

ISSN 1407-8015 **TRANSPORT AND ENGINEERING** 2007-8015
MAŠĪNZINĀTNE UN TRANSPORTS

QUALITY AND RELIABILITY
KVALITĀTE UN DROŠUMS

E - TECHNOLOGIES FOR STUDIES OF MACHINE DESIGN

E - TEHNOLOĢIJAS MAŠĪNZINĪBU STUDIJĀS

Gunars Upītis

Associate professor, dr.sc.ing.

Riga Technical University, Institute for Quality Engineering

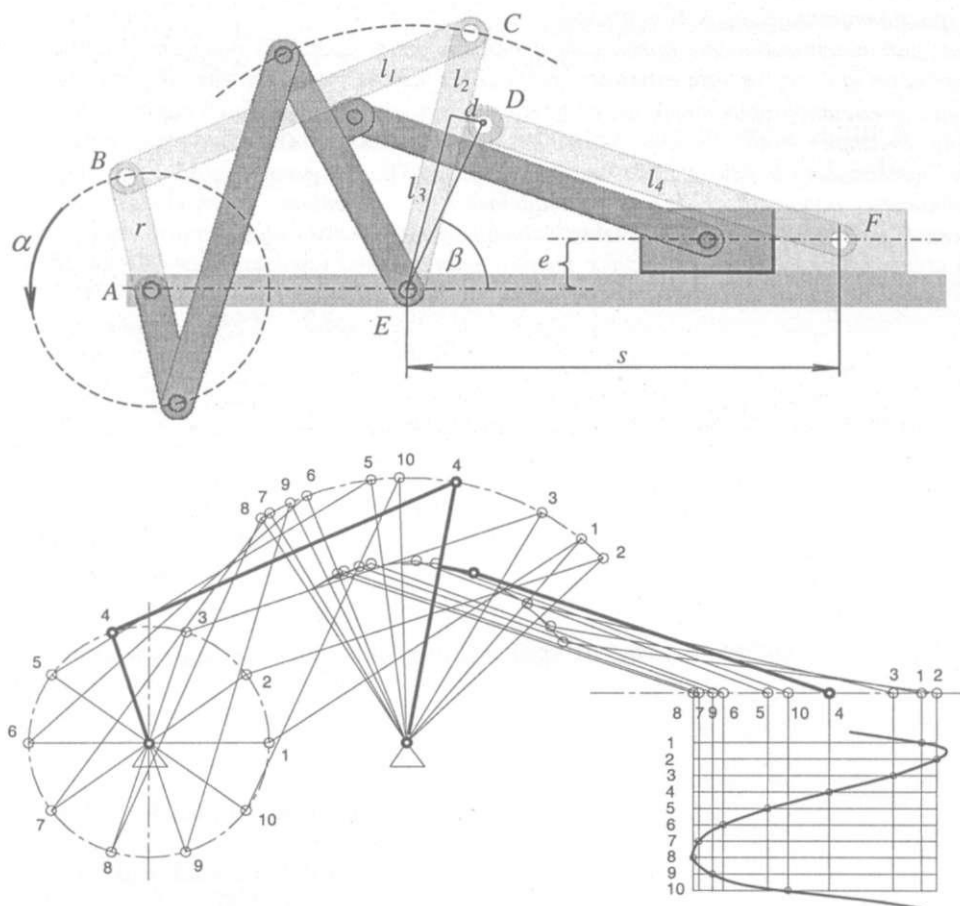
Address: Ezermalas iela 6, Riga, Latvia, LV 1006

