



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS

TRANSPORTO TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ KATEDRA

Linas Karpuška

Ožinio krano dinamikos tyrimai
Dynamical analysis for the gantry crane

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 62403T104

Transporto technologinių sistemų inžinerijos specializacija

Transporto inžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2011

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS

TRANSPORTO TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

prof. Marijonas Bogdevičius
(Vardas, pavardė)

(Data)

Linas Karpuška

Ožinio krano dinamikos tyrimai
Dynamical analysis for the gantry crane

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 62403T104

Transporto technologinių sistemų inžinerijos specializacija

Transporto inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas _____ (Moksl. laipsnis, vardas,
pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas _____ (Moksl.
laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas _____ (Moksl.
laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2011

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Transporto inžinerijos fakultetas
Transporto technologinių įrenginių katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. 2
Data 2011-06-06

Transporto inžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Ožinio kranų dinamikos tyrimai**

Autorius **Linas karpūška**

Vadovas **Marijonas Bogdevičius**

Kalba

X lietuvių
užsienio

Anotacija

Darbe tiriama ožinio kranų dinamikos procesai. Pirmoje dalyje aprašyta visa teorinė dalis. Antroje dalyje pateikta mokslinių straipsnių apžvalga susijusi su ožiniais kranais, bei juos veikiančiais dinaminiais procesais. Trečioje dalyje sukuriama perstumimo mechanizmo bei kranų konstrukcijos dinaminiai modeliai. Mano nagrinėjama sistema turi 35 laisvės laipsnius. Judėjimo lygtis įvedamos į matematinę programą FORTRAN, ir programos pagalba yra nagrinėjamas kranų judėjimas. Darbo pabaigoje palyginami gauti rezultatai, pateikiamas išvados bei siūlymai.

Prasminiai žodžiai: Ožinis kranas, dinamikos procesai, perstumimo mechanizmas ir kranų konstrukcijos dinaminiai modeliai, FORTRAN

Vilnius Gediminas Technical University

Faculty of Transport Engineering

ISBN ISSN

Copies No. 2

Transport Engineering study programme master thesis

Title: Dynamical analysis for the gantry crane

Thesis language

X Lithuanian

Foreign

Annotation

The aim of this thesis is to investigate the dynamic analysis of gantry crane. In the first section, all the theoretical part of this work is introduced. The second section provides a review of scientific articles related to the gantry cranes, and the dynamic processes affecting them. In the third part of the thesis, the dynamic models of shunt mechanism and crane construction are created. The system, which is analysed here, has 35 degrees of freedom. The equations of motion are entered into mathematical program called FORTRAN, which helps to study the movement of crane. Finally, the thesis closes up by comparing all retrieved results, provides conclusions and suggestions.

Keywords: Gantry crane, dynamic analysis, the dynamic models of shunt mechanism and crane construction, FORTRAN

Turinys

Turinys.....	7
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	13
IVADAS	15
1. TEORINĖ DALIS.....	17
1.1 Bendroji dalis.....	17
1.2 Pagrindiniai kranų tipai.....	18
1.3 Ožiniai kranai.....	19
2. MOKSLINIŲ DARBŲ ANALIZĖ.....	21
3. OŽINIO KRANO MATEMATINIS MODELIS.....	32
3.1 Ožinio kranų matematinis modelis	32
3.2 Ožinio kranų važiavimo mechanizmo matematinis modelis	37
3.3 Ožinio kranų rato su bėgiu kontakto matematinis modelis.....	41
3.4 Pakabinto krovinio judėjimo matematinis modelis.....	44
4. OŽINIO KRANO JUDĖJIMO NELYGIAIS BĖGIAIS DINAMINIŲ PROCESŲ MATEMATINIO MODELIAVIMO REZULTATAI.....	47
4.1..... Ožinio kranų pradinės sąlygos.....	42
4.2 Ožinio kranų bėgių nelygumai.....	48
4.1 Ožinio kranų važiavimo mechanizmo dinamika.....	47
IŠVADOS	56
LITERATŪRA	57

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Tiltinis kranas.....	12
1.2 pav. Ožinis kranas.....	13
2.1 pav. Krano modelis.....	16
2.2 pav. H tipo ožinio krano simulatorius.....	17
2.3 pav. Krano modelio trijų laisvės laipsnių sistema.....	17
2.4 pav. Dvigubos svytuoklės dinaminis modelis.....	18
2.5 pav. Ožinio krano nusidėvėjimas.....	19
2.6 pav. Ožinio krano ratai.....	19
2.7 pav. Rato nusidėvėjimas kontakto zonoje.....	19
2.8 pav. Kainos ir keliamosios gebos priklausomybė.....	20
2.9 pav. Ožinio krano metalines konstrukcijos.....	21
2.10 pav. Optimali keliamosios gebos, konstrukcijos ir tarpatramio priklausomybė.....	21
2.11 pav. Grįžtamojo ryšio imtuvo shema.....	22
2.12 pav. Krovinio supimo kampas.....	23
2.13 pav. Vežimėlį veikianti vibracija.....	23
2.14 pav. Supaprastinta antsupimo kontrolės sistema.....	24
2.15 pav. Krano modelis.....	25
3.1 pav. Krano dinaminis modelis (vaizdas iš šono).....	28
3.2 pav. Krano dinaminis modelis (vaizdas iš viršaus).....	30
3.3 pav. Krano ratus veikiančių jėgų shema.....	31
3.4 pav. Krano perstumimo mechanizmo kinematinė schema.....	33

3.4 pav. Krano perstumimo mechanizmo dinaminis modelis.....	34
3.5 pav. Krano rato dinaminis modelis.....	36
3.6 pav. Krano rato ir bėgio dinaminis modelis.....	37
3.7 pav. Tarpelio pasiskirstymo charakteristikų grafikas.....	39
3.8 pav. Pakabinto krovinio judėjimo dinaminis modelis.....	39
4.1 pav. Ožinio krano kairiojo bėgio horizontalūs poslinkiai	43
4.2 pav. Ožinio krano kairiojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X	44
4.3 pav. Ožinio krano kairiojo bėgio vertikalūs poslinkiai	44
4.4 pav. Ožinio krano kairiojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X	45
4.5 pav. Ožinio krano dešiniojo bėgio horizontalūs poslinkiai	45
4.6 pav. Ožinio krano kairiojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X	46
4.7 pav. Ožinio krano dešiniojo bėgio vertikalūs poslinkiai išilgine kryptimi.....	46
4.8 pav. Ožinio krano kairiojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X	47
4.9 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo asinchroninio variklio kampinių greičių kitimo grafikas.....	48
4.10 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo krumpliaračio pažymėtu 5 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas.....	48
4.11 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo krumpliaračio pažymėtu 6 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas.....	49
4.12 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo krumpliaračio pažymėtu 8 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas.....	49
4.13 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo krumpliaračio pažymėtu 11 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas.....	50
4.13 pav. Ožinio krano rato kampinių greičių kitimo grafikas.....	50

IVADAS

Baigiamojo darbo tema yra „Ožinio kranų dinamikos tyrimai“. Darbe bus tiriamos kranų vibracijos, dėl rato ir bėgio nusidėvėjimo. Žiūrint iš dinaminio skaičiavimo pozicijos, kranas yra vientisa dinaminė sistema, kuri susideda iš mechanizmų, laikančiosios metalo konstrukcijos, pavarų. Įvertinti visą tarpusavyje sąveikaujančių kranų elementų įvairovę, skaičiuojant dinamiką, yra labai sudėtinga. Skaičiuojant veikiančios mašinos dinaminę schemą nėra reikšminga įvertinti fizinius faktorius, kurie reikiamam skaičiavimui neturi esminės reikšmės. Atitinkamos dinaminės apkrovos kartu su statinėmis apkrovomis naudojamos kranų jėginiams elementams apskaičiuoti kranų elementų stiprumo arba stabilumo praradimo atvejais; arba jų elementams suirus nuo daugiacyklinių apkrovų nuovargio. Darbo problematika yra rato ir bėgio nusidėvėjimo įtaka kranų stovumui, darbo metu atsirandančios dinaminės jėgos, jų tyrimas, analizavimas, tinkamų sprendimų ir metodikų parinkimas.

Šio darbo tikslas:

- ✓ Atlikti mokslinės literatūros lyginąją analizę.
- ✓ Atlikti teorinę analizę, susijusią su dinaminiais procesais.
- ✓ Įvertinti kranų važiavimo mechanizmo dinamiką (nuo variklio iki kranų rato) t.y. visos pavaros.
- ✓ Įvertinti rato ir bėgio nelygumus.
- ✓ Ištirti kranų rato ir bėgio sąveiką tiek ašine tiek skersine kryptimi.
- ✓ Įvertinti bėgio standumą ir slopinimą vertikalia ir skersine kryptimi.
- ✓ Įvertinti tarp rato ir bėgio atsirandantį tamprųjį slydimą.
- ✓ Ištirti transportuojamo krovinio dinamiką kranų atžvilgiu.
- ✓ Pateikti išvadas ir siūlymus.

Šiam tikslui pasiekti turi būti:

- ✓ Sudaromas ožinio kranų matematinis modelis.
- ✓ Sudaromas ožinio kranų važiavimo mechanizmo matematinis modelis.
- ✓ Sudaromas ožinio kranų rato su bėgiu kontakto matematinis modelis.
- ✓ Sudaromas ožinio kranų pakabinto krovinio judėjimo matematinis modelis.

Tiriamasis darbas sudarytas iš keturių dalių:

- ✓ Pirmoje dalyje pateikiama teorinė dalis susijusi su keliamaisiais kranais.
- ✓ Antroje dalyje aptariama mokslinių darbų analizė.
- ✓ Trečioje dalyje kuriami ir analizuojami krano matematiniai modeliai.
- ✓ Ketvirtoje dalyje bus pateikti gauti rezultatai rezultatai, pateikiamos išvados ir siūlymai.

1. TEORINĖ DALIS

1.1 Bendroji dalis

Mūsų aplinkoje yra būtina sunkius ar didžiaiagabaričius daiktus perkelti iš vienos vietos į kitą. Pavyzdžiui, statybos aikštelėje, pramoniniuose pastatuose, uostuose, geležinkelio depuose ir kitose panašiose vietose. Tokios medžiagos paprastai yra sunkios, didelės ir pavojingos, kurių negali transportuoti darbuotojai. Keliamieji kranai ir buvo sukurti, kad palengvintų darbą. Yra daug keliamojo kranų tipų, naudojamų šiems tikslams, tokie kaip bokštiniai kranai, tiltiniai kranai, portaliniai kranai, ožiniai kranai ir kiti. Atitinkamai 1.1. ir 1.2. paveiksluose pateikiami tiltinio keliamojo kranų ir ožinio keliamojo kranų pavyzdžiai.



1.1 pav. Tiltinis kranas



1.2 pav. Ožinis kranas

Kėlimo kranai – tai pati gausiausia periodinio veikimo krovinių kėlimo mašinų grupė. Tos mašinos perkelia krovinius bet kokios konfigūracijos trajektorija. Jos turi keletą savarankiškų mechanizmų: krovinio kėlimo, pasukimo, pervežimo, strėlės siekio keitimo. Kranai būna stacionarūs ir pervežami. Dažniausiai naudojami pervežami kranai, nes gali atlikti įvairesnį bei universalesnį darbą. Dauguma kranų turi pasukimo mechanizmą, kuris leidžia aptarnauti didelį plotą.

Kėlimo kranų mechanizmai, varomi elektros arba vidaus degimo varikliais, taip pat gali turėti hidraulinę pneumatinę pavarą. Kranai dažniausiai valdomi rankiniu ar pusiau automatiniu būdu, rečiau automatiniu. Valdoma iš kabinos, kuri yra ant krano konstrukcijos arba iš distancinio valdymo pulto.

Kėlimo kranai yra plačiai naudojami statybose, tiesiant kelius, karjeruose, uostuose pakraunant ar iškraunant krovinius, geležinkelio stotyse, pramonės įmonėse, miškų ūkyje, metalurgijoje ir kt.

1.2 Pagrindiniai kranų tipai

Pagal konstrukcinius požymius kėlimo kranai skirstomi į strėlinius, tiltinius, perkrautuvus, kabelinius, gembinius – pervežamus kabančiais bėgiais, dviratinius – pervežamus kombinuotai išdėstytais bėgiais (vienas bėgis ant žemės, o kitas bėgis kabo), portalinius ir pusiau portalinius – pervežamus ant žemės paklotais bėgiais, bokštinius.

Strėliniai kranai montuojami ant automobilių ir traktorių važiuoklės, ant geležinkelių platformos, savaeigių vežimėlių.

Tiltinių kranų grupei priskiriami ožiniai ir pusiau ožiniai kranai, sieniniai gembiniai kranai (judantys), perkrautuvai.

Atskiras kėlimo kranų grupes sudaro plaukiojantys kranai, montuojami laivuose bei skraidantys kranai – malūnsparniai ir dirižabliai.

Stacionariai kėlimo kranai tvirtinami prie sienos arba montuojami ant nejudamos kolonos. Pasukamuosius kranus galima pasukti apie nejudamą koloną arba jie gali sukis kartu su kolona. Tai strėliniai, automobiliniai, traktoriniai, geležinkeliniai kranai, plaukiojantys ir dviatramiai bei gembiniai, bokštiniai, portaliniai kranai.

Nepasukamų kranų grupei priskiriami tiltiniai, ožiniai, kabeliniai kranai, perkrautuvai, kai kurie gembiniai kranai, neturintys pasukimo mechanizmo.

Pasukamieji kranai yra universalesni už nepasukamus, nes gali aptarnauti daug didesnę darbų zoną, lengviau pritaikomi prie technologinio proceso negu nepasukamieji, plačiau pritaikomi pakrovimo ir iškrovimo darbams.

Pagal krovinio paėmimo įtaisų konstrukciją kranai yra kabeliniai – kilpiniai, greiferiniai, repliniai, magnetiniai, specialios paskirties (vamzdžių klojimo) ir kt.

Susiduriant su keliamuoju kranu, saugumas yra svarbiausias punktas, valdant keliamąjį kraną. Vadinas, keliamasis kranas turi būti valdomas saugioje kabinoje. Keliamojo krano operatorių patirties trūkumas gali privesti prie nelaimingų atsitikimų darbo vietose.

Užkertant kelią nelaimingam atsitikimui, reikia įvertinti įvairius faktorius, kad nelaimingų atsitikimų tikimybė būtų maža ar sumažinta iki minimumo. Yra daug veiksnių, kuriuos būtina apsvarstyti: stabdymo sistemos, hidrauliniai ir pneumatiniai komponentai, elektrinė įranga, nustatytas kėlimo svoris, įvertinti ir pašalinti potencialūs pavojai ir kt. Kontrolės sistemoje svarbus klausimas yra, kaip kontroliuoti krovinio siūbavimą. Tai svarbu, kad operacija būtų greitesnė ir saugesnė.

1.3 Ožiniai kranai

Ožiniai kranai naudojami pramonėse ir transporto objektų statyboje, technologinių įrengimų montažo darbuose, statant hidroelektrinių užtvankas (betonavimo darbams). Tačiau daugiausiai jie naudojami statybinėje industrijoje: sandėliuose ir statybinių konstrukcijų gamyklose.

Ožiniai kranai pagal paskirtį skirstomi į bendros paskirties, statybinius – montavimo bei specialios paskirties kranus.

Ožiniai dviejų gėmbių bendros paskirties kranai naudojami atviruose sandėliuose ir pakrovimo aikštelėse, kurie aptarnaujami antžeminiu bėginiu arba nebėginiu transportu. Šie kranai turi lanksčią 3,23 - 32,0 t. keliamosios gėbos krovinio kablą, 10 - 32 m. tarpatramį ir kelia krovinį į 7,1 - 10 m. aukštį.

Statybiniai – montavimo ožiniai kranai skirti įmonėms, energetinėms pastotėms ir kt. objektams montuoti. Jų keliamoji galia 300 - 400 t. tarpatramis 60 - 80 m. krovinio kėlimo aukštis 20 - 30m.

Specialios paskirties ožiniai kranai skirti hidrotechniniams ir kt. įrenginiams aptarnauti. Jų keliamoji galia 25 - 15000 t., tarpatramis 5 - 20 m. Jiems taip pat priklauso ožiniai konteineriniai 20 ir 32 t. keliamosios galios kranai, kurių tarpatramis 16 ir 165 m. o kėlimo aukštis 6 - 128 m. Kranai turi specialų automatinį griebtuvą.

Plačiai naudojami statybose K tipo ožiniai kranai. Jie skirti pakrovimo ir iškrovimo bei sandėliavimo darbams taip pat pramoninėje ir civilinėje statyboje konstrukcijoms montuoti. Pastarųjų keliamoji galia siekia 200 t., tarpatramis - 100 m. Krovinio kėlimo aukštis- iki 50 m.

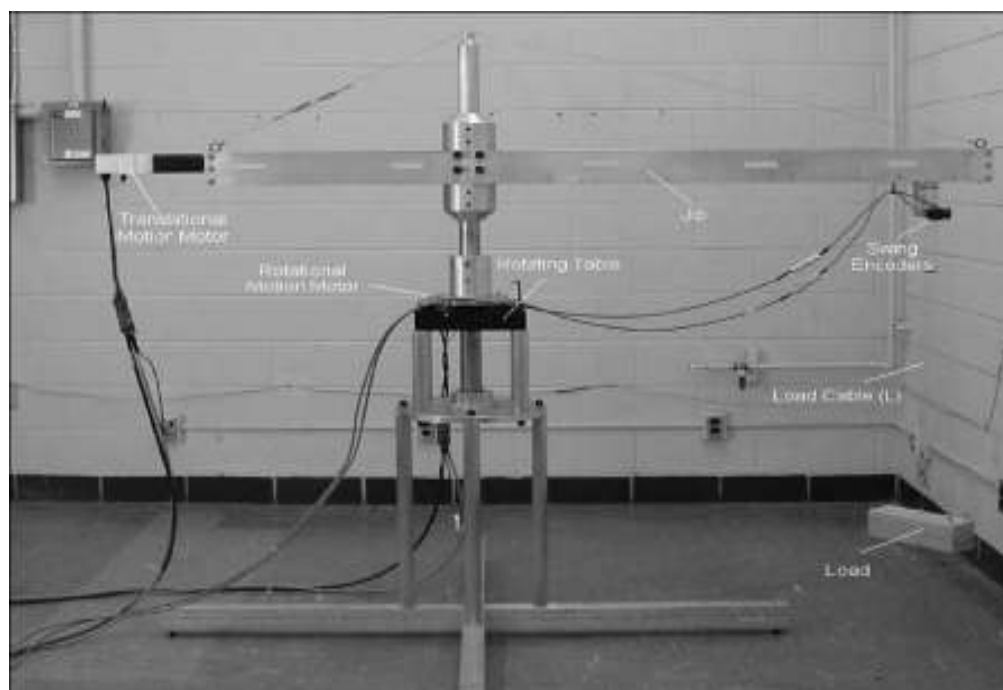
Ožiniai kranai valdomi iš kabinos. Elektros energija tiekama lanksčiu kabeliu.

Ožinių kranų privalumai: paprasta konstrukcija (santvara), didelis pastovumas, keliamoji galia ir kėlimo aukštis nepriklauso nuo krovinio vietos darbo zonoje, geras matomumas iš kranininko kabinos. Trūkumai: netinka naudoti esant dideliems nuolydžiams, kroviniai būtinai turi būti sudėti angos zonoje, ribotas panaudojimas statybose.

2. MOKSLINIŲ DARBŲ ANALIZĖ

Hanafy M. Omar ir Ali H. Nayfeh savo straipsnyje “Gantry cranes gain scheduling feedback control with friction compensation” suprojektuoja kontrolės sistemą (1.3. pav.), pagrįstą grįžtamojo ryšiu. Sistemos nusistovėjimo laikas yra laikomas apkrovos, veikiamos kraną, virpesių nusistovėjimu. Šis kriterijus leidžia suprasti grįžtamojo ryšio naudą, nuo besikeičiančios krovinio masės ar lyno ilgio. Matematinis modeliavimas su šiuo veikimo principu yra daug veiksmingesnis mažinant krovinio svyravimus lyginant su optimalaus valdymo principu.

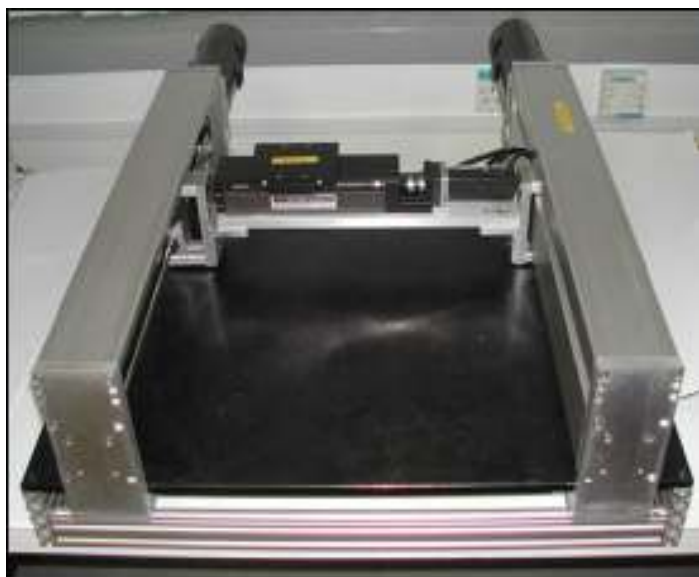
Norėdami eksperimentiškai patikrinti šią teoriją, autoriai įvertina ir trinties jėgas. Sistemos veikimas prasideda tada, kai keliamas krovinys kranu, ir svyravimai yra slopinami iki minimalių. Autoriai, norėdami įvertinti visos sistemos trinties jėgas, į matematinį modelį įsiveda trinties koeficientus. Pirma, trinties nuostoliai įvertinami teoriniam nuolatinės srovės elektros varikliui su jau žinomais trinties koeficientais.



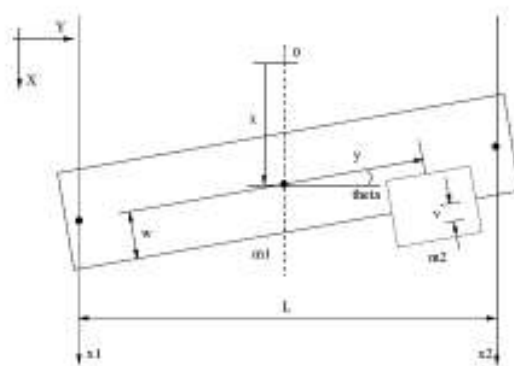
2.1 pav. Krano modelis

Grįžtamasis ryšys naudojamas tam, kad kontroliuotų krovinio padėtį ir sumažintų siūbavimo amplitudę ožiniuose keliamuosiuose kranuose.

Singapūro mokslininkai C. S. Teo, K. K. Tan, S. Y. Lim, S. Huang, E. B. Tay savo straipsnyje “Dynamic modeling and adaptive control of a H-type gantry stage” atkreipia dėmesį į adaptyvią H-tipo ožinių kranų kontrolę. Kranas yra nagrinėjamas kaip trijų laisvės laipsnių sistema (1.5. pav.). Pagrindžiant šią struktūrą yra sukuriamas matematinis modelis. Adaptivi kontrolė pradeda veikti krovinio paėmimo stadijoje, ir veikia visą krovinio transportavimo laiką, iki jo padėjimo.



2. 2 pav. H tipo ožinio kranio simulatorius

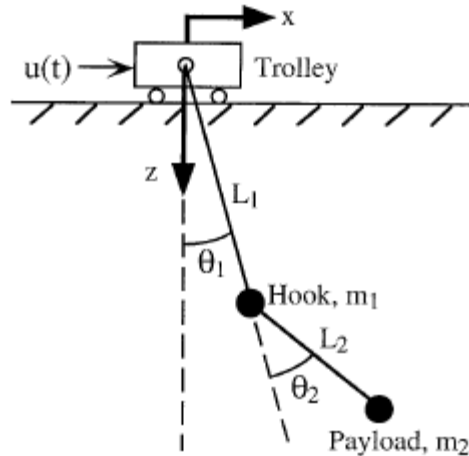


2.3 pav. Kranio modelio trijų laisvės laipsnių sistema

Malaizijos mokslininkų grupelė: M. A. Ahmad, R. M. T. Raja Ismail, M. S. Ramli, N.M.Abdul Ghani, M.A.Zawaw savo staipnyje “Optimal Tracking with Sway Suppression Control for a Gantry Crane System” pristato hibridinę ožinio kranio antisupimo kontrolės sistemą. Dinaminis kranio modelis yra gaunamas naudojant Eulerio – Lagranžo formules. Norint padidinti efektyvumą, ožinio keliamojo kranio vežimėlio padėties kontrolė yra nustatoma specifiniu linijinio kvadratinio reguliatoriaus (LQR) metodu.

JAV mokslininkų William E. Singhose ir Samuel T. Towel straipsnis “Double-pendulum gantry crane dynamics and control”. Šiame straipsnyje nagrinėjama krovinio transportavimo problema dėl vadinamosios dvigubos lanksčiosios linijos. Dėl jos krovinio svyravimo amplitudė gerokai padidėja. Jei

krano kablys yra sąlyginai didelis lyginant su transportuojamu kroviniu gali susidaryti dvigubos švytuoklės efektas. Šio straipsnio autoriai būtent ir nagrinėja dvigubą švytuoklės efektą. Formuojama ir pristatoma metodika, atsižvelgiant tik į pirminius vibracijos padarinius.



2.4 pav Dvigubos švytuoklės dinaminis modelis

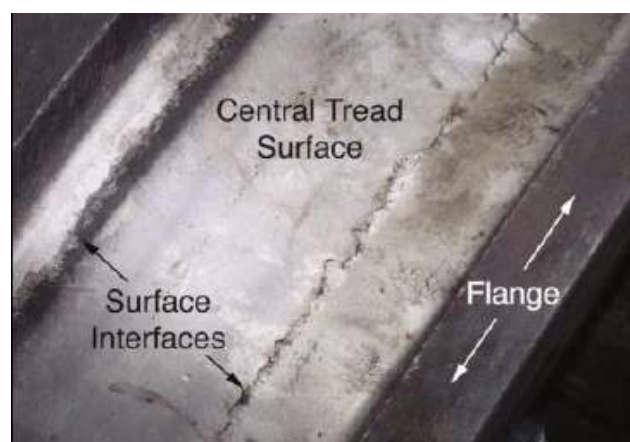
Metalurginį ratų nusidėvėjimą nagrinėjo JAV mokslininkai E. E. Vernon, M. E. Stevenson, ir J. L. McDougall, savo straipsnyje “Premature Failure of Steel Gantry Crane Wheels”. Šis straipsnis bendrais bruožais parodo plieninių ožinio keliamojo krano ratų nusidėvėjimo analizę, kuri parodė stipraus dėvėjimosi požymius po palyginti trumpo naudojimo periodo. Po šešių naujo krano naudojimo mėnesių, ant visų keturių ratų matėsi sunkus nusidėvėjimas (1.5. ir 1.6. pav.). Pramoninė specifikacija reikalinga tam, kad kiekvieno rato paviršius būtų sukietintas nuo 212 iki 240 kietumo pagal Brinelį (HB).



2.5 pav. Ožinio krano nusidėvėjimas

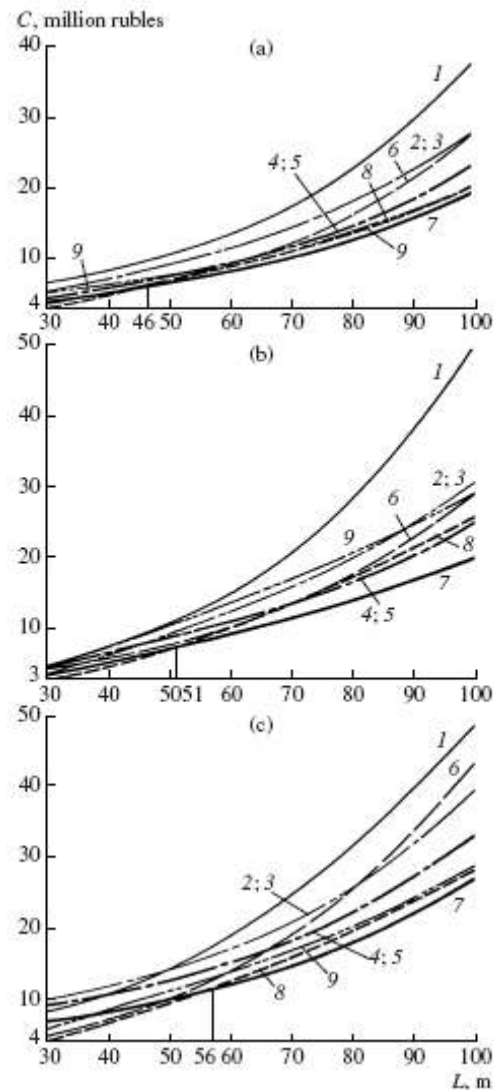


2.6 pav. Ožinio krano ratai

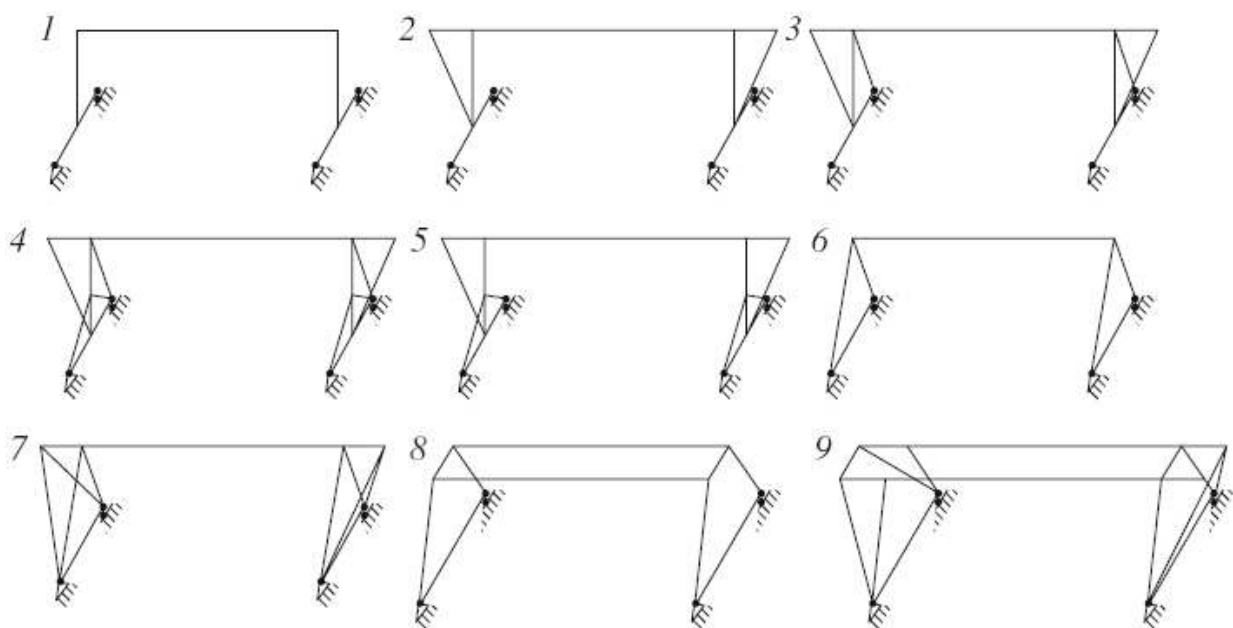


2.7 pav. Rato nusidėvėjimas kontakto zonoje

Mokslinis V.Yu.Sap'yanov savo straipsnis "Selecting Optimal Configurations of the Metal Structures in Heavy-Duty Gantry Cranes". Autorius nagrinėja ožinių kranų metalinių konstrukcijų optimalų pasirinkimą, atsižvelgiant į kainą ir keliamąją gebą. 1.10 pav. autorius pateikia galimas kranų metalines konstrukcijas. 1.11 pav. pateikta 400t kranų keliamosios gebos, metalinių konstrukcijų, kainos priklausomybė nuo tarpatramio ilgio, atitinkamai 60 t (a), 80 t (b), 100 t (c).

