

UDC 624

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-4-155-166>

სამღეროვანი წამწის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების განსაზღვრა არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების მეთოდის გამოყენებით

ბადრი გვასალია მშენებლობის კომპიუტერული დაპროგრამების დეპარტამენტი, საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: gvasaliabadri01@gtu.ge

თამარ კვაჭაძე მშენებლობის კომპიუტერული დაპროგრამების დეპარტამენტი, საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: t.kvachadze@gtu.ge

რეცენზენტები:

ტ. კვიციანი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: tarielk@mail.ru

გ. ყიფიანი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: gelakip@gmail.com

ანოტაცია. ისეთი კონსტრუქცია, როგორც წამ-
წეა, ძალიან ხშირად გამოიყენება სამოქალაქო და სა-
მრეწველო მშენებლობაში. ნებისმიერი წამწე და მისი
ღეროები, როგორც მისი შემადგენელი ელემენტები,
იღებს გარკვეულ დატვირთვას. ამიტომ ღეროების
აუცილებელი სიმტკიცისა და თითოეული ღეროს
დამაბულობის გაანგარიშება მოცემული დატვირთ-
ვის დროს, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია სა-
მოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დაპროექ-
ტებისას, რათა შემდგომში ისინი გამოყენებულ იქნეს
ღეროების განივი კვეთების ფართობების ისეთი

მნიშვნელობების გაანგარიშებისათვის, რომლებიც
უზრუნველყოფს წამწის მინიმალურ წონას.

ნაშრომში განხილულია სამღეროვანი სიმეტ-
რიული წამწის სიხისტის ფუნქციის ზოგადი სახით
ჩამოყალიბების საკითხი, რაც მნიშვნელოვნად
შეუწყობს ხელს არა მარტო ერთი რომელიმე ფიქ-
სირებული კონსტრუქციის წამწის ღეროების ოპტი-
მალური კვეთების შერჩევას არაწრფივი მათემატი-
კური დაპროგრამების მეთოდის გამოყენებით, არა-
მედ სხვა შეცვლილი სტრუქტურის წამწის (ღეროს
დახრის φ კუთხის სხვადასხვა, მაგრამ ფიქსირე-

ბული მნიშვნელობის დროს) ღეროების პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების არჩევას.

საკვანძო სიტყვები: არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამება; ოპტიმალური კვებები; სამღეროვანი სიმეტრიული წამწე.

შესავალი

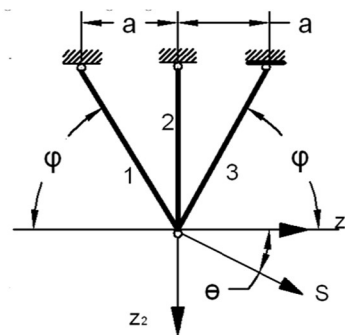
სამღეროვანი სიმეტრიული წამწის ღეროების ოპტიმალური პარამეტრების განსასაზღვრავად საჭირო გახდა დასმული საკვლევი საინჟინრო პრობლემის ირგვლივ არსებული ამოცანების ანალიზი, რის შედეგადაც დადგინდა, რომ დასმული საკითხი გადაწყვეტილია მხოლოდ ცალკეული მარტივი, ორღეროვანი წამწის შემთხვევაში, ე.ი როდესაც შესაძლებელია მიზნისა და შეზღუდვათა ფუნქციების ანალიზური გამოკვლევა ან მათი წარმოდგენა გრაფიკულად.

სამღეროვანი წამწის შემთხვევაში, როდესაც ზემოთ დასახელებულ ფუნქციებს აქვს რთული სახე, მითითებული მიდგომების გამოყენება შეუძლებელია. სამღეროვანი წამწის შემთხვევაში აუცილებელი გახდა მისი მათემატიკური მოდელის ზოგადი სახით წარმოდგენა. წამწის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების განსაზღვრა დაყვანილ იქნა არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანად, რომლის მიზნის ფუნქციის გლობალური ექსტრემუმის მოსანახად გამოყენებულ იქნა მიზნის ფუნქციის „ექსტრემუმის ძებნის შემთხვევითი ძებნის მეთოდი“.

ძირითადი ნაწილი

1. ამოცანის დასმა

ვთქვათ, მოცემულია სამღეროვანი სიმეტრიული წამწე. მოითხოვება წამწის ღეროების განივი კვებების ფართობების შერჩევა ისეთნაირად, რომ წამწე, რომელიც მოცემულია სურ. 1- ზე იყოს რაც შეიძლება მსუბუქი და სტატიკური დატვირთვისას აკმაყოფილებდეს შეზღუდვებს დამაბულობაზე, გრძივი ღუნვისას მდგრადობაზე, გადაადგილებასა და ღეროების გეომეტრიულ ზომებზე.