Phone: +371 7089706, Fax: +371 7089748

E – Mail: lsq @ latnet.lv

Ievads

Inženieru studijās liels īpatsvars ir tehniskiem aprēķiniem. Studiju procesa pamatzdevums ir veidot risināmo problēmu būtības izpratni, nodrošināt studenta spēju atrast, izvēlēties vai arī radīt nepieciešamos aprēķinu algoritmus, mācēt interpretēt un pielietot iegūtos rezultātus. Tajā pat laikā liels aprēķinu apjoms vai risināšanas metodes sarežģītība var veidot situāciju, kad aprēķinu tehniskā puse prasa lielāko laika un darba patēriņu, problēmas būtību atvēršot otrajā plānā un līdz ar to mazinot arī studiju procesa efektivitāti. Šajā rakstā aplūkotas darba efektivitātes palielināšanas iespējas, veidojot un lietojot konkrētam problēmu lokam specifisku datorprogrammatūru automatizētai aprēķinu veikšanai un rezultātu vizualizācijai, saglabājot lietotāja ziņā tikai darba intelektuālo daļu - algoritmu izvēli, uzdošanu un darbu secības organizēšanu.



1. att. Mehānisma kinemātikas grafiskā analīze

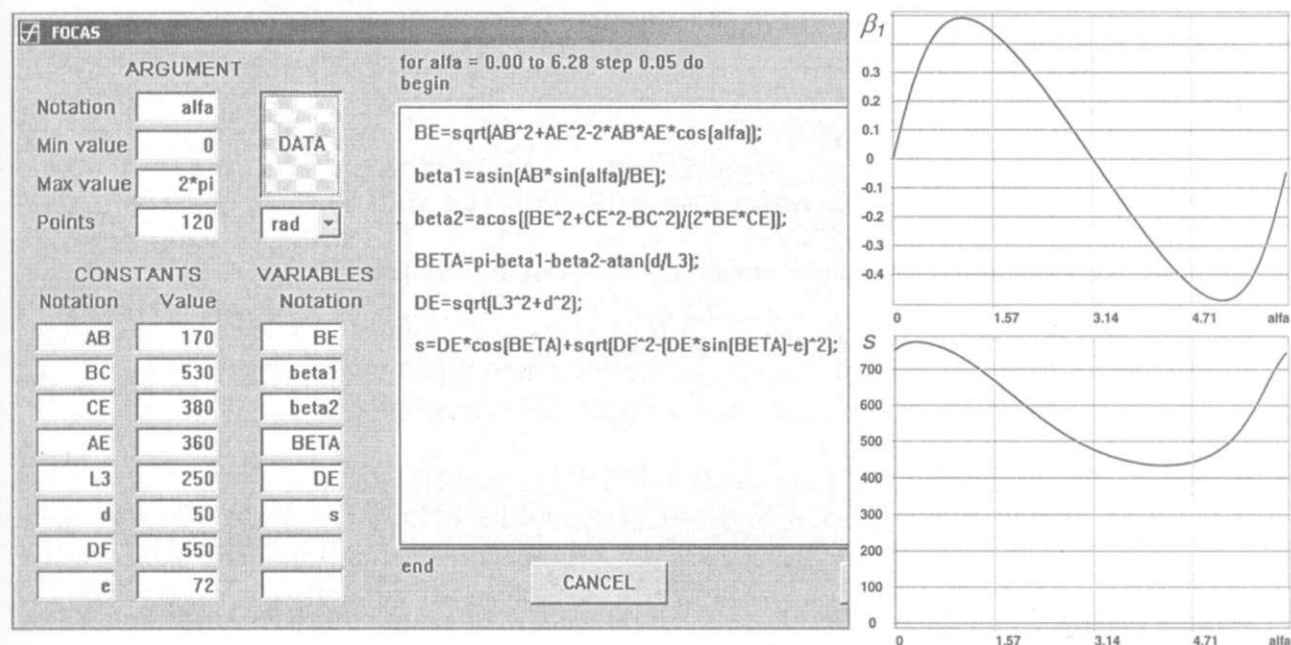
Raksturīgs darbietilpīgu inženieraprēķinu gadījums ir mašīnu un mehānismu kinemātiskā un dināmiskā analīze. Mehānismu locekļu kustības parametri nostabilizējušā darba režīmā parasti ir periodiskas funkcijas, kuru arguments ir kāda sākuma locekļa stāvoklis. Vienkāršākais un tiešākais mehānismu kinemātiskās analīzes veids ir grafiskā metode (1. att.) – būtībā mehānisma kustības cikla grafiska animācija. Dažādas grafiskās metodes tiek lietotas arī mehānismu dināmasikas analīzē. Datoru pielietošana ļauj analīzi veikt ātrāk, precīzāk, vispusīgāk un uzskatāmāk [1], taču tam nepieciešams:

