

წამყვანი ხიდის ექვივალენტური რხევითი სისტემის იმიტაციური მოდელირების მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფა.

ცირა ბერაძე

ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის
ინფორმაციული ტექნოლოგიების დეპარტამენტის მოწვეული სპეციალისტი cira.beradze.65@mail.ru
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი თამარ მეფის ქ., 59

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია მობილური მანქანის წამყვანი ხიდის ექვივალენტური რხევითი სისტემის ეფექტური მოდელის აგების ამოცანა. დამუშავებულია ახალი რეოლოგიური მოდელი და ჩატარებულია შესაბამისი საინჟინრო გათვლები კონტროლის პროგრამის ("visual-Nastran") გამოყენებით. აღნიშნულ მოდელში ტრადიციულებთან შედარებით დამატებულია ახალი რგოლი - "გამათავებელი" თვისებების რხევითი სისტემების გაუმჯობესებისთვის, კვლევა თეორიული და ექსპერიმენტალური ხასიათისაა და ეფუძნება იმიტაციური მოდელირების მეთოდებს.

საკვანძო სიტყვები: ტანგენციალური, რადიალური, დემპფერება.

შინაარსი

თანამედროვე პირობებში მობილური მანქანების დაკიდების ფიზიკური ექვივალენტური რხევითი სისტემის შედგენის დროს ახდენენ მობილური მანქანის აგრეგატებისა და კვანძების უფრო მეტად დეტალიზაციას, რადგან თანამედროვე გამოთვლითი ტექნიკა იძლევა საშუალებას, ანგარიშის დროს გავითვალისწინოთ მობილური მანქანის კვანძების კონსტრუქციული თავისებურება.

დინამიკური კვლევის დროს ძირითადად ცნობილია კვლევის ორი მიმართულება: პროფ. იაცენკოს, რომლის დროსაც ცალკე განიხილება ტრანსმისიის რხევა და ცალკე მობილური მანქანის დაკიდების რხევა. პროფ. სეიონოვის შრომებში კი ძირითადად განიხილება ტრანსმისიისა და დაკიდების ურთიერთდამოკიდებული რხევითი სისტემა, სათანადო კავშირების და გავლენის გავთვალისწინებით. ორივე შემთხვევაში მიღებულია ანგარიშის ისეთი სიზუსტე, რომელიც აკმაყოფილებს საინჟინრო გათვლებს. ჩვენს შემთხვევაში არის მცდელობა იმისა, რომ გამოვიყენოთ ორივე მიმართულება ამისათვის ვთავაზობთ მობილური მანქანის წამყვანი ხიდის ახალ ექვივალენტური რხევითი სისტემის მათემატიკურ მოდელს.

ადრეულ შრომებში მობილური მანქანის რესორს აღწერდნენ ფოხტის მოდელით, გარდა ამისა არ ითვალისწინებდნენ რესორის გრძივ სიხისტეს და რესორის ყურების

ჩამაგრების თავისებურებას. მობილური მანქანის სადღის მოდელს განიხილავდნენ მოლოდ დიდი რადიალური მიმართულებით ან დრეკადი ელემენტის საშუალებით ან ფობტის მოდელით, სადაც ზამბარა და სითხიანი ამორტიზატორი ჩართულია პარალელურად. სინამდვილეში სალტე განიცდის დეფორმაციას, როგორც რადიალურ ასევე ტანგენციალურ და წრიული მიმართულებით. ვთვლით, რომ რადიალური მიმართულებით, თუ ადგილი არა აქვს საბურავის გზიდან ასხლეტას, მაშინ რადიალური მიმართულებით დეფორმაციის დროს მისი ფიზიკური მოდელი შეიძლება აღიწეროს ფობტის მოდელით, ტანგენციალური მიმართულებით ვთვლით, რომ ადგილი აქვს საბურავის გზასთან ნაწილობრივ სრიალს, ამიტომ საბურავის ტანგენციალური მიმართულებით დეფორმაციას აღწერენ პარალელურად შეერთებული სამ ელემენტისანი მოდელით. საბურავის წრიული მიმართულებით დეფორმაციისათვის ვიყენებთ აგრეთვე სამელემენტისანი მოდელს, სადაც ამორტიზატორი და მშრალი ხახუნი შეერთებულია პარალელურად და ეს ჩართულია მიმდევრობით დრეკად ელემენტთან, რომელიც შეესაბამება საბურავის სიხისტეს წრიული მიმართულებით.

სისტემის მოძრაობა აღიწერება სამი განტოლებით, რომელიც აკავშირებს ცვლილებას და სისტემის პარამეტრებს. შედარებისათვის მოვიყვანოთ პროფ. იაცენკოს მოდელები რომელშიც მოცემულია ექვივალენტური დამოუკიდებელი დაკიდების რხევითი სისტემა მცირე და ენერჯის მნიშვნელოვანი შთანთქმით საბურავში.