სურ. 1

მოცემული წამწის წონას, რომელიც წარმოადგენს მიზნის ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე:

$$\psi = \rho \cdot a \cdot (b_1 + b_2 \sin \varphi + b_3) / \cos \varphi, \quad (1.1)$$

სადაც b_1, b_2, b_3 არის წამწის 1,2,3 ღეროების განივკვეთის ფართობები შესაბამისად; φ – კუთხე, რომელსაც წამწის კიდურა ღეროები ადგენენ z_1 აბცისთა ღერძთან; θ – დატვირთვის მიერ z_1 ღერძთან შედგენილი კუთხე; ρ – წამწის ღეროების მასალის კუთრი წონა, რომლისგანაც დამზადებულია წამწე; a – სურათზე ნაჩვენები ზომა; S – კვანძზე მოდებული დატვირთვის ვექტორი.

საერთოდ კვანძის ჰორიზონტალური z_1 და ვერტიკალური z_2 გადაადგილებები მიიღება დრეკა-

დობის თეორიის წრფივი დამოკიდებულებიდან [1] მოცემული კონფიგურაციის წამწის შემთხვევაში ეს დამოკიდებულებები, მატრიცული სახით შემდეგია:

$$K(b) \cdot z - S = 0, \quad (1.2)$$

სადაც $z = [z_1, z_2]^T$, $K(b)$ – სიხისტის დადებითად განსაზღვრული მატრიცაა და არის არაგანსაკუთრებული, ის არის ამავე დროს საძიებელი პარამეტრების დიფერენცირებადი ფუნქცია და არაცხადი ფუნქციის შესახებ არსებული თეორემის საფუძველზე განისაზღვრება როგორც b -ს დიფერენცირებადი ფუნქცია [1].

ნორმალური დამაბულობა თითოეულ ღეროში მიიღება დეფორმაციის გამოთვლის გზით, კვანძის გადაადგილებიდან და ჰუკის კანონის გამოყენებით:

$$\sigma_1 = \frac{E(z_1 + z_2)}{2 \cdot a}, \quad \sigma_2 = \frac{Ez_2}{a}, \quad \sigma_3 = \frac{E(z_2 - z_1)}{2a}, \quad (1.3)$$

სადაც E იუნგის მოდულია.

თუ დასაშვებია ნორმალური დამაბულობა σ_i^0 , $i = 1, 2, 3$, განსაზღვრულია თითოეული ღეროსათვის, მაშინ შეზღუდვები მიიღებს შემდეგ სახეს::

$$\psi_1 = \frac{E|z_1 + z_2|}{2 \cdot a} - \sigma_1^0 \leq 0, \quad (1.4)$$

$$\psi_2 = \frac{E|z_2|}{a} - \sigma_2^0 \leq 0, \quad (1.5)$$

$$\psi_3 = \frac{E|z_2 - z_1|}{2 \cdot a} - \sigma_3^0 \leq 0. \quad (1.6)$$

იმისათვის, რომ გავითვალისწინოთ შეზღუდვები მდგრადობაზე (თითოეული ღეროსათვის), ინერციის მომენტებსა და განივკვეთების ფართობებს შორის დამოკიდებულებას საჭიროა მივცეთ შემდეგი სახე: $I = \beta \cdot b^2$, სადაც b არის განივი კვეთის ფართობი, β – უგანზომილებო მუდმივა, მსგავსი

დამოკიდებულება მიიღება, თუ დაფიქსირდება განივი კვეთების ფორმები და ყველა მისი ზომები შეიცვლება ერთნაირი პროპორციით. I – ინერციის მომენტი. ღეროების ღერძულ ძალებს აქვს შემდეგი სახე: $F_i = b_i \sigma_i$, $i = 1, 2, 3$. ამასთანავე, ღეროების გაჭიმვა მიღებულია დადებითად. თუ ღეროს სიგრძეს აღვნიშნავთ ℓ -ით და გავითვალისწინებთ, რომ $-F_i \leq \pi^2 E I_i / \ell_i^2$, $i = 1, 2, 3$, მაშინ შეზღუდვებს მდგრადობაზე ექნება შემდეგი სახე:

$$\psi_4 = -\frac{E(z_1 + z_2)}{2 \cdot a} - \frac{\pi^2 E \cdot \beta \cdot b_1^2 \cdot \cos^2 \varphi}{a^2 \cdot \sin^2 \varphi} \leq 0, \quad (1.7)$$

$$\psi_5 = -\frac{Ez_2}{a} - \frac{\pi^2 E \beta b_2^2}{a^2} \leq 0, \quad (1.8)$$

$$\psi_6 = -\frac{E(z_2 - z_1)}{2a} - \frac{\pi^2 E \cdot \beta \cdot b_3^2}{2 \cdot a^2} \leq 0. \quad (1.9)$$