- uzdot mehānisma matemātisko modeli, kas apraksta kustības parametru izmaiņu funkcijas,
- veikt funkciju pārveidojumus (atvasināšana, integrēšana u.c.),
- noteikt specifiskus dzinēju, mehānismu locekļu un darba slodžu parametrus,
- nodrošināt aprēķinu rezultātu vizualizāciju un arhivāciju.

Uzdevuma formulēšana

Mehānisma kinemātiskās analīzes matemātiskā modeļa uzdošana nozīmē ģeometrisku sakarību aprakstīšanu starp mehānisma locekļu un to punktu stāvokļiem pie jebkura iespējamā atskaites, jeb sākuma locekļa stāvokļa, kuru rotācijas tipa mašīnās nosaka tā leņķiskā koordināta. Lai matemātisko modeli ievadītu datorā, nepieciešams uzdot:

- funkciju argumentu, t.i. mehānisma sākuma locekļa koordinātas apzīmējumu, izmaiņu periodu un analīzes punktu, jeb cikla animācijas kadru skaitu,
- fiksētos lielumus, jeb konstantes (locekļu izmēri, pārnese skaitļi un tml.),
- mainīgo analīzes lielumu apzīmējumus un aprēķina algoritmus.



2. att. Mehānisma kinemātiskās analīzes sākumdati, algoritmi un rezultāti

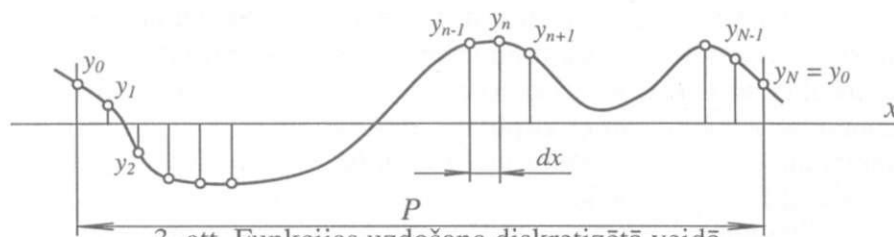
Argumenta un konstanšu apzīmējumu un skaitlisko vērtību, kā arī mainīgo lielumu nosaukumu pieteikšanai veidojami atbilstoši dialoga logi (2.att.), bet analīzes algoritmu uzdošanai nepieciešams ievadītā teksta interpretātors, kas veic sintakses pārbaudi, atpazīst mainīgo lielumu nosaukumus un veic ar tiem atbilstošajām skaitliskajām vērtībām paredzētās matemātiskās darbības [2]. Piemēram, 2. attēlā ilustrēts pilns sākuma datu komplekts, kā arī aprēķinu algoritmi 1. attēlā redzamā mehānisma kinemātiskajai analīzei. Pie šādi formulēta uzdevuma dators veic

mainīgo lielumu - slīdņa pārvietojuma $s(\alpha)$ un virknes starprezultātu – aprēķinus vienam mehānisma darba ciklam, saglabā rezultātu masīvus un vizualizē tos grafiku formā.

