მილსაგლინავ მოწყობილობებში დარტყმითი ძალების შეფასება კატასტროფების თეორიის გამოყენებით

სესაძე ვალიდა, კეკენაძე ვლადიმერ, ჭიკაძე გელა,
კაიშაური თინათინ, ფაილოძე ნინო
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია მილსაგლინავ მოწყობილობებში ავტომატდგანის დეფორმაციის კერაში სამართულისა და გლინის ურთიერთქმედების დარტყმითი ძალების შეფასება რ. ტომის კატასტროფების თეორიის მოხედვით. ავტომატდგანების გლინებში აღძრული მაქსიმალური დაძაბულობის განსაზღვრისათვის აუცილებელია მხედველობაში მიღებული იქნას დარტყმითი ურთიერთქმედების ძალების გავლენა, რომლებიც განისაზღვრება სტატიაში მოცემული მეთოდიკის მიხედვით. ანალიზისათვის გამოიყენება რ. ადამიას ურთიერთქმედების მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს ავტომატდგანებში მილების გლინვისას დარტყმითი პროცესის განსაკუთრებულობებს. აღწერილი მეთოდიკის მიხედვით დარტყმითი ურთიერთქმედების ძალების პრაქტიკულმა გათვლებმა გვიჩვენა, რომ ვღებულობთ ნაკეცის ტიპის კატასტროფას.

საკვანძო სიტყვები: მილსაგლინავი. ავტომატდგანი. კატასტროფების თეორია. დარტყმითი ძალები. ურთიერთქმედების მოდელი.

1. შესავალი

მილსაგლინავ დანადგარებში მასრასა და სამართული-ღერო სისტემის დარტყმითი ურთიერთქმედების შედეგად აღიძვრებიან ძალები, რომლებიც იწვევენ ღეროს მნიშვნელოვან გადაღუნვას და დამტვრევას. აღნიშნული ძალები წარმოადგენენ აგრეთვე დეფორმაციის კერაში სამართულის არასტაბილური მდებარეობის მიზეზს, რის გამოც ხდება სხვადასხვა სისქის კედლის მილების გამოშვება.

ავტომატდგანში დეფორმაციის კერის ელემენტების დარტყმითი ურთიერთქმედების საკითხები ტექნიკურ ლიტერატურაში არ არის გაშუქებული და ამდენად სისტემაში მასრა-სამართული-ღერო დარტყმითი ძალების შეფასება და მათი შემცირება წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას [1].

სტატიაში მილსაგლინავ მოწყობილობებში ავტომატდგანის დეფორმაციის კერაში სამართულისა და გლინის ურთიერთქმედების დარტყმითი ძალების შეფასების პრობლემა გადაწყვეტილია კატასტროფების თეორიის გამოყენებით.

2. ძირითადი ნაწილი

ამ ამოცანის გადაწყვეტისათვის განხილულია შეჯახების მოდელი, რომელიც ითვალიწინებს ავტომატდგანებში მილების გლინვისას დარტყმითი პროცესის განსაკუთრებულობებს. შეჯახების პროცესში ერთ-ერთ ასეთ განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ მასრის დარტყმა სამართულზე ხორციელდება გლინების მიერ მეტალის ხელმეორედ წატაცებისას. ამიტომაც, სამართულზე დარტყმა ხორციელდება არა მთლიანი მასით, არამედ მხოლოდ მისი წინა ნაწილით, რომელიც პრაქტიკული გათვლებისას ხშირად უგულვებელყოფილია. რადგანაც მასრის წინა ნაწილი ჩაჭერილია გლინებით, ამიტომაც დამრტყმელი სხეულის მასა უნდა განისაზღვროს გლინების იმ მასით, რომელიც დაყვანილია დარტყმის ხაზზე.

ამრიგად, ამ შემთხვევაში ამოცანა დაიყვანება m მასის მქონე სხეულისა და მოპირდაპირე ბოლოში ჩამაგრებული ღეროს დარტყმაზე. ვინაიდან, მხედველობაში არ მიიღება დარტყმისას აღძრული ხისტი რხევები. მიტომაც, საანგარიშო სქემა უფრო გამარტივდება, თუ განაწილებული მასის მქონე ღეროს შევცვლით თავმოყრილი მასის M სხეულით, რომლებიც დაკავშირებული არიან C სიხისტის მქონე დრეკადი ელემენტით. ასეთი ცვლილების შედეგად უსასრულო თავისუფლების მქონე სისტემიდან გადავდივართ ერთი თავისუფლების მქონე სისტემაზე, რომლის მდგომარეობაც განისაზღვრება ერთი x კოორდინატით. მასრის სამართულთან შეჯახების მომენტში აღიძვრება საკონტაქტო $P(t)$ ძალა.

გლინების დაყვანილი მასა m შეიძლება განსაზღვრული იქნას გლინების ბრუნვისა და დაყვანილი მასის სხეულის წინსვლითი მოძრაობის კინეტიკური ენერგიების ტოლობებიდან.