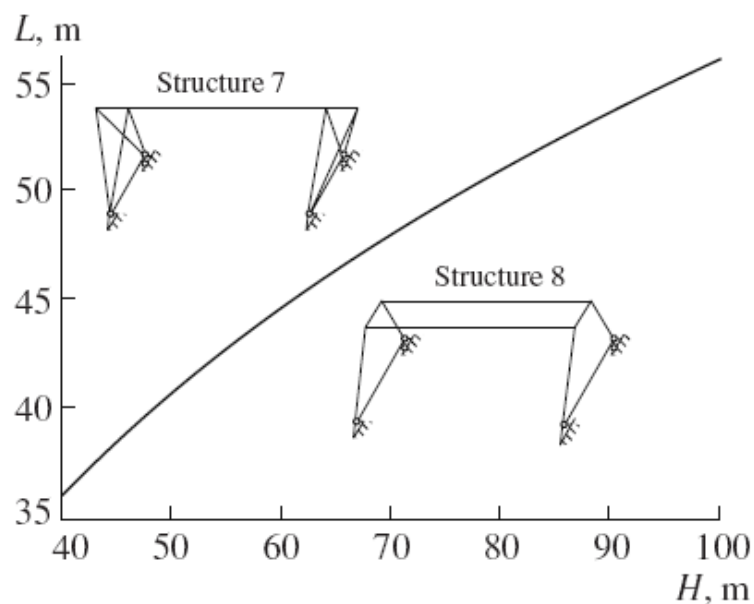


2.8 pav. Kainos ir keliamosios gebos priklausomybė



2.9 pav. Ožinio kranų metalinės konstrukcijos

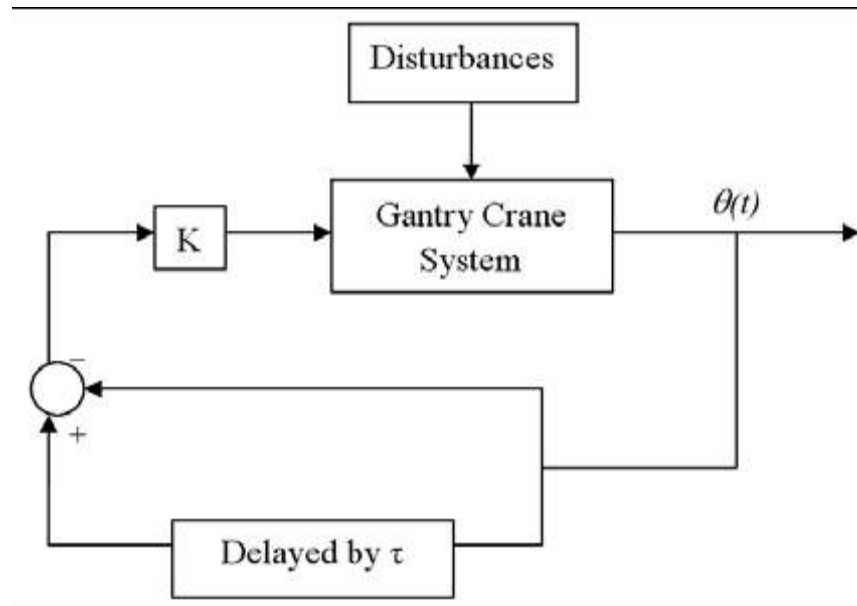
Atsižvelgiant į kainą ir keliamąją gebą, mokslininkas rekomenduoja tam tikras kranų metalines konstrukcijas bei pateikia tiesinę priklausomybę tarp tarpatramio ilgio ir krovinio kėlimo aukščio.



2.10 pav. Optimali keliamosios gebos, konstrukcijos ir tarpatramio priklausomybė

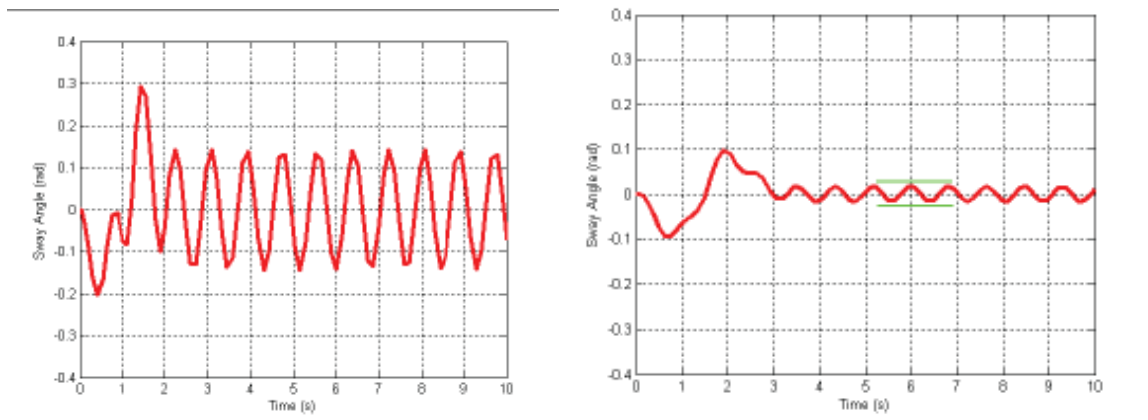
M.A.Ahmad straipsnyje “Sway Reduction on Gantry Crane System using Delayed Feedback Signal and PD type Fuzzy Logic Controller: A Comparative Assessment” pristato antisupimo kampo mažinimo kontrolės metodą ožinio kranų dinaminiam modeliui. Pasitelkiant grįžtamojo ryšio signalu

(DFS) aktyviai kontroliuoja ožinio keliamojo kranų sistemos virvės supimo kampą. Ožinio keliamojo kranų dinaminis sistemos modelis yra gaunamas panaudojant Eulerio - Lagranžo lygtis. Ištyrus sistemą, pagal gautus rezultatus iš dinaminio modelio supimo kampas yra sumažinamas iki minimumo. Pabaigoje autorius atlieka lyginamąją analizę kiekvienam sistemos elementui.

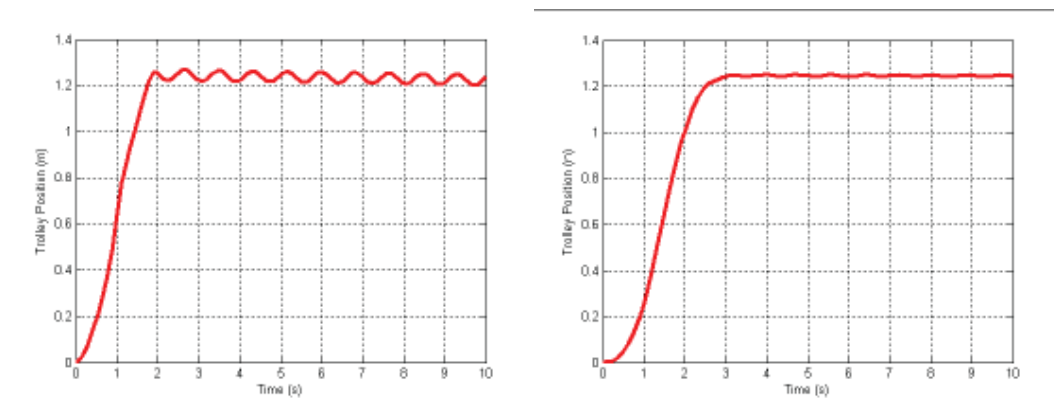


2.11 pav. Grįžtamojo ryšio imtuvo shema

Azdiana M. Y. Noor Asyikin, S. Khairuddin, savo straipsnyje “Vibration control of a gantry crane system using inverse dynamics analysis” aiškina, jog atvirkštinė dinamika yra paprastas metodas tam, kad būtų sumažinta vibracijos jėgos ir supimo kampas ožiniuose kranuose. Formos įvesties funkcija yra gaunama iš nurodytų išvesties funkcijų. Trečios eilės eksponentinė funkcija yra panaudojama kaip pageidajama išvesties funkcija dėl asimtotės elgesio. Vėžimėlio padėtis ir krovinio svyravimo kampas- tai parametrai, kuriuos reikia nustatyti šiam metodui. Visi parametrai suvedami į matematinę programą MATLAB. Gautus rezultatus autorius palygina su rezultatais, gautais panaudojant atvirkštinę dinamiką ir be jos.

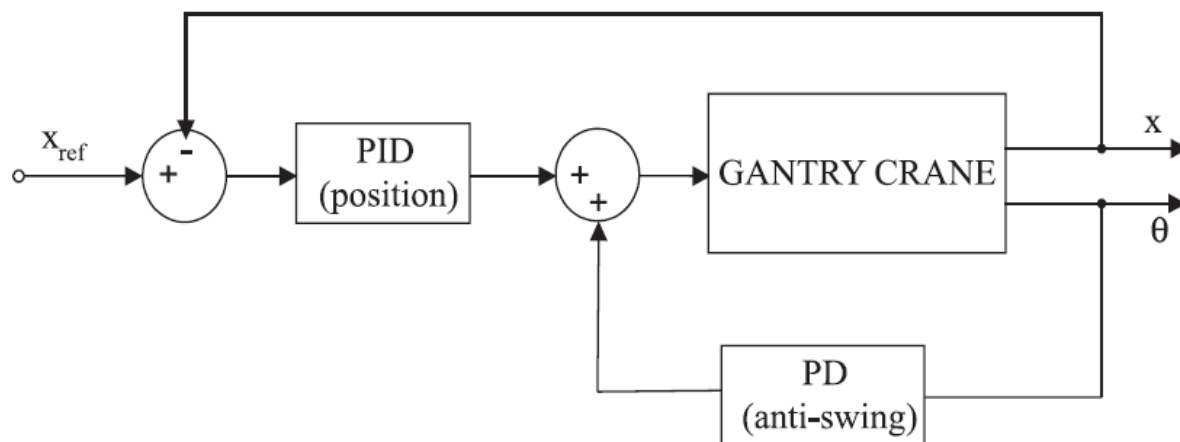


2.12 pav. Krovinio supimo kampas



2.13 pav. Vežimėlį veikianti vibracija

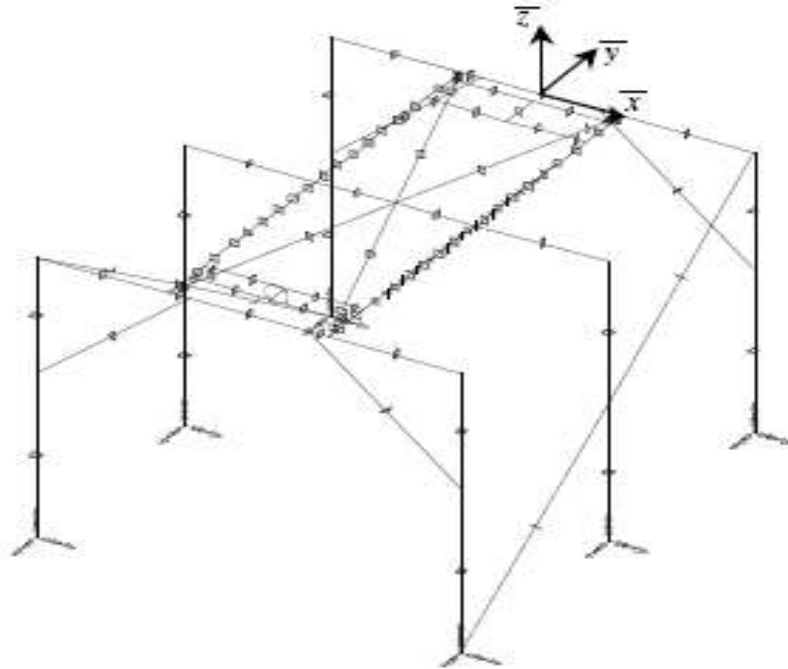
Mahmud iwan solihin, Wahuidi, Ari Lwgowo “Fuzzy - tuned PID anti-swing control of automatic gantry crane”. Antisiūbavimo kontrolė yra gerai žinomas terminas tiriant dinامينius procesus ožiniuose kranuose. Ji kuriama tam, kad krovinio transportavimo laikas būtų sumažintas iki minimalaus, o krovinio siūbavimo kampas- iki minimumo. Ankstesnių tyrimų rezultatai parodė, kad siūbavimo kampo mažinimas veiksmingas pasitelkiant proporcingus, integralinius, išvestinius (PID) valdymo metodus. Tačiau PID kontrolės sistema negali visada veiksmingai įvertinti kintančių sistemos parametrų. Kai kuriuose tyrimuose taip pat pasiūlyta veiksminga kontrolės sistema, tokia kaip neapibrėžtos kontrolės. Autorius iškelia tikslą suprojektuoti praktinę antisiūbavimo sistemą, kuri būtų aiškiai suprantama ir lengvai naudojama. Kad pasiektų tikslesnius rezultatus autorius sujungia dvi plačiai naudojamas antisiūbavimo kontrolės metodus: PID ir neapibrėžtos kontrolės. Tam nebūtina kurti sudėtingus dinامينius modelius. Eksperimentiniai rezultatai parodo, kad metodas išties veiksmingas.



2.14 pav. Supaprastinta antisupimo kontrolės sistema

Lenkų mokslininkai Andrzej Urbas, Stanisław Wojciech savo straipsnyje “Dynamic analysis of the gantry crane used for transporting bop” pateikia ožinio keliamojo kraną dinaminę analizę. Keliamasis kranas yra įrengtas ant plūduriuojančios platformos. Jūros bangos sukelia platformos ir krovinio judėjimą. Jie kuria kontrolės sistemą, kuri leistų įvertinti jūros supimą. Judėjimo lygtys yra gautos panaudojant antros eilės Lagranžo formules. Straipsnyje mokslininkas pateikia skaičiavimus ir rezultatus.

Jia-Jang Wu straipsnis “Finite element analysis and vibration testing of a three -dimensional crane structure”. Pasinaudodamas baigtinių elementų metodu mokslininkas analizuoja ožinio kraną struktūrą trimatėje erdvėje. Visų pirma sudaromas kraną modelis (2.15 pav.). Atliekami visi reikalingi bandymai tam, kad rezultatai būtų kuo realesni.



2.15 pav. Krano modelis

Jia- Jang Wu, A. R. Whittaker , M. P. Cartmell savo straipsnyje “The use of finite element techniques for calculating the dynamic response of structures to moving loads” aprašo kaip panaudojami baigtiniai elementai išanalizuota struktūros dinamika judant kroviniui. Kompiuterių programa buvo užrašomos lygtys, kurios skirtingais laiko momentais apskaičiuoja krovinį veikiančias išorines centrines jėgas, Ekvivalentiškoms centrinėms jėgoms skaičiuoti, kurios veikia judant kroviniui, buvo panaudoti trys metodai. Pirmuoju arba „pilnuoju“ metodu buvo apskaičiuotos ekvivalentiškos centrinės jėgos ir momentai. Tam reikalingas formos funkcijos. Antras metodas tiesiog ignoravo momentus, apskaičiuotus naudojantis pirmą metodą. Trečias- „paprastasis“ metodas, jam nereikalingos formos funkcijos.

Mohd Ashraf Ahmad straipsnyje “Active Sway Suppression Techniques of a Gantry Crane System” taip pat yra aprašoma antisupimo mažinimo kontrolė dinaminėje sistemoje. Pasikliaujant grįžtamoju ryšiu yra mažinamas keliamojo kranų sistemos virvės supimo kampas. Dinaminis modelis taip pat gaunamas panaudojant Eulerio- Lagranžo formuluotes.

Michael Kenison ir William Singhose savo straipsnyje “Input shaper design for double-pendulum planar gantry cranes” teigia, kad ožinio keliamojo kranų dinamika gali dažnai būti efektyviai modeliuojama kaip viena bendra sistema. Tačiau jei keliamasis kranas yra pritaikytas dideliems

kroviniams, o krovinys yra pakankamai lengvas, tai dinamika gali tapti komplikauta dėl „dvigubos švytuoklės“ padarinių. Šis straipsnis pristato metodiką, kaip yra pritaikomas dvigubos švytuoklės principas. Šis kontrolės metodas grindžiamas dvigubos švytuoklės dinamika.

3. OŽINIO KRANO MATEMATINIS MODELIS

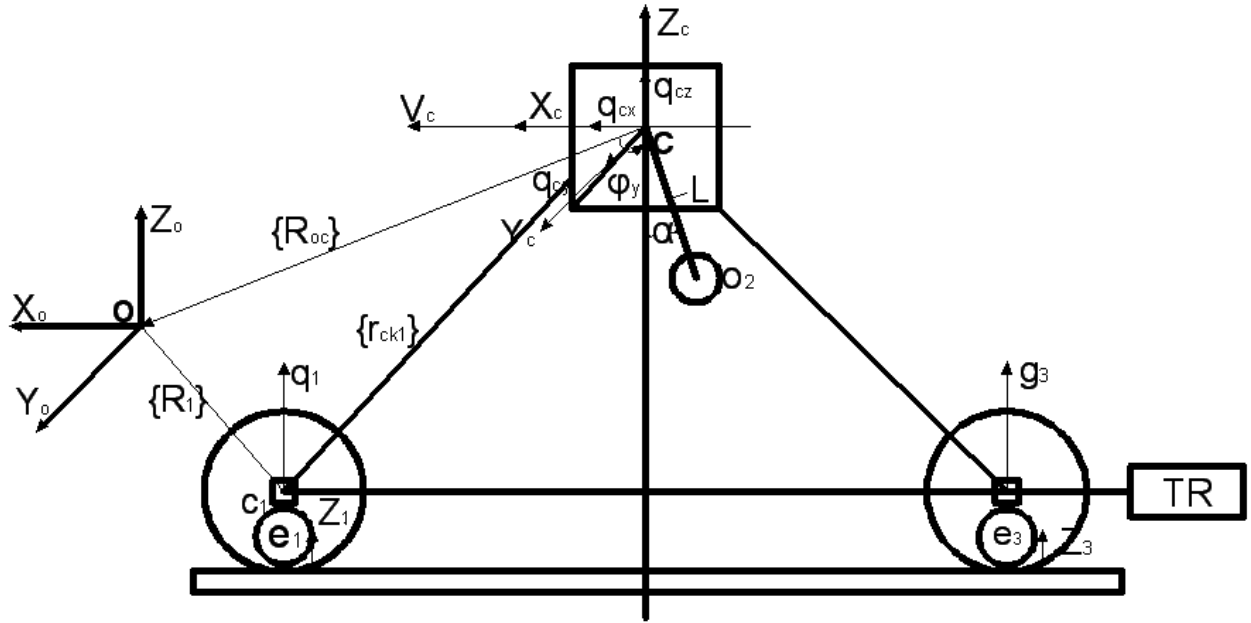
Dinaminio modelio sudarymas yra pirmasis ir labai svarbus, bet kokios virpamosios sistemos virpesių tyrimų ir skaičiavimų etapas. Nuo modelio struktūros ir sudėtingumo priklauso visa tolesnė virpesių tyrimo eiga ir gauti rezultatai.

Virpamosios sistemos dinaminio modelio sudėtingumas priklauso nuo dviejų pagrindinių objektyvių veiksnių: pačios sistemos sudėtingumo ir informacijos, kurią norima gauti išnagrinėjus tą sistemą. Be to, dinaminio modelio sudėtingumas ir struktūra priklauso ir nuo sudarančio šį modelį asmens kvalifikacijos, turimos informacijos, virpesių teorijos išmanymo ir jos fizinės prasmės suvokimo.

Dažnai, bet ne visada taip būna- kuo sudėtingesnis tiriamasis objektas, tuo sudėtingesnė ir jo virpesius atspindinti virpamoji sistema bei dinaminis modelis modelis. Kai tampriųjų arba slopinimo elementų charakteristikos netiesinės, dinaminis modelis būna daug sudėtingesnis.

Ožinio krano matematinis modelis

Sudaromas krano dinaminis modelis tam, kad būtų galima atlikti sistemos virpesių tyrimus ir skaičiavimus. Šiame modelyje įvertinamas krano rato standumas, bėgio nelygumui vertikalia ir skersine kryptimi, nevertinama krano konstrukcijos standumas. Įsivedama nejudanti (inercinė) koordinačių sistema $OX_oY_oZ_o$, su nagrinėjamu kūnu sujungtą judančią koordinačių sistema $CX_cY_cZ_c$.



3.1 pav. Krano dinaminis modelis (vaizdas iš šono); TR- transmisijos blokas.

Pirmo krano rato ašies kordinačių vektorius $\{R_1\}$, $OX_oY_oZ_o$ yra lygus:

$$\{R_1\} = \{R_{co}\} + \{q_c\} + [A(\varphi_c)]\{r_{ck1}\}; \quad (1)$$

čia: $\{R_1\}$ – krano rato ašies vektorius;

$\{q_c\}$ – apibendrinantys krano poslinkių vektoriai;

$[A(\varphi_c)]\{r_{ck1}\}$ – vektorius tarp taškų C ir C_1 $OX_oY_oZ_o$ koordinačių sistemoje.

$[A(\varphi_c)]$ – posūkio matrica.

Nagrinėjant kūno judėjimą, kai kūnas pasisuka mažais kampais, t.y. $\varphi_{cx} \rightarrow 0; \varphi_{cy} \rightarrow 0; \varphi_{cz} \rightarrow 0$, posūkio matrica yra lygi:

$$[A(\varphi)] = [E] + [\tilde{\varphi}]; \quad (2)$$

$[E]$ – vienetinis matrica;

$$[\tilde{\varphi}] - \text{antisimetrinė matrica, kuri yra lygi } [\tilde{\varphi}] = \begin{Bmatrix} 0 & -\varphi_z & \varphi_y \\ \varphi_z & 0 & -\varphi_x \\ -\varphi_y & \varphi_x & 0 \end{Bmatrix};$$

Pirmo krano rato ašies greičių vektorius $\{V_1\}$ $OX_oY_oZ_o$ koordinačių sistemoje yra lygus:

$$\{V_1\} = \{\dot{q}_c\} + [\dot{A}(\varphi_c)]\{r_{ck1}\} = \{\dot{q}\} - [\tilde{r}_{ck1}]\{\varphi_c\}; \quad (3)$$

čia: $\{V_1\}$ – pirmo krano rato greičių vektorius;

$$\{\varphi_c\}^T = [\varphi_{cx}, \varphi_{cy}, \varphi_{cz}]$$

$\{\dot{q}_c\}$ – krano apibendrintu greičių vektorius;

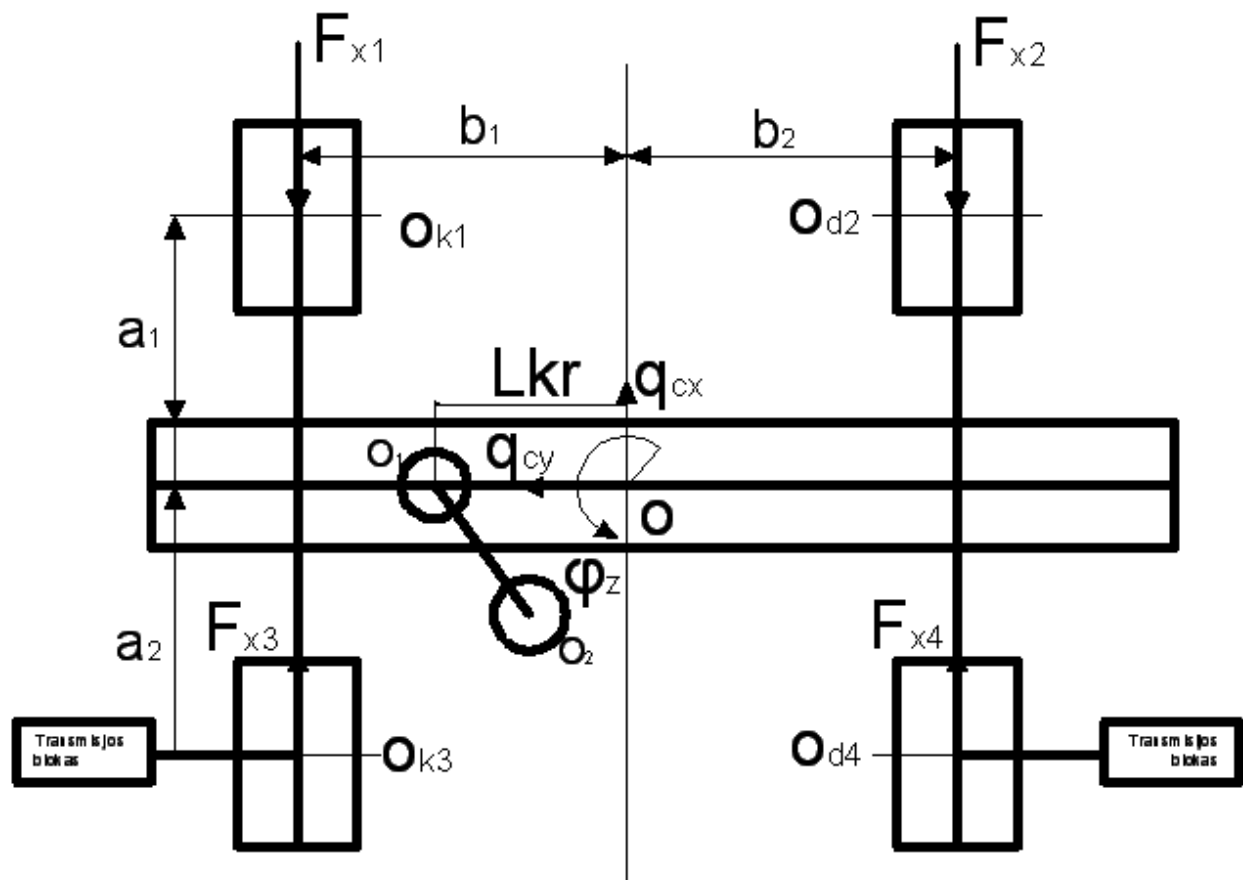
Krano rato potencinė energija:

$$E_{pC1} = \frac{1}{2} k_{C1} [q_{Z1} - (z_1 - \Delta R_1)^2]; \quad (4)$$

čia: E_{pC1} – krano rato potencinė energija;

k_{C1} – standumo koeficientas; q_{Z1} – krano rato ašies poslinkis; z_1 – bėgio nelygumai;

ΔR_1 – rato nelygumai.



3.2 pav. Krano dinaminis modelis (vaizdas iš viršaus)

Pagal 3.1 ir 3.2 pav. krano ratų centrų apibendrinti poslinkiai

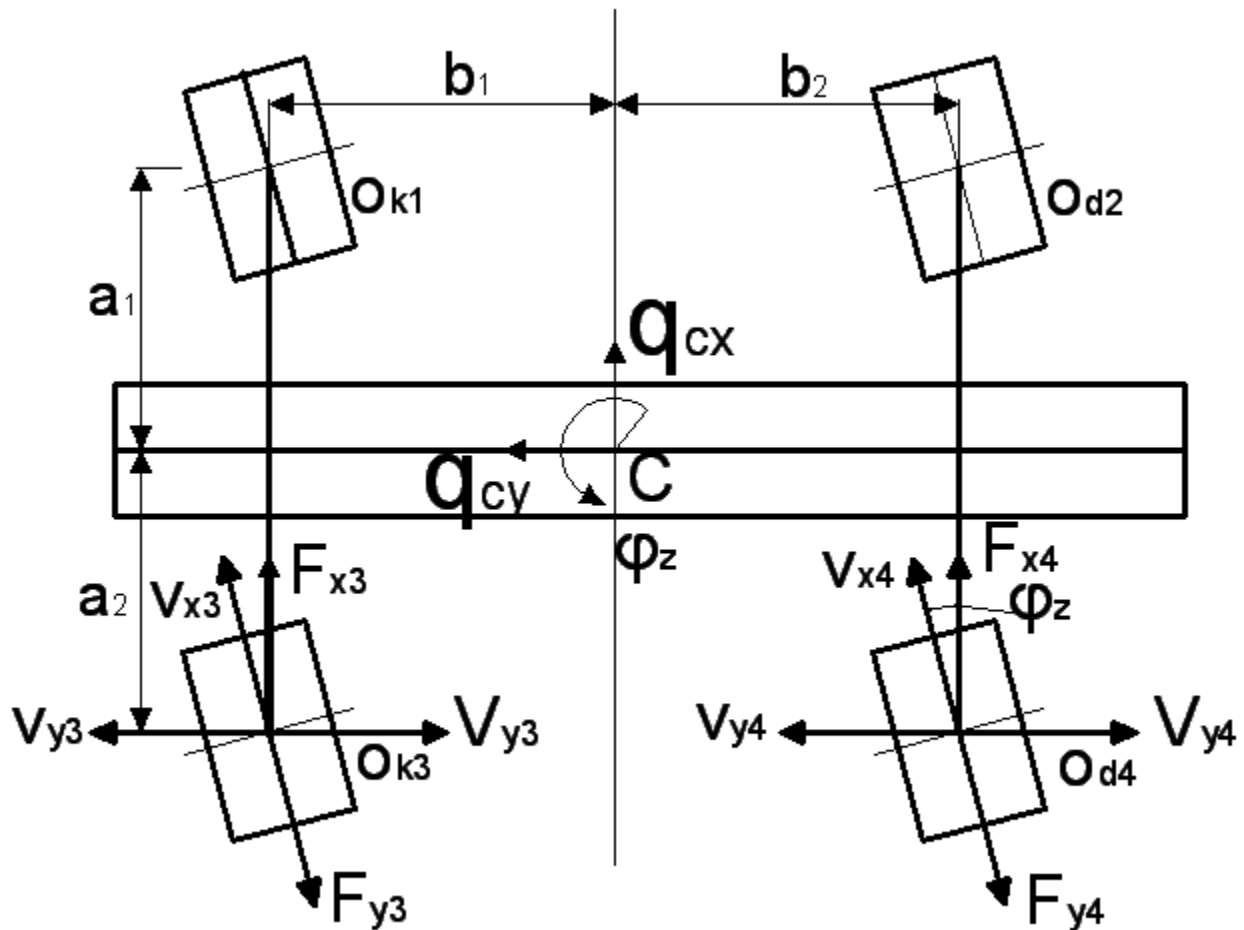
$$\begin{aligned}
 q_{x1} &= q_{cx} - c_1 \varphi_{cy} - b_1 \varphi_{cz}; \\
 q_{x2} &= q_{cx} - c_1 \varphi_{cy} + b_2 \varphi_{cz}; \\
 q_{x3} &= q_{cx} - c_2 \varphi_{cy} - b_1 \varphi_{cz}; \\
 q_{x4} &= q_{cx} - c_2 \varphi_{cy} + b_2 \varphi_{cz};
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 q_{y1} &= q_{cy} + a_1 \varphi_{cz} + c_1 \varphi_{cx}; \\
 q_{y2} &= q_{cy} + c_1 \varphi_{cx} + a_1 \varphi_{cz}; \\
 q_{y3} &= q_{cy} + c_2 \varphi_{cx} - a_2 \varphi_{cz}; \\
 q_{y4} &= q_{cy} + c_2 \varphi_{cx} + a_2 \varphi_{cz};
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
q_{z1} &= q_{cz} - a_1 \varphi_{cy} + b_1 \varphi_{cx}; \\
q_{z2} &= q_{cz} - a_1 \varphi_{cy} - b_2 \varphi_{cx}; \\
q_{z3} &= q_{cz} + a_2 \varphi_{cy} + b_1 \varphi_{cx}; \\
q_{z4} &= q_{cz} + a_2 \varphi_{cy} - b_2 \varphi_{cx};
\end{aligned}
\tag{7}$$

čia: $q_{xi}; q_{yi}; q_{zi}$ – i-toji krano ratų masių centro apibendrinčiosios koordinatės;

$a_1; a_2; b_1; b_2; c_1; c_2$ – krano ratų centrų koordinatės;



3.3 pav. Krano ratus veikiančių jėgų shema

Traukos jėga nustatoma:

$$V_{x3} = R_3 \cdot \omega_3 \cdot \sin \varphi_{cz} \approx R_3 \cdot \omega_3 \cdot \varphi_{cz}; \tag{8}$$

Kadangi $\varphi \rightarrow 0$, tai $\sin(\varphi) = \varphi$;

čia: V_{x3} – traukos jėga ; R_3 – krano rato spindulys; φ_{cz} – krano pasukimo kampas.