Tipveida matemātiskie pārveidojumi

Neatņemamas mehānismu kinemātiskās un dināmiskās analīzes procedūras ir funkciju atvasināšana un integrēšana, ko nosaka pārvietojumu – ātrumu – paātrinājumu savstarpējās sakarības. Vienkāršu mehānismu analīzē visus tā kustības parametrus iespējams aprakstīt ar atbilstošām analītiskām izteiksmēm, taču noteikt šādas sakarības sarežģītiem mehānismiem ir darbietilpīgs un komplicēts uzdevums, kas veicams individuāli katram konkrētajam mehānismam un kura risināšanas gaitā viegli iespējams pieļaut kļūdas. Ar praktiskas analīzes vajadzībām pieņemamu precizitāti funkciju pārveidojumi ir veicami diskrētā formā, lietojot universālus, ar datu izcelsmi nesaistītus algoritmus:

- trapeču, Simpsona vai tml. metodes funkciju integrēšanai,
- speciāli ciparu filtri funkciju atvasināšanai.



3. att. Funkcijas uzdošana diskretizētā veidā

Piemēram, perioda P N punktos dotas funkcijas (3. att.) integrēšana ar trapeču metodi realizējama kā programmas cikls

```
dx := P/N;
rez[0] := 0;
for n := 1 to N-1 do
    rez[n] = rez[n-1] + (y[n-1] + y[n]) / 2 * dx,
```

bet funkcijas atvasināšana veicama, piemēram, ar 5-punktu filtru [3]:

```
d := 12 * dx;
rez[0] := (-25 * y[0] + 48 * y[1] - 36 * y[2] + 16 * y[3] - 3 * y[4]) / d;
rez[1] := (-3 * y[0] - 10 * y[1] + 18 * y[2] - 6 * y[3] + y[4]) / d;
for n := 2 to N-3 do
    rez[n] := (y[n-2] - 8 * y[n-1] + 8 * y[n+1] - y[n+2]) / d;
rez[N-2] := (-y[N-5] + 6 * y[N-4] - 18 * y[N-3] + 10 * y[N-2] + 3 * y[N-1]) / d;
rez[N-1] := (3 * y[N-5] - 16 * y[N-4] + 36 * y[N-3] - 48 * y[N-2] + 25 * y[N-1]) / d;
```

Mašīnu dināmiķas un diagnostikas uzdevumos aktuāla ir funkciju spektrālās struktūras analīze, ko var veikt ar diskrēto Furjē pārveidojumu nosakot funkciju harmonisko sastāvdaļu amplitūdas un sākuma fāzes

```
for m := 0 to N/2 do
    begin
        s[m] := 0; c[m] := 0;
        for n := 0 to N-1 do
            begin
                w := 2 * pi / N * m * n;
                c[m] := c[m] + x[n] * cos(w);
                s[m] := s[m] + x[n] * sin(w);
```