შეზღუდვებს გადაადგილებაზე ექნება შემდეგი სახე:

$$\psi_7 = |z_1| - z_1^0 \leq 0, \quad (1.10)$$

$$\psi_8 = |z_2| - z_2^0 \leq 0, \quad (1.11)$$

სადაც z_1^0 და z_2^0 წინასწარ მოცემული შეზღუდვების ზედა ზღვრებია შესაბამისად.

ბოლოს მოითხოვება, რომ ღეროების კვეთების ფართობები აკმაყოფილებდეს პირობებს:

$$b'_1 \leq b_1 \leq b''_1, \quad b'_2 \leq b_2 \leq b''_2, \quad b'_3 \leq b_3 \leq b''_3, \quad (1.12)$$

სადაც $b'_1, b''_1, b'_2, b''_2, b'_3$ და b''_3 საძიებელი პარამეტრების ზედა და ქვედა საზღვრებია, შესაბამისად.

ამრიგად, წამწის ოპტიმალური დაპროექტების ამოცანა შეიძლება განვიხილოთ როგორც ისეთი b_1, b_2, b_3 საპროექტო პარამეტრების არჩევის ამოცანა, რომელიც დააკმაყოფილებს (1.3-1.12) პირობებს და მინიმიზაციას გაუკეთებს წამწის წონას.

უნდა აღინიშნოს, რომ გადაადგილებები z_1 და z_2 მოცემულ ფორმულირებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. ეს ცვლადები მოდებულია დატვირთვებზე და განსაზღვრავს კონსტრუქციის გეომეტრიულ პარამეტრებს.

ზემოთ აღნიშნული ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაწყვეტად, პირველ რიგში, საჭიროა დავადგინოთ $K(b)$ სიხისტის ფუნქციის სახე. ვინაიდან აღნიშნული ამოცანა, სახელმძღვანელოებში ცნობილია წამწის კლასიკურ ამოცანად, ამიტომ მიზანშეწონილია, მოცემულ შემთხვევაში ჩამოვყალიბოთ სიხისტის ფუნქცია $K(b)$ ზოგადი სახით.

თეორემა. თუ სამღეროვანი წამწე არის სიმეტრიული ცენტრალური ღერძის მიმართ (იხ. სირ. 1.), წამწის კიდურა ღეროების აბცისთა ღერძთან დახრის კუთხე $0 < \varphi < \pi/2$ შუალედში დებულობს ნებისმიერ, მაგრამ ფიქსირებულ მნიშვნელობას. თუ წამწეზე მოდებულია დატვირთვის ვექტორი S , რომლის z_1 ღერძთან დახრის კუთხე $0 < \theta < \pi/2$ შუალედში დებულობს, ასევე, ნებისმიერ მაგრამ ფიქსირებულ მნიშვნელობას, მაშინ სიხისტის ზოგად ფუნქციას მოცემული კონსტრუქციის წამწეებისათვის ექნება შემდეგი სახე:

$$k(b) = \begin{bmatrix} (Eb_1 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_1 + Eb_3 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_3) & (Eb_1 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_1 - Eb_3 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_3) \\ (Eb_1 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_1 - Eb_3 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_3) & (Eb_1 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_1 + Eb_2 / \ell_2 + Eb_3 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_3) \end{bmatrix}, \quad (1.13)$$

სადაც ℓ_i , $i=1,2,3$ წამწის ღეროების სიგრძეებია შესაბამისად, E არის იუნგის მოდული. (თეორემის დამტკიცება მოცემულია [2] ნაშრომში).