Skersinis krano rato slydimo greitis:

$$V_{syi} = v_{yi} - V_{yi}; \quad (9)$$

čia: v_{yi} – faktinis greitis skersine kryptimi; V_{yi} – riedėjimo greitis skersine kryptimi.

Santykinis slydimas:

$$\varepsilon_{yi} = \frac{V_{syi}}{R_i \omega_i}; \quad (10)$$

čia: ε_{yi} – i-tojo krano rato santykinio slydimo koeficientas;

Užrašomi santykinio slydimo koeficientai kiekvienam ratui:

$$\varepsilon_{y1} = \frac{\dot{q}_{cy} - c_1 \dot{\phi}_{cx} + a_1 \dot{\phi}_{cz}}{R_1 \omega_1} - \varphi_{cz};$$

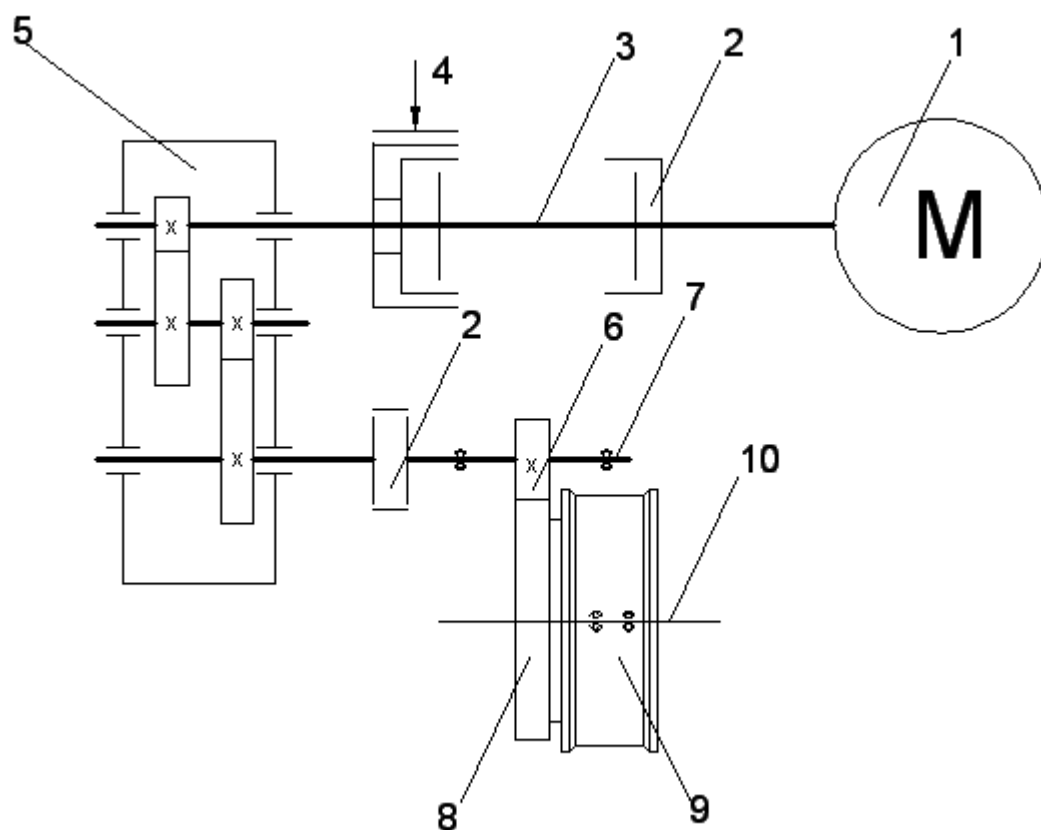
$$\varepsilon_{y2} = \frac{\dot{q}_{cy} + c_1 \dot{\phi}_{cx} + a_1 \dot{\phi}_{cz}}{R_2 \omega_2} - \varphi_{cz};$$

$$\varepsilon_{y3} = \frac{\dot{q}_{cy} - a_2 \dot{\phi}_{cz} + c_2 \dot{\phi}_{cx}}{R_3 \omega_3} - \varphi_{cz};$$

$$\varepsilon_{y4} = \frac{\dot{q}_{cy} + a_2 \dot{\phi}_{cz} + c_2 \dot{\phi}_{cx}}{R_4 \omega_4} - \varphi_{cz};$$

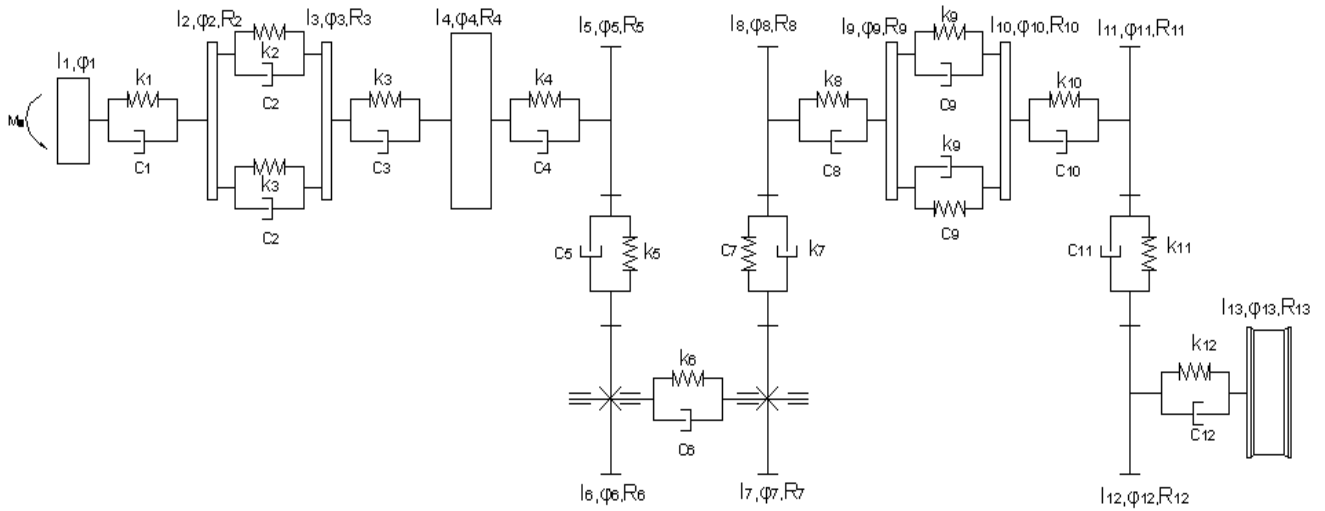
Ožinio krano važiavimo mechanizmo matematinis modelis

Kadangi prispaudimo jėga į krano ratus, kairėje ir dešinėje pusėje ne vienodos. Ji priklauso nuo to kurioje vietoje yra transportuojamas krovinys. Todėl krano vežimo mechanizmo matematinis modelis tiek kariajai pusei, tiek dešiniajai sudaromos atskirai.



3.4 pav. Krano važiavimo mechanizmo kinematinė schema: 1- elektros variklis; 2- mova; 3- velenas; 4- stabdis; 5- reduktorius; 6- pavaros perdavimo krupliaratis; 7- tarpinis velenas; 8- dantysas ratas; 9- varomasis ratas; 10- rato ašis.

Sudaromas važiavimo mechanizmo dinaminis modelis pagal 3.4 pav.



3.4 pav. Krano važiavimo mechanizmo dinaminis modelis

Dinaminio modelio masių inercijos momentai:

Asinchroninio variklio momentų lygtis [18]:

$$\dot{M}_v = c_v(\omega_0 - \dot{\phi}_1) - d_v M_v; \quad (11)$$

čia: $\dot{M}_v$ – variklio sukimo momentas; ω_0 – el. variklio kampinis greitis; $\dot{\phi}_1$ – smagračio kampinis greitis;

c_v, d_v – variklio parametrai,

$$c_v = \frac{2M_k \cdot \omega_l}{\omega_0}; d_v = S_k \omega_l;$$

čia: M_k, S_k – krizinis sukimo momentas ir slydimas; ω_0 – idealus tuščios eigos kampinis greitis.

Smagračio inercijos momentų lygtis:

$$I_1 \ddot{\phi}_1 = M_v - K_1(\phi_1 - \phi_2) - C_1(\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}_2); \quad (12)$$

Pusmovės masių inercijos momentų lygtis:

$$I_2 \ddot{\phi}_2 = -K_1(\phi_2 - \phi_1) - C_1(\dot{\phi}_2 - \dot{\phi}_1) - K_2 \cdot R_2(R_2 \phi_2 - R_3 \phi_3) - C_2 \cdot R_2(R_2 \dot{\phi}_2 - R_3 \dot{\phi}_3); \quad (13)$$

Pusmovės masių inercijos momentų lygtis:

$$I_3 \ddot{\phi}_3 = -K_3(\phi_3 - \phi_4) - C_3(\dot{\phi}_3 - \dot{\phi}_4) - K_3 \cdot R_3(R_3 \phi_3 - R_2 \phi_2) - C_2 \cdot R_3(R_3 \dot{\phi}_3 - R_2 \dot{\phi}_2); \quad (14)$$

Stabdžio masės inercijos momentų lygtis:

$$I_4\ddot{\varphi}_4 = -K_3(\varphi_4 - \varphi_3) - C_3(\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_3) - K_4(\varphi_4 - \varphi_5) - C_4(\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_5); \quad (15)$$

Penktos masės (krumpliaračio) masių inercijos momentų lygtis:

$$I_5\ddot{\varphi}_5 = -K_4(\varphi_5 - \varphi_4) - C_4(\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_4) - K_5R_5(R_5\varphi_5 + R_6\varphi_6) - C_5R_5(R_5\dot{\varphi}_5 + R_6\dot{\varphi}_6); \quad (16)$$

Šeštos masės (krumpliaračio) masių inercijos momentų lygtis:

$$I_6\ddot{\varphi}_6 = -K_5R_6(R_6\varphi_6 + R_5\varphi_5) - C_5R_6(R_6\dot{\varphi}_6 + R_5\dot{\varphi}_5) - K_6(\varphi_6 - \varphi_7) - C_6(\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_7); \quad (17)$$

Septintos masės (krumpliaračio) masių inercijos momentų lygtis:

$$I_7\ddot{\varphi}_7 = -K_7(\varphi_7 - \varphi_6) - C_6(\dot{\varphi}_7 - \dot{\varphi}_6) - K_7R_7(R_7\varphi_7 + R_8\varphi_8) - C_7R_7(R_7\dot{\varphi}_7 + R_8\dot{\varphi}_8); \quad (18)$$

Aštuntos masės (krumpliaračio) masių inercijos momentų lygtis:

$$I_8\ddot{\varphi}_8 = -K_7R_8(R_7\varphi_7 + R_8\varphi_8) - C_7R_8(R_7\dot{\varphi}_7 + R_8\dot{\varphi}_8) - K_8(\varphi_8 - \varphi_9) - C_8(\dot{\varphi}_8 - \dot{\varphi}_9); \quad (19)$$

Devintos masės (pusmovės) masių inercijos momentų lygtis:

$$I_9\ddot{\varphi}_9 = -K_8(\varphi_9 - \varphi_8) - C_8(\dot{\varphi}_9 - \dot{\varphi}_8) - K_9 \cdot R_9(R_9\varphi_9 - R_{10}\varphi_{10}) - C_9 \cdot R_9(R_9\dot{\varphi}_9 + R_{10}\dot{\varphi}_{10}); \quad (20)$$

Dešimos masės (pusmovės) masių inercijos momentų lygtis:

$$I_{10}\ddot{\varphi}_{10} = -K_9 \cdot R_{10}(R_{10}\varphi_{10} - R_9\varphi_9) - C_9 \cdot R_{10}(R_{10}\dot{\varphi}_{10} - R_9\dot{\varphi}_9) - K_{10}(\varphi_{10} - \varphi_{11}) - C_{10}(\dot{\varphi}_{10} - \dot{\varphi}_{11}); \quad (21)$$

Vienuoliktos masės (krumpliaračio) masių inercijos momentų lygtis:

$$I_{11}\ddot{\varphi}_{11} = -K_{10}(\varphi_{11} - \varphi_{10}) - C_{10}(\dot{\varphi}_{11} - \dot{\varphi}_{10}) - K_{11} \cdot R_{11}(R_{11}\varphi_{11} + R_{12}\varphi_{12}) - C_{11} \cdot R_{11}(R_{11}\dot{\varphi}_{11} + R_{12}\dot{\varphi}_{12}); \quad (22)$$

Dvyliktos masės (krumpliaračio) masių inercijos momentų lygtis:

$$I_{12}\ddot{\varphi}_{12} = -K_{11} \cdot R_{12}(R_{12} \cdot \varphi_{12} - R_{11} \cdot \varphi_{11}) - C_{11} \cdot R_{12}(R_{12}\dot{\varphi}_{12} + R_{11}\dot{\varphi}_{11}) - K_{12}(\varphi_{12} - \varphi_{13}) - C_{12}(\dot{\varphi}_{12} - \dot{\varphi}_{13}); \quad (23)$$

Krano rato masių inercijos momentų lygtis:

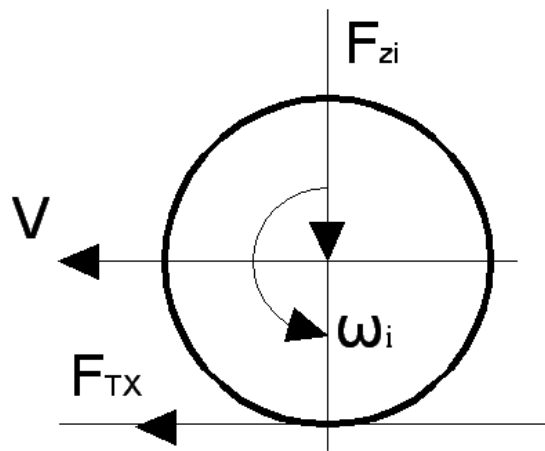
$$I_{13}\ddot{\varphi}_{13} = -K_{12}(\varphi_{13} - \varphi_{12}) - C_{12}(\dot{\varphi}_{13} - \dot{\varphi}_{12}) - F_r \text{sign}(\dot{\varphi}_{13}); \quad (24)$$

čia: K_i, C_i – velenų arba krumplinių porų standumo ir slopinimo koeficientai;

F_r – trinties jėga; R_i – i-tosios masės spindulys.

Ožinio krano rato su bėgiu kontakto matematinis modelis

Modeliuojant machatroninių sistemų dinامينius procesus, reikia kuo tiksliau įvertinti trinties jėgas. Atsiradus trumpalaikiams tarpeliams, keičiasi tarpusavyje sąveikaujančių kūnų sąveikos jėgos. Todėl gali staigiai pakisti kūnų judėjimo dinamika. Kontaktuojant dviem kūnams, sąveikos jėgos priklauso nuo kūno paviršiaus geometrijos, kūno fizinių ir mechaninių savybių. Be to, kontaktuojant jėgoms būdinga histerezė, t.y. kontaktas priklauso nuo kontaktuojančių kūnų suartėjimo greičio krypties, dažniausiai dviejų sąveikaujančių kūnų kinematika įvertinama greičių atstatymo koeficientu.



3.5 pav. Krano rato dinaminis modelis

Traukos jėga ant rato

$$F_{TX} = -K \cdot \varepsilon_x; \quad (25)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\dot{q}_{cx} - c_2 \cdot \dot{\varphi}_{cy} - b_1 \cdot \dot{\varphi}_{cz}}{R_i \cdot \omega_i} - 1; \quad (26)$$

čia: F_{TX} – Traukos jėga; K - tamprus slydimo koeficientas; ε_x – santykinio slydimo koeficientas;

Pagal F. Karterio formulę :

$$K = \sqrt{\frac{\pi \cdot E \cdot R_3 \cdot b \cdot F_{z3}}{8(1 - \mu^2)}} \cdot (1 + \sqrt{1 + q_F}); \quad (27)$$

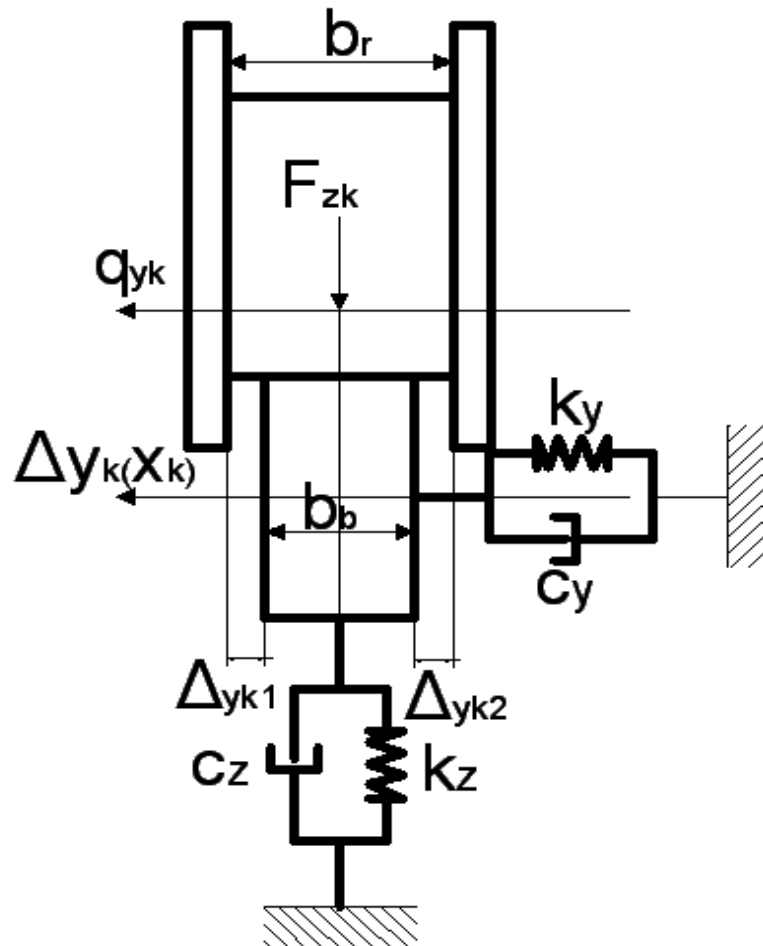
čia: E – tamprumo modulis, R – krano rato spindulys, F_z – prispaudimo jėga, μ – Puasono koeficientas, b – krano rato kontakto ploto plotis.

$$\text{Apytiksliai } q_F = 1,5\varepsilon \quad (28)$$

Ištačius apytkslę q_F reikšmę į F. Karterio formulę gaunasi:

$$K = \sqrt{\frac{\pi \cdot E}{8(1-\mu^2)}} \cdot \sqrt{R_3 \cdot b \cdot F_{23}} \cdot 1,5 \cdot \varepsilon; \quad (29)$$

Sudarant krano rato ir begio kontakto dinaminį modelį, įvertinama begio nelygumai, išilgine ir skersine kryptimi bei tarpeliais tarp bėgio ir krano rato.



3.6 pav. Krano rato ir bėgio dinaminis modelis

Tamprumo jėgos ir momentai tiesiškai priklauso nuo tamprųjų poslinkių pokyčių, bet šie pokyčiai yra padalyti į atskiras zonas Δ_{yk1} ir Δ_{yk2} , kuriose standumo koeficientai k arba c yra vienodi.

Kairiojo tarpelio pločio charakteristika:

$$\Delta_{yk1} = \frac{1}{2}(b_r - b_b) - \Delta_{yk}(x_k); \quad (30)$$

čia: Δ_{yk1} – kairysis tarpelis; b_r – ožinio krano rato plotis; b_b – ožinio krano bėgio plotis; $\Delta_{yk}(x_k)$ - bėgio nelygumų.

Dešiniojo tarpelio pločio charakteristika:

$$\Delta_{yk2} = \frac{1}{2}(b_r - b_b) + \Delta_{yk}(x_k); \quad (31)$$

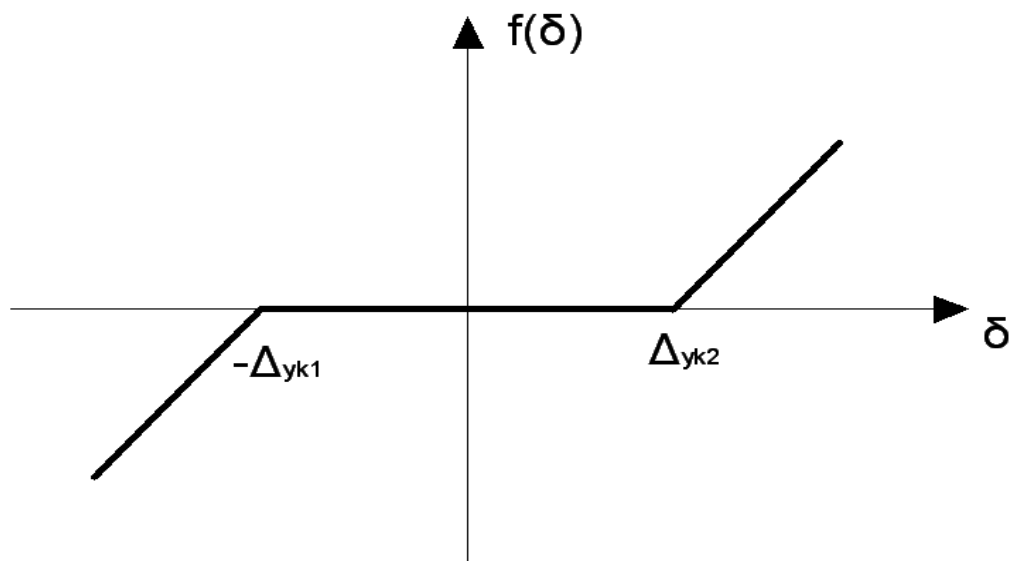
Įvertinus rato ir bėgio nelygumus tarpelio ploto charakteristika:

$$\delta_{k1} = q_{yk} - \Delta_{yk1}; \quad (32)$$

čia: δ_k – tarpelio tarp rato ir begio pasiskirstymo charakteristika; q_{yk} – abibendrinanti poslinkių koordinatė; Δ_{yk1} – kairysis tarpelis.

$$\delta_{k2} = q_{yk} - \Delta_{yk2}; \quad (33)$$

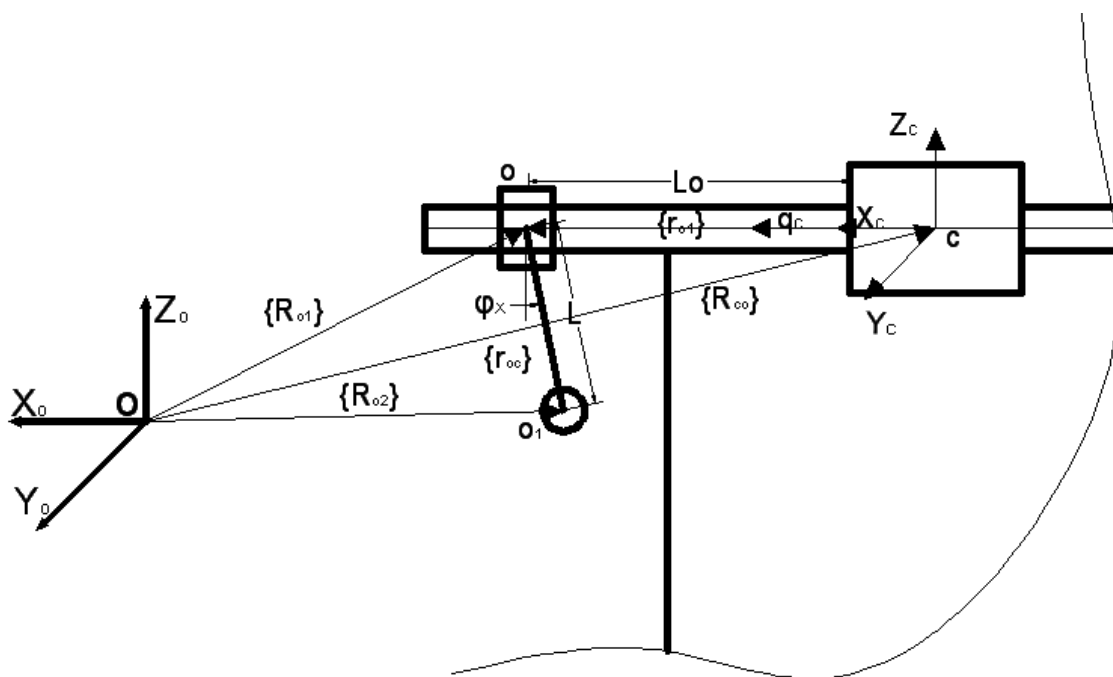
$$f(\delta) = \begin{cases} K_y \cdot \delta_{1k} \\ 0 \\ K_y \cdot \delta_{2k} \end{cases}, \text{ kai } \begin{cases} \delta_{1k} > 0 \\ \delta_{2k} < 0 \end{cases}; \quad (34)$$



3.7 pav. Tarpelio pasiskirstymo grafikas

Pakabinto krovinio judėjimo matematinis modelis

Sudaromas pakabinto krovinio judėjimo matematinis modelis.



3.8 pav. Pakabinto krovinio judėjimo dinaminis modelis

Įsivedama nejudanti (inercinė) koordinačių sistema $OX_oY_oZ_o$, su nagrinėjamu kūnu sujungtą judančia koordinačių sistema $CX_cY_cZ_c$ 3.8 pav.

$$\{R_{o1}\} = \{R_{co}\} + \{q_c\} + [A(\varphi_c)]\{r_{o1}(t)\}; \quad (35)$$

čia: $\{q_c\}$ – kranų apibendrintų poslinkių vektorius; $[A(\varphi_c)]$ – posūkio matrica; $\{r_{o1}\}$ – apibendrinantis kranų vežimėlio vektorius, judantis pagal tam tikrą laiko charakteristiką.

$$\{V_1\} = \{\dot{q}\} - [\tilde{r}_{o1}(t)]\{\dot{\varphi}_c\} + [A]\{\dot{r}_{o1}\}; \quad (36)$$

čia: $\{V_1\}$ – kranų vežimėlio greičio vektorius;

$$\{R_{o2}\} = \{R_{o1}\} + [A(\varphi_{kr})]\{r_{o1o2}\}; \quad (37)$$

čia: $\{R_{o2}\}$ – krovinio masės centro apibendrinantis vektorius;

$$\text{čia: } \{r_{o1o2}\}^T = [0, 0, L];$$

$$\{V_{o2}\} = \{V_{o1}\} - [A(\varphi_{kr})]\{r_{o1o2}\} = \{V_{o1}\} + [\tilde{\Theta}] [A]\{r_{o1o2}\} = \{V_{o1}\} + [\tilde{A}][\tilde{r}_{o1o2}]\{\dot{\Theta}_{kr}\}; \quad (38)$$

čia: Θ_{kr} – Kardano kampai [18];

$$\{\dot{\Theta}_{kr}\} = [G_3(\Theta_{kr})]\{\dot{\varphi}_{kr}\};$$

Nagrinėjant kūno sukimąsi, reikia žinoti posūkio (koordinačių transformacijos) matrica. Posūkio matricą galima apskaičiuoti naudojant Kardano, Oilerio kampus. Naudojant kardano kampus $(\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3)$ posūkio matrica lygi:

$$[A(\Theta)] = \begin{bmatrix} c_2c_3 & -c_2s_2 & s_2 \\ s_1s_2c_3 + c_1s_3 & -s_1s_2s_3 + c_1c_3 & -s_1c_2 \\ s_1s_3 - c_1s_2s_3 & c_1s_2s_3 + s_1c_3 & c_1c_2 \end{bmatrix}; \quad (39)$$

čia: $s_i = \sin(\Theta_i)$; $c_i = \cos(\Theta_i)$; $i = 1, 2, 3$.

$$\begin{aligned}
& m_{kr} \begin{pmatrix} [E] & [L_o] & -[\tilde{R}_{oc}] \\ [L_o]^T & [L_o]^T [L_o] & [L_o]^T [\tilde{R}_{oc}] \\ -[\tilde{R}_{oc}] & [\tilde{R}_{oc}]^T [\tilde{L}_{oc}] & [\tilde{R}_{oc}]^T [\tilde{R}_{oc}] \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \{\ddot{q}_c\} \\ \{\ddot{\phi}_c\} \\ \{\ddot{\Theta}\} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ [\tilde{L}_o]^T [\tilde{R}_{oc}] [\dot{\Theta}] \\ -[\tilde{R}_{oc}] [\ddot{q}_c] - [\tilde{R}_{oc}] [\tilde{L}_{oc}] [\dot{\phi}_c] \end{Bmatrix} = \\
& = \begin{Bmatrix} \{F\} \\ [\tilde{L}_o]^T \{F\} \\ [\tilde{R}_{oc}]^T \{F\} \end{Bmatrix} \quad (40)
\end{aligned}$$

4. OŽINIO KRANO JUDĖJIMO NELYGIAIS BĖGIAIS DINAMINIŲ PROCESŲ MATEMATINIO MODELIAVIMO REZULTATAI

Ožinio krano pradinės sąlygos

Ožinio krano ratuko plotis 100mm. bėgio tipas- R75, kuriogalvutės plotis- 75 mm.

Ožinio krano važiavimo mechanizmo parametrai:

Asinchroninis variklis: galingumas $N=2,2$ kW, Sukiai $n=930$ aps/min. maksimalūs sukiai $n_{\max} = 2500$ aps/min. Sukimo momentas $M=97,39$ Nm.

Ožinio krano važiavimo mechanizmo parametrai:

Atitinkamų krano važiavimo mechanizmo elementų spinduliai: $R1=0,02$; $R2=0,0375$; $R3=0,0375$; $R4=0,10$; $R5=0,03$; $R6=0,119$; $R7=0,032$; $R8=0,116$; $R9=0,072$; $R10=0,072$; $R11=0,124$; $R12=0,248$; $R13=0,250$.