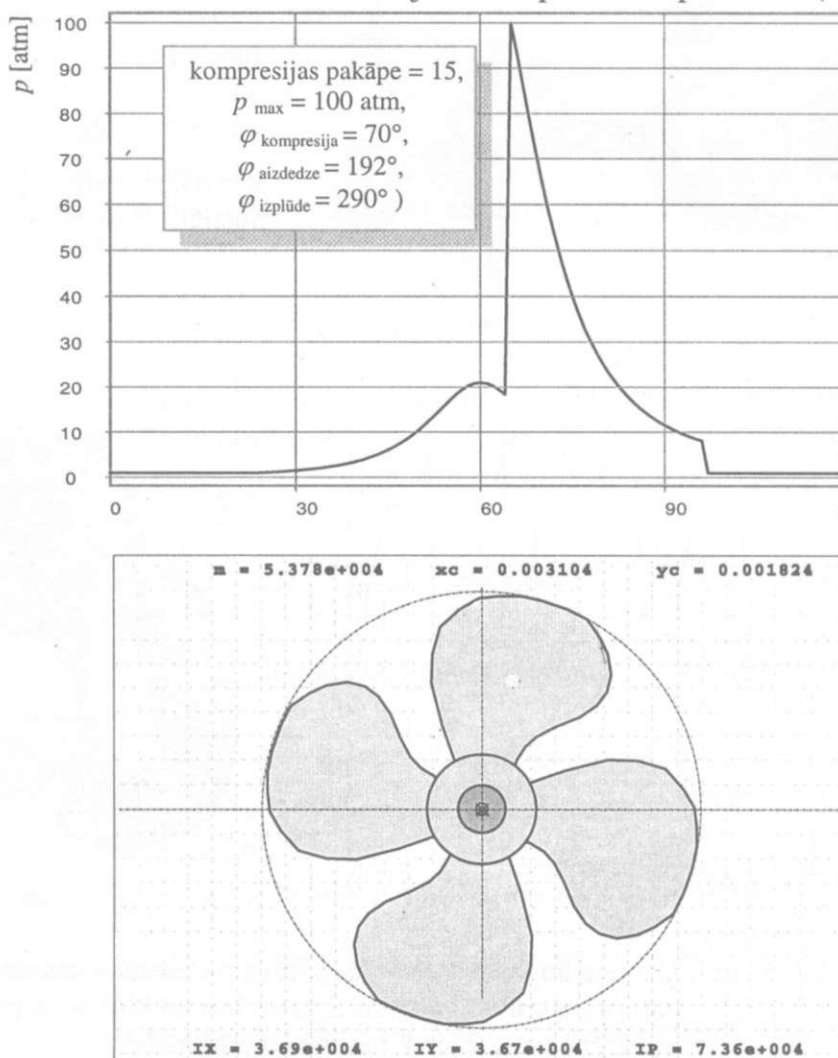
```

end;
a[m] := 2*sqrt(c[m]^2+ s[m]^2) / N ;
fi[m] := atan(s[m]/c[m]);
end;

```

Specifisku datu ievads

Praktiskā analīzē bez mehānismu kustības parametru kinemātiskajām sakarībām nepieciešami arī citi konkrētam objektam specifiski dati. Piemēram, analizējot mašīnas ar iekšdedzes dzinēju, būtiska loma ir dzinēja indikatora diagrammai, t.i. cilindra darba spiediena un kloķvārpstas pagriezienu leņķa sakarībai. Šādā gadījumā var veidot specializētu programmas moduli, kas interaktīvā dialogā savāc procesa raksturlielumus – dzinēja taktu skaitu, kompresijas, aizdedzes un gāzu izplūdes sākumam atbilstošos kloķvārpstas pagriezienu leņķus, gāzu eksplozijas spiedienu, izplešanās politropas raksturotājus u.t.t. Ņemot vērā, ka minēto lielumu pārzināšana nozīmē dzinēja darba procesa izpratni, bet funkcijas skaitlisko vērtību aprēķins ir tīri tehnisks darbs, specializētais programmas modulis veic vajadzīgos aprēķinus un attēlo ievadītajiem datiem atbilstošo dzinēja indikatora diagrammu (4a att.). Līdzīgā veidā risināms arī cits mašīnu un mehānismu dinamikas analīzes standarta uzdevums – mehānisma locekļu masas sadalījuma raksturlielumu noteikšana. Ja elementāras formas locekļiem šie raksturlielumi viegli aprēķināmi analītiski, tad vispārīgā gadījumā to noteikšana var radīt būtiskus sarežģījumus, aizkavējot un nobīdot otrajā plānā analīzes pamatzdevumus. Grafiska locekļa formas uzdošana, zīmējot tā kontūru ar datorpeles palīdzību, apvienojumā ar uzdotā laukuma datoranalīzi, ļauj noteikt nepieciešamos raksturlielumus ar tehniskām vajadzībām pietiekošu precizitāti (4b att.).