ზოგადად, კომპიუტერული პროგრამის შექმნისას, მოცემული ტიპის წამწეებისათვის, კერძოდ, იმის გამო, რომ წამწის ღეროები მართკუთხა სამკუთხედებს ქმნის, სადაც a და ℓ_2 არის კათეტები, ხოლო ℓ_1 და ℓ_3 – ჰიპოტენუზები, შეგვიძლია ვისარგებლოთ შემდეგი დამოკიდებულებებით:

$$\ell_1 = \frac{a}{\cos \varphi}, \quad \ell_2 = a \cdot \tan \varphi, \quad \ell_3 = \frac{a}{\cos \varphi}. \quad (1.14)$$

სიხისტის ფუნქციის ზოგადი (1.13) ფორმულის ჩასმა (1.2) დამოკიდებულების ფორმულაში მოგვცემს გამოსახულებას, რომელსაც აქვს შემდეგი სახე:

$$\begin{bmatrix} (Eb_1 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_1 + Eb_3 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_3) & (Eb_1 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_1 - Eb_3 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_3) \\ (Eb_1 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_1 - Eb_3 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_3) & (Eb_1 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_1 + Eb_2 / \ell_2 + Eb_3 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_3) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix}, \quad (1.15)$$

სადაც $s_1 = s \cdot \cos \theta$, და $s_2 = s \cdot \sin \theta$.

მატრიცული ფორმით ჩაწერილი უკანასკნელი განტოლებათა სისტემა ჩავწერთ როგორც ჩვეულებრივი განტოლებათა სისტემა. მას ექნება შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned} (Eb_1 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_1 + Eb_3 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_3) z_1 + (Eb_1 \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_1 - Eb_3 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_3) z_2 &= s \cdot \cos \varphi \\ (Eb_1 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_1 - Eb_3 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_3) z_1 + (Eb_1 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_1 + Eb_2 / \ell_2 + Eb_3 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_3) z_2 &= s \cdot \sin \varphi \end{aligned} \quad (1.16)$$

მიღებული სისტემა ამოვსნათ კრამერის წესის გამოყენებით. სისტემის დეტერმინანტს ექნება სახე:

$$\Delta = \begin{vmatrix} (Eb_1 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_1 + Eb_3 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_3) & (Eb_1 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_1 - Eb_3 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_3) \\ (Eb_1 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_1 - Eb_3 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_3) & (Eb_1 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_1 + Eb_2 / \ell_2 + Eb_3 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_3) \end{vmatrix}. \quad (1.17)$$

(4.16) სისტემის ამოვსნისას გასათვალისწინებელია, რომ $\Delta \neq 0$.

სისტემის ამონახსნს ექნება შემდეგი სახე:

$$z_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad z_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \quad (1.18)$$

სადაც

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} s_1 \cdot \cos \theta & (Eb_1 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_1 - Eb_2 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi / \ell_3) \\ s_2 \cdot \sin \theta & (Eb_1 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_1 + Eb_2 / \ell_2 + Eb_3 \cdot \sin^2 \varphi / \ell_3) \end{vmatrix}, \quad (1.19)$$

და

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} (Eb_1 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_1 + Eb_3 \cdot \cos^2 \varphi / \ell_3) & s \cdot \cos \theta \\ (Eb_1 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_1 - Eb_3 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi / \ell_3) & s \cdot \sin \theta \end{vmatrix}. \quad (1.20)$$

კუთხეები φ და θ გადავიყვანოთ რადიანულ ზომებში და $\Delta, \Delta_1, \Delta_2$ გამოსახულებათა ჩანაწერის გამარტივების მიზნით ვისარგებლოთ (1.14) დამოკიდებულებებით:

$$\begin{aligned} \sin \varphi &= \sin(0.0174 \cdot \varphi) = r, \quad \cos \varphi = \cos(0.0174 \cdot \varphi) = p, \\ \sin \theta &= \sin(0.0174 \cdot \theta) = q, \quad \cos \theta = \cos(0.0174 \cdot \theta) = v \end{aligned} \quad (1.21)$$

შესაბამისად გვექნება:

$$\begin{aligned} \Delta &= E \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi \left[\left(\frac{b_1}{\ell_1} + \frac{b_3}{\ell_3} \right) \left(\frac{b_1}{\ell_1} + \frac{b_2}{\ell_2 \sin^2 \varphi} + \frac{b_3}{\ell_3} \right) - \left(\frac{b_1}{\ell_1} - \frac{b_3}{\ell_3} \right)^2 \right] = \\ &= Er^2 \cdot p^2 \left[\left(\frac{b_1}{\ell_1} + \frac{b_3}{\ell_3} \right) \left(\frac{b_1}{\ell_1} + \frac{b_2}{\ell_2 \cdot r^2} + \frac{b_3}{\ell_3} \right) - \left(\frac{b_1}{\ell_1} - \frac{b_3}{\ell_3} \right)^2 \right], \end{aligned} \quad (1.22)$$