Atitinkamų krano važiavimo mechanizmo elementų masių inercijos momentai: $AIN1=0,115$ Nms; $AIN2=0,034$ Nms; $AIN3=0,034$ Nms; $AIN4=0,1088$; $AIN5=0,00366$ Nms; $AIN6=0,19988$ Nms; $AIN7=0,001414$ Nms; $AIN8=0,54946$; $AIN9=0,0448$; $AIN10=0,0448$; $AIN11=0,932$ Nms; $AIN12=1,832$ Nms; $AIN13=3,0$ Nms.

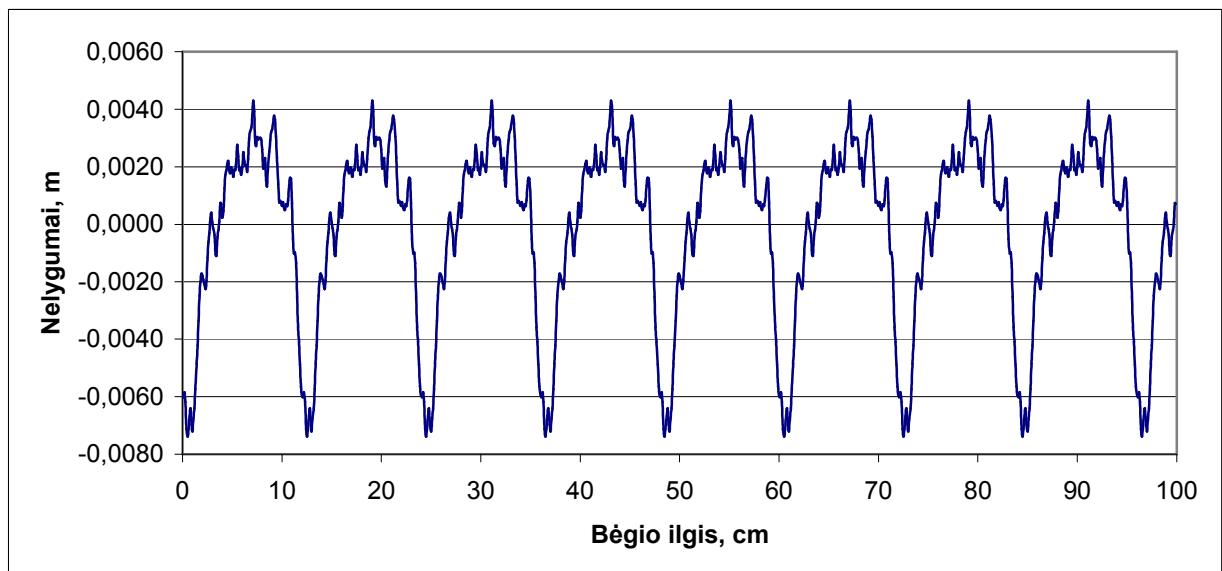
Atitinkamų krano važiavimo mechanizmo elementų standumo koeficientai: $K1=0,1830 \cdot 10^6$ N/m; $K2=1,0 \cdot 10^6$ N/m; $K3=0,3390 \cdot 10^6$ N/m; $K4=0,5090 \cdot 10^6$; $K5=150,0 \cdot 10^6$ N/m; $K6=0,0470 \cdot 10^6$ N/m; $K7=150,0 \cdot 10^6$ N/m; $K8=2,50 \cdot 10^6$; $K9=2,0 \cdot 10^6$ N/m; $K10=0,0320 \cdot 10^6$ N/m; $K11=150,0 \cdot 10^6$ N/m; $K12=2,0 \cdot 10^6$ N/m; $K13=2,60 \cdot 10^6$ N/m.

Atitinkamų krano važiavimo mechanizmo elementų standumo koeficientai: $C1=1,50 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C2=1,0 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C3=1,80 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C4=1,90 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C5=150,0 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C6=2,20 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C7=150,0 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C8=2,50 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C9=2,0 \cdot 10^{-1} m^{-1}$; $C10=2,0 \cdot 10^2 \cdot m^{-1}$; $C11=2,0 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C12=2,0 \cdot 10^2 m^{-1}$; $C13=2,60 \cdot 10^6 m^{-1}$.

Ožinio krano bėgių nelygumai

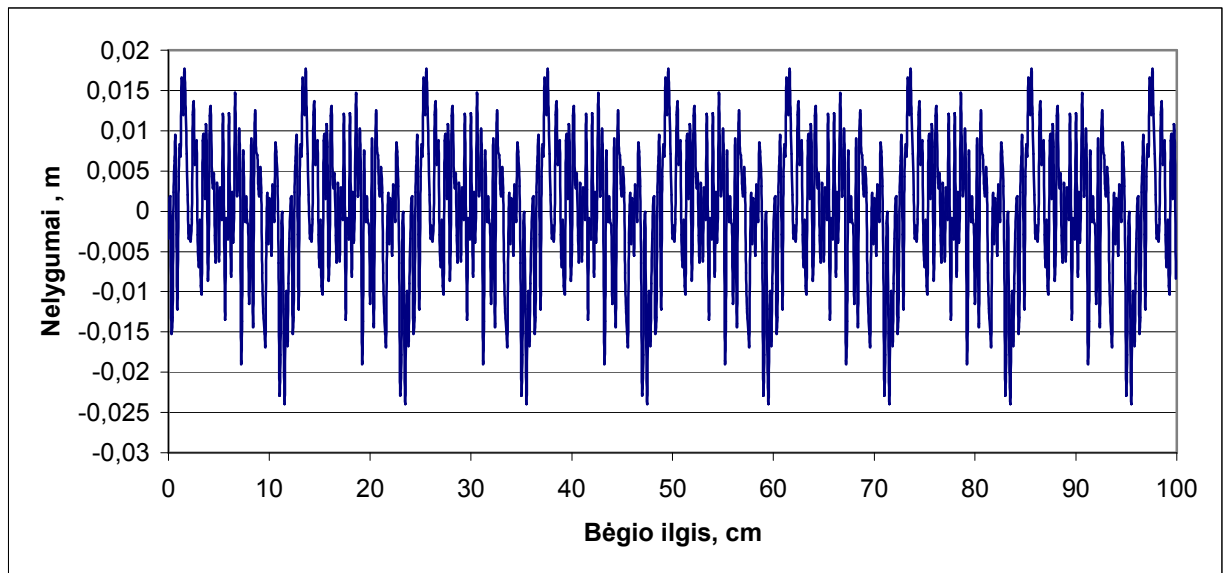
Savo tiriamajame darbe vertinau ožinio krano bėgio nelygumus išilgine ir skersine kryptimi. Atsitiktiniu būdu generuojami nelygumai 10m. bėgio ruože priimant ratuko plotį 100mm. bėgio tipas- R75, kuriogalvutės plotis- 75 mm.

Atsitiktiniu būdu sugeneruoti kairiojo bėgio nelygumai horizontalioje plokštumoje:



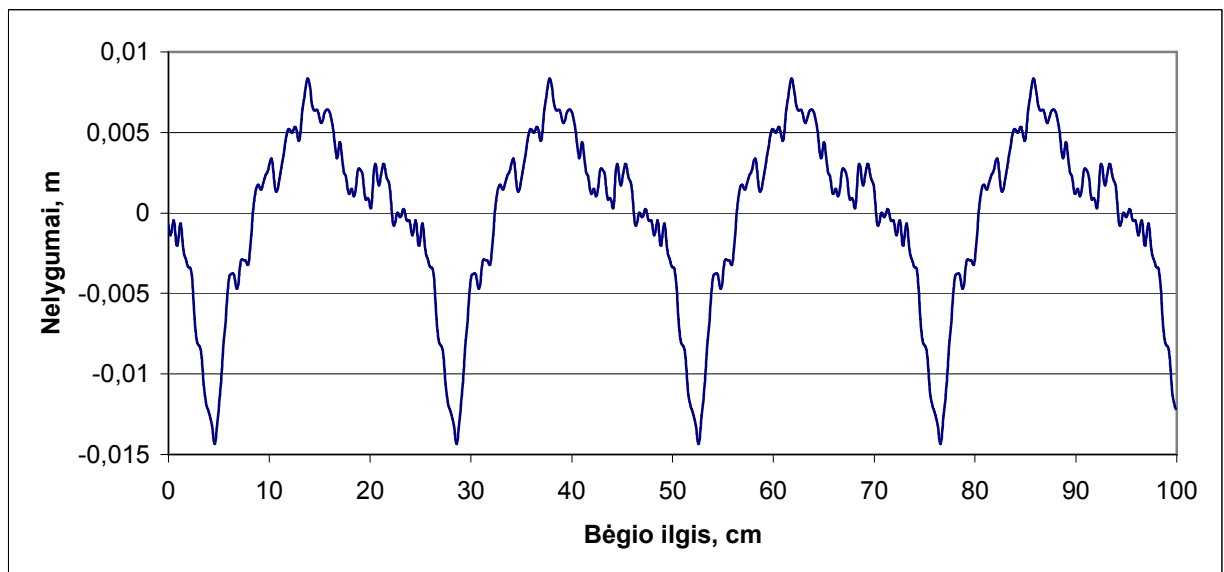
4.1 pav. Ožinio krano kairiojo bėgio nelygumai horizontalioje plokštumoje:

Ožinio krano kairiojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X:



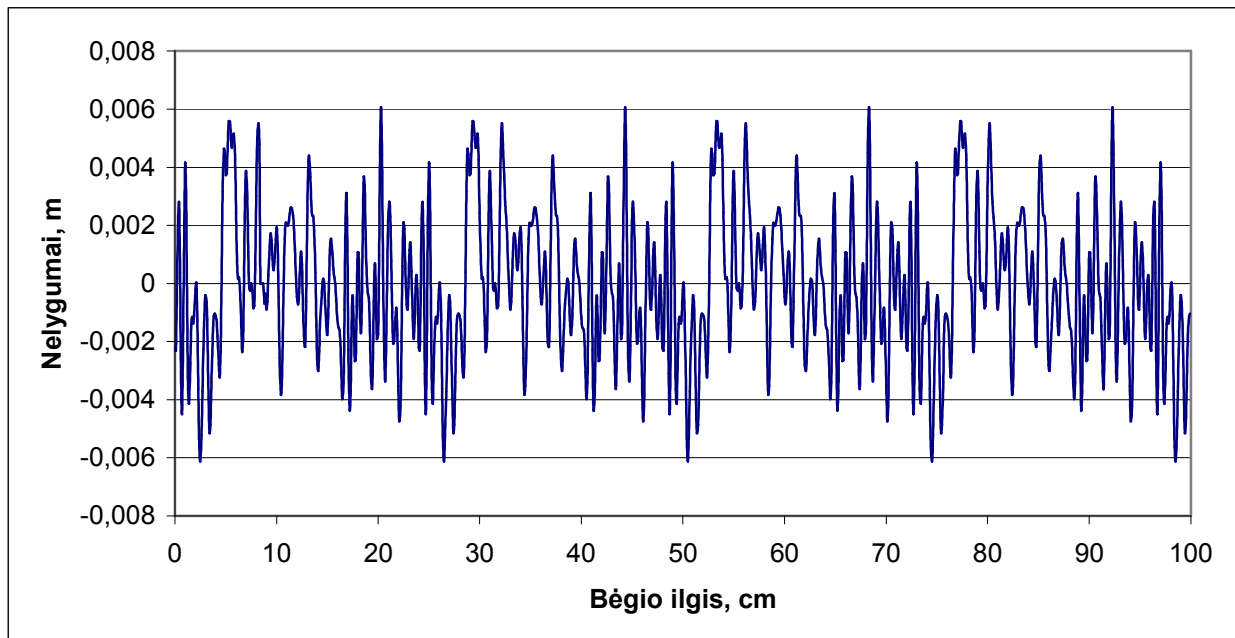
4.2 pav. Ožinio krano kairiojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X

Atsitiktiniu būdu sugeneruoti kairiojo bėgio nelygumai vertikalioje plokštumoje :



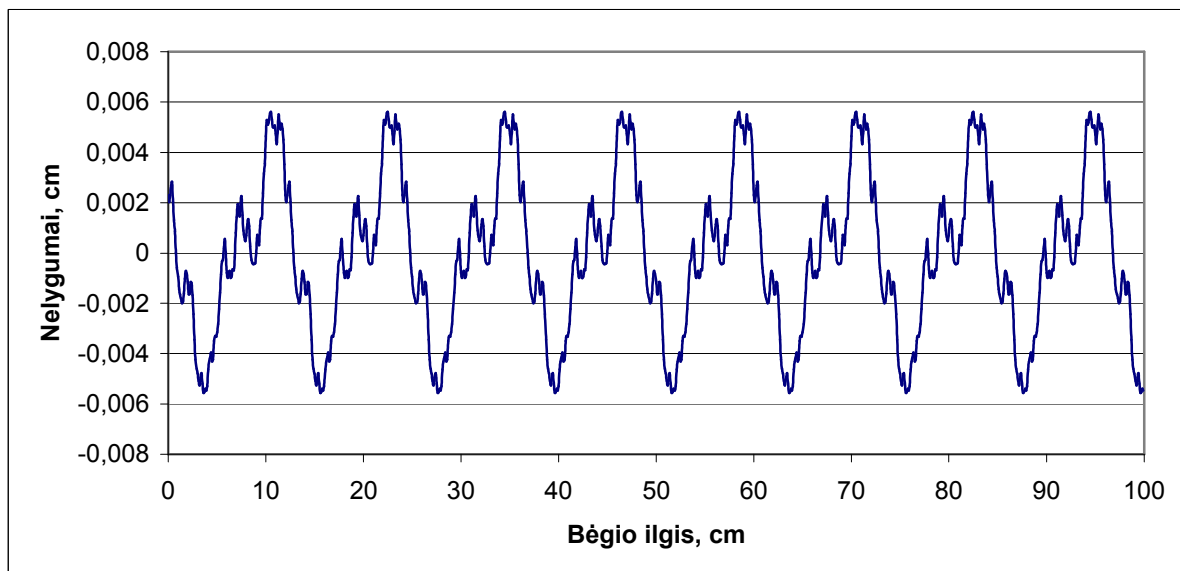
4.3 pav. Ožinio krano kairiojo bėgio nelygumai vertikalioje plokštumoje skersine kryptimi

Ožinio krano dešiniojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X:



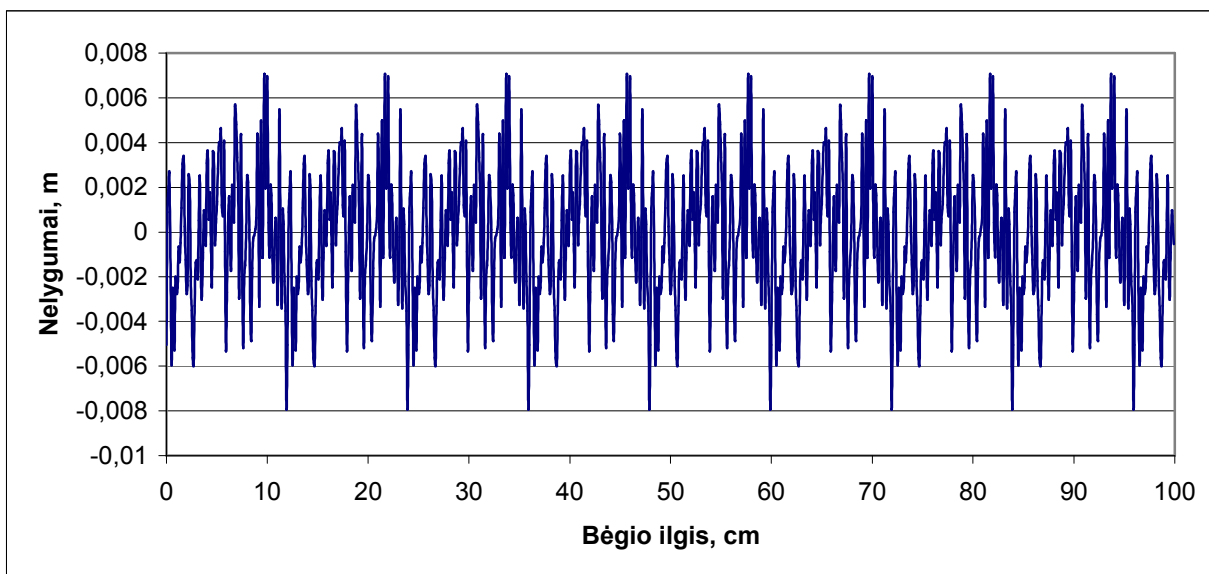
4.4 pav. Ožinio krano dešiniojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X.

Atsitiktiniu būdu sugeneruoti dešiniojo bėgio nelygumai horizontalioje plokštumoje:



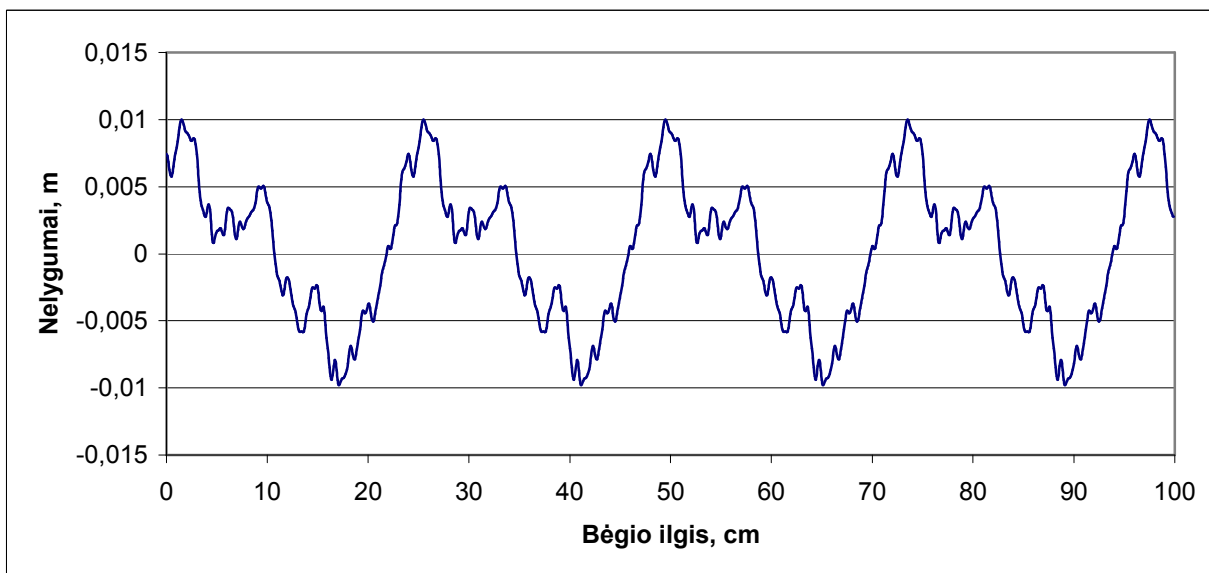
4.5 pav. Ožinio krano dešiniojo bėgio nelygumai horizontalioje plokštumoje

Ožinio krano dešiniojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X:



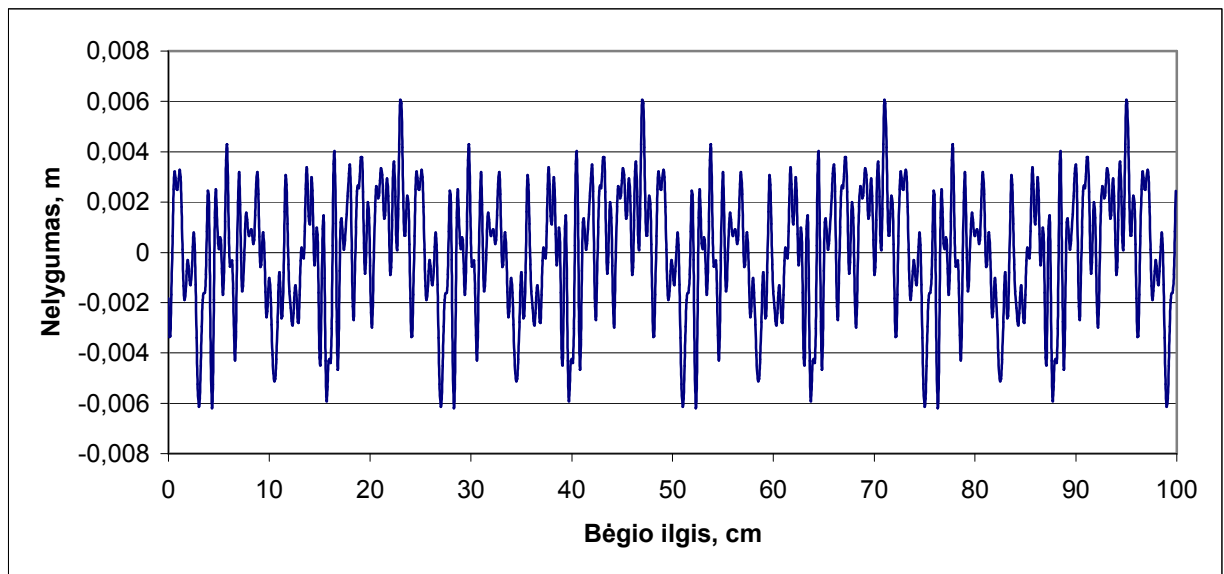
4.6 pav. Ožinio krano dešiniojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X:

Atsitiktiniu būdu sugeneruoti dešiniojo bėgio nelygumai vertikaliajoje plokštumoje :



4.7 pav. Ožinio krano dešiniojo bėgio nelygumai vertikaliajoje plokštumoje

Ožinio krano dešiniojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X:

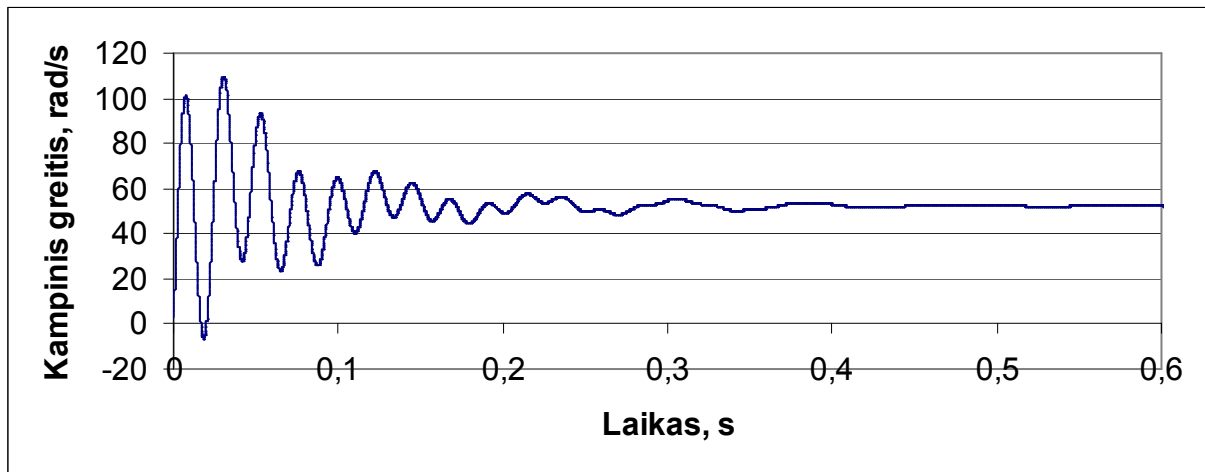


4.8 pav. Ožinio krano dešiniojo bėgio nelygumų išvestinė pagal koordinatę X

Ožinio krano važiavimo mechanizmo dinamika

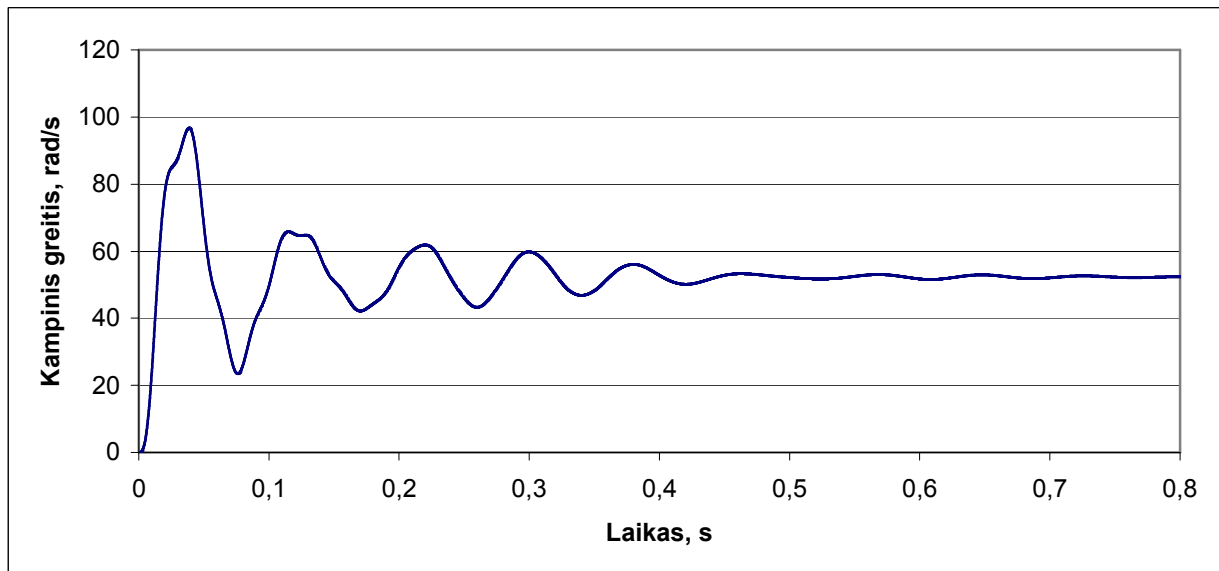
FORTTRAN programos pagalba buvo sumodeliuotas krano važiavimo mechanizmas. Grafikuose pateikta 6 charakteringų taškų kampinių greičių kitimas, tai asinchroninio variklio, krumpliaračių pažymėtų 5, 6, 8, 11 numeriu, bei krano rato. Iš grafikų matyti kaip pradžioje kinta kampinis greitis, kuriam įtakos turi asinchroninio variklio veikimo principas. Taip pat matosi po kiek laiko 6 charakteringų taškų nusistovi kampinių greičių svyravimas.

Pirmajame grafike pateikta asinchroninio variklio kampinių greičių kitimo grafikas:



4.9 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo asinchroninio variklio kampinių greičių kitimo grafikas

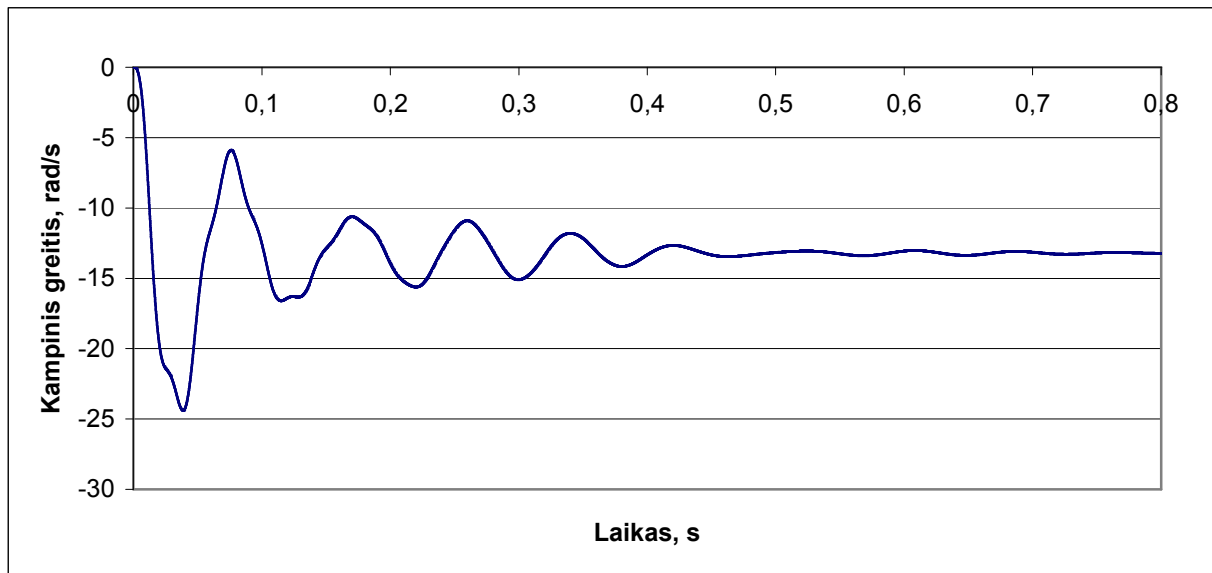
Antrajame grafike pateikta krumpliaračio pažymėtu 5 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas:



4.10 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo krumpliaračio pažymėtu 5 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas

Iš šių dviejų grafikų matosi, kad kampiniai greičiai dar yra dideli, tik svyravimų amplitudė mažėja. Asinchroninio variklio nusistovėjimo laikas maždaug 0,6s. krumpliaračio po maždaug 0,7s.

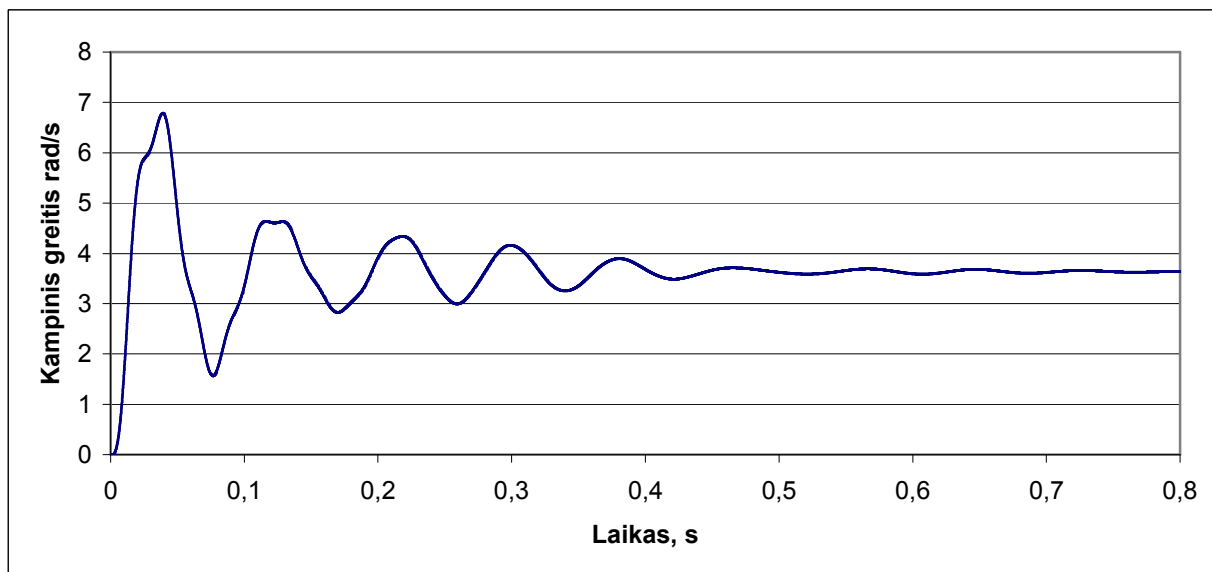
Trečiame grafike pateikta krumpliaračio pažymėtu 6 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas:



4.11 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo krumpliaračio pažymėtu 6 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas

Kampiniai greičiai su minuso ženklu todėl, kad krumpliaratis sukais į kitą pusę, iš grafiko matyti, kad nusistovėjimo laikas maždaug po 0,8s.