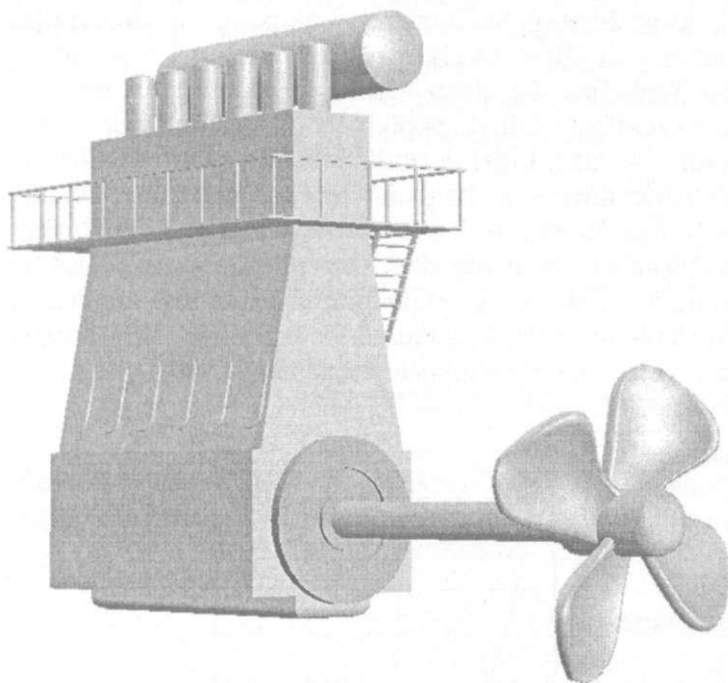
4. att. Specifisku analīzes datu uzdošana

Datu vizualizācija un saglabāšana

Ievadīto algoritmu aprēķinu rezultāti grafiski vizualizējami uz monitora ekrāna un vienlaicīgi saglabājami:

- datu masīva formā lietotāja uzdotā failā atkārtotai nolasīšanai un lietošanai,
- grafiskā (.bmp vai .wmf) formā datora atmiņas buferī (clipboard) tālākai iekļaušanai analīzes atskaites dokumentācijā (piemēram MS Word dokumentos).

Piemērs

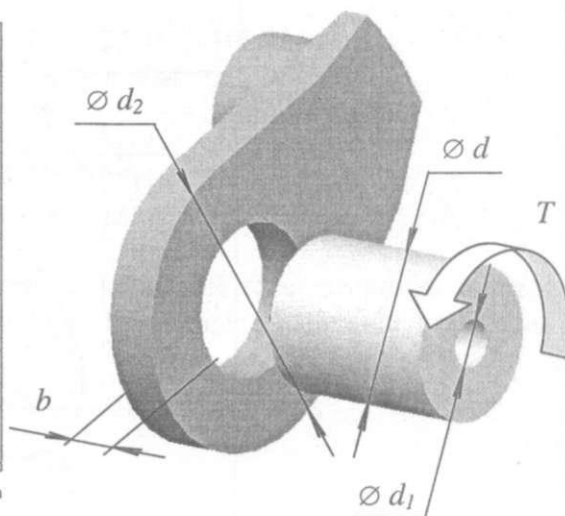
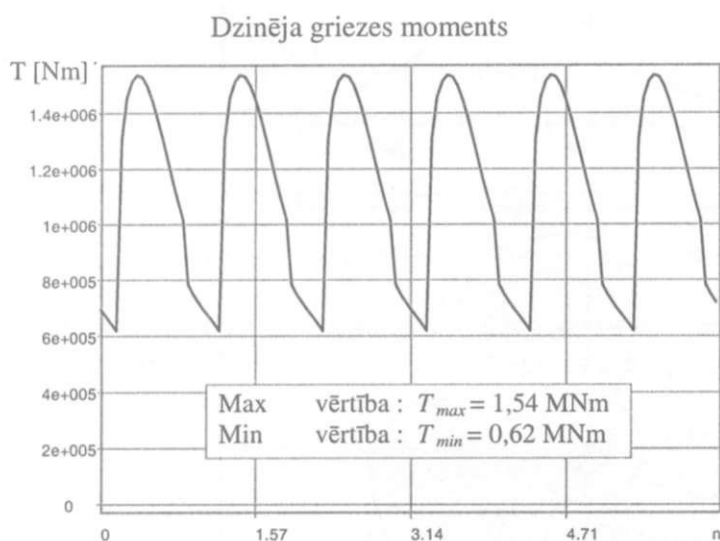