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= [Es \cdot \cos \theta \cdot \sin^2 \varphi \left(\frac{b_1}{\ell_1} + \frac{b_2}{\ell_2 \cdot \sin^2 \varphi} + \frac{b_3}{\ell_3} \right) - \sin \theta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \left(\frac{b_1}{\ell_1} - \frac{b_3}{\ell_3} \right)] = \\ &= Es \cdot v \cdot r^2 \left(\frac{b_1}{\ell_1} + \frac{b_2}{\ell_2 \cdot r^2} + \frac{b_3}{\ell_3} \right) - q \cdot r \cdot p \cdot \left(\frac{b_1}{\ell_1} - \frac{b_3}{\ell_3} \right) \end{aligned} \quad (1.23)$$

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= Es \cdot \left(\frac{b_1}{\ell_1} \cos^2 \varphi + \frac{b_3}{\ell_3} \cos^2 \varphi \right) \cdot \sin \theta - \cos \theta \cdot \left(\frac{b_1}{\ell_1} \cos \varphi \cdot \sin \varphi + \frac{b_3}{\ell_3} \cos \varphi \cdot \sin \varphi \right) = \\ &= Es \cdot p^2 \cdot \left[\left(q \left(\frac{b_1}{\ell_1} + \frac{b_3}{\ell_3} \right) - p \cdot v \cdot \left(\frac{b_1}{\ell_1} - \frac{b_3}{\ell_3} \right) \right) \right] \end{aligned} \quad (1.24)$$

მუდმივი სიდიდე E შეიძლება გავითვალისწინოთ სისტემის ამოხსნის შემდეგ.

გამოთვლები ჩავატაროთ შემდეგი რიცხვითი მაგალითის შემთხვევაში, როცა $\varphi = 45^\circ$, $a = 10$, $l_1 = l_3 = a / \sin \varphi$, $l_2 = a / \tan \varphi$, $\theta = 45^\circ$. ამისათვის საჭიროა შევადგინოთ ალგორითმი და შემდეგ გამოვიყენოთ პროგრამა Visual Basic-ი.

2. ამოცანის ამოხსნის ალგორითმი

ამოცანის ამოსახსნელად ვიყენებთ გლობალური ექსტრემუმის შემთხვევითი ძებნის ალგორითმს [3].

ქვემოთ მოყვანილია ამოცანის გადაწყვეტის მეტოდი.

1. წინასწარ განისაზღვრება მეთოდის მუშაობისათვის ყველა საჭირო საწყისი მონაცემი.

-დამოუკიდებელი ცვლადების რაოდენობა – N ;

-შეზღუდვათა რაოდენობა – M ;

-სადიებელი პარამეტრების ქვედა და ზედა საზღვრები;

-სტატიკური ცდების რაოდენობა – R ;

- $D_{\min}$ რიცხვის მნიშვნელობა (მაქსიმალურად შესაძლო დიდი რიცხვი).

2. დაიწყება სტატიკური ცდების ციკლი.

3. შემთხვევითი რიცხვების გენერატორი ციკლურად გამოიმუშავებს შემთხვევით რიცხვებს, რომლებიც შემდეგ ფორმირდება, სპეციალური ალგორითმის გამოყენებით, როგორც სადიებელი პარამეტრები.

4. გამოითვლება დეტერმინანტი (1.22) ფორმულით და შემოწმდება $Det \neq 0$ პირობაზე.

მისი დაკმაყოფილების შემთხვევაში ამოიხსნება განტოლებათა სისტემა z_1 -სა და z_2 -ის მიმართ. ამასთან ერთად გამოითვლება ყველა შეზღუდვის მნიშვნელობა.

5. z_1 და z_2 მნიშვნელობების გათვალისწინებით ციკლურად შემოწმდება პირობით მოთხოვნილი შეზღუდვები. თუ ყველა პირობა ერთდროულად დაკმაყოფილდა, მაშინ მართვა გადაეცემა მე-6 პუნქტის შესრულებას. ერთ-ერთი შეზღუდვის დაუკმაყოფილების შემთხვევაში პროგრამა უბრუნდება მე-2 პუნქტის შესრულებას.

6. გამოითვლება მიზნის ფუნქციის (1.1) მიმდინარე ψ მნიშვნელობა და შემოწმდება $\psi \leq D_{\min}$ პირობა. თუ ეს პირობა შესრულდება, მაშინ $D_{\min}$ -ს მიენიჭება ψ -ს მნიშვნელობა, რომელიც შეინახება (მასთან ერთად შეინახება სადიებელი პარამეტრების მნიშვნელობები), რათა გამოყენებულ იქნეს შემდეგი ციკლის განმეორების შემთხვევაში. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ე.ი. მაშინ, როცა $\psi > D_{\min}$ პროგრამა უბრუნდება მე-2 პუნქტის შესრულებას.

