგის წარმოდგენის ზღვარით.

ლიტერატურა

1. Patariaia D. The calculation of rope-rod structures of ropeways on the basis of the new approach; WORLD CONGRESS of O.I.T.A.F., RIO DE JANEIRO, BRAZIL, October, 2011, 24 – 27, PAPERS OF THE CONGRESS; <http://www.oitaf.org/Kongress%202011/Referate/Patariaia.pdf>

NOZADZE GIORGI, DZIGVASHVILI DAVIT

STATIC CALCULATION OF ROPE BY SEQUENTIAL VARIATION OF INITIAL DATA TAKING INTO ACCOUNT ELASTIC ELONGATION

ANNOTATION. The article discusses the task of implementing a discrete method for calculating the static equilibrium of suspended ropes in the modern programming language MS Visual Basic. A discrete general rope loading scheme for a rope suspended in a gravity field is proposed. Unlike analytical methods, it is possible to realize any number and direction load vector acting on the rope. The assignment and solution of the task can be given on the basis of the initial data given in the form of the length of the installation rope or the maximum tension of the rope.

KEYWORDS: discrete; rope; tension; loads.