მასების მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებებს აქვს სახე:

$$\ddot{Z} + 2k\dot{Z} + \Omega^2 Z - 2k\xi - \Omega\xi = 0$$

$$\ddot{\xi} + \frac{2k}{\mu}\dot{\xi} + \left(\frac{\Omega^2}{\mu} + \omega^2\right)\xi - \frac{2k}{\mu}\dot{Z} - \frac{\Omega^2}{\mu}Z = \omega^2 q(t)$$

სადაც:

$\Omega_{1,2} = \sqrt{2C_{1,2}/M_{1,2}}$ - დარესორებული მასების საკუთარი რხევის სიხშირეებია მობილური მანქანის წინა ან უკანა დაკიდებაში;

$\omega_{1,2} = \sqrt{2C_{m1,2}/m_{1,2}}$ - დაურესორებული მასების საკუთარი რხევის სიხშირეებია საბურავზე;

$\mu_{1,2} = \frac{m_{1,2}}{M_{1,2}}$ - დაურესორებული მასების კოეფიციენტი;

$K = \frac{\eta_{1,2}}{M_{1,2}}$ - არის დაკიდებაში არადრეკადი წინააღმდეგობის კოეფიციენტი.

$M_1 = M_a \frac{b}{a+b}$ ან $M_2 = M_a \frac{b}{a+b}$ - მობილური მანქანის წინა და უკანა ხიდზე

დაყვანილი მასები;

M_a - მობილური მანქანის მასა;

a და b - სიმძიმის ცენტრის კოორდინატები.

ეს სისტემა ხშირად გამოიყენება დაკიდების რხევებზე ანგარიშისათვის, სვლის სიმდოვრისთვის და მობილური მანქანის სავალი ნაწილის დატვირთვისთვის.

მობილური მანქანებისათვის საბურავების სიხისტე მუდმივად მცირდება და მათი მშთანთქმელობითი და ენერჯის გაბნევის უნარის გაუთვალისწინებლობა იწვევს ანგარიშების დროს დიდ ცდომილებას. ამიტომ ექვივალენტურ სისტემაში შეჰყავთ

კიდევ ერთი დემპფერების ელემენტი. საფუძვლიანი ექსპერიმენტალური გამოკვლევები სალტის მშთანქმელობითი უნარის შესახებ გვიჩვენებს, რომ არადრაკადი წინააღმდეგობის ბლანტი მოდელი საბურავში არ შეესაბამება ექსპერიმენტის შედეგებს, რადგან ენერჯის შთანქმე საბურავში მნიშვნელოვან წილად დამოკიდებულია დეფორმაციის ამპლიტუდაზე, ამიტომ მხოლოდ პირველი მიახლოებით შეიძლება ჩავთვალოთ დეფორმაციის სიჩქარის პროპორციული მუდმივი η_{III} კოეფიციენტით.

თუ გავითვალისწინებთ ამ დაშვებებს, მობილური მანქანის წინა და უკანა დამოუკიდებელი ნაწილის რხევა - საბურავის მშთანქმელობითი უნარის გათვალისწინებით აღიწერება უფრო დეტალურად დიფერენციალური განტოლებებით:

$$\ddot{Z} + 2k\dot{Z} + \Omega^2 Z - 2k\dot{\xi} - \Omega^2 \xi = 0;$$

$$\ddot{\xi} + \left(\frac{\alpha k}{\mu} + 2k_{III}\right)\dot{\xi} + \frac{2k}{\mu} Z - \frac{\Omega^2}{\mu} Z = \omega^2 q(t) + 2k_{III}\dot{q}(t).$$

ჩატარებული შედარებით ახალი თეორიული და ექსპერიმენტალური გამოკვლევები, აზუსტებს რომ მობილური მანქანის დარესორების მოდელს აქვს მეტად დიდი მნიშვნელობა, რადგან საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ საბურავის ელასტიკურობის შემდგომი გაზრდა.

როგორც ცნობილია, საბურავი ახდენს გზის მიკროპროფილის გაუთოებას, თვითონ განიცდის დეფორმაციას და რხევით სისტემას არ გადასცემს, სწორედ ამ მოვლენის გათვალისწინების მიზნით დაკიდების ექვივალენტურ რხევით სისტემაში შეაქვთ გარდამქმნელი, რომელიც გარდაქმნის მიკროპროფილს მოსრიალე საშუალებით მუდმივი გამაუთოებელი ფანჯრით, რომელიც ტოლია სალტის გზაზე ანაბეჭდი სიგრძის, რომელიც გამოწვეულია მასზე სტატიკური დატვირთვის ზემოქმედებით, ეს კი იძლევა მხოლოდ მიახლოებას მიმდინარე პროცესთან.