ამრიგად, სისტემაში მასრა-სამართული-ღერო დარტყმითი ურთიერთქმედება ჩაიწერება შემდეგი განტოლებათა სისტემით:

$$\begin{cases} M\ddot{x} + Cx = P(t) \\ m\ddot{a} + m\ddot{x} = -P(t), \\ a = bP^{q} \end{cases} \qquad (1)$$

საწყისი პირობებით $x(0) = 0, \dot{x}(0) = 0, a(0) = 0, \dot{a}(0) = \gamma_0$.

სადაც: C-საანგარიშო სქემის დრეკადი ელემენტის სიხისტეა, m-გლინების დაყვანილი მასაა, γ_0-შეჯახების სიჩქარეა, M-გლინის თავმოყრილი მასაა, b და q პარამეტრები განისაზღვრებიან ურთიერთმოქმედი სხეულების მექანიკური და გეომეტრიული მახასიათებლებიდან, $P(t)$- ძალოვანი ფუნქციაა, a-ადგილობრივი პლასტიკური დეფორმაციაა.

უკანასკნელი განტოლებათა სისტემა შეიცავს სამ უცნობს x, a და $P(t)$, რადგანაც მოცემულ სისტემაში საინტერესოა მხოლოდ ძალოვანი ფუნქცია, ამიტომაც, გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ მეოთხე რიგის არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებას, რომელსაც აქვს სახე:

$$\begin{gathered} P^{1V} + \frac{\dot{P}^2\dddot{P}}{P}\frac{f}{h} + \frac{\ddot{P}^2}{P}\frac{3l}{h} + \frac{\dot{P}^2\ddot{P}}{P^2}\frac{d}{h} + \frac{\dot{P}^4}{P^3}\frac{a}{h} + \frac{\dot{P}^2}{P}\frac{\overline{K}l}{\beta h} + \\ + \ddot{P}\frac{\overline{K}}{\beta} + P^{1-q}\frac{1+\beta}{hm\beta}\ddot{P} + P^{2-q}\frac{\overline{K}^2}{hm\beta} = 0 \end{gathered} \qquad (2).$$

მიღებული არაწრფივი დიფერენციალური განტოლება საკმაოდ რთულია ანალიზური კვლევის ჩატარებისათვის. იმისათვის რომ შესაძლებელი გახდეს მისი საინჟინრო გათვლებში გამოყენება საჭიროა მისი გაწრფივება.

გარდაქმნების შედეგად (2) არაწრფივი დიფერენციალური განტოლების შესაბამისი წრფივი განტოლება შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$\ddot{P}(1+\beta) + \overline{K}^2 P + m\beta\chi P^{1V} + \overline{K}^2 m\chi\ddot{P} = 0 \ . \qquad (3)$$

აქ შემოტანილია აღნიშვნები:

$$\chi = \frac{1}{C_1}, \quad C = \frac{2ba_M^{M_q}}{1+q}, \quad a = \chi P \ .$$

უკანასკნელი განტოლება შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$P^{1V} + \ddot{P}\frac{1+\beta+\overline{K}^2 m\chi}{m\beta\chi} + \frac{\overline{K}^2}{m\beta\chi}P = 0 \ . \qquad (4)$$

თუ შემოვიტანთ აღნიშვნას

$$P^{1V} + \ddot{P}\frac{1+\beta+\overline{K}^2 m\chi}{m\beta\chi}, \qquad B = \frac{\overline{K}^2}{m\beta\chi},$$

საბოლოოდ მივიღებთ:

$$P^{1V} + A\ddot{P} + BP = 0 \ . \qquad (5)$$

შემდეგი საწყისი პირობებით:

$$P(0)=0;\quad \dot{P}(0)=\frac{\gamma_0}{\chi};\quad \ddot{P}(0)=0\ ;\quad \dddot{P}(0)=-\frac{1}{m\chi^2}\gamma\left(1+\frac{1}{\rho}\right).$$

ნაშრომში [1] მიღებული დიფერენციალური განტოლება ამოხსნილია ანალიზურად, რაც დაკავშირებულია რთულ და შრომატევად გათვლებთან. მიღებული დიფერენციალური განტოლება შეიძლება ამოხსნილი იქნას თვისობრივად კატასტროფების თეორიის გამოყენებით.

რ.ტომის კატასტროფების თეორია ეფუძნება ალბათობის სტაციონალური განაწილების ლოკალური ყოფაქცევის გამოკვლევას, რომლისკენაც მიისწრაფის სისტემა $t \to 0$ –თვის. სტაციონალური განაწილება შეიძლება წარმოდგენილი იქნას მდგომარეობის სივრცის პარამეტრების არეში რომელიმე ალბათურ ზედაპირად და გამოკვლეულ იქნას ეს ზედაპირი კატასტროფების თეორიის საშუალებით. ზედაპირის ფორმის მკვეთრი ცვლილება შეესაბამება თავის მხრივ განსახილველი სისტემის მკვეთრ თვისობრივ ცვლილებას [2].