ზემოთ აღნიშნული პროცესი მეორდება მანამ, სანამ ჩატარებული სტატიკური ცდების რაოდენობა არ იქნება R -ზე მეტი. პროგრამის მუშაობის საბოლოო შედეგები იქნება b_1 , b_2 , b_3 მნიშვნელობები, რომლებიც ψ ფუნქციას მიაწოდებს მინიმალურ მნიშვნელობას.

3. სამღეროვანი წამწის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობის
განგარიშების პროგრამა

Private Sub Command1_Click()

'Wamwe

Dim R, P, Q, V, L(3), E, X(3), D1, D2, D3, PSI, z1, z2 As Single

Dim AA(3), BB(3), G(14), XM(3), S, S1 As Single

A = 10

E = 1

S1 = 20000

S = 3000000

FI = 45

TE = 45

R = Sin(0.0174 * FI)

P = Cos(0.0174 * FI)

Q = Sin(0.0174 * TE)

V = Cos(0.0174 * TE)

L(1) = A / P

L(2) = A * R / P

L(3) = A / P

B11 = 0.5

B12 = 1

B21 = 0.2

B22 = 0.5

B31 = 0.4

B32 = 0.8

L1 = 20000

L2 = 300000

L3 = 120000

AA(1) = B11

BB(1) = B12

$$AA(2) = B21$$

$$BB(2) = B22$$

$$AA(3) = B31$$

$$BB(3) = B32$$

$$N = 3$$

$$M = 14$$

$$DMIN = 9900000$$

For j = 1 To S

For I = 1 To N

$$X(I) = AA(I) + (BB(I) - AA(I)) * Rnd$$

'Print " X(I)=", X(I); " I ="; I

Next I

$$D1 = E^2 * R^2 * P^2$$

$$D2 = D1 * (X(1) / L(1) + X(2) / L(2)) * (X(1) / L(1) + X(2) / (L(2) * R^2) + X(3) / L(3))$$

$$D3 = E^2 * (X(1) / L(1) - X(3) / L(3))^2$$

$$Det = (D2 - D3)$$

$$Det1 = E * S1 * (V * R^2 * (X(1) / L(1) + X(2) / (L(2) * R^2) + X(3) / L(3))) - Q * P * R * (X(1) / L(1) - X(3) / L(3))$$