ამრიგად, ახალ მოდელში ტრადიციულ მოდელთან შედარებით დამატებულია ახალი რგოლი - "გამაუთოებელი" თვისებების.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მოდელი უფრო ამართლებს პროფ. ვ. სემიონოვის მიმართულებას და შესაძლებელია მეტად იქნას გამოყენებული ურთიერთდამოკიდებულ რხევით სისტემებში.

$$1. M\ddot{X}_a + K_P^T [X_a - Z_m - (Z_a)\lambda] + C_P^T [X_a - X_m - (Z_a - Z_m)\lambda] = 0$$

$$2. m\ddot{X}_m - K_P^T [X_a - Z_m - (Z_a)\lambda] - C_P^T [X_a - X_m - (Z_a - Z_m)\lambda] + \frac{K_{III}^T}{r_K} \left(\frac{X_m}{r_K} + \dot{\alpha}(\ell) - \dot{\varphi}_K \right) + \frac{C_{III}^T}{r_K} \left(\frac{X_m}{r_K} + \alpha(\ell) - \varphi_K \right) = 0$$

$$3. M\ddot{Z}_a - K_P(Z_a - Z_m - \varphi_p d) + C_P(Z_a - Z_m - \varphi_p d + F_P) = 0$$

$$4. m\ddot{Z}_a - K_P(Z_a - Z_m - K_{III}(Z_m + \varphi_p d)) + C_{III}(Z_m + \varphi_p d) + F_P = \\ = K_m \dot{q}(\ell) + C_{III} q(\ell)$$

$$5. I_a \ddot{\varphi}_a - K_\varphi^P \left(\varphi_a - \varphi_p \frac{Z_a - Z_m}{b_p} \right) - C_\varphi^P \left(\varphi_a - \varphi_p \frac{Z_a - Z_m}{b_p} \right) = 0$$

$$6. I_m \dot{\varphi}_p - K_\varphi^P \left(\varphi_a + \frac{Z_a - Z_m}{b_p} - \varphi_p \right) + C_\varphi^P \left(\varphi_a - \frac{Z_a - Z_m}{b_p} - \varphi_p \right) -$$

$$K_{\text{III}}^P \left(\varphi_a - \frac{Z_a - Z_m}{b_p} - \varphi_k \right) + C_{\text{III}}^P \left(\varphi_p - \frac{Z_a - Z_m}{b_p} - \varphi_p \right) = 0$$

$$7. I_k \dot{\varphi}_k - K_{\text{III}}^\varphi \left(\varphi_p + \frac{Z_a - Z_m}{b_p} - \varphi_k \right) + K_{\text{III}}^\varphi \left(\varphi_p - \frac{Z_a - Z_m}{b_p} - \varphi_k \right) = 0$$

სადაც, M, m - შესაბამისად დარესორებული და დაურესორებელი მასებია;

Z_a, X_a, φ_a - შესაბამისად დარესორებული მასის გრძივი - ჰორიზონტალური, ვერტიკალური და წრიული მიმართულებით გადაადგილებებია;

X_m, Z_m - შესაბამისად დაურესორებელი მასის გრძივი-ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მიმართულებით გადაადგილებებია;

I_a - დარესორებული მასის ინერციის მომენტი;

I_m - დაურესორებელი მასის ინერციის მომენტი;

I_k - თვლის ინერციის მომენტი;

φ_p, φ_k - შესაბამისად რესორისა და სალტის გრძივი-ჰორიზონტალური მიმართულებით გადაადგილებებია;

$C_P C_P^T C_P^P$ - რესორის სიხისტეა შესაბამისად ვერტიკალური, გრძივი-ჰორიზონტალური და წრიული მიმართულებით;

$K_P K_P^T K_P^P$ - რესორის დემპფერებია შესაბამისად ვერტიკალური, გრძივი-ჰორიზონტალური და წრიული მიმართულებებით;

$C_{\text{III}}, C_{\text{III}}^T$ -სალტის სიხისტეა შესაბამისად ვერტიკალური და ტანგენციალური მიმართულებებით;

$K_{\text{III}}, K_{\text{III}}^T$ -სალტის დემპფერებია შესაბამისად ვერტიკალური და ტანგენციალური მიმართულებებით;

$\alpha(\ell)$ და $q(\ell)$ - გარეშე შემშფოთი წყაროებია;

სადაც, $\alpha = F_0 \frac{r_k}{c_m^T} \sin pt$, ხოლო $q = q_0 \sin \theta t$;

d - წამყვანი ხიდის შემობრუნების ღერძიდან დარესორებული მასის სიმძიმის ცენტრამდე მანძილია;

b_p - რეაქტიული მხარია, რესორის დამატებითი დეფორმაციის ძალებს და დრეკად ძალებს შორის;