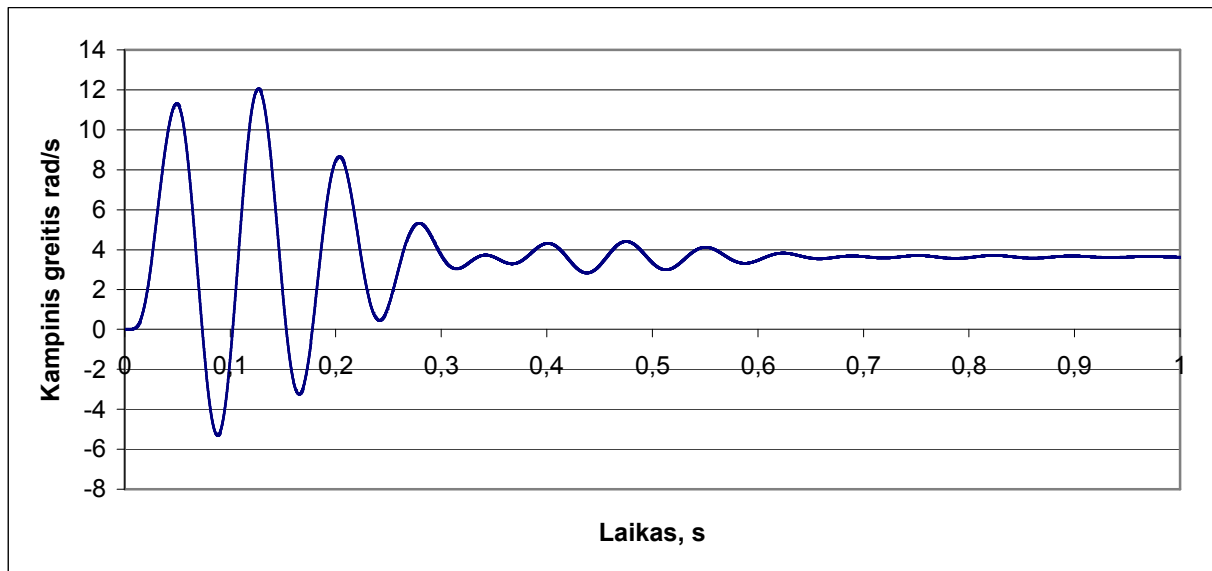
Ketvirtame grafike pateikta krumpliaračio pažymėtu 8 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas:



4.12 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo krumpliaračio pažymėtu 8 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas

Kampiniai greičiai vėl su „+“ ženklu, nes krumpliaratis vėl sukasi pagal teigiamą užsiduotą kryptį.

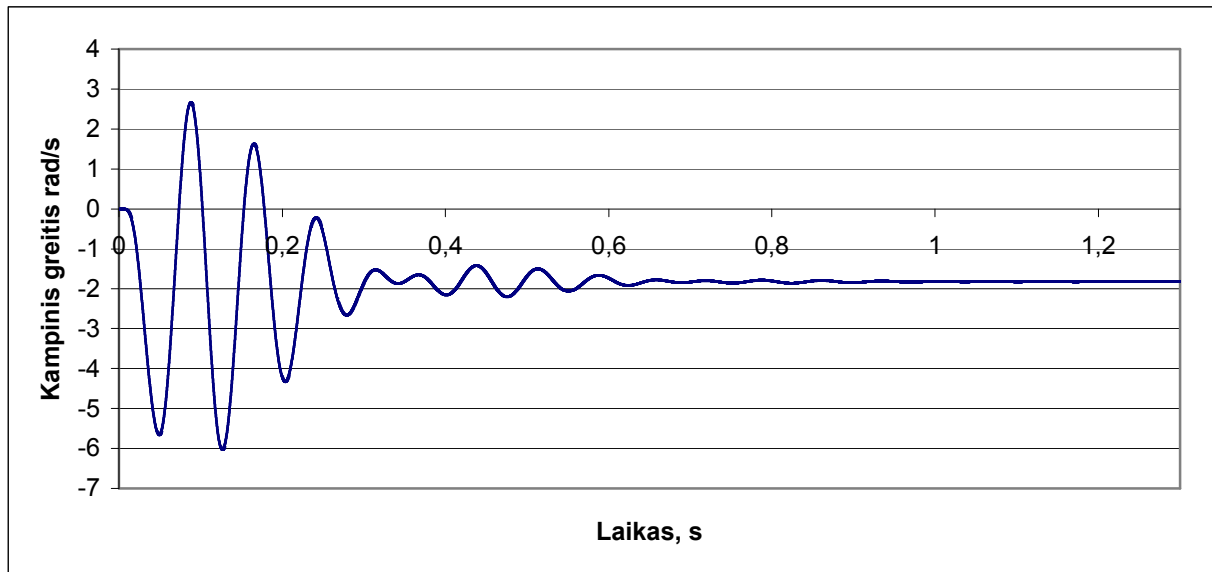
Penktame grafike pateikta krumpliaračio pažymėtu 11 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas:



4.13 pav. Ožinio krano vežimo mechanizmo krumpliaračio pažymėtu 11 numeriu kampinių greičių kitimo grafikas

Nusistovėjimo laikas maždaug po 0,9s.

Šeštame grafike pateikta ožinio krano rato kampinių greičių kitimo grafikas:



4.13 pav. Ožinio krano rato kampinių greičių kitimo grafikas

IŠVADOS

- Išanalizuota teorinė medžiaga susijusi su ožiniais kranais;
- Buvo atlikta mokslinių staipsnių analizę, kuriuose nagrinėjama ožinio krano dinaminiai procesai;
- Sukurtas ožinio krano erdvinis matematinis modelis, kuriame įvertinama krano važiavimo mechanizmo pavaros dinaminiai procesai, ratų sąveikos su bėgiais ypatumai (slydimas), bėgio nelygumai horizontalioje ir vertikalioje plokštumose, keliamo krovinio dinamika.
- Sukurtas erdvinis dinaminis modelis, kuris turi 66 laisvės laipsnius.
- Atsitiktiniu būdu sugeneruoti bėgio nelygumai.
- Matematinės programos pagalba ištirti dinaminiai procesai vykstatys vežimo mechanizme. Iš jo matyti, kaip kinta kampiniai greičiai atitinkamuose charakteringuose taškuose, taip pat matomas nusistovėjimo laikas, kuris tampa vis vėlesnis einant nuo asinchroninio variklio iki krano rato.

LITERATŪRA

1. K. Pilkauskas, A. Kerpauskas „Kėlimo ir transportavimo mašinos“, leidykla „Mintis“, Vilnius, 1968m.
2. J. Solominas, B. Spruogis „Kėlimo ir transportavimo mašinos“, leidybinė redakcinė taryba, Vilnius, 1988m.
3. B. Spruogis „Pakrovimo ir iškrovimo įrenginiai bei mašinos“, leidykla „Technika“, Vilnius, 1994m.
4. Hanafy M. Omar ir Ali H. Nayfeh “Gantry cranes gain scheduling feedback control with friction compensation”, Saudi Arabia, 2004m.
5. C.S. Teo , K.K. Tan, S.Y. Lim, S. Huang, E.B. Tay “Dynamic modeling and adaptive control of a H-type gantry stage”, Singapore, 2007m.
6. M.A. Ahmad, R.M.T. Raja Ismail, M.S. Ramli, N.M. Abdul Ghani, M.A. Zawaw “Optimal Tracking with Sway Suppression Control for a Gantry Crane System”, Malaysia, 2009m.
7. William E. Singhose ir Samuel T. Towel savo straisnyje “Double- pendulum gantry crane dynamics and control”, USA, 1998m.
8. E.E. Vernon, M.E. Stevenson, and J.L. McDougall, “Premature Failure of Steel Gantry Crane Wheels”, USA, 2004m.
9. V. Yu. Sap’yanov “Selecting Optimal Configurations of the Metal Structures in Heavy-Duty Gantry Cranes”, Saratov, 2008m.
10. M.A. Ahmad “Sway Reduction on Gantry Crane System using Delayed Feedback Signal and PD type Fuzzy Logic Controller: A Comparative Assessment”, Malaisya, 2009m.
11. Azdiana, M.Y., Noor Asyikin, S., Khairuddin, , Zaharudin, “Vibration control of a gantry crane system using inverse dynamics analysis”, Malaysia, 2009m.
12. Mahmud iwan solihin, Wahuidi, Ari Lwgowo “Fuzzy- tuned PID anti-swing control of automatic gantry crane”, Malaysia, 2009m.
13. Jia-Jang Wu “Finite element analysis and vibration testing of a three-dimensional crane structure”, Taiwan, 2006m.
14. Andrzej Urbas, Stanisław Wojciech “Dynamic analysis of the gantry crabe used for transporting bop”, Poland, 2008m.
15. Jia-Jang Wu, A.R. Whittaker , M.P. Cartmell savo straisnyje “The use of finite element techniques for calculating the dynamic response of structures to moving loads”, Glasgow, 2000m.

16. Mohd Ashraf Ahmad savo straipsnyje “Active Sway Suppression Techniques of a Gantry Crane System”, Malaysia, 2009m.
17. Michael Kenison ir William Singhose savo straipsnyje “Input shaper design for double-pendulum planar gantry cranes”, USA, 1999m.
18. M. Bogdevičius „Mechatroninių sistemų ir elementų modeliavimas“, „Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla“, Vilnius, 2008m.
19. V. K. Augustaitis “Mechaninių virpesių pagrindai”, leidykla “Žiburio”, Vilnius, 2000m.

PRIEDAI

```
DOUBLE PRECISION FUNCTION F_CONTACT_UNEVENESS(H_BEGIS_PROFILIS,  
&                                     xk,nelem_GT_profilis)
```

```
implicit real*8 (a-h,o-z)
```

```
    DIMENSION H_BEGIS_PROFILIS(6,nelem_GT_profilis)
```

```
    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)
```

```
    hh=F_RAILWAY_UNEVENESS(H_BEGIS_PROFILIS,  
&                                     xk,nelem_GT_profilis)
```

```
    rez=hh
```

```
    F_CONTACT_UNEVENESS=rez
```

```
    RETURN
```

```
    END
```

```
c=====
```

```
=====
```

```
DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RAILWAY_UNEVENESS(H_BEGIS_PROFILIS,  
&                                     xk,nelem_GT_profilis)
```

```
implicit real*8 (a-h,o-z)
```

```
    DIMENSION H_BEGIS_PROFILIS(6,nelem_GT_profilis)
```

```
    DIMENSION AN(4),H(4)
```

```

kod=0

DO i=1,nelem_GT_profilis-1

    xi= H_BEGIS_PROFILIS(1,i); xj= H_BEGIS_PROFILIS(2,i)
    ale=xj-xi

    IF(xi.LE.xk.AND.xk.LE.xj) THEN
        psi=F_PSIK(xi,xk,xj)

        DO j=1,4; H(j)=H_BEGIS_PROFILIS(2+j,i); END DO

        AN(1)=1.0D0-3.0D0*psi**2-2.0D0*psi**3
        AN(2)=ale*(psi-2.0D0*psi**2+psi**3)

        AN(3)=3.0D0*psi**2-2.0D0*psi**3
        AN(4)=ale*(-psi**2+psi**3)

        hh=AN(1)*H(1)+AN(2)*H(3)+AN(3)*H(2)+AN(4)*H(4)
        kod=1; ke=i
        GOTO 100
    END IF

END DO

100 CONTINUE

```

```

IF(kod.NE.1) THEN
    WRITE(6,*)'***** ERROR. F_RAILWAY_UNEVENESS '
    WRITE(6,*)'***** ERROR. Dont find H'

```

```
        WRITE(6,*)' xk=',xk  
    STOP  
END IF
```

```
c    WRITE(6,*)' xk=',xk  
c    WRITE(6,*)' xi=',H_BEGIS_PROFILIS(1,ke)  
c    WRITE(6,*)' xj=',H_BEGIS_PROFILIS(2,ke)  
c    WRITE(6,*)' hh=',hh  
c    PAUSE ' F_RAILWAY_UNEVENESS'
```

```
F_RAILWAY_UNEVENESS=hh
```

```
RETURN  
END
```



```

c-----
      SUBROUTINE F_DATA_ASYCH_MOTOR_PARAMETER()
      IMPLICIT REAL*8 (a-h,o-z)

c=====
c
c      ASINCHRONINIS VARIKLIS : n_aps=1500, Iner=0.0030 [kg*m^2]
c
c=====
c
c-----
c
      COMMON /ASYN_VARIKLIS/ ASYN_PARAM(20)
c
c-----
c
      Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

      ainv= 3.0D-3
      pol=2.0D0
      amkr=94.78D0
      skr=0.14874D0

      ft=50.0D0

      ain_Reduktor=5.0D-3
      ur=3.0D0

      aniu=skr/(2.0D0*amkr)

```

```

w0=2.0*Pi*ft/pol; wv0=w0
wt=2.0D0*Pi*ft
Te=1.0D0/(wt*skr)
cv=1.0D0/(aniu*w0*Te)
bv=1.0D0/(aniu*w0)
dv=cv/bv
ev=cv/ainv

wr=wv0/ur

WRITE(6,*)'aniu=',aniu
WRITE(6,*)'wv0=',wv0
WRITE(6,*)'wt=',wt
WRITE(6,*)'Te=',Te
WRITE(6,*)'cv=',cv
WRITE(6,*)'bv=',bv
WRITE(6,*)'dv=',dv
WRITE(6,*)'ev=',ev
WRITE(6,*)'wr=',wr

DO i=1,20; ASYN_PARAM(i)=0.0D0; END DO

ASYN_PARAM(1)=cv
ASYN_PARAM(2)=dv
ASYN_PARAM(3)=wv0
ASYN_PARAM(4)=ainv
ASYN_PARAM(5)=ain_Reduktor
ASYN_PARAM(6)=ur
ASYN_PARAM(7)=ainv*ur**2+ain_Reduktor

DO i=1,7

```

```
        WRITE(6,1000) i,ASYN_PARAM(i)  
    END DO
```

```
    PAUSE 'SICHRO'
```

```
1000 FORMAT(1x,I3,2x,E12.5)
```

```
c=====
```

```
    RETURN
```

```
    END
```

```
SUBROUTINE F_DATA_BEGIAI(nfile)
```

```
    IMPLICIT REAL*8 (a-h,o-z)
```

```
    c
```

```
    c=====
```

```
    ==
```

```
    c
```

```
        COMMON /PARAM_BEGIAI_NELYGUMAI/
```

```
        &      HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),
```

```
        &      HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),
```

```
        &      HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),
```

```
        &      HZ_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),
```

```
        &      XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,20),LCONTACT_BEGIS_RATAS(4),
```

```
        &      nelem_GT_profilis_kaire,nelem_GT_profilis_desine
```

```
    c
```

```
    c=====
```

```
    ==
```

```
    c
```

```
        CHARACTER*80 TEXT
```

```
    c
```

```
    c=====
```

```
    ==
```

```
    c
```

```
        READ(nfile,*) TEXT
```

```
        WRITE(6,*) TEXT
```

```
        READ(nfile,*) TEXT
```

```
WRITE(6,*) TEXT
```

```
READ(nfile,*) nelem_GT_profilis_kaire,nelem_GT_profilis_desine  
WRITE(6,1060) nelem_GT_profilis_kaire,nelem_GT_profilis_desine
```

```
c
```

```
c=====
```

```
c
```

```
READ(nfile,*) TEXT
```

```
WRITE(6,*) TEXT
```

```
DO i=1,nelem_GT_profilis_kaire
```

```
  READ(nfile,*) k, (HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(j,k),j=1,6)
```

```
  WRITE(6,1000) k, (HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(j,k),j=1,6)
```

```
END DO
```

```
c
```

```
c=====
```

```
c
```

```
READ(nfile,*) TEXT
```

```
WRITE(6,*) TEXT
```

```
DO i=1,nelem_GT_profilis_kaire
```

```
  READ(nfile,*) k, (HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(j,k),j=1,6)
```

```
  WRITE(6,1000) k, (HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(j,k),j=1,6)
```

```
END DO
```

```
c
```

```
c=====
```

c

```
READ(nfile,*) TEXT
```

```
WRITE(6,*) TEXT
```

```
DO i=1,nelem_GT_profilis_desine
```

```
  READ(nfile,*) k, (HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE(j,k),j=1,6)
```

```
  WRITE(6,1000) k, (HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE(j,k),j=1,6)
```

```
END DO
```

c

c=====

c

```
READ(nfile,*) TEXT
```

```
WRITE(6,*) TEXT
```

```
DO i=1,nelem_GT_profilis_desine
```

```
  READ(nfile,*) k, (HZ_BEGIS_PROFILIS_DESINE(j,k),j=1,6)
```

```
  WRITE(6,1000) k, (HZ_BEGIS_PROFILIS_DESINE(j,k),j=1,6)
```

```
END DO
```

c-----

```
PAUSE 'F_DATA_BEGIS'
```

```
1000 FORMAT(1x,I4,2X,3(E12.5,1x)/7X,3(E12.5,1x))
```

```
1060 FORMAT(1x,'nelem_GT_profilis_kaire = ',I5  
    &    /1x,'nelem_GT_profilis_desine = ',I5/  
1070 FORMAT(1x,I4,2X,2(I4,2X))
```

```
RETURN
```

```
END
```

```

SUBROUTINE F_DATA_BEGIS()
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)


  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)


  DO i=1,50; PAR_BEGIS(i)=0.0D0; END DO


  PAR_BEGIS(1)=210.0D9  ! E
  PAR_BEGIS(2)=0.30D0   ! Puasono koef.
  PAR_BEGIS(3)=25.0D6   ! Begio standumas y kryptimis (skersinis)
  PAR_BEGIS(4)=100.0D6  ! Begio standumas z kryptimis
  PAR_BEGIS(5)=25.0D2   ! Begio slopinimas y kryptimis (skersinis)
  PAR_BEGIS(6)=100.0D2  ! Begio slopinimas z kryptimis


  PAR_BEGIS(7)=0.150D0  ! begio plotis
  PAR_BEGIS(8)=0.150D0  ! begio plotis
  PAR_BEGIS(9)=0.020D0  ! tarpelis tarp rato kaires puses ir begio
  PAR_BEGIS(10)=0.020D0 ! tarpelis tarp rato desines puses ir begio


  PAR_BEGIS(11)=0.18D0 ! trinties koeficientas X kryptimi
  PAR_BEGIS(12)=0.45D0 ! trinties koeficientas Y kryptimi
  PAR_BEGIS(13)=0.275D0 ! trinties koeficientas Z kryptimi

```



```
CONST=DSQRT(Pi*PAR_BEGIS(1)/(8.0D0*(1.0D0-PAR_BEGIS(2))))
```

```
PAR_BEGIS(14)=CONST ! CONSTANTA=sqrt(Pi*E/(8*(1-Pu)))
```

```
PAR_BEGIS(15)=0.060D0 ! begio plotis
```

```
1000 FORMAT(1x,5(E14.7,1x))
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
SUBROUTINE F_DATA_OZINIS_KRANAS()
```

```
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
  COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)
```

```
  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)
```

```
  DO i=1,50; PAR_KRANAS(i)=0.0D0; END DO
```

```
  PAR_KRANAS(1)=46.0D3  ! KRANA MASE
```

```
  PAR_KRANAS(2)=42.250D6  ! KRANA MASES INERCIJOS MOMENTAS IXX
```

```
  PAR_KRANAS(3)=20.0D6  ! KRANA MASES INERCIJOS MOMENTAS IYY
```

```
  PAR_KRANAS(4)=10.0D6  ! KRANA MASES INERCIJOS MOMENTAS IZZ
```

```
  PAR_KRANAS(5)=0.0D6  ! KRANA MASES INERCIJOS MOMENTAS IXY
```

```
  PAR_KRANAS(6)=0.0D6  ! KRANA MASES INERCIJOS MOMENTAS IXZ
```

```
  PAR_KRANAS(7)=0.0D6  ! KRANA MASES INERCIJOS MOMENTAS IYZ
```

```
  PAR_KRANAS(8)=10.0D3  ! KROVINIO MASE
```

```
  PAR_KRANAS(9)=0.0D0  ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO XO koordinate
```

```
  PAR_KRANAS(10)=5.0D0  ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO YO koordinate
```

```
  PAR_KRANAS(11)=0.0D0  ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO ZO koordinate
```

```
  PAR_KRANAS(12)=5.0D0  ! a1
```

```
  PAR_KRANAS(13)=5.0D0  ! a2
```

```
  PAR_KRANAS(14)=7.0D0  ! b1
```

```
  PAR_KRANAS(15)=7.0D0  ! b2
```

PAR_KRANAS(16)=10.0D0 ! c1

PAR_KRANAS(17)=10.0D0 ! c2

PAR_KRANAS(18)=200.0D6 ! 1 RATO standumo koef. z kryptimi

PAR_KRANAS(19)=200.0D6 ! 2 RATO standumo koef. z kryptimi

PAR_KRANAS(20)=200.0D6 ! 3 RATO standumo koef. z kryptimi

PAR_KRANAS(21)=200.0D6 ! 4 RATO standumo koef. z kryptimi

PAR_KRANAS(22)=200.0D2 ! 1 RATO slopinimo koef. z kryptimi

PAR_KRANAS(23)=200.0D2 ! 2 RATO slopinimo koef. z kryptimi

PAR_KRANAS(24)=200.0D2 ! 3 RATO slopinimo koef. z kryptimi

PAR_KRANAS(25)=200.0D2 ! 4 RATO slopinimo koef. z kryptimi

PAR_KRANAS(26)=0.250D0 ! 1 RATO spindulys

PAR_KRANAS(27)=0.250D0 ! 2 RATO spindulys

PAR_KRANAS(28)=0.250D0 ! 3 RATO spindulys

PAR_KRANAS(29)=0.250D0 ! 4 RATO spindulys

PAR_KRANAS(30)=0.10D0 ! 1 RATO plotis

PAR_KRANAS(31)=0.10D0 ! 2 RATO plotis

PAR_KRANAS(32)=0.10D0 ! 3 RATO plotis

PAR_KRANAS(33)=0.10D0 ! 4 RATO plotis

1000 FORMAT(1x,5(E14.7,1x))

RETURN

END

c-----

c

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_DSIGN(a)

IMPLICIT REAL*8 (a-h,o-z)

IF(a.LT.0.0D0) a=-1.0D0

IF(a.EQ.0.0D0) a=0.0D0

IF(a.GT.0.0D0) a=1.0D0

F_DSIGN=a

RETURN

END

```
SUBROUTINE F_EPS_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS)
```

```
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
  COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)
```

```
  COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)
```

```
  DIMENSION Q(3),QT(3),YC(6),DYCDT(6),EPS_RATAS(2,4),WR(4)
```

```
  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)
```

```
  a1=PAR_KRANAS(12); a2=PAR_KRANAS(13)
```

```
  b1=PAR_KRANAS(14); b2=PAR_KRANAS(15)
```

```
  c1=PAR_KRANAS(16); c2=PAR_KRANAS(17)
```

```
  qcx=YC(1); qcy=YC(2); qcz=YC(3)
```

```
  aficx=YC(4); aficy=YC(5); aficz=YC(6)
```

```
  dqcx=DYCDT(1); dqcy=DYCDT(2); dqcz=DYCDT(3)
```

```
  daficx=DYCDT(4); daficy=DYCDT(5); daficz=DYCDT(6)
```

```
  c
```

```
  c=====
```

```
  c
```

```
  k=1
```

Ratas=PAR_KRANAS(26); WRATAS=WR(k)

```
CALL F_RATAS_1_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,  
&                                aficx,aficy,aficz,  
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)  
CALL F_RATAS_1_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,  
&                                daficx,daficy,daficz,  
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)
```

epsx=F_RATAS_1_EPSX(QT,WRATAS,b1,c2,Ratas)

epsy=F_RATAS_1_EPSY(QT,aficz,WRATAS,a2,c2,Ratas)

EPS_RATAS(1,k)=epsx; EPS_RATAS(2,k)=epsy;

c

c=====

c

k=2

Ratas=PAR_KRANAS(27); WRATAS=WR(k)

```
CALL F_RATAS_2_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,  
&                                aficx,aficy,aficz,  
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)  
CALL F_RATAS_2_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,  
&                                daficx,daficy,daficz,  
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)
```

epsx=F_RATAS_2_EPSX(QT,WRATAS,b1,c2,Ratas)

epsy=F_RATAS_2_EPSY(QT,aficz,WRATAS,a2,c2,Ratas)

EPS_RATAS(1,k)=epsx; EPS_RATAS(2,k)=epsy;

c

c=====

c

k=3

Ratas=PAR_KRANAS(28); WRATAS=WR(k)

CALL F_RATAS_3_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,

& aficx,aficy,aficz,

& a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)

CALL F_RATAS_3_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,

& daficx,daficy,daficz,

& a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

epsx=F_RATAS_3_EPSX(QT,WRATAS,b1,c2,Ratas)

epsy=F_RATAS_3_EPSY(QT,aficz,WRATAS,a2,c2,Ratas)

EPS_RATAS(1,k)=epsx; EPS_RATAS(2,k)=epsy;

c

c=====

c

k=4

Ratas=PAR_KRANAS(29); WRATAS=WR(k)

CALL F_RATAS_4_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,

```

&                                aficx,aficy,aficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)

CALL F_RATAS_4_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,
&                                daficx,daficy,daficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

epsx=F_RATAS_4_EPSX(QT,WRATAS,b1,c2,Ratas)
epsy=F_RATAS_4_EPSY(QT,aficz,WRATAS,a2,c2,Ratas)

EPS_RATAS(1,k)=epsx; EPS_RATAS(2,k)=epsy;

RETURN
END

```


c

c

```
SUBROUTINE F_FIND_CONTACT_BEGIAI(YC,DYCDT,  
&          HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE,PAR_KRANAS,  
&          XCONTACT_BEGIS_RATAS,LCONTACT_BEGIS_RATAS,atime,  
&          nelem_GT_profilis_kaire,ncontact)
```

```
IMPLICIT REAL*8 (a-h,o-z)
```

```
DIMENSION PAR_KRANAS(50),XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,ncontact)  
          DIMENSION LCONTACT_BEGIS_RATAS(ncontact)  
          DIMENSION HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,nelem_GT_profilis_kaire)
```

```
DIMENSION YC(6),DYCDT(6)
```

```
npoin_begis=nelem_GT_profilis_kaire+1
```

```
a1=PAR_KRANAS(12); a2=PAR_KRANAS(13)  
b1=PAR_KRANAS(14); b2=PAR_KRANAS(15)  
c1=PAR_KRANAS(16); C2=PAR_KRANAS(17)
```

```
x0=atime*DYCDT(1)
```

```
x1=a1+a2+x0;      XCONTACT_BEGIS_RATAS(1,1)=x1  
x2=x1;            XCONTACT_BEGIS_RATAS(1,2)=x2  
x3=x1-a1-a2;      XCONTACT_BEGIS_RATAS(1,3)=x3  
x4=x1-a1-a2;      XCONTACT_BEGIS_RATAS(1,4)=x4
```

```
xmax=HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(2,nelem_GT_profilis_kaire)
```

```

IF(x4.GT.xmax) THEN
  WRITE(6,*)'*** ERROR. X4>XMAX per trumpas begis !'
  WRITE(6,*)'  x4=',x4
  WRITE(6,*)' xmax=',xmax
  STOP
END IF

```

```

DO ic=1,ncontact

```

```

xc=XCONTACT_BEGIS_RATAS(1,ic)

```

```

c      WRITE(6,1010) ic,xc

```

```

DO ie=1,nelem_GT_profilis_kaire

```

```

  kp1=ie;

```

```

  xx1=HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(1,kp1)

```

```

    xx2=HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(2,kp1)

```

```

  IF(xx1.LE.xc.AND.xc.LE.xx2) THEN

```

```

    LCONTACT_BEGIS_RATAS(ic)=ie

```

```

    psi=(xc-xx1)/(xx2-xx1)

```

```

    XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,ic)=psi

```

```

        GOTO 100
    END IF
END DO
    WRITE(6,*)'**** ERROR. Dont_FIND FE !'
    STOP

100    CONTINUE

END DO

c      PAUSE 'F_FIND_CONTACT_BEGIAI'


c      WRITE(6,*)' '
c      WRITE(6,*)'**** XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,ncontact):'
c      WRITE(6,*)' '
c      CALL PRIN8(XCONTACT_BEGIS_RATAS,2,ncontact,6)
c
c      WRITE(6,*)' '
c      WRITE(6,*)'**** LCONTACT_BEGIS_RATAS(ncontact):'
c      WRITE(6,*)' '
c      CALL IPRIN(LCONTACT_BEGIS_RATAS,3,ncontact,6)
c      WRITE(6,*)' '

c      PAUSE 'LCONTACT_BEGIS_RATAS'


1000  FORMAT(1x,6(E12.5,1x))
1010  FORMAT(1x,'ic=',I2,3x,'xc=',E12.5)
    RETURN
    END

```

```
SUBROUTINE F_FORCE_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS,FORCE)
```

```
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
  COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)
```

```
  COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)
```

```
  DIMENSION Q(3),QT(3),YC(6),DYCDT(6),EPS_RATAS(2,4),WR(4)
```

```
  DIMENSION FORCE(3,4)
```

```
  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)
```

```
  a1=PAR_KRANAS(12); a2=PAR_KRANAS(13)
```

```
  b1=PAR_KRANAS(14); b2=PAR_KRANAS(15)
```

```
  c1=PAR_KRANAS(16); c2=PAR_KRANAS(17)
```

```
  qcx=YC(1); qcy=YC(2); qcz=YC(3)
```

```
  aficx=YC(4); aficy=YC(5); aficz=YC(6)
```

```
  dqcx=DYCDT(1); dqcy=DYCDT(2); dqcz=DYCDT(3)
```

```
  daficx=DYCDT(4); daficy=DYCDT(5); daficz=DYCDT(6)
```

```
  c
```

```
  c=====
```

```
  c
```

```
    kratas=1
```

zk=0.0D0

```
CALL F_RATAS_1_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,  
&                        aficx,aficy,aficz,  
&                        a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)
```

```
CALL F_RATAS_1_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,  
&                        daficx,daficy,daficz,  
&                        a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)
```

FZ=F_SLYDIMO_FORCE_Z(Q,QT,zk,kratas)

epsx=EPS_RATAS(1,kratas);FX=F_SLYDIMO_FORCE_X(FZ,epsx)

epsy=EPS_RATAS(2,kratas);FY=F_SLYDIMO_FORCE_Y(FZ,epsy)

FORCE(1,kratas)=FX; FORCE(2,kratas)=FY; FORCE(3,kratas)=FZ

c

c=====

c

kratas=2

zk=0.0D0

```
CALL F_RATAS_2_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,  
&                        aficx,aficy,aficz,  
&                        a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)
```

```
CALL F_RATAS_2_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,  
&                        daficx,daficy,daficz,
```

& a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

FZ=F_SLYDIMO_FORCE_Z(Q,QT,zk,kratas)

epsx=EPS_RATAS(1,kratas);FX=F_SLYDIMO_FORCE_X(FZ,epsx)

epsy=EPS_RATAS(2,kratas);FY=F_SLYDIMO_FORCE_Y(FZ,epsy)