$$Det2 = E * S1 * (P^2 * (X(1) / L(1) + X(2) / L(2)) * Q - V * P * R * (X(1) / L(1) - X(2) / L(3)))$$

$$z1 = Det1 / Det$$

$$z2 = Det2 / Det$$

'Print " Det="; Det; " Det1="; Det1; " Det2="; Det2

If Det <> 0 Then

$$G(1) = X(1) - B11$$

$$G(2) = B12 - X(1)$$

$$G(3) = X(2) - B21$$

$$G(4) = B22 - X(2)$$

$$G(5) = X(3) - B31$$

$$G(6) = B32 - X(3)$$

$$G(7) = L1 - Abs(z1 + z2) / (2 * A)$$

$$G(8) = L1 - Abs(z2) / A$$

$$G(9) = L1 - Abs(z2 - z1) / (A * 2)$$

$$G(10) = (z1 + z2) / (2 * A) + 3.14 ^ 2 * X(1) * P ^ 2 / (2 * R ^ 2)$$

$$G(11) = z2 / A - 3.14 ^ 2 * X(2) * P ^ 2 / (A * R ^ 2)$$

$$G(12) = -((z2 - z1) / (2 * A) + 3.14 ^ 2 * X(3) * P ^ 2 / (A * R ^ 2))$$

$$G(13) = L2 - Abs(z1)$$

$$G(14) = L3 - Abs(z2)$$

$$LL = 0$$

For K = 1 To M

If G(K) >= 0 Then LL = LL + 1

' Print " LL="; LL

Next K

If LL = M Then

$$PSI = A * (X(1) + X(2) * R + X(3)) / P$$

' Print " PSI="; PSI; " A="; A

If PSI < DMIN Then

$$DMIN = PSI$$

$$DET0 = Det$$

$$Z11 = z1$$

$$Z22 = z2$$

For I = 1 To N

$$XM(I) = X(I)$$

Next I

Print "b1="; XM(1); "b2="; XM(2); "b3="; XM(3); "Fmin="; DMIN

Else

$$C = 5$$

End If

End If

End If

Next j

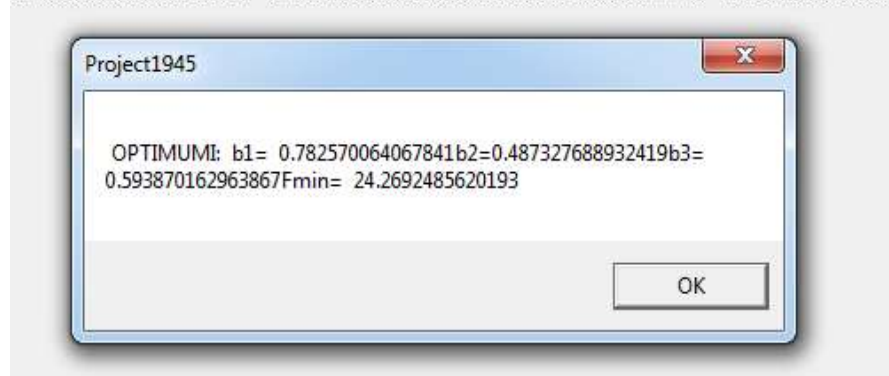
MsgBox (" OPTIMUMI: " & "b1=" & XM(1) & "b2=" & XM(2) & "b3=" & XM(3) & "Fmin=" & DMIN)

End

End Sub

პროგრამის მუშაობის შედეგები მოცემულია ქვემოთ:

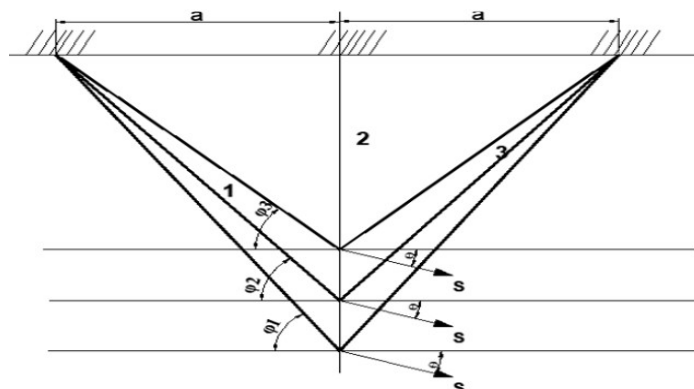
b1= 0.914900809526443 b2= 0.447380638122559 b3= 0.635665202140808 Fmin= 26.3283156057259
 b1= 0.852197885513306 b2= 0.478635793924332 b3= 0.612085008621216 Fmin= 25.422059906939
 b1= 0.778750509023666 b2= 0.472761237621307 b3= 0.662902569770813 Fmin= 25.0443262564205
 b1= 0.799428194761276 b2= 0.47077089548111 b3= 0.629945969581604 Fmin= 24.8512829442247
 b1= 0.850646376609802 b2= 0.499665814638138 b3= 0.555015707015991 Fmin= 24.8043114070045
 b1= 0.740182340145111 b2= 0.491701763868332 b3= 0.664069175720215 Fmin= 24.7051511955299
 b1= 0.807859808206558 b2= 0.488516354560852 b3= 0.577274680137634 Fmin= 24.4037399553499
 b1= 0.75855541229248 b2= 0.485912948846817 b3= 0.628093576431275 Fmin= 24.3991975570467
 b1= 0.770614296197891 b2= 0.493009448051453 b3= 0.609497618675232 Fmin= 24.3775957171395
 b1= 0.758346110582352 b2= 0.490409564971924 b3= 0.618627619743347 Fmin= 24.3074467059187
 b1= 0.763675272464752 b2= 0.489331477880478 b3= 0.613882350921631 Fmin= 24.3049551830335
 b1= 0.761593848466873 b2= 0.487786293029785 b3= 0.616230082511902 Fmin= 24.2933344280969
 b1= 0.775513797998428 b2= 0.489756751060486 b3= 0.600242781639099 Fmin= 24.2837778247273
 b1= 0.782570064067841 b2= 0.487327688932419 b3= 0.593870162963867 Fmin= 24.2692485620193