Darba uzdevumi:

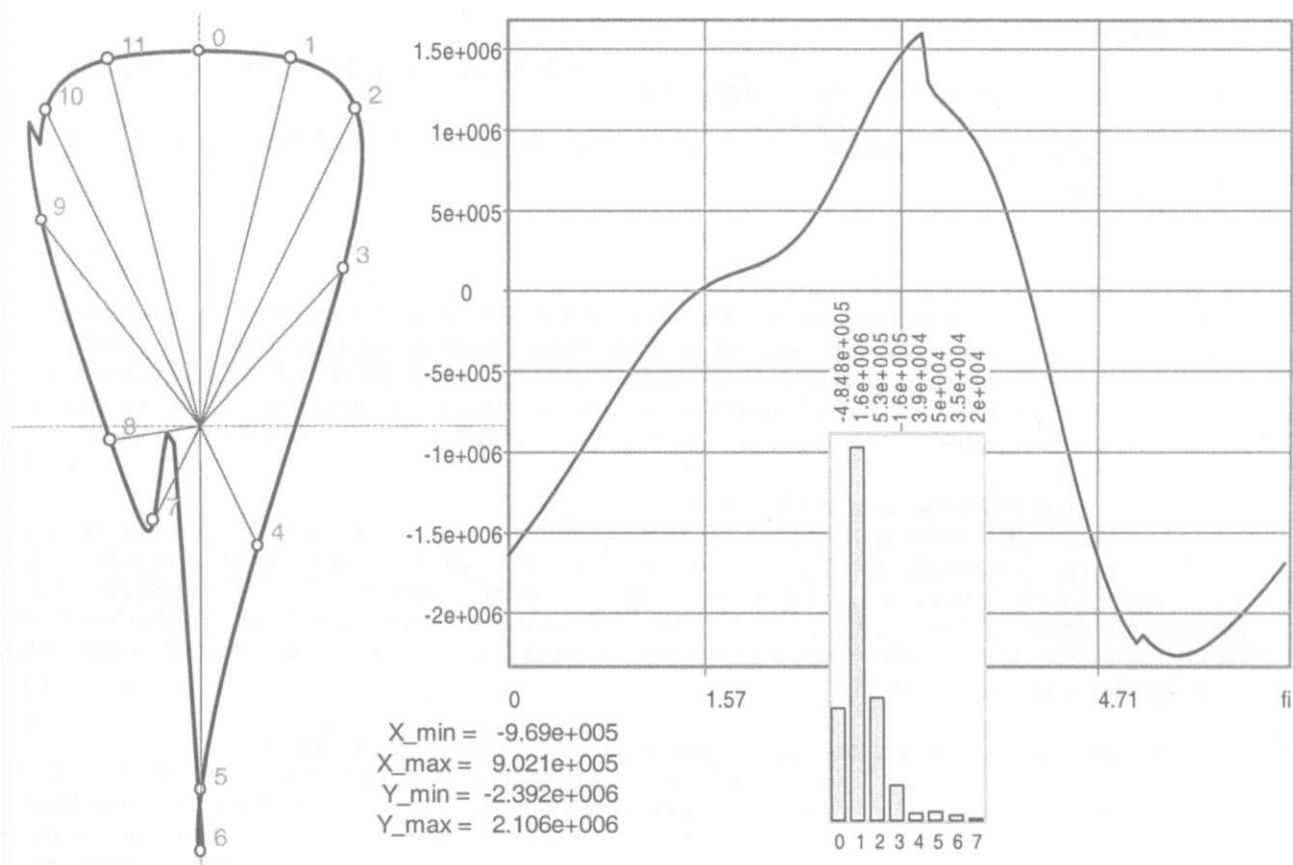
- kuģa dīzeļdzinēja dināmiskā analīze,
- kloķa-klaņa mehānismu šarnīru reakciju noteikšana,
- klaņa skrūvju ilgizturības pārbaude,
- vārpstas-kloķa uzspīlētā savienojuma nestspējas noteikšana,
- dzenskrūves vārpstas ilgizturības aprēķins.
- dzinēja iedarbības spēku uz kuģa korpusu un to spektrālās struktūras noteikšana,