FORCE(1,kratas)=FX; FORCE(2,kratas)=FY; FORCE(3,kratas)=FZ

c

c=====

c

kratas=3

zk=0.0D0

CALL F_RATAS_3_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,

& aficx,aficy,aficz,

& a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)

CALL F_RATAS_3_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,

& daficx,daficy,daficz,

& a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

FZ=F_SLYDIMO_FORCE_Z(Q,QT,zk,kratas)

epsx=EPS_RATAS(1,kratas);FX=F_SLYDIMO_FORCE_X(FZ,epsx)

epsy=EPS_RATAS(2,kratas);FY=F_SLYDIMO_FORCE_Y(FZ,epsy)

FORCE(1,kratas)=FX; FORCE(2,kratas)=FY; FORCE(3,kratas)=FZ

c

c=====

c

kratas=4

zk=0.0D0

```
CALL F_RATAS_4_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,  
&                        aficx,aficy,aficz,  
&                        a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)
```

```
CALL F_RATAS_4_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,  
&                        daficx,daficy,daficz,  
&                        a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)
```

FZ=F_SLYDIMO_FORCE_Z(Q,QT,zk,kratas)

epsx=EPS_RATAS(1,kratas);FX=F_SLYDIMO_FORCE_X(FZ,epsx)

epsy=EPS_RATAS(2,kratas);FY=F_SLYDIMO_FORCE_Y(FZ,epsy)

FORCE(1,kratas)=FX; FORCE(2,kratas)=FY; FORCE(3,kratas)=FZ

WRITE(6,*)' '

WRITE(6,*)' EPS_RATAS(2,4):'

CALL PRIN8(EPS_RATAS,2,4,6)

WRITE(6,*)' '

WRITE(6,*)' FORCE(3,4):'

```
CALL PRIN8(FORCE,3,4,6)
```

```
RETURN
```

```
END
```


c

```
DOUBLE PRECISION FUNCTION F_FUNCTION_Y(aky,acy,deltayk0,deltayd0,
&                                     qy,dqydt)

    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

    deltayk=qy-deltayk0

    deltayd=qy+deltayd0

    IF(qy.GT.deltayk0) THEN
        rez=aky*deltayk
    END IF
    IF(-deltayd0.LE.qy.AND.qy.LE.deltayk0) THEN
        rez=0.0D0
    END IF
    IF(qy.GT.-deltayd0) THEN
        rez=aky*deltayd
    END IF

    rez=-rez-acy*dqydt

    F_FUNCTION_Y=rez

    RETURN
END
```

c

c-----

SUBROUTINE F_FUNK1(ptime,Y,YR,nvarb)

IMPLICIT REAL*8 (a-h,o-z)

COMMON /ASYN_VARIKLIS/ ASYN_PARAM(20)

DIMENSION Y(nvarb),YR(nvarb)

DIMENSION DYCDT(6),YC(6),WR(4),EPS_RATAS(2,4),FORCE(3,4)

DIMENSION R_krovinys(3)

DIMENSION Q_RATAS(3,4),DQDT_RATAS(3,4)

c

c-----

c

COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)

COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)

COMMON /PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS/ PAR_TARPAI0(2,4),

& PAR_TARPAI(2,4)

c

c-----

c

COMMON /PARAM_BEGIAI_NELYGUMAI/

& HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),

& HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),

& HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),

& HZ_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),

```

&    XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,20),LCONTACT_BEGIS_RATAS(4),
&    nelem_GT_profilis_kaire,nelem_GT_profilis_desine
c
c-----
c
c
c
    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0);

    ro_steel=7850.0D0

c
c=====
c
c
    amase_kranas=46.0D3
    ainx_kranas=15.0D3
    ainy_kranas=5.0D3
    ainz_kranas=10.0D3
c
c=====
c
    cvk=ASYN_PARAM(1)
    dvk=ASYN_PARAM(2)
    wv0k=ASYN_PARAM(3)
    ainvk=ASYN_PARAM(4)
    ain_Reduktork=ASYN_PARAM(5)
    urk=ASYN_PARAM(6)
    ainVARk=ASYN_PARAM(7)
c

    cvd=ASYN_PARAM(1)
    dvd=ASYN_PARAM(2)
    wv0d=ASYN_PARAM(3)

```

```
ainvd=ASYN_PARAM(4)
ain_Reduktord=ASYN_PARAM(5)
urd=ASYN_PARAM(6)
ainVARd=ASYN_PARAM(7)
```

c

c=====

c

```
a1=PAR_KRANAS(12); a2=PAR_KRANAS(13)
b1=PAR_KRANAS(14); b2=PAR_KRANAS(15)
c1=PAR_KRANAS(16); C2=PAR_KRANAS(17)
```

c

c=====

c

```
ak1=0.1830D6
ak2=1.0D6
ak3=0.3390D6
ak4=0.5090D6
ak5=150.0D6
ak6=0.0470D6
ak7=150.0D6
ak8=2.50D6
ak9=2.0D6
ak10=0.0320D6
ak11=150.0D6
ak12=2.0D6
ak13=2.60D6
```

ac1=1.50D2
ac2=1.0D2
ac3=1.80D2
ac4=1.90D2
ac5=150.0D2
ac6=2.20D2
ac7=150.0D2
ac8=2.50D2
ac9=2.0D2
ac10=2.0D2
ac11=2.0D2
ac12=2.0D2
ac13=2.60D2

R1=0.02
R2=0.0375
R3=0.0375
R4=0.10
R5=0.03
R6=0.119
R7=0.032
R8=0.116
R9=0.072
R10=0.072
R11=0.124
R12=0.248
R13=0.250

ain1=ASYN_PARAM(7)
ain2=0.034

```

ain3=0.034
ain4=0.1088
ain5=0.00366
ain6=0.19988
ain7=0.001414
ain8=0.54946
ain9=0.0448
ain10=0.0448
ain11=0.932
ain12=1.832 !
ain13=0.3D0 !   ain13=23.903   ain13=0.903

```

```

amase_krovinys=PAR_KRANAS(8) ! KROVINIO MASE
G_krovinys=9.81D0*amase_krovinys

```

```

R_krovinys(1)=PAR_KRANAS(9) ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO XO koordinate

```

```

R_krovinys(2)=PAR_KRANAS(10) ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO YO koordinate

```

```

R_krovinys(3)=PAR_KRANAS(11) ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO ZO koordinate

```

```

c-----

```

```

frict=0.30D0

```

Ftrd=0.0D0

Ftrk=0.0D0

c

c=====

=

c

KAIRES PUSES PAVARA

c=====

=

c

YR(1)=urk*cvk*(wv0k-urk*Y(15))-dvk*Y(1)

YR(2)=Y(15)

YR(15)=(Y(1)-ak1*(Y(2)-Y(3))-ac1*(Y(15)-Y(16)))/ain1

c YR(15)=(-ak1*(Y(2)-Y(3))-ac1*(Y(15)-Y(16)))/ain1

YR(3)=Y(16)

YR(16)=(-ak1*(Y(3)-Y(2))-ac1*(Y(16)-Y(15))-

& ak2*R2*(R2*Y(3)-R3*Y(4))-

& ac2*R2*(R2*Y(16)-R3*Y(15)))/ain2

YR(4)=Y(17)

YR(17)=(-ak3*(Y(4)-Y(5))-ac3*(Y(17)-Y(18))-

& ak2*R3*(R3*Y(4)-R2*Y(3))-ac3*R3*(R3*Y(17)-R2*Y(16)))/ain3

YR(5)=Y(18)

YR(18)=(-ak3*(Y(5)-Y(4))-ac3*(Y(18)-Y(17))-ak4*(Y(5)-Y(6))-

$$\& \quad \text{ac4}*(Y(18)-Y(19)))/\text{ain4}$$

$$YR(6)=Y(19)$$

$$YR(19)=(-\text{ak4}*(Y(6)-Y(5))-\text{ac4}*(Y(19)-Y(18))-\text{ak5}*R5*(R5*Y(6)+$$

$$\& \quad R6*Y(7))-\text{ac5}*R5*(R5*Y(19)+R6*Y(20)))/\text{ain5}$$

$$YR(7)=Y(20)$$

$$YR(20)=(-\text{ak5}*R6*(R6*Y(7)+R5*Y(6))-\text{ac5}*R6*(R6*Y(20)+R5*Y(19))-$$

$$\& \quad \text{ak6}*(Y(7)-Y(8))-\text{ac6}*(Y(20)-Y(21)))/\text{ain6}$$

$$YR(8)=Y(21)$$

$$YR(21)=(-\text{ak6}*(Y(8)-Y(7))-\text{ac6}*(Y(21)-Y(20))-\text{ak7}*R7*(R7*Y(8)+$$

$$\& \quad R8*Y(9))-\text{ac7}*R7*(R7*Y(21)+R8*Y(22)))/\text{ain7}$$

$$YR(9)=Y(22)$$

$$YR(22)=(-\text{ak7}*R8*(R7*Y(8)+R8*Y(9))-\text{ac7}*R8*(R7*Y(21)+$$

$$\& \quad R8*Y(22))-\text{ak8}*(Y(9)-Y(10))-\text{ac8}*(Y(22)-Y(23)))/\text{ain8}$$

$$YR(10)=Y(23)$$

$$YR(23)=(-\text{ak8}*(Y(10)-Y(9))-\text{ac8}*(Y(23)-Y(22))-$$

$$\& \quad \text{ak9}*R9*(R9*Y(10)-R10*Y(11))-\text{ac9}*R9*(R9*Y(23)-$$

$$\& \quad R10*Y(24)))/ain9$$

$$YR(11)=Y(24)$$

$$YR(24)=(-ak9*R10*(R10*Y(11)-R9*Y(10))-ac9*R10*(R10*Y(24)-$$

$$\& \quad R9*Y(23))-ak10*(Y(11)-Y(12))-ac10*(Y(24)-Y(25)))/ain10$$

$$YR(12)=Y(25)$$

$$YR(25)=(-ak10*(Y(12)-Y(11))-ac10*(Y(25)-Y(24))-$$

$$\& \quad ak11*R11*(R11*Y(12)+R12*Y(13))-ac11*R11*(R11*Y(25)+R12*$$

$$\& \quad Y(26)))/ain11$$

$$YR(13)=Y(26)$$

$$YR(26)=(-ak11*R12*(R12*Y(13)+R11*Y(12))-ac11*R12*(R12*Y(26)+$$

$$\& \quad R11*Y(25))-ak12*(Y(13)-Y(14))-ac12*(Y(26)-Y(27)))/ain12$$

$$YR(14)=Y(27)$$

$$YR(27)=(-ak12*(Y(14)-Y(13))-ac12*(Y(27)-Y(26))-$$

$$\& \quad Ftrk*R13*F_DSIGN(Y(27)))/ain13$$

c

c

c=====

=

c

DESINES PUSES PAVARA

c=====

=

c

$$YR(28)=urd*cvd*(wv0d-urd*Y(42))-dvd*Y(28) \quad !MVD$$

$$\begin{aligned}
YR(29) &= Y(42) \\
YR(42) &= (Y(28) - ak1 * (Y(29) - Y(30)) - ac1 * (Y(42) - Y(43))) / ain1 \\
c \quad YR(42) &= (-ak1 * (Y(29) - Y(30)) - ac1 * (Y(42) - Y(43))) / ain1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
YR(30) &= Y(43) \\
YR(43) &= (-ak1 * (Y(30) - Y(29)) - ac1 * (Y(43) - Y(42)) - ak2 * R2 * (R2 * Y(30) - \\
&\& \quad R3 * Y(31)) - ac2 * R2 * (R2 * Y(43) - R3 * Y(42))) / ain2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
YR(31) &= Y(44) \\
YR(44) &= (-ak3 * (Y(31) - Y(32)) - ac3 * (Y(44) - Y(45)) - ak2 * R3 * (R3 * Y(31) - \\
&\& \quad R2 * Y(30)) - ac3 * R3 * (R3 * Y(44) - R2 * Y(43))) / ain3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
YR(32) &= Y(45) \quad ! \quad a fi4 \\
YR(45) &= (-ak3 * (Y(32) - Y(31)) - ac3 * (Y(45) - Y(44)) - ak4 * (Y(32) - Y(33)) - \\
&\& \quad ac4 * (Y(45) - Y(46))) / ain4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
YR(33) &= Y(46) \quad ! \quad a fi5 \\
YR(46) &= (-ak4 * (Y(33) - Y(32)) - ac4 * (Y(46) - Y(45)) - ak5 * R5 * (R5 * Y(33) + \\
&\& \quad R6 * Y(34)) - ac5 * R5 * (R5 * Y(46) + R6 * Y(47))) / ain5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
YR(34) &= Y(47) \quad ! \quad a fi6 \\
YR(47) &= (-ak5 * R6 * (R6 * Y(34) + R5 * Y(33)) - ac5 * R6 * (R6 * Y(47) + R5 * Y(46)) - \\
&\& \quad ak6 * (Y(34) - Y(35)) - ac6 * (Y(47) - Y(48))) / ain6 \quad ! \quad a fi6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(35)=Y(48) \quad ! \text{afi7} \\
& YR(48)=(-ak6*(Y(35)-Y(34))-ac6*(Y(48)-Y(47))-ak7*R7*(R7*Y(35)+ \\
& \& \quad R8*Y(36))-ac7*R7*(R7*Y(48)+R8*Y(49)))/ain7 \quad ! \text{afi7}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(36)=Y(49) \quad ! \text{afi8} \\
& YR(49)=(-ak7*R8*(R7*Y(35)+R8*Y(36))-ac7*R8*(R7*Y(48)+R8*Y(49))- \\
& \& \quad ak8*(Y(36)-Y(37))-ac8*(Y(49)-Y(50)))/ain8 \quad ! \text{afi8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(37)=Y(50) \\
& YR(50)=(-ak8*(Y(37)-Y(36))-ac8*(Y(50)-Y(49))- \\
& \& \quad ak9*R9*(R9*Y(37)-R10*Y(38))-ac9*R9*(R9*Y(50)- \\
& \& \quad R10*Y(51)))/ain9 \quad ! \text{afi9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(38)=Y(51) \quad ! \text{afi10} \\
& YR(51)=(-ak9*R10*(R10*Y(38)-R9*Y(37))-ac9*R10*(R10*Y(51)- \\
& \& \quad R9*Y(50))-ak10*(Y(38)-Y(39))-ac10*(Y(51)-Y(52)))/ain10 \quad ! \text{afi10}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(39)=Y(52) \quad ! \text{afi11} \\
& YR(52)=(-ak10*(Y(39)-Y(38))-ac10*(Y(52)-Y(51))- \\
& \& \quad ak11*R11*(R11*Y(39)+R12*Y(40))- \\
& \& \quad ac11*R11*(R11*Y(52)+R12*Y(53)))/ain11 \\
& \quad ! \text{afi11}
\end{aligned}$$

$YR(40)=Y(53)$
 $YR(53)=(-ak11*R12*(R12*Y(40)+R11*Y(39))-ac11*R12*(R12*Y(53)+$
 & $R11*Y(52))-ak12*(Y(40)-Y(41))-ac12*(Y(53)-Y(54)))/ain12$! afi12

$YR(41)=Y(54)$
 $YR(54)=(-ak12*(Y(41)-Y(40))-ac12*(Y(54)-Y(53))-$
 & $Ftrd*R13*F_DSIGN(Y(54)))/ain13$

c
 c=====

c KRANO CENTRAS

c=====

100 CONTINUE

$qcx=Y(55); dqcxdt=Y(61)$
 $qcy=Y(56); dqcydt=Y(62)$
 $qcz=Y(57); dqczdt=Y(63)$
 $aficx=Y(58); daficxdt=Y(64)$
 $aficy=Y(59); daficydt=Y(65)$
 $aficz=Y(60); daficzdt=Y(66)$

c=====

c

c RATU CENTRU APIBENDRINTI POSLINKIAI

c

c=====

$$\begin{aligned}qx1 &= qcx - c1 * aficy - b1 * aficz \\qx2 &= qcx - c1 * aficy + b2 * aficz \\qx3 &= qcx - c2 * aficy - b1 * aficz \\qx4 &= qcx - c2 * aficy + b2 * aficz\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}qy1 &= qcy + c1 * aficx + a1 * aficz \\qy2 &= qcy + c1 * aficx + a1 * aficz \\qy3 &= qcy + c2 * aficx - a2 * aficz \\qy4 &= qcy + c2 * aficx - a2 * aficz\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}qz1 &= qcz + b1 * aficx - a1 * aficy \\qz2 &= qcz - b2 * aficx - a1 * aficy \\qz3 &= qcz + b1 * aficx + a2 * aficy \\qz4 &= qcz - b2 * aficx + a2 * aficy\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}akz1 &= 200.0D6; \quad acz1 = 200.0D2 \\akz2 &= 200.0D6; \quad acz2 = 200.0D2 \\akz3 &= 200.0D6; \quad acz3 = 200.0D2 \\akz4 &= 200.0D6; \quad acz4 = 200.0D2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}FZ1 &= -akz1 * qz1 \\FZ2 &= -akz2 * qz2 \\FZ3 &= -akz3 * qz3 \\FZ4 &= -akz4 * qz4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}FT3 &= -frict * FZ3 * F_DSIGN(Y(27)) \\FT4 &= -frict * FZ4 * F_DSIGN(Y(54))\end{aligned}$$

$$YC(1) = qcx$$

YC(2)=qcy
 YC(3)=qcz
 YC(4)=aficx
 YC(5)=aficy
 YC(6)=aficz

DYCDT(1)=dqcxdt
 DYCDT(2)=dqcydt
 DYCDT(3)=dqczdt
 DYCDT(4)=daficxdt
 DYCDT(5)=daficydt
 DYCDT(6)=daficzdt

WR(1)=Y(68) ! w1
 WR(2)=Y(70) ! w2
 WR(3)=Y(27) ! w3
 WR(4)=Y(54) ! w4

CC
 CCCCCCCCCCCCCCCCCC

CALL F_Q_DQDT_MATRIX(YC,DYCDT,WR,Q_RATAS,DQDT_RATAS)

CALL F_FIND_CONTACT_BEGIAI(YC,DYCDT,
 & HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE,PAR_KRANAS,
 & XCONTACT_BEGIS_RATAS,LCONTACT_BEGIS_RATAS,atime,
 & nelem_GT_profilis_kaire,4)

CALL F_PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS(PAR_TARPAI0,PAR_TARPAI,
 & Q_RATAS,DQDT_RATAS)

CALL F_EPS_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS)

CALL F_FORCE_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS,FORCE)

FZ1=FORCE(3,1); FZ2=FORCE(3,2)

FZ3=FORCE(3,3); FZ4=FORCE(3,4)

FT1X=FORCE(1,1); FT2X=FORCE(1,2)

FT3X=FORCE(1,3); FT4X=FORCE(1,4)

FT1Y=FORCE(2,1); FT2Y=FORCE(2,2)

FT3Y=FORCE(2,3); FT4Y=FORCE(2,4)

Amom_xc=FZ1*b1-FZ2*b2+FZ3*b1-FZ4*b2

Amom_xc=Amom_xc+FT1Y*c1+FT2Y*c1+FT3Y*c2+FZ4*c2

Amom_xc=Amom_xc-G_krovinys*R_krovinys(1)

Amom_yc=-FZ1*a1-FZ2*a1+FZ3*a2+FZ4*a2

Amom_yc=Amom_yc+FT1X*c1+FT2X*c1-FT3X*c2-FT4X*c2

Amom_zc=FT1X*b1-FT2X*b2 - FT3X*b1+FT4X*b2

$$Amom_zc=Amom_zc+FT1Y*a1+FT2Y*a1 - FT3Y*a2-FT4Y*a2$$

$$YR(55)=Y(61)$$

$$YR(61)=(FT1X+FT2X+FT3X+FT4X)/(amase_kranas+amase_krovinys)$$

$$YR(56)=Y(62)$$

$$YR(62)=(FT1Y+FT2Y+FT3Y+FT4Y)/(amase_kranas+amase_krovinys)$$

$$YR(57)=Y(63)$$

$$YR(63)=(FZ1+FZ2+FZ3+FZ4-9.81D0*amase_kranas-G_krovinys)/$$

& (amase_kranas+amase_krovinys)

$$YR(58)=Y(64)$$

$$YR(64)=(Amom_xc)/ainx_kranas$$

$$YR(59)=Y(65)$$

$$YR(65)=(Amom_yc)/ainy_kranas$$

$$YR(60)=Y(66)$$

$$YR(66)=(Amom_zc)/ainz_kranas$$

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C                                1 RATAS
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

```


$$\text{Ratas} = \text{PAR_KRANAS}(26)$$

```
amom_ratas1=-FORCE(1,1)*Ratas
```

$$YR(67)=Y(68)$$
$$YR(68)=(amom_ratas1)/ain13$$
[illegible]

CCCCCCCCCCCCCCCC

C

C 2 RATAS

C

CC

CCCCCCCCCCCCCCCC

$$\text{Ratas}=\text{PAR_KRANAS}(27)$$

```
amom_ratas2=-FORCE(1,2)*Ratas
```

$$YR(69)=Y(70)$$
$$YR(70)=(amom_ratas2)/ain13$$

```
c      WRITE(6,*) 'i,Y(i),YR(i):'
```

c DO i=1,nvarb

```
c      WRITE(6,1000) i,Y(i),YR(i)
```

c END DO

c PAUSE 'FUNK1:'

```
1000 FORMAT(1x,I3,2x,5(E12.5,1X))
```

RETURN
END

c

c-----

SUBROUTINE F_FUNK2(ptime,Y,YR,nvarb)

IMPLICIT REAL*8 (a-h,o-z)

COMMON /ASYN_VARIKLIS/ ASYN_PARAM(20)

DIMENSION Y(nvarb),YR(nvarb)

DIMENSION DYCDT(6),YC(6),WR(4),EPS_RATAS(2,4),FORCE(3,4)

DIMENSION R_krovinys(3)

DIMENSION Q_RATAS(3,4),DQDT_RATAS(3,4)

c

c-----

c

COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)

COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)

COMMON /PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS/ PAR_TARPAI0(2,4),

& PAR_TARPAI(2,4)

c

c-----

c

COMMON /PARAM_BEGIAI_NELYGUMAI/

& HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),

& HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),

& HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),

```

&    HZ_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),
&    XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,20),LCONTACT_BEGIS_RATAS(4),
&    nelem_GT_profilis_kaire,nelem_GT_profilis_desine
c
c-----
c
c
    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0);

    ro_steel=7850.0D0

    frict=0.30D0

c
c=====
c
    amase_kranas=46.0D3
    ainx_kranas=15.0D3
    ainy_kranas=5.0D3
    ainz_kranas=10.0D3
c
c=====
c
    cvk=ASYN_PARAM(1)
    dvk=ASYN_PARAM(2)
    wv0k=ASYN_PARAM(3)
    ainvk=ASYN_PARAM(4)
    ain_Reduktork=ASYN_PARAM(5)
    urk=ASYN_PARAM(6)
    ainVARk=ASYN_PARAM(7)
c

```

```
cvd=ASYN_PARAM(1)
dvd=ASYN_PARAM(2)
wv0d=ASYN_PARAM(3)
ainvd=ASYN_PARAM(4)
ain_Reduktord=ASYN_PARAM(5)
urd=ASYN_PARAM(6)
ainVARd=ASYN_PARAM(7)
```

c

c=====

c

```
a1=PAR_KRANAS(12); a2=PAR_KRANAS(13)
b1=PAR_KRANAS(14); b2=PAR_KRANAS(15)
c1=PAR_KRANAS(16); c2=PAR_KRANAS(17)
```

c

c=====

c

```
ak1=0.1830D6
ak2=1.0D6
ak3=0.3390D6
ak4=0.5090D6
ak5=150.0D6
ak6=0.0470D6
ak7=150.0D6
ak8=2.50D6
ak9=2.0D6
ak10=0.0320D6
ak11=150.0D6
ak12=2.0D6
ak13=2.60D6
```

```
ac1=1.50D2
```

```
ac2=1.0D2
```

ac3=1.80D2
ac4=1.90D2
ac5=150.0D2
ac6=2.20D2
ac7=150.0D2
ac8=2.50D2
ac9=2.0D2
ac10=2.0D2
ac11=2.0D2
ac12=2.0D2
ac13=2.60D2

R1=0.02
R2=0.0375
R3=0.0375
R4=0.10
R5=0.03
R6=0.119
R7=0.032
R8=0.116
R9=0.072
R10=0.072
R11=0.124
R12=0.248
R13=0.250

ain1=ASYN_PARAM(7)
ain2=0.034
ain3=0.034
ain4=0.1088
ain5=0.00366

```

ain6=0.19988
ain7=0.001414
ain8=0.54946
ain9=0.0448
ain10=0.0448
ain11=0.932
ain12=0.232 !    ain12=1.832 !
ain13=0.3D0 !    ain13=23.903    ain13=0.903

```

```

amase_krovinys=PAR_KRANAS(8) ! KROVINIO MASE
G_krovinys=9.81D0*amase_krovinys

```

```

R_krovinys(1)=PAR_KRANAS(9) ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO XO koordinate

```

```

R_krovinys(2)=PAR_KRANAS(10) ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO YO koordinate

```

```

R_krovinys(3)=PAR_KRANAS(11) ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO ZO koordinate

```

```

c-----

```

```

c

```

```

c=====

```

```

c      KRANO CENTRAS

```

```

c=====

```

```

qcx=Y(55); dqcxdt=Y(61)

```

$qcy=Y(56); dqcydt=Y(62)$
 $qcz=Y(57); dqczdt=Y(63)$
 $aficx=Y(58); daficxdt=Y(64)$
 $aficy=Y(59); daficydt=Y(65)$
 $aficz=Y(60); daficzdt=Y(66)$

=====

c

c RATU CENTRU APIBENDRINTI POSLINKIAI

c

=====

$qx1=qcx-c1*aficy-b1*aficz$
 $qx2=qcx-c1*aficy+b2*aficz$
 $qx3=qcx-c2*aficy-b1*aficz$
 $qx4=qcx-c2*aficy+b2*aficz$

$qy1=qcy+c1*aficx+a1*aficz$
 $qy2=qcy+c1*aficx+a1*aficz$
 $qy3=qcy+c2*aficx-a2*aficz$
 $qy4=qcy+c2*aficx-a2*aficz$

$qz1=qcz+b1*aficx-a1*aficy$
 $qz2=qcz-b2*aficx-a1*aficy$
 $qz3=qcz+b1*aficx+a2*aficy$
 $qz4=qcz-b2*aficx+a2*aficy$

$akz1=200.0D6; acz1=200.0D2$
 $akz2=200.0D6; acz2=200.0D2$
 $akz3=200.0D6; acz3=200.0D2$

$$akz4=200.0D6; \text{ acz4}=200.0D2$$

$$FZ1=-akz1*qz1$$

$$FZ2=-akz2*qz2$$

$$FZ3=-akz3*qz3$$

$$FZ4=-akz4*qz4$$

$$FT3=-frict*FZ3*F_DSIGN(Y(27))$$

$$FT4=-frict*FZ4*F_DSIGN(Y(54))$$

$$YC(1)=qcx$$

$$YC(2)=qcy$$

$$YC(3)=qcz$$

$$YC(4)=aficx$$

$$YC(5)=aficy$$

$$YC(6)=aficz$$

$$DYCDT(1)=dqcxdt$$

$$DYCDT(2)=dqcydt$$

$$DYCDT(3)=dqczdt$$

$$DYCDT(4)=daficxdt$$

$$DYCDT(5)=daficydt$$

$$DYCDT(6)=daficzdt$$

$$c \quad WR(1)=Y(68) \quad ! \quad w1$$

$$c \quad WR(2)=Y(70) \quad ! \quad w2$$

$$c \quad WR(3)=Y(27) \quad ! \quad w3$$

$$c \quad WR(4)=Y(54) \quad ! \quad w4$$

$$WR(1)=Y(68) \quad ! \quad w1$$

```

WR(2)=Y(70) ! w2
WR(3)=Y(26) ! w3
WR(4)=Y(53) ! w4

```

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

```

```

CALL F_Q_DQDT_MATRIX(YC,DYCDT,WR,Q_RATAS,DQDT_RATAS)

```

```

CALL F_FIND_CONTACT_BEGIAI(YC,DYCDT,
&      HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE,PAR_KRANAS,
&      XCONTACT_BEGIS_RATAS,LCONTACT_BEGIS_RATAS,atime,
&      nelem_GT_profilis_kaire,4)

```

```

CALL F_PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS(PAR_TARPAI0,PAR_TARPAI,
&      Q_RATAS,DQDT_RATAS)

```

```

CALL F_EPS_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS)

```

```

CALL F_FORCE_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS,FORCE)

```

```

c      DO i=1,3; DO j=1,4; FORCE(i,j)=0.0D0; END DO; END DO

```

```

FZ1=FORCE(3,1); FZ2=FORCE(3,2)
FZ3=FORCE(3,3); FZ4=FORCE(3,4)

```

$$FT1X=FORCE(1,1); FT2X=FORCE(1,2)$$

$$FT3X=FORCE(1,3); FT4X=FORCE(1,4)$$

$$FT1Y=FORCE(2,1); FT2Y=FORCE(2,2)$$

$$FT3Y=FORCE(2,3); FT4Y=FORCE(2,4)$$

$$Amom_xc=FZ1*b1-FZ2*b2+FZ3*b1-FZ4*b2$$

$$Amom_xc=Amom_xc+FT1Y*c1+FT2Y*c1+FT3Y*c2+FZ4*c2$$

$$Amom_xc=Amom_xc-G_krovinys*R_krovinys(1)$$

$$Amom_yc=-FZ1*a1-FZ2*a1+FZ3*a2+FZ4*a2$$

$$Amom_yc=Amom_yc+FT1X*c1+FT2X*c1-FT3X*c2-FT4X*c2$$

$$Amom_zc=FT1X*b1-FT2X*b2 - FT3X*b1+FT4X*b2$$

$$Amom_zc=Amom_zc+FT1Y*a1+FT2Y*a1 - FT3Y*a2-FT4Y*a2$$

$$YR(55)=Y(61)$$

$$YR(61)=(FT1X+FT2X+FT3X+FT4X)/(amase_kranas+amase_krovinys)$$

$$YR(56)=Y(62)$$

$$YR(62)=(FT1Y+FT2Y+FT3Y+FT4Y)/(amase_kranas+amase_krovinys)$$

$$YR(57)=Y(63)$$

$$YR(63)=(FZ1+FZ2+FZ3+FZ4-9.81D0*amase_kranas-G_krovinys)/$$

$$\& \quad (amase_kranas+amase_krovinys)$$

$$YR(58)=Y(64)$$

$$YR(64)=(Amom_xc)/ainx_kranas$$

YR(59)=Y(65)
YR(65)=(Amom_yc)/ainy_kranas

YR(60)=Y(66)
YR(66)=(Amom_zc)/ainz_kranas

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C
1 RATAS
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

```

Ratas=PAR_KRANAS(26)

amom_ratasl=-FORCE(1,1)*Ratas

YR(67)=Y(68)
YR(68)=(amom_ratasl)/ain13

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C
2 RATAS
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

```

Ratas=PAR_KRANAS(27)

amom_rat2=-FORCE(1,2)*Ratas

YR(69)=Y(70)