4. φ კუთხის ცვლილების გავლენა წამწის სხვა პარამეტრებზე

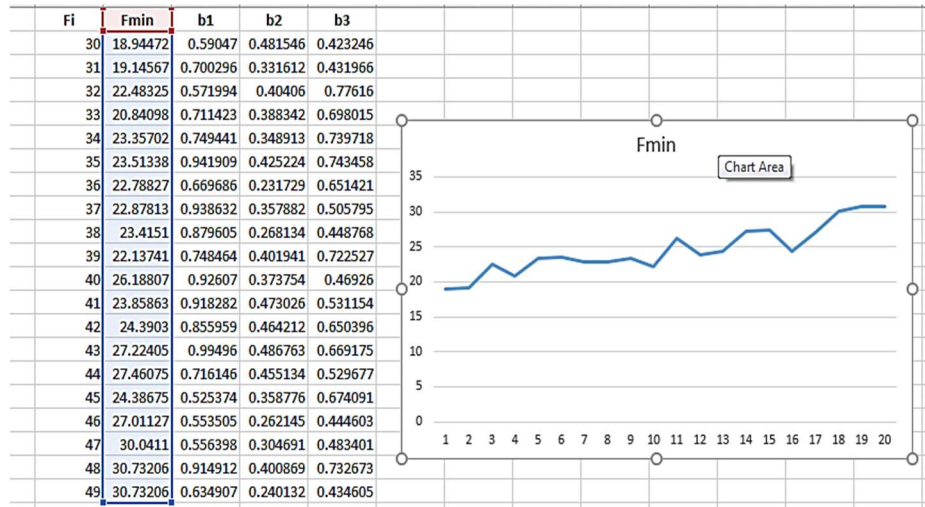
უნდა აღინიშნოს, რომ φ კუთხის ცვლილება იწვევს ჩარჩოს კონფიგურაციის შეცვლას ისეთნაირად, როგორც ეს არის ნაჩვენებიმე-2 სურ-ზე და იწვევს აგრეთვე შესაბამისი წამწის პარამეტრების

ოპტიმალური მნიშვნელობების ცვლილებასაც, პარამეტრებს შორის დამოკიდებულება მოცემულია ცხრილში და ნაჩვენებია შესაბამის გრაფიკზე. ყოველივე ამისათვის საჭიროა პროგრამის მცირედენი მოდიფიკაცია.



სურ. 2

ცხრილი 1.



დასკვნა

ნაშრომში განხილულია არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა სამდეროვანი სიმეტრიული წამწის პარამეტრების ოპტიმალური მიზნელობების გაანგარიშებისათვის წამწის წონის მიხედვით. შემოთავაზებული მეთოდი იძლევა საშუალებას წამწის ღეროების ფართობები ისეთნაირად შევარჩიოთ, რომ მისი წონა იყოს მინიმალური, მოცემული დატვირთვისა და ღეროების ფართობებზე დადებული შეზღუდვების დროს. ნაშრომში განხილულია წამწის კიდურა ღეროების აბსცისთა ღერძის მიმართ დახრის კუთხის ცვლილების გავლენა წამწის სტრუქტურასა და მისი პარამეტრების ოპტიმალურ მნიშვნელობებზე. მიზნის ფუნქციის გლობალური მინიმუმის მოსაძიებად გამოყენებულია შემთხვევითი ძებნის მეთოდი. დამუშავებულია, აგრეთვე, პროგრამების კომპლექსი, წამწის პარამეტრების ოპტიმალური რიცხვითი მნიშვნელობების მიღების მიზნით.

ლიტერატურა

1. Haug Edward J., Arora Jasbir S. (1983) Applied Optimal Design. Mechanical And Structural Systems., The University of Iowa.
2. Gvasalia, G., Jankarashvili, B., Serazadishvili, D., (2009). Demonstration of the optimal values of the paraments of a three-chain farm using a method of nonlinear mathematical programming. Georgian Technical University works #1(1)tBILISI.
3. Gamiter, V., & A. Kangani, B., M. (1999), Optimal design methods. Technomic Publishing Company.

UDC 624

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-4-155-166>

Determination of the optimal values of the parameters of a three-chain farm using a method of nonlinear mathematical programming

Badri Gvasalia

Department of construction computer programming, GTU, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str.

E-mail: gvasaliabadri01@gtu.ge

Tamar Kvachadze

Department of construction computer programming, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str.

E-mail: t.kvachadze@gtu.ge

Reviewers:

T. Kvitsiani, Professor of the faculty of construction of the GTU

E-mail: tarielk@mail.ru

G.Kipiani, Professor of the faculty of construction of the GTU

E-mail: gelakip@gmail.com

Abstract. The work considers the possibility of using the method of non-linear mathematical programming to calculate the optimal, according to the criterion of weight, the values of the parameters of a symmetrical three-tire farm. The proposed method allows you to choose the area of the transverse sections of the farm rods so that their weight would be minimal, with given loads and restrictions imposed on the area of the rods.

The work also considers the effect of changing the angle of inclination of the edge rods to the abscissa axis on the structure and values of the optimal parameters of the farm. To find the global minimum of target functions, a random search method is used. A set of programs for finding numerical values of the optimal parameters of the farms has also been developed.

Keywords: Nonlinear mathematical programming; Optimal intersections; Three-chain symmetrical farm.

განხილვის თარიღი 22.05.2024

შემოსვლის თარიღი 24.05.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.12.2024