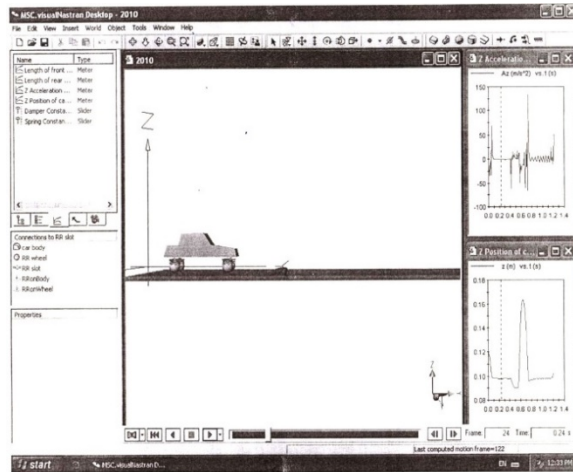
λ - კინემატიკის კოეფიციენტი;

r_k -თვლის გორვის რადიუსია;

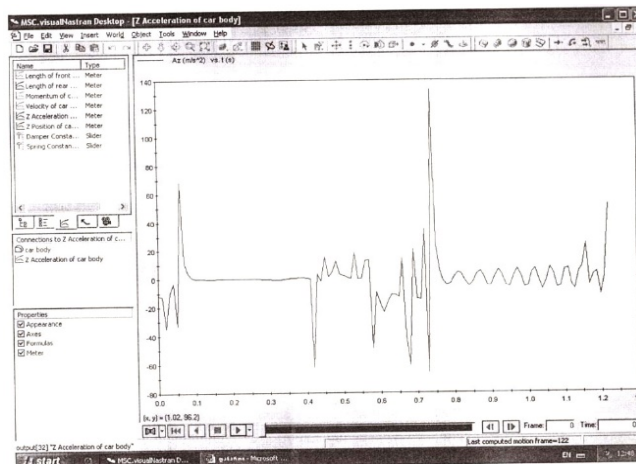
F_p -კულონური ხაუნის ძალაა, $F_p = P_0 \text{sign}(\dot{Z}_a - \dot{Z}_m - \dot{\varphi}_p d)$

სადაც P_0 მშრალი ხახუნის ძალაა.

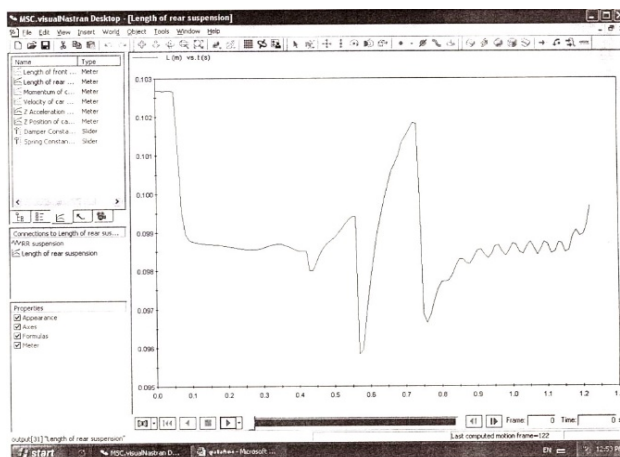
თანამედროვე პერსონალური კომპიუტერის შესაძლებლობა საშუალებას გვაძლევს იმიტაციური მოდელირების თეორიის საფუძვლების გამოყენებით შევადგინოთ ისეთი ალგორითმი, რომელიც გვაძლევს ცდების ჩატარების საშუალებას უშუალოდ კომპიუტერზე, აქედან გამომდინარე ვაყალიბებთ კვლევის მიზანსა და ამოცანას.



მობილური მანქანის საკიდარის რხევითი სისტემის მოდელირება საინჟინრო ანალიზისა და კონტროლის პროგრამის (“visual-Nastran”) საფუძველზე.



დარესორებული მასის აჩქარების გრაფიკი.



საკიდარის დეფორმაციის გრაფიკი.

სტატიაში მოყვანილია კომპიუტერზე კონტროლის პროგრამით შექმნილი რხევითი სისტემის სამი დასურათებული შედეგი.

გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] Р. Шенон Имитационное моделирование систем – искусство и наука. Изд-во” Мир”. – 1978. 417 с;
- [2] Т. П. Русадзе, В. Ф. Платонов, В. Ф. Суменов, А. С. Гогитидзе, П. Т. Русадзе Оптимизация параметров автомобиля Издательства “Алиони” - 2002
- [3] რუსაძე თ., ბერაძე ც. მობილური მანქანის დიაგნოსტიკაში გამოყენებული იმიტაციური მოდელირების პრინციპები. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრის შრომები, XI-თბილისი. მეცნიერება, 2004. გვ 3-8.

Article received: 2018-10-21