YR(70)=(amom_rat2)/ain13

c-----

c Ftrd=FT4X*1.0D-8

c Ftrk=FT3X*1.0D-8

Ftrd=0.0D0

Ftrk=0.0D0

c

c=====

=

c KAIRES PUSES PAVARA

c=====

=

c

YR(1)=urk*cvk*(wv0k-urk*Y(15))-dvk*Y(1)

YR(2)=Y(15)

YR(15)=(Y(1)-ak1*(Y(2)-Y(3))-ac1*(Y(15)-Y(16)))/ain1

c YR(15)=(-ak1*(Y(2)-Y(3))-ac1*(Y(15)-Y(16)))/ain1

$$YR(3)=Y(16)$$

$$YR(16)=(-ak1*(Y(3)-Y(2))-ac1*(Y(16)-Y(15))-$$

$$\& \quad ak2*R2*(R2*Y(3)-R3*Y(4))-$$

$$\& \quad ac2*R2*(R2*Y(16)-R3*Y(15)))/ain2$$

$$YR(4)=Y(17)$$

$$YR(17)=(-ak3*(Y(4)-Y(5))-ac3*(Y(17)-Y(18))-$$

$$\& \quad ak2*R3*(R3*Y(4)-R2*Y(3))-ac3*R3*(R3*Y(17)-R2*Y(16)))/ain3$$

$$YR(5)=Y(18)$$

$$YR(18)=(-ak3*(Y(5)-Y(4))-ac3*(Y(18)-Y(17))-ak4*(Y(5)-Y(6))-$$

$$\& \quad ac4*(Y(18)-Y(19)))/ain4$$

$$YR(6)=Y(19)$$

$$YR(19)=(-ak4*(Y(6)-Y(5))-ac4*(Y(19)-Y(18))-ak5*R5*(R5*Y(6)+$$

$$\& \quad R6*Y(7))-ac5*R5*(R5*Y(19)+R6*Y(20)))/ain5$$

$$YR(7)=Y(20)$$

$$YR(20)=(-ak5*R6*(R6*Y(7)+R5*Y(6))-ac5*R6*(R6*Y(20)+R5*Y(19))-$$

$$\& \quad ak6*(Y(7)-Y(8))-ac6*(Y(20)-Y(21)))/ain6$$

$$YR(8)=Y(21)$$

$$YR(21)=(-ak6*(Y(8)-Y(7))-ac6*(Y(21)-Y(20))-ak7*R7*(R7*Y(8)+ \\ \& \quad R8*Y(9))-ac7*R7*(R7*Y(21)+R8*Y(22)))/ain7$$

$$YR(9)=Y(22) \\ YR(22)=(-ak7*R8*(R7*Y(8)+R8*Y(9))-ac7*R8*(R7*Y(21)+ \\ \& \quad R8*Y(22))-ak8*(Y(9)-Y(10))-ac8*(Y(22)-Y(23)))/ain8$$

$$YR(10)=Y(23) \\ YR(23)=(-ak8*(Y(10)-Y(9))-ac8*(Y(23)-Y(22))- \\ \& \quad ak9*R9*(R9*Y(10)-R10*Y(11))-ac9*R9*(R9*Y(23)- \\ \& \quad R10*Y(24)))/ain9$$

$$YR(11)=Y(24) \\ YR(24)=(-ak9*R10*(R10*Y(11)-R9*Y(10))-ac9*R10*(R10*Y(24)- \\ \& \quad R9*Y(23))-ak10*(Y(11)-Y(12))-ac10*(Y(24)-Y(25)))/ain10$$

$$YR(12)=Y(25) \\ YR(25)=(-ak10*(Y(12)-Y(11))-ac10*(Y(25)-Y(24))- \\ \& \quad ak11*R11*(R11*Y(12)+R12*Y(13))-ac11*R11*(R11*Y(25)+R12* \\ \& \quad Y(26)))/ain11$$

$$YR(13)=Y(26) \\ YR(26)=(-ak11*R12*(R12*Y(13)+R11*Y(12))-ac11*R12*(R12*Y(26)+ \\ \& \quad R11*Y(25))-ak12*(Y(13)-Y(14))-ac12*(Y(26)-Y(27)))/ain12$$

$$YR(14)=Y(27)$$

$$YR(27)=(-ak12*(Y(14)-Y(13))-ac12*(Y(27)-Y(26))- \\ \& \quad Ftrk*R13*F_DSIGN(Y(27)))/ain13$$

c

c

c=====

=

c

DESINES PUSES PAVARA

c=====

=

c

$$YR(28)=urd*cvd*(wv0d-urd*Y(42))-dvd*Y(28) \quad !MVD$$

$$YR(29)=Y(42)$$

$$YR(42)=(Y(28)-ak1*(Y(29)-Y(30))-ac1*(Y(42)-Y(43)))/ain1$$

$$c \quad YR(42)=(-ak1*(Y(29)-Y(30))-ac1*(Y(42)-Y(43)))/ain1$$

$$YR(30)=Y(43)$$

$$YR(43)=(-ak1*(Y(30)-Y(29))-ac1*(Y(43)-Y(42))-ak2*R2*(R2*Y(30)- \\ \& \quad R3*Y(31))-ac2*R2*(R2*Y(43)-R3*Y(42)))/ain2$$

$$YR(31)=Y(44)$$

$$YR(44)=(-ak3*(Y(31)-Y(32))-ac3*(Y(44)-Y(45))-ak2*R3*(R3*Y(31)- \\ \& \quad R2*Y(30))-ac3*R3*(R3*Y(44)-R2*Y(43)))/ain3$$

$$YR(32)=Y(45) \quad ! \quad a\bar{f}i4$$

$$YR(45)=(-ak3*(Y(32)-Y(31))-ac3*(Y(45)-Y(44))-ak4*(Y(32)-Y(33))- \\ \& \quad ac4*(Y(45)-Y(46)))/ain4$$

$$\begin{aligned}
YR(33) &= Y(46) \quad ! \text{afi5} \\
YR(46) &= (-ak4*(Y(33)-Y(32))-ac4*(Y(46)-Y(45))-ak5*R5*(R5*Y(33)+ \\
&\& \quad R6*Y(34))-ac5*R5*(R5*Y(46)+R6*Y(47)))/ain5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
YR(34) &= Y(47) \quad ! \text{afi6} \\
YR(47) &= (-ak5*R6*(R6*Y(34)+R5*Y(33))-ac5*R6*(R6*Y(47)+R5*Y(46))- \\
&\& \quad ak6*(Y(34)-Y(35))-ac6*(Y(47)-Y(48)))/ain6 \quad ! \text{afi6}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
YR(35) &= Y(48) \quad ! \text{afi7} \\
YR(48) &= (-ak6*(Y(35)-Y(34))-ac6*(Y(48)-Y(47))-ak7*R7*(R7*Y(35)+ \\
&\& \quad R8*Y(36))-ac7*R7*(R7*Y(48)+R8*Y(49)))/ain7 \quad ! \text{afi7}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
YR(36) &= Y(49) \quad ! \text{afi8} \\
YR(49) &= (-ak7*R8*(R7*Y(35)+R8*Y(36))-ac7*R8*(R7*Y(48)+R8*Y(49))- \\
&\& \quad ak8*(Y(36)-Y(37))-ac8*(Y(49)-Y(50)))/ain8 \quad ! \text{afi8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
YR(37) &= Y(50) \\
YR(50) &= (-ak8*(Y(37)-Y(36))-ac8*(Y(50)-Y(49))- \\
&\& \quad ak9*R9*(R9*Y(37)-R10*Y(38))-ac9*R9*(R9*Y(50)- \\
&\& \quad R10*Y(51)))/ain9 \quad ! \text{afi9}
\end{aligned}$$

```

YR(38)=Y(51) ! afi10
YR(51)=(-ak9*R10*(R10*Y(38)-R9*Y(37))-ac9*R10*(R10*Y(51)-
&      R9*Y(50))-ak10*(Y(38)-Y(39))-ac10*(Y(51)-Y(52)) )/ain10 ! afi10

```

```

YR(39)=Y(52) ! afi11
YR(52)=(-ak10*(Y(39)-Y(38))-ac10*(Y(52)-Y(51))-
&      ak11*R11*(R11*Y(39)+R12*Y(40))-
&      ac11*R11*(R11*Y(52)+R12*Y(53)) )/ain11
! afi11

```

```

YR(40)=Y(53)
YR(53)=(-ak11*R12*(R12*Y(40)+R11*Y(39))-ac11*R12*(R12*Y(53)+
&      R11*Y(52))-ak12*(Y(40)-Y(41))-ac12*(Y(53)-Y(54)) )/ain12 ! afi12

```

```

YR(41)=Y(54)
YR(54)=(-ak12*(Y(41)-Y(40))-ac12*(Y(54)-Y(53))-
&      Ftrd*R13*F_DSIGN(Y(54)) )/ain13

```

```

c      WRITE(6,*) 'i,Y(i),YR(i):'
c      DO i=1,nvarb
c        WRITE(6,1000) i,Y(i),YR(i)

```

```
c    END DO
```

```
c      PAUSE 'FUNK1:'
```

```
1000 FORMAT(1x,I3,2x,5(E12.5,1X))
```

```
      RETURN
```

```
      END
```

c

c-----

SUBROUTINE F_FUNK3(atime,Y,YR,nvarb)

IMPLICIT REAL*8 (a-h,o-z)

COMMON /ASYN_VARIKLIS/ ASYN_PARAM(20)

DIMENSION Y(nvarb),YR(nvarb)

DIMENSION DYCDT(6),YC(6),WR(4),EPS_RATAS(2,4),FORCE(3,4)

DIMENSION R_krovinys(3)

DIMENSION Q_RATAS(3,4),DQDT_RATAS(3,4)

c

c-----

c

COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)

COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)

COMMON /PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS/ PAR_TARPAI0(2,4),

& PAR_TARPAI(2,4)

c

c-----

c

COMMON /PARAM_BEGIAI_NELYGUMAI/

& HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),

& HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),

& HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),

```

&    HZ_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),
&    XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,20),LCONTACT_BEGIS_RATAS(4),
&    nelem_GT_profilis_kaire,nelem_GT_profilis_desine
c
c-----
c
c
c
    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0);

    ro_steel=7850.0D0

    frict=0.30D0

c
c=====
c
c
    amase_kranas=46.0D3
    ainx_kranas=15.0D3
    ainy_kranas=5.0D3
    ainz_kranas=10.0D3
c
c=====
c
c
    cvk=ASYN_PARAM(1)
    dvk=ASYN_PARAM(2)
    wv0k=ASYN_PARAM(3)
    ainvk=ASYN_PARAM(4)
    ain_Reduktork=ASYN_PARAM(5)
    urk=ASYN_PARAM(6)
    ainVARk=ASYN_PARAM(7)
c

```

```
cvd=ASYN_PARAM(1)
dvd=ASYN_PARAM(2)
wv0d=ASYN_PARAM(3)
ainvd=ASYN_PARAM(4)
ain_Reduktord=ASYN_PARAM(5)
urd=ASYN_PARAM(6)
ainVARd=ASYN_PARAM(7)
```

c

c=====

c

```
a1=PAR_KRANAS(12); a2=PAR_KRANAS(13)
b1=PAR_KRANAS(14); b2=PAR_KRANAS(15)
c1=PAR_KRANAS(16); c2=PAR_KRANAS(17)
```

c

c=====

c

```
ak1=0.1830D6
ak2=1.0D6
ak3=0.3390D6
ak4=0.5090D6
ak5=150.0D6
ak6=0.0470D6
ak7=150.0D6
ak8=2.50D6
ak9=2.0D6
ak10=0.0320D6
ak11=150.0D6
ak12=2.0D6
ak13=2.60D6
```

```
ac1=1.50D2
```

```
ac2=1.0D2
```

ac3=1.80D2
ac4=1.90D2
ac5=150.0D2
ac6=2.20D2
ac7=150.0D2
ac8=2.50D2
ac9=2.0D2
ac10=2.0D2
ac11=2.0D2
ac12=2.0D2
ac13=2.60D2

R1=0.02
R2=0.0375
R3=0.0375
R4=0.10
R5=0.03
R6=0.119
R7=0.032
R8=0.116
R9=0.072
R10=0.072
R11=0.124
R12=0.248
R13=0.250

ain1=ASYN_PARAM(7)
ain2=0.034
ain3=0.034
ain4=0.1088
ain5=0.00366

```

ain6=0.19988
ain7=0.001414
ain8=0.54946
ain9=0.0448
ain10=0.0448
ain11=0.932
ain12=0.232 !      ain12=1.832 !
ain13=0.3D0 !      ain13=23.903      ain13=0.903

```

```

amase_krovinys=PAR_KRANAS(8) ! KROVINIO MASE
G_krovinys=9.81D0*amase_krovinys

```

```

R_krovinys(1)=PAR_KRANAS(9) ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO XO koordinate

```

```

R_krovinys(2)=PAR_KRANAS(10) ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO YO koordinate

```

```

R_krovinys(3)=PAR_KRANAS(11) ! KROVINIO TVIRTINIMO TASKO ZO koordinate

```

```

c-----

```

```

c-----

```

```

c      Ftrd=FT4X*1.0D-8
c      Ftrk=FT3X*1.0D-8
      Ftrd=0.0D0
      Ftrk=0.0D0

```


c

c=====

=

c

KAIRES PUSES PAVARA

c=====

=

c

$$YR(1)=urk*cvk*(wv0k-urk*Y(15))-dvk*Y(1)$$

$$YR(2)=Y(15)$$

$$YR(15)=(Y(1)-ak1*(Y(2)-Y(3))-ac1*(Y(15)-Y(16)))/ain1$$

c $YR(15)=(-ak1*(Y(2)-Y(3))-ac1*(Y(15)-Y(16)))/ain1$

$$YR(3)=Y(16)$$

$$YR(16)=(-ak1*(Y(3)-Y(2))-ac1*(Y(16)-Y(15))-$$

$$\& \quad ak2*R2*(R2*Y(3)-R3*Y(4))-$$

$$\& \quad ac2*R2*(R2*Y(16)-R3*Y(15)))/ain2$$

$$YR(4)=Y(17)$$

$$YR(17)=(-ak3*(Y(4)-Y(5))-ac3*(Y(17)-Y(18))-$$

$$\& \quad ak2*R3*(R3*Y(4)-R2*Y(3))-ac3*R3*(R3*Y(17)-R2*Y(16)))/ain3$$

$$YR(5)=Y(18)$$

$$YR(18)=(-ak3*(Y(5)-Y(4))-ac3*(Y(18)-Y(17))-ak4*(Y(5)-Y(6))-$$

$$\& \quad ac4*(Y(18)-Y(19)))/ain4$$

$$YR(6)=Y(19)$$

$$YR(19)=(-ak4*(Y(6)-Y(5))-ac4*(Y(19)-Y(18))-ak5*R5*(R5*Y(6)+ \\ \& \quad R6*Y(7))-ac5*R5*(R5*Y(19)+R6*Y(20)))/ain5$$

$$YR(7)=Y(20)$$

$$YR(20)=(-ak5*R6*(R6*Y(7)+R5*Y(6))-ac5*R6*(R6*Y(20)+R5*Y(19))- \\ \& \quad ak6*(Y(7)-Y(8))-ac6*(Y(20)-Y(21)))/ain6$$

$$YR(8)=Y(21)$$

$$YR(21)=(-ak6*(Y(8)-Y(7))-ac6*(Y(21)-Y(20))-ak7*R7*(R7*Y(8)+ \\ \& \quad R8*Y(9))-ac7*R7*(R7*Y(21)+R8*Y(22)))/ain7$$

$$YR(9)=Y(22)$$

$$YR(22)=(-ak7*R8*(R7*Y(8)+R8*Y(9))-ac7*R8*(R7*Y(21)+ \\ \& \quad R8*Y(22))-ak8*(Y(9)-Y(10))-ac8*(Y(22)-Y(23)))/ain8$$

$$YR(10)=Y(23)$$

$$YR(23)=(-ak8*(Y(10)-Y(9))-ac8*(Y(23)-Y(22))- \\ \& \quad ak9*R9*(R9*Y(10)-R10*Y(11))-ac9*R9*(R9*Y(23)- \\ \& \quad R10*Y(24)))/ain9$$

$$YR(11)=Y(24)$$

$$YR(24)=(-ak9*R10*(R10*Y(11)-R9*Y(10))-ac9*R10*(R10*Y(24)-$$

$$\& \quad R9*Y(23))-ak10*(Y(11)-Y(12))-ac10*(Y(24)-Y(25)))/ain10$$

$$YR(12)=Y(25)$$

$$YR(25)=(-ak10*(Y(12)-Y(11))-ac10*(Y(25)-Y(24))-$$

$$\& \quad ak11*R11*(R11*Y(12)+R12*Y(13))-ac11*R11*(R11*Y(25)+R12*$$

$$\& \quad Y(26)))/ain11$$

$$YR(13)=Y(26)$$

$$YR(26)=(-ak11*R12*(R12*Y(13)+R11*Y(12))-ac11*R12*(R12*Y(26)+$$

$$\& \quad R11*Y(25))-ak12*(Y(13)-Y(14))-ac12*(Y(26)-Y(27)))/ain12$$

$$YR(14)=Y(27)$$

$$YR(27)=(-ak12*(Y(14)-Y(13))-ac12*(Y(27)-Y(26))-$$

$$\& \quad Ftrk*R13*F_DSIGN(Y(27)))/ain13$$

c

c

c=====

=

c

DESINES PUSES PAVARA

c=====

=

c

$$YR(28)=urd*cvd*(wv0d-urd*Y(42))-dvd*Y(28) \quad !MVD$$

$$YR(29)=Y(42)$$

$$YR(42)=(Y(28)-ak1*(Y(29)-Y(30))-ac1*(Y(42)-Y(43)))/ain1$$

$$c \quad YR(42)=(-ak1*(Y(29)-Y(30))-ac1*(Y(42)-Y(43)))/ain1$$

$$\begin{aligned}
& YR(30)=Y(43) \\
& YR(43)=(-ak1*(Y(30)-Y(29))-ac1*(Y(43)-Y(42))-ak2*R2*(R2*Y(30)- \\
& \& \quad R3*Y(31))-ac2*R2*(R2*Y(43)-R3*Y(42)))/ain2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(31)=Y(44) \\
& YR(44)=(-ak3*(Y(31)-Y(32))-ac3*(Y(44)-Y(45))-ak2*R3*(R3*Y(31)- \\
& \& \quad R2*Y(30))-ac3*R3*(R3*Y(44)-R2*Y(43)))/ain3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(32)=Y(45) \quad ! \text{afi4} \\
& YR(45)=(-ak3*(Y(32)-Y(31))-ac3*(Y(45)-Y(44))-ak4*(Y(32)-Y(33))- \\
& \& \quad ac4*(Y(45)-Y(46)))/ain4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(33)=Y(46) \quad ! \text{afi5} \\
& YR(46)=(-ak4*(Y(33)-Y(32))-ac4*(Y(46)-Y(45))-ak5*R5*(R5*Y(33)+ \\
& \& \quad R6*Y(34))-ac5*R5*(R5*Y(46)+R6*Y(47)))/ain5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(34)=Y(47) \quad ! \text{afi6} \\
& YR(47)=(-ak5*R6*(R6*Y(34)+R5*Y(33))-ac5*R6*(R6*Y(47)+R5*Y(46))- \\
& \& \quad ak6*(Y(34)-Y(35))-ac6*(Y(47)-Y(48)))/ain6 \quad ! \text{afi6}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(35)=Y(48) \quad ! \text{afi7} \\
& YR(48)=(-ak6*(Y(35)-Y(34))-ac6*(Y(48)-Y(47))-ak7*R7*(R7*Y(35)+ \\
& \& \quad R8*Y(36))-ac7*R7*(R7*Y(48)+R8*Y(49)))/ain7 \quad ! \text{afi7}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(36)=Y(49) \quad ! \text{afi8} \\
& YR(49)=(-ak7*R8*(R7*Y(35)+R8*Y(36))-ac7*R8*(R7*Y(48)+R8*Y(49))- \\
& \& \quad ak8*(Y(36)-Y(37))-ac8*(Y(49)-Y(50)))/ain8 \quad ! \text{afi8}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(37)=Y(50) \\
& YR(50)=(-ak8*(Y(37)-Y(36))-ac8*(Y(50)-Y(49))- \\
& \& \quad ak9*R9*(R9*Y(37)-R10*Y(38))-ac9*R9*(R9*Y(50)- \\
& \& \quad R10*Y(51)))/ain9 \quad ! \text{afi9}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(38)=Y(51) \quad ! \text{afi10} \\
& YR(51)=(-ak9*R10*(R10*Y(38)-R9*Y(37))-ac9*R10*(R10*Y(51)- \\
& \& \quad R9*Y(50))-ak10*(Y(38)-Y(39))-ac10*(Y(51)-Y(52)))/ain10 \quad ! \text{afi10}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(39)=Y(52) \quad ! \text{afi11} \\
& YR(52)=(-ak10*(Y(39)-Y(38))-ac10*(Y(52)-Y(51))- \\
& \& \quad ak11*R11*(R11*Y(39)+R12*Y(40))- \\
& \& \quad ac11*R11*(R11*Y(52)+R12*Y(53)))/ain11 \\
& \quad ! \text{afi11}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& YR(40)=Y(53) \\
& YR(53)=(-ak11*R12*(R12*Y(40)+R11*Y(39))-ac11*R12*(R12*Y(53)+
\end{aligned}$$

& $R11*Y(52))-ak12*(Y(40)-Y(41))-ac12*(Y(53)-Y(54)))/ain12$! afi12

YR(41)=Y(54)

YR(54)=(-ak12*(Y(41)-Y(40))-ac12*(Y(54)-Y(53))-

& $Ftrd*R13*F_DSIGN(Y(54)))/ain13$

c WRITE(6,*) 'i,Y(i),YR(i):'

c DO i=1,nvarb

c WRITE(6,1000) i,Y(i),YR(i)

c END DO

c PAUSE 'FUNK1:'

1000 FORMAT(1x,I3,2x,5(E12.5,1X))

RETURN

END

```

c
c-----

      SUBROUTINE F_FORCE_CONTACT_BALL_OUTTER_TRACE(ptime,Y,YR,neq)
      IMPLICIT REAL*8 (a-h,o-z)

      DIMENSION Y(neq),YR(neq)

c
c-----
c
c-----
c
      COMMON /PARAM_BEARING_01/
      PAR_BEARING(100),H_OUTTER_TRACE(1001),
      &
      H_INNER_TRACE(1001),
      &                                nharm_outter,nharm_inner
c
c-----
c
      Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0);
c
c=====
c
      R_INNER=PAR_BEARING(1)
      R_PITCH=PAR_BEARING(2)
      R_OUTTER=PAR_BEARING(3)
      R_BALL=PAR_BEARING(4)
      nz=PAR_BEARING(5)
      E_INNER_RACE=PAR_BEARING(6)

```

```

E_OUTTER_RACE=PAR_BEARING(7)
E BALL=PAR_BEARING(8)
PU_INNER_RACE=PAR_BEARING(9)
PU_OUTTER_RACE=PAR_BEARING(10)
PU BALL=PAR_BEARING(11)
alfa=PAR_BEARING(12)
delta_outter=PAR_BEARING(13)

```

```

nh=1+2*nharm

```

```

c

```

```

c=====

```

```

c

```

```

am=PARAMB01(1)
ak1=PARAMB01(2)
ac1=PARAMB01(3)
delta0=PARAMB01(4)
delta1=PARAMB01(5)
v=PARAMB01(6)
p0=PARAMB01(7)
f0=PARAMB01(8)
fc1=PARAMB01(9)
fs1=PARAMB01(10)
alp=PARAMB01(11)

```

```

c

```

```

c=====

```

```

c

```

```

dalfa=2.0D0*Pi/nz

```

```

omega=2.0D0*Pi*v/alp

```

```

DO i=1,nz

```



```
      YR(2)=(P0+am*9.81D0+force_centrifugal  
&      -force_contact-force_contact_1)/am
```

```
END DO
```

```
RETURN
```

```
END
```

c

```
SUBROUTINE F_PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS(PAR_TARPAI0,PAR_TARPAI,  
&          Q_RATAS,DQDT_RATAS)  
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
  COMMON /PARAM_BEGIAI_NELYGUMAI/  
&      HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),  
&      HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),  
&      HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),  
&      HZ_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),  
&      XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,20),LCONTACT_BEGIS_RATAS(4),  
&      nelem_GT_profilis_kaire,nelem_GT_profilis_desine
```

```
  COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)
```

```
  COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)
```

```
  DIMENSION PAR_TARPAI0(2,4),PAR_TARPAI(2,4)  
  DIMENSION Q_RATAS(3,4),DQDT_RATAS(3,4)
```

c=====

k=1

```
R_ratras=PAR_KRANAS(25+k) ! 1 RATO spindulys
```

```
xk=XCONTACT_BEGIS_RATAS(1,k)
```

```
dyk=F_RAILWAY_UNEVENESS(HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE,  
&          xk,nelem_GT_profilis_kaire)
```

```
PAR_TARPAI(1,k)=PAR_TARPAI0(1,k)-dyk
```

```
PAR_TARPAI(2,k)=PAR_TARPAI0(2,k)+dyk
```

c=====

k=2

R_ratras=PAR_KRANAS(25+k) ! 1 RATO spindulys

xk=XCONTACT_BEGIS_RATAS(1,k)

dyk=F_RAILWAY_UNEVENESS(HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE,
& xk,nelem_GT_profilis_kaire)

PAR_TARPAI(1,k)=PAR_TARPAI0(1,k)-dyk

PAR_TARPAI(2,k)=PAR_TARPAI0(2,k)+dyk

c=====

k=3

R_ratras=PAR_KRANAS(25+k) ! 1 RATO spindulys

xk=XCONTACT_BEGIS_RATAS(1,k)

dyk=F_RAILWAY_UNEVENESS(HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE,
& xk,nelem_GT_profilis_desine)

PAR_TARPAI(1,k)=PAR_TARPAI0(1,k)-dyk

PAR_TARPAI(2,k)=PAR_TARPAI0(2,k)+dyk

c=====

k=4

R_ratras=PAR_KRANAS(25+k) ! 1 RATO spindulys

```
xk=XCONTACT_BEGIS_RATAS(1,k)
```

```
dyk=F_RAILWAY_UNEVENESS(HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE,  
& xk,nelem_GT_profilis_desine)
```

```
PAR_TARPAI(1,k)=PAR_TARPAI0(1,k)-dyk
```

```
PAR_TARPAI(2,k)=PAR_TARPAI0(2,k)+dyk
```

```
1000 FORMAT(1x,5(E14.7,1x))
```

```
RETURN
```

```
END
```

c

c

```
SUBROUTINE F_PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS0()
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  COMMON /PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS/
  PAR_TARPAI0(2,4),PAR_TARPAI(2,4)

  COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)
  COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)

  DIMENSION B(4)

  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

  DO i=1,4
    B(i)=0.50D0*(PAR_KRANAS(29+i)-PAR_BEGIS(15))
  END DO

  DO i=1,4;
    PAR_TARPAI0(1,i)=B(i); PAR_TARPAI0(2,i)=B(i)
    PAR_TARPAI(1,i)=B(i); PAR_TARPAI(2,i)=B(i)
  END DO
```

```
1000 FORMAT(1x,5(E14.7,1x))
```

```
RETURN
```

```
END
```

c

c-----

c

```
SUBROUTINE F_PAVARA(ptime,Y,YR,VROT,force_3y,force_3z,torque_3,  
&                  nvarb)  
IMPLICIT REAL*8 (a-h,o-z)
```

```
DIMENSION Y(nvarb),YR(nvarb),VROT(2,5)
```

```
COMMON /PARAM_DRIVE_BELT/ DRIVER_PARAM(30)
```

```
COMMON /ASYN_VARIKLIS/ ASYN_PARAM(20)
```

c-----

```
cv=ASYN_PARAM(1)  
dv=ASYN_PARAM(2)  
wv0=ASYN_PARAM(3)  
ainv=ASYN_PARAM(4)  
ain_Reduktor=ASYN_PARAM(5)  
ur=ASYN_PARAM(6)  
ain_red=ASYN_PARAM(7)
```

c-----

```
aL0=DRIVER_PARAM(1)  
aL1=DRIVER_PARAM(2)  
aL2=DRIVER_PARAM(3)  
aL3=DRIVER_PARAM(4)  
R1=DRIVER_PARAM(5)  
R2=DRIVER_PARAM(6)
```


$R3=DRIVER_PARAM(7)$
 $H1=DRIVER_PARAM(8)$
 $H2=DRIVER_PARAM(9)$
 $H3=DRIVER_PARAM(10)$
 $E_belt=DRIVER_PARAM(11)$
 $A_belt=DRIVER_PARAM(12)$
 $akp2=DRIVER_PARAM(13)$
 $acp2=DRIVER_PARAM(14)$
 $deltap20=DRIVER_PARAM(15)$
 $ak_belt=DRIVER_PARAM(16)$
 $ac_belt=DRIVER_PARAM(17)$

$ain1=DRIVER_PARAM(18)$
 $ain2=DRIVER_PARAM(19)$
 $ain3=DRIVER_PARAM(20)$
 $amase2=DRIVER_PARAM(21)$

c-----

$\beta_{12}=F_BETA12(aL1,H1,H2,R1,R2)$
 $\beta_{23}=F_BETA23(aL2,H2,H3,R2,R3)$
 $\beta_{13}=F_BETA13(aL3,H1,H3,R1,R3)$

$Torque=Y(1)$
 $afi1=Y(2); \quad afi2=Y(3); \quad qp2=Y(4)$
 $w1=Y(5); \quad w2=Y(6); \quad dqp2dt=Y(7)$