Analīzes rezultāti:

atsevišķu analīzes posmu rezultāti ilustrēti 5. un 6. att.



5. att. Dzinēja kopējais attīstītais griezes moments – sākuma dati dzenskrūves vārpstas ilgizturības un kloķa-vārpstas uzspīlētā savienojuma nestspējas pārbaudei



6. att. Kloķa-klaņa šarnīra reakcijas orbitālā diagramma un dzinēja iedarbības uz kuģa korpusu vertikālā komponente – sākuma dati klaņa skrūvju ilgizturības aprēķinam un kuģa korpusa vibrāciju avotu diagnosticēšanai

Secinājumi

1. Specializētu datorprogrammu lietošana studiju darbos būtiski paaugstina mašīnu un mehānismu kinemātiskās un dināmiskās analīzes efektivitāti un rezultātu kvalitāti.
2. Analīzes tehnisko procedūru datorizēšana ļauj lietotājam koncentrēties tikai uz analīzes būtiskajiem jautājumiem.
3. Datortehnoloģija nodrošina plašas analīzes rezultātu vizualizācijas, dokumentācijas un arhivācijas iespējas.
4. Datoranalīzes rezultāti dod pamatotus sākumdatu mašīnu un mehānismu elementu stiprības / izturības u.c. aprēķiniem.

Literatūra

1. WATT Mechanism Suite 2004. Manual. Heron Technologies bv, Netherlands, 2005.
2. Upītis G., Operāciju sistēma FOCAS, RPI, Rīga, 1985.
3. Турчак Л.И., Основы численных методов. Москва, "Наука", 1987.

Upītis, G. e-tehnoloģijas mašīnzinību studijās.

Rakstā aplūkoti mašīnu un mehānismu kinemātikas un dināmikas datoranalīzes specializētas programmatūras izstrādāšanas pamatu uzdevumi – uzdevuma sākumdatu un algoritmu ievadīšana, kustības parametrus aprakstošo funkciju tipveida matemātiskie pārveidojumi, specifisku uzdevumu formulēšana, datu vizualizācijas un saglabāšanas jautājumi. Aplūkoti principi ilustrēti ar priekšmeta „Mašīnu un mehānismu teorija, un mašīnu elementi” studiju darba ietvaros veiktajiem kuģa dīzeļdzinēja kinemātiskās un dināmiskās analīzes rezultātiem.

Upītis, G. e-technologies for studies of machine design.

The basic development principles of specialized computer software for analysis of kinematics and dynamics of machines and mechanisms are discussed: input of problem data and calculation algorithms, typical transforms of functions that represent parameters of movement, formulating specific tasks, problems of visualization and organizing of result data. Discussed principles are illustrated with examples of kinematical and dynamical analysis of ship's two stroke diesel engine, that were obtained as results of study-work “Theory of Machines and Mechanisms, and Machine Elements”.

Упитис, Г. е-технологии при изучении предметов машиностроительного профиля.

Рассмотрены основные задачи разработки специализированного программного обеспечения для компьютерного анализа кинематики и динамики механизмов и машин – ввод исходных данных и алгоритмов расчета, типовые математические преобразования функций параметров движения, формулирование специфических задач, вопросы визуализации и сохранения результатов. Рассмотрены принципы иллюстрированы результатами кинематического и динамического анализа судового дизельного двигателя, полученными в рамках разработки курсовой работы по предмету «Теория механизмов и машин, и детали машин».