(5) განტოლების ინტეგრირებით მივიღებთ:

$$4\ddot{P}+2A\dot{P}+B=0\ . \qquad (6)$$

(6) ლიფერენციალური განტოლების თვისობრივი ანალიზი დამოკიდებული არის მახასიათებელი განტოლების სახეზე:

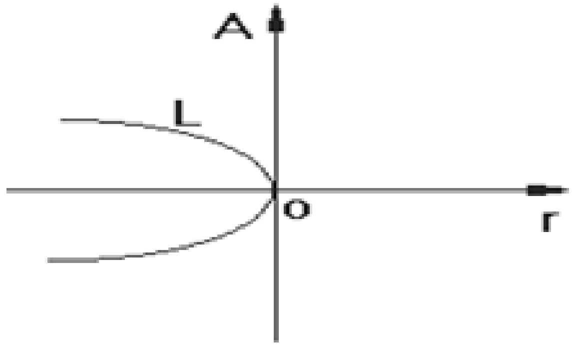
$$4r^3+2Ar+B=0\ . \qquad (7)$$

კატასტროფების თეორიის თანახმად ფუნქცია $F(A,r)=4r^3+2Ar$ წარმოადგენს ნაკეცის ტიპის კატასტროფას.

განვიხილოთ ამ ოჯახის კრიტიკული წერტილების სტრუქტურა. ამ ოჯახის კრიტიკული და ორჯერ გადაგვარებული კრიტიკული წერტილები მოიძებნება $F(A,r)$ ფუნქციის პირველი და მეორე წარმოებულის განტოლების ნულთან გატოლებით, მივიღებთ:

$$\begin{cases}12r^2+2A=0\\ 24P=0\end{cases} \qquad (8)\ .$$

ნაკეცის კატასტროფის წონასწორობის L მრუდი, რომელიც აკმაყოფილებს (8) განტოლებას და მოცემულია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ.1. ნაკეცის ტიპის კატასტროფა

კატასტროფების თეორიის საფუძველზე საინტერესოა კოორდინატთა სათავე. ამ წერტილში $r=0, A=0$. ეს წერტილი F ფუნქციის ორჯერ გადაგვარებული წერტილია. ამ წერტილის პროექცია მმართველი r პარამეტრის ღერძზე თანხვდება თავისთავს, და ამ წერტილს ეწოდება ბიფურკაციის წერტილი [4]. ეს წერტილი მილსაგლინავ მოწყობილობებში ავტომატდგანის დე-ფორმაციის კერაში სამართულისა და გლინის ურთიერთქმედების დარტყმითი ძალების შეფასებისას საინტერესოა და მნიშვნელოვანი კატასტროფების თეორიის თვალსაზრისით. პარაბოლის ზედა ნაწილი ეთანადება ლოკალური მინიმუმის წერტილებს, ხოლო ქვედა F ფუნქციის ლოკალური მაქსიმუმის წერტილებს.

4. ლიტერატურა

1. Адамия Р.Ш. Динамика машин, Мецниереба, 1999.

2. მართვის თეორია, სინერგეტიკა. ა.გუგუშვილის, რ.ხუროძის რედაქციით. თბ., 2000.

3. Руруа А.А., Сесадзе В.К., Кекенадзе В.М., Гугушвили А.Ш. Применение двухшагового алгоритма идентификации и теории катастроф для прогнозирования запретных зон управления технологическими объектами. Международная конференция “Интеллектуальные системы и информационные технологии управления”, ИСИТУ-2000-IS&ITC,Санкт-Петербург/Псков, Изд.СПбГТУ, 2000.

4. Хакен Г. Синергетика: Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. Перевод с английского Ю.Данилова. Москва. «Мир»,1995.

ESTIMATION OF FORCES ARBOR SHOCK INTERACTION BY THE METHOD OF THE THEORY OF CATASTROPHY

Sesadze Valida, Kekenadze Vladimer, Chikadze Gela,
Kaishauri Tinatit, Pailodze N
Georgian Technical University

Summary

The questions of an estimation of forces of the arbor shock interaction with a core in the automatic mills deformation centre of the tube-rolling installations using R.Tom’s method of the theory of catastrophy are considered. For the purpose of determination of the maximal pressure arising in the automatic mills cores it is cores necessary to take into account influence of forces of shock interaction determined by the offered technique. R.Adamia’s interaction model, considering pequliarity of the shock process while the tube-rolling on the automatic mills, is used for the analysis. Practical calculation of shock interaction forces carried out according to the given methods shoved, that we have a catastrophy of the crease type.

ОЦЕНКА СИЛ УДАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ТРУБОПРОКАТНЫХ УСТАНОВКАХ МЕТОДОМ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ

Сесадзе В., Кекенадзе В., Чикадзе Г., Каишаури Т., Паилодзе Н.
Грузинский Технический Университет

Резюме

В статъе рассматриваются вопросы оценки сил ударного взаимодействия оправки со стержнем в очаге деформации автоматстанов трубопрокатных установок методом теории катастроф Р.Тома. С целью определения максимальных напряжений, возникающих в стержнях автоматстанов следует учитывать влияние сил ударного взаимодействия, определенных по предлагаемой методике. Для анализа используется модель соударения Р.Адамия, учитывающая особенности процесса удара при прокатке труб на автоматстанах. Практические расчеты сил ударного взаимодействия, проведенные по предлагаемой методике показали, что получаем катастрофу типа складки.