$qp3y=VROT(1,1); \quad qp3z=VROT(1,2); \quad afi3=VROT(1,3)$
 $dqp3ydt=VROT(2,1); \quad dqp3zdt=VROT(2,2); \quad w3=VROT(2,3)$

c-----

$YR(1)=(cv*ur**2*(wv0/ur-Y(5))-dv*Y(1))$

c-----

c 1 DISK

c-----

$$YR(2)=YR(5)$$

$$\begin{aligned} & rez=+ak_belt*R1*((R2*afi2+qp2*DSIN(beta12))-(R1*afi1)) \\ & \& +ac_belt*R1*((R2*w2+dqp2dt*DSIN(beta12))-(R1*w1)) \\ & \\ & \& -ak_belt*R1*((R1*afi1)- \\ & \& (R3*afi3-qp3y*DCOS(beta13)+qp3z*DSIN(beta13))) \\ & \& -ac_belt*R1*((R1*w1)- \\ & \& (R3*w3-dqp3ydt*DCOS(beta13)+dqp3zdt*DSIN(beta13))) \end{aligned}$$

$$Y(5)=(Torque+rez)/(ain_red+ain1)$$

c-----

c 2 DISK

c-----

$$YR(3)=YR(6)$$

$$\begin{aligned} & rez=+ak_belt*R2*((-R2*afi2+qp2*DSIN(beta12))-(R1*afi1)) \\ & \& +ak_belt*R2*((-R2*w2+dqp2dt*DSIN(beta12))-(R1*w1)) \\ & \\ & \& -ak_belt*R2*((R3*afi3+qp3y*DCOS(beta23)-qp3z*DSIN(beta23))- \\ & \& (-R2*afi2-qp2*DSIN(beta23))) \\ & \& -ac_belt*R2*((R3*w3+dqp3ydt*DCOS(beta23)-dqp3zdt*DSIN(beta23))- \\ & \& (-R2*w2-dqp2dt*DSIN(beta23))) \end{aligned}$$

$$Y(6)=(rez)/ain2$$

$$YR(4)=YR(7)$$

$$\begin{aligned} rez &= ak_belt * DSIN(beta12) * ((-R2 * afi2 + qp2 * DSIN(beta12)) - (R1 * afi1)) \\ &\& + ac_belt * DSIN(beta12) * ((-R2 * w2 + dqp2dt * DSIN(beta12)) - (R1 * w1)) \\ &\& - ak_belt * DSIN(beta23) * \\ &\& ((R3 * afi3 + qp3y * DCOS(beta23) - qp3z * DSIN(beta23)) - \\ &\& (-R2 * afi2 - qp2 * DSIN(beta23))) \\ &\& - ac_belt * DSIN(beta23) * \\ &\& ((R3 * w3 + dqp3ydt * DCOS(beta23) - dqp3zdt * DSIN(beta23)) - \\ &\& (-R2 * w2 - dqp2dt * DSIN(beta23))) \\ &\& - akp2 * (qp2 - deltap20) \end{aligned}$$

$$Y(7)=(rez)/amase2$$

c-----
c 3 DISK
c-----

$$\begin{aligned} rez &= -ak_belt * DCOS(beta13) * ((R1 * afi1) - \\ &\& (R3 * afi3 - qp3y * DCOS(beta13) + qp3z * DSIN(beta13))) \\ &\& - ac_belt * DCOS(beta13) * ((R1 * w1) - \\ &\& (R3 * w3 - dqp3ydt * DCOS(beta13) + dqp3zdt * DSIN(beta13))) \\ &\& - ak_belt * DCOS(beta23) * \\ &\& ((R3 * afi3 + qp3y * DCOS(beta23) - qp3z * DSIN(beta23)) - \\ &\& (-R2 * afi2 - qp2 * DSIN(beta23))) \\ &\& - ac_belt * DCOS(beta23) * \\ &\& ((R3 * w3 + dqp3ydt * DCOS(beta23) - dqp3zdt * DSIN(beta23)) - \end{aligned}$$

& (-R2*w2-dqp2dt*DSIN(beta23)))

force_3y=rez

rez= +ak_belt*DSIN(beta13)*((R1*afi1)-
& (R3*afi3-qp3y*DCOS(beta13)+qp3z*DSIN(beta13)))
& +ac_belt*DSIN(beta13)*((R1*w1)-
& (R3*w3-dqp3ydt*DCOS(beta13)+dqp3zdt*DSIN(beta13)))

&+ak_belt*DSIN(beta23)*
& ((R3*afi3+qp3y*DCOS(beta23)-qp3z*DSIN(beta23))-
& (-R2*afi2-qp2*DSIN(beta23)))
&+ac_belt*DSIN(beta23)*
& ((R3*w3+dqp3ydt*DCOS(beta23)-dqp3zdt*DSIN(beta23))-
& (-R2*w2-dqp2dt*DSIN(beta23)))

force_3z=rez

rez= ak_belt*R3*((R1*afi1)-
& (R3*afi3-qp3y*DCOS(beta13)+qp3z*DSIN(beta13)))
& +ac_belt*R3*((R1*w1)-
& (R3*w3-dqp3ydt*DCOS(beta13)+dqp3zdt*DSIN(beta13)))

&-ak_belt*R3*((R3*afi3+qp3y*DCOS(beta23)-qp3z*DSIN(beta23))-
& (-R2*afi2-qp2*DSIN(beta23)))
&-ac_belt*R3*((R3*w3+dqp3ydt*DCOS(beta23)-dqp3zdt*DSIN(beta23))-
& (-R2*w2-dqp2dt*DSIN(beta23)))

```
torque_3=rez
```

```
RETURN
```

```
END
```

c
c
c

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_PSIK(xi,xk,xj)

implicit real*8 (a-h,o-z)

IF(xi.LE.xk.AND.xk.LE.xj) THEN

psik=(xk-xi)/(xj-xi)

ELSE

WRITE(6,*)'***** ERROR. "F_PSIK" '

WRITE(6,*)' xi=',xi

WRITE(6,*)' xk=',xk

WRITE(6,*)' xj=',xj

STOP

END IF

F_PSIK=psik

RETURN

END

```
SUBROUTINE F_Q_DQDT_MATRIX(YC,DYCDT,WR,Q_RATAS,DQDT_RATAS)
```

```
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
  COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)
```

```
  COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)
```

```
  DIMENSION Q(3),QT(3),YC(6),DYCDT(6),WR(4)
```

```
  DIMENSION Q_RATAS(3,4),DQDT_RATAS(3,4)
```

```
  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)
```

```
  a1=PAR_KRANAS(12); a2=PAR_KRANAS(13)
```

```
  b1=PAR_KRANAS(14); b2=PAR_KRANAS(15)
```

```
  c1=PAR_KRANAS(16); c2=PAR_KRANAS(17)
```

```
  qcx=YC(1);  qcy=YC(2);  qcz=YC(3)
```

```
  aficx=YC(4); aficy=YC(5); aficz=YC(6)
```

```
  dqcx=DYCDT(1); dqcy=DYCDT(2); dqcz=DYCDT(3)
```

```
  daficx=DYCDT(4); daficy=DYCDT(5); daficz=DYCDT(6)
```

```
  c
```

```
  c=====
```

```
  c
```

```

      k=1
      Ratas=PAR_KRANAS(26); WRATAS=WR(k)

```

```

      CALL F_RATAS_1_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,
&                                aficx,aficy,aficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)
      CALL F_RATAS_1_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,
&                                daficx,daficy,daficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

```

```

      DO i=1,3
      Q_RATAS(i,k) =Q(i)
      DQDT_RATAS(i,k)=QT(i)
      END DO

```

c

c=====

c

```

      k=2
      Ratas=PAR_KRANAS(27); WRATAS=WR(k)

```

```

      CALL F_RATAS_2_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,
&                                aficx,aficy,aficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)
      CALL F_RATAS_2_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,
&                                daficx,daficy,daficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

```



```

      DO i=1,3
      Q_RATAS(i,k) =Q(i)
      DQDT_RATAS(i,k)=QT(i)
      END DO

```

c

c=====

c

```

      k=3
      RatAS=PAR_KRANAS(28); WRATAS=WR(k)

```

```

      CALL F_RATAS_3_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,
&                                aficx,aficy,aficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)
      CALL F_RATAS_3_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,
&                                daficx,daficy,daficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

```

```

      DO i=1,3
      Q_RATAS(i,k) =Q(i)
      DQDT_RATAS(i,k)=QT(i)
      END DO

```

c

c=====

c

```

      k=4
      RatAS=PAR_KRANAS(29); WRATAS=WR(k)

```

```

      CALL F_RATAS_4_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,

```

```

&                                aficx,aficy,aficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)
CALL F_RATAS_4_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,
&                                daficx,daficy,daficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

```

```

    DO i=1,3
    Q_RATAS(i,k)=Q(i)
    DQDT_RATAS(i,k)=QT(i)
    END DO

```

```

RETURN
END

```

```

SUBROUTINE F_RATAS_1_DQDT_VECTOR(
&                                     dqcx,dqcy,dqcz,
&                                     daficx,daficy,daficz,
&                                     a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

DIMENSION QT(3)

Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

QT(1)=dqcx-c1*daficy-b1*daficz
QT(2)=dqcy+c1*daficx+a1*daficz
QT(3)=dqcz-a1*daficy+b1*daficx

RETURN
END

```

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RATAS_1_EPSY(QT,
&                                     afiz,WRATAS,a2,c2,Ratas)

    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

    DIMENSION QT(3)

    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

    IF(WRATAS.EQ.0.0D0) THEN
        eps=0.0D0
    ELSE
        eps=(QT(2))/(WRATAS*Ratas)-afiz
    END IF

    F_RATAS_1_EPSY=eps

    RETURN
END

```

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RATAS_1_EPSX(QT,
&  WRATAS,b1,c2,Ratas)
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  DIMENSION QT(3)

  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

  IF(WRATAS.EQ.0.0D0) THEN
    eps=0.0D0
  ELSE
    eps=(QT(1))/(WRATAS*Ratas)-1.0D0
  END IF

  F_RATAS_1_EPSX=eps

  RETURN
END

```

```
SUBROUTINE F_RATAS_1_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,  
    &                                aficx,aficy,aficz,  
    &                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)
```

```
    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
    DIMENSION Q(3)
```

```
    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)
```

```
    Q(1)=qcx-c1*aficy-b1*aficz
```

```
    Q(2)=qcy+c1*aficx+a1*aficz
```

```
    Q(3)=qcz-a1*aficy+b1*aficx
```

```
    RETURN
```

```
    END
```

```

SUBROUTINE F_RATAS_2_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,
&                                daficx,daficy,daficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)

    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

    DIMENSION QT(3)

    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

    QT(1)=dqcx-c1*daficy+b2*daficz
    QT(2)=dqcy+c1*daficx+a1*daficz
    QT(3)=dqcz-a1*daficy-b2*daficx

    RETURN
END

```

```
DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RATAS_2_EPSY(QT,  
    &afiz,WRATAS,a2,c2,Ratas)  
    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)  
  
    DIMENSION QT(3)  
  
    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)  
  
    IF(WRATAS.EQ.0.0D0) THEN  
        eps=0.0D0  
    ELSE  
        eps=(QT(2))/(WRATAS*Ratas)-afiz  
    END IF  
  
    F_RATAS_2_EPSY=eps  
  
    RETURN  
END
```



```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RATAS_2_EPSY(QT,
&                                                                    afiz,WRATAS,a2,c2,Ratas)
    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

    DIMENSION QT(3)

    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

    IF(WRATAS.EQ.0.0D0) THEN
        eps=0.0D0
    ELSE
        eps=(QT(2))/(WRATAS*Ratas)-afiz
    END IF

    F_RATAS_2_EPSY=eps

    RETURN
END

```

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RATAS_2_EPSX(QT,
&  WRATAS,b1,c2,Ratas)
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  DIMENSION QT(3)

  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

  IF(WRATAS.EQ.0.0D0) THEN
    eps=0.0D0
  ELSE
    eps=(QT(1))/(WRATAS*Ratas)-1.0D0
  END IF

  F_RATAS_2_EPSX=eps

  RETURN
END

```

```
SUBROUTINE F_RATAS_2_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,  
    &                                aficx,aficy,aficz,  
    &                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)
```

```
    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
    DIMENSION Q(3)
```

```
    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)
```

```
    Q(1)=qcx-c1*aficy+b2*aficz
```

```
    Q(2)=qcy+c1*aficx+a1*aficz
```

```
    Q(3)=qcz-a1*aficy-b2*aficx
```

```
    RETURN
```

```
    END
```

```
SUBROUTINE F_RATAS_3_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,  
    &                                daficx,daficy,daficz,  
    &                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)
```

```
    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
    DIMENSION QT(3)
```

```
    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)
```

```
    QT(1)=dqcx-c2*daficy-b1*daficz
```

```
    QT(2)=dqcy+c2*daficx-a2*daficz
```

```
    QT(3)=dqcz+a2*daficy+b1*daficx
```

```
    RETURN
```

```
    END
```

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RATAS_3_EPSY(QT,
&                                     afiz,WRATAS,a2,c2,Ratas)
    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

    DIMENSION QT(3)

    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

    IF(WRATAS.EQ.0.0D0) THEN
        eps=0.0D0
    ELSE
        eps=(QT(2))/(WRATAS*Ratas)-afiz
    END IF

    F_RATAS_3_EPSY=eps

    RETURN
END

```

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RATAS_3_EPSX(QT,
&  WRATAS,b1,c2,Ratas)
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  DIMENSION QT(3)

  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

  IF(WRATAS.EQ.0.0D0) THEN
    eps=0.0D0
  ELSE
    eps=(QT(1))/(WRATAS*Ratas)-1.0D0
  END IF

  F_RATAS_3_EPSX=eps

  RETURN
END

```

```

SUBROUTINE F_RATAS_3_Q3_VECTOR(qcx,qcy,qcz,
&                                aficx,aficy,aficz,
&                                dqcx,dqcy,dqcz,
&                                daficx,daficy,daicz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2)

IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

DIMENSION Q(3)

Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

Q(1)=qcx-c2*aficy-b1*aficz
Q(2)=qcy+c2*aficx-a2*aficz
Q(3)=qcz+a2*aficy+b1*aficx

RETURN
END

```

```

SUBROUTINE F_RATAS_3_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,
&                                aficx,aficy,aficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)

```

```

    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

```

```

    DIMENSION Q(3)

```

```

    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

```

```

    Q(1)=qcx-c2*aficy-b1*aficz

```

```

    Q(2)=qcy+c2*aficx-a2*aficz

```

```

    Q(3)=qcz+a2*aficy+b1*aficx

```

```

    RETURN

```

```

    END

```



```
SUBROUTINE F_RATAS_4_DQDT_VECTOR(dqcx,dqcy,dqcz,  
    &                                daficx,daficy,daficz,  
    &                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,QT)
```

```
    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
    DIMENSION QT(3)
```

```
    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)
```

```
    QT(1)=dqcx-c2*daficy+b2*daficz
```

```
    QT(2)=dqcy+c2*daficx-a2*daficz
```

```
    QT(3)=dqcz+a2*daficy-b2*daficx
```

```
    RETURN
```

```
    END
```

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RATAS_4_EPSY(QT,
&                                                                    afiz,WRATAS,a2,c2,Ratas)
    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

    DIMENSION QT(3)

    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

    IF(WRATAS.EQ.0.0D0) THEN
        eps=0.0D0
    ELSE
        eps=(QT(2))/(WRATAS*Ratas)-afiz
    END IF

    F_RATAS_4_EPSY=eps

    RETURN
END

```

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_RATAS_4_EPSX(QT,
&  WRATAS,b2,c2,Ratas)
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  DIMENSION QT(3)

  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

  IF(WRATAS.EQ.0.0D0) THEN
    eps=0.0D0
  ELSE
    eps=(QT(1))/(WRATAS*Ratas)-1.0D0
  END IF

  F_RATAS_4_EPSX=eps

  RETURN
END

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION

F_RATAS_4_FORCE_VECTOR(Q.QT, EPSX_RATAS, EPSY_RATAS)

IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)

COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)

DIMENSION FORCE(3), Q(3), QT(3)

Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

E=PAR_BEGIS(1) ! E

PU=PAR_BEGIS(2) ! Puasono koef.

akby=PAR_BEGIS(3); acby=PAR_BEGIS(5)

akbz=PAR_BEGIS(4); acbz=PAR_BEGIS(6)

akz_ratas=PAR_KRANAS(21); acz_ratas=PAR_KRANAS(25)

Ratas=PAR_KRANAS(29)

b_plotis=PAR_KRANAS(33)

akz=1.0D0/(1.0D0/akbz+1.0D0/(1.0D0/akz_ratas))

acz=1.0D0/(1.0D0/acbz+1.0D0/(1.0D0/acz_ratas))

```
FZ=-(akz*Q(3)+acz*QT(3))
```

```
FORCE(3)=FZ
```

```
AKX=F_TAMPRUS_STANDUMO_KOEF(E,PU,Ratas,b_plotis,FZ)
```

```
F_RATAS_4_EPSX(dqcx,daficy,daficz,  
& WRATAS,b2,c2,Ratas)
```

```
FORCE(1)=-AKX*epsx
```

```
rez=AKX*1.5D0*epsx
```

```
F_SLYDIMO_FORCE_X=rez
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
DOUBLE PRECISION FUNCTION
```

```
F_RATAS_4_FORCE_VECTOR(Q,DQDT,E,PU,R,b,FZ,epsx)
```

```
IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)
```

```
DIMENSION Q(3),DQDT(3)
```

Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

AKX=F_TAMPRUS_STANDUMO_KOEF(E,PU,R,b,FZ)

rez=AKX*1.5D0*epsx

F_SLYDIMO_FORCE_X=rez

RETURN

END

```

SUBROUTINE F_RATAS_4_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,
&                                aficx,aficy,aficz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)

    IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

    DIMENSION Q(3)

    Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

    Q(1)=qcx-c2*aficy+b2*aficz
    Q(2)=qcy+c2*aficx-a2*aficz
    Q(3)=qcz+a2*aficy-b2*aficx

    RETURN
END

```

```

SUBROUTINE F_RATAS_3_Q_VECTOR(qcx,qcy,qcz,
&                                aficx,aficy,aficz,
&                                dqcx,dqcy,dqcz,
&                                daficx,daficy,daicz,
&                                a1,a2,b1,b2,c1,c2,Q)

```

```

IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

```

```

DIMENSION Q(3)

```

```

Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

```

```

Q(1)=qcx-c2*aficy+b2*aficz

```

```

Q(2)=qcy+c2*aficx-a2*aficz

```

```

Q(3)=qcz+a2*aficy-b2*aficx

```

```

RETURN

```

```

END

```


DOUBLE PRECISION FUNCTION F_SLYDIMO_FORCE_Y(FZ,epsy)

IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)

COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)

Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

E=PAR_BEGIS(1) ! E

PU=PAR_BEGIS(2) ! Puasono koef.

akby=PAR_BEGIS(3); acby=PAR_BEGIS(5)

akbz=PAR_BEGIS(4); acbz=PAR_BEGIS(6)

b_begis=PAR_BEGIS(15)

Ratas=PAR_KRANAS(29)

AKY=F_TAMPRUS_STANDUMO_KOEF(E,PU,R,b,FZ)

rez=-AKY*1.5D0*epsy

F_SLYDIMO_FORCE_Y=rez

RETURN

END

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_SLYDIMO_FORCE_X(FZ,epsx)
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)
  COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)

  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

  E=PAR_BEGIS(1)          ! E
  PU=PAR_BEGIS(2)         ! Puasono koef.

  akby=PAR_BEGIS(3); acby=PAR_BEGIS(5)
  akbz=PAR_BEGIS(4); acbz=PAR_BEGIS(6)
  b_begis=PAR_BEGIS(15)

  Ratas=PAR_KRANAS(29)

  AKX=F_TAMPRUS_STANDUMO_KOEF(E,PU,Ratas,b_begis,FZ)

  rez=-AKX*1.5D0*epsx

  F_SLYDIMO_FORCE_X=rez

  RETURN
  END

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_SLYDIMO_FORCE_Z(Q,QT,zk,kratas)

IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)

COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)

DIMENSION Q(3),QT(3)

Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

akby=PAR_BEGIS(3); acby=PAR_BEGIS(5)

akbz=PAR_BEGIS(4); acbz=PAR_BEGIS(6)

b_begis=PAR_BEGIS(15)

akz_ratas=PAR_KRANAS(17+kratas)

acz_ratas=PAR_KRANAS(21+kratas)

ak=1.0D0/(1.0D0/akbz)+(1.0D0/akz_ratas)

ac=1.0D0/(1.0D0/acbz)+(1.0D0/acz_ratas)

rez=-(ak*(Q(3)-zk)+ac*QT(3))

IF(rez.LE.0.0D0) THEN

rez=0.0D0

END IF

```
c      WRITE(6,*)'FZ: Q(3),zk,rez:',Q(3),zk,rez
```

```
      F_SLYDIMO_FORCE_Z=rez
```

```
      RETURN
```

```
      END
```

```

SUBROUTINE F_SOLVE(Y,YR,nvarb,
&          nfl,FUNK)
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  DIMENSION Y(nvarb),YR(nvarb)

  DIMENSION DYCDT(6),YC(6),WR(4),EPS_RATAS(2,4),FORCE(3,4)
  DIMENSION R_krovinys(3)
  DIMENSION Q_RATAS(3,4),DQDT_RATAS(3,4)

c
c-----
c
  COMMON /PARAM1/  dtime,toler,niter,ntime0,ntime,nstep

  COMMON /PARAM_BEGIAI_NELYGUMAI/
&      HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),
&      HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),
&      HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),
&      HZ_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),
&      XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,20),LCONTACT_BEGIS_RATAS(4),
&      nelem_GT_profilis_kaire,nelem_GT_profilis_desine

  COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)

  COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)

  COMMON /PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS/ PAR_TARPAI0(2,4),
&                                     PAR_TARPAI(2,4)
c
c-----
c

```

```

c
c-----
c
      Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0);
c
c=====
c
c=====
c
c=====
c

      WRITE(6,*)' '
      WRITE(6,*)'===== '
      WRITE(6,*)' PEREINAMASIS PROCESAS STARTAVO: '
      WRITE(6,*)'===== '
      WRITE(6,*)' '

      isk1=0
      DO itime=1,ntime0; atime=itime*dtime;      isk1=isk1+1

      CALL RUNKUT(nvarb,dtime,atime,Y,FUNK)

      IF(isk1.GE.nstep) THEN

c
c=====
c      KRANO CENTRAS
c=====

```

$qcx=Y(55); dqcxdt=Y(61)$
 $qcy=Y(56); dqcydt=Y(62)$
 $qcz=Y(57); dqczdt=Y(63)$
 $aficx=Y(58); daficxdt=Y(64)$
 $aficy=Y(59); daficydt=Y(65)$
 $aficz=Y(60); daficzdt=Y(66)$

$YC(1)=qcx$
 $YC(2)=qcy$
 $YC(3)=qcz$
 $YC(4)=aficx$
 $YC(5)=aficy$
 $YC(6)=aficz$

$DYCDT(1)=dqcxdt$
 $DYCDT(2)=dqcydt$
 $DYCDT(3)=dqczdt$
 $DYCDT(4)=daficxdt$
 $DYCDT(5)=daficydt$
 $DYCDT(6)=daficzdt$

c $WR(1)=Y(68) \quad ! \quad w1$
c $WR(2)=Y(70) \quad ! \quad w2$
c $WR(3)=Y(27) \quad ! \quad w3$
c $WR(4)=Y(54) \quad ! \quad w4$

$WR(1)=Y(68) \quad ! \quad w1$
 $WR(2)=Y(70) \quad ! \quad w2$
 $WR(3)=Y(26) \quad ! \quad w3$

WR(4)=Y(53) ! w4

CC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

CALL F_Q_DQDT_MATRIX(YC,DYCDT,WR,Q_RATAS,DQDT_RATAS)

CALL F_FIND_CONTACT_BEGIAI(YC,DYCDT,
& HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE,PAR_KRANAS,
& XCONTACT_BEGIS_RATAS,LCONTACT_BEGIS_RATAS,atime,
& nelem_GT_profilis_kaire,4)

CALL F_PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS(PAR_TARPAI0,PAR_TARPAI,
& Q_RATAS,DQDT_RATAS)

CALL F_EPS_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS)

CALL F_FORCE_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS,FORCE)

WRITE(6,1000) atime, Y(1)
WRITE(6,1000) atime, (Y(14+i),i=1,5)
WRITE(6,1000) atime, (Y(14+i),i=6,10)
WRITE(6,1000) atime, (Y(14+i),i=11,13)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,1000) atime, Y(28)


```

WRITE(6,1000) atime, (Y(41+i),i=1,5)
WRITE(6,1000) atime, (Y(41+i),i=6,10)
WRITE(6,1000) atime, (Y(41+i),i=11,13)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' DISPLACEMENTS:'
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,1000) atime, (Y(i),i=55,57)
WRITE(6,1000) atime, (Y(i),i=58,60)
WRITE(6,1000) atime, Y(67),Y(69)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)'VELOCITIES: '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,1000) atime, (Y(i),i=61,63)
WRITE(6,1000) atime, (Y(i),i=64,66)
WRITE(6,1000) atime, Y(68),Y(70)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)'WR(4) '
WRITE(6,*)' '
CALL PRIN8(WR,1,4,6)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)'Q_RATAS '
WRITE(6,*)' '
CALL PRIN8(Q_RATAS,3,4,6)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)'DQDT_RATAS '
WRITE(6,*)' '
CALL PRIN8(DQDT_RATAS,3,4,6)
WRITE(6,*)' '

```

```

WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)'EPS_RATAS '
WRITE(6,*)' '
CALL PRIN8(EPS_RATAS,2,4,6)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)'FORCE '
WRITE(6,*)' '
CALL PRIN8(FORCE,3,4,6)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '

```

```

WRITE(nf1,1000) atime, (Y(i),i=1,nvarb)

```

```

      isk1=0
    END IF
  END DO

```

```

WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)'===== '
WRITE(6,*)' PEREINAMASIS PROCESAS BAIGTAS: '
WRITE(6,*)'===== '
WRITE(6,*)' '

```

```

WRITE(6,*) 'Y(nvarb)'
DO i=1,nvarb
  WRITE(6,1000) i,Y(i)
END DO

```

```
WRITE(6,*)'
```

```
PAUSE ' PEREINAMASIS PROCESAS BAIGTAS'
```

```
1000 FORMAT(1x,100(E12.5,1x))
```

```
1010 FORMAT(1x,I3,1x,15(E12.5,1x))
```

```
1020 FORMAT(1x,4(E13.6,1x))
```

```
1030 FORMAT(1x,I3,2X,100(E12.5,1x))
```

```
STOP
```

```
END
```

```

SUBROUTINE F_SOLVE_2(Y,YR,nvarb,
&          nf1,nf2,nf3,nf4,nf5,FUNK)
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  DIMENSION Y(nvarb),YR(nvarb)

  DIMENSION DYCDT(6),YC(6),WR(4),EPS_RATAS(2,4),FORCE(3,4)
  DIMENSION R_krovinys(3)
  DIMENSION Q_RATAS(3,4),DQDT_RATAS(3,4)

c
c-----
c
  COMMON /PARAM1/  dtime,toler,niter,ntime0,ntime,nstep

  COMMON /PARAM_BEGIAI_NELYGUMAI/
&      HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),
&      HZ_BEGIS_PROFILIS_KAIRE(6,2000),
&      HY_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),
&      HZ_BEGIS_PROFILIS_DESINE(6,2000),
&      XCONTACT_BEGIS_RATAS(2,20),LCONTACT_BEGIS_RATAS(4),
&      nelem_GT_profilis_kaire,nelem_GT_profilis_desine

  COMMON /PARAM_BEGIS/ PAR_BEGIS(50)

  COMMON /PARAM_OZINIS_KRANAS/ PAR_KRANAS(50)

  COMMON /PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS/ PAR_TARPAI0(2,4),
&                                     PAR_TARPAI(2,4)
c
c-----
c

```

```

c
c-----
c
      Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0);
c
c=====
c
c=====
c
c=====
c

      WRITE(6,*)' '
      WRITE(6,*)'===== '
      WRITE(6,*)' PEREINAMASIS PROCESAS STARTAVO: '
      WRITE(6,*)'===== '
      WRITE(6,*)' '

      isk1=0
      DO itime=1,ntime0; atime=itime*dtime;      isk1=isk1+1

      CALL RUNKUT(nvarb,dtime,atime,Y,FUNK)

      IF(isk1.GE.nstep) THEN

c
c=====
c      KRANO CENTRAS
c=====

```

$qcx=Y(55); dqcxdt=Y(61)$
 $qcy=Y(56); dqcydt=Y(62)$
 $qcz=Y(57); dqczdt=Y(63)$
 $aficx=Y(58); daficxdt=Y(64)$
 $aficy=Y(59); daficydt=Y(65)$
 $aficz=Y(60); daficzdt=Y(66)$

$YC(1)=qcx$
 $YC(2)=qcy$
 $YC(3)=qcz$
 $YC(4)=aficx$
 $YC(5)=aficy$
 $YC(6)=aficz$

$DYCDT(1)=dqcxdt$
 $DYCDT(2)=dqcydt$
 $DYCDT(3)=dqczdt$
 $DYCDT(4)=daficxdt$
 $DYCDT(5)=daficydt$
 $DYCDT(6)=daficzdt$

c $WR(1)=Y(68) \quad ! \quad w1$
c $WR(2)=Y(70) \quad ! \quad w2$
c $WR(3)=Y(27) \quad ! \quad w3$
c $WR(4)=Y(54) \quad ! \quad w4$

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

```

```

c    CALL F_Q_DQDT_MATRIX(YC,DYCDT,WR,Q_RATAS,DQDT_RATAS)

```

```

c    CALL F_FIND_CONTACT_BEGIAI(YC,DYCDT,
c    &    HY_BEGIS_PROFILIS_KAIRE,PAR_KRANAS,
c    &    XCONTACT_BEGIS_RATAS,LCONTACT_BEGIS_RATAS,atime,
c    &    nelem_GT_profilis_kaire,4)

```

```

c    CALL F_PARAM_RATAS_BEGIS_TARPAS(PAR_TARPAI0,PAR_TARPAI,
c    &    Q_RATAS,DQDT_RATAS)

```

```

c    CALL F_EPS_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS)

```

```

c    CALL F_FORCE_MATRIX(YC,DYCDT,WR,EPS_RATAS,FORCE)

```

```

WRITE(6,1000) atime, Y(1)
WRITE(6,1000) atime, (Y(14+i),i=1,5)
WRITE(6,1000) atime, (Y(14+i),i=6,10)
WRITE(6,1000) atime, (Y(14+i),i=11,13)
WRITE(6,1000) atime, Y(14+1),Y(14+5),Y(14+6)
WRITE(6,1000) atime, Y(14+8),Y(14+11),Y(14+13)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,1000) atime, Y(28)
WRITE(6,1000) atime, (Y(41+i),i=1,5)

```

```

WRITE(6,1000) atime, (Y(41+i),i=6,10)
WRITE(6,1000) atime, (Y(41+i),i=11,13)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' DISPLACEMENTS:'
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,1000) atime, (Y(i),i=55,57)
WRITE(6,1000) atime, (Y(i),i=58,60)
c WRITE(6,1000) atime, Y(67),Y(69)
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)'VELOCITIES:'
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,1000) atime, (Y(i),i=61,63)
WRITE(6,1000) atime, (Y(i),i=64,66)

WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)' '

WRITE(nf1,1000) atime, (Y(i),i=1,nvarb)

WRITE(nf2,1000) atime, (Y(14+i),i=1,5)
WRITE(nf3,1000) atime, (Y(14+i),i=6,10)
WRITE(nf4,1000) atime, (Y(14+i),i=11,13)
WRITE(nf5,1000) atime, Y(14+1),Y(14+5),Y(14+6),
& Y(14+8),Y(14+11),Y(14+13)

isk1=0
END IF
END DO

WRITE(6,*)' '
WRITE(6,*)'===== '

```



```
WRITE(6,*)' PEREINAMASIS PROCESAS BAIGTAS: '  
WRITE(6,*)'===== '  
WRITE(6,*)'
```

```
WRITE(6,*)'
```

```
PAUSE ' PEREINAMASIS PROCESAS BAIGTAS'
```

```
1000 FORMAT(1x,100(E12.5,1x))  
1010 FORMAT(1x,I3,1x,15(E12.5,1x))  
1020 FORMAT(1x,4(E13.6,1x))  
1030 FORMAT(1x,I3,2X,100(E12.5,1x))
```

```
STOP
```

```
END
```

```

DOUBLE PRECISION FUNCTION F_TAMPRUS_STANDUMO_KOEF(E,PU,R,b,FZ)
  IMPLICIT REAL*8(a-h,o-z)

  Pi=4.0D0*DATAN(1.0D0)

  CONST=DSQRT(Pi*E/(8.0D0*(1.0D0-PU)))

  rez=CONST*DSQRT(R*b*DABS(FZ))

  F_TAMPRUS_STANDUMO_KOEF=rez

  RETURN
END

```